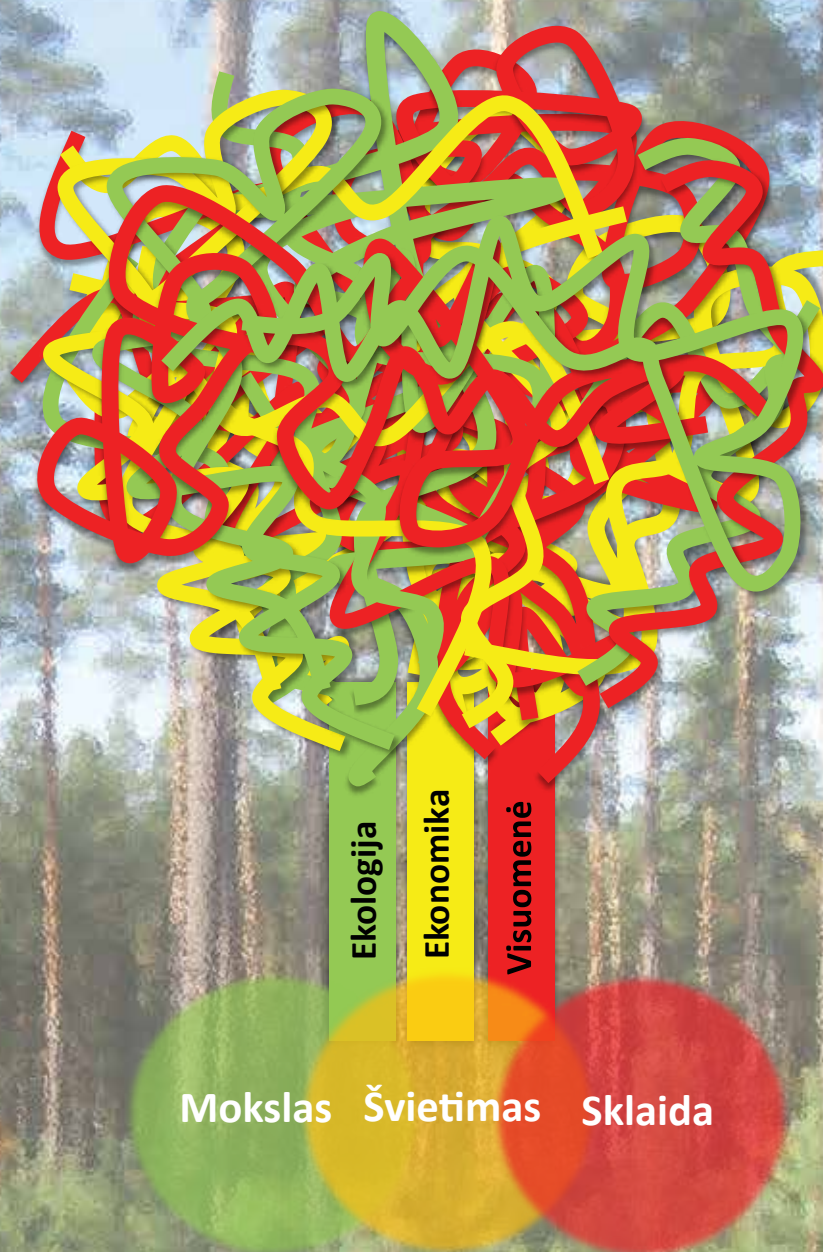




Quo vaditis, silvae?

MIŠKOTYROS MOKSLINIAI TYRIMAI IR STUDIJOS

100

Lietuvos
universitetui
1922–2022

UNIVERSITETINĖMS MIŠKININKYSTĖS STUDIJOMS – 100 METŲ

LIETUVOS MOKSLŲ AKADEMIJA
VYTAUTO DIDŽIOJO UNIVERSITETAS
VYTAUTO DIDŽIOJO UNIVERSITETO ŽEMĖS ŪKIO AKADEMIJA
LIETUVOS AGRARINIŲ IR MIŠKŲ MOKSLŲ CENTRAS
APLINKOS MINISTERIJA

QUO VADITIS, SILVAE?

MIŠKOTYROS MOKSLINIAI TYRIMAI IR STUDIJOS

Mokslo straipsnių rinkinys



Kaunas, 2022

Recenzentai:

prof. Vitas Marozas, VDU Žemės ūkio akademija, Miškų ir ekologijos fakultetas

prof. Gediminas Brazaitis, VDU Žemės ūkio akademija, Miškų ir ekologijos fakultetas

Sudarytojai Darius Danusevičius ir Gintautas Mozgeris.

Leidinyi apsvaistyti ir rekomenduoti leidybai Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos fakulteto Miško mokslo katedros posėdyje 2022 m. rugsėjo 16 d. (protokolo Nr. 10).

Bibliografinė informacija pateikiama Lietuvos integralios bibliotekų informacinės sistemos (LIBIS) portale ibiblioteka.lt.

ISBN 978-609-467-530-0 (spausdintas)

ISBN 978-609-467-531-7 (internetinis)

<https://doi.org/10.7220/9786094675317>

Turinys

IŽANGA	5
A. Augustaitis, I. Augustaitienė, D. Jonikavičius, A. Kliučius, A. Pivoras, G. Pivoras, Ž. Preikša – Sąlygiškai natūralių miško ekosistemų būklė ir jos ilgalaikiai pokyčiai šylant klimatui	6
A. Augustaitis – Pažemio ozonas ir jo poveikis pagrindinių medžių rūšių būklei ir metiniam prieaugiui	11
A. Augustaitis – Medžių kamienų prieaugio formavimosi ypatumai paros bėgyje	14
A. Augustaitis, A. Kliučius, D. Jonikavičius – Ar miško sengirų rezervatai – reikšminga priemonė klimato kaitai slopinti?	17
E. Bartkevičius, V. Vilimas, J. Mingaila – Beržų sulos gavybos Lietuvoje galimybių tyrimai	20
G. Brazaitis – Biologinės įvairovės apsauga Lietuvos miškuose	24
G. Brazaitis, Ž. Preikša – Medžių mikrobuvinės ūkiniuose miškuose – įvairovė ir apsaugos rekomendacijos	29
D. Danusevičius, V. Baliuckas, J. Buchovska, R. Kembrytė, D. Kavaliauskas, O. Gailing – Mažalapės liepos evoliucinė kilmė Lietuvoje	33
D. Danusevičius, V. Baliuckas, J. Buchovska, R. Kembrytė – Paprastojo ąžuolo evoliucinė kilmė Lietuvoje	36
D. Danusevičius, R. Špinkytė-Bačkaitienė, R. Kembrytė, J. Buchovska, P. Adeikis – Kas jūs, hibridai?	38
D. Jonikavičius – Nuotoliniai metodai miškotyroje	41
G. Jurkšienė, V. Baliuckas, V. Sirgedaitė-Šėžienė, A. Juškauskaitė – Alksnių hibridizacija Lietuvoje	45
D. Kavaliauskas, D. Danusevičius – DNR padeda atsekti medžių kilmę: miškų kilmės kontrolė pagal DNR žymenis	49
R. Kembrytė, D. Danusevičius, J. Buchovska, V. Baliuckas – DNR žymenų pritaikymas istorinei miško medžių introdukcijai atsekti: nustatyta Lietuvoje augančių paprastojo buko medynų ir medžių grupių parkuose genetinė kilmė	53
G. Kulbokas, A. Augustaitis – Aplinkos kaitos poveikis Lietuvos miškų pagrindinių medžių rūšių kamienų prieaugiui	57
E. Linkevičius – Ar auginsime Lietuvoje bukus? Bukų želimo tyrimai po atliktų atvejinių kirtimų	60
D. Lukminė, S. Mizaras – Ar svarbūs miškai visuomenei: miškai ir visuomenės gerovė	62
D. Marčiulynienė, A. Marčiulynas, J. Lynikienė, V. Mishcherikova, A. Gedminas, I. Franic, A. Menkis – Įžvalgos į ateities miškus: ligų iššūkiai ir priemonės ekosistemoms išsaugoti	66
G. Mozgeris, E. Makrickienė, N. Pivoriūnas – Kompleksiškas miškininkavimo alternatyvų vertinimas: laukti, spėlioti ar modeliuoti?	68
G. Mozgeris, D. Juknelienė – Lietuvos miškingumas vakar, šiandien ir rytoj	72
G. Mozgeris, V. Kazanavičiūtė – Miškininkavimas ir Lietuvos miškų potencialas kaupti anglį	76
M. Mikalajūnas, G. Kulbokas, A. Augustaitis – Pušynų vystymosi ypatumai šiltėjant klimatui: ką rodo medyno vidutinio medžio prieaugis?	79
E. Petrauskas, P. Rupšys – Naujas požiūris į medžių ir medynų našumo modelius	82
A. Pivoras, V. Marozas, A. Augustaitis – Medžių fotosintezės ir chlorofilo fluorescencijos intensyvumo sezoninės kaitos ypatumai šylant klimatui	87
I. Ruškytė – Kertinių miško buveinių iniciatyvos indėlis į biologinės įvairovės išsaugojimą	90
L. Straigytė – Miestų ir rekreacinė miškininkystė: šiuolaikinės technologijos parkų želdiniams inventorizuoti	93

D. Sidabrienė, A. Pivoras, V. Marozas, A. Augustaitis – Pagrindinių miško medžių rūšių transpiracijos intensyvumas skirtingose miško augavietėse	96
D. Sidabrienė, V. Marozas, A. Augustaitis – Medžių vandens naudojimo efektyvumas kaip prisitaikymo prie besikeičiančios aplinkos rodiklis	99
M. Sirgėdienė – Ar aukštapelkių pušys sudaro savitą genofondą?	102
R. Špinkytė-Bačkaitienė, D. Danusevičius, R. Kembrytė, P. Adeikis – Vilko ekologijos tyrimai Lietuvoje	105
D. Tiškutė-Memgaudienė, J. Damskienė, M. A. Shor, A. Jablonskienė – Lietuvos miškų ekosistemų būklė – kokia ji?	109
V. Ulevičius, S. Byčenkienė, J. Pauraitė, A. Augustaitis – Medžių išskiriami antriniai organiniai junginiai kaip stresą patiriančio miško indikacija	112
R. Verbylaitė, V. Baliuckas, A. Juškauskaitė – Kokios lyties Lietuvoje augantys drebulės rinktiniai medžiai?	115
T. Vaidelys, E. Škut – Drebulinės kempinės sukeliama puvinio formos vertinimas naudojant garsinę tomografiją	118
R. Vaitkevičiūtė-Balčė – Kadagys – svarbus miško ekosistemos komponentas	122
R. Žalkauskas – 3-30-300 taisyklė Lietuvos miestuose?	125

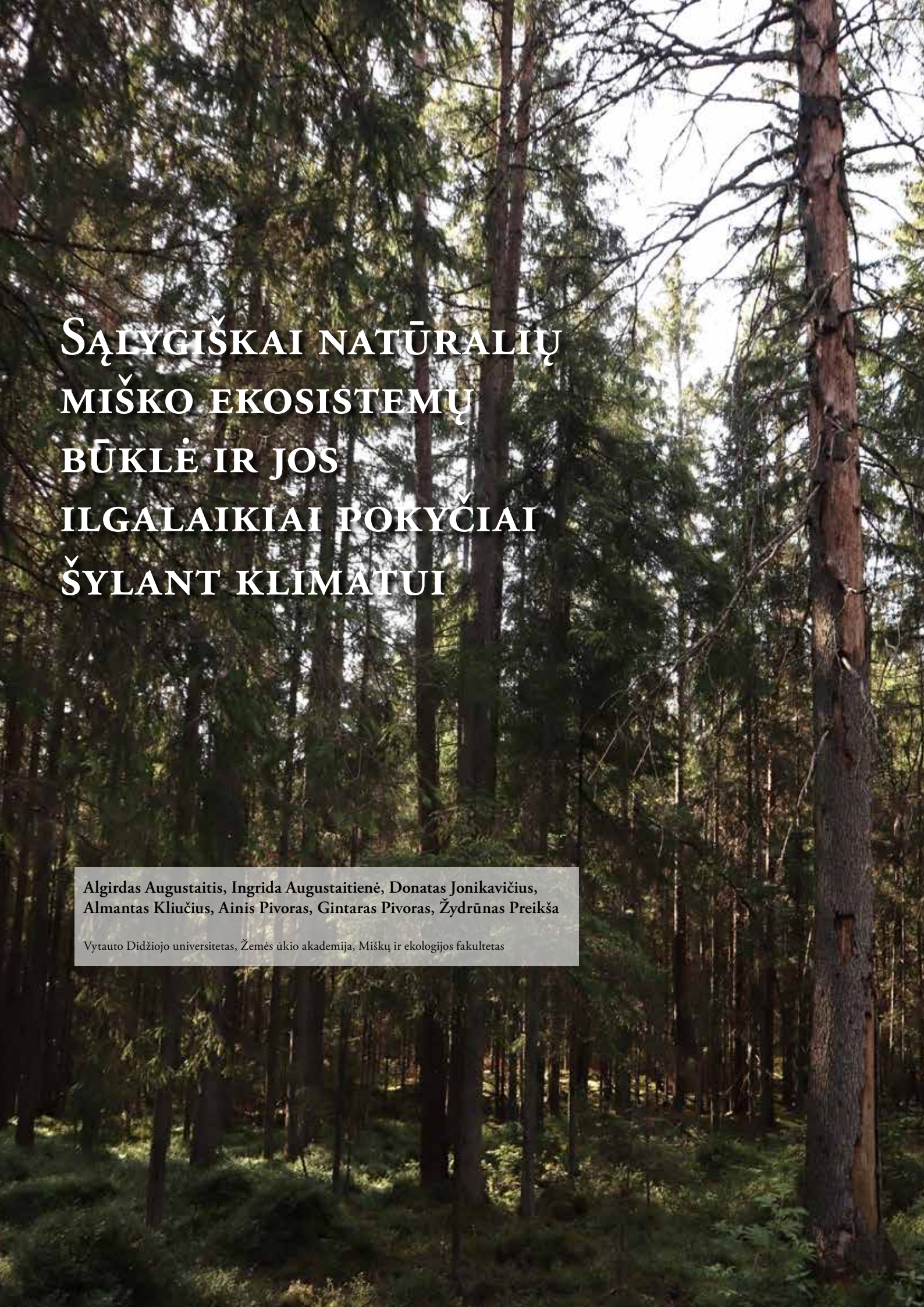
Ižanga

Stiprėjant klimato kaitos stresorių poveikiui bei didėjant ekonominiam ir geopolitiniam nestabilumui, reikia valstybei svarbius sprendimus priimti apgalvotai, remiantis moksliniais tyrimais ir svarbiausia – pasitelkus tinkamas kompetencijas. Tvariai miškininkauti šiandien nebepakanka tik šabloniškai vykdyti įvairaus lygmens direktyvų, nuostatų ar taisyklių reikalavimus. Būtina atsižvelgti į šalies, jos regiono, konkretaus miško ar medyno ypatumus, paskirtį bei visuomenės lūkesčius. Miškų sektorius apima ilgus metus kurtą miškų auginimo, priežiūros ir naudojimo sistemą, ambicingą, perspektyvią ES rinkoms medienos pramonę bei gamtines ekosistemas, kuriose tarpsta didelė dalis mūsų krašto bioįvairovės. Svarbu suprasti mūsų šaliai ekonominiu, ekologiniu ir socialiniu požiūriais svarbaus miškų sektoriaus kompleksiskumą bei miškotyros mokslo integralumą – vargu ar efektyvu ieškoti sprendinių atskyrus integralias miškų sektoriaus funkcijas ar miško ekosistemos komponentus. Be to, ypač svarbus yra aukštos kvalifikacijos, platesnio holistinio mąstymo specialistų poreikis ir išugdyta atsakomybė tiek už ekosistemų tvarumą, tiek ir už kuo didesnę miško sektoriaus indėlį į šalies ir jos piliečių gerovę.

Šiame leidinyje glaustai ir pagal galimybes paprastai stengėmės pristatyti miškotyros tyrimus bei studijas tokius, kokie jie šiuo metu vystomi didžiausiuose Lietuvos miško mokslų centruose – Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijoje bei Lietuvos agrarinių ir miško mokslų centro Miškų institute. Leidinys yra skirtas auditorijai, tikėtina, ženkliai platesnei nei autorių moksliniai interesai ir kompetencijos. Kviečiame kartu su šių mokslinių straipsnių autoriais pasidomėti miškotyra, jos universitetinėmis studijomis ir pamąstyti – *Quo vaditis, silvae?*

Akad. Darius Danusevičius, Lietuvos mokslų akademijos Žemės ir miškų mokslų skyriaus Miškininkystės sekcijos pirmininkas

Prof. Gintautas Mozgeris, Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos fakulteto Miško mokslų katedros vedėjas



SAŁYGIŠKAI NATŪRALIŲ MIŠKO EKOSISTEMŲ BŪKLĖ IR JOS ILGALAIKIAI POKYČIAI ŠYLANT KLIMATUI

Algirdas Augustaitis, Ingrida Augustaitienė, Donatas Jonikavičius,
Almantas Kliučius, Ainis Pivoras, Gintaras Pivoras, Žydrūnas Preikša

Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Miškų ir ekologijos fakultetas

Miško ekosistemų ekologinė ir socialinė-ekonominė nauda pastaruoju laikotarpiu įgauna vis didesnę svarbą dėl didėjančios klimato kaitos ir oro užterštumo tiesioginės įtakos bei su šiais veiksniais susijusių grėsmių: miško kenkėjų ir ligų, katastrofinių gaisrų ir vis naujų invazinių rūšių poveikio. Todėl atskleisti kompleksinį meteorologinių ir kitų abiotinių streso veiksnių poveikį miškų gebėjimui adaptuotis prie besikeičiančios aplinkos bei slopinti šios kaitos neigiamas pasekmes yra pastarojo laikotarpio viena svarbiausių aplinkosaugos problemų ne tik Lietuvoje, bet ir visoje Europoje.

Europos Sąjungos valstybių pasirašyta Konvencija dėl tolimų atmosferos teršalų pernašų (*Convention on Long-range Transboundary Air Pollution*) tapo pagrindine priemone saugant ekosistemas nuo oro teršalų keičiantis klimatui Europoje ir Šiaurės Amerikoje.

1988 m. UN/ECE rekomendavo pradėti vykdyti Kompleksišką monitoringo (KM) programą mažuose upelių baseinuose, skirtą stebėti ekosistemų biotinius ir abiotinius komponentus ir juos jungiančius medžiagų srautus. 1993 m. VDU Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos fakulteto filiale Aukštaitijos nacionaliniame parke įkurta pirmoji Lietuvoje kompleksinio monitoringo stotis aplinkoje vykstantiems procesams stebėti ir priežastiniams ryšiams vertinti. 1994 m. tokia stotis įkurta Žemaitijos NP.



1 pav. Aukštaitijos KM stotis



2 pav. Aukštaitijos KMS duomenų kaupiklių patalpa

Tyrimų tikslas – nustatyti, vertinti ir prognozuoti sąlyginai natūralių miško ekosistemų būklę ir jos ilgalaikius pokyčius, įvertinus tolimųjų oro teršalų (ypač sieros ir azoto junginių) pernašų ir ozono poveikį ekosistemos biotos komponentams, atsižvelgus į regioninius ypatumus ir klimato pokyčius.

Tyrimai pagrįsti uždaramame upelio baseine vykstančių procesų stebėseną ir nustatytų teršiančių bei maitinčių medžiagų balanso pokyčių poveikio ekosistemos biotos komponentams vertinimu.



3 pav. Meteorologinė oro teršalų tyrimo aikštelė ir bokštas bei upelio įtvaras Aukštaitijos NP

Klimato pokyčiai ir jų poveikis miško ekosistemai

Temperatūra. Per tiriamąjį laikotarpį reikšmingai didėjo metinė oro temperatūra abiejose KM stotyse, t. y. Žemaitijos KMS po 0,56 °C, o Aukštaitijos KMS – po 0,32 °C per dešimtmetį. Rudens laikotarpiu oro temperatūra Aukštaitijos KMS didėjo maksimaliai po 0,76 °C per 10 m. laikotarpį, kiek mažiau žiemos ir vasaros laikotarpiu – po +0,32 ir +0,35 °C per 10 m. laikotarpį atitinkamai ir praktiškai stabili išliko pavasarį. Žemaitijos KMS nuo tyrimų pradžios oro vidutinė temperatūra rudenį (IX–XI) didėjo intensyviausiai – po 0,99 °C per 10 m., žiemą (XII–II) – po +0,67 °C per 10 m., pavasarį (III–V) – po +0,43 °C per 10 m., vasarą (VI–VIII) – po +0,51 °C per 10 m. Abiem stotims būdinga tendencija – reikšmingai didėja vidutinė oro temperatūra IX ir XI–XII mėnesiais. Papildomai Žemaitijos KMS reikšmingai didėja temperatūra V ir VI mėnesį. Nustatyta, kad palaipsniui pradeda mažėti vidutinė temperatūra I, IV, VII mėnesiais, nors toks intensyvumas dar nėra reikšmingas.

Dirvožemio temperatūra Aukštaitijos KMS didėja panašiai kaip ir oro – po 0,04 °C per metus, o stebimo upelio vandens temperatūra kyla vidutiniškai 0,057 °C per metus, t. y. beveik 1,75 karto intensyviau. Nepaisant to, reikšmingai didėja ir upelio vandenyje ištirpusio deguonies kiekis, ypač pastaraisiais metais – 4 mg O₂/l, kuris turi reikšmingos įtakos upelio makrobentos rūšių įvairovei ir gausumui didėti.

Žemaitijos KMS upelio temperatūra kilo daugiau kaip 4 kartus lėčiau, t. y. po 0,012 °C per metus. Tačiau, skirtingai negu Aukštaitijos KMS, Žemaitijos KMS upelio temperatūra reikšmingai kilo žiemos mėnesiais, siekdama 2–3 °C, ir nežymiai – vasaros mėnesiais. Pastaraisiais metais toks oro ir vandens temperatūros mažėjimas gali būti vertinamas kaip *galimai pirmas klimato šilimo stabilizavimo požymis*.

Krituliai. Aukštaitijos NP kritulių kiekis didėja beveik po 1,7 mm per metus, o Žemaitijos KMS – po 0,43 mm per metus. Išsiskyrė 2015 m., kai susidarė tik 425 mm kritulių Aukštaitijos KMS ir 670 mm Žemaitijos KMS, bei 2017-ieji, kuriuos būtų galima įvardyti perteklinės drėgmės metais. Kritulių kiekis abiejose KM stotyse viršijo 1000 mm. Tai rekordinis kritulių kiekis per pastaruosius 29 metus. Pastaraisiais metais kritulių norma vėl viršijo daugiametį vidurkį, todėl ekosistemoje po pasikartojančių sausrų vėl atsikūrė vandens lygis.

Aukštaitijos KMS kritulių mažėjo žiemą (XII–II mėn.) – -0,18 mm per metus, nereikšmingai didėjo pavasarį (III–V mėn.) – +0,17 mm ir rudenį

(XI–IX mėn.) – po +0,04 mm, ypač reikšmingai vasarą (VI–VIII mėn.) – net po +1,03 mm per metus. Atskirais sezonais kritulių kiekis Žemaitijos KM stotyse kito analogiškai Aukštaitijos KMS, skyrėsi tik kaitos intensyvumas. Kritulių kiekis mažėjo ypač ankstyvo pavasario mėnesiais, atitinkamai maždaug po 2 mm per metus. Rudenį buvo registruojamas intensyvesnis kritulių kiekio augimas negu Aukštaitijos KMS, t. y. po 2,7 mm per metus, o vegetacijos laikotarpiu kritulių kiekis didėjo tik po 0,3 mm per metus. Nauja grėsme Žemaitijos KMS galėtų tapti karšti ir sausi gegužės ir birželio mėnesiai.

Nuo 2014 m. Aukštaitijos KMS stebimas itin reikšmingas dirvožemio įšalo mažėjimas. Dar 2014 m. įšalas, siekdamas maksimalią reikšmę, buvo net 28 cm, o iki 2020 m. jo gylis mažėjo ir jau 2020 m. jo išvis nebuvo registruojama. Dirvožemio įšalo mažėjimas sąlygoja dirvožemio drėgnio didėjimą beveik po 0,6 mm per metus. Tyrimų pradžioje drėgnis sudarė apie 30 mm per metus, o 2021 m. jis jau siekė beveik 40 mm per metus.

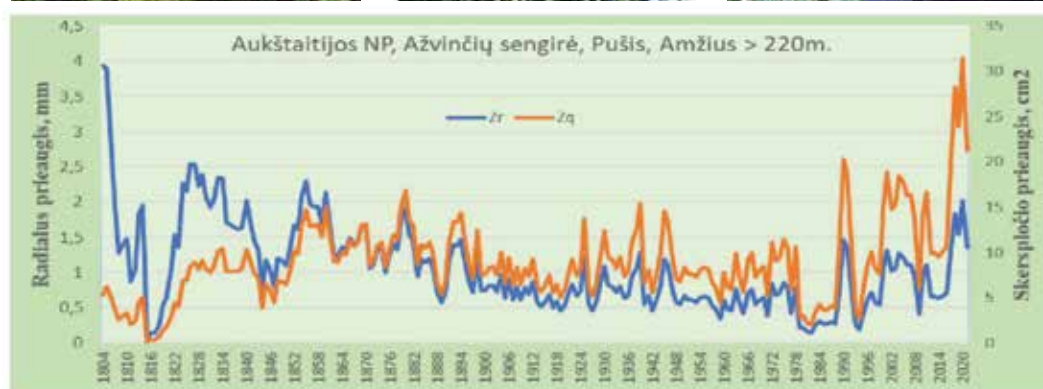
Nepaisant to, klimato šiltėjimas ir kritulių didėjimo intensyvumo mažėjimas lemia gruntinio vandens lygio žemėjimą visuose abiejų KM stočių baseinų grėžiniuose.

Išvados. Aukštaitijos KMS kritulių kiekiui didėjant tik po beveik 1 mm per metus, upelio nuotėkis mažėja po 2 mm per metus. Toks iškreiptas vandens balanso ciklas rodo, kad šylant klimatui pradeda didėti vandens evapotranspiracija, todėl mažėja vandens sunkimasis į gilesnius dirvožemio sluoksnius – žemėja gruntinio vandens lygis, nors dirvožemio drėgnis didėja. Toks vandens balanso pokytis turėjo esminės įtakos biogeocheminiams procesams ir vandens srautams ekosistemoje, kurie savo ruožtu reikšmingai sąlygojo tiriamų biotos komponentų būklę, rūšių įvairovę, gausumą ir medžių produktyvumą bei reikšmingai – miško ekosistemų tvarią plėtrą.

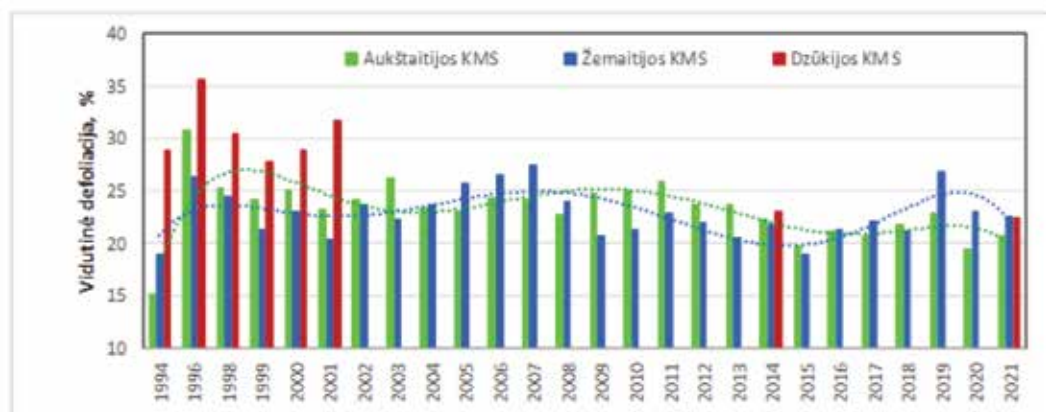
Klimato kaitos pokyčiai reikšmingai sąlygoja ekosistemose vykstančius procesus.

2021 m. karščio ir sausros rezultatas – išdžiūvęs upelis Ažvinčių sengirėje ir maksimalus, iki 70 cm, pušies prieaugis, 1,5 karto viršijantis buvusį pušų aukštį, o bendras klimato kaitos poveikis – nepaaiškinamas nuo 1990 m. senpušių medžių kamieno prieaugio padidėjimas praretėjusioje Ažvinčių sengirėje.

Medžių būklė. Visų tirtų medžių rūšių lajų būklė per 30 m. gerėja. Intensyviausiu būklės atsikūrimu pasižymi pušys Aukštaitijoje ir eglės Žemaitijoje, tačiau tik tos, kurios nebuvo pažeistos žievėgraužio tipografo. Dzūkijos KM stotyje pasibaigus spyglius graužiančių kenkėjų invazijoms, medžių būklė iš esmės nesiskiria nuo kitų stočių medžių būklės.



4 pav. Klimato kaitos sąlygotos anomalijos: a – pušų augimas į aukštį viršijant pačio medelio aukštį (> 70cm); b – eglės augimas į aukštį viršijant 1 m; c – pirmą kartą net per didžiausius šalčius neužšalantis, išdžiūvęs Ažvinčių sengirės upelis; d – šios sengirės virš 200 m. amžiaus pušies kamieno radialusis (Zr) ir skerspločio (Zq) prieaugis



5 pav. Vidutinės visų rūšių medžių lapų defoliacijos kaita KM stotyse

Aukštaitijos KMS baseine augančių medžių lapų būklė turi aiškią tendenciją gerėti. Intensyviausiai vidutinė defoliacija mažėja pušų, po 0,2 % per metus, o eglė ir beržų šis defoliacijos mažėjimo intensyvumas mažai skiriasi ir sudaro 0,12 % per metus.

Sausra vegetacijos pradžioje ir karščio bangos birželio–liepos mėnesiais neigiamai paveikė Aukštaitijos KMS medžių lapų formavimąsi bei sutrumpino spygliuočių spyglių gyvavimo ant metinių ūglių laiką. Intensyviausiai blogėjo paprastųjų eglė ir beržų lapų būklė. Pušų būklė taip pat pablogėjo, bet ne taip reikšmingai, kaip pastarųjų medžių rūšių.

Žemaitijos miškų būklę pastaruoju laikotarpiu lėmė sumažėjęs kritulių kiekis ir karščio bangos vegetacijos laikotarpiu, todėl medžių lapų defoliacijos laipsnio mažėjimas siekia vos po 0,13 % per metus, o mažiausiu atsikūrimo intensyvumu pasižymi pušys.

Aukštaitijos KMS daugiausia buvo pažeistos paprastosios eglės, kurios pastaruoju laikotarpiu sudarė per 80 % visų pažeistų medžių, arba apie 30 % visų stebėtų eglė. 5 % visų pažeidimų teko beržams, arba 1 % visų stebėtų beržų, ir 10 % visų pažeidimų pušims, arba 5 % visų stebėtų pušų.

Išskirtinis pažeidimas Žemaitijos KMS – po intensyvių snieglausių ir vėjavartų bei pasikartojančių sausrų

pradeda formuotis eglinio tipografo pažeidimų židiniai. Tai nauja besiformuojanti grėsmė saugomų teritorijų eglynams Vakarų Lietuvos regione. Tačiau ypač geras tokių pažeistų eglynų atsikūrimas liudija, kad eglės išlieka ateities medžių rūšimi Lietuvos miškininkystėje.

Išvada. Klimato kaitos rezultatas – gerėjanti Lietuvos miškų rezervatų būklė.

Makrokerpių rūšių įvairovė ir gausa. Per pastaruosius 5 metus Aukštaitijos KMS 4 kerpių rūšių jau nebeaptinkama, bet rastos 3 naujos. Iš viso rastos 32 kerpių rūšys. Neaptikta *Tuckermanopsis chlorophylla* kerpė,



6 pav. Kenkėjų pažeisti eglynai intensyviai atsikuria

nors anksčiau ji buvo rasta net ketvirtadalyje barelių, ir *Xanthoria parietina* iš buvusių šeštadalio barelių.

Pagausėjimu stebimuose miškuose labiausiai išsiskiria *Bryoria capillaris*, *Usnea hirta* ir *Vulpicida pinastri* kerpės, sumažėjimu – *Usnea subfloridana*, *Cladonia chlorophaea*, *Cladonia digitata*. Tarp kitų rūšių didesnių pokyčių nepastebėta. Vertinant gausos pasikeitimą, didžiausi skirtumai nustatyti *Bryoria capillaris*, kuri ypač jautri taršai.

Žemaitijos KMS 4 rūšių jau neaptinkama: *Bryoria fuscescens*, *Cladonia subulate*, *Imshaugia aleurites* ir *Usnea subfloridana*, bet rastos 2 naujos rūšys: *Peltigera membranacea* ir *Physcia tenella*. Rasta iš viso 30 kerpių rūšių. Didžiausias pasikeitimas yra tarp *Physcia tenella*, nes naujai aptikta rūšis rasta įsikūrusi net penktadalyje barelių. Kitų rūšių pokyčiai paaiškinami dėl labai nedidelio aptikimo dažnio.

Vertinant atskirų rūšių aptikimo dažnį, didžiausias pagausėjimas užfiksuotas *Bryoria capillaris*, *Evernia prunastri*, *Melanohalea exasperatula*, *Parmelia saxatilis*, o sumažėjimas – *Cladonia chlorophaea* ir *Vulpicida pinastri* kerpių. Vertinant kerpių vidutinę gausą barelyje, intensyviausiai sumažėjo *Cladonia cornuta*. Tokia epifitinių rūšių kaita rodo ne itin gerėjančią aplinkos būklę Žemaitijos miškuose, palyginti su Aukštaitijos KMS.

Ažvinčių sengirės rezervate makrokerpių rūšių įvairovė viršija Žemaitijos KMS kerpių įvairovę, tačiau

per pastaruosius 5 m. šis skirtumas sumažėjo 2 kartus. Ažvinčių sengirėje rūšių įvairovė stabilizavosi, o Plokštinės rezervate stebimas rūšių įvairovės didėjimas. Tai paaiškinama tuo, kad Žemaitijos NP Plokštinės rezervatas yra žymiai jaunesnis (pagal įsteigimo datą) ir medynams senstant jame pradeda didėti kerpių įvairovė, artėja prie sengirei būdingos mozaikiškos ir sudėtingos struktūros, kokia stebima Aukštaitijos NP Ažvinčių sengirės rezervate. Vis dėlto tiek Ažvinčių sengirės, tiek Plokštinės miško pirmąkart laikyti negalima, nes tarp sengirių specializuotų (kertinių) rūšių makrokerpių rasta vos viena – *Cladonia norvegica*, patenkančių į Raudonąją knygą rūšių šiuose rezervatuose nerasta.



7 pav. Šviesioji laumagaurė *Bryoria capillaris* ir barzdotoji kedenė *Usnea filipendula* rodo, kad Ažvinčių sengirės aplinkoje nebėra teršalų

Išvada. Epifitinių kerpių gausa, įvairovė ir kaita indikuoja vis labiau nuo teršalų išsivalančią aplinką Aukštaitijos ir Žemaitijos KMS miško ekosistemose.

Miško ekosistemų raidos stebėseną Lietuvos miškų rezervatuose pagal tarptautinę kompleksiško monitoringo programą užtikrina galimybę nustatyti miško ekosistemų tvaraus vystymosi gaires ir jas sąlygojančias pagrindines priežastis. Tai sudaro mokslinį pagrindą kurti artimo gamtai tvaraus miškininkavimo ir klimato kaitos švelninimo principus.

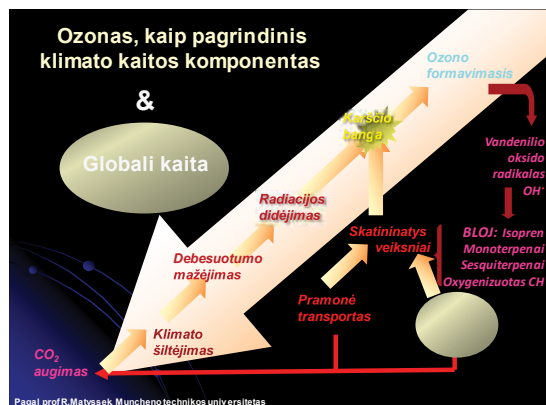


PAŽEMIO OZONAS IR JO POVEIKIS PAGRINDINIŲ MEDŽIŲ RŪŠIŲ BŪKLEI IR METINIAM PRIEAUGIUI

Algirdas Augustaitis

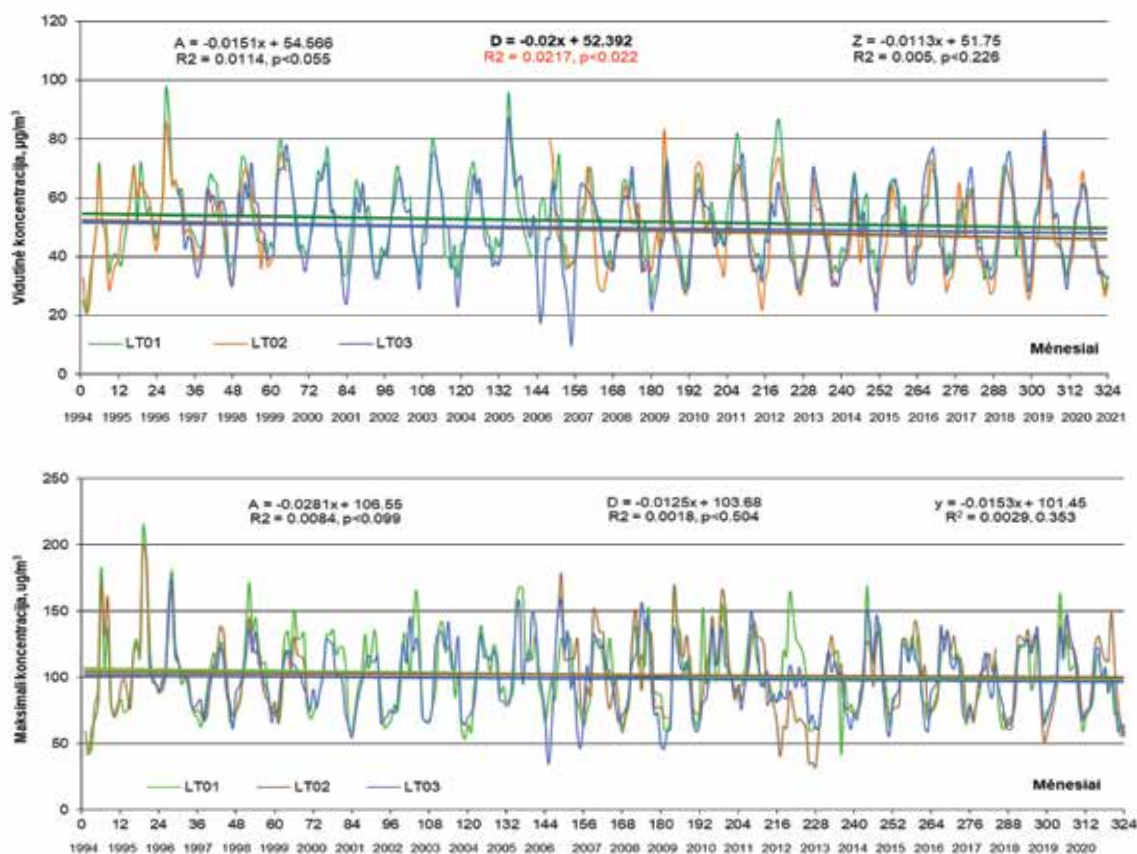
Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija,
Miškų ir ekologijos fakultetas

Pažemio ozonas (O_3) – vienas stipriausių oksidatorių, neigiamai veikiančių visą gyvąją aplinką. Tai fitotoksikantas, turintis reikšmingą įtaką fotosintezai, augalams kvėpuoti, medžiagoms susidaryti ir pasiskirstyti bei sustiprinantis neigiamą tokių oro teršalų kaip SO_x , NO_x ir NH_x poveikį. Tačiau šie procesai dar nėra gerai ištirti ir suprasti dėl sudėtingos skirtingų aplinkos streso veiksnių tarpusavio sąveikų ir jų sinergetinio poveikio miškams.



1 pav. O_3 susidarymo schema ir poveikis CO_2

O_3 susidaro giedromis, saulėtomis dienomis iš azoto dioksido, anglies monoksido ar sieros dioksido, taip pat biologinių lakiųjų organinių junginių (BLOJ), išskiriamų medžiui patiriant stresą, ir vandens garų. Todėl mažėjant debesuotumui ir didėjant saulės radiacijai, transporto išmetamų dujų kiekiui ir medžių išskiriamiems BLOJ junginiams, susidaro palankios sąlygos šiam antriniam fitotoksikantui susidaryti, kuris, sąlygodamas bendrą anglies kaupimosi ir sklaidos ciklą ekosistemose, skatina CO_2 susidarymą. Dėl tokios daugialypės sąveikos su kitais aplinkos komponentais šiam antriniam teršalui priskiriamas vienas reikšmingiausių vaidmenų, sąlygojančių tolesnį klimato šiltėjimą. Todėl tyrimuose didžiausias dėmesys skirtas O_3 koncentracijos ir klimato kaitos sąlygotos didėjančios temperatūros, kritulių kiekio, dažnėjančių sausrų, kaitos ir šalčio bangų kompleksiniam poveikiui beržų, eglių ir pušų būklei, atsižvelgus į nustatytus fiziologinius procesus, tokius kaip transpiracija, fotosintezė ir sezoninis augimas.



2 pav. Mėnesio vidutinių (A) ir maksimalių (B) O_3 koncentracijų kaita KM stotyse: A – Aukštaitija; D – Dzūkija; Z – Žemaitija

Jau beveik 30 m. kompleksinio monitoringo stotyse (KMS) vykdyti O_3 tyrimai parodė, kad vidutinė mėnesio O_3 koncentracija intensyviausiai mažėjo Dzūkijoje – po $0,02 \mu g/m^3$, kiek mažiau Aukštaitijoje – po $0,015 \mu g/m^3$ ir

mažiausiai Žemaitijoje – po $0,011 \mu g/m^3$ per mėnesį. Metinė O_3 koncentracija intensyviausiai mažėja Aukštaitijos KMS – po $0,15 \mu g/m^3$, silpniau Dzūkijoje – po $0,06 \mu g/m^3$ ir silpniausiai Žemaitijos KMS – po $0,047 \mu g/m^3$ per metus.

O₃ koncentracija vegetacijos laikotarpiu intensyviausiai mažėja Dzūkijoje ir Žemaitijoje, maždaug po 0,29 µg/m³ per metus, kiek silpniau Aukštaitijos KMS – po 0,22 µg/m³ per metus. Šaltuoju laikotarpiu vidutinė O₃ koncentracija didėja: Aukštaitijos KMS – 0,22 µg/m³, o Dzūkijoje ir Žemaitijoje – po 0,18 µg/m³ per metus.

Didžiausia O₃ koncentracija išsiskiria Aukštaitijos KMS, kur ši reikšmė siekia 52 µg/m³, Žemaitijoje – 50 µg/m³, o Dzūkijoje – 49 µg/m³. Tam tikrą paklaidą šių duomenų patikimumui gali turėti tas faktas, kad nuo 2000 iki 2006 m. ozono koncentracijos tyrimai Dzūkijoje nebuvo vykdomi.

Metinių maksimalių koncentracijų kaitoje nustatyta reikšminga O₃ mažėjimo tendencija Aukštaitijos ir Dzūkijos KM stotyse, kur ji siekė apie 1,47 µg/m³ per metus. Žemaitijos KMS ši tendencija buvo žymiai mažesnė ir siekė tik 0,35 µg/m³ per metus. Vegetacijos laikotarpiu maksimali O₃ koncentracija mažėjo viršydama net ir 1 µg/m³ per metus lygį.

Vienas pagrindinių ozono susidarymą skatinančių veiksnių yra karščio bangos. Būtent aukšta oro temperatūra ir intensyvi saulės spinduliuotė ypač reikšmingai skatina maksimalios ozono koncentracijos susidarymą, o stiprus vėjas reikšmingai ją mažina. Reikšmingu poveikiu ozonui susidaryti pasižymi ir santykinė oro drėgmė. Didesnė drėgmė, kaip ir gausūs krituliai, slopina tiek vidutinės, tiek ir maksimalios koncentracijos susidarymą.



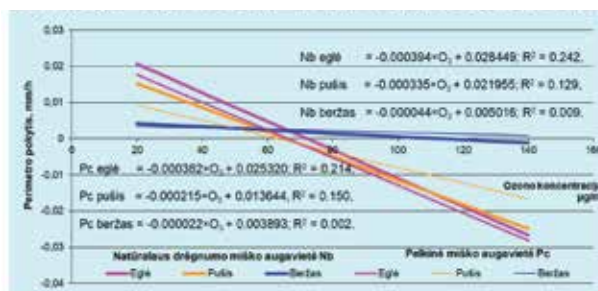
3 pav. O₃ pažeistas lapas (Italija) ir sveiki tuopų lapai (Žemaitijos KMS)

Nustatyta oro temperatūros, nors dar nereikšmingai mažėjanti, tendencija IV ir VII mėnesiais ir didėjantis kritulių kiekis VII–VIII mėnesiais gali turėti

reikšmingos įtakos ozono koncentracijai mažėti ateityje, todėl tarptautinės prognozės, kad pažemio ozono koncentracija ateityje turėtų didėti Lietuvos foninio užterštumo teritorijose, nepasitvirtina.

Poveikis augalams. O₃ neigiamas poveikis augalams pasireiškia tik patekus jam į lapų / spyglių vidinius organus pro žioteles, kur transformuojasi į laisvuosius radikalus, kurie ardo membranas ir pigmentus, taip pažeisdami fiziologinius procesus ir maistmedžiagų apykaitą. Dėl to pasikeičia lapų ir spyglių spalva. Tipiniai pažeidimai, kurie įprastai nustatomi Pietų Europos valstybėse, gerai vizualiai išskiriami. Ilgalaikė ypač jautrių ozono poveikiui specialiai pasodintų tuopų lapų analizė parodė, kad ozono koncentracija nesukelia tokių pažeidimų Lietuvoje.

Nepaisant to, O₃ koncentracijos viršijančios 70 µg·m⁻³ slopino paprastųjų eglių metinės rievės formavimąsi sezono metu skirtingose miško augavietėse, pušies – tik skurdesnėje, normaliai drėkinamoje Nb augavietėje, o šio fitotoksikanto neigiamas poveikis beržų augimui nenustatytas (4 pav.). Gauti duomenys rodo, kad eglės greičiausiai yra vienos jautresnių ozonui medžių rūšių Lietuvoje, kiek mažesniu jautrumu pasižymi pušys, o beržai nerodo reikšmingų jautrumo ozonui požymių. Tačiau nustatyta ozono koncentracijos mažėjimo tendencija gali tik teigiamai sąlygoti spygliuočių medžių rūšių prieaugį, skatindama jo intensyvumą. Ankstesni tyrimai parodė, kad 2001–2003 m. maksimaliai priežemio ozono koncentracijai padidėjus nuo 125 iki 165 µg·m⁻³, metinis pušynų prieaugis Lietuvoje sumažėjo 0,73 m³ ha⁻¹. Tai sudarė 12,7 proc. bendro prieaugio.



4 pav. Ozono poveikis tirtų medžių rūšių kamieno prieaugiui

Išvada. Pagrindinis veiksnys, skatinantis pažemio ozono susidarymą, yra bendroji saulės spinduliuotė ir jos maksimalios reikšmės, kurias paprastai lydi karščio bangos ir žemas santykinis oro drėgnumas bei mažas vėjo greitis ir stresuojančio medžio išskiriamas BLOJ, tačiau dėl šių rodiklių vykstančios kaitos O₃ koncentracija Lietuvoje mažėja.

Ozono koncentracijai toliau mažėjant, medžių lapų būklė ateityje turėtų gerėti, kas skatintų intensyvesnį medžių augimą. Toks vieno pagrindinio klimato kaitą skatinančio komponento kaitos dėsningumas ateityje turėtų prisidėti prie oro temperatūros augimo stabilizavimo ir miškų produktyvumo augimo.



MEDŽIŲ KAMIENŲ PRIEAUGIO FORMAVIMOSI YPATUMAI PAROS BĖGYJE

Algirdas Augustaitis

Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija,
Miškų ir ekologijos fakultetas



Fundamentalus žingsnis link mechanistinės aplinkos veiksnių poveikio medžiams augti sampratos glūdi medžio rievės formavimosi greičio ir laiko išaiškinime. Siejant pasekmę su priežastimi, svarbiausia žinoti, „kada per vegetacijos procesą tai vyksta“ ir „koks aplinkos veiksnys tai sąlygoja“. Tai reiškia, kad nenutrūkstant kamieno metinės rievės formavimosi proceso stebėseną yra esminė, norint nustatyti medžių reakciją į trumpalaikius aplinkos pasikeitimus, tokius kaip temperatūra, krituliai, drėgmė, saulės radiacija ir oro tarša.



Medžių rievės formavimosi dėsningumams nustatyti buvo naudoti aukštos rezoliucijos, automatiniai dendrometrai DRL-26, įgalinantys stebėti ne tik medžio kamieno perimetro plėtimąsi, bet ir susitraukimą per sausras ar dieną, kurie tiesiogiai priklauso nuo vandens atsargų kiekio žievėje, ksilemoje ir floemoje. Šias vandens atsargas per transpiracijos intensyvumą tiesiogiai sąlygoja aplinkos veiksnių kaita.

Prieaugio kaitos ypatumų analizė atlikta Aukštaitijos kompleksiško monitoringo stotyje (KMS), kurios detali aplinkos veiksnių tyrimo duomenų bazė įgalino atskleisti pagrindinius aplinkos veiksnius, sąlygojančius pagrindinių medžių rūšių prieaugio sezoninio formavimosi ypatumus, priklausomai nuo aplinkos sąlygų sąlygų, t. y. augimą normaliomis sąlygomis, nepalankiomis – sausras metu ir palankiomis, kai medžio augimas maksimalus.

Nustatyta, kad šviesiu paros metu dėl intensyvios transpiracijos medžio kamienas traukiasi, o naktį, kai medžio transpiracija sustoja, plečiasi. Tokiu būdu medžių valandinį prieaugį stabdo vidurdienio karštis, o skatina – didesnė oro drėgmė ir gausūs krituliai tamsiu paros metu. Eglės yra jautriausios aplinkos pokyčiams. Jos labiausiai reaguoja tiek į nepalankius, tiek ir į palankius augti aplinkos veiksnius, ypač joms būdingose augavietėse (Lc). Pušų jautrumas aplinkos pokyčiams tik nežymiai skiriasi nuo eglių. Toks spygliuočių intensyvus reversinis kamieno apimties svyravimas dėl vandens atsargų kamiene nepaslepia metinės rievės

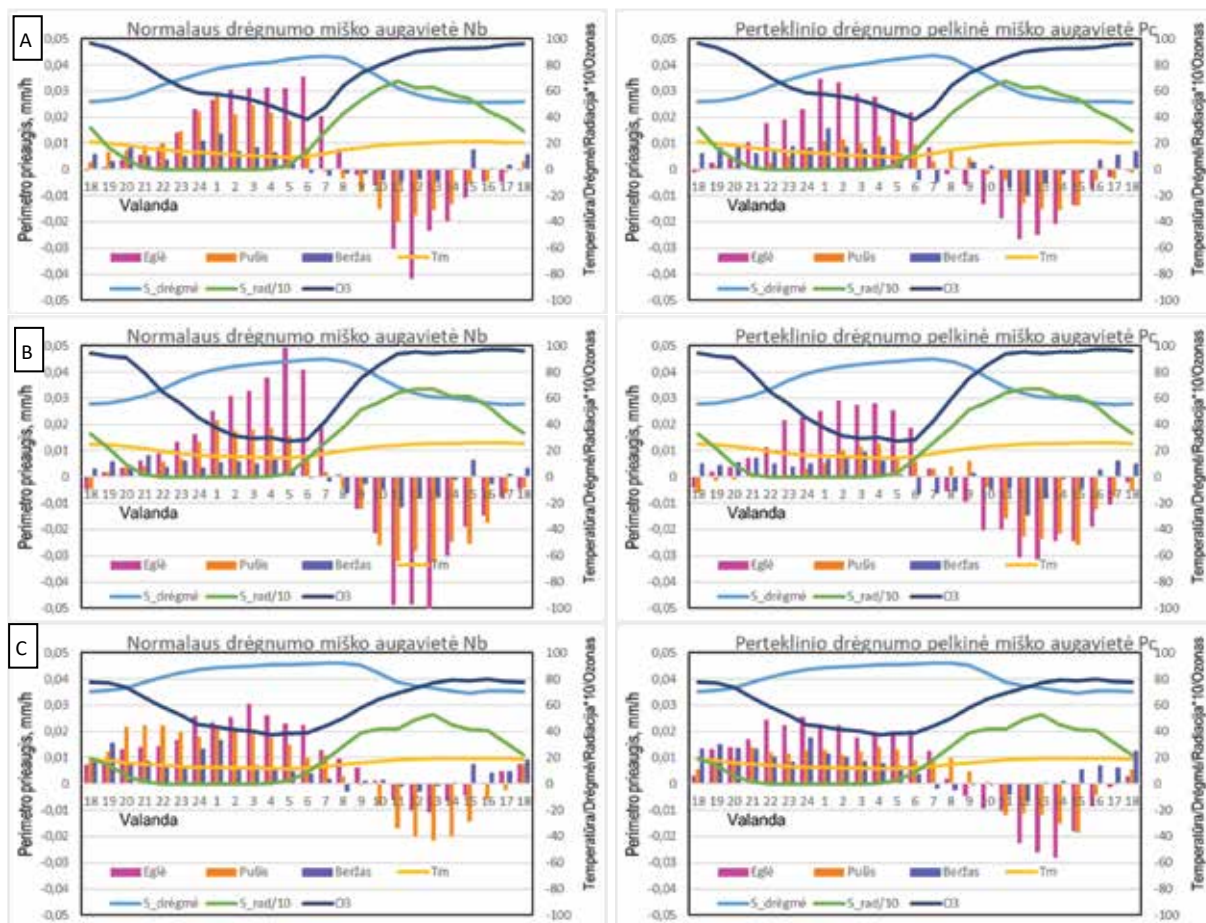
formavimosi signalo ir įgalina vertinti kompleksinį aplinkos veiksnių poveikį.

Nustatytų aplinkos veiksnių poveikis turėjo ir vėlavimo efektą, kuris kartais skyrėsi nuo tiriamo veiksnio tiesioginio efekto. Jei kritulių kiekis turėjo tik teigiamą net iki kelių parų vėlavimo poveikį kamieno perimetru plėstis, temperatūros poveikis iš tiesioginio neigiamo po 12 valandų vėlavimo tapo teigiamas, skatindamas perimetro plėtimąsi naktį. Tai galimas aktyvios fotosintezės, vykusios dieną, efektas. Būtent toks temperatūros teigiamas vėlavimo poveikis buvo nustatytas spygliuočių medžių rūšims, pirmiausia eglėms, kurių prieaugis pastaruoju laikotarpiu reikšmingai viršija kitų medžių rūšių kamieno prieaugį.

Tyrimų rezultatai, gauti skurdžioje maistinių medžiagų, normalaus drėgnumo Nb miško augavietėje (MA), parodė, kad kritulių poveikis tiriamoms medžių rūšims buvo žymiai reikšmingesnis negu pelkinėje, turtingoje maistinių medžiagų Pc miško augavietėje. Perteklinis drėgmės režimas šioje MA net sausras epizodo metu nebuvo reikšmingai teigiamas medžiams augti. Tik eglių kamienų perimetro balanse buvo matomas teigiamas pokytis, o paprastosios pušies ir ypač plaukuotojo beržo atveju nustatytas kamieno perimetro reikšmingas susitraukimas.

Skurdžioje maistinių medžiagų, normalaus drėgnumo Nb miško augavietėje (MA) kritulių poveikis tiriamoms medžių rūšims buvo žymiai reikšmingesnis negu pelkinėje, turtingoje maistinių medžiagų Pc miško augavietėje. Perteklinis drėgmės režimas šioje MA net sausras epizodo metu nebuvo reikšmingai teigiamas medžiams augti. Tik eglių kamienų perimetro balanse buvo matomas teigiamas pokytis, o paprastosios pušies ir ypač plaukuotojo beržo atveju nustatytas kamieno perimetro reikšmingas susitraukimas.

Gauti rezultatai parodė, kad sausras laikotarpiu paprastosios eglės sumažėjusi transpiracija dar užtikrina kad ir minimalų kamieno perimetro plėtimąsi, t. y. jo prieaugį. Tai gerai prisitaikiusios prie dabartinių aplinkos sąlygų medžių rūšies požymis, o beržai (karpuotieji ir plaukuotieji) buvo išskirtinai jautrūs drėgmės trūkumui ir aukštai temperatūrai. Temperatūros net ir iki 12 val. vėlavimo teigiamas poveikis šių rūšių beržams sausoje ir užmirkusioje MA nenustatytas. Kylanti oro temperatūra dieną neturėjo jokio teigiamo poveikio beržams formuoti metinę rievę nakties valandomis. Tik kritulių poveikis per 9 valandas išliko reikšmingas, kaip ir spygliuočių medžių rūšims. Tai paaiškina, kodėl pastaruoju metu beržų prieaugis Lietuvoje reikšmingai mažėja.



1 pav. Tirtų medžių kamieno perimetro formavimasis paros bėgyje normalaus (Nb) ir perteklinio drėgnumo (Pc) miško augavietėse: įprastas – A; sausros metu – B; maksimalus – C

Tad jei medžių augimo intensyvumas yra ekosistemos būklės indikatorius, laipsninis beržų augimo intensyvumo mažėjimas gali būti vertinamas kaip vienas didžiausių klimato kaitos neigiamų padarinių. Mažėjantis žiotelių skaičius lapų paviršiuje ir mažėjantis transpiracijos intensyvumas didina beržų atsparumą sausroms ir karščio bangoms, bet neužtikrina tokiu būdu reikiamo fotosintezės intensyvumo, kuris reikalingas atsirasti angliavandeniams kaip pagrindiniam šaltiniui naujoms ląstelėms susidaryti. Angliavandenių trūkumas normaliam augimui užtikrinti gali tapti pagrindine priežastimi mažėjant beržynų tvarumui dėl sumažėjusio jų atsparumo mechaniniams pažeidimams, tokiems kaip vėjavartos ar vėjalaūžos. Todėl tolesnis tvirų beržynų vystymasis yra problemiškas nesiimant atitinkamų miškininkavimo priemonių tokiems pažeidimams mažinti.

Išvados. Meteorologiniai veiksniai, įskaitant saulės radiaciją, ultravioletinę spinduliuotę ir pažemio ozoną, reikšmingai sąlygoja jų kamienų perimetro svyravimus, tiek susitraukimą dieną, tiek plėtimąsi, įskaitant prieaugį, naktį. Palankūs aplinkos veiksniai žymiai reikšmingiau sąlygoja spygliuočių medžių rūšių kamieno plėtimąsi nei nepalankūs jo susitraukimą. Beržų reakcija į tokius aplinkos veiksnius praktiškai buvo nereikšminga. Tokia medžių reakcija lėmė, kad paprastoji eglė pastaruoju metu demonstruoja didžiausią prieaugį, kiek mažesnę – paprastoji pušis, o mažiausias prieaugis būdingas tiriamiems beržams, kurių amžius artimas dabartinei brandai arba viršija ją.

Tolesni tyrimai turėtų patikslinti nustatytas medžių ekofiziologines reakcijas, ypač išskirtinai nepalankiais laikotarpiais, kurių pastaruoju metu dar nebuvo registruojama.



AR MIŠKO SENGIRIŲ REZERVATAI – REIKŠMINGA PRIEMONĖ KLIMATO KAITAI SLOPINTI?

Algirdas Augustaitis, Almantas Kliučius, Donatas Jonikavičius

Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Miškų ir ekologijos fakultetas

Vienas pagrindinių kompleksinio monitoringo tikslų yra hidrologiniu požiūriu gana gerai izoliuotuose mažų upelių baseinuose nustatyti ir sekti perbrendusių medynų vystymosi ypatumus, medžių žuvimo ir atsikūrimo intensyvumą bei gyvos ir negyvos (*mort*) masės balansą, jį sąlygojančius veiksnius. Biotinės masės nustatymas yra pirmas ir pagrindinis žingsnis cheminių elementų persiskirstymui bei cirkuliacijai miško ekosistemose nustatyti.

Medžių skaičius. Aukštaitijos KMS Versminio upelio uždarame baseine vyrauja spygliuočių daugiaardžiai medynai. Tai daugiausia seni, perbrendę pušynai su keliomis eglių kartomis. Nustatyta, kad per 28 metus 1 ha plote gyvų medžių vidutiniškai sumažėjo nuo 651 iki 368 vnt. (arba 43,5 %). Tai sudarytų 1,6 % visų stebimų medžių per metus.

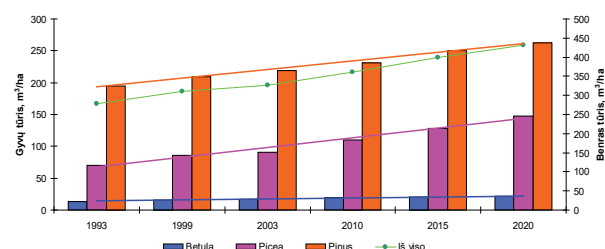
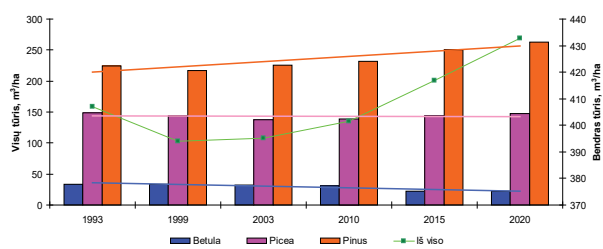
Pušų sumažėjo 16,4 %, paprastųjų eglių – 48,5 %, beržų – net 52,3 %. Tai sudarytų atitinkamai 0,61 %, 1,8 % ir 1,9 % šių rūšių medžių per metus. Žuvusiuose medynuose vyko atsikūrimas, dėl ko medžių skaičius padidėjo 20 %, iš jų eglės sudarė 70 %, o beržai – 30 %.

Žemaitijos KMS baseine vyrauja eglynai su nedidelėmis pušų ir beržų priemaišomis, kurių amžius tik

atskiruose eglynuose viršijo brandos amžių. Šioje stotyje gyvų medžių vidutiniškai sumažėjo nuo 38,5 %, arba mažėjo po 1,8 % per metus. Pušų sumažėjo 22,9 %, arba 1,1 % per metus. Dėl žievėgraužio tipografo ir nepalankių klimato veiksnių (vėjalaūžių ir vėjavartų) eglių žuvimo intensyvumas pasiekė 39,2 % (1,9 % per metus). Beržų kritimas buvo intensyviausias (kaip ir Aukštaitijos KMS) ir sudarė 48,7 %, arba 2,3 % per metus.

Žuvusių medynų vietoje, kaip ir Aukštaitijos KMS, formavosi jaunuolynai. Stebimų medžių padidėjo taip pat apie 20 proc. Jie visi buvo paprastosios eglės. Pušų atsikūrimas stebimuose miškuose nebuvo registruotas.

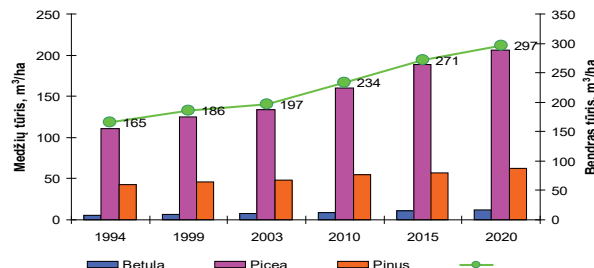
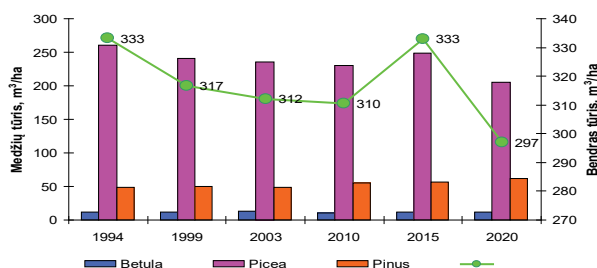
Medyno tūris. Aukštaitijos KMS didžiausiu teigiamu tūrio pokyčiu pasižymėjo pušys. Jų tūris per 27 m., įskaitant ir medžių kritimą, padidėjo nuo 225 m³ iki 262 m³/ha, t. y. 16,5 %. Tai sudarytų po 1,4 m³ per metus. Didžiausiu neigiamu tūrio pokyčiu pasižymėjo beržai. Jų tūris vidutiniškai mažėjo nuo 33 m³ iki 22 m³/ha. Tai sudarytų 33 %, arba po -0,4 m³/ha per metus. Eglių tūrio kaita buvo stabili, t. y. jų atkritimas ir prieaugis praktiškai buvo lygūs.



1 pav. Vyraujančių rūšių medžių tūrio pokytis ir išlikusių gyvų medžių bei jų tūrių suminės vertės (Bendras tūris) Aukštaitijos KMS baseine

Žemaitijos KMS baseine augančių medžių tūris per 26 m. sumažėjo nuo 333 m³ iki 297 m³/ha, t. y. 36,3 m³/ha, arba 1,4 m³/ha per metus. Didžiausiu tūrio sumažėjimo intensyvumu pasižymėjo eglės, kurių

tūris sumažėjo 54,3 m³/ha, arba 2,1 m³/ha per metus. Beržų tūrio pokytis buvo artimas -1 m³/ha, o pušų tūrio pokytis buvo teigiamas ir siekė +14,2 m³/ha, arba 0,6 m³/ha per metus.



2 pav. Vyraujančių rūšių medžių tūrio pokytis ir išlikusių gyvų medžių bei jų tūrių suminės vertės (Bendras tūris) Žemaitijos KMS baseine

Išlikusių gyvų medžių didžiausias tūrio prieaugis Aukštaitijos KMS baseino 1 ha miško plote buvo eglių, kurių tūris padidėjo nuo 71 m³ iki 148 m³/ha, t. y. daugiau nei 2 kartus, arba po 2,9 m³/ha per metus. Kiek

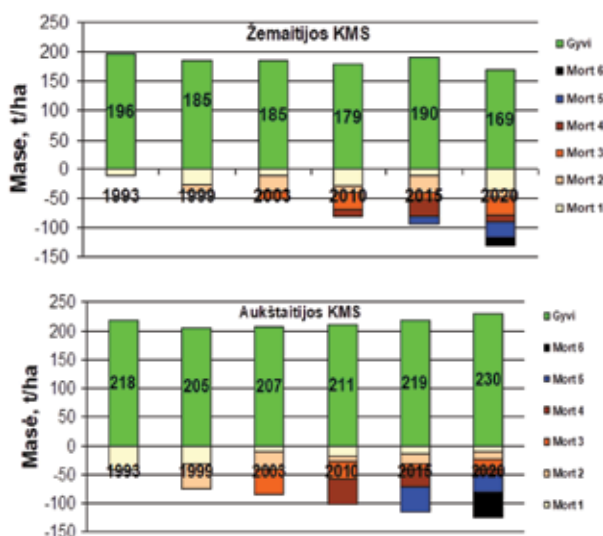
mažesniu tūrio prieaugiu pasižymėjo pušys. Jų tūris padidėjo nuo 195 m³ iki 262 m³/ha. Tai sudaro daugiau negu 25 %, arba po 2,5 m³/ha per metus. Beržų tūrio prieaugis padidėjo nuo 14 m³ iki 22 m³/ha. Tai sudaro

36 %, arba po 0,3 m³/ha per metus. Tokiu būdu išlikusių gyvų medžių tūrio prieaugis sudarė po 5,7 m³/ha per metus.

Žemaitijos KMS didžiausias tūrio prieaugis buvo išlikusių gyvų eglių. Per 26 m. tokių eglių tūris padidėjo nuo 110 m³ iki 206 m³/ha, t. y. apie 2 kartus, arba po 3,7 m³/ha per metus. Kiek mažesniu tūrio prieaugiu pasižymėjo pušys. Jų tūris per 26 m. padidėjo nuo 42,3 m³ iki 62,4 m³/ha, t. y. 50 %, arba po 0,8 m³/ha per metus. Beržų tūrio prieaugis padidėjo nuo 5,8 m³ iki 12,5 m³/ha. Tai sudaro daugiau negu 110 %, arba po 0,3 m³/ha per metus. Tokiu būdu išlikusių gyvų medžių tūrio prieaugis sudarė 131 m³/ha, arba po 5,1 m³/ha per metus.

Abiejose stotyse gyvų medžių tūrio prieaugis panašus, tik žymiai mažesnis negu vidutiniškai Lietuvos ūkinių miškų prieaugis. Tai tipinis brandžių ir perbrendusių, gana tankių medynų prieaugio intensyvumas.

Medynų biomasė. Aukštaitijos KMS medynų biomasė vidutiniškai padidėjo nuo 218 t iki 230 t/ha, įskaitant naujus į apskaitą įtrauktus medžius (prieaugį), o jos pokytis, palyginti su 1999 m., padidėjo 25,7 t/ha, arba 1,22 t/ha per metus.



3 pav. Gyvos ir negyvos (*mort*) organinės masės, priklausomai nuo jos destrukcijos laipsnio, balansas Aukštaitijos ir Žemaitijos KMS rezervatuose. Medienos suirimo laipsnis: *mort 1* – ką tik žuvę medžiai; *mort 6* – visiškai suirę medžiai

Negyvosios medienos kiekis, kuris per 27 m. dūlėjo bei iš dalies kaupėsi ir praturtino dirvožemį, didėjo nuo 33,4 t iki 124,4 t/ha. Tai sudarė 3,3 t/ha per metus. Ypač reikšmingai didėjo eglių *mort* masė – 55,9 t/ha, arba po 2,1 t/ha per metus; beveik 3 kartus mažesniu

intensyvumu padidėjo pušų – 14,7 t/ha, arba 0,55 t/ha per metus, ir dar mažiau – lapuočių medžių rūšių – 12,8 t/ha, arba 0,47 t/ha per metus.

Žemaitijos KMS gyvos medienos biomasė sumažėjo 27 t/ha, t. y. po 1 t/ha per metus, o *mort* masė padidėjo beveik iki 130 t/ha, arba po 5 t/ha per metus. Toks intensyvus sumažėjimas buvo sąlygotas žievėgraužio tipografo sukeltų eglynų pažeidimo.

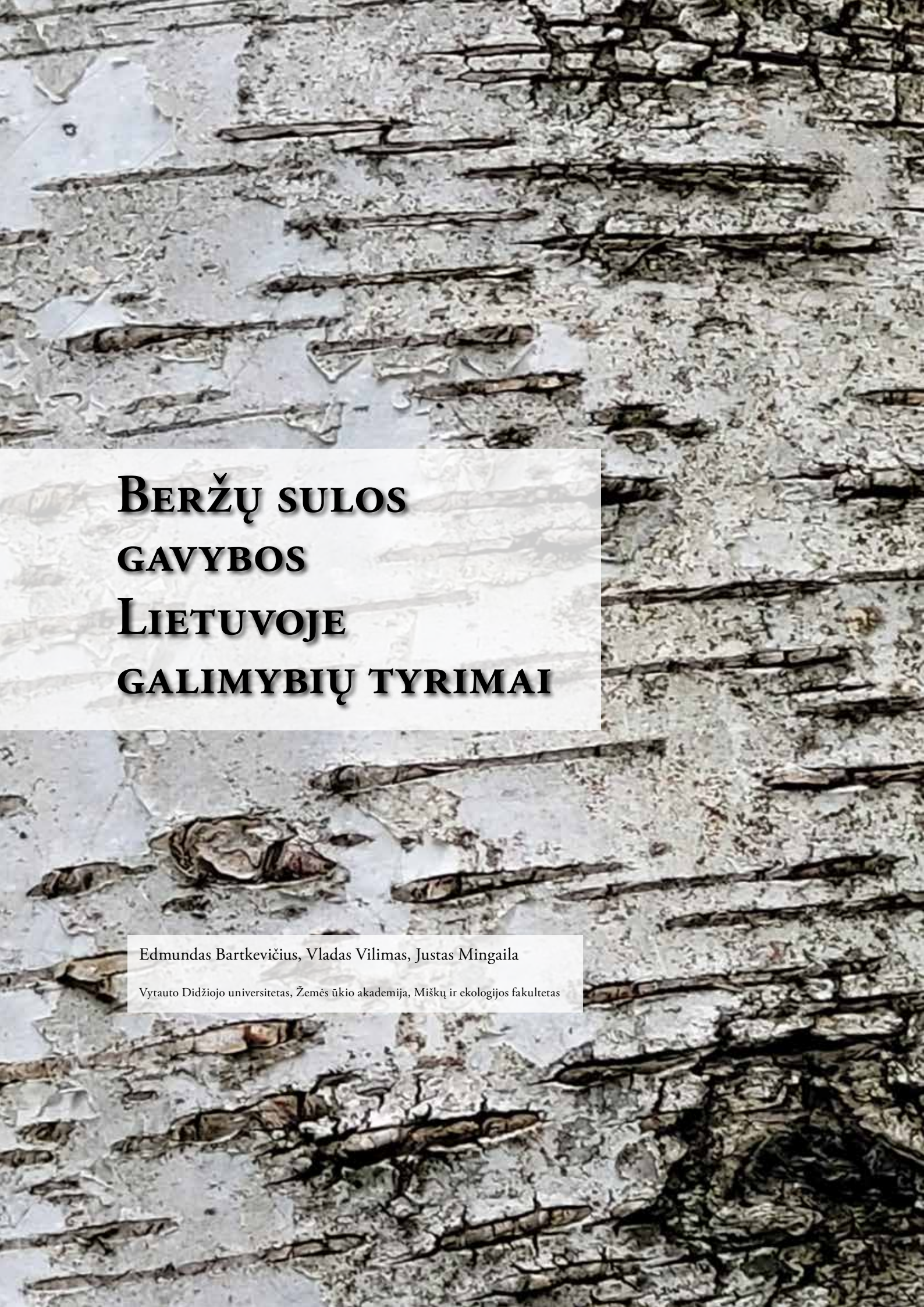


Išvados. Perbrendusiuose medynuose tik paprastosios pušys didina prieaugį žuvusių eglių ir beržų sąskaita. Didžiausiu medžių atkritimu ir mažiausiu prieaugiu pasižymi beržai.

Dėl didesnio žuvusių eglių skaičiaus medynuose *mort* masė intensyviau kaupiasi Žemaitijos KMS miškuose, su ja į dirvožemį patenka daugiau bioelementų negu Aukštaitijos KMS miškuose.

Paprastoji eglė – pagrindinė medžių rūšis, kuri atsikuria vietoj žuvusios nuo žievėgraužio tipografo eglynuose. Pušys rezervatiniuose miškuose neatsikuria.

Rezervatų sengirės nėra tinkamos anglies san kaupoms didinti. Jos gali būti traktuojamos tik kaip anglies saugykla ir ypač miškuose, kur vyrauja pušys. Nei perbrendę eglynai, nei beržynai nėra tinkami klimato kaitos intensyvumui stabilizuoti, intensyviai asimiliuojant atmosferos CO₂.



BERŽŲ SULOS GAVYBOS LIETUVOJE GALIMYBIŲ TYRIMAI

Edmundas Bartkevičius, Vladas Vilimas, Justas Mingaila

Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Miškų ir ekologijos fakultetas

Beržų sulos leidimas Lietuvoje turi galias tradicijas. Kasdieniniame gyvenime tiek šviežia, tiek rauginta sula vartojama kaip maisto produktas. Deramą vietą ji užima ir liaudies medicinoje, kosmetikoje. Tačiau sulos leidimas dažniausiai būna mėgėjiškas, traktuojamas kaip tradicija, kultūros paveldo dalis.

Beržų sulos gavybos tyrimai Lietuvoje pradėti apie 2011 metus. Buvo pagamintas sulos išgavimo prietaiso prototipas, atlikti jo laboratoriniai ir lauko bandymai. Šis prototipas 2012 m. buvo patentuotas (patento Nr. 5813, autorius – prof. Vladas Vilimas). Sulos surinkimo prietaisą sudaro implantas, du tarpusavyje žarnele sujungti dangteliai ir sulos surinkimo indas. Apatiniame dangtelyje išgręžta 1 mm skersmens skylutė orui iš surinkimo indo išleisti. Plačiau prietaiso konstrukcija aprašyta 2015 m. žurnalo „Mūsų girios“ 3 numeryje.



1 pav. Sulos leidimo prietaisas



2 pav. Sulos surinkimo indas

Į beržų sulos gavybos tyrimus buvo įtraukti tuometinio Aleksandro Stulginskio (dabar – Vytauto Didžiojo universiteto) Miškų ir ekologijos fakulteto studentai. 2013 m. studentas Renatas Rudžianskas („Karpotųjų beržų sulos kiekių priklausomybė nuo medžių ir gręžinių parametrų“), 2015 m. studentas Justas Mingaila („Karpotojo beržo sulos išeigos priklausomybė nuo medžių dendrometrinių parametrų, gręžinių krypties ir gylio“) minėta tematika apgynė magistro, o 2019 m.

studentas Andrius Sadauskas („Beržų, tinkamų sulai leisti, parinkimo principai, sulos išgavimo įrangos tobulinimas“) – bakalauro darbus. Studentai savo darbuose tyrė karpotųjų beržų sulos kiekio priklausomybę nuo medžių dendrometrinių rodiklių, gręžinių krypties, gylio ir kitus su sula susijusius klausimus. Justas Mingaila pradėtus tyrimus tęsė miškotyros mokslo krypties doktorantūroje.

Panašiu laiku beržų sulos išgavimo tyrimai pradėti ir Latvijoje. 2013 m. Latvijos žemės ūkio universiteto Miškų fakultete magistro darbą apgynė Ojars Melnis.

Tyrimai Miškų ir ekologijos fakultete buvo tęsiami vykdant Aplinkos ministerijos užsakytą miškų mokslo darbą „Beržų sulos išteklių naudojimo pramoninei gavybai sistemos sukūrimas“ (vadovas – prof. Edmundas Bartkevičius). Minėtame darbe buvo apibendrinta kitų šalių beržų sulos gavybos patirtis, įvertintas Lietuvos beržynų, kuriuose galėtų būti leidžiama sula, potencialas. Be kitų klausimų, buvo tirtas ir sulos leidimo poveikis medienos kokybei.

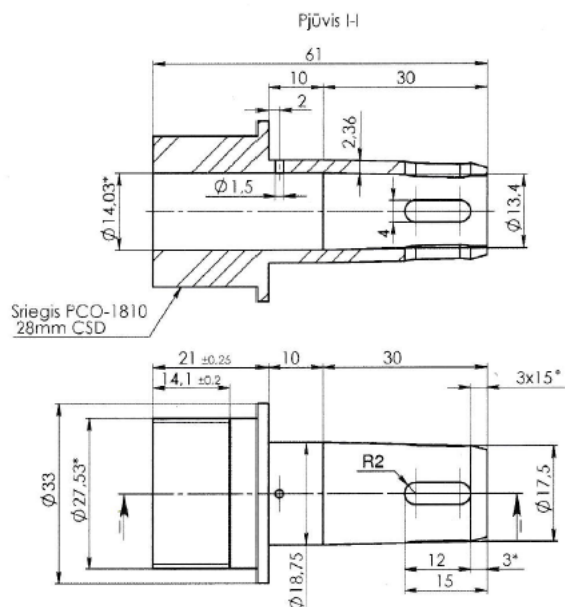
Tyrimai parodė, kad, norint iš medžio išgauti kuo didesnę sulos kiekį nedidinant medžio pažeidimo, reikia tobulinti patį sulos surinkimo prietaisą, tiksliau – jo dalį – implantą. Tai ir buvo padaryta. Patobulintos konstrukcijos implanto intelektualinė nuosavybė įteisinta Europos dizaino registracija EUIPO (EU Intellectual Property Office, Nr. 007535067-0001, autorius – prof. V. Vilimas). Implanto gamybai buvo sukurta speciali forma. Šiuo metu gaminami sulos išgavimo prietaisai komplektuojami tik su naujos konstrukcijos implantu (3 pav.). Sulos surinkimo prietaisų gamybos licencijas turi MB „Ekosula“ (vadovas – Vladas Šimelis) ir MB „Suleda“ (vadovas – Justas Mingaila).



3 pav. Implantas sulai leisti

Išgautai sulai surinkti ir transportuoti išbandyti trys technologiniai variantai.

Pirmas variantas. Sulos surinkimo indai su sula nešami į transporto priemonę neperpilant. Šis variantas naudotinas tuo atveju, kai beržynas yra prie gerai privažiuojamo kelio (5 pav.).



4 pav. Implanto darbo brėžiniai



5 pav. Sulos rinkimas nešiojant butelius į transporto priemonę

Antras variantas. Sula iš jos leidimo vietos siurblio ir vamzdžių pagalba pumpuojama į konteinerį sunkvežimyje prie gerai privažiuojamo kelio. Šis metodas naudojamas, kai tarp sulos leidimo vietos ir kelio yra kliūtis, pvz., pelkė. Šio metodo trūkumas – atstumas turi būti ne didesnis kaip 150 m (6 pav.).

Trečias variantas. Sula jos leidimo vietoje renkama į vikšriniam vežimėlyje įrengtas talpyklas, iš kurių perpilama į konteinerį sunkvežimyje prie gerai privažiuojamo kelio (7 pav.). Šis sulos surinkimo metodas laikomas perspektyviausiu. Į vikšrinį vežimėlį galima sukrauti iki 0,5 tonos sulos. Vežimėlis yra didesnio pravažumo, labai manevringas. Juo galima privažiuoti prie kiekvieno medžio.



6 pav. Sulos rinkimas panaudojant vamzdinę transportą (žarną)



7 pav. Sulos rinkimas naudojant vikšrinį vežimėlį

Beržų sula yra greitai gendantis produktas. Išgavus ji turi būti perdirbta per porą parų. Norint sulėtinti sulos rūgimo procesus, ji gali būti ozonuojama arba šaldoma. 2018 m. Miškų ir ekologijos fakultete buvo vykdomas projektas „Pramoniniu būdu išgaunamos ekologiškos beržų sulos tyrimai, apdorojant produktą ozonu“.

Pastaruoju metu daug dėmesio skiriama įvairių produktų iš sulos gamybai. 2012 m. LAMMC Sodininkystės ir daržininkystės institutas vykdė tyrimus „Beržų sulos biocheminis įvertinimas, laikymo parametrų modelia-vimas bei optimizavimas ir naujų produktų prototipų kūrimas“ (vadovas – prof. P. Viškelis).

Kaip jau paminėta, sula gali būti ir šaldoma. 2020–2022 m. MB „Suleda“ pagal dotacijos sutartį NR. 01.2.2.-MITA-k-702-09-0056 su Mokslo, inovacijų

ir technologijų agentūra (MITA) vykdė projektą „Beržų sulos užšaldytų produktų kūrimas ir vystymas“.

Pagal aprašytą technologiją išgauta šviežia sula užšaldoma šaldiklyje iki minus 18 °C pasirinktoje pakuotėje. Naudojant šią technologiją, į rinką galima tiekti ekologišką, šviežią produktą ištisus metus ledo kubeliais arba kitoje plastikinėje pakuotėje (8 pav.).

Atsižvelgus į tai, kad atstumai nuo sulos išgavimo vietos iki perdirbimo gamyklos gali būti gana nemaži, verčiantis sulos verslu būtina turėti jos sandėliavimo bazę, kurioje būtų įrengtos reikiamo našumo atšaldymo ir užšaldymo kameros. Vykdydami sulos gavybos ir realizavimo tyrimus naudojomės LAMMC Atviros prieigos centro base. Už tai esame labai dėkingi.



8 pav. Užšaldytos sulos skirtingose pakuotėse pavyzdžiai



BIOLOGINĖS ĮVAIROVĖS APSAUGA LIETUVOS MIŠKUOSE

Gediminas Brazaitis

Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija,
Miškų ir ekologijos fakultetas

Įvadas

Biologinės įvairovės apsauga miško ūkinės veiklos metu yra svarbus šiuolaikinės visuomenės uždavinys. Aktualu užtikrinti ilgalaikį rūšių išlikimą sudarant tinkamas sąlygas bent 30 % miško kraštovaizdžio. Miško ekosistemose aptinkamos rūšys yra priklausomos nuo įvairių miško sukcesijos stadijų, todėl tiek atviros erdvės, tiek ir seni medynai yra svarbūs daugeliui miško ekosistemose aptinkamų rūšių. Šiame straipsnyje apžvelgsiu plynųjų ir ugdomųjų kirtimų poveikį paukščių bendrijoms, biologinei įvairovei paliekamų medžių išlikimą bei miško gilumos rūšių pasiskirstymą intensyviai ūkininkaujamame miškų kraštovaizdyje.

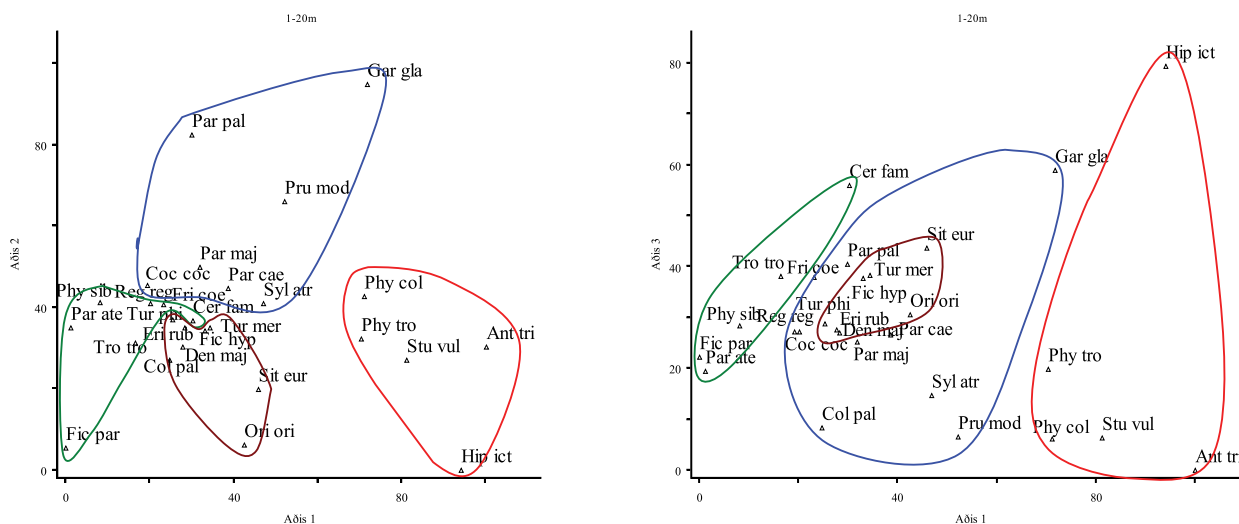
Plynųjų kirtimų įtaka paukščiams

Vykdamas plynuosius kirtimus, formuojamas miško kraštovaizdis, susidedantis iš įvairaus amžiaus medynų fragmentų. Paukščiai yra puiki biologinės įvairovės grupė, greitai reaguojanti į aplinkos pasikeitimus, dėl to dažnai naudojama kaip indikatorius, siekiant įvertinti poveikį biologinei įvairovei. Vykdamas plynuosius kirtimus atželiančiose kirtavietėse, susiformuoja savotiškos paukščių bendrijos, kurių rūšinė sudėtis

ir gausa priklauso nuo kirtavietės amžiaus ir ploto. Didėjant kirtavietės plotui, rūšių įvairovė didėja, o bendra paukščių bendrijos gausa mažėja. Ypač ženklūs pokyčiai pasireiškia iki 2 ha ploto kirtavietėse.

Greta kirtaviečių senuose medynuose keičiasi paukščių bendrijos dėl kirtavietės kaimynystės. Pasireiškia pakraščio efekto įtaka. Pakraščio efekto įtakotas plotas didėja bent 20 metų po pakraščio atsiradimo. Bendra paukščių bendrijos gausa 200 m pločio juostoje išlieka tokia pati, tačiau rūšių įvairovė keičiasi. Vien kirtavietės pakraštyje aptinkamos kontaktinės zonos paukščių rūšys (žr. 1 pav.). Pakraštyje gausesnės pakraščio rūšys, bet išnyksta miško vidaus rūšys. Galiausiai yra rūšių, kurių pasiskirstymui pakraštys įtakos neturi. Greta kirtavietės esančiame sename medyne pakraščio efekto įtaka paukščių bendrijoms didėja ir pokyčiai stebimi nuo 50 m (greta 1–3 m kirtaviečių) iki 120 m (greta 10–20 m kirtaviečių).

Miško gilumos rūšys vykdamas plynuosius kirtimus nukenčia labiausiai. Mažoji musinukė pademonstravo didžiausią pakraščio vengimą, ji, priklausomai nuo pakraščio amžiaus, pasitraukė toliau nei 90–120 m nuo jo. Miško vidaus rūšims įprastinė miško ūkininkavimo praktika, kai formuojamos 300–200 m pločio senų medynų kulisos tarp plynai iškirstų plotų, yra nepakankamos įsikurti (žr. 2 pav.).



1 pav. Paukščių rūšių grupavimas priklausomai nuo jų pasiskirstymo 200 m juostoje nuo kirtaviečių. Raudona linija – kontaktinės zonos rūšys, mėlyna – pakraščio rūšys, žalia – miško gilumos rūšys ir ruda spalva – pakraščiui nejautrios paukščių rūšys. Pateikiami sutrumpinti lotyniški rūšių pavadinimai



2 pav. Miško vidaus rūšims nepalankus ūkininkavimo būdas, kai tarp plynų kirtaviečių formuojamos iki 300 m neiškirtos kulisos (kairėje), tačiau tokios rūšys išlieka dideliuose seno miško fragmentuose (dešinėje)

Ugdomųjų kirtimų įtaka paukščiams

Ugdomųjų kirtimų metu pasikeičia medyno struktūra ir tai turi įtakos čia aptinkamoms paukščių bendrijoms (žr. 3 pav.). Po jaunuolynų ugdymo paukščių rūšių sumažėja 1,7–2,4, o bendrijos tankumas – 1,6–2,4 karto. Jaunuolynų ugdymo poveikis yra ilgalaikis ir neatsikuria per 10 metų. Didžiausią neigiamą įtaką paukščiams turi sumažėjęs jaunuolyno tankumų skaičius (horizontalus lajų tankumas), tinkamas paukščių lizdams sukurti.

Retinimų ir einamieji kirtimai statistiškai patikimos įtakos paukščių rūšių sudėčiai neturi ($F=0,01$; $p<0,92$), tačiau bendra paukščių gausa po retinimo ir einamųjų ugdymo kirtimų sumažėjo statistiškai ženkliai ($T=3,1$; $p<0,006$). Po ugdomųjų kirtimų sumažėjo ant žemės ir lajų viršutinėje dalyje, bet pagausėjo uoksuose perinčių paukščių. Buvo nustatytas nedidelis sėslių paukščių pagausėjimas, o migruojančių perinčių paukščių sumažėjo.

Biologinei įvairovei svarbių medžių išlikimas

Plynose kirtavietėse paliekami „biologinės įvairovės“ medžiai. Tikimasi, kad tai užtikrins rūšių, kurioms reikia senų medžių, ilgalaikį išlikimą. Biologinės įvairovės apsaugai paliekami medžiai dėl neigiamų aplinkos

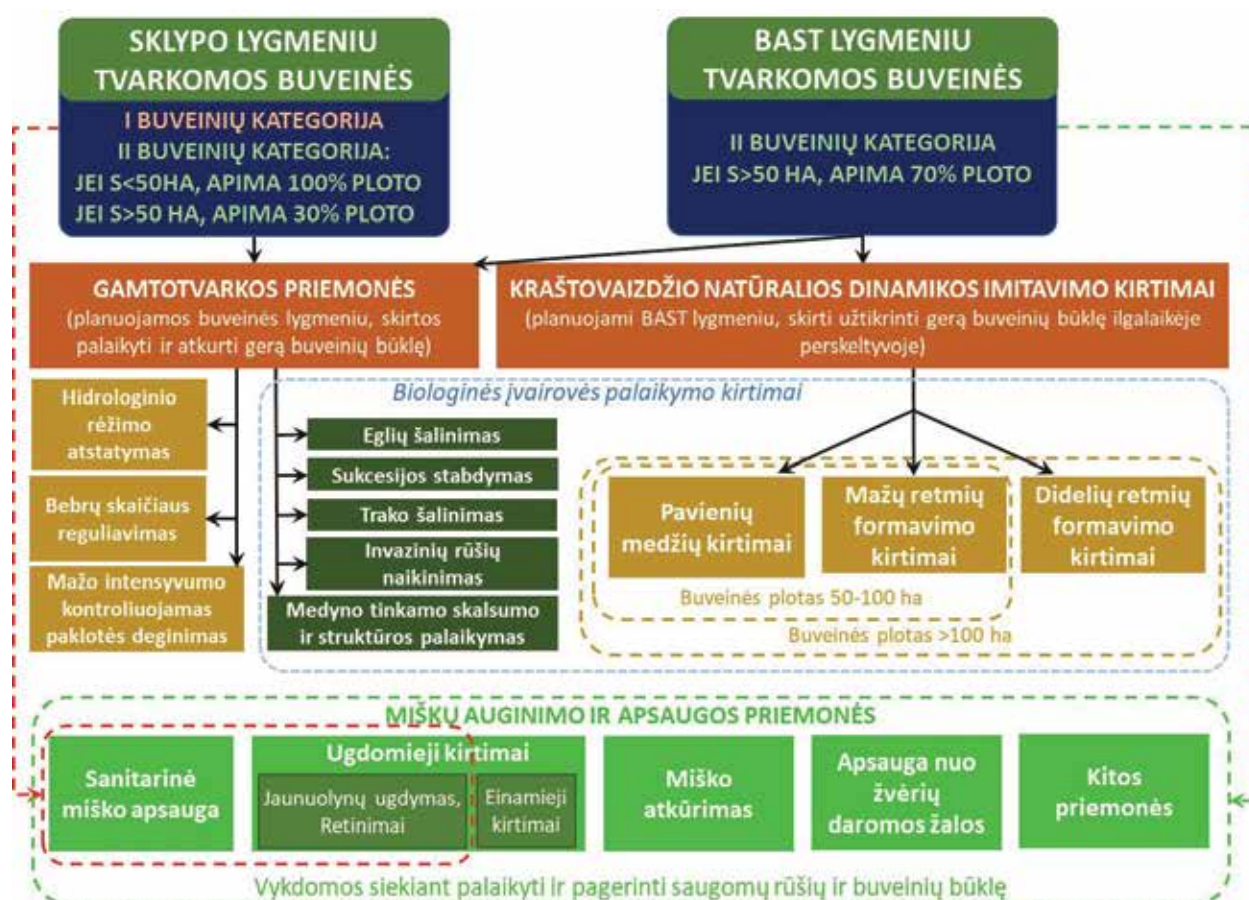
veiksnių palaipsniui žūsta ir po pirmųjų 6 metų iškirtus kirtavietę jų lieka daugiau nei 75 %. Siekiant padidinti biologinės įvairovės medžių išlikimą, šiuos medžius rekomenduojama palikti grupėmis (4 pav.). Biologinei įvairovei svarbių medžių išlikimas priklauso nuo jų išsivystymo klasės, dirvos dirbimo greta medžių, šaknų mitybinio ploto. Rekomenduojama palikti A ir B išsivystymo klasių medžius, kurių šaknys turėjo didesnę nei 100 m² mitybinę erdvę, ir nevykdyti dirvos paruošimo želdinimui bent 4 m atstumu nuo medžių.

Natūralių miško buveinių apsauga

Natūralių miško buveinių tvarkymo rekomendacijos BAST teritorijose buvo parengtos 2021 m. (Brazaitis ir kt., 2021). Tvarkymo tikslas – išlaikyti šių buveinių gerą gamtosauuginę būklę ir stabilų ar didėjančią jų plotą. Natūralios miško buveinės skirstomos į tvarkomas sklypo ir BAST lygmeniu. Sklypo lygmeniu turėtų būti tvarkomos retai Lietuvoje aptinkamos miško buveinės (9060 Spygliuočių miškai ant ozų, 9070 Medžiais apaugusios ganyklos, 9180 *Griovų ir šlaitų miškai, 9190 Sausieji ąžuolynai, 91D0 *Pelkiniai miškai, 91F0 Paupių guobynai) ir kitos buveinės, jeigu jų mažiau nei 50 ha BAST teritorijoje. BAST lygmeniu tvarkomos dažniau Lietuvos miškuose aptinkamos buveinės, rekomenduojama šio lygmens tvarkymui priskirti 70 % ploto buveinių, kurių bendras plotas BAST yra daugiau nei 50 ha.



3 pav. Biologinei įvairovei atrinktus medžius rekomenduojama palikti grupėmis, suformuojant seno medyno „salelę“, kuri išliktų ir taptų prieglobsčio zona su senais medynais susijusioms rūšims



4 pav. Natūralių miško buveinių kategorijos ir taikomos tvarkymo priemonės

Natūralių miško buveinių tvarkymo priemonės pagal pobūdį skirstomos į tris grupes (žr. 4 pav.):

1. **Gamtotvarkos priemonės.** Jas sudaro (tradicinės) gamtotvarkos priemonės ir sklypo lygmeniu planuojami gamtotvarkinio pobūdžio biologinės įvairovės palaikymo kirtimai. Esant poreikiui gali būti planuojamos ir įgyvendinamos visose natūraliose miško buveinėse, priskirtose tiek sklypo, tiek BAST lygmenimis tvarkomoms. Gamtotvarkos priemonėmis siekiama išsaugoti arba atkurti gerą konkrečios miško buveinės būklę. Šios priemonės taikomos visų amžiaus klasių medynuose.
2. **Kraštovaizdžio natūralios dinamikos imitavimo kirtimai.** Esant poreikiui gali būti planuojami ir įgyvendinami II buveinių kategorijos BAST lygmeniu tvarkomose buveinėse. Šiomis priemonėmis siekiama užtikrinti gerą buveinių

būklę ilgalaikėje perspektyvoje BAST teritorijoje. Jos skirtos formuoti skirtingo amžiaus ir struktūros miško buveinių medynus. BAST, kuriose nenustatyti apsaugos tikslai, kraštovaizdžio natūralios dinamikos imitavimo kirtimai netaikomi. Šios priemonės taikomos brandžiuose medynuose.

3. **Miško auginimo ir apsaugos priemonės.** Šios priemonės, jei tai nepablogins buveinės būklės, gali būti planuojamos ir įgyvendinamos BAST lygmeniu tvarkomose buveinėse. Sklypo lygmeniu tvarkomose natūraliose miško buveinėse iš miško auginimo ir apsaugos priemonių gali būti taikomi tik jaunesnių medynų ugdymo kirtimai (jaunuolynų ugdymas ir retinimo kirtimai) ir sanitarinė miško apsauga (vykdoma esant neišvengiamai būtinybei po konsultacijų su suinteresuotomis pusėmis).

Literatūra

Brazaitis, G., Marozas, V., Augutis, D., Preikša, Ž., Šaudytė-Manton, S. (2021). *EB svarbos natūralių miško buveinių BAST teritorijose tvarkymo rekomendacijos*. Kaunas: NATURALIT. Prieiga per internetą: <https://naturalit.lt/wp-content/uploads/2021/02/Naturaliu-misko-buveiniu-tvarkymo-rekomendacijos.pdf>



MEDŽIŲ MIKROBUVEINĖS ŪKINIUOSE MIŠKUOSE – ĮVAIROVĖ IR APSAUGOS REKOMENDACIJOS

Gediminas Brazaitis, Žydrūnas Preikša

Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija,
Miškų ir ekologijos fakultetas



Miško biologinės įvairovės išsaugojimas yra svarbus šiuolaikinės miškininkystės uždavinys. Siekiant užtikrinti biologinės įvairovės poreikius ūkiniuose miškuose, vykdant pagrindinius kirtimus paliekami medžiai biologinei įvairovei, negyva mediena, išskiriamos ir saugomos kartinės miško buveinės, didieji paukščių lizdai, taikoma daug kitų priemonių. Siekiant geriau išsaugoti retas ir nykstančias rūšis, svarbu užtikrinti šioms rūšims svarbių struktūrų išlikimą ir pakankamą kiekį miško ekosistemose. Biologinės įvairovės palikimas negali būti savitikslis, šie medžiai turi užtikrinti rūšių, kurios susijusios su senais medžiais, išlikimą.

Iki šiol biologinės įvairovės medžiai buvo atrenkami vadovaujantis jų dydžio, rūšių įvairovės, stabilumo ir kitais kriterijais, tačiau į jų vertę įvairioms biologinės įvairovės grupėms nebuvo kreipiamas esminis dėmesys. Vakarų Europoje pastaraisiais metais išvystyta medžių mikrobuveinių koncepcija. Medžių mikrobuveinė – tai su medžiais susijusios struktūros, kurios gyvūnams ar augalams suteikia prieglobstį, reikalingą išgyventi ar reprodukcijai, yra maistinių medžiagų šaltinis ar atlieka kitas papildomas funkcijas. Medžių mikrobuveinė yra svarbi siekiant išsaugoti biologinę įvairovę,

nes šios struktūros užtikrina paliekamo medžio svarbą daugeliui rūšių.

Medžių mikrobuveinės sukuria sąlygas įsikurti daugeliui įvairių sistematinių grupių rūšių (Regnery et al., 2013; Müller et al., 2014; Schauer et al., 2017; Paillet et al., 2018; Schauer et al., 2018; Basile et al., 2020) ir palaipsniui tampa moderniu bei plačiai taikomu būdu saugoti biologinę įvairovę ūkiniuose miškuose. Pagrindinių kirtimų metu atrinkus medžius, kurie jau turi mikrobuveines, bus geriau suderinami visuomenės ūkio ir gamtos saugos interesai, nes tokiomis pat sąnaudomis bus išsaugoma daugiau.

Šiame darbe siekta įvertinti medžių mikrobuveinių gausą ir pasiskirstymą tarp skirtingų medžių rūšių, parengti medžių mikrobuveinių apsaugos rekomendacijas. Darbe naudotas Kraus (2016) medžių mikrobuveinių katalogas, adaptuotas Lietuvos sąlygoms.

Tyrimai apėmė 7 apskričių, 11 administracinių rajonų teritoriją. Tyrimai atlikti uždėjus 132 apskritiminius tyrimo barelius, įvertinta 3395 vnt. medžių. Apskritiminiai tyrimo bareliai buvo 12,6 m spindulio, arba 500 m² ploto. Tyrimo barelyje buvo vertinami visi storesni nei 15 cm skersmens medžiai. Išmatuotas

kiekvieno medžio skersmuo, apžiūrėjus jį iš visų pusių įvertintos mikrobuveinės. Buvo vertinami ąžuolynai, pušynai, eglynai, juodalksnynai, drebulynai, beržynai, liepynai ir klevynai.

Dauguma medžių turėjo vieną mikrobuveinę (18,8 %), dvi ir daugiau mikrobuveinių turėjo 4,4 % tirtų medžių. Didžiausią mikrobuveinių tipų įvairovę turėjo ąžuolai ir klevai. Pasitaikė pavienių medžių su 5–6 ir daugiau mikrobuveinių. Eglės, drebulės ir juodalksniai daugiausia turėjo tris, o liepos, beržai ir pušys – dvi mikrobuveines. Medžiai su dviem ir daugiau mikrobuveinių yra vertingesni saugant biologinę įvairovę dėl įvairiapusiškesnės esamų mikrobuveinių vertės, todėl turėtų būti saugomi pagrindinių kirtimų metu.

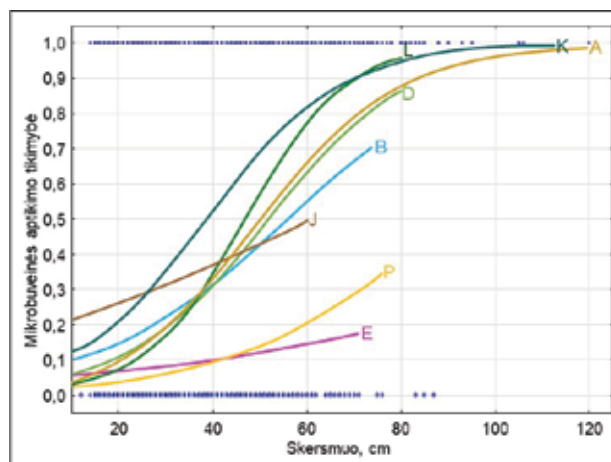
Medžio skersmuo turi statistiškai patikimą įtaką mikrobuveinės susiformavimui ($\chi^2=284$; $p<0,00001$). Medžio skersmeniui esant 30 cm, mikrobuveinės atsiradimo tikimybė yra 0,2, 55 cm skersmeniui – 0,5, o 85 cm – 0,8. Medžių mikrobuveinės susiformavimo tikimybė pasiekia 0,5 esant tokiam medžių rūšių skersmeniui: klevo – 38 cm, liepos – 46 cm, ąžuolo – 50 cm, drebulės – 52 cm, beržo – 56 cm, juodalksnio – 60 cm (žr. 1 pav.).

Vertinant, kokį ryšį turi medžių skersmuo ir medžių mikrobuveinių skaičius, matyti, kad storesni medžiai turi daugiau mikrobuveinių (žr. 2 pav.). Vidutiniškai vieną mikrobuveinę turi 35 cm skersmens medis, dvi – 50 cm, tris – 58 cm, keturias – 75 cm, penkias – 85 cm, šešias – 88 cm. Tai rodo, kad medžio skersmuo yra tiesiogiai teigiamai susijęs su jo teikiama nauda biologinei įvairovei.

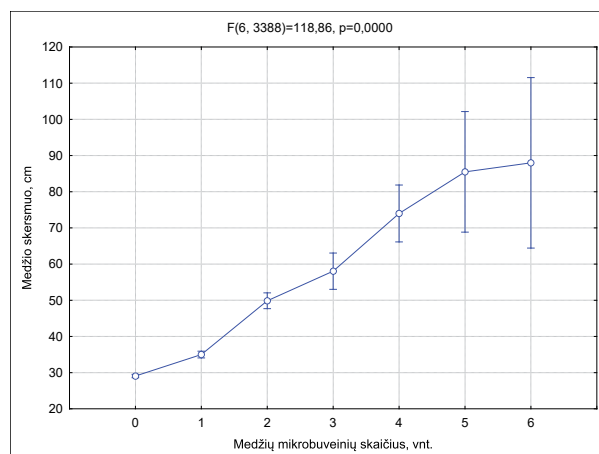
Medžių mikrobuveinių apsaugos rekomendacijos

IV miškų grupės visų rūšių medynuose pagrindinių kirtimų metu atrenkant biologinei įvairovei išsaugoti skirtus medžius, rekomenduojama palikti medžius su genų uokšais (E1, išskyrus E14 genų maitinimosi vietas), drevėmis (E2), dideliais paukščių lizdais (L11), senais žievės netekimais (P13–14), giliažieve struktūra (Z21), turinčius sausas storas šakas (N12, N14), taip pat medžius, kurių kamienas gausiai apaugęs epifitiniais kriptogamais ir fanerogamais (F3); medžius, turinčius dvi ir daugiau bet kokių skirtingų tipų mikrobuveinių, pirmenybę teikiant medžiams su didesniu mikrobuveinių skaičiumi ir įvairove; ne daugiau kaip 3 medžius hektare, turinčius to paties tipo mikrobuveinę (medžiams su dviem ir daugiau mikrobuveinių šis apribojimas netaikomas).

Atrenkant išsaugojimui medžių mikrobuveines, rekomenduojama atsižvelgti į jų parametrus ir susidarymo amžių. Apsaugos prioritetą teikiamas didesnių matmenų ir senesnės mikrobuveinėms.



1 pav. Skirtingų medžių rūšių mikrobuveinių buvimo tikimybė priklausomai nuo medžio skersmens



2 pav. Medžio mikrobuveinių ir medžio skersmens priklausomybė

Atrenkant palikimui medžių mikrobuveines pagrindinių kirtimų metu, rekomenduojama atsižvelgti į medžių rūšį. Eglėse esančias mikrobuveines: prioritetą teikiamas saugant vienmečius ir daugiamečius kempininius grybus (F11, F12); nesaugomas šviežios žievės netekimas (P11, P12). Pušyse esančias mikrobuveines: prioritetą teikiamas saugant žaibo paliktas žaizdas (P33), dideles gaisro žaizdas (P34), daugiamečius kempininius grybus (F12); nesaugomas šviežios žievės netekimas (P11, P12). ąžuoluose esančias mikrobuveines: prioritetą teikiamas saugant vabzdžių galerijas ir landas (E51, E52), vienmečius ir daugiamečius kempininius grybus (F11, F12), briofitus (F31), kerpes (F32). Drebulėse esančias mikrobuveines: prioritetą teikiamas saugant vienmečius ir daugiamečius kempininius

grybus (F11, F12), briofitus (F31), kerpes (F32). Beržuose esančias mikrobuveines: saugomi vėžiniai gumbai (D3), giliažievė struktūra (Z21), nesaugoma potenciali vieta dideliam lizdui (L13). Juodalksniuose esančias mikrobuveines: prioritetas teikiamas saugant daugiamečius kempininius grybus (F12), kepurėtuosius grybus (F13),

nusausintuose pelkiniuose dirvožemiuose nesaugomos nedidelės ertmės tarp šaknų (D11). Klevuose ir liepose esančias mikrobuveines: prioritetas teikiamas saugant vienmečius kempininius grybus (F11), briofitus (F31), kerpes (F32).

Literatūra

- Basile, M., Asbeck, T., Jonker, M., Knuff, A.K., Bauhus, J., Braunisch, V., Mikusinski, G., & Storch, I. (2020). What do tree-related microhabitats tell us about the abundance of forest-dwelling bats, birds, and insects? *J Environ Manage*, 264, 110401.
- Kraus, D., Bütler, R., Krumm, F., Lachat, T., Larrieu, L., Mergner, U., Paillet, Y., Rydkvist, T., Schuck, A., and Winter, S. (2016). Müller, J., Jarzabek-Müller, A., Bussler, H., & Gossner, M. M. (2014). Hollow beech trees identified as keystone structures for saproxylic beetles by analyses of functional and phylogenetic diversity. *Animal Conservation*, 17, 154–162.
- Paillet, Y., Archaux, F., du Puy, S., Bouget, C., Boulanger, V., Debaive, N., Gilg, O., Gosselin, F., Guilbert, E., & Firn, J. (2018). The indicator side of tree microhabitats: A multi-taxon approach based on bats, birds and saproxylic beetles. *Journal of Applied Ecology*, 55, 2147–2159.
- Regnery, B., Couvet, D., Kubarek, L., Julien, J.-F., & Kerbiriou, C. (2013). Tree microhabitats as indicators of bird and bat communities in Mediterranean forests. *Ecological Indicators*, 34, 221–230.
- Schauer, B., Bong, J., Popp, C., Obermaier, E., & Feldhaar, H. (2018). Dispersal limitation of saproxylic insects in a managed forest? A population genetics approach. *Basic and Applied Ecology*, 32, 26–38.
- Schauer, B., Steinbauer, M. J., Vailshery, L.S., Müller, J., Feldhaar, H. & Obermaier, E. (2017). *Influence of tree hollow characteristics on saproxylic beetle diversity in a managed forest*. Biodiversity and Conservation.



Išskirta medžio DNR mėgintuvėlio apačioje.

MAŽALAPĖS LIEPOS EVOLIUCINĖ KILMĖ LIETUVOJE

Darius Danusevičius¹, Virgilijus Baliuckas^{1,2}, Jurata Buchovska^{1,2},
Rūta Kembrytė¹, Darius Kavaliauskas¹, Oliver Gailing³

¹ Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Miškų ir ekologijos fakultetas

² Lietuvos agrarinių ir miškų mokslo centras, Miškų institutas

³ Gėtingeno universitetas

Mažalapės liepos medynas Švėkšnos g.-joje,
vakarinėje Lietuvoje, haplotipas Nr. 4 iš
pietvakarinės Europos

Iš kur po ledynmečio paplito liepynai Lietuvoje?

Vienas iš projekto mokslinių tyrimų tikslų buvo ištirti dėl klimato šiltėjimo Lietuvos miškuose sparčiau plintančios vietinės rūšies – mažalapės liepos evoliucinę kilmę, siekiant nustatyti ateities liepynų genetinę sudėtį ir jos sąsajas su adaptyvumu.

Pagal chloroplasto DNR mikrosatelitų žymenis genotipuoti 543 mažalapės liepos medžiai iš 21 populiacijos Lietuvos miškuose. Liepos chloroplasto DNR paveldima tik per motininę liniją, todėl patikimai atspindi populiacijų evoliucinę kilmę.

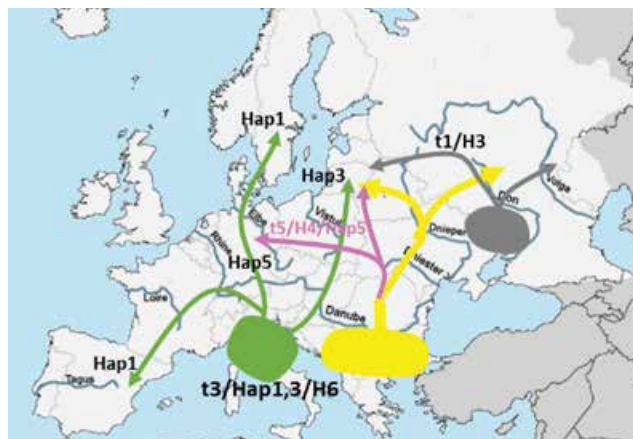


1 pav. Projekto vykdytojai prie vienos iš seniausių liepų Punios šile. Iš kairės: D. Darius, K. Rūta, B. Virgilijus

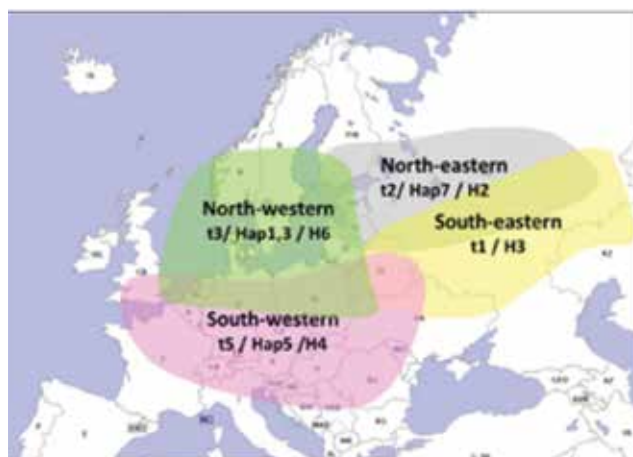
Ankstesniais tyrimais pagal motininio paveldėjimo chloroplasto DNR žymenis mokslininkai Europoje aptiko keturių evoliucinių linijų mažalapės liepos haplotipus (žr. 2 pav.). Mūsų projekto tyrimai atskleidė, kad Lietuvos mažalapės liepos populiacijų evoliucinė kilmė yra viena iš įvairiausių Europoje, kadangi sudaryta net iš visų keturių pagrindinių evoliucinių linijų atstovų, nors dominuoja Vakarų Europos haplotipai H4 ir H6 (3 pav.). Šie haplotipai Lietuvos teritorijoje pasiskirstę nevienodai: Žemaitijoje ir Centrinėje Lietuvoje dominuoja Šiaurės vakarų Europos evoliucinių linijų genofondas, ypač grynai Pietvakarių Europos evoliucijos linijos liepynai yra Dzūkijoje Rytų Lietuvoje, dažnos rytinio liepos arealo evoliucinės linijos, ypač grynos Stelmužės miške. Tikėtina, kad skirtingų evoliucinių

linijų genofondas gali skirtis adaptyvumu, todėl į tai rekomenduotina atsižvelgti tolesniuose tyrimuose ir rengiant liepų plėtros bei adaptyvumo stiprinimo programas (Danusevičius et al., 2021).

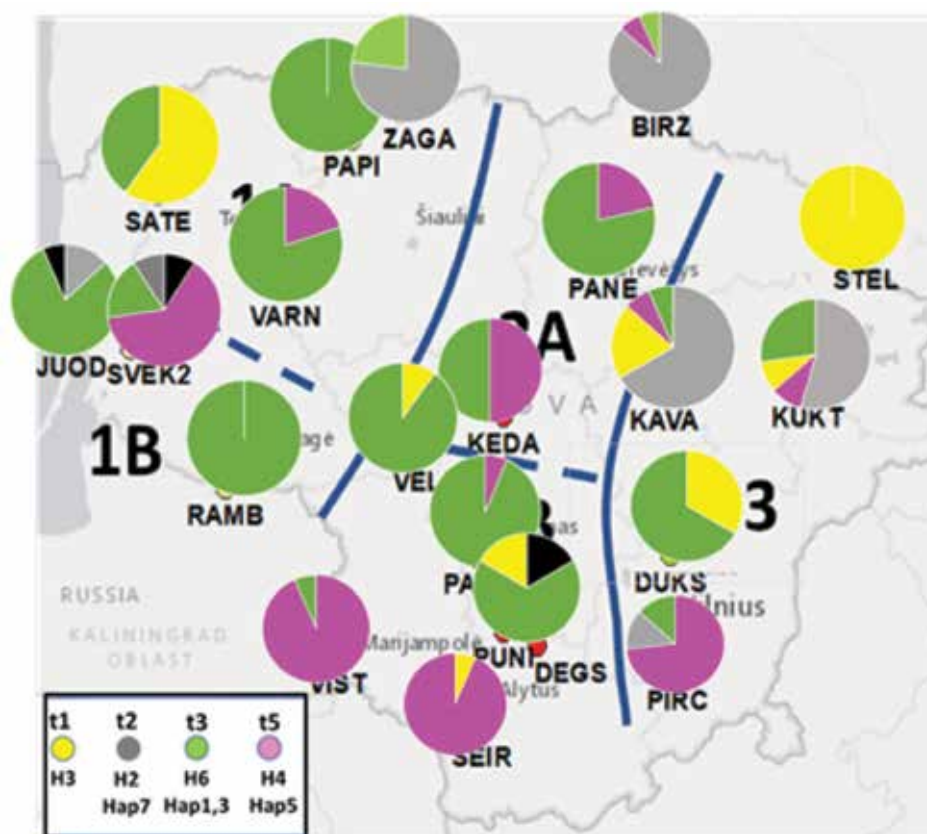
Plačiau apie mūsų grupės genetinius tyrimus galite sužinoti „Facebook“ svetainėje „Forest Genetics Lithuania“ (<https://www.facebook.com/geneticalt/>).



2 pav. Rekonstruotas mažalapių liepų poledynmetinės migracijos modelis Europoje pagal Semerikova et al. (2019), Phuekvilai (2014) ir mūsų chloroplasto DNR haplotipų tyrimo rezultatus. Išskirtos keturios evoliucinės linijos, paplitusios iš trijų poledymentinio prieglobsčio zonų Pietų Europoje



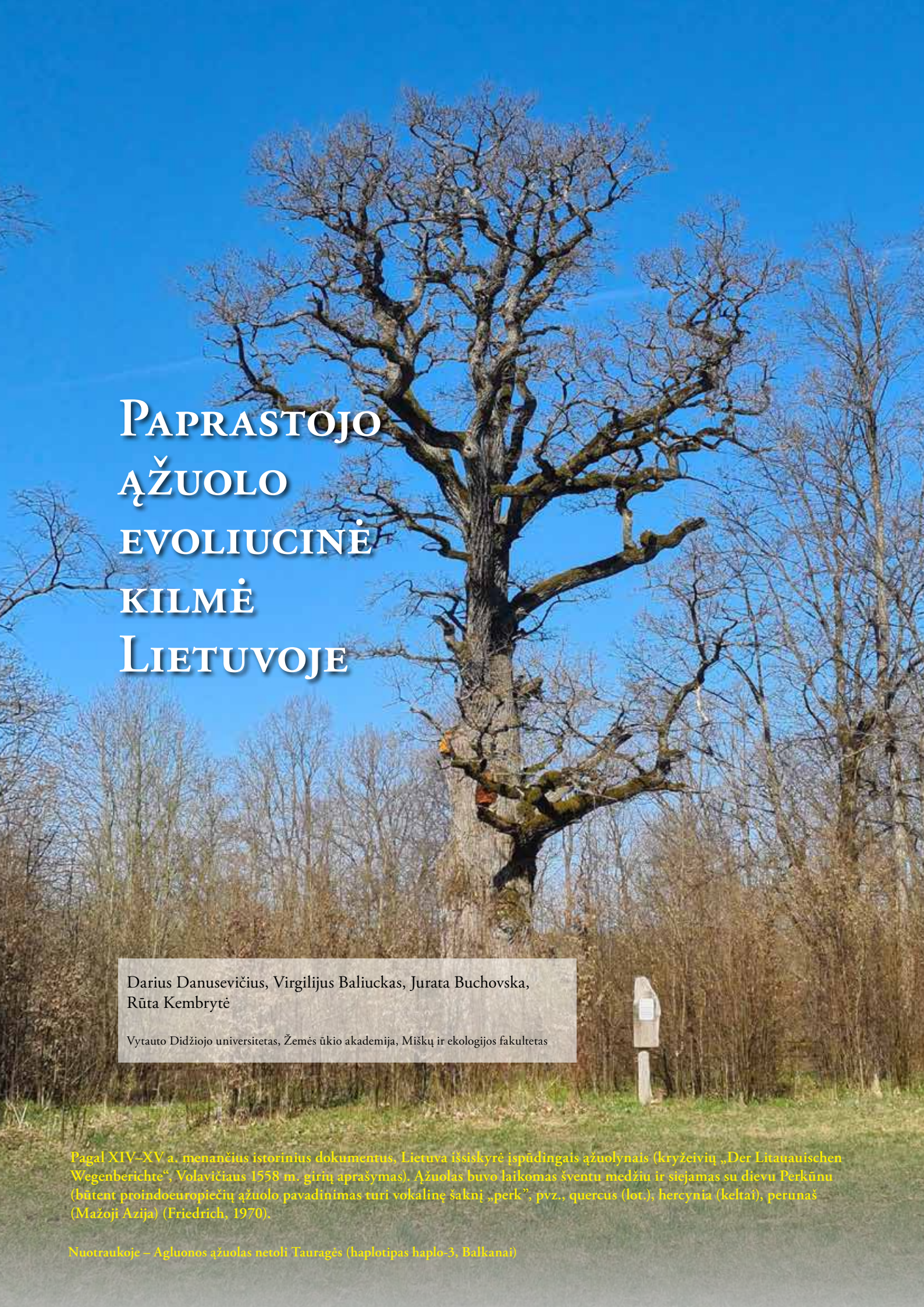
3 pav. Dabartinis mažalapių liepų chloroplasto DNR haplotipų pasiskirstymo žemėlapis pagal Semerikova et al. (2019), Phuekvilai (2014). Lietuvoje susikerta visų keturių evoliucinių linijų paplitimo arealai



4 pav. Mažalapių liepų motininio paveldėjimo chloroplasto DNR haplotipų pasiskirstymas Lietuvoje, rodantis jų evoliucinę kilmę. Haplotipai koduoti spalvomis, kaip ir kituose paveiksluose, ir paaiškinti legendoje, kurioje nurodomi ir kitų europinių tyrimų haplotipų atitikmenys: H3 – Pietryčių Europos haplotipas (geltonas), H2 (Hap7) – Šiaurės rytų Europos haplotipas (pilkas), H6 (Hap1, 3) – Šiaurės vakarų Europos haplotipas (žalias, dažniausias Lietuvoje) ir H4 (Hap5) – Pietvakarių Europos haplotipas (violetinis)

Literatūra

- Danusevičius, D., Kembrytė, R., Buchovska, J., Baliuckas, V., and Kavaliauskas, D. (2021). Genetic signature of the natural genepool of *Tilia cordata* Mill. in Lithuania: compound evolutionary and anthropogenic effects. *Ecology and Evolution*, 11(11), 6260–6275. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1002/ece3.7473>.
- Phuekvilai, P. (2014). Relicts, refugia and reticulation: A study of population history, hybrids and phylogeny in the long-lived flowering tree genus *Tilia*. *PhD Thesis*, 201 p. Prieiga per internetą: <http://theses-test.ncl.ac.uk:8080/jspui/handle/10443.1/2629>.
- Semerikova, S., Isakov, I. Y., and Semerikov, V. L. (2020). Chloroplast DNA variation shed light on the history of lime tree (*Tilia cordata* s.l.) in eastern part of the range. *Russian Journal of Genetics*, 56(2), 192–203.



PAPRASTOJO ĄŽUOLO EVOLIUCINĖ KILMĖ LIETUVOJE

Darius Danusevičius, Virgilijus Baliuckas, Jurata Buchovska,
Rūta Kembrytė

Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Miškų ir ekologijos fakultetas

Pagal XIV–XV a. menančius istorinius dokumentus, Lietuva išsiskyrė išpūdingais ąžuolynais (kryživių „Der Litauauischen Wegenberichte“, Volavičiaus 1558 m. girių aprašymas). ąžuolas buvo laikomas šventu medžiu ir siejamas su dievu Perkūnu (būtent proindoeuropiečių ąžuolo pavadinimas turi vokalinę šaknį „perk“, pvz., quercus (lot.), hercynia (keltaĩ), perunaš (Mažoji Azija) (Friedrich, 1970).

Nuotraukoje – Agluonos ąžuolas netoli Tauragės (haplotipas haplo-3, Balkanai)

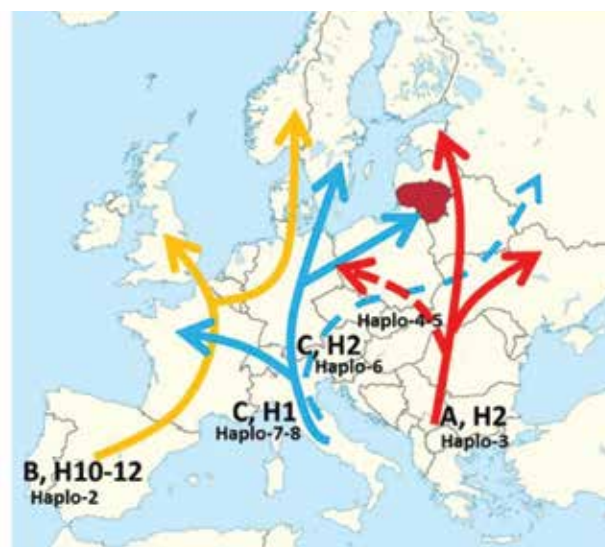
Dabar ąžuolynai Lietuvoje tesudaro 2 % visų medynų. Vis stipriau reiškiasi ąžuolynų gyvybingumo mažėjimo (angl. *oak decline*) požymiai, vyrauja palyginti žemos ūkinės vertės ąžuolynai, o tai sietina su žemu adaptyvumu. Nors kaip nežymi priemaiša medynuose ąžuolai išlikę didesniame plote, tikėtina, kad kaip senųjų ąžuolynų genofondo likučiai. Galima prielaida, kad dėl šimtmečius vykusios ąžuolynų eksploatacijos geros ūkinės vertės haplotipai buvo palaipsniui išeliminuoti, taip sumažinant medynų genetinę įvairovę ir vertę, kartu ir tvarumą. Būtina atkurti ąžuolynus nuoseklios programos pagrindu. Rengiant ąžuolynų atkūrimo programą būtina pradėti nuo ąžuolo genofondo ištyrimo ir atrankos.

Mūsų tyrimo tikslas yra pagal DNR žymenis identifikuoti aukštos genetinės įvairovės ir kokybės evoliucinės kilmės haplotipines linijas (1 pav.), kad būtų galima integruoti šias linijas į genetinių išteklių išsaugojimo objektų tinklą retesniems haplotipams išsaugoti ir naudoti naujiems ąžuolynams veisti.

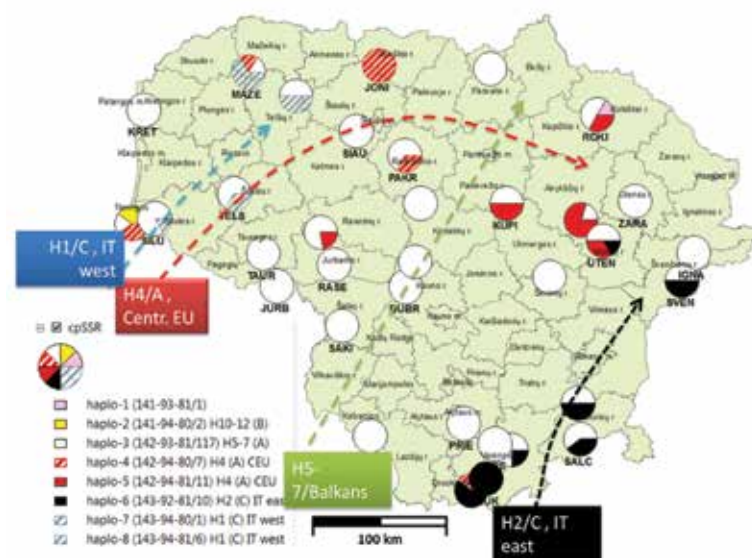
Mes ištyrėme 157 p. brandžių ąžuolo medžių iš 38 populiacijų Lietuvoje motininio paveldėjimo chloroplasto DNR lokusų įvairovę (šie DNR variantai nėra rekombinuojami ir įtakojami tėvinio individo bei rodo tik motininio medžio haplotipą, t. y. plitimo sėklomis evoliucines linijas).

Rezultatai parodė (žr. 2 pav.), kad Lietuvoje dominuoja Balkanų evoliucinės kilmės ąžuolai (haplo-3, 75 % visų tirtų ąžuolų, išplitę visoje Lietuvoje; žr. 2 pav.), toliau seka Balkanų linijos Vokietijos atšaka (haplo-4 ir 5, 12 %), vakarų (haplo-7 ir haplo-8) ir rytų (haplo-6) Italijos evoliucinės linijos, atitinkamai 5 ir 6 % bei tolimiausia Iberijos linija – 3 % (haplo-2).

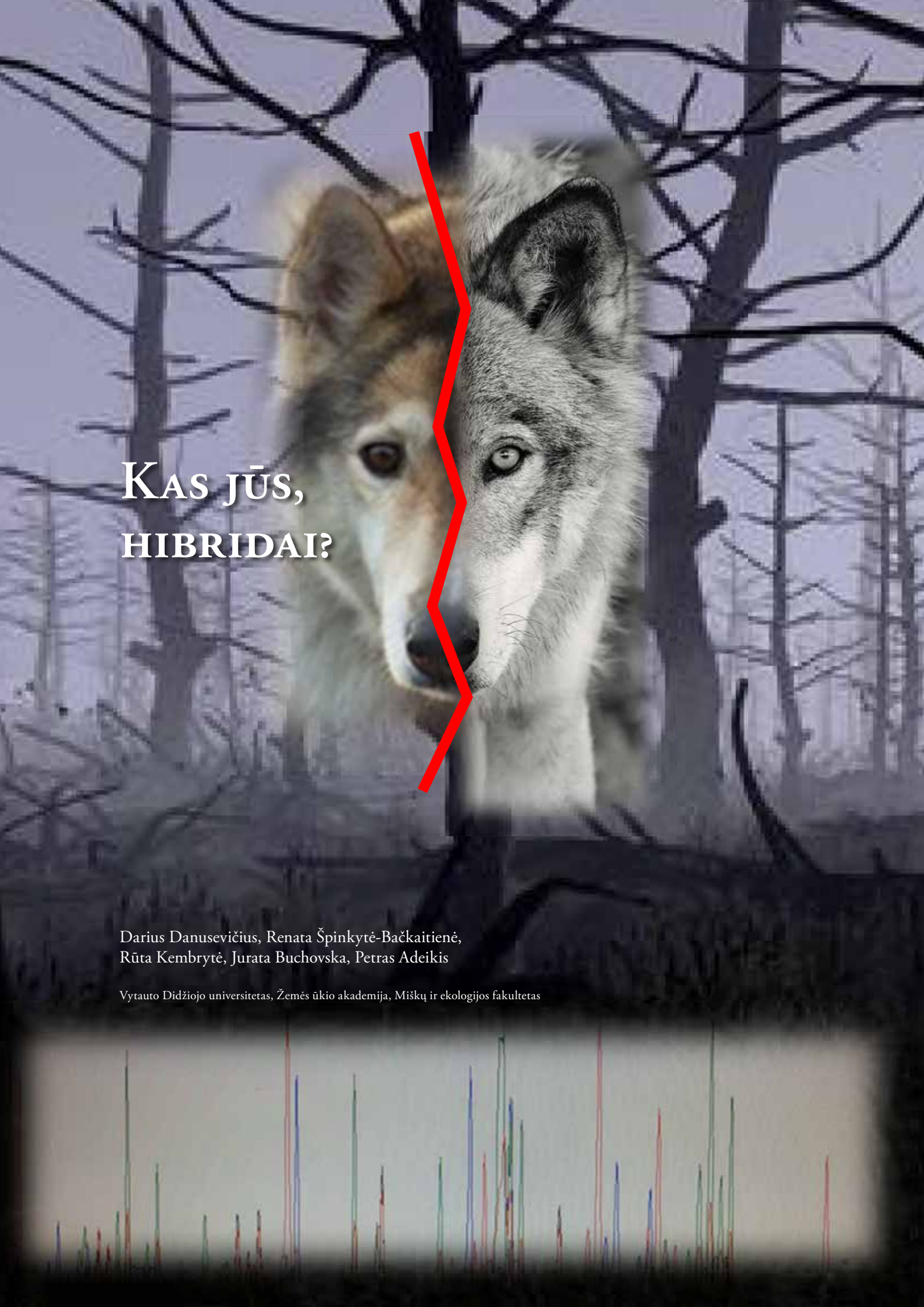
P. ąžuolo haplotipų geografinis pasiskirstymas Lietuvoje yra aiškiai neatsitiktinis. Kadangi Rytų Italijos haplotipas (haplo-6) pasiekė Lietuvą iš rytų ir yra dažnas Baltarusijoje, natūraliai tikėtina jo didesnė koncentracija Rytų Lietuvoje (žr. 2 pav.). Panašiai ir Vakarų Italijos haplotipas dažnesnis vakarinėje Lietuvoje. Tačiau kitų haplotipų išplitimas sunkiai paaiškinamas vien natūralia ąžuolų plitimo eiga. Stiprus Balkanų haplotipo (haplo-3) dominavimas ir keistokas vokiškojo (haplo-4 ir haplo-5) haplotipo išplitimas tik šiaurinėje Lietuvoje leidžia daryti prielaidą, kad kiti haplotipai iš šių teritorijų galėjo būti išeliminuoti dėl ilgąsios ūkinės veiklos.



1 pav. P. ąžuolo poledynmetinės migracijos linijos (evoliucinės kilmės haplotipai) pagal Petit et al. (2002). A, B ir C – ledynmetinio prieglobsčio zonos. Haplotipai pažymėti H raide pagal Petit et al. (2002) ir haplo pagal mūsų tyrimą



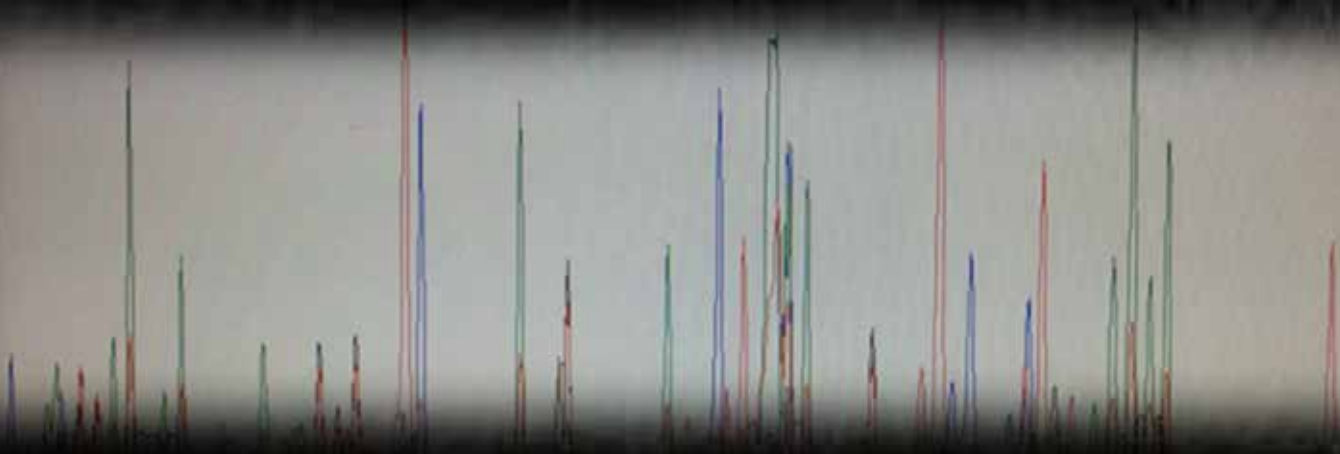
2 pav. Chloroplasto DNR haplotipų geografinis pasiskirstymas Lietuvoje. Apskritimai žymi populiacijų kilmės vietas, o skirtingos spalvos – haplotipus. Balkanų linija (haplo-3, balti), Rytų Italijos (haplo-6, juodi), Vakarų Italijos (haplo-7, haplo-8, mėlyni dryžuoti), Vokietijos (haplo-4, haplo-5, raudoni), ir Ispanijos (haplo-2, geltoni)



KAS JŪS, HIBRIDAI?

Darius Danusevičius, Renata Špinkytė-Bačkaitienė,
Rūta Kembrytė, Jurata Buchovska, Petras Adeikis

Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Miškų ir ekologijos fakultetas



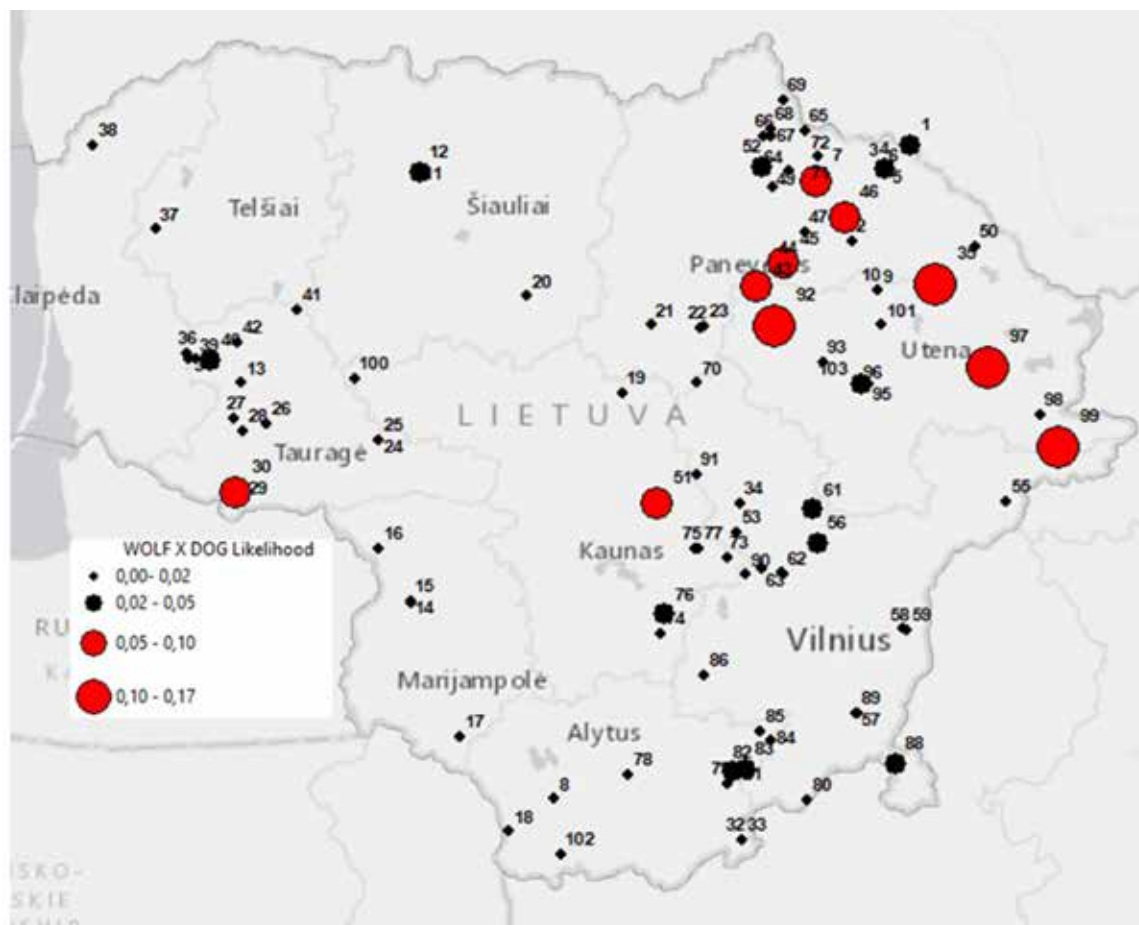
Mūsų tyrimo tikslas buvo nustatyti genetinius panašumus tarp 2018 m. sumedžiotų vilkų ir specialiai šiam tyrimui atrinktų 18 referencinių šuns individų pagal DNR žymenis 17 aukšto polimorfizmo autosominių atskirai rekombinuojamų mikrosatelitų lokusų ir apskaičiuoti hibridizacijos tikimybės kiekvienam vilko individui bei nustatyti šalies regionus, kur šios tikimybės yra santykinai didesnės. Tikimybėms apskaičiuoti naudojome Bajeso klasterinę analizę pagal STRUCTURE ver. 2.2.3 (Pritchard et al., 2000) programą. Tai vienas patikimiausių ir plačiausiai naudojamų vilkų ir šunų hibridizacijai ištirti žymenų sistemų ir statistinės analizines metodų, naudotų Ispanijoje, Italijoje ir Vidurio Europoje (Godinho et al., 2011; Hulva et al., 2017; Randi et al., 2014). Buvo analizuota 117 individų – 99 vilkai ir 18 šunų. 105 MCMC iteracijų metu, naudojant 105 burn in periodą, populiacija buvo suskirstyta į 2 grupes: vilkų ir šunų bei kiekvienam iš 117 individų apskaičiuota priklausymo tikimybė šiose dviejose grupėse. Kuo didesnė vilko individui tikimybė priklausyti šunų genetinei grupei, tuo stipresnė jo protėvių poravimosi su šunimis tikimybė. Jei tikimybė viršija 50 proc., tikėtinas poravimasis tėvų ar senelio kartose. Jei mažesnė nei 50 proc., hibridizacija vyko anksčiau nei senelių kartoje.

1 pav. STRUCTURE Bajeso klasterinės analizės apskaičiuotos 99 vilkų ir 18 šunų individų priskyrimui vienam iš dvejų genetinių grupių tikimybės pagal DNR tyrimo rezultatus (vilkams būdinga pirma grupė (geltona kairėje), o šunims – antra (raudona dešinėje). Kiekvienas stulpelis yra atskiras individas. X ašis rodo vilkų populiacijų kodus ir šunis (*dog*)

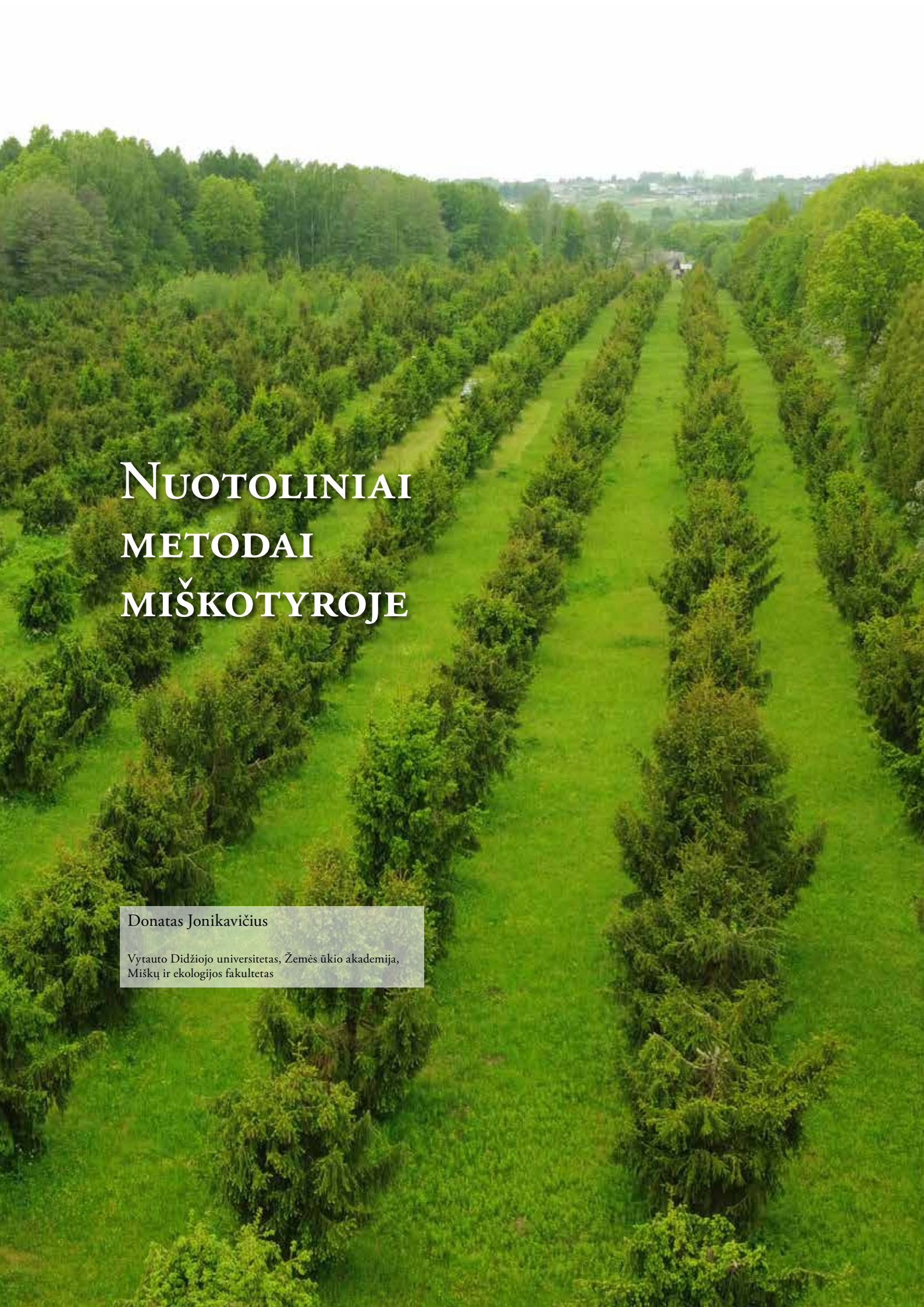
Bajeso klasterinė analizė parodė bendrą šunų ir vilkų imtį (99 vilkų ir 18 šunų), pagal DNR duomenis buvo suskirstyta į 2 grupes: į pirmą genetinę grupę pateko visi 99 vilkai, į antrą genetinę grupę – visi 18 šunų (1 pav.). Tačiau priskyrimo vienai iš abiejų grupių tikimybės buvo nevienodos – dalis vilkų individų turėjo genetinių asociacijų su šunų populiacija, kurios rodo genetinį panašumą su šunimis ir atvirkščiai, keli šunų individai turėjo asociacijų su vilkais (1 pav.). Tikimybės, didesnės nei 0,5, rodo tėvų ar senelių kartų hibridizacijos atvejus, mažesnės nei 0,5 tikimybės – prosenelių ir ankstesnių kartų hibridizacijos atvejus. Mūsų tyrtyje vilkų populiacijoje šunų grupės priskyrimo tikimybės buvo žemos (nesiekė 0,1), išskyrus kelis atvejus, kur 6 iš 99 individų turėjo tikimybes nuo 0,10 iki 0,17 ir, tikėtina, turėjo genetinių ryšių su šunimis ankstesnėse nei senelių kartose (4 patinai, 2 patelės). Mažas populiacijos dydis gali lemti didesnę hibridizacijos intensyvumą su kitomis rūšimis, jei savos rūšies porų skaičius mažas (Allendorf and Luikart, 2007, p. 428). Žinant, kad Lietuvoje vilkų populiacijos ženklus mažėjimas vyko 1960–1970 m., hibridizacijos su šunimis genetiniai pėdsakai turėtų būti panašūs į genetinės tikimybės dydžius kaip gauti mūsų tyrime.

hibridizacijos vėlesnėse nei senelių kartose indikatorių (Godinho et al., 2011). Viena iš hibridizacijos galimybių galėjo būti Lietuvos vilkų populiacijos butelio kaklelio efekto metu prieš 40–50 metų, kai sumažėjus

populiacijai sunkiau rasti porą (Allendorf and Luikart, 2007). Visi šie 6 hibridizacijos atvejai rasti Šiaurės rytu Lietuvoje.



2 pav. STRUCTURE Bajeso klasterinės analizės vilkų individų priskyrimui šunų genetinei grupei tikimybės pagal DNR tyrimo rezultatus. Tikimybės kinta nuo 0 iki 1. Taškai žymi vilkų sumedžiojimo vietas, jų dydis – Bajeso tikimybę priklausyti šunų genetinei grupei, tai rodo hibridizacijos su šunimis laipsnį individo tėvų ir ankstesnėse kartose. Tikėtina, kad Bajeso tikimybė priskyrimui šunų genetinei grupei, didesnė nei 0,1, rodo hibridizaciją su šunimis ankstesnėse nei senelių kartose (Godinho et al., 2011)



NUOTOLINIAI METODAI MIŠKOTYROJE

Donatas Jonikavičius

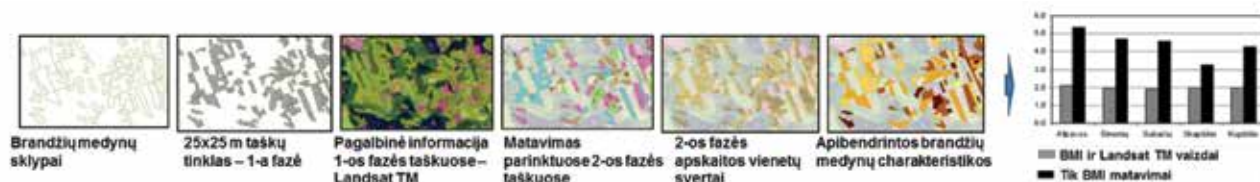
Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija,
Miškų ir ekologijos fakultetas

Nuotolinių tyrimo metodų taikymas miškų inventorizacijoje Lietuvoje

Turbūt dauguma iš mūsų prieš planuodami bet kokią veiklą norime žinoti, kiek turime išteklių. Miškai yra vienas svarbiausių mūsų valstybės gamtos išteklių, todėl labai svarbu tinkamai ir atsakingai jį naudoti. Miškininkai nuolatos renka informaciją apie šalies miškus, kad juose būtų tvariai ūkininkaujama. Dabartinės technologijos leidžia surinkti įvairaus detalumo informaciją. Lietuvoje dar XX a. antrojoje pusėje miškininkai miškų inventorizacijoje pradėjo naudoti aerofotografijas, pagal kurias nustatomos skirtingų medynų ribos ir kai kurie parametrai. Dar vienas informacijos apie miškus bumas kilo pradėjus naudoti nuotraukas iš kosmoso. Visame pasaulyje mokslininkai pradėjo daryti įvairius tyrimus, kaip nuotraukos iš kosmoso galėtų būti panaudojamos miškininkystėje. Lietuvoje taip pat buvo vykdomi tokie tyrimai. Apie 2000 m.

tuometiniame Lietuvos žemės ūkio universitete mokslininkai intensyviai vykdė tyrimus, kaip kosminiai vaizdai galėtų būti naudojami miškų inventorizacijoje. Remiantis prieš gerą dešimtmetį atliktais tyrimais galima teigti, kad kosminių vaizdų naudojimas miškų inventorizacijoje galėtų būti efektyvi priemonė. Buvo atlikti tyrimai ir pademonstruotas vidutinės skiriamosios gebos kosminių vaizdų potencialas atrankos metodu vykdomose inventorizacijose.

Lietuvoje vykdyta brandžių medynų inventori-zacija statistiniais metodais nustatydavo brandžių medynų tūrį su 3–5 % paklaida girininkijos lygmeniu, o tyrimai parodė, kad naudojant nemokamai gautus „Landsat TM“ vaizdus ir artimiausio kaimyno vertinimo metodą (kNN), įdiegtą 2-jų fazių atrankos scheme, be papildomų matavimų vietovėje medynų tūrio nustatymo paklaida girininkijos lygmeniu sumažėjo iki 2 % (žr. 1 pav.) (Jonikavičius, 2012).



1 pav. Brandžių medynų tūrio nustatymo naudojant kosminius vaizdus schema, kuri taikyta atliekant brandžių medynų inventorizaciją (BMI) pasitelkus kosminius vaizdus Kupiškio miškų urėdijoje

Kosminiai vaizdai taip pat plačiai naudojami pakitimams miške įvertinti. Paprastai kai kalbama apie pakitimų miške nustatymą, nagrinėjami skirtingomis datomis gauti duomenys ir ieškoma vietų, kuriose vaizdo pokyčiai laike buvo esminiai. Buvo atlikti tyrimai ir pasiūlyta pakitimams vertinti naudoti vienos datos vaizdus, tačiau kartu su skaitmenine informacija (kaupiamą duomenų bazėse) apie miško sklypus. Lietuva yra sukūrusi unikalią miškų valstybės kadastro sistemą, grindžiamą miško sklypų inventorizacija, kuri buvo

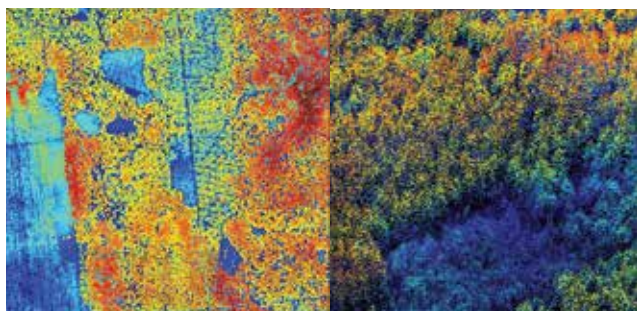
sistemiškai atliekama visuose šalies miškuose. Principas, kaip pakitimams aptikti naudojamas vienos datos kosminis vaizdas, pavaizduotas 2 pav. Tyrimo rezultatai parodė, kad pakitimus pagal vienos datos kosminį vaizdą ir kaip papildomą informaciją naudojant sklypinės inventorizacijos duomenis galima nustatyti 90 % tikslumu, t. y. suklasifikavus kosminį vaizdą ir naudojant papildomą informaciją iš sklypinės miškų inventorizacijos 90 % plotų, kurie klasifikuoti kaip kirtavietė, iš tiesų ir yra kirtavietė (Jonikavičius ir Mozgeris, 2009).



2 pav. Kirtaviečių nustatymas pagal vienos datos kosminius vaizdus ir sklypinės inventorizacijos duomenis. Apskaičiuojamas skirtumas tarp medyno vidutinio tūrio visame miško plote, apibūdinto miškų valstybės kadastre, ir įvertinto pagal kosminius vaizdus. Ženklūs rodiklio skirtumai susiję su šuoliškais medyno tūrio 1 ha pokyčiais, siejamais su plynai (kai skirtumai artimi miškų valstybės kadastre užfiksuotam tūriui) ar neplynai kirstais medynais. Paveiksle papildintame vaizde pavaizduoti geltoni plotai identifikuojami kaip kirtavietės

Kur kas dažniau pakitimams nustatyti naudojami skirtingų datų vaizdai. Naudojant vadinamuosius laiko sekos (fiksuočius skirtingais metais) vaizdus ir naujaušius vaizdų apdorojimo algoritmus, pakitimus miške galima nustatyti didesniu nei 90 % tikslumu.

Kita nuotolinių tyrimų metodų technologija, kuri visame pasaulyje jau plačiai naudojama miškų apskaičiuojant ir stebėsenoje, yra lazerinis skenavimas (LiDAR) (žr. 3 pav.). Lazerinis skenavimas yra sparčiausiai progresuojanti nuotolinių tyrimų technologija miškų inventurizacijoje. Mokslininkai nuolatos ieško vis tobulesnių metodų, kurie leistų lazerinio skenavimo duomenis paversti naudinga informacija. Lietuvoje prieš gerą dešimtmetį taip pat buvo atlikti tyrimai ir įvertinti lazerinio skenavimo technologijos privalumai bei trūkumai, tačiau dėl mokslininkams nesuprantamų priežasčių šiuo metu technologija nėra diegiama Lietuvos miškininkystės praktikoje. Nustatyta, kad naudojant šią technologiją turis miško sklypo lygmeniu gali būti nustatytas su apie 15 % paklaida (Mozgeris ir kt., 2017).

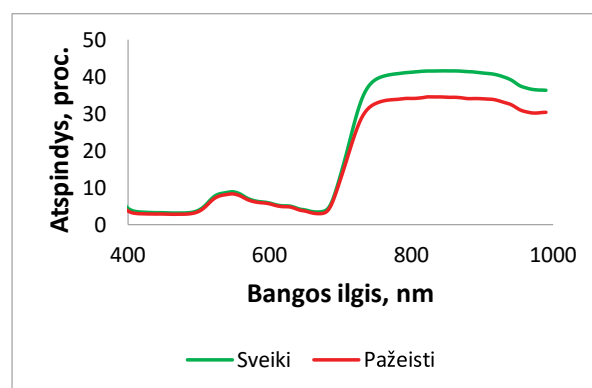


3 pav. Taškų masyvas gautas lazeriu skenuojant mišką iš orlaivio. Kiekvienam taškui nustatyta X, Y ir Z koordinatė, kiekvieno taško spalva iliustracijoje susijusi su taško aukščiu nuo žemės paviršiaus, pagal kurį galima spręsti apie medžio ar medyno aukštį. Žinant medyno aukštį galima įvertinti medyno tūrį ir kitus parametrus

Miško būklės ir padarytos žalos miškui nustatymas naudojant nuotolinius tyrimo metodus

Miško masyvai dažniausiai užima didelę teritoriją, todėl vizualiai įvertinti visų medžių būklę medyje yra gan sudėtinga. Nuotoliniais tyrimo metodais galima gauti informacijos apie dideles miškų teritorijas. Aerofotonuotauka miškininkystėje naudojama jau šimtmetį ir per šį laikotarpį jos pritaikymas iš esmės nepasikeitė, nebent tai, kad nespaltotas panchromatinės nuotraukos pakeitė spalvotos spektrinės zonos, kurios fiksuoja atspindėtą elektromagnetinę spinduliuotę artimųjų infraraudonųjų spindulių zonoje. Šiuo metu aerofotografavimas sparčiai tobulėja, ir tai susiję tiek

su gausėjančia aerofotografavimo platformų įvairove, tiek ir su pačių jutiklių galimybėmis. Aerofotografavimas gali būti atliekamas įvairius jutiklius montuojant į skirtingas platformas (įvairių tipų orlaivius). Tiek multispektriniai, tiek hiperspektriniai vaizdai leidžia gana tiksliai nustatyti medžių būklę. Mokslininkų atlikti tyrimai parodė, kad naudojant hiperspektrinius vaizdus galima įvertinti medžio būklę, nustatant tokius rodiklius kaip defoliacija. Taip pat buvo nustatyta, kad naudojant hiperspektrinius vaizdus galima aptikti žievėgraužio tipografo užpultas egles ankstyvoje stadijoje, t. y. kai vizualiai dar nematyti, kad medis užpultas. Pažeistų medžių spyglių atspindžio skirtumai ypač išryškėja artimųjų infraraudonųjų spindulių spektro zonoje, o tai leidžia atskirti pažeistas egles nuo sveikų (žr. 4 pav.).



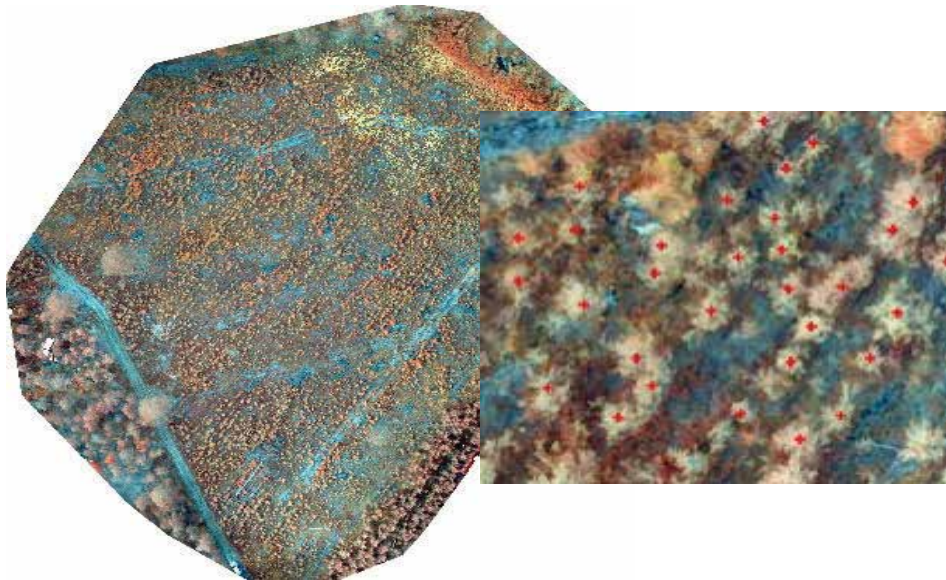
4 pav. Sveikų ir žievėgraužio tipografo pažeistų eglių spyglių atspindžio kreivės. Atspindžio kreivių skirtumai parodo, kad suklasifikavus hiperspektrinį vaizdą galima atskirti pažeistas (medis užpultas kenkėjų, bet vizualiai nepakitęs) ir nepažeistas egles

Tiek aeronuotraukos, tiek kosminiai vaizdai taip pat naudojami įvairių gamtos stichijų padarytai žalai įvertinti. Yra sėkmingų pavyzdžių, kai naudojant aeronuotraukas labai operatyviai nustatomi dėl gaisro pažeistų medynų plotai ir įvertinama gaisro padaryta žala jiems. Kosminiai vaizdai gali būti pasitelkiami, kai reikia informacijos apie didelius miškų plotus, pvz., visos valstybės lygmeniu ir pan. Lietuvoje mokslininkai taip pat įvertino stipraus vėjo padarytos žalos vertinimo galimybes naudojant kosminius vaizdus. Tyrimais nustatyta, kad naudojant kosminius vaizdus galima operatyviai įvertinti stipraus vėjo ar audrų padarytą žalą. Pagal kosminius vaizdus nustatytas vėjovartų plotas nuo pagal aukštos skiriamosios gebos ortofotoplanus vizualiai nustatyto vėjovartų ploto skyrėsi tik apie 2,5 % (Jonikavičius ir Mozgeris).

Miškininkai kasdieniame darbe vis dažniau naudoja tokius robotus kaip bepilotės skraidyklės (dronai). Pastaruoju metu atliekama vis daugiau tyrimų ir bandymų,

kaip šios skraidyklės galėtų būti naudojamos miškininkystėje. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijoje vykdomi bandymai, kaip dronų pagalba būtų galima apskaityti žėlinius ir želdinius bei įvertinti kirtaviečių atsikūrimą. Dronu darytos nuotraukos yra labai aukštos skiriamosios gebos, todėl galima identifikuoti pušies žėlinius ir želdinius bei suskaičiuoti jų kiekį ploto vienetu (žr. 5 pav.).

Daugelyje šalių nuotoliniai tyrimo metodai sėkmingai taikomi miškininkystėje, tačiau technologijos nuolat keičiasi ir labai sparčiai tobulėja. Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos mokslininkai nuolatos atlieka taikomuosius tyrimus ir ieško sprendimų, kaip nuotolinių tyrimų informaciją panaudoti miškininkystėje.



5 pav. Dronu nufotografuota kirtavietė ir identifiukuoti pušų žėliniai. Padidintame vaizde raudonais taškais pažymėti identifiukuoti pušies žėliniai

Literatūra

- Jonikavičius, Donatas. (2012). *Miškų inventorizacijos tobulinimas kosminių vaizdų pagrindu*. Daktaro disertacija. Kaunas: Aleksandro Stulginskio universitetas.
- Jonikavičius, Donatas, Mozgeris, Gintautas. (15–17 October, 2009). *Estimation of Volumes for Mature Forests Using the K-nearest Neighbor Technique and Satellite Image* // Rural development 2009: the fourth international scientific conference. Kaunas: Lithuanian University of Agriculture, Vol. 4, 2, 235–240. [ISI Proceedings]. ISSN 1822-3230.
- Mozgeris, Gintautas, Bikuvienė, Ina, Jonikavičius, Donatas (23–24th November, 2017). *The opportunities and challenges of using airborne laser scanning for forest inventories in Lithuania* // Rural development 2017 [elektroninis išteklius]: bioeconomy challenges: proceedings of the 8th international scientific conference. Kaunas: Aleksandras Stulginskis University, 698–702. ISSN 1822-3230. doi:10.15544/RD.2017.023.
- Jonikavičius, Donatas, Mozgeris, Gintautas (2013). *Rapid assessment of wind storm-caused forest damage using satellite images and stand-wise forest inventory data* // iForest-Biogeosciences and Forestry. Potenza: Societa Italiana di Selvicoltura ed Ecologia Forestale, Vol. 6, 150–155. ISSN 1971-7458. doi:10.3832/ifor0701-006.

ALKSNIŲ HIBRIDIZACIJA LIETUVOJE

Girmantė Jurkšienė, Virgilijus Baliuckas,
Vaida Sirgedaitė-Šėžienė, Aušra Juškauskaitė

Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centras, Miškų institutas

Alksnių medynas Raseinių RP,
Birbiliškės g-joje
(nuotraukoje matosi baltalksniai,
hibridiniai alksniai ir
juodalksniai)

Miško ekosistemų evoliucijos nenutrūkstamas procesas: alksnių hibridizacija Lietuvoje

Lietuvos miškuose juodalksnį (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) ir baltalksnį (*Alnus incana* (L.) Moench.) arealai papildo vienas kitą, o tose vietovėse, kur auga abi rūšys, formuojasi hibridinės zonos. Jose vyksta natūralus šių rūšių kryžminimasis. Jo intensyvumas tokiose zonose priklauso nuo rūšių žydėjimo laiko. Natūralūs juodalksnio ir baltalksnio pirmosios kartos (F1) hibridai (*Alnus x hybrida* A. Braun ex Rcchb) pasižymi ekonomiškai vertingomis savybėmis. Yra nustatyta, kad hibridiniai alksniai atsparesni sausroms nei tėvinės rūšys, mažiau reiklūs dirvožemiui. Juodalksnio ir baltalksnio F1 kartos hibridai pasižymi spartesniu augimo tempu, ypač į skersmenį, ir lenkia abi tėvines rūšis. Jaunesniame amžiuje hibridai atsikrato šakų lėčiau, bet 30 m. susilygina. Hibridinio alksnio vidutinis kamieno medienos tankumas didesnis nei baltalksnio. Baltalksnio medienos tankis didėja palaipsniui nuo kelmo iki viršūnės, o hibridinio alksnio mediena yra homogeniškesnio tankio. Taip yra dėl to, kad baltalksnio augimas maždaug nuo 17 metų lėtėja, o siauresnės rievės lemia didesnę medienos tankį viršutinėje kamieno dalyje.



1 pav. Skirtingų alksnių rūšių lapų forma (a) ir žievės tekstūra (b). Iš kairės – baltalksnis, hibridas, juodalksnis. Viršutinėje paveikslėlio dalyje – brandžių medžių žievė, apatinėje – jaunuolynuose

Šio tiriamojo darbo tikslas buvo paruošti sodmenis F1 kartos baltalksnio ir juodalksnio hibridų bandomiesiems želdiniams įveisti ir identifikuoti natūraliai augančių alksnių hibridus biologiškai aktyvių junginių pagalba.

Vienas tyrimo uždavinių buvo nustatyti hibridinių alksnių kiekį natūraliai augančiuose alksnynuose. Šiai užduočiai įgyvendinti skirtingose Lietuvos girininkijose pasirinkome 12 laikinų barelių, kurių plotas 500 m². Pagal morfologinius požymius nustatėme, kad hibridinių alksnių tokiuose miškuose galime aptikti apie 2,7 %. Juos atskyrėme pagal tokius požymius: jų lapai platesni nei baltalksnio, turi 8–10 gyslų porų, ovalūs, apatinė lapo pusė padengta retais plaukeliais, gali turėti kuokštų, ant vienos šakelės gali būti ir smailų, ir su iškirpta viršūne; žievė žalsvai arba rudai pilka, medžiui augant nesutrūkinėja, kartais gali įtrūkti, įtrūkimai būna tamsiai pilkos spalvos, iki 1 m ilgio ir 3–4 cm pločio (žr. 1 pav.).



2 pav. Specialius maišelius kryžminimui ant alksnių moteriškų žiedų kabina V. Baliuckas ir G. Jurkšienė

Kitas šio tyrimo uždavinys buvo dirbtinio kryžminimo darbai. Kryžminimai atlikti 2020 m. Valstybinių miškų urėdijos Radviliškio regioninio padalinio Josvainių girininkijoje juodalksnio sėklinėje plantacijoje, kurios kodas Lietuvos miško sėklinės bazės sąvade – 11JSP027. Vasario mėnesį buvo skinami alksnių žirginėliai ir kabinami specialūs maišeliai ant šakučių su moteriškais žiedais (žr. 2 pav.). Žirginėliai buvo išdžiovinti kambario temperatūroje. Iš jų atskirtos žiedadulkės naudojant indą su grūstuve ir sietelį. Kiekvieno medžio žiedadulkės supiltos į atskiras stiklines ampules. Kryžminimui buvo parinkta 18 medžių (6 juodalksniai (J), 7 baltalksniai (Bt), 5 hibridai (H)). Iš viso atliktos 106 skirtingos kryžminimo kombinacijos: 6 kombinacijos J♀×J♂, 16 J×Bt, 14 J×H, 28 Bt×J, 9 Bt×H, 1 H×H, 14 H×J,

13 H×Bt, 4 J×Kontr., 1 Bt×Kontr. Subrendus sėkloms, alksnių kankorėžiukai buvo surinkti į atskirus maišelius kiekvienai kombinacijai. Kankorėžiukai išdžiovinti (žr. 3 pav.), sėklos atskirtos ir pasėtos 2021 m. birželio 10 d. Dubravos medelyne, konteineriuose (žr. 4 pav.). Daugiausia sėklų surinkta šiose kombinacijose palei mažėjimo tvarką: J×J→J×Bt→ H×J→ J×H →Bt×J. Iš visų atliktų kombinacijų iš 14,02 % (15 variantų) sėklų negauta, 34,58 % (37 var.) – iki 1 g sėklų, 31,77 % (34 var.) – po 1–3 g, ir virš 3 g – 19,63 % (21 var.) visų kombinacijų. Užaugę sėjinukai buvo pasodinti 2022 m. birželio mėn. Vilkijos girininkijos 134 kvartale, iš viso 1 560 medelių (žr. 5 pav.).



3 pav. Subrendusias sėklas renka G. Jurkšienė ir A. Juškauskaitė (a). Kankorėžiukų džiovinimas ir paruošimas sėjai (b)



4 pav. Alksnių sėklas Dubravos medelyne sėja Miško genetikos ir selekcijos skyriaus darbuotojai V. Baliuckas, R. Petrokas ir G. Jurkšienė

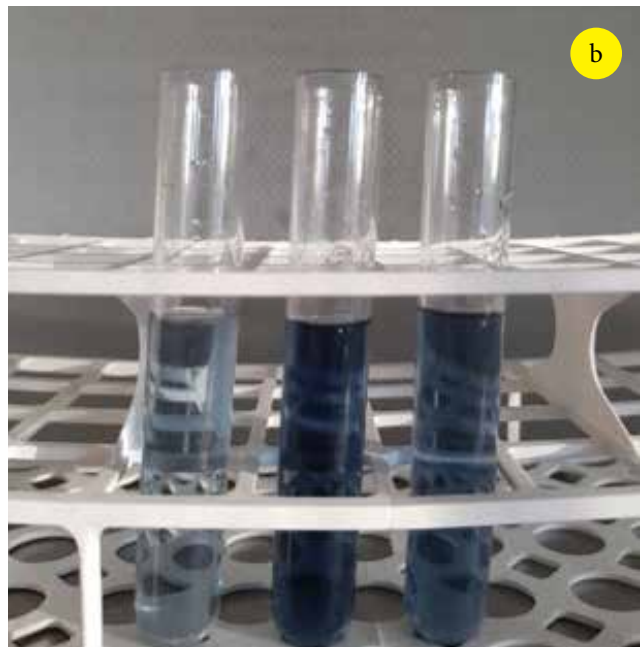


5 pav. Alksnių sėjinukų sodinimas Vilkijos girininkijoje

Kadangi natūraliai miškuose kryžminasi ne tik baltalksniai su juodalksniais, bet ir hibridiniai alksniai su tėvinėmis rūšimis, hibridinių alksnių identifikavimas tampa sudėtingesnis. Tuo tikslu hibridiniams alksniams nustatyti patikslinome biologiškai aktyvių medžiagų (fenolių ir flavonoidų) kiekį alksnių medienoje (žr. 6 pav.). Šių medžiagų kiekis atskirose medžio dalyse priklauso nuo įvairių faktorių, tokių kaip medžio rūšis, amžius, mineralinių medžiagų kiekis, vandens prieinamumas, aplinkos sąlygos. Tai patvirtino ir mūsų atlikti tyrimai – fenolių ir flavonoidų suminis

kiekis mišriuose alksnių medynuose skyrėsi ne tik tarp baltalksnių ir juodalksnių rūšių, bet ir tarp vietovių, kur jie identifikuoti. Šių junginių kiekis medienoje ir lapuose didžiausias antroje vasaros pusėje, todėl tyrimą atlikome tokiu laiku. Medienos grąžtu buvo surinkti medienos pavyzdžiai, kurie sudėti į mėgintuvėlius (ne mažesnius nei 2 ml). Tyrimui parinkta po 15 kiekvienos rūšies medžių (baltalksnių, juodalksnių ir jų hibridų) Latvelių, Vaineikių ir Birbiliškės girininkijose. Suminis fenolių ir flavonoidų kiekis (mg/g) buvo nustatytas laboratorijoje pagal tam skirtą protokolą. Atlikus statistinę analizę gauta, kad suminis fenolių kiekis alksnių jaunuolynuose buvo apie 0,92 karto didesnis nei brandžių alksnių medynuose ($p < 0,01$). Tarp baltalksnių ir hibridų fenolių kiekis statistiškai nesiskyrė. Juodalksnių medienoje nustatytas 0,95 karto mažesnis suminis fenolių kiekis nei baltalksnių medienoje. Suminis flavonoidų kiekis alksnių jaunuolynuose buvo apie 0,93 karto mažesnis nei brandžiuose medynuose ($p = 0,0026$). Jų daugiausia nustatyta hibridinių alksnių medienoje, o mažiausiai – juodalksnių. Jaunuolynuose gauti statistiškai žymūs skirtumai tarp visų trijų alksnių grupių. Kadangi flavonoidų suminis kiekis tarp alksnių rūšių buvo statistiškai žymiai reikšmingesnis, paruoštos alksnių identifikavimo rekomendacijos remiantis būtent šiais biologiškai aktyviais junginiais (Jurkšienė, G., Baliuckas, V., Sirgedaitė-Šėžienė, V., Juškauskaitė, A. (2022). Natūraliai augančių hibridinių alksnių identifikavimas panaudojant flavonoidus. Naujausios rekomendacijos žemės ir miškų ūkiui. LAMMC. Akademija, Kėdainių r., 41 p. Prieiga per internetą: <https://www.lammc.lt/data/public/uploads/2022/06/rekomendacijos-2022.pdf>).

Šis mokslinis tiriamasis darbas įnešė svarų indėlį į miškininkystės mokslą ir patvirtino, kad hibridizacija gali būti svarbi rūšių tobulinimo strategija. Įveisti bandomieji želdiniai padės ateities kartoms atlikti



6 pav. Mėginiai paruošti analizei naudojant MeOH tirpiklį (a). Bendro fenolių kiekio nustatymo analizė, naudojant Folin–Ciocalteu reagentą pagal Singleton ir kt. (1999) metodiką (b)

tolesnius mokslinius tyrimus. Reiškiame padėką Aplinkos ministerijos finansuoto LAMMC mokslininkų vykdyto mokslinio tiriamojo darbo „Juodalksnio ir baltalksnio F1 kartos hibridų identifikavimas ir miško dauginamosios medžiagos paruošimas bandomiesiems želdiniams“ dalyviams – prof. V. Baliuckui, dr. G. Jurkšienei, dr. V. Sirgedaitei-Šėžienei, dr. A. Juškauskaitei.

DNR PADEDA ATSEKTI MEDŽIŲ KILME: MIŠKŲ KILMĖS KONTROLĖ PAGAL DNR ŽYMENIS

Darius Kavaliauskas, Darius Danusevičius

Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Miškų ir ekologijos fakultetas

Eglės sodinukai



Eglės sėklinė plantacija



Paprastojo buko sėklos



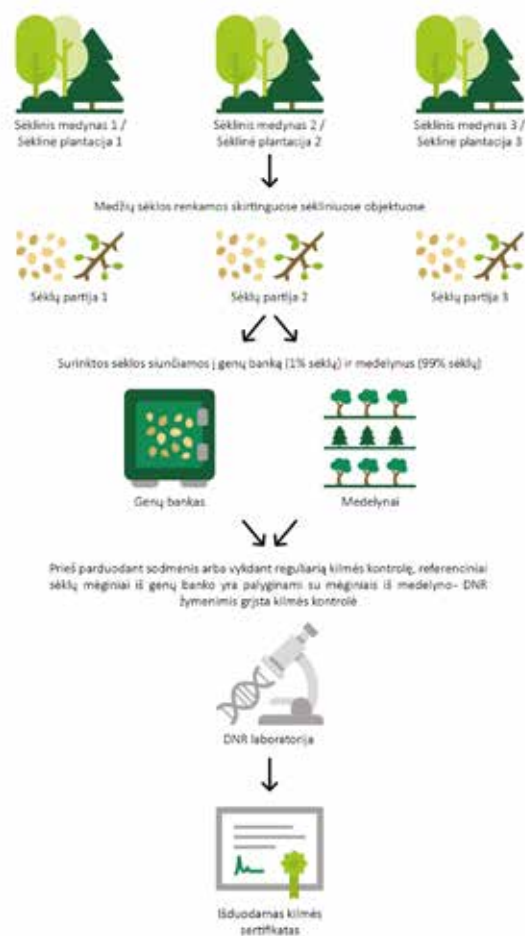
Įvadas

Miško ekosistemos yra dinaminės. Jų specifika yra jų dinaminis tvarumas. Jau nuo Holoceno periodo į mūsų kraštus natūraliai grįžta ledynmečio sunaikintos medžių rūšys. Šis rūšių grįžimas tęsiasi ir dabar. Ekosistemų evoliucinę kaitą ženkliai spartina šiltėjantis klimatas. Be to, įvairiais istoriniais laikotarpiais ir žmogus yra reikšmingai prisidėjęs prie miško medžių populiacijų perkėlimo. Keičiantis klimato sąlygoms, paprastieji bukai (*Fagus sylvatica* L.) ir platanalapiai klevai (*Acer pseudoplatanus* L.) natūraliai plinta į šiaurę, todėl tikėtina, jog ateityje jie taps svarbiomis rūšimis Lietuvos miškuose. Miškininkai stengiasi ir siekia, kad miškai būtų atkuriami žinomos kilmės, aukšto adaptyvumo, ekonominės ir ekologinės vertės miško medžių sėklomis. Nesirūpinant miškų kilme, kyla rimta grėsmė, kad jie bus atkuriami iš nežinomos kilmės, žemos ekologinės vertės sodmenų, kurie gali tapti genetinės taršos šaltiniais, kadangi per žiedadulkes, nes jų genetinė medžiaga nekontroliuojamai pasklis aplinkoje ir kryžmindamasi su natūraliais medynais genetiškai juos „terš“. Šios „taršos“ pasekmių beveik neįmanoma ištaisyti ir už tai ateityje reikės mokėti labai brangiai.

Europos Sąjungos Tarybos direktyva 1999/105 EB nurodo, kad norint didinti miško vertę (įskaitant tokias jos savybes kaip stabilumas, prisitaikymas, atsparumas, produktyvumas ir įvairovė) būtina naudoti tam tikrai vietai genetiniu ir fenotipiniu aspektu tinkamą, kokybišką miškų dauginamąją medžiagą (MDM). Tačiau egzistuojantis ribotas kilmės kontrolės mechanizmas Lietuvos miškininkystės sektoriuje neužtikrina, kad sėklos ir sodmenys, naudojami miškams atkurti ir veisti, yra kilę iš dokumentuose deklaruojamų kilmės šaltinių. Atsiranda didelė rizika, ypač keičiantis klimato sąlygoms, jog importuojamos ir naudojamos sėklos bei sodmenys yra netinkami vietos augimo sąlygoms, todėl miškų savininkai ateityje gali patirti ekonominių ir ekologinių nuostolių dėl prastesnio miškų augimo, adaptacijos stokos ar net žuvusių medynų. Efektyvi MDM (sėklų ir sodmenų) kilmės kontrolės sistema, grįsta DNR žymenimis (rūšims specifiniais DNR žymenys – mikrosatelitai), užtikrintų aukščiausią tikslumą naudojant referencinius sėklų mėginius bei DNR „pirštų atspaudus“, surinktus iš sėklinių medynų ir plantacijų.

Taigi 2020–2022 metais VDU ŽŪA Miškų ir ekologijos fakulteto mokslininkai įgyvendino projektą, skirtą parengti MDM kilmės kontrolės sistemos metodiką ir rekomendacijas keturioms medžių rūšims (paprastoji pušis (*Pinus silvestris* L.), paprastoji eglė (*Picea abies*

(L.) H. Karst.), paprastasis ąžuolas (*Quercus robur* L.) ir paprastasis bukas (*Fagus sylvatica* L.)) naudojant DNR žymenis. Pagrindinis tyrimo tikslas buvo atlikti bandomąją kilmės kontrolės tyrimą, grįstą pušies, eglės, ąžuolo ir buko DNR žymenimis (1 pav.).



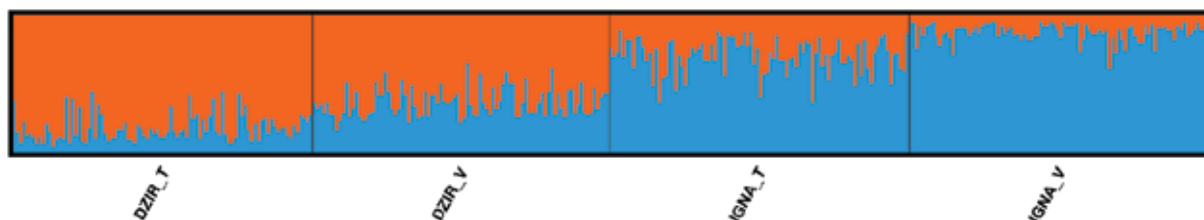
1 pav. Mūsų siūloma taikyti supaprastina miško medžių dauginamosios medžiagos kilmės atsekamumo schema.

Kiekvienos sėklų siuntos ėminiai laikomi genų banke. Prireikus pagal DNR žymenis verifikuojama, ar iš duotos sėklų siuntos išaugintas miškas yra tikrai kilęs iš šios sėklų siuntos

Paprastojo ąžuolo MDM kilmės kontrolės tyrimo rezultatai

Atlikus laboratorines DNR analizes ir remiantis literatūros apžvalga paprastojo ąžuolo MDM kilmės kontrolės vykdymui buvo sudaryta efektyvi DNR žymenų sistema (atrinkta 12 branduolio DNR mikrosatelitų (nSSR) lokusų). ąžuolų MDM kilmės kontrolės tyrimui pasirinkti du paprastojo ąžuolo genetiniai draustiniai: Dzirmišio (Alytaus r.) (DZIR) ir Ignalinos (Ignalinos r.) (IGNA). Iš viso genotipuoti 368 medžiai. DNR tyrimų rezultatai parodė reikšmingus skirtumus tarp Dzirmišio (DZIR) ir Ignalinos (IGNA) genetinių draustinių abiejose amžiaus klasėse, remiantis genetinės diferenciacijos indeksais (Dest ir F_{ST}). Ši diferenciacija rodo genetinius skirtumus tarp Pietų ir Šiaurės rytų Lietuvos ąžuolynų. Reikšmingų genetinių skirtumų tarp amžiaus klasių nebuvimas rodo, kad

tėvinėje kartoje vyksta atsitiktinis poravimasis ir kad nėra reikšmingo kryžminimosi uždaroje grupėje, taip pat brandžių / tėvinių medžių giminytė nėra reikšminga. Genetinės diferenciacijos indekso (Dest) statistškai reikšmingas skirtumas tarp Dzirmišio (DZIR) ir Ignalinos (IGNA) genetinių draustinių. Atlikus Bayesian grupavimo analizę (programa STRUCTURE2.3.4 (Evanno ir kt. 2005) ir remiantis deltaK testu (programa CLUMPAK (Kopelman ir kt. 2015) aiškiai matyti, jog egzistuoja du genetiniai klasteriai, matomi histogramoje (mėlynas klasteris ir oranžinis) (2 pav.), kur Dzirmišio (dominuojanti oranžinė spalva) genetinio draustinio abi medžių kartos (DZIR_T ir DZIR_V) ir Ignalinos (dominuojanti mėlyna spalva) genetinio draustinio abi medžių kartos (IGNA_T ir IGNA_V) yra priskirti skirtingiems genetiniams klasteriams. Tai aiškiai patvirtina skirtingą jų kilmę ir leidžia natūralaus žėlimo savaiminukus lengvai priskirti atitinkamai tėvų grupei (2 pav.).

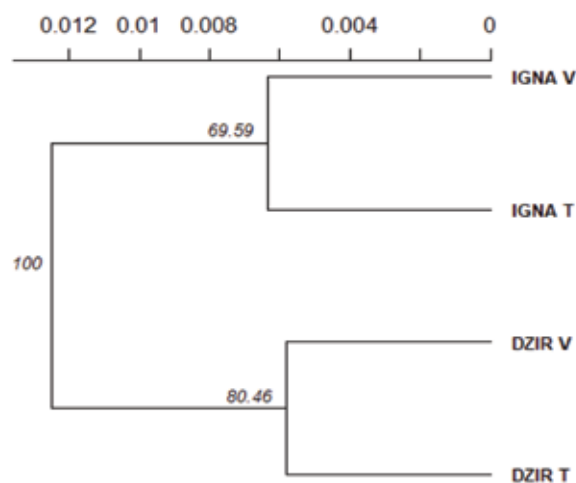


2 pav. Genetinės struktūros histograma pagal Bayesian grupavimo metodą, naudojant STRUCTURE2.3.4 programą (Evanno ir kt., 2005). Dvi spalvos rodo dvi STRUCTURE grupes. Tiriamos grupės yra atskirtos vertikaliomis linijomis ir identifikuotos X ašyje. Y ašyje yra kiekvieno individo priskyrimas vienam iš dviejų klasterių deltaK = 2 (rezultatų vizualizacija atlikta programa CLUMPAK (Kopelman ir kt., 2015))

Ankstesnius rezultatus dar kartą patvirtino klassterinė analizė UPGMA – palengvintas porų grupių metodas, naudojant aritmetinį vidurkį (angl. *Unweighted Pair-Group Methods with Arithmetic Mean*) ir Nei (1978) genetinių atstumų matricą, ir atlikus 10 000 permutacijų (angl. *Bootstrap* = 10 000), taigi dendrogramoje aiškiai atsiskyrė Dzirmišio (DZIR) ir Ignalinos (IGNA) genetiniai draustiniai (3 pav.) ir patikimai sugrupavo Dzirmišio tėvinius medžius (DZIR_T) su Dzirmišio savaiminukais (DZIR_V) 69,59 % ir Ignalinos tėvinius medžius (IGNA_T) su Ignalinos savaiminukais (IGNA_V) 80,46 % (3 pav.).

Įvertinus gautus rezultatus, galima teigti, kad atrinkti DNR lokusai (12 mikrosatelitų, iš viso testuota 13 mikrosatelitų, iš kurių vienas atmestas dėl aukšto nulinių alelių dažnio) pagal savo polimorfiškumą, genotipavimo paklaidų ir ekonominio bei metodinio laboratorinės analizės efektyvumo kriterijus yra tinkami MDM kilmei nustatyti, o sudaryti jų laboratorinės analizės protokolai gali būti naudojami rutiniškai vykdant paprastojo ąžuolo MDM kilmės kontrolę. DNR žymenų pagalba nustatyta statistškai reikšminga genetinė diferenciacija tarp tiriamų ąžuolo draustinių

ir skirtingų generacijų rodo genetinius savitumus ir skirtumus, tai suteikia tvirtą pagrindą vykdyti MDM kilmės kontrolę naudojant atrinktus DNR žymenis.



3 pav. UPGMA grupavimo analizė naudojant Nei (1978) genetinių atstumų atliekant 10 000 permutacijų. Skaičiai prie atskirų dendrogramos šakų rodo, kiek kartų (%) ąžuolo grupės buvo sugrupuotos kartu atliekant 10 000 permutacijų (R paketas adegent (Jombart, 2008)).

Šiame straipsnyje pristatėme įdomiausius Lietuvos mokslo tarybos finansuoto VDU Miškų ir ekologijos fakulteto mokslininkų vykdyto projekto (projekto Nr. 09.3.3-LMT-K-712-19-0007) mokslinių tyrimų

rezultatus. Tokio paties pobūdžio analizės ir rezultatai pateikiami projekto ataskaitoje visoms trims likusioms projekto medžių rūšims (*Pinus silvestris* L., *Picea abies* (L.) H. Karst. ir *Fagus sylvatica* L.).

Literatūra

- Lietuvos miškų ūkio statistika*. (2018). Valstybinė miškų tarnyba. Prieiga per internetą: <http://www.amvmt.lt/index.php/leidiniai/misku-ukio-statistika/2018>.
- Evanno, G., Regnaut, S., Goudet, J. (2005). Detecting the number of clusters of individuals using the software STRUCTURE: a simulation study. *Mol. Ecol.*, 14, 2611–2620. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2005.02553.x>
- Kamvar, Z. N., Tabima, J. F., & Grünwald, N. J. (2014). Poppr: an R package for genetic analysis of populations with clonal, partially clonal, and/or sexual reproduction. *PeerJ*, 2, e281.
- Kopelman, N. M., Mayzel, J., Jakobsson, M., Rosenberg, N. A., & Mayrose, I. (2015). Clumpak: a program for identifying clustering modes and packaging population structure inferences across K. *Molecular ecology resources*, 15(5), 1179–1191.
- Jombart, T. (2015). *An introduction to adegent 2.0. 0. R-tutorial*, Imperial College London Google Scholar.
- Goudet, J., Jombart, T., & Goudet, M. J. (2015). Package 'hierfstat'. *R package version 0.04-22*. Prieiga per internetą: <http://www.r-project.org>, <http://github.com/jgx65/hierfstat>.
- Europos Sąjungos Tarybos direktyva 1999/105/EB dėl prekybos miško dauginamąja medžiaga*. (1999).
- Peakall, R., Smouse, P. E. (2012). GenALEX 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research-an update. *Bioinformatics*, 28, 2537–2539.

DNR ŽYMENŲ PRITAIKYMAS ISTORINEI MIŠKO MEDŽIŲ INTRODUKCIJAI ATSEKTI: NUSTATYTA LIETUVOJE AUGANČIŲ PAPRASTOJO BUKO MEDYNŲ IR MEDŽIŲ GRUPIŲ PARKUOSE GENETINĖ KILMĖ

Rūta Kembrytė¹, Darius Danusevičius¹, Jurata Buchovska^{1,2},
Virgilijus Baliuckas^{1,2}

¹ Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Miškų ir ekologijos fakultetas

² Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centras, Miškų institutas

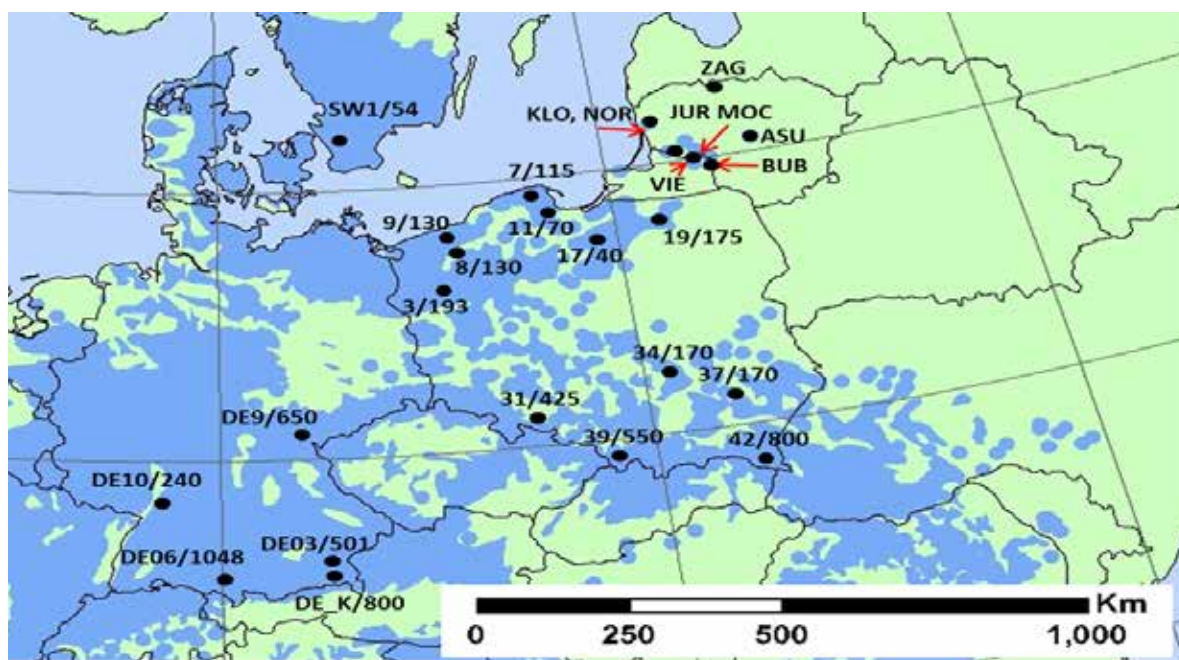


Miškai įvairiais istoriniais laikotarpiais buvo veisiami dirbtinai. Kartais jų reprodukcinei medžiagai buvo perkeliama dideliais geografiniais atstumais. Ekogenetiniu požiūriu labai svarbu žinoti, iš kur yra kilę mūsų biologiniai ištekliai ir vertingi medžiai paminklai, dažnai po kelių šimtų ir daugiau metų augimo Lietuvoje virtę krašto rasėmis.

Paprastasis bukas yra ekonominiu ir ekologiniu požiūriu vertinga Europos miškų medžių rūšis, kurios natūralaus paplitimo arealo šiaurinė riba siekia Švedijos šalies vidurį ir Lenkijos šiaurinius rajonus, o atskiros izoliuotos tiek natūralios kilmės, tiek introdukuotos populiacijos randamos Karaliaučiaus regione. Dėl šiltėjančio klimato ir ypač švelnesnių žiemų bukas neabejotinai jau pradėjo plisti palankesnėse klimato zonose vakarinėje Lietuvos dalyje. Paprastasis bukas – introdukuota medžių rūšis Lietuvoje. XVIII a. Lietuvoje įveisti buko želdiniai auga ne tik dekoratyviniuose želdynuose, bet ir Jurbarko, Šilutės, Klaipėdos regiono Viešvilės, Bitėnų, Pagėgių, Kliošių, Norkaičių, Jūravos miškuose. Pavienių medžių ir jų grupių įveista Kliošių, Ašpurvių, Girulių ir Neringos miškuose. Būtent čia yra

švelnesnis jūros veikiamas klimatas, lemiantis santykinai aukštesnę temperatūrą žiemą.

Švelnesnis klimatas sudarė palankesnes sąlygas bukui plisti dėl klimato kaitos susidaranciose ekologinėse nišose (eglių, uosių nykimo požymiai). Bukas Lietuvoje plinta tiek natūraliai, tiek ir žmogaus dėka. Pavienių ar grupių bukų auginama daugelyje šalies parkų ir sodybų. Bukas plinta ir nuo stambių bei gausų sėklų derlių brandinančių bukų grupių, augančių senuosiuose parkuose vakarinėje Lietuvos dalyje: Žagarėje, Renave, Dabikinėje, Degaičiuose, Eglesiuose, Paežeriuose, Paliesiuose. Neretai žmonės prisirenka išpūdingesnių bukų sėklų ir patys išsiaugina jų savo sodybose, bet toks spontaniškas, nereguliuojamas bukų plitimas gali kelti reikšmingą grėsmę sveikiems bukynams plisti ir formotis ateityje. Dėl nežinomos Lietuvoje augančių bukynų genetinės kilmės jų palikuonių adaptyvumas gali būti žemas dėl negebėjimo toleruoti žemos temperatūros žiemą. Jeigu Lietuvoje augantys buakai būtų introdukuoti iš pietinių paprastojo buko arealo dalių, žiemos šalčiai lemtų nušalimus, ligas, latentinį augimą ir prastą ūkinę vertę.



1 pav. DNR tyrime ištirtų paprastojo buko populiacijų ir medžių grupių kilmės vietos pažymėtos taškais, šalia duoti jų identifikaciniai numeriai ir po pasivirojo brūkšnio – kilmės vietos aukštis virš jūros lygio

Tyrimo vieta ir metodai. Paprastojo buko genetinei kilmei Lietuvoje nustatyti ištirti 1 265 medžiai iš įvairių Europos ir Lietuvos paprastųjų bukų medynų (1 pav.): 6 populiacijos iš Vokietijos, 1 – Švedijos, 7 – Šiaurės Lenkijos, 5 – Pietų Lenkijos ir pagrindiniai Lietuvos paprastųjų bukų medynai ir medžių grupės parkuose:

Viešvilės, Mociškių, Jūravos, Norkaičių medynai, Žagarės, Kliošių, Būbliškių ir VDU ŽŪA arboretumas. Natūralios kilmės paprastųjų bukų populiacijos buvo atrinktos taip, kad atstovautų pagrindinėms buko populiacijų genetinėms grupėms, iš kurių, tikėtina, galėjo būti rinktos sėklos Lietuvos bukynams įveisti.

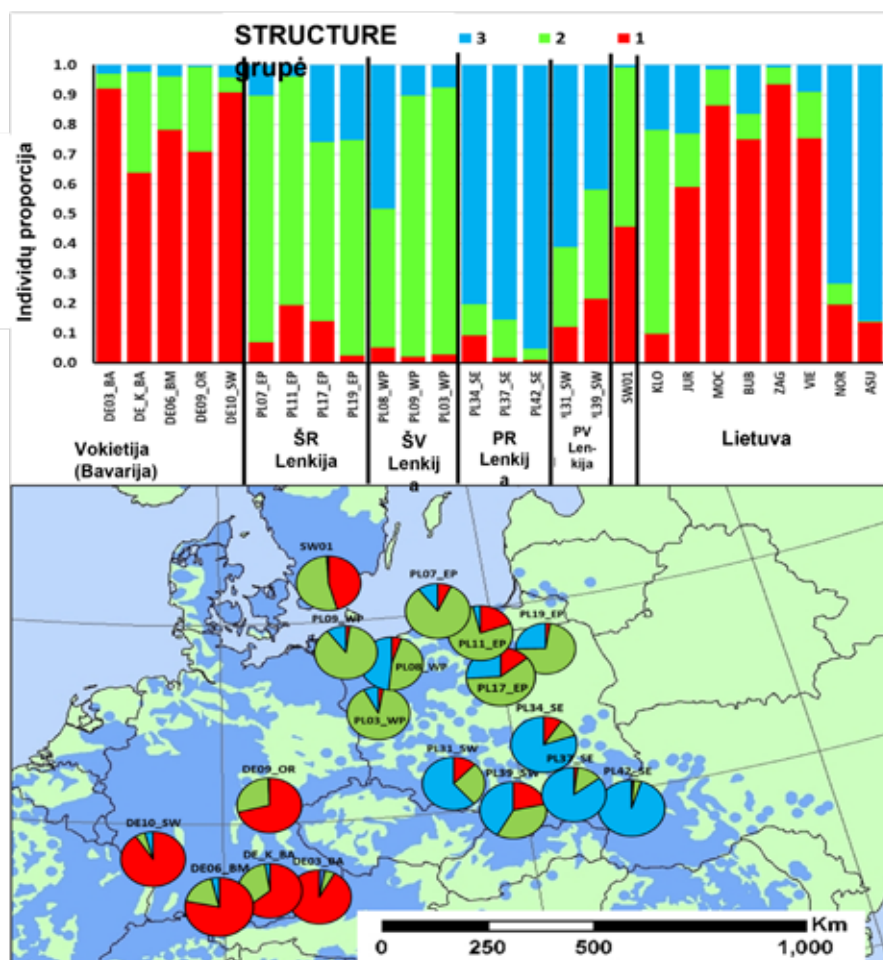
Tyrimas buvo vykdytas bendradarbiaujant su Bavarijos ir Lenkijos mokslininkais. Tyrimui Lietuvoje, Vokietijoje, Lenkijoje ir Švedijoje buvo atrinkti brandūs vyraujančios amžiaus klasės paprastojo buko medžiai brandaus amžiaus medynuose. Medžiai medynuose buvo atrinkti ne arčiau kaip 20 m vienas nuo kito. Atrinkus medį buvo paimtas medienos mėginys DNR tyrimui. Lietuvos medynuose DNR tyrimui paimta po 50 medžių iš medyno, o medžių grupėse miško parkuose paimti 25 medžiai arba visi parko medžių grupėje esantys paprastojo buko medžiai.

DNR buvo išskirta iš buko medienos naudojant modifikuotą ATMAB DNR išskyrimo metodą. Fragmentams pagausinti buvo naudota 10 polimorfinių branduolio mikrosatelitų lokusų.

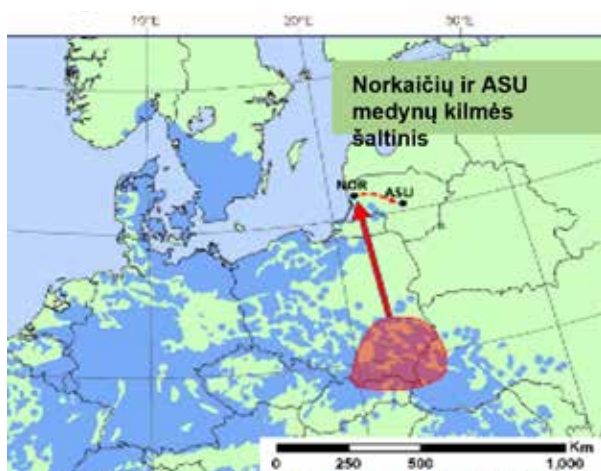
Lietuvos paprastųjų bukų medynų ir medžių grupių kilmė nustatyta branduolio DNR mikrosatelitų alelių dažnio panašumo palyginimo statistiniu metodu – Bajeso klasterine analize, kuri atlikta individualaus medžio lygmenyje. Mūsų tyrime bukų homozigotiškumo ir inbrydingo rodikliai buvo nustatyti be reikšmingo

padidėjimo dėl nulinių alelių buvimo ir patikimai atspindi rezultatus.

Tyrimo rezultatai parodė, kad statistiškai reikšmingai galima patvirtinti, jog Kliošių parko buakai kilę iš buvusios Rytų Prūsijos (dabartinė Kaliningrado sritis, Pietvakarių Lenkija) teritorijos. Buvusios Rytų Prūsijos populiacijai priskirta daugiau kaip 60 % medžių. Viešvilės, Jūravos, Mociškių, Būbliškės medynus ir Žagarės parko bukus analizės priskiria Pietų Vokietijos (Bavarijos) bukų populiacijoms. Bavarijos populiacijai priskirta apie 60–70 % Jūravos ir Mociškių bukų bei iki 80–90 % Žagarės, Būbliškės ir Viešvilės bukų. Detaliau analizuojant Bavarijos regioną pastebėta, kad analizės Mociškių buką priskiria Rytų Bavarijos Alpių populiacijoms (netoli Teisendorfo), o Žagarės parko medžių grupę – Pietvakarių Vokietijos Švarcvaldo regiono populiacijai. Šie rezultatai statistiškai reikšmingai patvirtina, kad Viešvilės, Jūravos, Mociškių medynų ir Būbliškės parko medžiai yra kilę iš Pietų Vokietijos Bavarijos Alpių priekalnių, o Žagarės parko medžių grupę, tikėtina, kilusi iš Švarcvaldo regiono Pietvakarių Vokietijoje.



2 pav. Bajeso klasterinės analizės rezultatai pagal STRUCTURE programos algoritmą, esant keturių genetinių klasterių struktūrai. Stulpeliai rodo populiacijas, o spalva – populiacijos medžių proporciją, priskirtą vienam iš keturių genetinių klasterių. Po populiacijų kodais nurodyti jų kilmės regionai. Populiacijos kodai atitinka jų kodus kilmės vietos žemėlapyje, apačioje, kur skaičiai ties populiacijos kodu (po pasivirojo brūkšnio) rodo kilmės vietos aukštį virš jūros lygio



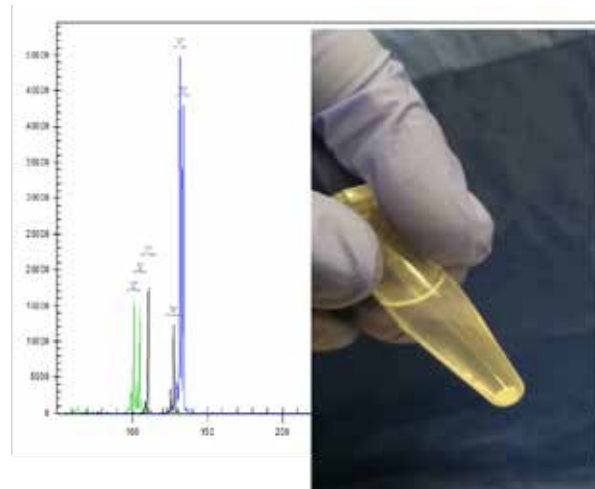
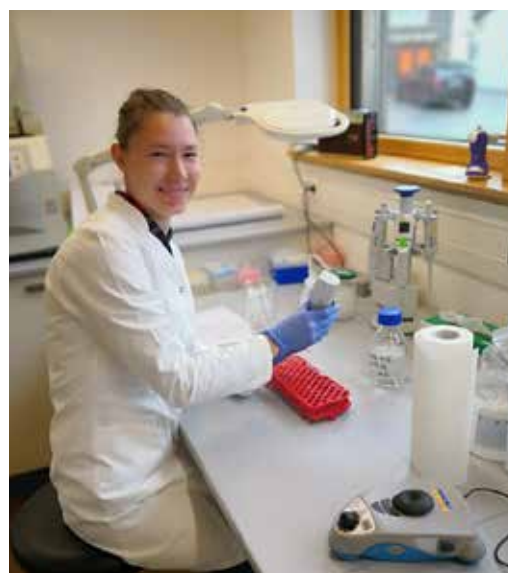
3 pav. Pagal DNR nustatytos Lietuvos paprastųjų bukų medynų ir medžių grupių kilmės vietų regionai, pažymėti raudona spalva, ir jų perkėlimo vieta (parodyta rodyklėmis ir įvardyta paveikslo viršuje)

Norkaičių medynuose ir Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos (buvęs ASU) arboretume daugiau nei 80 % medžių priskirta Lenkijos pietryčių Karpatų priekalnių populiacijai. Šie rezultatai statistiškai reikšmingai patvirtina, kad Norkaičių medynai ir ASU arboretumo medžių grupė kilę iš Lenkijos

pietryčių Karpatų priekalnių. Žinant, kad ASU arboretumas buvo pasodintas jau po II pasaulinio karo, galima teigti, kad VDU ŽŪA arboretumo paprastojo buko medynėlis įveistas Norkaičių medyno sėklomis ir yra Karpatų priekalnių Pietryčių Lenkijoje kilmės.

Apibendrinant galima teigti, kad tyrimas statistiškai patikimai įrodė, jog Lietuvos paprastųjų bukų medynai ir pagrindinės medžių grupės parkuose (t. y. pagrindiniai bukų plėtros šaltiniai) yra kilę iš trijų geografiškai tolimų regionų Europoje: Pietų Vokietijos (daugiausia Bavarijos Alpių), Pietryčių Lenkijos Karpatų priekalnių ir Šiaurės Lenkijos (buvusios Rytų Prūsijos). DNR žymenys gali tiksliai atskleisti miško dauginamosios medžiagos istorinius introdukcijos šaltinius, kurių žinojimas prisidės prie ateities miškų adaptabilumo didinimo (žr. 4 pav.).

Dėkojame savo kolegoms iš Bavarijos ir Lenkijos už bendradarbiavimą šio tyrimo metu.



4 pav. Paprastųjų bukų DNR analizės VDU ŽŪA Miškų fakulteto genetikos laboratorijoje. Apačioje – DNR žymenų fragmentų profiliai ir DNR mėgintuvėlio dugne. Viršuje – doktorantė Rūta Kembrytė atlieka tyrimus



APLINKOS KAITOS POVEIKIS LIETUVOS MIŠKŲ PAGRINDINIŲ MEDŽIŲ RŪŠIŲ KAMIENŲ PRIEAUGIUI

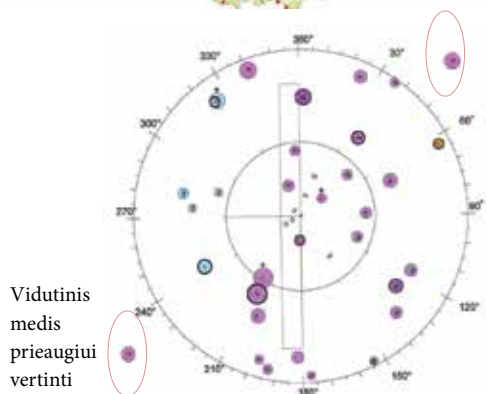
Gintaras Kulbokas¹, Algirdas Augustaitis²

¹ Valstybinė miškų tarnyba, Nacionalinės miškų inventORIZACIJOS skyrius

² Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Miškų ir ekologijos fakultetas



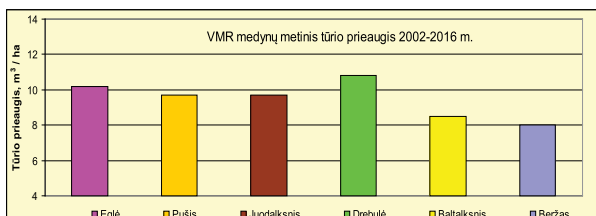
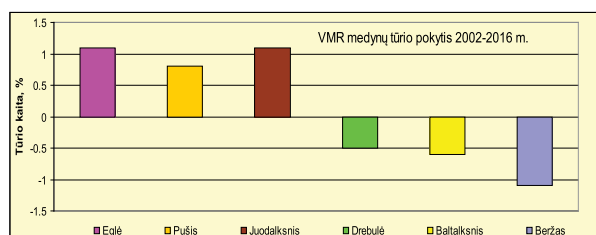
Vykdam nacionalinę miškų inventorizaciją atrankos metodu, nustatytos kiekvieno tiriamo medyno vidutinio medžio augimo į kamieno skersmenį sekos. Per 5 metų inventorizacijos ciklą (2013–2017 m.) surinkta daugiau kaip 5 000 įvairių medžių rūšių kamieno radialiojo prieaugio ėminių (1 pav.). Tai įgalino nustatyti vidutinio medžio, reprezentuojančio medyno augimą, ypatumus ir jo reakciją į aplinkos kaitą, šylant klimatui Lietuvoje.



1 pav. Nacionalinės miškų inventorizacijos objektai, tyrimo barelio schema ir medžių atrankos principas dendrochronologinei analizei atlikti

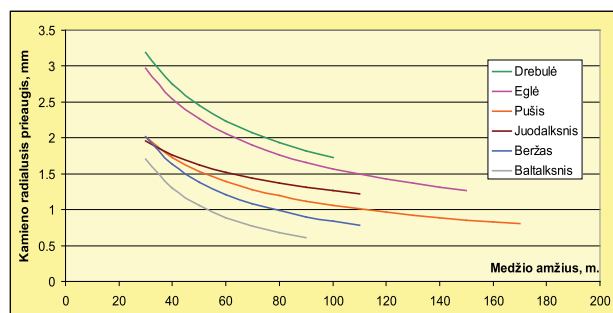
Pateikiamoje oficialioje Lietuvos miškų statistikoje nurodoma, kad per 2002–2016 m. laikotarpį Lietuvos miškų plotas padidėjo 114,7 tūkst. ha, t. y. 5,4 %, o medynų tūris – 89,3 mln. m³, t. y. 16,4 %, arba 6,4 mln. m³ kasmet. Didžiausiu medžių kamienų tūrio prieaugiu pasižymi drebulių (10,8 m³/ha), pušų ir eglių (9,7 m³ ha ir 10,2 m³/ha), juodalksnių (9,7 m³/ha) medynai,

mažiausiu – uosių (6,1 m³/ha), ąžuolų (7,5 m³/ha) ir mažiausiai – beržų (8,0 m³/ha) medynai.



2 pav. Lietuvos miškų vyraujančių medžių rūšių tūrio pokytis ir medynų metinis tūrio prieaugis (Lietuvos miškų statistika, 2002–2016. Kaunas: Valstybinė miškų tarnyba, 205 p., 2017)

Nustatyta, kad 2013–2017 m. laikotarpiu intensyviausiu prieaugiu pasižymėjo drebulės, kiek mažesniu – eglės. Šie medžiai augo iki 2 kartų intensyviau nei likusios medžių rūšys visose amžiaus klasėse. Didesniu prieaugiu pasižymėjo ir paprastosios pušys, ypač vidutinio ir vyresnio amžiaus. Tik jauno amžiaus lapuočių prieaugis viršija spygliuočių medžių rūšių prieaugį. Prasciausiai augo beržai ir baltalksniai (3 pav.).

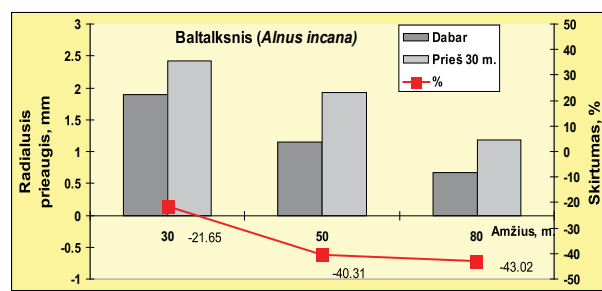
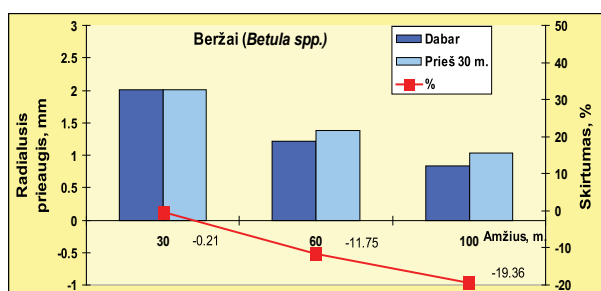
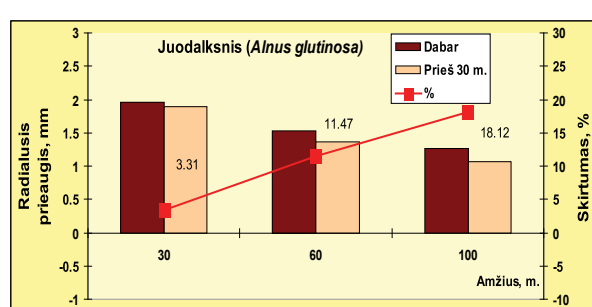
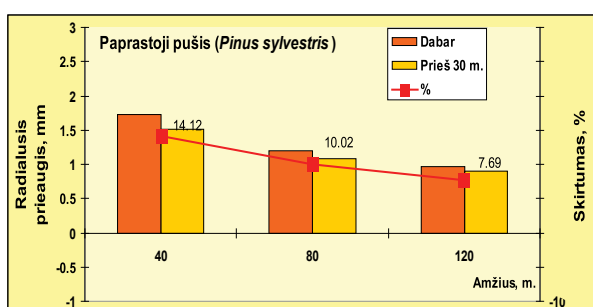
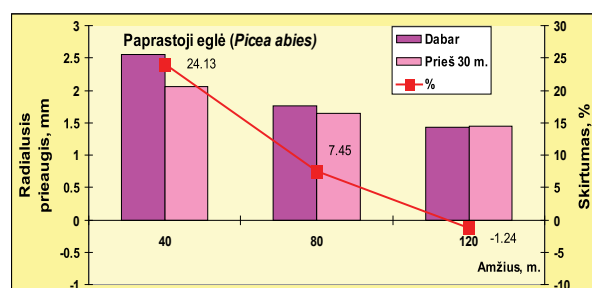
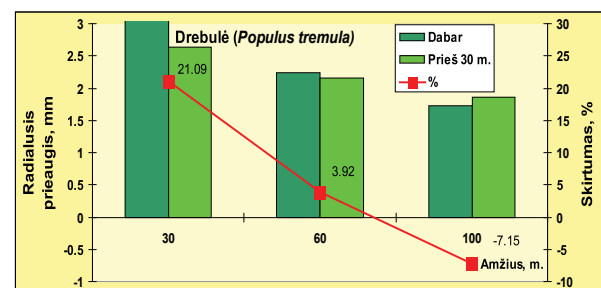


3 pav. Įvairaus amžiaus vyraujančių rūšių medžių kamienų radialusis prieaugis 2012–2016 m.

Dendrochronologiniu metodu atkūrus tokio pat amžiaus medžių prieaugio intensyvumą, buvusį prieš

30 metų, nustatyta, kad iki 40 metų amžiaus eglės dabar auga iki 25 %, 80 metų – iki 8 %, o vyresnių negu 100 metų prieaugis išliko toks pat, kaip ir 1980 m. Pušys iki 40 metų amžiaus dabar auga iki 15 %, 70–90 metų – iki 10 %, o vyresnės negu 100 metų, skirtingai negu eglės, – daugiau kaip 7 % intensyviau negu 1980 m.

Tarp lapuočių išsiskiria drebulės, kurių prieaugio intensyvumas jaunesniame amžiuje padidėjo apie 20 %, bet vyresniame amžiuje dabar jos auga taip pat, kaip ir 1980-aisiais ar matyti sumažėjęs prieaugis perbrendusiuose drebulynuose.



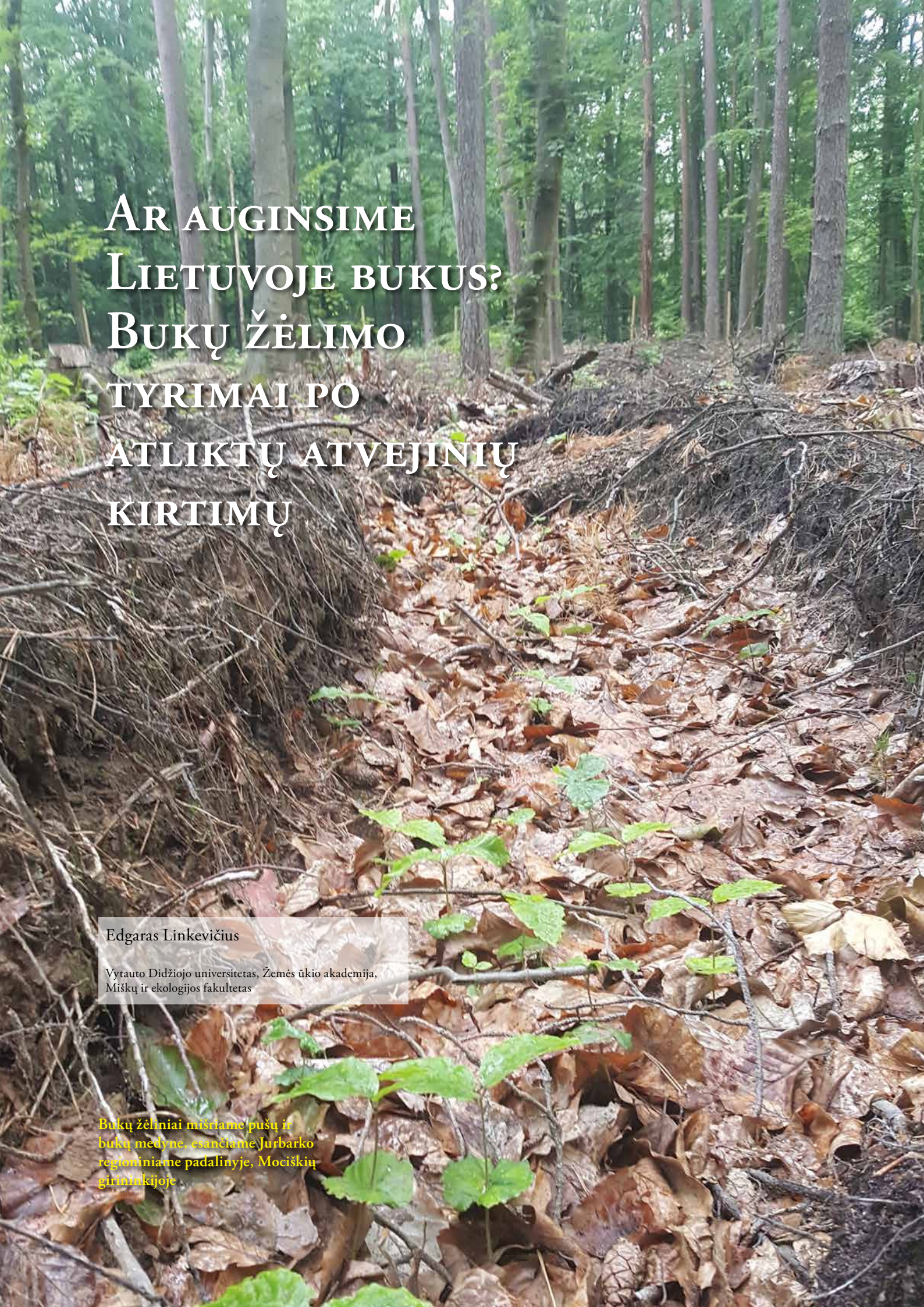
4 pav. Vyraujančių medžių rūšių kamienų radialiojo prieaugio pokytis per 30 m.

Kitokie rezultatai gauti analizuojant beržų kamienų radialųjį prieaugį. Iki 30 metų beržai pastaruoju laikotarpiu auga taip pat, kaip ir prieš 30 metų, o bręstančių ar perbrendusių beržų prieaugis reikšmingai sumažėjo, t. y. atitinkamai apie 12 ir 20 %. Visose amžiaus grupėse baltalksniai auga prasčiau negu prieš 30 metų.

Išvados. Globalios kaitos pasekmė – produktyvesni Lietuvos medynai, sąlygojami intensyvesnio medžių augimo. Intensyviausiu prieaugio padidėjimu pasižymėjo paprastosios eglės, kiek silpnesniu – paprastosios pušys bei juodalksniai ir iš dalies drebulės.

Bet ne visos medžių rūšys pradėjo intensyviau augti. Pastarojo laikotarpio klimato ir apskritai aplinkos kaita yra mažiau palanki beržams ir ypač baltalksniams augti. 2018–2022 m. Lietuvos miškų statistinės inventorizacijos ciklas įgalins patikslinti nustatytus medžių prieaugio pokyčius Lietuvos miškuose ir išskirti pagrindines medžių rūšis ateities miškininkystėje.

Medžių radialiojo prieaugio sekos atvėrė naujas galimybes tikslinti suvokimą apie Lietuvos miškų prieaugio kaitą ir jų galimybes šią kaitą slopinti.

A photograph of a forest floor covered in brown, fallen leaves. Several small green saplings are growing through the leaf litter. In the background, tall, thin tree trunks stand vertically, creating a dense forest scene.

AR AUGINSIME LIETUVOJE BUKUS? BUKŲ ŽĖLIMO TYRIMAI PO ATLIKTŲ ATVEJINIŲ KIRTIMŲ

Edgaras Linkevičius

Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija,
Miškų ir ekologijos fakultetas

Bukų žėliniai mišrlame pušų ir
bukų medynėse esančiame Jurbarko
regioniniame padalinyje, Mociškių
gimnazijoje

Aplinkos ministerijos finansuoto, VDU Miško mokslų katedros, Miškų ir ekologijos fakulteto vykdyto projekto, padedant VĮ valstybinių miškų urėdijos Jurbarko regioniniam padaliniui, mokslinių tyrimų rezultatai (dr. Edgaras Linkevičius).

Paprastojo buko (*Fagus sylvatica*) introdukcija Lietuvoje pradėta dar XIX a. pirmojoje pusėje. Tačiau miške buko medynų vis dar yra santykinai nedaug, nes jų plitimą riboja šalios žiemos ir pavasarinės šalnės. Dėl šiltėjimo klimato, tikėtina, bukam augti sąlygos gerės ir vakarinėje Lietuvos dalyje jie galės būti plačiau naudojami formuojant mišrius medynus.

Pagrindinis darbo tikslas buvo ištirti bukų žėlimo ir išlikimo galimybes, atsižvelgus į įvairaus skalsumo viršutinį ardą po atliktų atvejinių kirtimų. Gebėjimas savaime atsikurti ir toliau sėkmingai išlikti konkurencinėje kovoje su vietinėmis medžių rūšimis yra vienas esminių prisitaikymo indikatorių.



1 pav. Mišrus pušų ir bukų medynas prieš atvejinius kirtimus

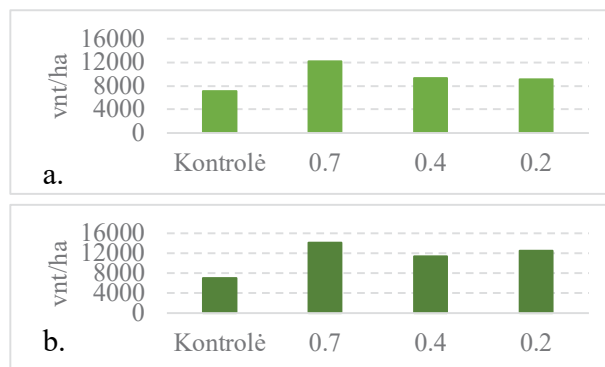
Darbo objektas. Mišrus pušų ir bukų medynas, esantis Jurbarko regioniniame padalinyje, Mociškių girininkijoje. Pušų amžius – 101 m., o bukų – 70 m. Augančių pušų tūris siekė 400 m³, o bukų – 200 m³.

Objekto įsteigimas. Sklype atlikome atvejinius kirtimus, kai kertami medžiai atrenkami tolygiai. Pirmasis eksperimento variantas – palikta kaip kontrolė, nieko nekirtome. Antrajame tokio pat dydžio variante iškirtome 30 proc. tūrio, trečiajame – 60 proc., o ketvirtajame – 80 proc. augusios medienos tūrio. Antrajame, trečiajame ir ketvirtajame variantuose pusė dirvos buvo įdirbta plūgu. Atlikę šiuos darbus, teritoriją aptvėrėme tvora.

Apskaitos barelių išdėstymas. Kiekvienas tyrimo variantas buvo padalintas į 4 lygias dalis po 12,5 m pločio ir 60 m ilgio. Per kiekvieną sklypo dalį išvedėme įžambinę ir uždėjome keturis 2,1 m pločio ir tokio pat ilgio barelius. Iš viso uždėjome 64 apskaitos barelius. Žėlinių inventorizacija buvo atlikta 2021 m. rudenį,

po 2 bukų žėlinių vegetacijos sezonų, pagal Aplinkos ministerijos patvirtintą metodiką (ministro įsakymas Nr. D1-199).

Rezultatai. Žėlinių skaičius buvo didžiausias antrajame variante. Ten, kur dirva buvo ruošta (2b pav.), žėlinių skaičius buvo apie 15 tūkst. vnt./ha, o ten, kur dirva neruošta, žėlinių skaičius apie 13 tūkst. vnt./ha (2a pav.).



2 pav. Žėlinių skaičius: a) kai dirva buvo neruošta ir b) ruošiant dirvą kontroliniame ir kirstuose medynuose

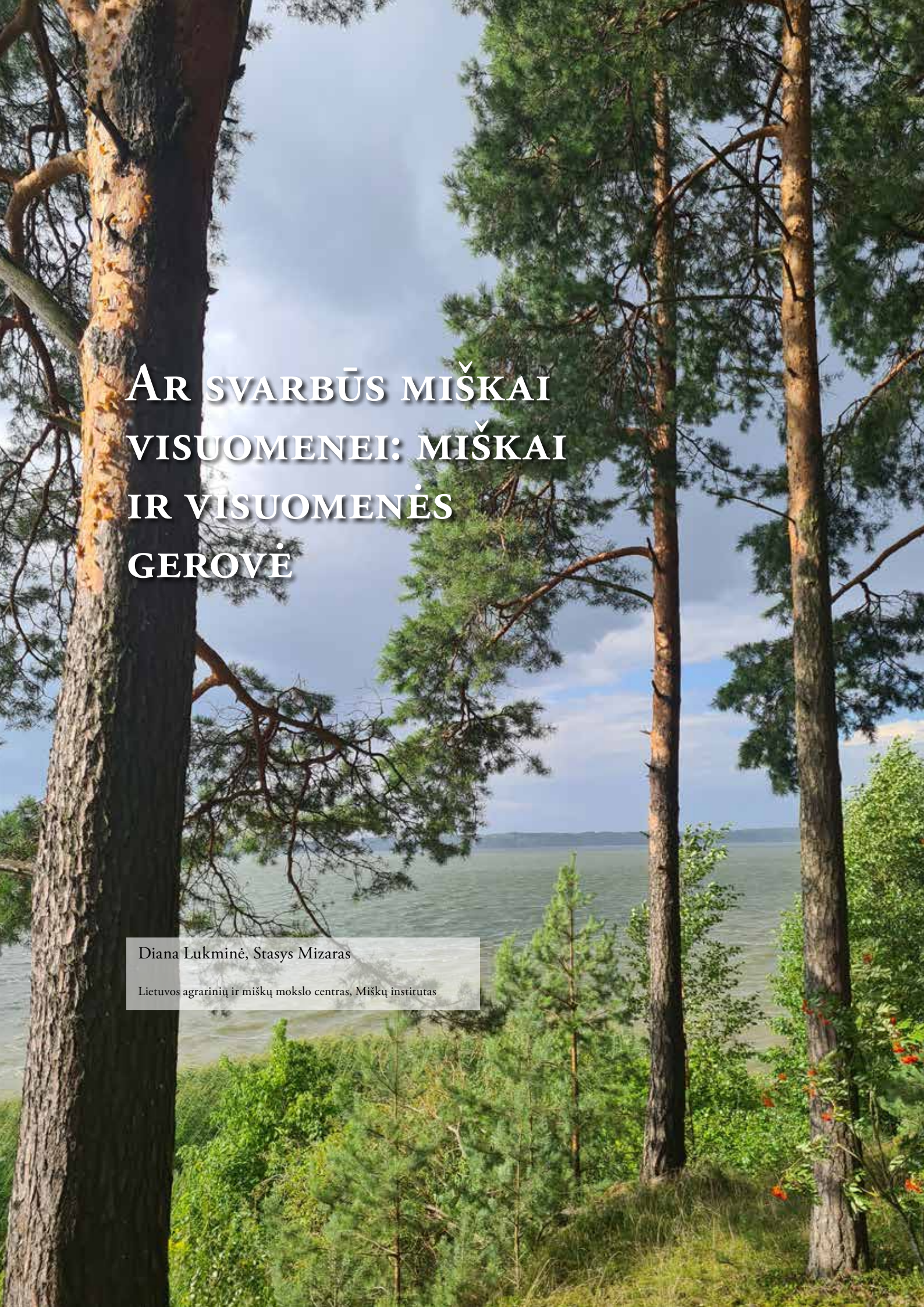


3 pav. Žėliniai 0.7 variante, 2021 metų rudenio.

Vidutinis žėlinių aukštis buvo didžiausias ketvirtajame variante. Ten, kur dirva buvo dirbta, jis siekė 25 cm, o kur nedirbta – apie 23 cm. Trečiajame variante žėlinių aukštis buvo atitinkamai 24 cm ir 16 cm. Tuo tarpu antrajame variante dirvos dirbimas įtakos neturėjo ir žėlinių aukštis svyravo apie 15 cm. Kontrolinio medyno žėlinių aukštis siekė 12 cm.

Remiantis pirminiais tyrimo rezultatais galima teigti, kad buakai sėkmingai atsikūrė tirtame medyje, esančiame vakarinėje Lietuvos dalyje. Sėkmingas bukų atsikūrimas vietinėmis klimato sąlygomis rodo šios medžių rūšies galimybes ir potencialą. Todėl ten ši medžių rūšis galėtų būti naudojama formuojant mišrius medynus.

Daugiau informacijos:
edgaras.linkevicius@vdu.lt



AR SVARBŪS MIŠKAI VISUOMENEI: MIŠKAI IR VISUOMENĖS GEROVĖ

Diana Lukminė, Stasys Mizaras

Lietuvos agrarinių ir miškų mokslo centras, Miškų institutas

Miškai yra viena svarbiausių žemės ekosistemų. Lietuvos miško žemių plotas siekia 2 202 tūkst. ha, miškingumas – 33,7 % (2021-01-01). Miškai teikia medienos ir ne medienos produktus, atlieka įvairias socialines-ekologines paslaugas: rekreaciją, sunaudoja anglies dvideginį (CO_2), sukuria biologinę įvairovę, teikia vandenų, dirvų ir kt. apsaugą. Ši miškų nauda išreiškiama įvairiais rodikliais: dalis šalies bendrajame vidaus produkte (BVP), pajamos, miškų kirtimų masės, saugomų miškų plotai, biologinės įvairovės apsauga, CO_2 sunaudojamas kiekis, poilsiautojų miškuose skaičius ir kt. Miškų nauda neabejotinai turi įtakos visuomenės gerovei. Visuomenės gerovės didinimas turėtų būti pagrindinis tikslas, siekiant efektyviai formuoti ir įgyvendinti miškų ir su jais susijusių veiklų politiką. Problema ta, kad šiuo metu miškų ūkio poveikis visuomenės gerovei nėra nustatomas. Nėra tam skirtų tyrimų ir metodikų.

Šio tyrimo tikslas – įvertinti Lietuvos miškų ūkio poveikį visuomenės gerovei. Problemos sprendimas siejamas su miškų ūkio poveikio visuomenės gerovei apibūdinimo ir kiekybinės interpretacijos uždaviniais: miškų ir visuomenės gerovės ryšiai, miškų ūkio poveikio visuomenės gerovei vertinimo metodika, visuomenės gerovę ir miškų ūkį apibūdinantys rodikliai, jų svarbumo įvertinimas. Labiausiai su tyrimo uždaviniais susiję visuomenės gerovės ir miškų ūkio darnumo tyrimai bei vertinimas. Tradiciniu požiūriu, šalies gyventojų gerovės rodikliu buvo laikomas BVP dydis vienam gyventojui. Dabar sutariama, kad gerovę išreikšti ir įvertinti reikėtų ne tik finansiniais rodikliais, būtina atsižvelgti ir į gyvenimo kokybės rodiklius, kurie nusakomi tiek kiekybiniais, tiek subjektyvesniais kokybiniais parametrais (Samoška, 2013). Teigiama (Ruževičius, 2013), kad gyvenimo kokybę lemia materialinė aplinka, asmens saugumas, aplinkos kokybė, populiacijos sveikatos kokybė, saviraiškos galimybės ir moralinis psichologinis klimatas. Yra sukurtos (Servetkienė, 2013) įvairios visuomenės gyvenimo kokybės (GK) vertinimo metodikos (indeksai): Fizinės GK (Moriso) indeksas (1970), Gyvenimo sąlygų indeksas (1974), Mičigano GK vertinimo metodika (1975), E. Ferrans ir M. J. Powers GK indeksas (1984), Žmogaus socialinės raidos indeksas (1990), Tikrosios pažangos indeksas (1995), Pasaulio sveikatos organizacijos GK modelis (1997), Calverto-Hendersono GK vertinimo metodika (2000), „Economist Intelligent Unit“ GK indeksas (2005), Legatum gerovės indeksas (2007), J. Stiglitzo, A. Seno ir J. P. Fitoussi GK indeksas (2009), „International Living“ GK indeksas (2010), Netiesioginis GK indeksas (2010), Kompleksinė GK vertinimo metodika (2011). Įvairiose metodikose visuomenės

gerovė (gyvenimo kokybė) apibūdinama rodikliais, kurie dažnai grupuojami į ekonominius, socialinius ir aplinkosauginius, o pagal juos konstruojami įvairūs apibendrinantys indeksai.

Vertinant miškų poveikį visuomenės gerovei, reikalingi ne tik visuomenės gerovės, bet ir miškų vertinimo rodikliai. Šiuo metu žinoma 11 tarpvalstybinių ir tarptautinių miškų ūkio darnumo įvertinimo procesų, taikančių miškų ūkio darnumo vertinimo kriterijus ir rodiklius (Linser et al., 2018). Lietuva dalyvauja Europos miškų ūkio darnumo vertinimo sistemoje. Europiniai vertinimo kriterijai ir rodikliai buvo taikyti analizuojant Europos miškų ūkio darnumą 2003, 2007, 2011 ir 2015 m. Paskutinį Europos miškų ūkio darnumo kriterijų ir rodiklių variantą sudaro šeši kriterijai su 34 rodikliais ir 11 miškų politikos ir valdymo rodiklių. Remiantis juo buvo sudaryta Europos vertinimo pagal kiekybinius rodiklius skalė, kurioje kiekvienas rodiklis įvertinamas vienu iš penkių balų (MCPFE, 2011; 2015). Pradėtos analizuoti miškų ūkio ir „Darbotvarkės 2030“ tikslų bei uždavinių sąsajos. Glaudžiausias ryšys nustatomas su 15 tikslu „Saugoti, atkurti ir skatinti darnų sausumos ekosistemų naudojimą, darniai valdyti miškus, kovoti su dykumėjimu, sustabdyti žemės būklės blogėjimą ir pakeisti šį procesą priešinga kryptimi bei sustabdyti biologinės įvairovės praradimą“. Be to, miškai turi poveikį tikslų, susijusių su gyventojų pajamų didinimu, aprūpinimu maistu, sveikata ir sveika gyvensena, vandenų prieinamumu, klimato kaita ir kt., įgyvendinimui (Baumgartner, 2019; Gregersen et al., 2017).

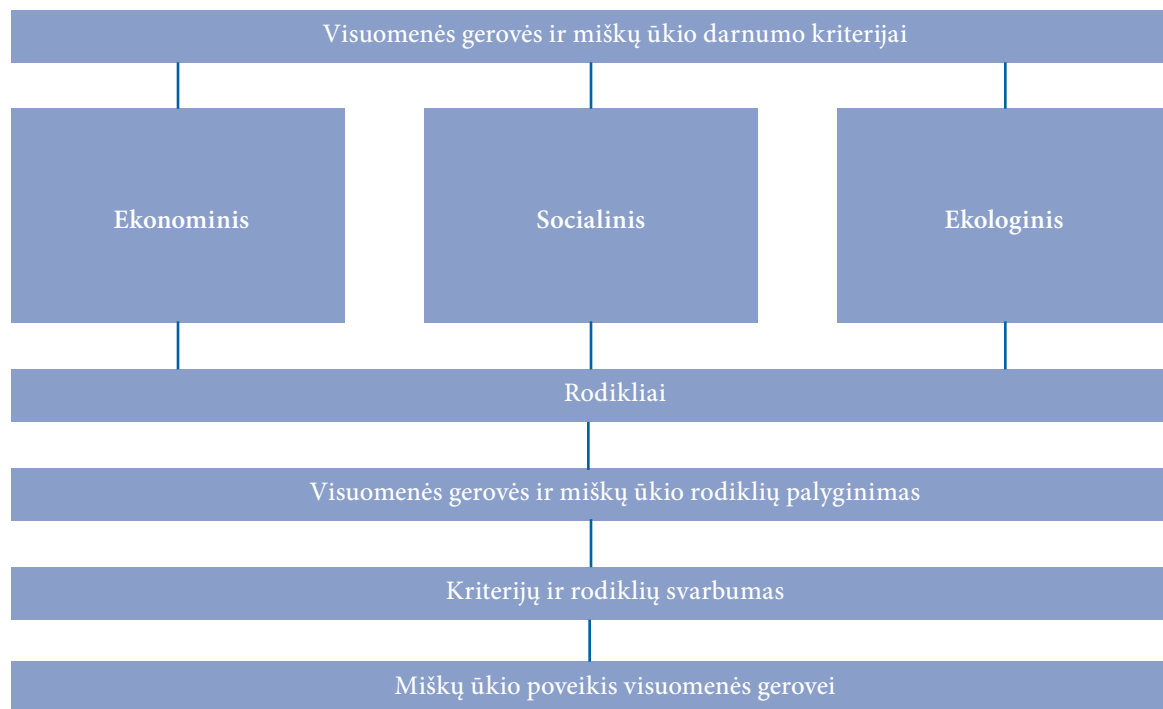
Šiame tyrime, apibūdinant Lietuvos miškų ūkio poveikį visuomenės gerovei, remiamasi Lietuvos nacionaliniais darnaus vystymosi rodikliais, parengtais vadovaujantis „Darbotvarke 2030“ (OSP, 2018), Europos darnaus miškų ūkio kriterijais ir indikatoriais (MCPFE, 2011) bei UNECE/FAO identifikuotais miškų sektoriaus uždaviniais, skirtais siekti „Darbotvarkės 2030“ tikslų (IIED, 2015).

Lietuvos miškų poveikio visuomenės gerovei vertinimas atliekamas pagal žemiau pateikiamą schemą.

Skiriami trys visuomenės gerovės ir miškų ūkio darnumo vertinimo kriterijai: ekonominis, ekologinis ir socialinis. Nustatomi kiekvieną kriterijų apibūdinantys rodikliai, kiekvieno rodiklio reikšmė šaliai ir miškų ūkiui, apskaičiuojama kiekvieno miškų ūkio rodiklio dalis bendrame šalies rodiklyje, įvertinamas kriterijų ir rodiklių svarbumas ir apskaičiuojamas bendras miškų ūkio poveikio visuomenės gerovei rodiklis, parodantis miškų ūkio dalį bendroje šalies darnaus vystymosi struktūroje pagal taikytus rodiklius. Kriterijus apibūdinantys rodikliai nustatyti

lyginant Lietuvos nacionalinius darnaus vystymosi rodiklius su Europos miškų ūkio darnumo vertinimo rodikliais (jais vertinamas ir Lietuvos miškų ūkio darnumas) ir atrenkant palyginamus rodiklius. Lietuvos nacionalinių darnaus vystymosi rodiklių, sugrupuotų pagal ekonominius, aplinkos būklės ir socialinius kriterijus, sąrašą sudarė 55 rodikliai (OSP, 2016), o atnaujintą sąrašą (OSP, 2018), sugrupuotą pagal 17 darnaus vystymosi tikslų, – 90 rodiklių. Lyginant

šiuos sąrašus su Europos miškų ūkio darnumo vertinimo rodikliais (MCPFE, 2011), atrinkti palyginamieji rodikliai, pagal juos galima nustatyti miškų ūkio dalį šalies rodikliuose. Atrinkti devyni rodikliai, po tris kiekvienam kriterijui: 1.1. Bendrasis vidaus produktas (bendroji pridėtinė vertė); 1.2. Materialinės investicijos; 1.3. Energijos gamyba; 2.1. Saugomos teritorijos; 2.2. Miškingumas; 2.3. CO₂ absorbcija; 3.1. Dirbančiųjų skaičius; 3.3. Laisvalaikis; 3.2. Maisto ištekliai.



1 pav. Lietuvos miškų ūkio poveikio visuomenės gerovei vertinimo schema

Apibendrinus tyrimų rezultatus sudarytas Lietuvos visuomenės gerovę ir miškų ūkį apibūdinančių kriterijų ir rodiklių sąrašas, susidedantis iš trijų kriterijų ir devynių rodiklių. Nustatytos rodiklių reikšmės 2005, 2010 ir 2015 m. Remiantis kiekvienu rodikliu, apskaičiuotas miškų dalies procentas. Kiekvieno rodiklio svarbumas įvertintas pagal dešimtbalę skalę. Ekspertai ekonominiam kriterijui skyrė 34,1 %, ekologiniam – 25,6 %, o socialiniam – 40,3 %. Lietuvos miškų ūkio poveikis visuomenės gerovei 2015 m. įvertintas 17,6 %. Miškų poveikis šalies ekonomikai nėra didelis. BVP dalis, net įskaitant visas miškų sektoriaus šakas, sudaro tik 3–4 %. Nėra didelė ir socialinė miškų reikšmė: miškų sektoriuje įdarbinama 2–3 % dirbančiųjų, panaši dalis tenka ir miškuose praleidžiamam laisvalaikiui. Palyginti aukštą bendrą miškų indėlį į visuomenės gerovę lemia didelė miškų ekologinė reikšmė. Juose yra daugiausia saugomų teritorijų. Absorbuojama žymi dalis CO₂ dujų. Miškų ūkio poveikis visuomenės gerovei šiek tiek didėja: 2005 m. – 14,5 %, 2010 m. – 17,3 %, 2015 m. – 17,6 %. Didėjo daugumos miškų rodiklių

dalis: BVP, energija iš medienos, miškingumas, CO₂ absorbcija, dirbančiųjų skaičius.

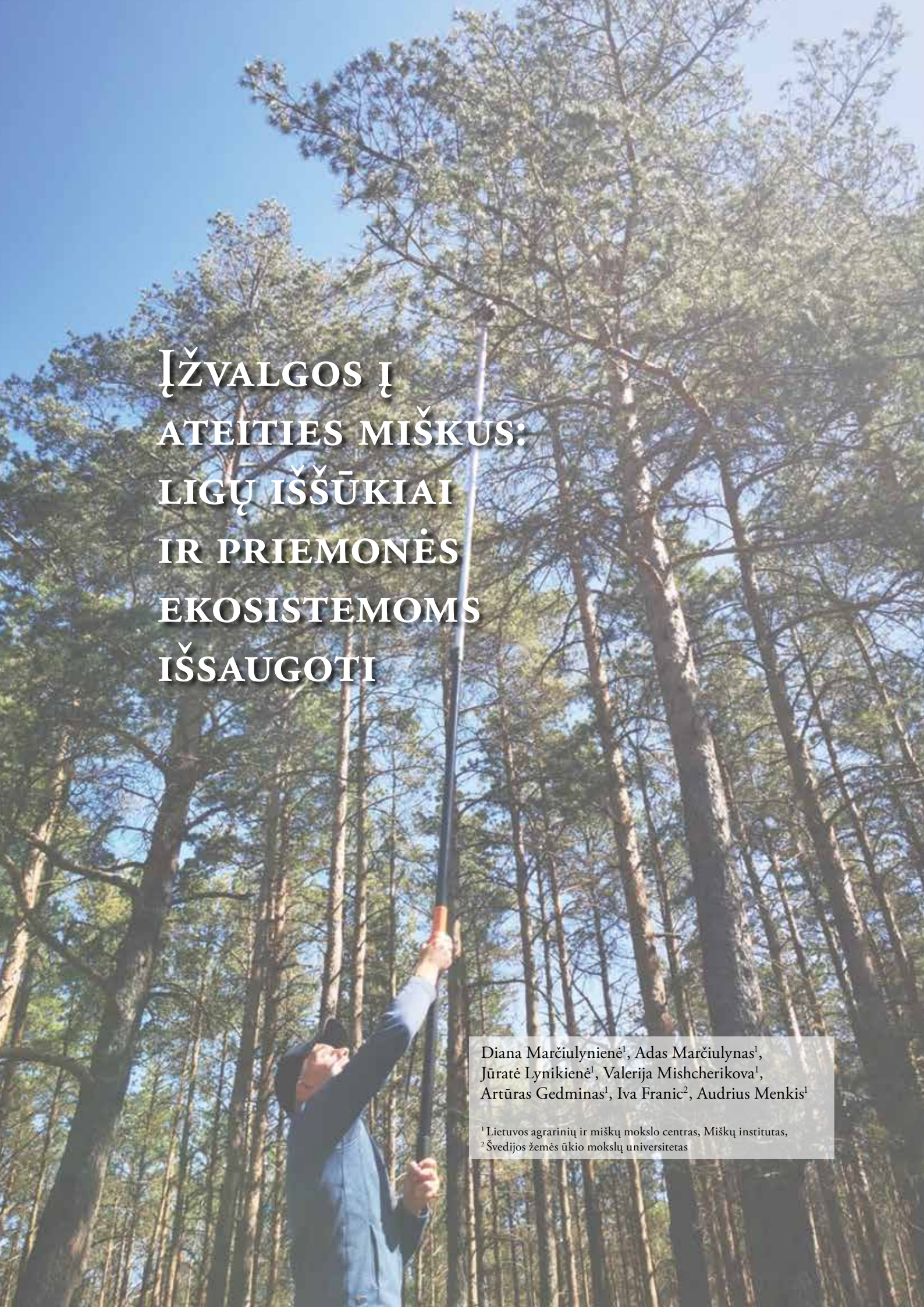
Tyrimas atliktas konceptualių lygmeniu, pateikiant išvadą, kad vertinant žemės ūkio reikšmę ir poveikį visuomenės gerovei turi būti naudojamos tarpusavyje susijusios ekonominė, socialinė ir aplinkosauginė dimensijos. Miškų ūkio poveikio visuomenės gerovei vertinimai yra svarbūs formuojant ir įgyvendinant miškų politikos tikslus. Šiuo metu dažnai deklaruojami darnaus miškų ūkio siekliai, derinant miškų ūkio ekonomines, ekologines ir socialines funkcijas bei siekiant jų balanso. Tačiau tai neturi konkretaus turinio, nes nėra deklaruojamų tikslų ir jų įgyvendinimo kiekybinių išraiškų. Šiame tyrime atlikti miškų ūkio poveikio visuomenės gerovei vertinimai parodo tokių vertinimų galimybes ir iškelia problemas tolesniems tyrimams, susijusiems su vertinimo metodų tobulinimu, pavyzdžiui, tiriant vertinimo rodiklių skaičiaus ir sudėties įtaką vertinimo rezultatams bei užtikrinant tobulesnį vertinimų informacinį aprūpinimą, ypač miškų ūkio poveikio visuomenės gerovei socialiniu

aspektu. Lietuvos miškų politika formuojama ir įgyvendinama neatsižvelgiant į jos bendrą poveikį visuomenės gerovei. Šis poveikis nenustatomas, nėra jo vertinimo metodikų. Miškų ūkio poveikio visuomenės gerovei

vertinimas turėtų remtis palyginamų ekonominių, ekologinių ir socialinių miškų ir visuomenės gerovės rodiklių sistema, jų reikšmių nustatymu, rodiklių svarbumo vertinimu.

Literatūra

- Baumgartner, R. J. (2019). Sustainable development goals and the forest sector – a complex relationship. *Forests*, 10(2), 10.
- IIED. (2015). Sustainable Development Goals and Forests. *Report, UK*, 31 [žiūrėta 2019-03-20]. Prieiga per internetą: <https://pubs.iied.org/pdfs/G03897.pdf>.
- Linser, S., Wolfslehner, B., Bridge, S. R. J., Gritten, D., Johnson, S., Payn, T., Prins, K., Raši, R., Robertson, G. (2018). 25 years of criteria and indicators for sustainable forest management: How intergovernmental C&I processes have made a difference. *Forests*, 9(9).
- MCPFE. (2011). State of Europe's Forests 2011. *Status and Trends in Sustainable Forest Management in Europe*, 337 [žiūrėta 2019-03-20]. Prieiga per internetą: https://www.foresteurope.org/documentos/State_of_Europes_Forests_2011_Report_Revised_November_2011.pdf
- MCPFE. (2015). *State of Europe's Forests 2015* [žiūrėta 2019-03-20]. Prieiga per internetą: <https://www.foresteurope.org/docs/fullsoef2015.pdf>.
- OSP. (2016). *Darnaus vystymosi rodikliai*. 35 [žiūrėta 2019-03-20]. Prieiga per internetą: https://osp.stat.gov.lt/documents/10180/259432/Darnus_vystymasis.pdf.
- OSP. (2018). *JT darnaus vystymosi darbotvarkės iki 2030 įgyvendinimo ataskaita Lietuvoje* [žiūrėta 2019-03-20]. Prieiga per internetą: <https://osp.stat.gov.lt/nacionaliniai-darnaus-vystymosi-rodikliai>.
- Ruževičius, V. (2013). Gyvenimo kokybė. *Kvalitetas*, 10 [žiūrėta 2019-03-18]. Prieiga per internetą: <https://www.kvalitetas.lt/index.php?id=716>.
- Samoška, M. (2013). Visuomenės gerovės ir verslo sąlygų palankumo vertinimo tyrimų analizė. *Mokslas – Lietuvos ateitis*, 5(1), 1–6.
- Servetkienė, V. (2013). *Gyvenimo kokybės daugiadimensinis vertinimas, identifikuojant kritines sritis*. Daktaro disertacija. Vilnius: Mykolo Romerio universitetas, 312 p.



ĮŽVALGOS Į ATEITIES MIŠKUS: LIGŲ IŠŠŪKIAI IR PRIEMONĖS EKOSISTEMOMS IŠSAUGOTI

Diana Marčiulynienė¹, Adas Marčiulynas¹,
Jūratė Lynikienė¹, Valerija Mishcherikova¹,
Artūras Gedminas¹, Iva Franc², Audrius Menkis¹

¹ Lietuvos agrarinių ir miškų mokslo centras, Miškų institutas,

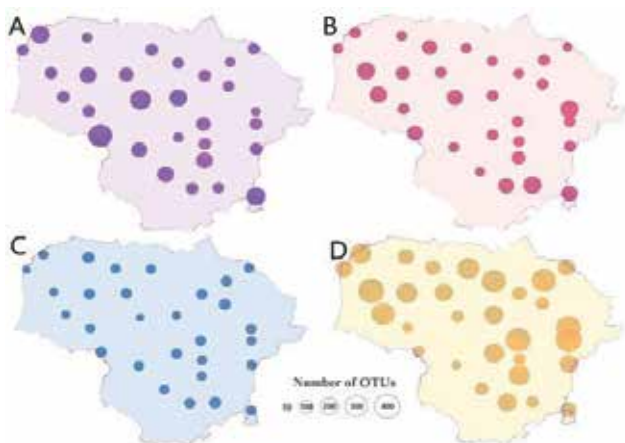
² Švedijos žemės ūkio mokslų universitetas

Lietuvos pušynų ir eglynų ekosistemų grybų įvairovė, sutinkamos ligos, jų paplitimas ir įtaka medynų sveikatingumui

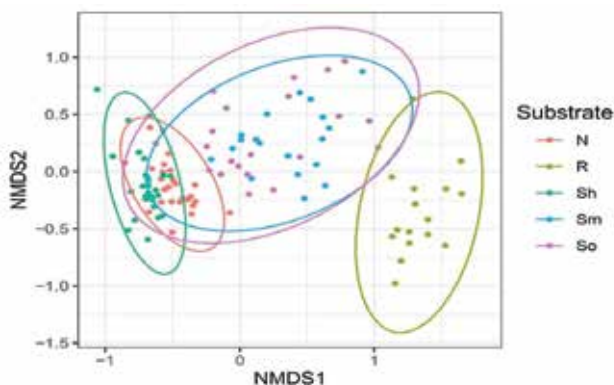
LAMMC Miškų instituto mokslininkų vykdyto projekto, finansuoto Europos socialinio fondo lėšomis pagal 2014–2020 m. ES fondų investicijų veiksmų programos 9 prioriteto „Visuomenės švietimas ir žmogiškųjų išteklių potencialo didinimas“ priemonės Nr. 09.3.3-LMT-K-712 „Mokslininkų, kitų tyrėjų, studentų mokslinės kompetencijos ugdymas per praktinę mokslinę veiklą“ veiklą „Aukšto lygio tyrėjų grupių vykdomi moksliniai tyrimai“, bendradarbiaujant su SLU, tyrimų rezultatai (dr. Diana Marčiulynienė, dr. Adas Marčiulynas, dr. Jūratė Lynikienė, dokt. Valeriia Mishcherikova, dr. Artūras Gedminas, dr. Iva Franic, dr. Audrius Menkis).



1 pav. Paprastųjų pušų barelis Dzūkijoje



2 pav. Grybų gausumas, susijęs su (A) spygliais, (B) ūgliais, (C) šaknimis ir (D) rizosferos dirvožemiu įvairiose *Picea abies* mėginių ėmimo vietose Lietuvoje.



3 pav. Grybų bendrijų, susijusių su skirtingais *Pinus sylvestris* substratais (N – spygliai, R – šaknys, Sh – ūgliai, Sm – mineralinis dirvožemis ir So – organinis dirvožemis), nemetrinė daugiamatė mastelio skalė (NMS2)

Vienas iš projekto tikslų buvo ištirti požeminę (šaknys, dirvožemis) ir antžeminę (spygliai, ūgliai) grybų bendrijų įvairovę ir sudėtį, susijusią su paprastąja egle ir paprastąja pušimi, bei įvertinti abiotinių veiksnių įtaką grybų bendrijoms. Tyrimai atlikti 30-yje paprastųjų eglių ir 30-yje paprastųjų pušų medynų, augančių skirtingomis aplinkos sąlygomis, bei tolygiai pasiskirsčiusių Lietuvos teritorijoje.

Susieję didelio našumo sekoskaitos duomenis, aplinkos kintamuosius ir dirvožemio chemines savybes, galėjome nustatyti pagrindinius veiksnius, lemiančius su *Picea abies* ir *Pinus sylvestris* susijusių grybų bendrijų įvairovę ir sudėtį. Rezultatai parodė, kad aptikta grybų įvairovė buvo gana didelė, tačiau jų santykinis gausumas įvairiose tyrimo vietose labai skyrėsi, o tai atskleidė ir išryškino medžio šeimininko, grybų ir vietinių aplinkos sąlygų sąveikos sudėtingumą. Taip pat nustatyta, kad grybų rūšių gausa ir bendruomenės sudėtis labai priklauso nuo substrato, kurį jie kolonizuoja.

Tokie rezultatai rodo, kad klimato kaita gali skirtingu mastu paveikti skirtinguose funkcinuose audiniuose ir dirvožemyje esančius grybus, o tai gali turėti įtakos miško sveikatai ir tvarumui. Norint geriau suprasti trumpalaikį ir ilgalaikį klimato kaitos poveikį miško ekosistemoms, būtina nuolat stebėti grybų įvairovę ir bendruomenės sudėtį.

Daugiau informacijos:
diana.marciulyniene@lammc.lt

A photograph of a forest floor covered in moss and fallen leaves. In the foreground, there are several large, green oak leaves with prominent veins. The ground is covered in a thick layer of moss and fallen leaves, some of which are brown and dry. In the background, there are tall, thin trees with green foliage. The overall scene is a natural, forest environment.

KOMPLEKSIŠKAS MIŠKININKAVIMO ALTERNATYVŲ VERTINIMAS: LAUKTI, SPĖLIOTI AR MODELIUOTI?

Gintautas Mozgeris, Ekaterina Makrickienė,
Nerijus Pivoriūnas

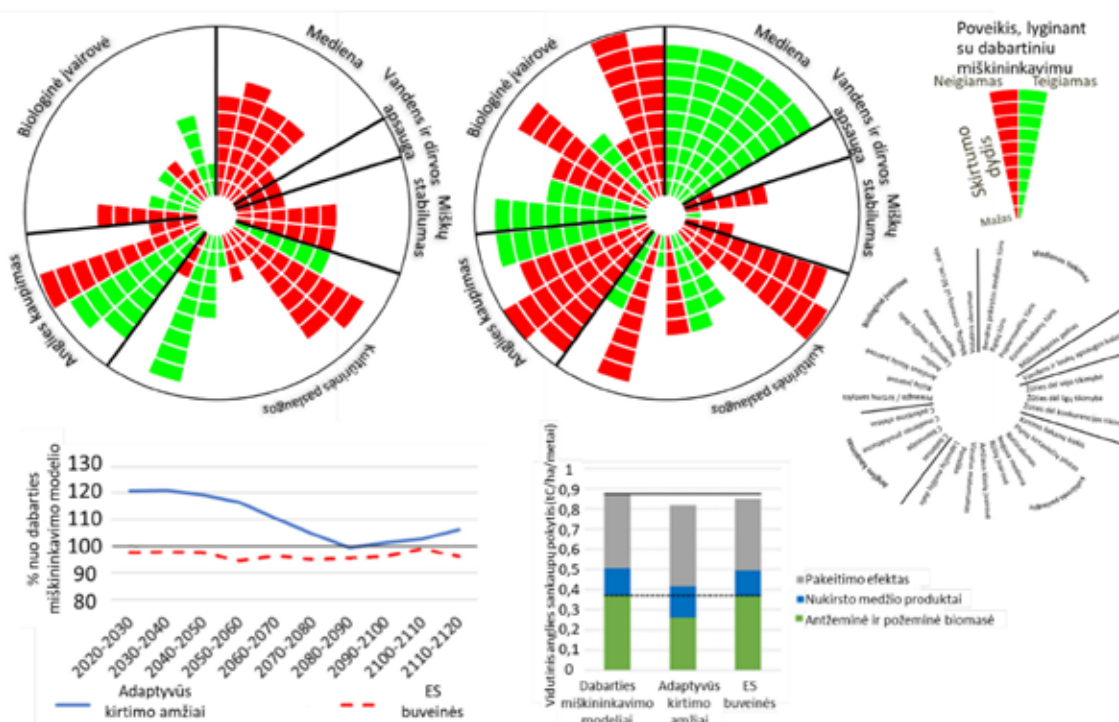
Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija,
Miškų ir ekologijos fakultetas

Miškai, miškininkystė, aplinkos sąlygos ir visuomenė XXI amžiuje neišvengiamai keisis. Žmonės susitarė, kad miškai turi būti naudojami tvariai, t. y. nūdienos poreikiai turi būti tenkinami nemažinant ateities kartų galimybių tenkinti jų poreikius. Tačiau kaip suderinti ekonomines, socialines ir ekologines miško funkcijas, ypač kai žmogaus išikišimas retai kada teigiamai paveikia visas jas vienu metu? Labai svarbu suprasti priimamų miškininkavimo sprendimų trumpalaikes ir ilgalaikes pasekmes, įvertinti alternatyvas alternatyviomis sąlygomis. Tam pasitelkiame informacinėmis technologijomis grindžiamas miškininkavimo sprendimų priėmimo paramos sistemas.

Modeliuojame miškų, jų naudojimo ir teikiamų ekosisteminių paslaugų raidą, jei būtų taikomi dabartiniai ir alternatyvūs miškininkavimo modeliai, esant įvairioms miškininkavimo sąlygoms, kurias lemia, tarkime, klimato kaita ar (ne mažiau svarbu) žmonių pastangos tą kaitą sušvelninti. Naudojame įvairius įrankius miškininkavimo scenarijams kurti (Kupolis, EFDM, LandSim, Heureka ir kt.), turime sukūrę originalias priemones įvairioms miško ekosisteminiams paslaugoms nusakyti pagal standartinius Lietuvoje prieinamus duomenis apie miško išteklius.

Lietuvos miškininkystė šiuo metu labai priklauso nuo teorijos ir praktikos, kuri klostėsi keletą šimtmečių.

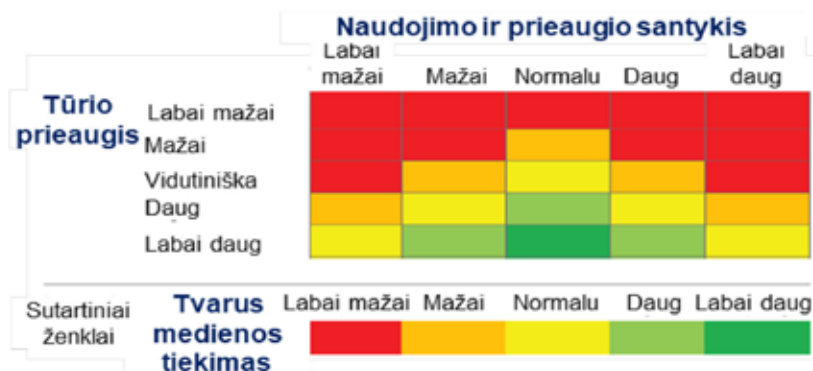
Įvertinome, kokią įtaką miško teikiamų ekosisteminių paslaugų tvarumui per ateinantį šimtmetį gali turėti gana skirtingos miškininkavimo alternatyvos: (i) visose potencialiose europinės svarbos buveinėse (apie 10 % sklypų) – nevykdome jokios aktyvios žmogaus veiklos, o likusiuose miškuose ūkininkaujame taip, kaip iki šiol (pavadinkime „ES buveinės“) ir (ii) ūkininkaujame vadovaudamiesi minimaliu kirtimų amžiumi, kuris apskaičiuotas pagal medynų finansinę (grynąją dabartinę vertę (GDV) su 2 % palūkanų norma) brandą, diferencijuotas pagal medžių rūšis ir medynų augavietes („Adaptivūs kirtimo amžiai“). Pastebėjome (1 pav.), kad tai pačiai ekosisteminių paslaugų (arba miško funkcijų) grupei priklausančys rodikliai gali labai skirtingai reaguoti į alternatyvų miškininkavimą. Jei taikytume minimalius pagrindinių miško kirtimų amžius, nustatytus pagal medynų finansinę brandą, medienos kiekį per artimiausius dešimtmečius galima padidinti iki 20 %. Medžių, kurie būtų iškertami įsteigus papildomas ES svarbos buveines, kiekis sumažėja, sumažėjimas per visus dešimtmečius vidutiniškai sudaro 3 %, o daugiausia siekia tik 4 %. Tačiau pastaruoju atveju neprisidėtume prie anglies kaupimo didinimo ilgalaikėje perspektyvoje, net jei vertintume tik absorbuojamą miško biomasę...



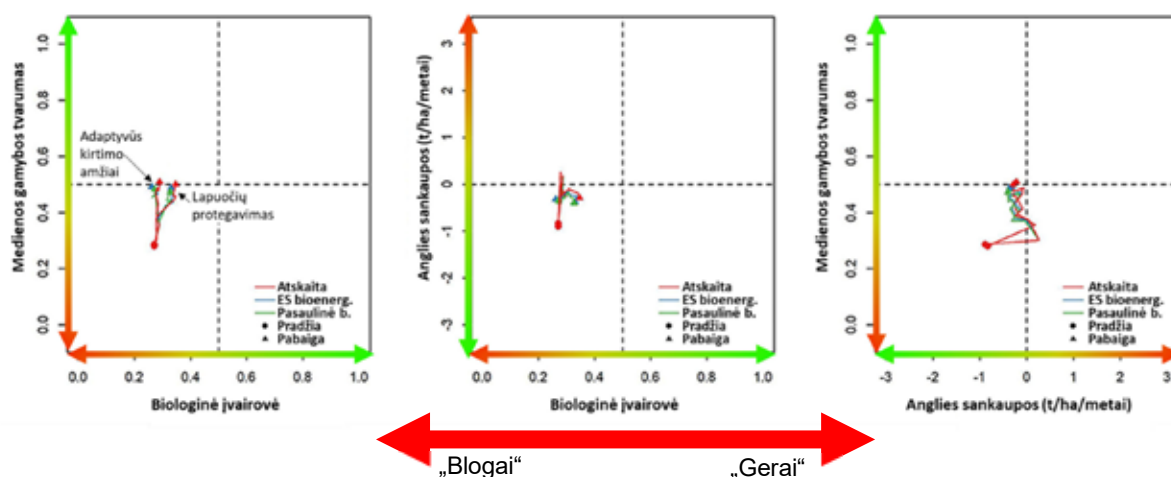
1 pav. Alternatyvių miškininkavimo modelių galima įtaka įvairioms miško teikiamoms ekosisteminiams paslaugoms per ateinantį šimtmetį VĮ valstybinių miškų urėdijos Telšių regioninio padalinio teritorijoje. Viršuje – alternatyvos (kairėje – „ES buveinės ir dešinėje – „Adaptivūs kirtimo amžiai“) įtaka įvairių ekosisteminių paslaugų dydžiams, lyginant su rezultatais, kuriuos gautume toliau miškininkaudami kaip dabar; apačioje kairėje – iškertamos medienos kiekio pokytis, jei būtų miškininkaujama alternatyviai; apačioje dešinėje – anglies balansas tyrimų vietovės miškuose per laikotarpį iki 2120-ųjų metų. Juodos horizontalios linijos atitinka pokyčius biomasėje ir visose sancaupų kategorijose, jei būtų toliau miškininkaujama kaip dabar

Sumodeliuoti didelį kiekį miško teikiamų ekosisteminių paslaugų techniškai nėra labai sudėtinga, net jei kalbame apie jų raidą ateityje. Daug sunkiau yra šiuos vertinimus apibendrinti, siekiant pasirinkti geriausią,

bet vieną miškininkavimo sprendimą. Siūlome metodą maksimaliai subalansuotai vertinti miškininkavimo įtaką įvairioms miško funkcijoms, grindžiamą „fuzzy“ logika (2–3 pav.).



2 pav. „Fuzzy“ logika grindžiamas įvairių miško teikiamų ekosisteminių paslaugų derinimas. Metodo esmė: tarkime, (I) vertiname 3 ekosistemines paslaugas: medienos tiekimo tvarumą (pateikiamas pavyzdys iliustracijoje), biologinės įvairovės apsaugos potencialą ir anglies kaupimą. Kiekvienoje grupėje – įvairūs rodikliai. (II) Kiekvieno rodiklio reikšmės transformuojamos į kokybinę skalę: labai mažai, mažai, vidutiniškai (normalu), daug ir labai daug, kuri susiejama su skaitinėmis reikšmėmis nuo 0 iki 1. (III) Įvertinama kiekvienos 2 rodiklių reikšmių kombinacijos įtaka ekosisteminei paslaugos interpretacijai. (IV) Ekosisteminė paslauga įvertinama nuo 0 iki 1, su atitinkama interpretacija



3 pav. Įvairių miško teikiamų ekosisteminių paslaugų raida per ateinančius šimtmetį, vertinta vieningoje reikšmių skalėje. „Lapuočių protegavimas“ – miškininkavimo alternatyva, labai panaši į dabarties miškininkavimą, tačiau labiau toleruojanti lapuočius medžius tiek želdant, tiek ir ugdymo kirtimų metu. Taikant „adaptyvius kirtimo amžius“, medienos tiekimo tvarumas potencialiai gerėtų, o su biologine įvairove susijusios ekosisteminės paslaugos neprastėtų, anglies emisijų vidutiniškai nebūtų. Prisiminkite 20 % didesnius medienos kiekius

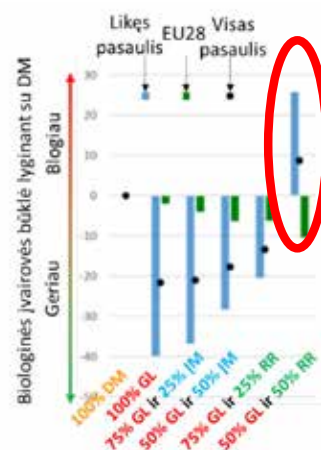
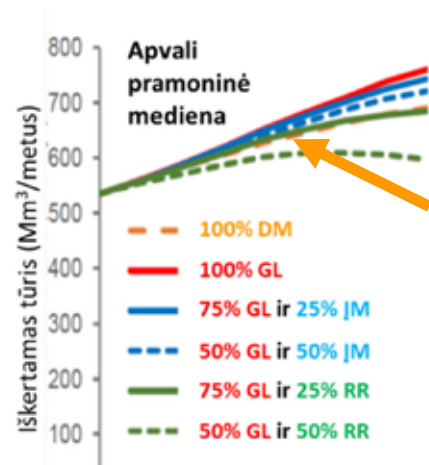
Priimami sprendimai dėl miškininkavimo alternatyvų turi būti gerai pasverti ne tik tyrimų vietovės lygmeniu, bet ir šalių, Europos ar pasaulio mastu. Kokia būtų miškų raida ES28 šalyse ir ES veiksmų globalus pėdsakas per laikotarpį iki 2100-ųjų, jei būtų įdiegtos tam tikros miškininkavimo alternatyvos? Aptartos 3 alternatyvaus miškininkavimo strategijos (4–5 pav.), tam pritaikius GLOBIOM pasaulinės bioekonomikos modelį, sukurtą ir naudojamą Tarptautiniame taikomųjų sistemų analizės institute (IIASA, Austrija):

(Medienos) gamybos liberalizavimas (GL) – pagaminamos medienos kiekiai padidinti vidutiniškai 20 %, kirtimų liekanų kiekis – toks pat, lapuočių medžių dalis sumažinta nuo 9 % iki 42 %. **Įvairiafunkcinis miškininkavimas (IM)** – medienos kiekis sumažėja ~10 %, kirtimų liekanų – 50 %, lapuočių medžių dalis didėja nuo 2 % iki 56 %. **Rezervatinis režimas (RR)** – visiškai aktyvios miškininkavimo veiklos stabdymas ir natūrali miškų raida, medienos gamyba nevykdoma, o lapuočių medžių dalis nesikeičia.



4 pav. Alternatyvios miškininkavimo strategijos derinamos tarpusavyje įvairiomis proporcijomis

Taigi, palaipsniui didinami miškininkavimo veiklos apribojimai turėtų būti derinami su efektyvesnių medienos tiekimo prasmė alternatyvų diegimu tiek ES, tiek ir Lietuvoje.



5 pav. Identiškus, lyginant su dabartiniais miškininkavimo modeliais, pagaminamos apvalios pramoninės medienos kiekius galima pasiekti 25-uose procentuose ES miškų nevykdant aktyvios miško ūkinės veiklos, tačiau su sąlyga, kad likusioje teritorijoje miškininkystė yra liberalizuojama (viršuje). Tačiau yra didelė rizika, kad jei medienos ruošą ES bus ženkliai ribojama, mediena bus importuojama, o tai automatiškai reiškia anglies emisijų ir ekosistemų degradavimo eksportą į ne ES šalis (apačioje)

Literatūra

Biber et al. (2020). Forest Biodiversity, Carbon Sequestration, and Wood Production: Modeling Synergies and Trade-Offs for Ten Forest Landscapes Across Europe. *Front. Ecol. Evol.*, 8, 547696. doi: 10.3389/fevo.2020.547696.
https://alterfor-project.eu/files/alterfor/download/Deliverables/D5.13_ALTERFOR%20Policy%20Brief%20II_09-2020_web.pdf
<https://forest.lt/go.php/lit/Ar-Lietuvoje-gailetu-turetu-buti-miskininkaujama-kitaip/6630/1>



LIETUVOS MIŠKINGUMAS VAKAR, ŠIANDIEN IR RYTOJ

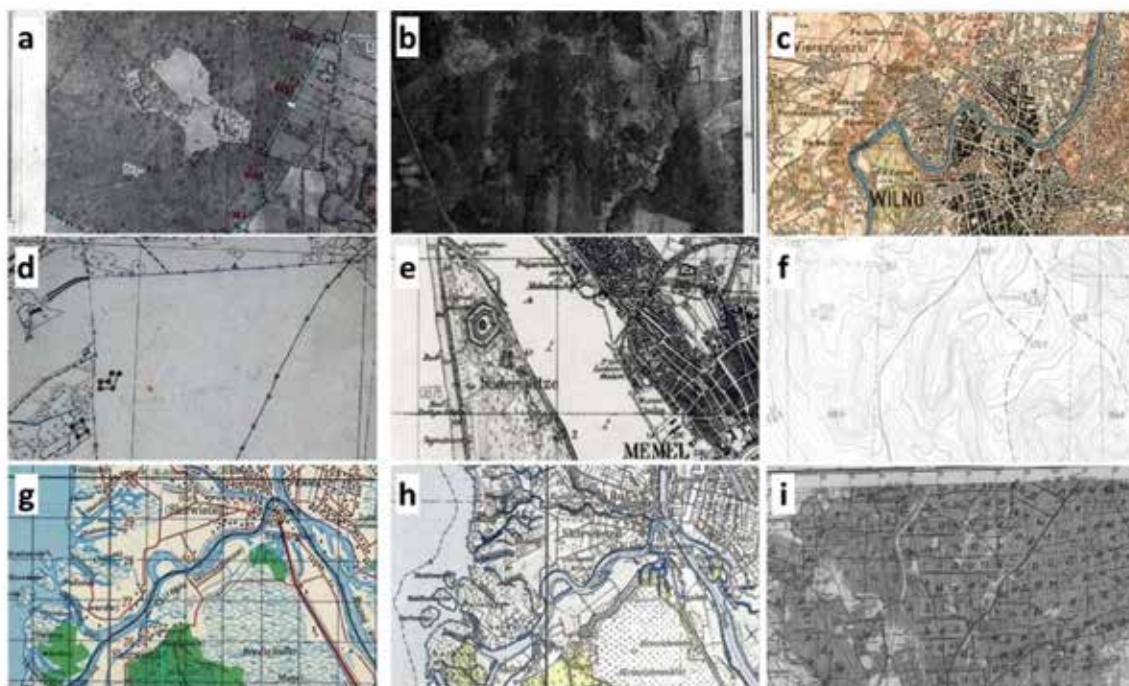
Gintautas Mozgeris, Daiva Juknelienė

Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija

Nacionaliniame susitarime dėl miškų ateities įvardijamas siekis Lietuvos miškingumą iki 2050 m. padidinti iki 40 proc. „Miškingumo“ sąvoka sutinkama tiek politinėse deklaracijose, tiek oficialiose statistikose, ji dažna visuomenės lūpose. Tačiau dažniausiai nesusimąstome, kad nors tai yra vienas informatyviausių šalies miškų būklę nusakančių rodiklių, jo interpretacija labai įvairi. Tarkime, Lietuvos Respublikos miškų įstatyme sąvoka „miškingumas“ pavartota keletą kartų, tačiau nėra atskirai apibrėžta. Šis terminas vartojamas ir Aplinkos ministerijos dokumentuose, pavyzdžiui, Miškų tvarkymo schemų ir vidinės miškotvarkos projektų rengimo taisyklėse, tačiau vėl be aiškaus sąvokos apibrėžimo. Miškingumo sąvokos apibrėžimas pateiktas Miškotvarkos darbų vykdymo instrukcijoje, kurią rengė Valstybinė miškų tarnyba. Todėl nenuostabu, kad tiek pats terminas, tiek ir su juo susiję skaičiai naudojami labai laisvai. Dažniausiai nekyla klausimų, ar Lietuvoje šiuo metu miško žemė užima 33,7, ar 35,1 proc. šalies teritorijos, o po Antrojo pasaulinio karo buvo 19,7 proc. – pasitikime oficialia statistika, ekspertų nuomone, net nesusimąstydami tokių vertinimų patikimumu. Taip pat laisvai priimame ateities miškų plėtros strategijas, nediskutuodami dėl jų įgyvendinimo taktikos. Šiame straipsnyje nenagrinėsime nei miškingumo sampratos ir jos evoliucijos, nei daugumos

ekspertinių ar kitokios kilmės miškingumo statistikų vertinimų. Norime pademonstruoti, kaip (i) naudodami istorinius žemėlapius ir nuotolinių tyrimų duomenis galime objektyviai vertinti miškus praeityje bei kaip (ii) žemės naudojimo scenarijų modeliavimas padeda pažvelgti į miško plotus ateityje ir priimti praktinius miškingumo didinimo sprendimus.

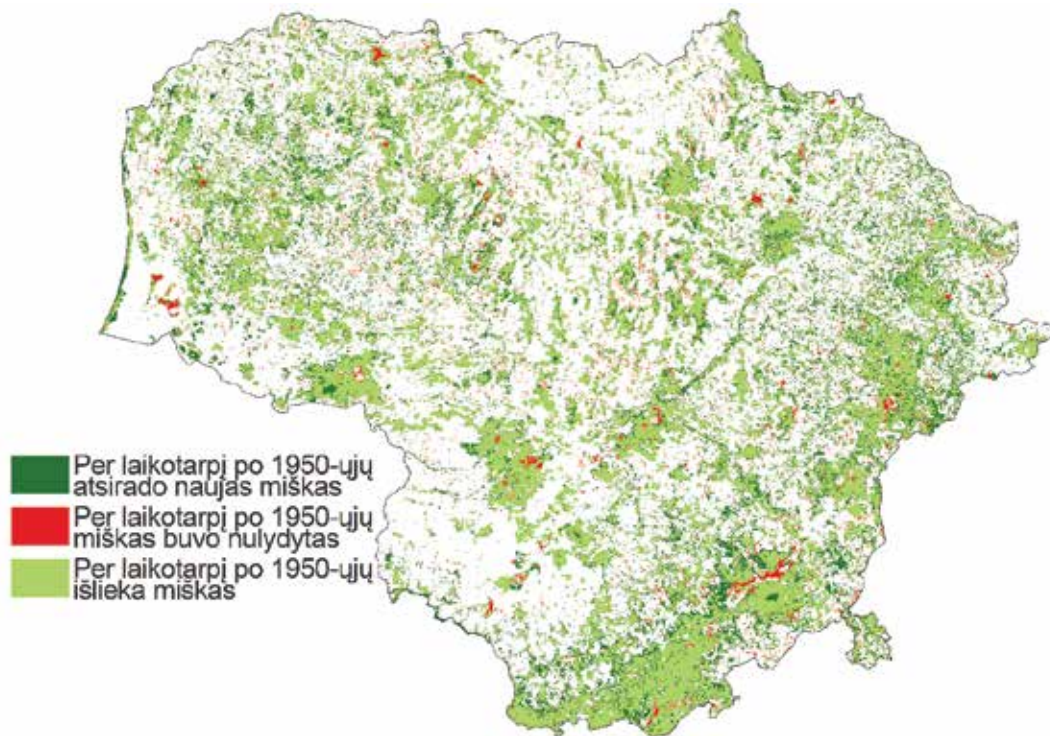
Miško žemės plotus, kokie jie buvo maždaug 1950 m., nustatėme pagal to laikotarpio žemėlapius, dažniausiai ortofotoplanus. Stengėmės vartoti dabartinę miško žemės sampratą. Taigi, miško žemės plotas nagrinėjamu laikmečiu galėjo būti 1 736 621 ha. Jei priimtume, kad šalies teritorijos plotas, be jūrinės teritorijos, su vidaus vandenimis yra 6 528 648,3 ha, gautume, jog miškai sudaro 26,6 proc. Tai ženkliai daugiau, nei deklaruoja oficialūs miškų statistikos leidiniai šiuo metu. Palyginę ano laikotarpio miškų plotus su dabartine miško žemės riba pagal miškų valstybės kadastrą, nesunkiai pastebėtume, kad miško žemės plotai ne tik augo. Apie 11,3 proc. miškų, buvusių praėjusio amžiaus viduryje, buvo nulydyta, t. y. paversta kitomis naudmenomis, dažniausiai žemės ūkio. Beje, net 7,3 proc. miško transformacijos į kitas naudmenas susiję su plotų užtvindymu, 4,5 proc. – su gyvenamųjų vietovių užstatymu, 1,4 proc. – su nutiestais keliais.



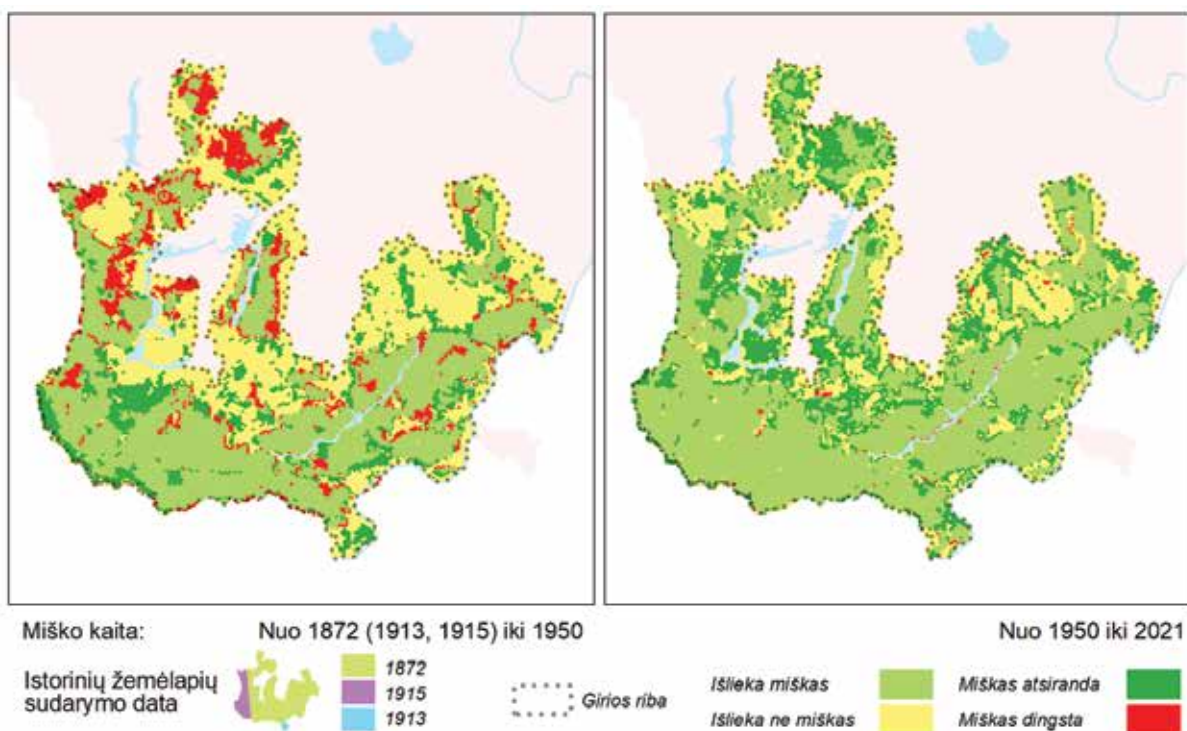
1 pav. Istoriniai žemėlapiai buvo naudoti miško žemei praėjusio amžiaus viduryje identifikuoti. Informacijos šaltinis (virš 90 % teritorijos) buvo Valstybės žemės fondo pateikti 1949–1952 m. fotoplanai (M1:10000) skaitmenine forma, kuriuos orientavome geografinėje erdvėje (a ir b). Kitose vietovėse naudojome Lenkijos kariuomenės kartografijos skyriaus 1934 m. Vilniaus žemėlapi M1:25000 (c); menzulinę kai kurių vietovių nuotrauką, pateiktą Valstybės žemės fondo (d); vokiškus M1:25000 (e) ir 1:100000 (h) topografinius žemėlapius, sudarytus XX a. 4–5-ajame dešimtmėčiais; sovietinius topografinius žemėlapius sistemoje M1:10000 (f), 1:25000 ir 1:50000 (i); JAV kariuomenės kartografijos tarnybos 1944 m. žemėlapi M1:100000 (g)

Pažvelgti į miško žemės kaip naudmenos ateitį yra kiek sunkiau. Pasiūlėme žemės naudojimo scenarijų modeliavimo sistemą, kurioje taikomi sistemų dinamika ir priežastiniu ryšiu grindžiami modeliai. Tačiau vertindami įvairius žemės naudojimo politikos scenarijus nepasiekėme miško žemės proporcijos, 2030 m. didesnės nei 38 proc. Jei tendencijos išliktų tokios, kokios

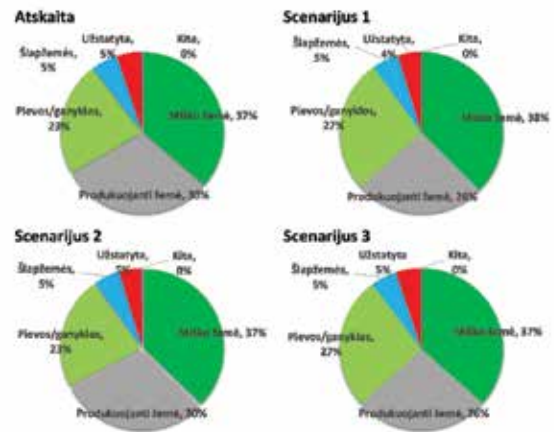
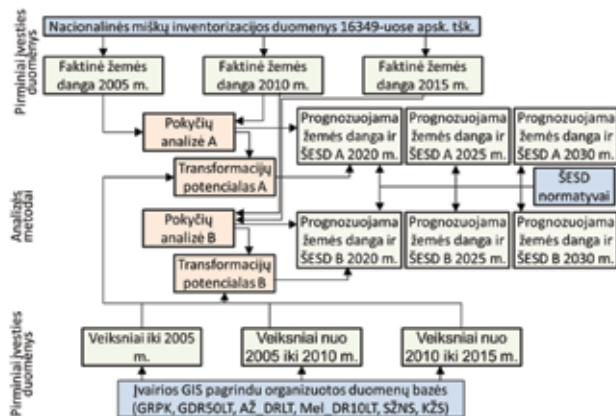
yra šiuo metu, tautos valią iki 2050-ųjų įvykdyti galime. Tačiau siūlytume siekti ne 40 proc., bet, tarkime, turėti miško žemės plotą ne mažesnę nei 2,6 milijono ha, t. y. padidinti ją kiek daugiau nei 400 000 ha. Arba 10 kartų – tiek, kiek užima Vilniaus miesto savivaldybė. Apimtys tos pačios, tik išvengtume diskusijų dėl tam tikrų metodinių miškingumo skaičiavimo aspektų.



2 pav. Praėjusio šimtmečio antrąją pusę miškai Lietuvoje ne tik plėtėsi, bet ir buvo nulydomi



3 pav. Naudodami istorinius žemėlapius į Lietuvos miškų praeitį ir jų raidą galime pažvelgti giliau. Kapčiamiesčio didžiagirės teritorijoje miško žemės plotai nuo XIX a. antrosios pusės pirma traukėsi, po to vėl buvo atkurti



4 pav. Žemės naudojimo scenarijams modeliuoti naudojami nacionalinės miškų inventORIZacijos metu surenkami duomenys apie žemės naudojimą. Kairėje – modeliavimo metodiniai principai, skirti žemės naudojimui 2030 m. sumodeliuoti pagal tendencijas, buvusias 2005–2010 ir 2010–2015 m. Dešinėje – sumodeliuotos žemės naudmenų 2030-aisiais proporcijos Lietuvos teritorijoje, jei būtų 4 žemės naudojimo politikos scenarijai (atskaita – žemės naudojimo raida tokia, kokia buvo 2010–2015 m. laikotarpiu; scenarijus 1 – santykinis žemės ūkio intensyvumo mažėjimas, didėja ariamos žemės transformacija į pievas ir ganyklas, medžių savaiminukai ne miško žemėje sparčiai tampa mišku; scenarijus 2 – visos pievos, kurios apauga medžiais ir krūmais, tampa mišku; scenarijus 3 – nevyksta pievų ir ganyklų transformacija į produkuojančią žemę)

Literatūra

- Juknelienė, D., Mozgeris, G. (2015). The spatial pattern of forest cover changes in Lithuania during the second half of the twentieth century. *Žemės ūkio mokslai*, 22(4), 209–215.
- Mozgeris, G., Juknelienė, D. (2021). Modeling Future Land Use Development: A Lithuanian Case. *Land*, 10, 360. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.3390/land10040360>.



MIŠKININKAVIMAS IR LIETUVOS MIŠKŲ POTENCIALAS KAUPTI ANGLĮ

Gintautas Mozgeris, Vaiva Kazanavičiūtė

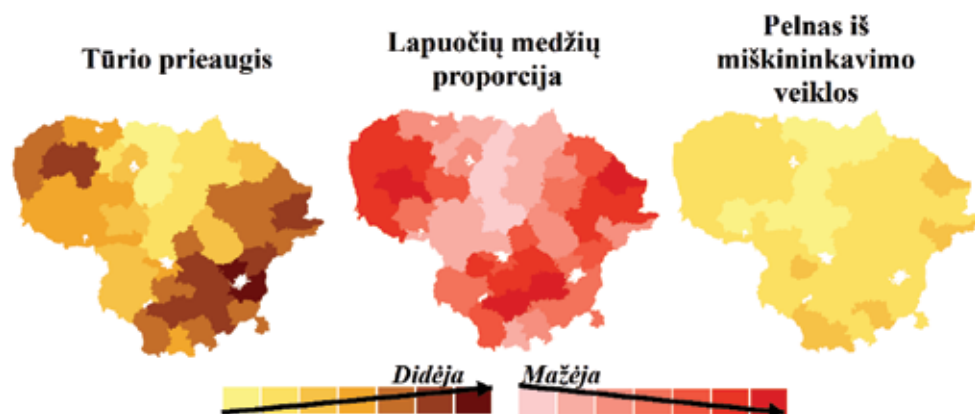
Vytauto Didžiojo universitetas

Lietuvos miškininkavimo doktrina grindžiama klasikine normalaus miško teorija. Normalus miškas – tai idealiai sutvarkytas (utopinis) miškas, tenkinantis griežčiausius metinio tvarumo reikalavimus, t. y. nuolat kasmet tiekiantis vienodą medienos kiekį. Teoriškai vienodas medienos tiekimas gali būti pasiektas tik „normalizavus“ (išlyginus) amžiaus klasių (Lietuvoje medynai grupuojami pagal amžių į 10 metų trukmės amžiaus klases, pavyzdžiui, nuo 1 iki 10 metų – 1 amžiaus klasė ir t. t.) plotus poūkyje (Lietuvoje vyraujančių medžių rūšių poūkia paprastai sudaromi pagal miško grupes) per porą kirtimo apyvartų (apyvarta – vidutinė medynų auginimo trukmė konkrečiam miškininkavimo tikslui pasiekti plynais kirtimais grindžiamame ūkyje). Paprastai kalbant, skirtingų amžiaus klasių plotai tam tikrame ūkio vienetuose turėtų būti vienodi – tokiu būdu kasmet būtų galima gauti tokį patį (nemažėjantį) kiekį medienos iš plotų, pasiekusių medynų brandos amžių. Šiuo metu žmonija reikalauja, kad miško ištekliai ir miško žemė būtų tvariai tvarkomi, siekiant patenkinti dabartinės ir būsimų kartų socialinius, ekonominius, ekologinius, kultūrinius ir dvasinius poreikius, t. y. iš miško ir miškininkavimo tikimasi daugiau nei medienos. Kai kurie klasikinio miškininkavimo apologetai viliasi, kad medienos tiekimo tvarumas iš maksimaliai produktyvių miškų automatiškai turėtų užtikrinti ir kitų miško teikiamų ekosisteminių paslaugų tvarumą. Tačiau tiek praktinė patirtis, tiek empirinių tyrimų rezultatai, tiek paprasčiausias mokslinis smalsumas nuolatos verčia peržiūrėti šias nuostatas.

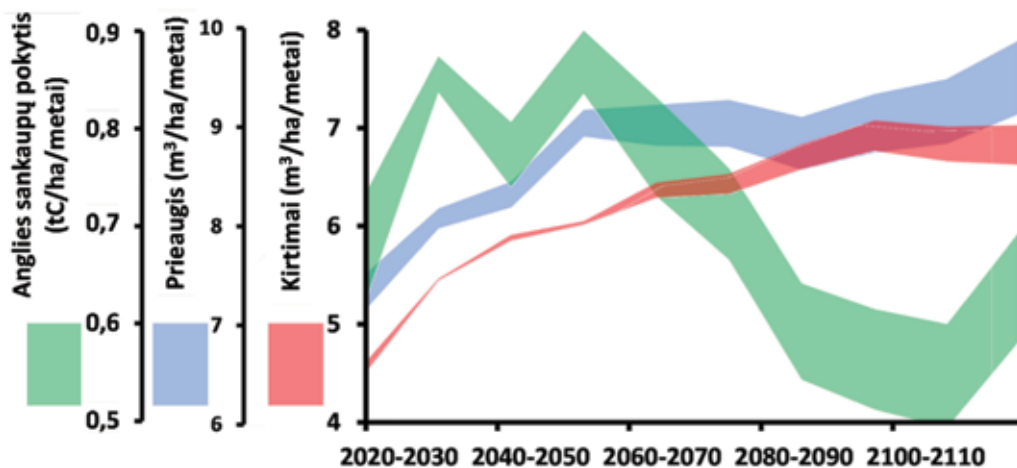
Neabejotina, kad miško ir miškininkavimo vaidmuo žmonijos kovoje su klimato kaita yra esminis dėl medžių ir miškų savybės sugerti CO₂ ir taip mažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį Žemės atmosferoje. Taip pat neabejotina, kad miškininkaudamas žmogus daro ir darys įtaką tiek miško potencialui kaupti anglį, tiek ir veiks procesus kituose sektoriuose, lemiančiuose

šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijas ar absorbavimą. Taigi, keliamas klausimas yra paprastas – ar mūsų siekis užtikrinti tolygų medienos tiekimą veiksmais, išplaukiančiais iš dabartinio miškininkavimo kertinių nuostatų, kartu garantuoja, kad Lietuvos miškai užtikrins nuolatos didėjančias anglies sankaupas ateityje. Čia svarbu paminėti, kad siekiant švelninti klimato kaitą svarbu ne tik užtikrinti jau sukauptų anglies išteklių išlaikymą (t. y. biomasėje fotosintezės procesų metu „užrakintą“ CO₂), bet ir kasmet iš atmosferos paimti dalį CO₂ – anglies sankaupos biomasėje turi vis didėti.

Sumodeliavome visų dabar esančių Lietuvos miškų ir miškininkavimo raidą per ateinantį šimtmetį (1–2 pav.). Tam naudojome miškininkavimo sprendimų priėmimo paramos sistemą „Kupolis“, kuri buvo modernizuota sudarant galimybę modeliavimo metu atsižvelgti į klimato kaitos poveikį. Darėme prielaidą, kad miškininkavimas per ateinantį šimtmetį išlieka toks pat, koks buvo per pastarąjį dešimtmetį, t. y. nekinta nei miškininkavimą lemianti teisinė bazė, nei miško žemės plotas, nei kiti veiksniai, priklausantys nuo Lietuvos valios. Tačiau keičiasi klimatas, o pokyčių dydį lemia žmonijos pastangos šią kaitą sušvelninti. Vertinome keletą klimato kaitos scenarijų – nuo pačių pesimistiškiausių, prognozuojančių vidutinės metinės temperatūros 2100 m. padidėjimą 3,7 °C, lyginant su priešindustriniu laikotarpiu, iki optimistinių, skelbiančių klimato šiltėjimo sustabdymą. Klimato kaitos scenarijai buvo siejami su besikeičiančiu Lietuvos miškų produktyvu, pasauline medienos paklausa ir kainomis. Be kitų miškų ir miškininkavimą apibūdinančių rodiklių, apskaičiavome anglies sankaupų pokyčius trijose kategorijose: biomasėje, nukirsto medžio produktuose ir emisijų išvengimą dėl pakeitimo efekto (susidarancio tiek iškastinį kurą keičiant mediena, tiek medieną naudojant vietoj energijai imlių produktų, tokių kaip plienas, betonas ir pan.).



1 pav. Miškų ir miškininkavimo rezultatų raidos per ateinantį šimtmetį Lietuvos regionuose prognozė. Taikytas labiausiai pesimistinis klimato kaitos švelninimo pastangų scenarijus. Paveiksluose naudojami santykiniai dydžiai, kad būtų galima palyginti skirtingas miško ekosistemines paslaugas nusakančių rodiklių kaitos tendencijas



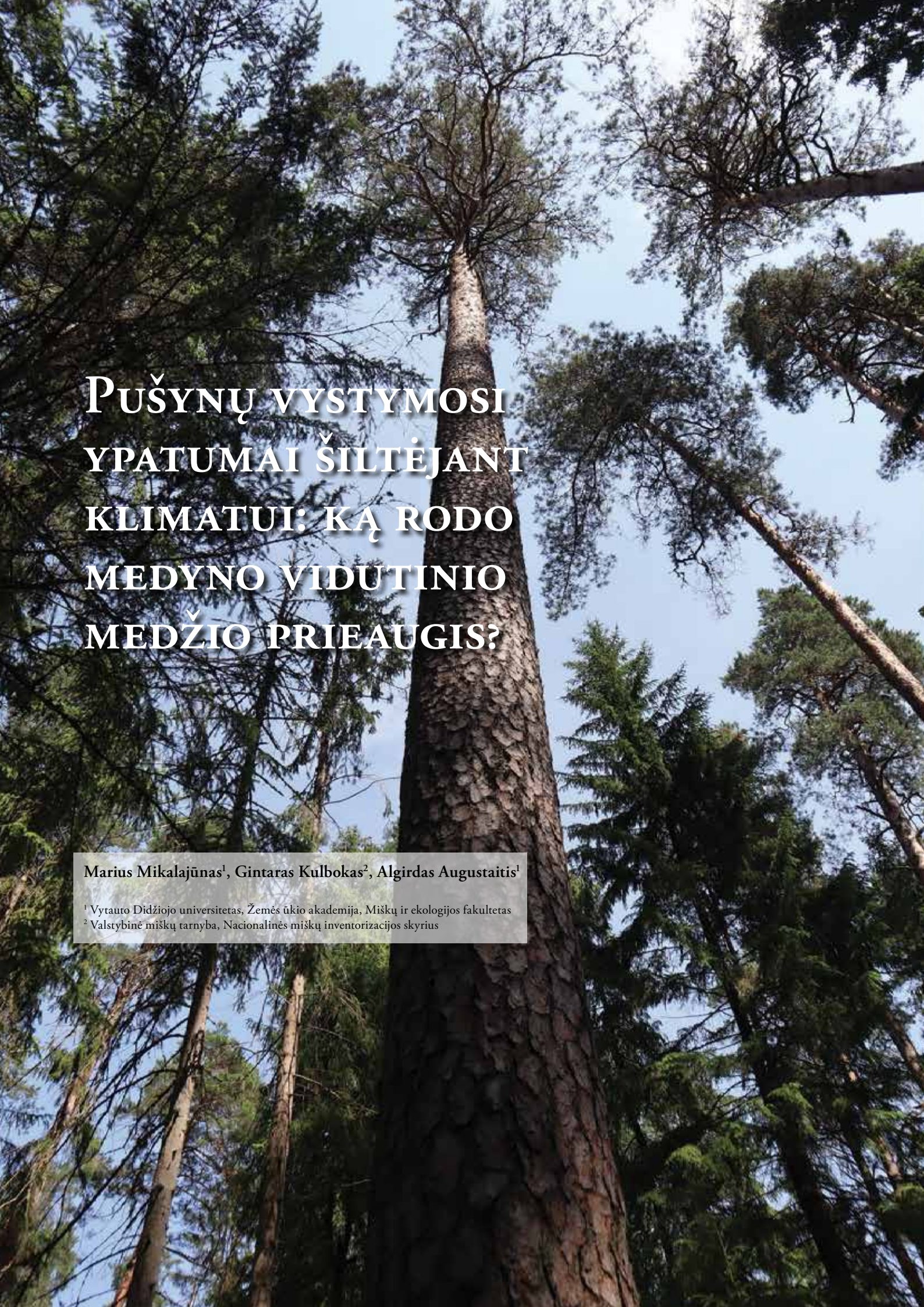
2 pav. Dabartiniai miškininkavimo principai užtikrina didėjančius medienos kiekius iš Lietuvos miškų ir dažniausiai nemažėjančių medynų prieaugį. Beje, didėjantis Lietuvos miškų produktyvumas nemaža dalimi gali būti nulemtas šiltesnio klimato. Lietuvos miškai neturėtų tapti CO₂ emisijų šaltiniu artimiausią šimtmetį, tačiau jau netolimoje ateityje anglies sandėpų pokytis turėtų pradėti sparčiai mažėti. Skirtingas juostų plotis parodo amplitudę, kurioje svyruoja sumodeliuoti rodikliai, esant skirtingiems klimato kaitos scenarijams

Šiuo metu Lietuvoje miškus turime tokius, kokius, gamtos padedami, suformavo kelios kartos. Anglies kaupimo potencialo sumažėjimas gali būti siejamas tam tikra dalimi ir su fundamentinėmis Lietuvos miškininkystės nuostatomis. Šiuo metu turime daug sparčiai senėjančių miškų, kurių produktyvumas, o

kartu ir anglies sandėpų pokyčiai mažėja. Tačiau jų intensyvesnis naudojimas ir pakeitimas nauja, produktyvesne CO₂ absorbavimo prasme miškų karta yra ribojami siekio nuolatos turėti nemažėjančių, bet nebūtinai didžiausią tiekiamos medienos kieki.

Literatūra

Mozgeris, G., Kazanavičiūtė, V., Juknelienė, D. (2021). Does Aiming for Long-Term Non-Decreasing Flow of Timber Secure Carbon Accumulation: A Lithuanian Forestry Case. *Sustainability*, 13, 2778. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.3390/su13052778>.



PUŠYNŲ VYSTYMOŠI YPATUMAI ŠILTĖJANT KLIMATUI: KĄ RODO MEDYNO VIDUTINIO MEDŽIO PRIEAUGIS?

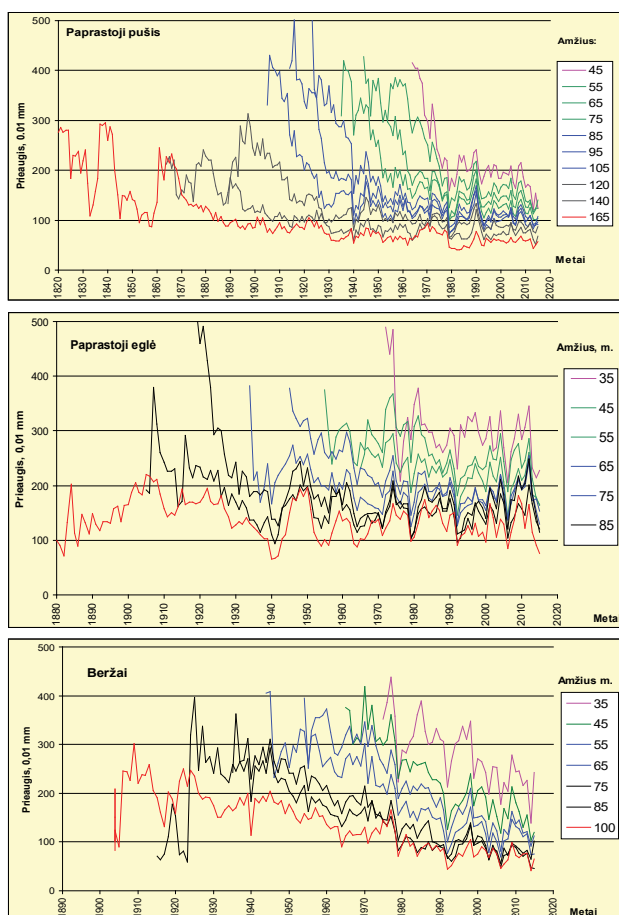
Marius Mikalajūnas¹, Gintaras Kulbokas², Algirdas Augustaitis¹

¹ Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Miškų ir ekologijos fakultetas

² Valstybinė miškų tarnyba, Nacionalinės miškų inventorizacijos skyrius

Klimato kaitos dėl jos žalingo poveikio miško ekosistemoms globaliu mastu tyrimai pastaruoju laikotarpiu įgauna prioritetinę kryptį, todėl atsirado būtinybė patikslinti pagrindinių medžių rūšių medynų vystymosi ypatumus ir nustatyti veiksnius, didinančius jų produktyvumą ir atsparumą nepalankiems aplinkos veiksniams, naujoms artimo gamtai miškininkavimo priemonėms kurti.

Vykdamt nacionalinę miškų inventorizaciją, per 5 metų inventorizacijos ciklą (2013–2017 m.) nustatyta daugiau kaip 5000 įvairių medžių rūšių kamieno skerspločio metinio priaugio (ZG) sekų. Tai įgalino išaiškinti medynų produktyvumo kaitą, atsižvelgiant į vidutinio medžio, reprezentuojančio jo reakcijas į aplinkos kaitą, priaugį Lietuvoje. Pušų priaugiui tirti panaudota virš 2000 eglėlių – apie 1500 ir beržų – virš 700 medžių radialaus priaugio sekų.

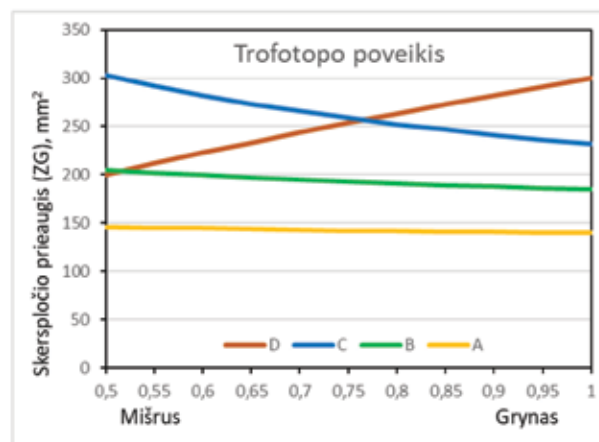
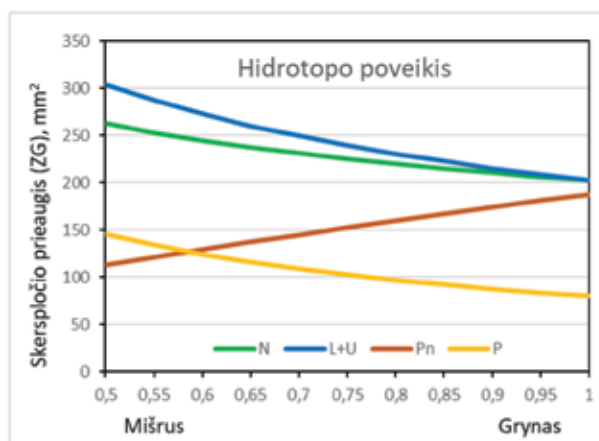


1 pav. Tirtų rūšių kamienų radialusis priaugis

Priaugio kaitos ypatumai tirti atsižvelgus į miško augavietės (MA) derlingumą ir drėgnumą. Lietuvoje pušynai vyrauja normalaus drėgnumo (N) nederlinguose oligotrofiniuose (b) dirvožemiuose, tačiau laikinai užmirkusiuose derlinguose mesoeutrofiniuose glėjiškuose dirvožemiuose jų produktyvumas yra didžiausias (Lc miško augavietė). Prasčiausiu priaugiu pasižymi

pušys, augančios labai nederlinguose oligotrofiniuose, aukštapelkių durpiniuose dirvožemiuose (Pa). Prieaugis šiuose dirvožemiuose ypač ribojamas dirvožemio vandens pertekliaus ir naudingų mineralų trūkumo. Sumažėjusiu priaugiu dėl drėgmės trūkumo pasižymėjo pušys, augančios ir labai derlinguose eutrofiniuose, bet nusaustintų pelkių (Pnd) dirvožemiuose.

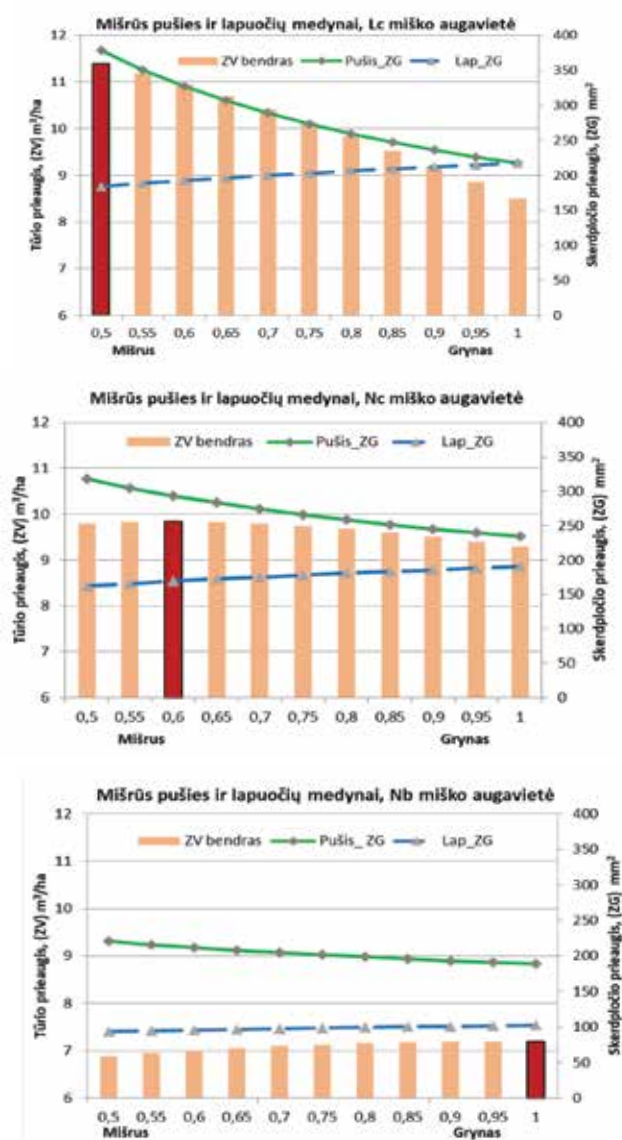
Šiltėjančio klimato teigiamas poveikis pušims augti gerai atsispindi pušų priaugio sekose (1 pav.). Tik MA drėgnumui didėjant temperatūrų teigiamas poveikis mažėjo, mažiausią reikšmingumą pasiekdamas pelkinėse nusaustintose MA. Kritulių poveikis vegetacijos laikotarpiu buvo mažiau reikšmingas pušims augti. Jų teigiamas poveikis nustatytas normalaus ir laikinai perteklinio drėgnumo dirvožemiuose, o nusaustintų pelkių dirvožemiuose išryškėjo jų neigiamas poveikis pušims augti. Eglėms augti kylantis kritulių kiekis turėjo didesnę teigiamą įtaką nei temperatūra. Didesnis kritulių kiekis turėjo taip pat teigiamą įtaką lapuočių priaugiui didėti, tačiau, skirtingai negu spygliuočiams, temperatūros poveikis, ypač vegetacijos viduryje, buvo neigiamas, o tai rodo, kad šiltėjantis klimatas nėra palankus beržams augti.



2 pav. Pušų kamienų skerspločio priaugis mišrioje skirtingo drėgnumo (hidrotopas) ir derlingumo (trofotopas) miško augavietėse, priklausomai nuo lapuočių kiekio pušynuose

Medynų mišrumo analizė parodė, kad eglės nedaro jokio poveikio pušų prieaugiui, o lapuočiai, augdami kartu su pušimis, tiesiogiai didina pastarųjų prieaugį, išskyrus tik nebūdingas pušims augti P_n d MA, kurias tyrime reprezentuoja tik keliolika medynų. Eglėms, augančioms joms būdingiausioje Lc MA, toks lapuočių teigiamas poveikis nenustatytas, o beržams – atvirkščiai, spygliuočių dalis medyne tik mažina lapuočių (beržų, baltalksnių ir drebulių) kamienų prieaugį, todėl didžiausios jo reikšmės nustatytos grynuose beržynuose.

Lapuočių medžių teigiamas poveikis pušims augti mišriuose medynuose nepriklausė nuo medyno amžiaus. Jų reikšmingiausias poveikis pasireiškė MA su skirtingu drėgmės režimu. Padidinus lapuočių dalį pušyne 10 %, pušų prieaugis padidėtų ~9,0 % pelkinėse MA, šiek tiek mažiau – laikinai užmirkusiose ir mažiausiai, tik 4,6 %, – normalaus drėgnumo MA.



3 pav. Lapuočių poveikis pušų prieaugiui skirtingose miško augavietėse

Lapuočių medžių teigiamas poveikis pušynuose, augančiuose skirtingo derlingumo dirvožemiuose, buvo mažiau reikšmingas.

Lapuočių medžių santykio padidėjimas 10 % pušyne didintų pušų prieaugį 4,8 % derlinguose mezoeutrofiniuose dirvožemiuose, kiek mažiau – nederlinguose oligotrofiniuose ir tik 1 % – labai skurdžiuose oligotrofiniuose dirvožemiuose. Amžius neturėjo reikšmingo poveikio santykiams tarp pušų prieaugio ir lapuočių medžių dalies pušyne.

Reikšmingiausias lapuočių dalies poveikis pušų prieaugiui nustatytas derlinguose mezoeutrofiniuose pelkiniuose dirvožemiuose (Lc) (2 pav.). Šioje MA didžiausiu metiniu tūrio prieaugiu (ZV) pasižymėtų mišrus pušynas, kurį iki 50 % sudarytų lapuočiai – 11,4 m³/ha. Kiek silpnesnis teigiamas poveikis buvo būdingas pušims, augančioms derlingose normalaus drėgnumo (Nc) MA. Čia didžiausias produktyvumas būtų pasiektas, kai lapuočiai pušyne sudarytų 40 % – 9,8 m³/ha. Silpniausias poveikis nustatytas nederlinguose oligotrofiniuose normalaus drėgnumo dirvožemiuose (Nb). Šioje augavietėje didžiausias produktyvumas pasiekiamas, kai lapuočių dalis neviršija 10 % – 7,2 m³/ha. Neigiamas lapuočių poveikis pušų prieaugiui nustatytas tik netipiškuose P_n d dirvožemiuose.

Išvados. Medyno vidutinio medžio kamieno skerspločio prieaugio (ZG) duomenys leido identifikuoti medynų prieaugio retrospektyvinę kaitą ir nustatyti medynų augimo intensyvumą bei atlikti su tuo susijusių priežasčių paiešką.

Medynų formavimosi dėsnų identifikavimas, remiantis vidutinio medyje medžio prieaugio ypatumais, ypač svarbus patikslinant nacionalinę šiltnamio efektą sukeliančių dujų apskaitą ir pagrindžiant konkrečius miškų referencinius atskaitos lygmenis, su kuriais siejami šalies tarptautiniai įsipareigojimai kovoje su klimato kaita.

NAUJAS POŽIŪRIS Į MEDŽIŲ IR MEDYNŲ NAŠUMO MODELIUS

Edmundas Petrauskas, Petras Rupšys

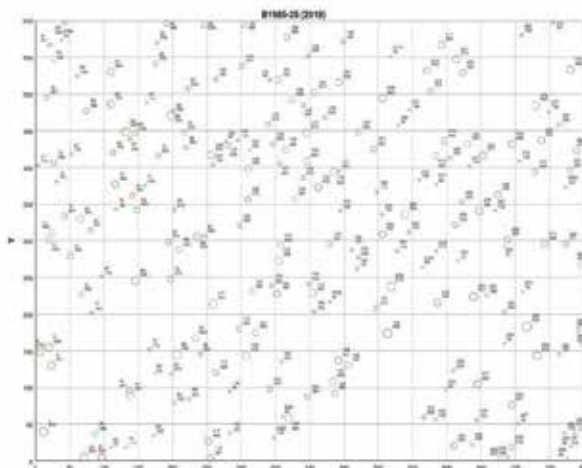
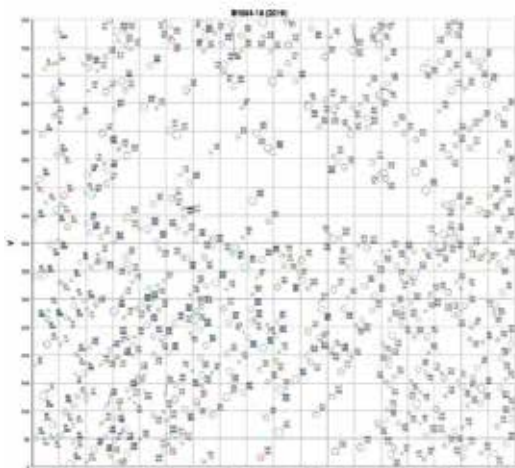
Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija,
Miškų ir ekologijos fakultetas



1984 metais Kazlų Rūdos miškuose LŽŪA MŪF Miškotvarkos katedros Kazlų Rūdos filialo (dabartinė Vytauto Didžiojo universiteto Miško mokslų katedra) darbuotojai įsteigė kartografuotų miško tyrimo barelių tinklą mišrių pušų ir eglių medynams tirti. Iš viso buvo įsteigti 54 pastovūs tyrimo bareliai. Surinkta medžiaga būtų panaudota mišrių pušų ir eglių medynų našumo tyrimams. Medžiai plane pažymimi pagal realią jų lokacijos vietą ± 1 dm tikslumu, vieno iš keturių barelio kampų atžvilgiu, kiekvienam iš jų suteikiamos vietinės koordinatės. Mišrūs medynai kartais geriau atlieka visas miško funkcijas, lyginant su grynais medynais. Mišrių medynų produktyvumas ir medžių tarprūšiniai santykiai juose yra nulemti daugybės augimą sąlygojančių veiksnių, kurie keičiasi tiek erdvės, tiek laiko atžvilgiu.

Modeliai yra vertingas įrankis suprasti ir prognozuoti, kaip šių veiksnių sąveika paveiks mišrių miškų augimą ir jų funkcionalumą. Šiuo metu vykdomi empiriniai darbai patvirtina, kad medžių rūšių mišrinimas medyne turi poveikį medžių aplinkai medyno viduje:

geresnis šviesos, dirvožemio išnaudojimas, spartesnė humuso sluoksnio formavimosi eiga, didesnis atsparumas vėjui, ligoms ir kenkėjams, pakitusi stiebų ir lajos forma, šakų storis. Medžio ar atskirų jo dalių lygio fiziologinių procesų dėsningumai erdvės ir laiko skalėse ypač aiškiai parodo pakitusį šviesos ir neorganinių medžiagų apsirūpinimo lygį mišriame medyne. Tokie modeliai yra gana tikslūs atliekant trumpalaikes prognozes, tačiau medyno lygio modeliai, būdami ne tokie tikslūs ir detalūs trumpalaikių medyne vykstančių augimo procesų aprašyme, gana tiksliai aprašo ilgalaikius procesus. Šiame darbe buvo panaudoti medyno lygio modeliai ilgalaikėms našumo ir augimo eigos prognozėms. Dauguma tiek medžio, tiek medyno lygio tyrimų akcentuoja, kad rūšių mišrinimas medyne yra efektyvus medynų augimui, bendram jo našumui, atsparumui, stabilumui, produktyvumui, tačiau šis poveikis vis dar nepakankamai atspindėtas esamuose tiek medyno, tiek medžio augimo modeliuose.

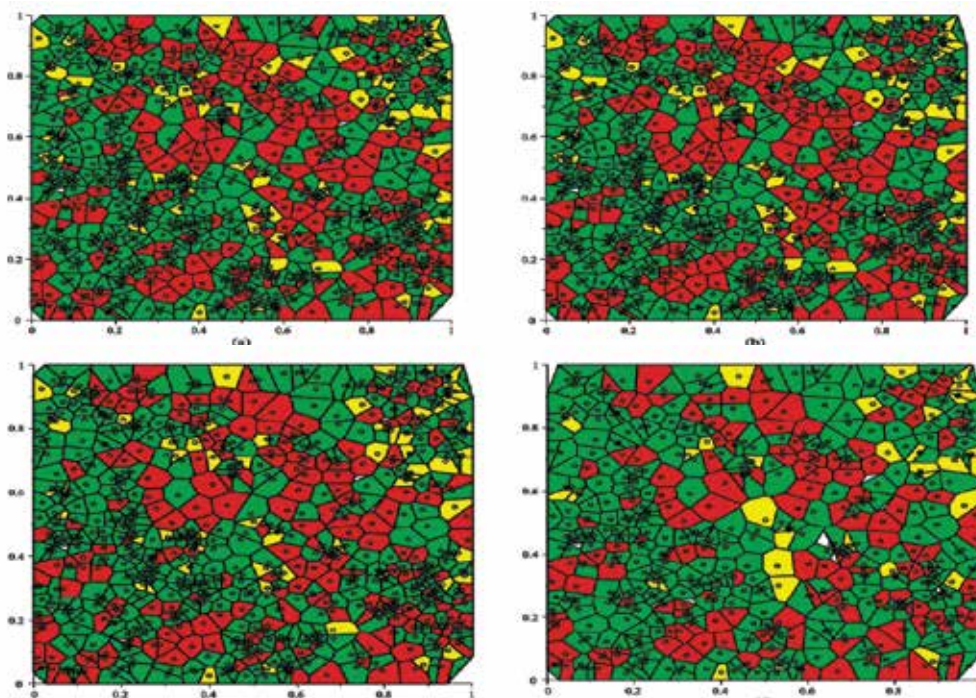


1 pav. Pušų ir eglių mišrių medynų vyraujančios medžių rūšies amžius – 167 metai kairėje ir 94 metai dešinėje

Medynai sudaryti iš tūkstančių skirtingo amžiaus ir rūšies medžių, sąveikaujančių daugybe būdų. Nepaisant šio sudėtingo tarpusavio ryšio, šiuos tinklus įprasta aprašyti naudojant tiesinio ir netiesinio tipo regresinius tinklus. Dėl skirtingų medžio ir medynų dydžio komponentių (medžio aukštis, skersmuo, tūris, lajos plotis, skerspjūvio plotas bei jų prieaugiai ir t. t.; medyno tūris 1 ha, tankumas 1 ha, jų prieaugiai ir t. t.) struktūros savybių ir elgsenos skirtingoms dydžio komponentėms aprašyti (modeliuoti) paprastai naudojama daug skirtingų matematinių formų ir galiausiai tam tikrų statistinių indeksų pagalba išrenkama tinkamiausia. Kadangi regresijos modeliai modeliuojamos dydžio komponentės liekiamąją variaciją visoje dydžio kitimo srityje formalizuoja normaliuoju skirstiniu su nuliniu vidurkiu ir pastovia dispersija, šiuos modelius tikslinga vadinti normaliąja regresija. Norėdami atspindėti didesnio kiekio medynų vystymąsi, Lietuvos miškų ekspertai į modelius papildomai įtraukia kitas dydžio komponentes arba indeksus, nusakančius atitinkamas medžio arba medyno savybes. JAV ir Kanados miško statistikai, formuluodami medžių ir medynų vystymąsi, jau nuo XX a. 9-ojo dešimtmečio regresiniuose modeliuose liekanos variaciją papildė variacija tarp skirtingų sklypų (individue). Šiai variacijai nusakyti naudojami atsitiktiniai efektai sklypams (individsams), turintys atsitiktinio dydžio prasmę, kuris taip pat turi normalųjį skirstinį su nuliniu vidurkiu ir pastovia dispersija. Šie regresiniai modeliai vadinami mišriųjų efektų modeliais, nes juos sudaro fiksuoti efektai

(parametrai) – tam tikros nežinomos skaitinės reikšmės ir atsitiktiniai efektai – normaliai pasiskirstę atsitiktiniai dydžiai su nuliniu vidurkiu ir pastovia visiems sklypams (individsams) dispersija. Praktiškai taikant antro tipo modeliai yra ženkliai pranašesni, nes jų parametru įvertinimui nereikia eksperimentinėje studijoje atlikti papildomų medžio dydžio komponentių arba sklypo tam tikrų indeksų bei dydžio komponentių matavimų. Pagrindinius šių modelių trūkumus galime glaustai nusakyti taip: 1) atskirai medžio arba sklypo dydžio komponentei apibrėžti tenka analizuoti daug alternatyvių priklausomybių, 2) naudojamos priklausomybės neapima skirtingų dydžio komponentių kovariacijų, 3) priklausomybės yra statinės – neatspindima modeliuojamo dydžio komponentės dinamika amžiaus bėgyje, 4) fiksuotųjų efektų parametru fizinė reikšmė dažniausiai nėra žinoma.

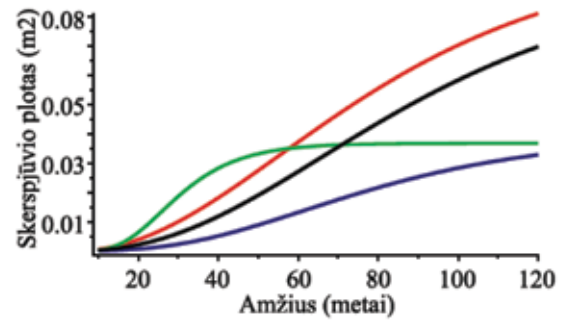
Paminėti regresinių modelių trūkumai bei stochastiškumas ir daugiamatė medžių bei medynų dydžio komponentų struktūra yra svarbūs stimulai ieškoti naujų matematinių modeliavimo būdų, kurie bent iš dalies atsilieptų į naudojamų regresinių modelių trūkumus. Pirmiausia iš praktinės pusės medžių ir medynų augimo modeliai privalo būti dinamiški (priklausantys nuo amžiaus). Medžių skaičiaus medyje kitimą amžiaus bėgyje tikslinga sieti su atitinkama matematine procedūra, vaizduojančia Voronojaus diagramų dinamiką. Voronojaus diagrama matematiškai išreiškia kiekvieno medžio užimamą plotą (žr. 2 pav.).



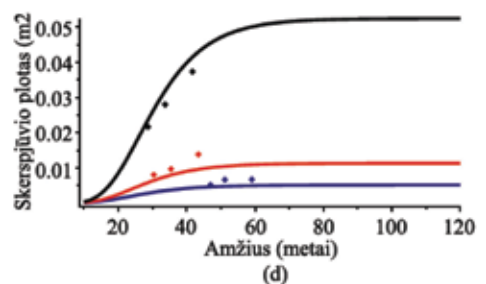
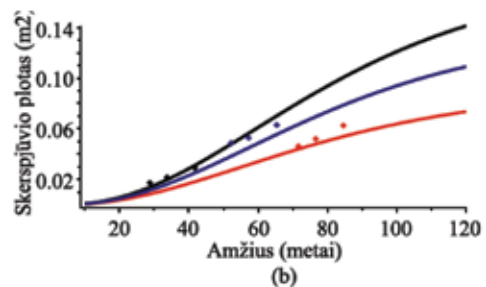
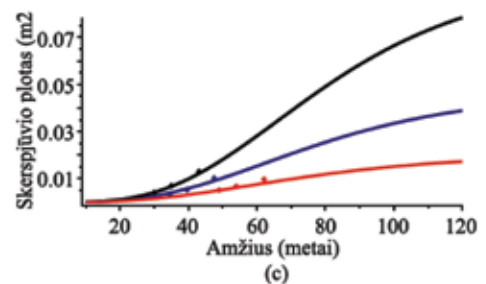
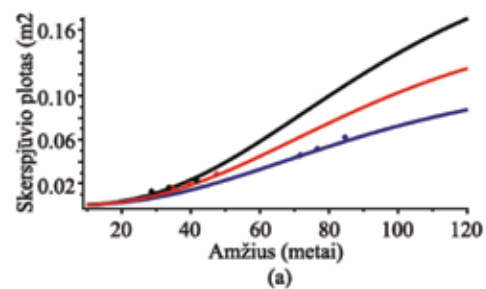
2 pav. Voronojaus diagrama keturiems sklypo matavimų ciklams: a) 1983 m. matavimas (amžiaus vidurkis – 43,70 metų); b) 1988 m. matavimas (amžiaus vidurkis – 48,72 metų); c) 1996 m. matavimas (amžiaus vidurkis – 57,13 metų); d) 2019 m. matavimas (amžiaus vidurkis – 83,12 metų); raudona – pušų medžiai, žalia – eglių medžiai, geltona – beržų medžiai, balta – kita rūšis; apskritimas (juodas taškas) – medžio pozicija

Mūsų siūlomas medžių ir medynų našumo modelių traktavimas glaustai gali būti apibūdinamas taip, kad atsitiktinio dydžio sąvoka modeliuojamo dydžio komponentei keičiama į atsitiktinio proceso sąvoką modeliuojamo dydžio komponentei. Jeigu norime susieti atskirą modeliuojamo dydžio komponentę su kitomis dydžio komponentėmis, privalome analizuoti daugiamačių stochastinį procesą. Galiausiai modeliuojamo dydžio pasikeitimus amžiaus bėgyje aprašome atitinkama stochastine lygtimi, kurios sprendinys kiekvienam fiksuotam amžiui yra pasiskirstęs pagal atitinkamą tikimybių tankio funkciją, kuri turi konkretų išreikštinį pavidalą arba neturi tikslaus pavidalo. Deterministinis procesas (regresinis modelis) kiekvienai fiksuotai pradinei būsenai nusako tą pačią trajektoriją, o stochastinės diferencialinės lygties modelis kiekvienai fiksuotai pradinei būsenai realizuoja skirtingas trajektorijas. Biologijoje, taip pat ir miškovtyroje sutinkamiems augimo modeliams aprašyti dažniausiai naudojami Malthuso, Verhulsto, Gompertco ir Bertalanffio tipo procesai nusakomi paprastosiomis diferencialinėmis lygtimis. Verhulsto, Gompertco ir Bertalanffio tipo procesai turi sigmoidinę (S tipo) kreivę ir praktikoje dažniau taikomi. Minėtų procesų parametrų fizinė reikšmė yra žinoma. Minėtiems determinuotiems procesams galime sudaryti atitinkamas stochastines diferencialines lygtis su mišriaisiais parametrais (fiksuotas efektas plus atsitiktinis efektas). Be to, stochastinė diferencialinė lygtis turi papildomą triukšmo (atsitiktinumo) parametą σ , kuris parodo modeliuojamos dydžio komponentės variacijos mastą. Vienmačiu atveju užrašome Mathuso, Verhulsto, Gompertco arba Bertalanffio tipo stochastinę diferencialinę lygtį, pavyzdžiui, skersmeniui krūtinės mate (toliau tekste – skersmuo) [1–5], apskaičiuojame parametrų taškinis įverčius maksimalaus tikėtino metodo. Tada galime atlikti visapusišką skersmens analizę: apskaičiuoti vidutinę, medianos, modos arba kvantilio trajektoriją bei jų prieaugius, apskaičiuoti įvairių skersmens intervalų procentines išraiškas. Analogiškai galime analizuoti kitus medžių ir medynų atributus, susijusius su medžių skersmeniu, pasitelkdami integravimo ir diferencijavimo operacijas, panaudodami tuos pačius anksčiau aptartus parametrų įverčius. 3–6 paveiksluose pateikti grafikai nusako medžio skerspjuvio ploto įvairias savybes, panaudojant Kazlų Rūdoje matuotus barelius.

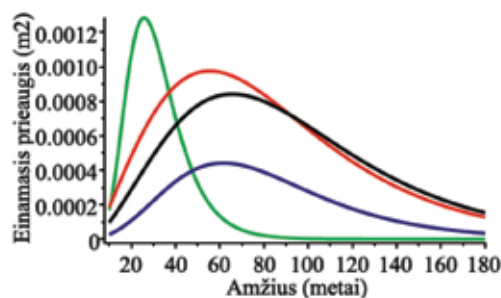
Modeliuojant medžių tūrį tenka įvertinti dvimačių stochastinį procesą [6–9], medynų tūrį – trimatį stochastinį procesą [10–13] ir aukštesnių matavimų stochastinius procesus [14–16].



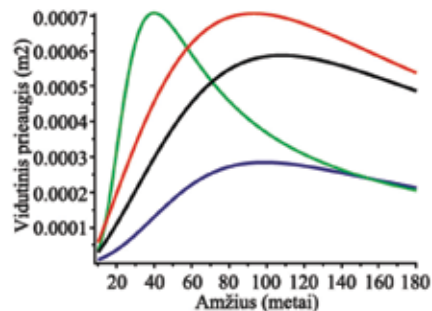
3 pav. Medžių vidutinio skerspjuvio ploto dinamika (fiksuoti efektai): juoda – visiems medžiams; raudona – pušų medžiams; mėlyna – eglių medžiams; žalia – beržų medžiams



4 pav. Trijų medynų medžių vidutinio skerspjuvio ploto dinamika (mišrieji efektai): a) – visi medžiai; b) – pušų medžiai; c) – eglių medžiai; d) – beržų medžiai; juoda – pirmas medynas; raudona – antras medynas; mėlyna – trečias medynas; apskritimas – matavimai



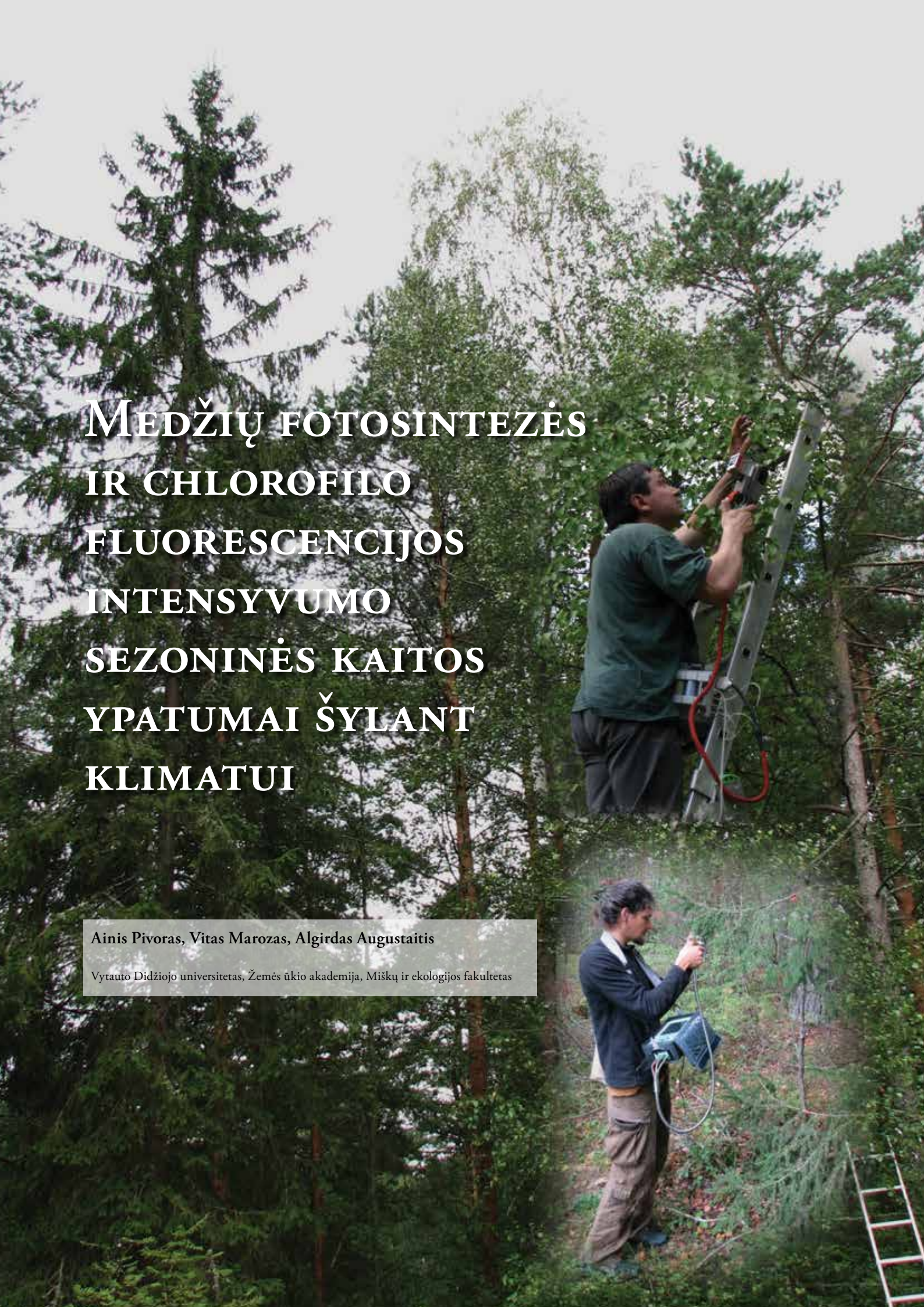
5 pav. Medžių skerspjūvio ploto einamojo prieaugio dinamika (fiksuoti efektai): juoda – visiems medžiams, raudona – pušų medžiams, mėlyna – eglių medžiams, žalia – beržų medžiams



6 pav. Medžių skerspjūvio ploto vidutinio metinio prieaugio dinamika (fiksuoti efektai): juoda – visiems medžiams; raudona – pušies medžiams; mėlyna – eglės medžiams; žalia – beržo medžiams

Literatūra

- Rupšys, Petras, Petrauskas, Edmundas, Mažeika, Juozapas Algirdas, Deltuvas, Romualdas. (2007). The Gompertz Type Stochastic Growth Law and a Tree Diameter Distribution. *Baltic Forestry*, 13(2), 197–206.
- Rupšys, Petras. (2007). The relationships between the diameter growth and distribution laws, WSEAS. *Transactions on Biology and Biomedicine*, 4(11), 15–21.
- Rupšys, Petras, Petrauskas, Edmundas. (2010). The Bivariate Gompertz Diffusion Model for Tree Diameter and Height Distribution. *Forest Science*, 56(3), 271–280.
- Rupšys, Petras, Petrauskas, Edmundas. (2010). Quantifying tree diameter distributions with one-dimensional diffusion processes. *Journal of Biological Systems*, 18, iss. 1, 205–221.
- Petrauskas, Edmundas, Rupšys, Petras, Memgaudas, Romas. (2011). Q-exponential Variable-form of a Stem Taper and Volume Model for Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) in Lithuania. *Baltic Forestry*, 17(1), 118–127.
- Rupšys, Petras, Petrauskas, Edmundas. (2012). Analysis of height curves by stochastic differential equations. *International Journal of Biomathematics*, 5(5), 1–15.
- Rupšys, Petras, Petrauskas, Edmundas. (2017). A new paradigm in modelling the evolution of a stand via the distribution of tree sizes. *Scientific reports*, 7, 1–13, article 15875.
- Rupšys, Petras. (2018). *Univariate and bivariate diffusion models: computational aspects and applications to forestry*. Stochastic Differential Equations: Basics and Applications. Tony G. Deangelo (Editor). New York: Nova Science Publisher's, 1–77.
- Rupšys, Petras. (2016). New Insights into Tree Height Distribution Based on Mixed Effects Univariate Diffusion Processes. *PLoS One*, 11, iss. 12, e0168507, 1–25.
- Rupšys, P. (2015). Stochastic Mixed-Effects Parameters Bertalanffy Process, with Applications to Tree Crown Width Modeling. *Math. Probl. Eng.*, 375270.
- Rupšys, Petras. (2019). Understanding the evolution of tree size diversity within the multivariate nonsymmetrical diffusion process and information measures. *Mathematics*, 7, iss. 8, art. no. 761, 1–22.
- Rupšys, Petras. (2019). Modeling dynamics of structural components of forest stands based on trivariate stochastic differential equation. *Forests*, 10, iss. 6, art. no. 506, 1–24.
- Rupšys, P., Narmontas, M., Petrauskas, E. (2020). A Multivariate Hybrid Stochastic Differential Equation Model for Whole-Stand Dynamics. *Mathematics*, 8, 2230.
- Rupšys, P. (2015). The use of copulas to practical estimation of multivariate stochastic differential equation mixed effects models. *AIP Conf. Proc.*, 1684, 80011.
- Rupšys, Petras, Petrauskas, Edmundas. (2017). A Linkage among Tree Diameter, Height, Crown Base Height, and Crown Width 4-Variate Distribution and Their Growth Models: A 4-Variate Diffusion Process Approach. *Forests*, 8, iss. 12, 1666–1695.
- Rupšys, P., Petrauskas, E. (2021). Symmetric and Asymmetric Diffusions through Age-Varying Mixed-Species Stand Parameters. *Symmetry*, 13, 1457.



MEDŽIŲ FOTOSINTEZĖS IR CHLOROFILO FLUORESCENCIJOS INTENSYVUMO SEZONINĖS KAITOS YPATUMAI ŠYLANT KLIMATUI

Ainis Pivoras, Vitas Marozas, Algirdas Augustaitis

Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Miškų ir ekologijos fakultetas

Medžių prieaugis priklauso nuo fiziologinių procesų: fotosintezės, kvėpavimo, transpiracijos, šaknų mitybos ir kt. Augalų fiziologinius procesus lemia kompleksas aplinkos veiksnių, tokių kaip šviesos, temperatūros, atmosferos drėgmės, dirvožemio vandens kiekio, taršos ir kt. kaita. Natūralioje aplinkoje veiksniai būna labai skirtingi ir greitai keičiasi. Jie gali tapti medžiams nepalankūs ir sukelti stresą. Dėl aplinkos veiksnių neigiamo poveikio sutrinka augalo fiziologinės funkcijos, todėl labai svarbu kuo greičiau ankstyvosiose stadijose identifikuoti streso poveikį, kuris dar nedaro didelės įtakos medžio produktyvumui. Gilinantis į šiuos procesus aktualūs tampa medžių fotosintezės ir chlorofilo fluorescencijos intensyvumo sezoninės kaitos tyrimai.

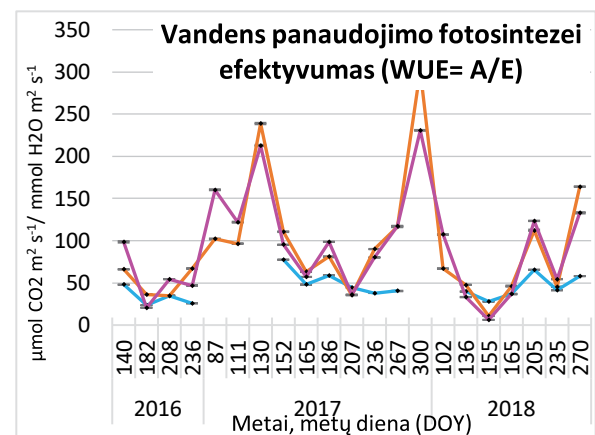
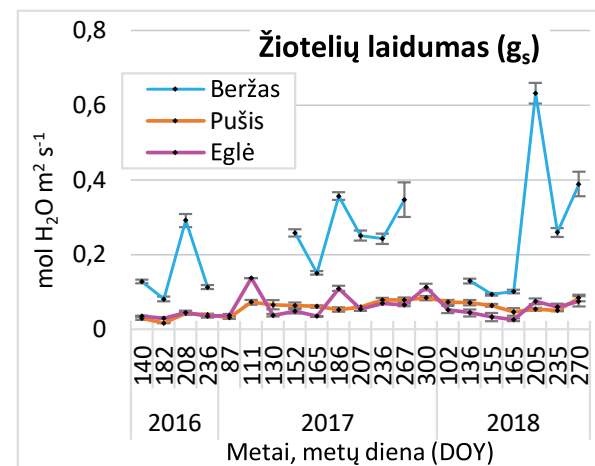
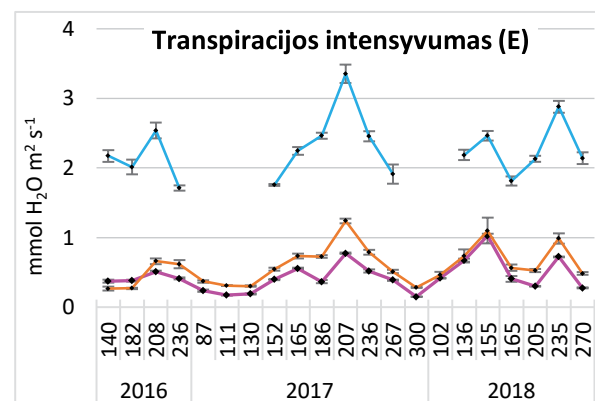
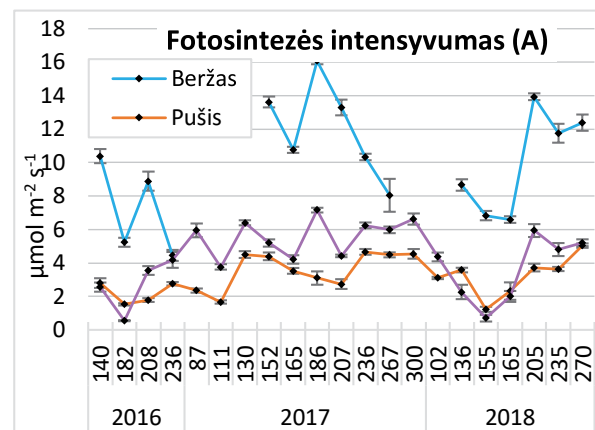
Nepalankūs aplinkos veiksniai susilpnina fotosintezę, nes keičiasi membranų laidumas, slopinamas deguonies susidarymas ir elektronų transportas per II fotosistemą, keičiasi fosforilimas ir fermentų veikla. Nepalankūs veiksniai pakeičia chlorofilo fluorescenciją, o tai parodo, kad sutrinkdomos fotosintezės sistemos. Chlorofilo fluorescencija įvyksta, kai jis savaime išspinduliuoja šviesą (savaime ima švytėti). Chloroplastų fluorescencija yra susijusi su pirminėmis fotosintezės reakcijomis ir greitai nusako fotosintezės pokyčius. Šie sutrikdymai įvyksta greitai ir jų nustatymas gali būti panaudotas ankstyvajai streso diagnostikai.



1 pav. Prietaisai fotosintezei ir chlorofilo fluorescencijai matuoti

Aukštaitijos kompleksiško monitoringo stotyje buvo tirtos pagrindinių rūšių medžių fotosintezės (A) ir chlorofilo fluorescencijos (B) intensyvumo pokyčiai.

Nustatyta, kad vegetacijos sezono metu beržo fotosintezės intensyvumas buvo didžiausias (apie $10 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Paprastosios eglės ir pušies fotosintezės intensyvumas buvo mažesnis ($1\text{--}4 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Visų tirtų medžių rūšių fotosintezės intensyvumas sumažėjo vidutinės sausros metu, tuomet eglės fotosintezės intensyvumas buvo mažiausias. Drėgnu periodu eglės fotosintezės intensyvumas buvo didesnis nei pušies (2 pav.). Tirtų medžių fotosintezės intensyvumas labiausiai reagavo į oro temperatūros, drėgmės pokyčius, mažai jautrus buvo dirvožemio drėgmei ir temperatūrai. Didžiausiu jautrumu aplinkos pokyčiams pasižymėjo paprastosios eglės.



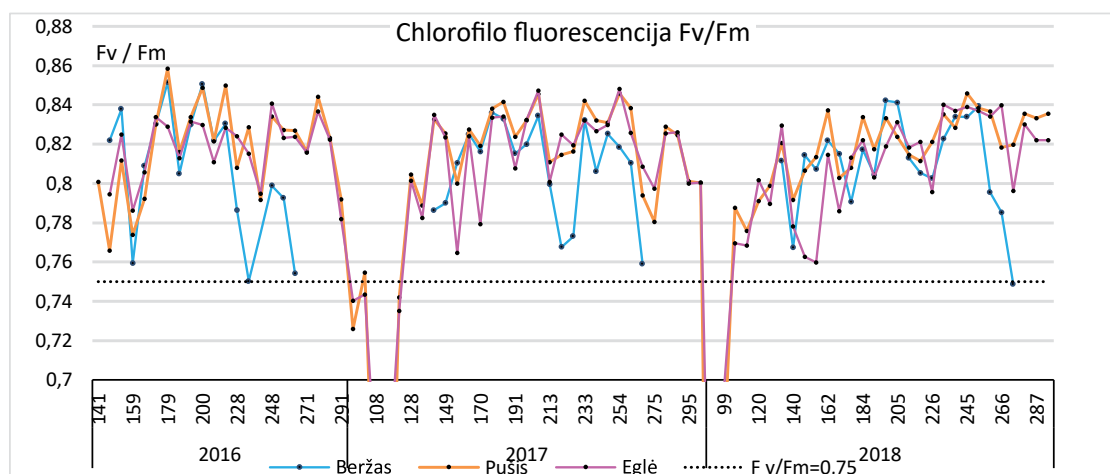
2 pav. Tirtų medžių ekofiziologinės reakcijos 2016–2018 metų vegetacijos sezono laikotarpiu

Beržų žiotelių laidumas buvo didžiausias ir ženkliai kito vegetacijos sezonų eigoje, t. y. didžiausios vertės registruotos dienomis, po gausių kritulių, esant aukštai oro ir dirvos drėgmei ir sąlyginai žemesnei oro temperatūrai bei saulės radiacijai.

Vandens panaudojimo fotosintezės efektyvumas (WUE) vegetacijos sezonų eigoje spygliuočių kito ženkliai platesnėje amplitudėje negu beržų. Maksimalios WUE vertės registruotos vegetacijos sezono pradžioje ir pabaigoje, fotosintezės tebevykstant intensyviai, tačiau esant žemai transpiracijai. Vegetacijos sezono viduryje, aukštesnės WUE vertės stebėtos esant išskirtinai aukštam fotosintezės intensyvumui, bet mažesnei transpiracijai, po gausių kritulių esant aukštai oro ir dirvos drėgmei ir sąlyginai žemesnei oro temperatūrai bei saulės radiacijai.

Tirtus fiziologinius procesus reikšmingai skatino aukštesnė oro ir dirvos drėgmė, didesnis kritulių kiekis ir auganti hidroterminio koeficiento vertė, indikuojanti sausringumo mažėjimą. Minėtus procesus slopino auganti aplinkos temperatūra ir saulės aktyvumas. Išsiskyrė dirvožemio temperatūros poveikis žiotelių laidumui. Kylanti dirvos temperatūra beržų žiotelių laidumą didino, o spygliuočių mažino. Didėjant sulčių tėkmei, spygliuočių fotosintezės intensyvumas, žiotelių laidumas ir vandens panaudojimo efektyvumas – mažėjo.

Augalų stresą gerai indikuoja ir fluorescencijos indeksas (FI). Sveikų individų šis indeksas būna 0,80–0,84, o jo reikšmė, mažesnė nei 0,75, parodo augalo stresą. Tyrimų metu visų medžių chlorofilo FI buvo gana aukštas (0,764–0,834) (3 pav.). Spygliuočių didesnį FI sąlygojo didesnė drėgmė ir žemesnė oro temperatūra bei saulės spinduliuotė, o beržų – tik didesnė drėgmė.



3 pav. Tirtų medžių rūšių spyglių / lapų chlorofilo fluorescencijos kaita

Chlorofilo fluorescencijos tyrimai parodė, kad viso vegetacijos sezono metu tiriami spygliuočiai nesusidūrė su didžiulės sausros stresinėmis sąlygomis, o beržai vegetacijos pabaigoje, kai buvo registruojamos karščio bangos, ypač 2018 m., patyrė stresą. Šie procesai gerai atsispindėjo tirtų medžių rūšių kamieno metinės rievės sezoninio formavimosi eigoje, jų transpiracijos intensyvumo ir vandens naudojimo efektyvumo rezultatuose.

Išvados. Esant sąlyginai sausam, karštam, saulėtui orui, medžiai patiria švelnų stresą, II fotosistemos ir kartu visos fotosintezės efektyvumas mažėja, o

transpiracija, siekiant apsaugoti nuo perkaitimo ir oksidacinio streso, auga. Jautriausiai į aplinkos sąlygas reagavo paprastosios eglės, o silpniausiai – karpuotieji beržai. Vegetacijos pabaigoje karščio bangos sukėlė beržų lapuose chlorofilo degradaciją, kuri tiesiogiai mažino lapų gyvavimo trukmę ir metinį medžio prieaugį.

Medžių fotosintezės ir chlorofilo fluorescencijos tyrimai atskleidė patikimus šių parametrų ryšius su nepalankiais aplinkos veiksniais, todėl jų tęsimas įgalintų ateityje vertinti šių pagrindinių ekofiziologinių procesų poveikį pagrindinių medžių rūšių būklei ir prieaugiui.

A photograph of a forest scene. A thick, moss-covered branch hangs horizontally across the upper half of the frame. Sunlight filters through the trees in the background, creating a bright, hazy glow behind the moss. The moss is a vibrant green, and the background shows dark tree trunks and some foliage.

KERTINIŲ MIŠKO BUVEINIŲ INICIATYVOS INDĖLIS

A photograph of a forest scene. A large, textured tree trunk is the central focus. In the foreground, several large, brown, fan-shaped mushrooms with prominent gills are growing on a log or the base of the tree. The background is a soft-focus view of a forest with trees and foliage.

Į BIOLOGINĖS ĮVAIROVĖS IŠSAUGOJIMĄ

Indrė Ruškytė

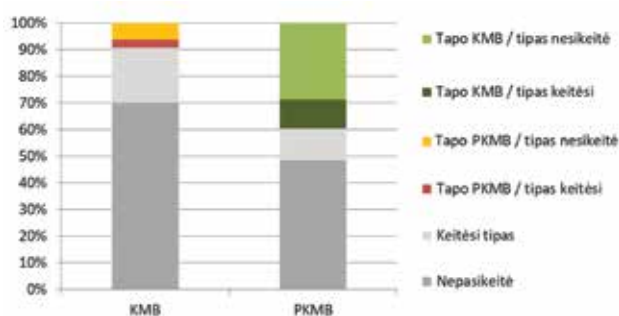
Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija,
Miškų ir ekologijos fakultetas

Siekiant išsaugoti biologinę įvairovę miškuose, buvo pasiūlyta ir įgyvendinta daug tiek teisinių, tiek savanoriškų miškų apsaugos politikos ir apsaugos priemonių. Tai paprastai apima du pagrindinius veiksmus: politikos sukūrimą (išsaugojimo veiksmus) ir rezultatų įvertinimą natūroje. Tačiau paskutinio žingsnio, kuris įvertintų tokių priemonių sėkmę, dažnai trūksta. Šiuo metu Kertinių ir potencialių miško buveinių koncepcija ir toliau yra svarbi priemonė siekiant išsaugoti biologinę įvairovę ūkiniuose miškuose.

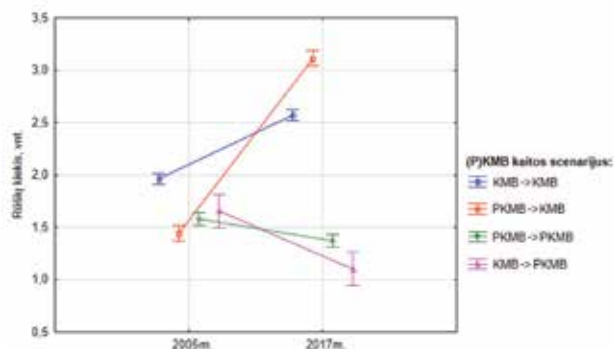
Lietuvos kertinių ir potencialių ((P)KMB) miško buveinių duomenų bazėje sukaupta vertinga informacija apie retąsias rūšis ir miško buveinėse esančias vertybes, kurios, reikia nepamiršti, kinta, tad ši informacija nėra iki galo panaudojama tyrimams ir praktiniam stebėjimui bei vertinimui. Neapibrėžtas apsaugos statusas (P) KMB daro labai pažeidžiamas, o tyrimų stoka neleidžia geriau pažinti ir ištirti šių aukštos aplinkosauginės vertės miškų ne tik rūšių populiacijų, bet ir kraštovaizdžio lygmeniu.

Labai svarbu įvertinti (P)KMB iniciatyvos indėlį išsaugant biologinę įvairovę Lietuvos miškuose ir reikalingas papildomas priemones tęsiant šią iniciatyvą. Per 10–15 m. laikotarpį didžiosios dalies (90,5 %) kertinių miško buveinių (KMB) būklė išliko stabili arba pagerėjo, o 9,5 % KMB būklė suprastėjo ir tapo potenciali, vertinant visas KMB (1 pav.). Vertinant visas potencialias kertines miško buveines (PKMB), būklė išliko stabili 60,3 % PKMB, o 39,7 % PKMB tapo kertinė.

Nepaisant sąlyginai nedidelio dydžio, (P)KMB pri pažinimas ir apsauga prisideda prie biologinės įvairovės išsaugojimo ir natūresnio Lietuvos miškų kraštovaizdžio, sudarydamos tinkamas buveines rūšims gyventi. (P)KMB duomenų bazės analizės rezultatai rodo, kad miško buveinėse, kuriose žmogaus veikla nebuvo vykdoma arba vykdoma minimaliai, išliko arba netgi padidėjo jų išskirtos vertybės per vertintą 15 metų laikotarpį (2 pav.). (P)KMB būklės vertinimas turėtų būti periodinis.

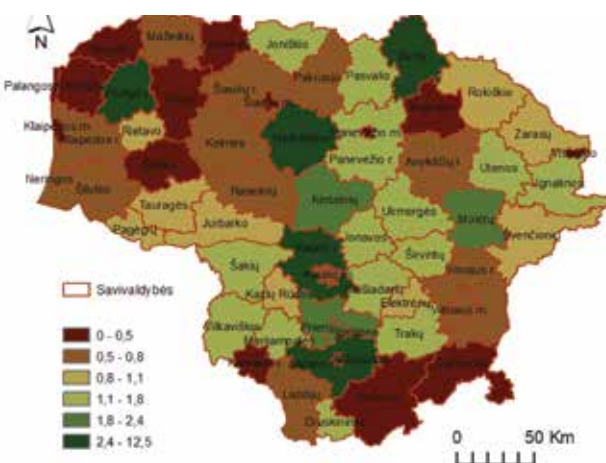


1 pav. Kertinių (KMB) ir potencialių kertinių miško buveinių (PKMB) statuso ir tipų kaita



2 pav. Retųjų rūšių kiekis pagal 4 (P)KMB statuso kaitos scenarijus 2005 ir 2017 m.

Pirminės inventorizacijos metu buvo išsakyta mintis, kad 1 % miško ploto, įtraukto į (P)KMB, yra pakankamas rodiklis. Vėliau apibendrintoje pakartotos buveinių inventorizacijos ataskaitoje optimalus (P)KMB kiekis, atsižvelgus į kitų saugomų teritorijų tankumą, buvo rekomenduojamas 2–5 % miško ploto. Palyginimui – Suomijoje ir Estijoje (P)KMB sudaro 0,6–0,7 % viso miškų ploto, o Švedijoje, Norvegijoje ir Latvijoje – nuo 1,3 % iki 1,8 %. Atlikus (P)KMB plotų pasiskirstymo Lietuvos miškuose analizę pagal savivaldybių ribas, gauti rezultatai parodė, kad bendras (P) KMB plotas Lietuvos miškuose sudaro 1,14 %. (P)KMB plotų pasiskirstymas savivaldybių miškuose gana įvairus (3 pav.). Ypač išsiskyrė Alytaus miesto savivaldybė, kurios miškuose daugiau nei 12,5 % sudaro (P)KMB. Likusiose savivaldybėse šis rodiklis neviršijo 3,5 %.



3 pav. (P)KMB ploto pasiskirstymas (%) savivaldybių miškuose pagal esamų buveinių duomenų rinkinį (2017 m.) informaciją

(P)KMB išskyrimas miške dar nėra apsaugos būklės nustatymas, bet tai gali būti atspirties taškas tolesniam saugomų teritorijų sistemos koregavimui ir „Natura 2000“ teritorijų papildymams. (P)KMB turėtų

būti organiškai įtraukta į saugomų teritorijų sistemą kaip vienas iš jos elementų. Nacionaliniame Lietuvos miškų sertifikavimo standarte reikalaujama, kad bent 10 % miškų būtų nekertama, siekiant pagerinti miškų biologines vertybes (FSC, 2020). Visgi ši priemonė gali (P)KMB apsaugą skatinti tik valstybiniuose miškuose. Pagal 2007–2013 m. Kaimo plėtros programos (KPP) priemonę „Miško aplinkosaugos išmokos“ privačių miškų savininkai turėjo galimybę gauti išmoką už (P) KMB plotų netvarkymą (t. y. nekirtimą) 7 metus, tačiau vėliau ši priemonė nebuvo pratęsta. Todėl (P)KMB savanoriškos apsaugos statusas ir nacionalinės paramos stoka Lietuvos miškų politikoje pakerta jų ilgalaikius gebėjimus ir indėlį palaikant miškų ekosistemas.

(P)KMB ir kiti aukštos aplinkosauginės vertės miškai, tokie kaip „Natura 2000“, taps gyvybiškai svarbūs siekiant tokių tikslų ateityje ir gali suteikti galimybių padidinti griežtai saugomų miškų plotą Lietuvoje. Didžiosios dalies miško buveinių gebėjimas išlaikyti retųjų rūšių gausą ir įvairovę bei per 10–15 m. laikotarpį reikšmingai didėjančios buveinių vertybės rodo, kad (P)KMB tinklas suteikia galimybių sėkmingai padidinti aukštos aplinkosauginės vertės miškų plotus Lietuvoje, siekiant įgyvendinti tarptautinius įsipareigojimus biologinės įvairovės išsaugojimo klausimais.



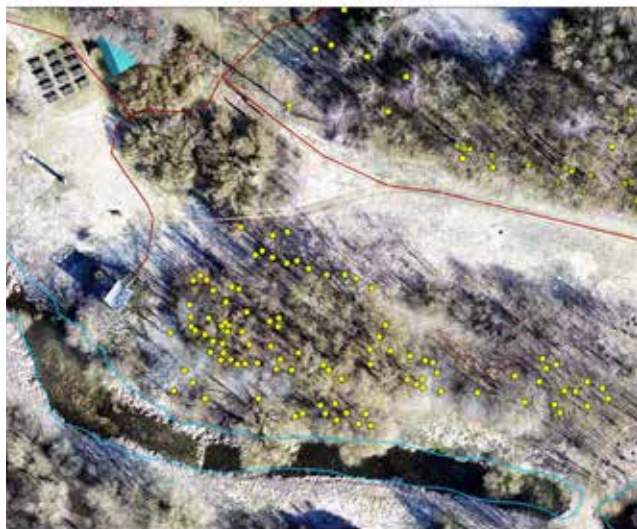
MIESTŲ IR REKREACINĖ MIŠKININKYSTĖ: ŠIUOLAIKINĖS TECHNOLOGIJOS PARKŲ ŽELDINIAMS INVENTORIZUOTI

Lina Straigytė

Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija,
Miškų ir ekologijos fakultetas

Miesto ir miško parkų želdinių inventorizacija pakloja pamatą tolesniam želdynų tvarkymui, jų stebėsenai, priežiūrai. Inventorizacijai atlikti reikia gerų dendrologijos, želdinių priežiūros žinių, kurios ugdomos universitete. Duomenys įvedami ir pateikiami naudojant šiuolaikines nuotolines GIS priemones.

Inventorizacija susideda iš kelių etapų: nustatoma augalo vieta LKS koordinatų sistemoje, identifikuojamas esamas augalas, išmatuojami pagrindiniai jo parametrai, nustatoma sveikatingumo būklė ir rekomenduojamos tvarkymo priemonės.



1 pav. Pradiniam augalų vietos nustatymui naudojama ne vegetacijos metu daryta fotografija. Ne vegetacijos metu dronu padaryta fotografija leidžia pamatyti medžių augimo vietas, mažosios architektūros elementus, takus, tvenkinius. Tiksliai matyti pavienių medžių augimo vietas, jeigu galima išvėgti šešėlio kritimą



2 pav. Rudenį darytoje fotografijoje matomi lapų dydžiai, vegetacijos skirtumai

Tačiau tose vietose, kur yra tanki augalų grupė ir lajos susivėrusios, sunku pamatyti konkretaus kolekcinio medžio augimo vietą. Tada tenka panaudoti GPS

imtuvą, tachometrą. Tokie metodai daug brangesni, reikia daugiau laiko sąnaudų, todėl ne visuomet naudojami, bet tik ten, kur reikia nustatyti labai tikslią augimo vietą.

Rudenį, kai keičiasi lapų spalvos, naudinga pakartotinai dronu padaryti fotografiją, kuri padeda lengviau identifikuoti medžių rūšis, lapų dydžius, pamatyti skirtingų grupių vegetacijos trukmės skirtumus.

Labai retoms augalų rūšims nustatyti reikia atlikti stebėjimus skirtingais vegetacijos periodais, norint pamatyti kuo daugiau išskirtinių požymių: žiedų formas, žydėjimo laiką, vaisių spalvas ir formas, lapų subrendimą.



3 pav. Skirtingų formų *Acer cissifolium* ir *Acer saccharum* žiedai

Kai kurie kolekcijos augalai yra labai reti Lietuvoje. Tie augalai, kurie buvo išauginti iš sėklų, gali būti hibridiniai, jei sėklos gautos ne iš natūralių augaviečių, bet iš botanikos sodų kolekcijų. Tenka naudotis papildoma

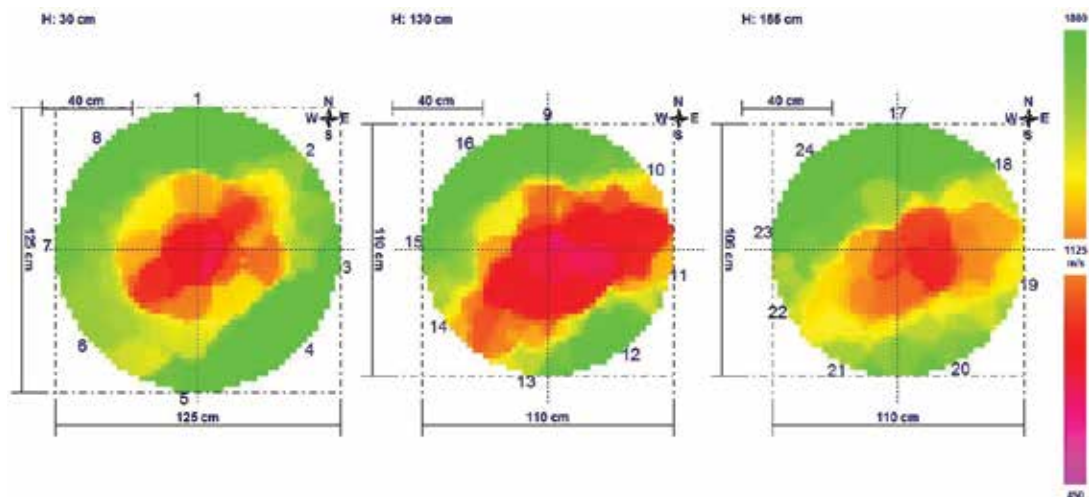
literatūra, analizuoti smulkias detales, kurios padeda tiksliau identifikuoti taksoną. Tačiau hibridams identifikuoti reikalingi genetiniai tyrimai.



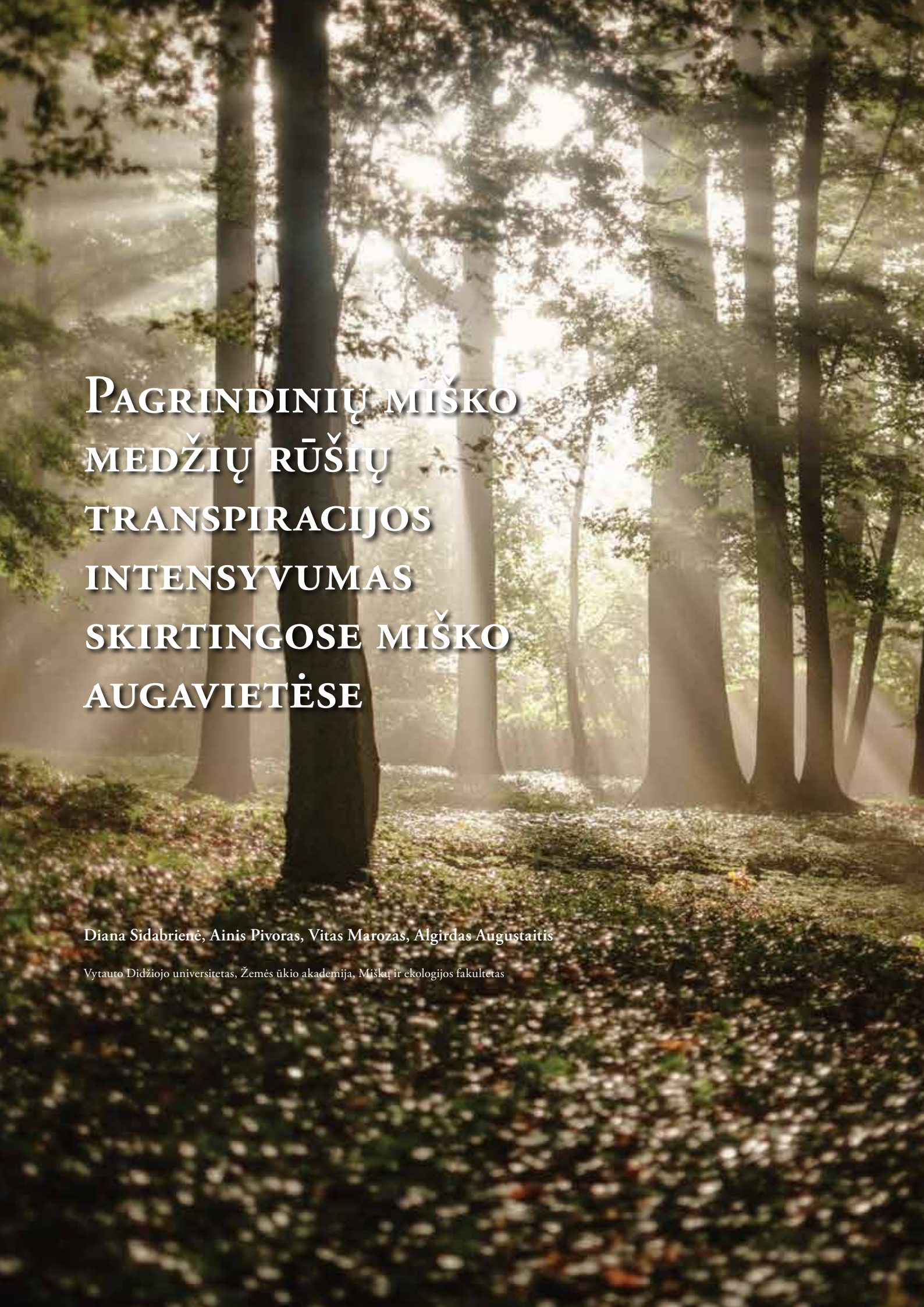
4 pav. Pritvirtinti tomografo davikliai

Daugumos augalų būklę galima nustatyti vizualiai apžiūrėjus, pagal matomus išorinius pažeidimus, bet senesni medžiai dažnai turi centrinius puvinius, kurių išoriškai nematyti. Tokių medžių būklei patikslinti naudojamas garsinis tomografas, kuriuo nuskenuojamas vidinis medienos pjūvis.

Tomografo davikliams pritvirtinti nereikia gręžti medienos, todėl nesusidaro sąlygos puviniiui plisti. Ši technologija neturi jokio žalingo poveikio medžiui, todėl rekomenduojama taikyti ypač vertingų medžių vidinei medienos būklei nustatyti.



5 pav. Tomografu atlikta vidinė medienos fotografija

A photograph of a forest with tall, slender trees. Sunlight rays (crepuscular rays) are visible, streaming through the canopy and illuminating the forest floor. The ground is covered with fallen leaves and low-lying vegetation. The overall atmosphere is serene and natural.

PAGRINDINIŲ MIŠKO MEDŽIŲ RŪŠIŲ TRANSPIRACIJOS INTENSYVUMAS SKIRTINGOSE MIŠKO AUGAVIETĖSE

Diana Sidabrienė, Ainis Pivoras, Vitas Marozas, Algirdas Augustaitis

Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Miškų ir ekologijos fakultetas

Medžių fiziologinės reakcijos į aplinkos kaitą glūdi medžių vandens ir medžiagų srautų kaitoje. Priežastinių ryšių nustatymo patikimumui padidinti ekofiziologiniuose tyrimuose pradėta matuoti kamieniu judančius vandens ir jame ištirpusių maistinių komponentų srautus, priklausomai nuo oro temperatūros, drėgmės ir dirvožemio vandens potencialo. Pagal srautų kryptį ir kiekį nustatoma medžio transpiracija, su kuria glaudžiau siejasi ir medžių vykdoma fotosintezė, anglies absorbcija ir bendras medžio prieaugis, kuris tiesiogiai priklauso ir nuo vandens atsargų medžio kamieno. Šiais tyrimais papildomai nustatomi ir kenksmingų medžiagų, patekančių į augalą per žioteles, kiekis. Tai pirminė ir tiesioginė medžio reakcija į besikeičiančią aplinką, įgalinanti identifikuoti aplinkos streso veiksnius ir įvertinti medžių prisitaikymo potencialą išgyventi stresą.



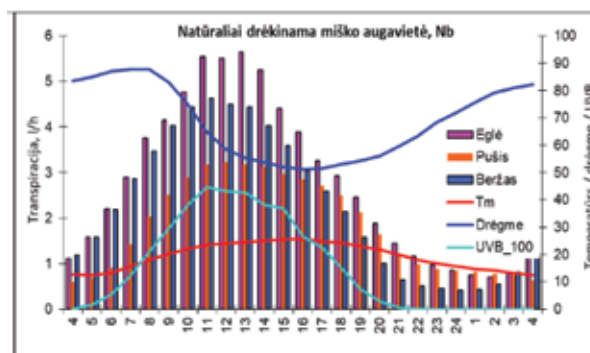
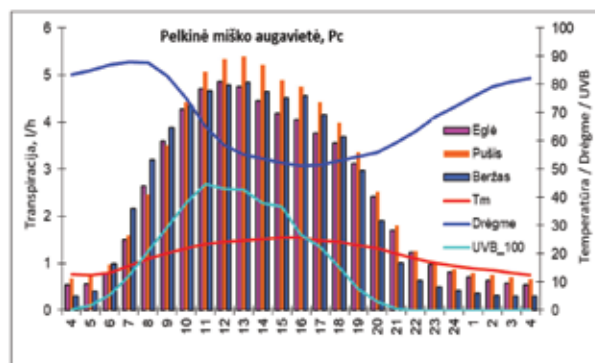
Aukštaitijos KM stotyje transpiracijos intensyvumo tyrimai pradėti 2016 m. Lietuvos miškuose vyraujančių pušų, eglių ir beržų metiniams transpiracijos kiekiams, jų sezoninės kaitos ypatumams ir juos sąlygojantiems meteorologiniams veiksniams nustatyti bei pagrindiniams skirtumams skirtingose miško augavietėse įvertinti.

Transpiracijos intensyvumas nustatytas matuojant sulčių tėkmę balanoje, taikant karščio bangos plitimo metodą, naudojant SFM1 sensorius (ICT International, Australia).

Transpiracijai būdingas paros ciklas, kai vidurdienį jos intensyvumas pasiekia maksimumą, o vidurnaktį sumažėja iki minimumo. Tai – saulės apšvietimo ciklo rezultatas.

Medžių transpiraciją skatina oro ir dirvožemio temperatūra, saulės fotosintetiškai aktyvi spinduliuotė ir vėjo greitis. Didėjanti oro santykinė drėgmė slopina

transpiraciją. Krituliai taip pat slopina transpiracijos intensyvumą, bet tik dėl epizodiškumo jų poveikis yra mažiau reikšmingas. Atmosferos slėgis beveik neturi jokio poveikio medžių lapų transpiracijos intensyvumui (nežymiai intensyvina).



1 pav. Tipinis pagrindinių medžių rūšių paros transpiracijos ciklas skirtingose augavietėse

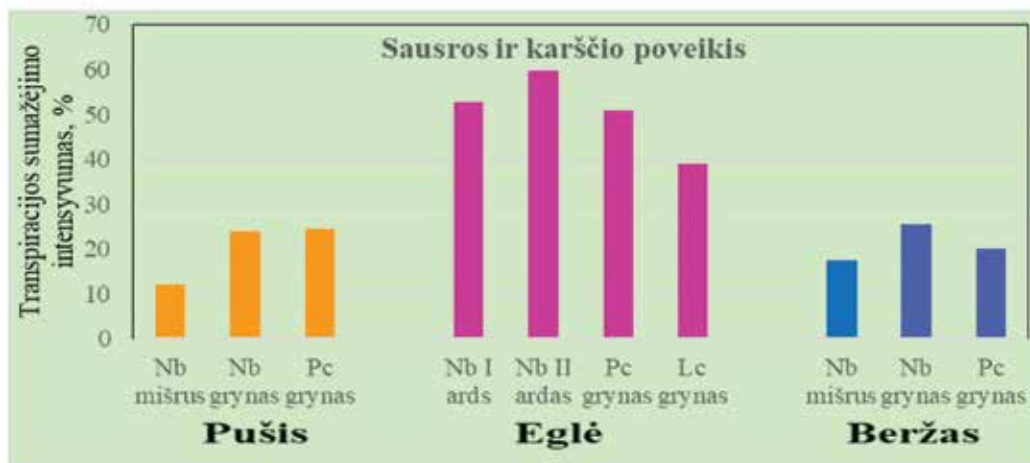
Vertinant tiesioginį valandinį, vėlavimo ir suminį meteorologinių veiksnių poveikį transpiracijai nustatyta, kad tiesioginis valandinis oro temperatūros, drėgmės, vėjo greičio ir saulės FAR paaikškino iki 80 % beržų, 77–78 % pušų ir 69 % eglių valandinio transpiracijos kiekio kintamumo. Suminis / vidutinis 3–4 val. šių meteorologinių veiksnių poveikis kartu su papildomu kritulių kiekio poveikiu tirtų medžių rūšių transpiracijai buvo reikšmingesnis negu vėluojamasis tirtų meteorologinių veiksnių poveikis. Tačiau nei suminis, nei vėluojamasis šių veiksnių poveikis nebuvo reikšmingesnis medžių transpiracijai už tiesioginį valandinį jų poveikį.

Meteorologiniai veiksniai medžių transpiracijos intensyvumą sąlygojo priklausomai nuo medyno mišrumo ir drėgmės režimo augavietėse. Normaliai drėkinamose miško augavietėse kritulių, oro drėgmės ir saulės spinduliuotės poveikis buvo reikšmingesnis tirtų medžių rūšių transpiracijos intensyvumui negu laikinai užmirkusiose ar pelkinėse miško augavietėse.

Transpiracijos intensyvumą sausros ir karščio bangų laikotarpiais mažina augalų lapijos morfologinės savybės: mažas lapų paviršius (spygliai arba žvyniški

lapai), lapų plaukeliai, storas kutikulos sluoksnis, giliai esančios žiotelės, jų išsidėstymas lapų apačioje, lapų susisukimas į vamzdelį, t. y. jų prisitaikymas išgyventi tokiomis nepalankiomis sąlygomis. Būtent eglės, kurios

tokiais laikotarpiais beveik perpus sumažina transpiracijos intensyvumą uždarydamos žiotelės, rodo jų gerą prisitaikymą išgyventi per neilgai trunkančias sausras.



2 pav. Eglių, pušų ir beržų transpiracijos santykinis sumažėjimas karščio ir sausras laikotarpiu lyginant su maksimalia jos reikšme tirtose miško augavietėse

Išvados. Eglių apsisaugojimas nuo perkaitimo sausras ir karščio bangų laikotarpiu yra didžiausias. Tai rodo šios medžių rūšies gana gerą prisitaikymą esant drėgmės trūkumui.

Beržai nėra prisitaikę prie dabartinių klimato sąlygų ir karščio bangų. Didėjanti transpiracija gali sukelti šios rūšies medžių dehidrataciją. Tai viena iš pagrindinių priežasčių, kodėl beržų prieaugis pastaruoju metu yra reikšmingai mažesnis nei kitų vyraujančių Lietuvoje medžių rūšių ir kodėl toliau šylant klimatui jų prieaugis reikšmingai mažėja.

Geriausiu prisitaikymu prie dabartinių sąlygų pasižymi paprastosios pušys.

Tokiu būdu ilgalaikių aplinkos kaitos duomenų panaudojimas kartu su nustatytais priežastinėmis, ekofiziologinėmis medžių reakcijomis įgalina aukščiausiu moksliniu lygmeniu pažvelgti į su aplinkos

globalia kaita susijusias grėsmes miško ekosistemoms ir jas prognozuoti.

Medžių transpiracijos intensyvumas reikšmingiausiai, palyginti su kitomis medžio reakcijomis, atspindi aplinkos veiksnių kaitą ir ši medžių ekofiziologinė reakcija gali būtų plačiai naudojama aplinkos veiksnių poveikiui miškų tvarumui tirti bei nustatyti tiriamųjų medžių rūšių prisitaikymo prie aplinkos sąlygų laipsnį, jų glaudumo ribas ir galimybes slopinti naujai kylančių grėsmių pavojų, pirmiausia klimato kaitos intensyvumą.

Medžių transpiracijos intensyvumas – pagrindinis rodiklis, indikuojantis atsivėrusias lapų / spyglių žiotelės ir prasidėjusią dujų apytaką, kuris būtinas ozono kiekiui, patekusiam į lapų / spyglių vidaus organus, nustatyti ir poveikiui augalų būklei bei prieaugiui vertinti.

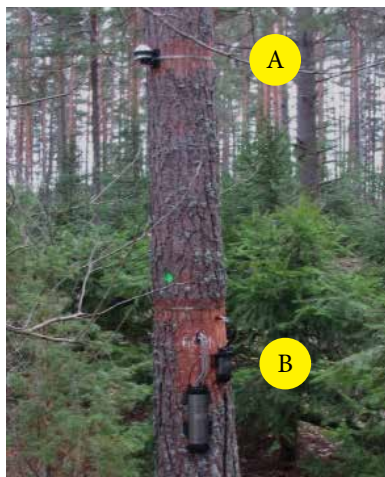


MEDŽIŲ VANDENS NAUDOJIMO EFEKTYVUMAS KAIP PRISITAIKYMO PRIE BESIKEIČIANČIOS APLINKOS RODIKLIS

Diana Sidabrienė, Vitas Marozas, Algirdas Augustaitis

Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Miškų ir ekologijos fakultetas

Medžių transpiracija, su kuria glaudžiau siejasi ir medžių vykdoma fotosintezė, ir anglies absorbcija, kartu ir bendras medžio priaugis, tiesiogiai priklauso nuo vandens atsargų medžio kamieno žievėje, brazde ir balanoje, todėl nenutrūkstanti pagrindinių medžių rūšių kamienų vandens srautų matavimai buvo naudojami medžio transpiracijos greičiui modeliuoti, kuris kartu su fotosintezės intensyvumu siejamas su momentiniu medžio stiebo radialiuoju priaugiu. Šie rodikliai įgalino vertinti medžių vandens naudojimo efektyvumą (VNE), kuris parodo medžių prisitaikymo prie besikeičiančių augimo sąlygų laipsnį.



1 pav. Medis vandens naudojimo efektyvumui nustatyti

Tirti Aukštaitijos KMS trijų skirtingo drėgnumo ir derlingumo miško augaviečių – Nb, Lc ir Pc, grynai ir mišrūs brandūs medynai. Valandinis kamieno priaugis buvo matuojamas elektroniniais dendrometrais DRL-26 (A), o sulčių tėkmės intensyvumas balanoje – SFM1 matuokliais (B). Tai užtikrino galimybę nustatyti pušies, eglės ir beržo jautrumą aplinkos veiksniams bei jų VNE skirtingomis sąlygomis.

Skirtingų augaviečių beržų VNE priklausė ir nuo augavietės drėgmės režimo, ir nuo derlingumo bei šalia augančių pušų skaičiaus. Didžiausiu vandens poreikiu išsiskyrė beržai, augantys kartu su pušimis vidutinio derlingumo ir normalaus drėgnumo miško augavietėse (Nb), kur šis rodiklis siekė apie 200 l/dm³. Tokios augavietės gryname

beržyne, kuriame kamieno priaugis buvo didžiausias, vandens poreikis buvo mažesnis ir siekė 170 l/dm³. Mažiausiu vandens poreikiu išsiskyrė beržai, augantys grynuose pelkiniuose beržynuose, – iki 160 l/dm³, nors juose kamieno priaugis buvo taip pat mažiausias.

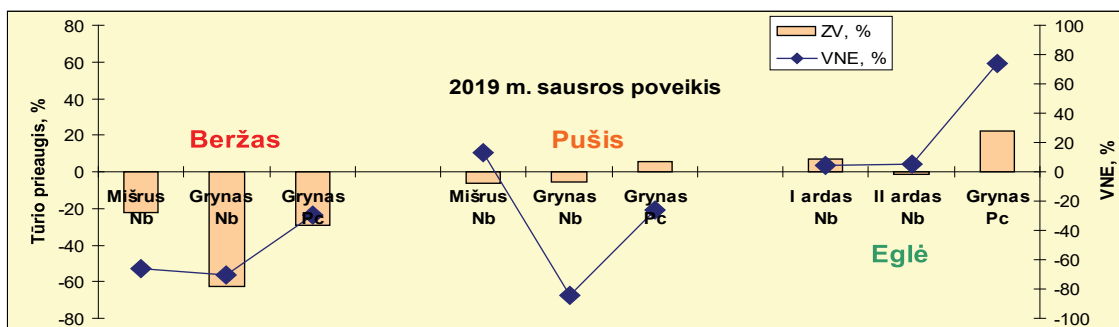
Pušų didžiausias priaugis buvo augančių kaimynystėje su beržais. Jų vandens poreikis Nb augavietėje buvo mažiausias ir siekė apie 200 l/dm³. Gryname pušyne pušų priaugis mažėjo, ypač pelkinėje augavietėje, kur jų vandens poreikis viršijo 400 l/dm³.

Eglės didžiausią priaugį pasiekė augdamos gryname pelkiniame medyne, kur jų vandens poreikis nežymiai viršijo 200 l/dm³. Jų intensyviausią priaugį sąlygojo didžiausias vandens naudojimas. Nb miško augavietėse VNE didėjo, nors priaugis buvo mažesnis nei Lc ir Pc augavietėse. Nors klimatui šylant augalams atsiranda drėgmės trūkumo pavojus, prieinamas didesnis drėgmės kiekis (L, U, P hidrotopas) didina tik eglų priaugį.

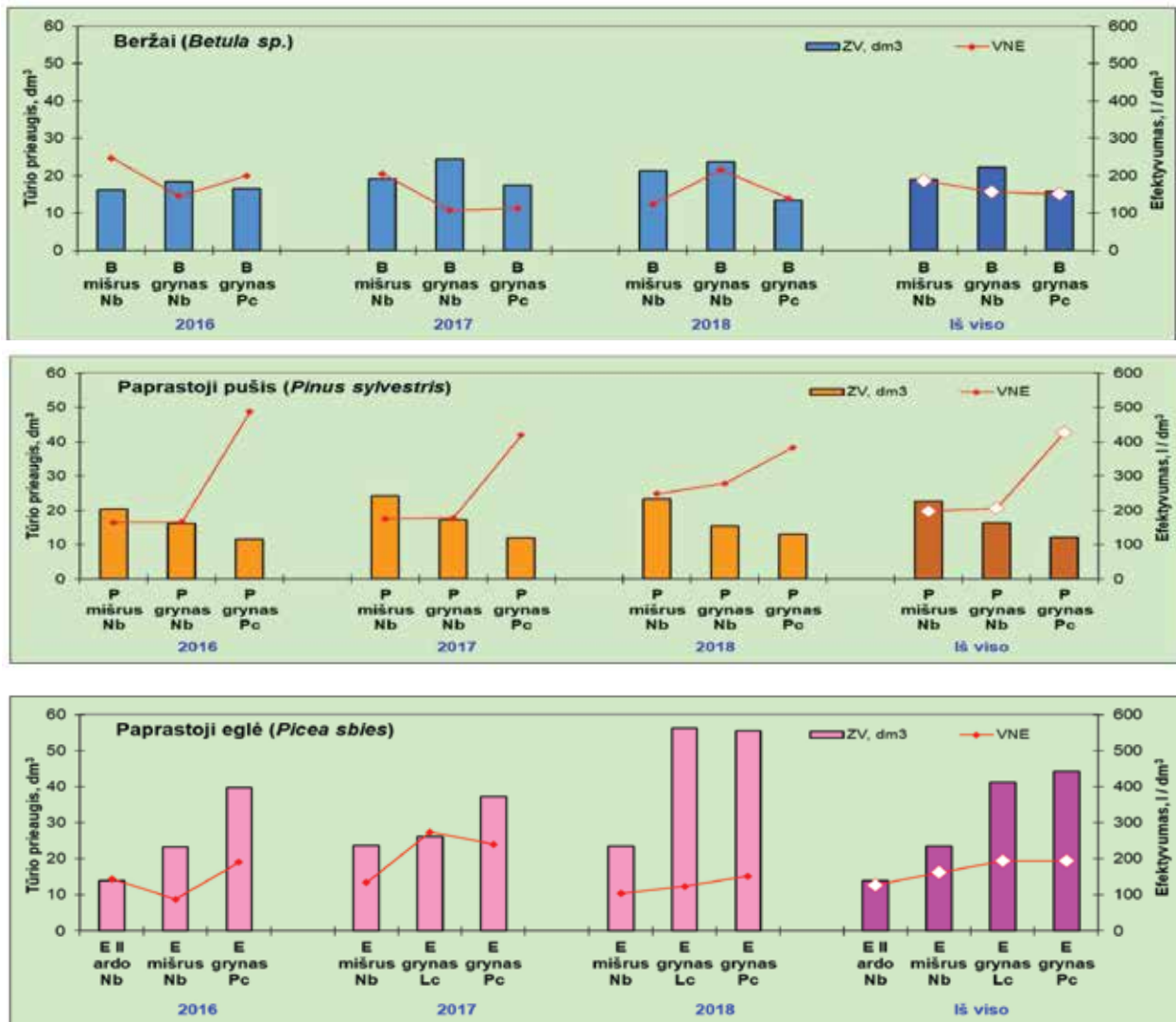
Sausros laikotarpiais eglų kamienų priaugis išliko didžiausias, o 1 l vandens joms pakakdavo net iki 6 cm³ medienos priaugiu suformuoti. Pušims sausros metu 1 l vandens pakakdavo priauginti vos 1 cm³ medienos, o Pc augavietėje buvo registruojamas net kamieno susitraukimas; beržams 1 l vandens pakakdavo priauginti iki 4 cm³ medienos visuose medynuose.

Pasibaigus sausrai eglų būdingiausioje augavietėje paros bėgyje 1 l vandens pakakdavo priauginti net iki 12 cm³ medienos. Tai rodo, kad, priešingai nusistovėjusiai nuomonei apie eglų mažą atsparumą sausrai, jos iš tikrųjų atsparios sausroms, tačiau gyvybingumas po tokio laikotarpio priklauso nuo jų atsparumo žievėgraužių tipografų antpuoliams. Pušys intensyviausiai atsikurdavo mišriame pušyne, kur VNE siekdavo 6, o beržai gryname medyne – per 10 cm³/l.

2019 m. sausros poveikį palyginus su perteklinės drėgmės 2017 m. nustatyta, kad sausrų metu beržų metinis priaugis ir VNE sumažėja, ypač gryname beržyne. Pušų priaugis reikšmingai nepakito, tačiau reikšmingai sumažėjo VNE ir ypač gryname pušyne, tačiau nežymiai padidėjo mišriame. Eglų nereikšmingai pakitęs priaugis ir VNE normalaus drėgnumo augavietėje, ir reikšmingai padidėjęs bei VNE pelkinėje, derlingoje augavietėje.



2 pav. Sausros poveikis tirtų medžių rūšių kamienų turio priaugiu ir vandens naudojimo efektyvumui (lyginant su normaliu augimo sezonu)



3 pav. Tirtų medžių rūšių kamienų tūrio prieaugis ir vandens naudojimo efektyvumas

Išvados. Eglės yra gana gerai prisitaikiusios prie dabartinių meteorologinių sąlygų Lietuvoje. Apsisavogijimo mechanizmas užveriant žioteles kaitrų ir sausrų metu dieną ir akivaizdus aukštesnis atsikūrimo potencialas pasibaigus trumpam nepalankiam laikotarpiui yra gerai išvystytas, leidžiantis prisitaikyti prie daugiau kaip 30 metų intensyviai besikeičiančio klimato.

Beržai nėra prisitaikę prie sausrų ir karščio bangų. Mažėjantis prieaugis ir VNE nepalankiais laikotarpiais

rodo jų prastą prisitaikymą prie dabartinės aplinkos veiksmų kaitos.

Tokiu būdu medžių ekofiziologinius tyrimus papildžius momentiniais CO₂ sugerties ir išskyrimo tyrimais, būtų galima ne tik vertinti medžių atsparumą nepalankiems aplinkos veiksniams, bet tai prisidėtų ir prie anglies ciklo vertinimo bei jos sankaupų didinimo miško ekosistemose.



AR AUKŠTAPELKIŲ PUŠYS SUDARO SAVITĄ GENOFONDĄ?



Monika Sirgėdienė

Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Miškų ir ekologijos fakultetas

Paprastosios pušies genetiniai tyrimai VDU Žemės ūkio akademijoje, Miškų ir ekologijos fakultete, atliekami jau daugiau nei dešimt metų. Aukštapelkėse augančių paprastųjų pušų genetiniai tyrimai atlikti 2015–2020 m., siekiant atsakyti į tiek mokslininkams, tiek miškininkams seniai kylantį klausimą – ar aukštapelkėse augančios pušys prisitaiko prie aplinkos sąlygų, ar visgi pasižymi genetiniais skirtumais, palyginti su normalaus drėgnumo augavietėse augančiomis pušimis?

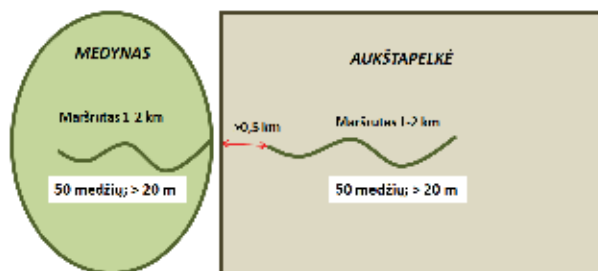


1 pav. Tyrėjai Čepkelių rezervate. Iš dešinės: dr. Monika Sirgėdienė, prof. dr. Darius Danusavičius, dr. Virgilijus Baliuckas, dr. Jūratė Bukauskaitė

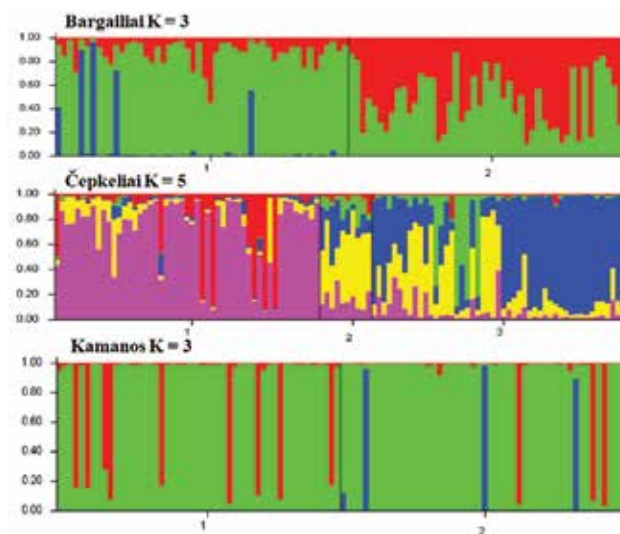
Miško medžių genetinių tyrimų vis daugėja, sukaupiama daug įvairios informacijos apie skirtingas medžių rūšis, bet vis dar menkai žinoma apie šių rūšių arealų ribines ar specifinėmis aplinkos sąlygomis augančias populiacijas, jų genetinę įvairovę. Dauguma paprastosios pušies genetinių tyrimų dažniausiai atliekami derlingose ar paprastajai pušiai augti tinkamose nederlingose augavietėse augančiuose medynuose, o apie genetinę variaciją nederlingose, pelkinėse augavietėse žinoma kur kas mažiau.

Mokslinė hipotezė – aukštapelkių paprastosios pušies populiacijos reikšmingai skiriasi genetinė struktūra ir genetinės įvairovės lygmeniu nuo aplinkinių normalaus drėgnumo augaviečių pušies populiacijų, o skirtingos evoliucinės kilmės linijos skiriasi morfologiniais požymiais.

Tyrimui pasirinktos trys aukštapelkės: Čepkeliai (Pietų Lietuva), Kamanos (Šiaurės Lietuva), Bargailiai (Praviršulio tyrelis) (Centrinė Lietuva) (žr. 2 pav.). Kiekvienoje aukštapelkėje nustatytas 1–2 km ilgio maršrutas nuo pakraščio centrinės dalies link. Atrinkta 50 paprastųjų pušų, nutolusių ne mažiau kaip 20 m viena nuo kitos. Aukštapelkės kaimynystėje išskirti bareliai normalaus drėgnumo augavietėse, kur tuo pačiu principu atrinkta 50 medžių. Iš viso surinkta 300 medžių spyglių / medienos genetiniams tyrimams. Aukštapelkėse nustatyti tyrimui atrinktų medžių lajos morfotipai pagal Grigaitės (1993) metodiką.



2 pav. Tyrimui atrinktos aukštapelkės: Čepkelių, Bargailių ir Kamanų (kairėje). Paprastosios pušies atrankos aukštapelkėje ir šalia esančiame normalaus drėgnumo augavietės medynė schema (dešinėje)

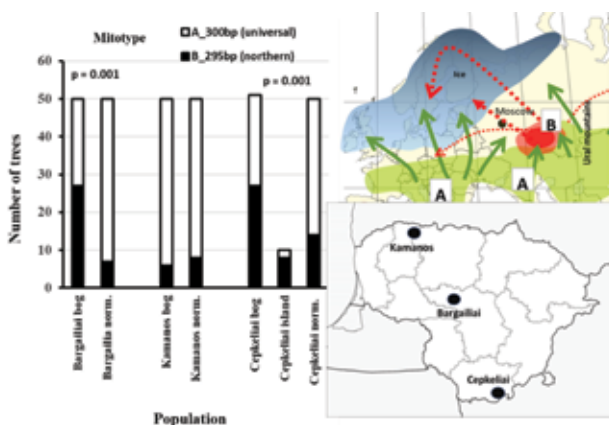


3 pav. Genetinės struktūros histograma pagal Bayesian grupavimo metodą, naudojant „STRUCTURE v. 2.3.3“ programą. Spalvos parodo STRUCTURE grupes (K). Bargailiai: 1 – pelkinė populiacija, 2 – normalaus drėgnumo augavietės populiacija; genetinių grupių skaičius K=3. Čepkeliai: 1 – pelkinė populiacija, 2 – salos populiacija, 3 – normalaus drėgnumo augavietės populiacija; genetinių grupių skaičius K=5. Kamanos: 1 – pelkinė populiacija, 2 – normalaus drėgnumo augavietės populiacija; genetinių grupių skaičius K=3

Genetinės įvairovės rodikliai patvirtina, kad Čepkelių populiacijos, palyginti su kitomis, išsiskiria genetinė įvairove (žr. 3 pav.). Genetinės struktūros sudėtingumą taip pat gali lemti pelkės dydis – Čepkelių aukštapelkė

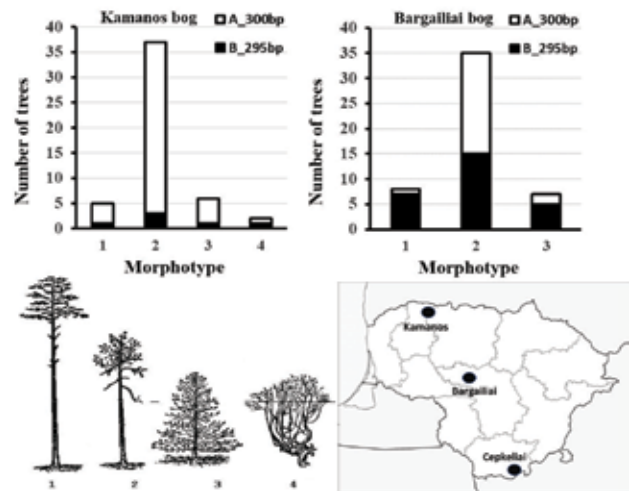
yra pati didžiausia iš tiriamų. Analizės rezultatai rodo aiškią genetinę diferenciaciją tarp pelkinės ir normalaus drėgnumo augavietėse augančių paprastųjų pušų, tą patvirtina ir AMOVA rezultatai.

Paprastoji pušis paskutinio ledynmečio metu išliko keturiose pagrindinėse prieglobsčio zonose: Pirėnų pusiasalyje, šiaurinėje Apeninų pusiasalio dalyje, Karpatų kalnų pietuose, Sudetų kalnuose ir Balkanuose (Prus-Glowacki et al., 2011) (universalus mitotipas A). Nustatyta, kad paprastoji pušis išliko ir Rytų Europos lygumoje, iš kur po to plito į Vidurio ir Vakarų Europą, Fenoskandiją (Robledo-Arnuncio et al., 2004). Manoma, kad netgi Šiaurės Europoje buvo išlikusių paprastosios pušies prieglobsčio zonų paskutinio ledynmečio metu (Floran et al., 2011) (šiaurinis mitotipas B). Medžiai, kurie dabar auga borealinėje klimato juostoje, ledynmečio metu turėjo konkurencinį pranašumą prieš kitas rūšis – jie gebėjo prisitaikyti ir išgyventi atšiauraus klimato sąlygomis. Bargailių ir Čepkelių pelkinėse populiacijose yra statistiškai reikšmingai daugiau šiaurinio mitotipo B nei kad šalia augančiose normalaus drėgnumo augaviečių populiacijose (žr. 4 pav.).



4 pav. Šiaurinio mitotipo B ir universalus mitotipo A dažnis tiriamose pelkinėse ir normalaus drėgnumo augaviečių (norm.) populiacijose trijuose tyrimo objektuose. Tyrimo objektų geografinę padėtį pavaizduota žemėlapyje (apatiniam). Žemėlapyje viršuje pavaizduotos tikėtinos prieglobsčio zonų vietos paskutinio ledynmečio metu (Buchovska et al., 2013). Statistinio reikšmingumo p reikšmės rodo Chi-kvadrato testo patikimus skirtumus

Bargailių ir Kamanų pelkėse identifikuoti keturi skirtingi paprastosios pušies morfotipai (žr. 5 pav.). Skirtingų morfotipų dažnis svyruoja. Lyginant morfotipų pasiskirstymą skirtingose pelkėse nustatyta, kad jis priklauso nuo pelkės sąlygų. Morfotipų genetinę diferenciaciją tirtose pelkėse statistiškai nereikšminga. Vertinant morfotipų skirtumus pelkėse ir tarp pelkių, nustatyta, kad genetinę diferenciaciją neegzistuoja arba yra labai silpna.



5 pav. mtDNR haplotipų (A arba B) proporcijos skirtinguose pelkinės pušies morfotipuose Bargailių ir Čepkelių aukštapelkėse. Morfotipai pavaizduoti paveiksle kairėje apačioje, žemėlapyje parodytos aukštapelkių vietos

Apibendrinus atliktus tyrimus nustatyta, kad paprastosios pušies genofondas pelkinėse augavietėse yra genetiškai įvairus ir suformuoja atskirą genetinę grupę. Didelių aukštapelkių populiacijos pasižymi didesne genetinė įvairove nei mažų ar normalaus drėgnumo augaviečių populiacijos. Aukštapelkių pušų morfotipai yra labiau veikiami aplinkos sąlygų kintamumo aukštapelkėje nei genetinių savybių, tačiau genetinis aukštapelkių pušų morfotipų pagrindas egzistuoja. Pelkinės populiacijos galėjo geriau išlaikyti iš šiaurinių prieglobsčio zonų išplitusį mtDNR haplotipą nei normalaus drėgnumo augaviečių populiacijos. Šios su evoliucine kilme ir prisitaikymu prie rūšių nepalankių augimo sąlygų susijusios pušies haplotipinių linijų ir pelkinių genotipų savybės – labai svarbi nauja informacija tiek tolesniems genetiniams tyrimams, tiek fundamentaliems rūšies evoliucijos tyrimams.

Pagrindinė išvada – paprastosios pušies genofondas pelkinėse augavietėse, net ir veikiamas stipraus genų srauto iš aplinkinių populiacijų normalaus drėgnumo augavietėse, pasižymi reikšminga genetinė diferenciacija, o populiacijos didesnėse aukštapelkėse – didesne genetinė įvairove nei mažose aukštapelkėse ar normalaus drėgnumo augavietėse. Didesnis B mitochondrinės DNR haplotipų skaičius aukštapelkėse rodo šiose augavietėse augančių paprastosios pušies populiacijų išskirtinumą. Mitochondrinės DNR haplotipai (evoliucinės kilmės linijos) neišsaugojo išskirtinių morfologinių požymių.



VILKO EKOLOGIJOS TYRIMAI LIETUVOJE

Renata Špinkytė-Bačkaitienė, Darius Danusevičius,
Rūta Kembrytė, Petras Adeikis

Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Miškų ir ekologijos fakultetas

Tyrimų metodikos – nuo pėdsakų stebėjimo iki DNR

Sistemiški vilkų populiacijos paplitimo, gausos, daromos žalos stebėjimai, išsamūs sumedžiotų vilkų genetiniai, amžiaus, reprodukcijos tyrimai Lietuvoje vykdomi nuo 2018 m. Renkami duomenys apima visą šalies teritoriją ir suteikia patikimos informacijos apie bendrąją populiacijos būklę.

Valstybinės saugomų teritorijų tarnybos prie Aplinkos ministerijos sukurtoje vieningoje duomenų registracijos sistemoje (www.biomon.lt) pateikiamos ne tik žiemą atliekamos žvėrių (taip pat ir vilkų) apskaitos pagal pėdsakus sniege, bet ir visus metus fiksuojami stambiųjų plėšrūnų (lūšių, vilkų ir rudųjų lokių) ar jų veiklos pėdsakų (žr. 1 pav.) stebėjimai, taip pat gyvulių papjovimo atvejai. Šioje sistemoje gauti patikimi pranešimai suteikia informacijos apie vilkų paplitimą, gausą bei poveikį laukinei faunai ir gyvulininkystei.



1 pav. Dažniausiai aptinkami vilkų veiklos požymiai – pėdsakai

Vilkų genetiniai tyrimai, atliekami iš sumedžiotų vilko raumens gabalėlio, naudojant mikrosatelitų branduolio DNR žymenų sistemą, kuri yra viena efektyviausių populiacijų genetinės įvairovės, inbrydingo ir hibridizacijos tyrimuose, taip pat efektyviai naudojama ir nepakeičiama žmonių bei galvijų tėvystės testuose ar net nusikaltėlių individualiam atpažinimui. Tyrimuose naudojami patikimi ir daugelyje kitų studijų taikyti metodai bei priemonės. Vilkų tiksliam amžiui nustatyti naudojami sumedžiotų plėšrūnų danties gabalėliai (žr. 2 pav.), kuriuose per mikroskopą matomos metinės rievės. Gyvūnų, taip pat ir žmogaus kauluose kasmet

susidaro audinio sluoksniai, kurių skaičius parodo individo amžių – tokiu pat principu, kaip ir medžių metinės rievės.



2 pav. Vilkų amžiaus tyrimams naudojamas iltinio danties šaknies gabalėlis iš apatinio žandikaulio

Vilkų populiacijos augimo tempus atskleidžia sumedžiotų patelių gimdos tyrimai, kurie suteikia informacijos apie tai, kokia dalis patelių praėjusį pavasarį susilaukė jauniklių, kokio amžiaus jos vedė jauniklius, kiek jų atsivedė.

Veiklos žemėlapis apima visą šalies teritoriją

Registruojant vilkus ar jų veiklos pėdsakus žemėlapyje, pažymima tiksli atvejo vieta. Tokiu būdu per pastaruosius trejus metus jau nustatyta daugiau kaip 3,5 tūkst. tokių vietų. Registracijos taškų žemėlapis atskleidžia, kad vilkų sutinkama visoje Lietuvos teritorijoje. Turint omenyje, kad vilkas „nepriřtas“ prie registracijos taško ir nuo jo judėjo kuria nors kryptimi, naudotas klasikinis teritorijos tyrimo metodas – aplink kiekvieną tašką sukurtas kelių kilometrų spindulio apskritimas, kurio bet kuriame taške galėjo atsidurti vilkas. Sukūrus tokius apskritimus, jais pasidengė praktiškai visa šalies teritorija. Taigi atsidūrus tinkamu laiku tinkamoje vietoje galima sutikti vilką. Ir tokia vieta nebūtinai yra miškas.

Iš tiesų miškas yra palanki buveinė vilkui – saugiau ilsėtis, vesti jauniklius, bet, kaip rodo duomenys, vilkų veiklos apstu ir atvirose teritorijose. Dažnai vilkai pastebimi pamiškėse, bet yra gana daug atvejų, kai vilkai ar jų veikla registruota atokiau nei 200 m nuo artimiausio miškelio ar net arčiau kaip 200 m iki artimiausios užstatytos teritorijos. Tai ne pavieniai atvejai, kuriuos galėtume priskirti atsitiktinumui. Toks žemėlapyje užfiksuotas paplitimas vilkui ne itin būdingose buveinėse signalizuoja apie rūšies gausą. Vadinasi, vilkai užima ne tik sau palankiausias teritorijas, bet tikriausiai dėl per didelės koncentracijos išstumia „perteklinius“ gentainius į mažiau palankias vietas.

Sumedžiotų vilkų amžiaus ir gimdos tyrimų rezultatai taip pat siunčia signalą apie išsemtus laisvų tinkamų teritorijų rezervus. Pirmų ir antrų metų vilkai biologiškai laikomi jaunikliais. Tokio amžiaus patelės susilaukia

jauniklių tik išskirtiniais atvejais ir tai paprastai indikuoja apie blogą populiacijos būklę. Tokių atvejų mūsų tyrimais nenustatyta. Tačiau trejų metų patelės įprastai turėtų turėti palikuonių. Mūsų atveju nė viena tokio amžiaus patelė dar nebuvo jų vedusi. Netgi tarp ketverių metų patelių tik pusė buvo vedusios jauniklius. Taigi pagal subrendimą ir prigimtinį dauginimosi instinktą jos turėjo turėti palikuonių, bet taip neįvyko. Viena vertus, to priežastis galėtų būti vilkų elgsenos niuansas, kad gaujoje leidžiama susilaukti palikuonių tik vienai dominuojančiai patelei, bet tai gali rodyti ir laisvų teritorijų naujai gaujai susikurti nebuvimą.

Išmoko gyventi šalia žmogaus

Dažnai manoma, kad vilkai gyventi renkasi didelius miškus, kuriuose – mažai žmogaus ūkinės veiklos.

Tyrimai atskleidė, kad miško dydis vilkų pasirinkimui esminės įtakos nedaro. Šie žvėrys tik tiek tiek teikia prioritetą didesniems miškams, bet jų veiklos pėdsakų aptinkama ir mažesniuose nei 100 ha miškuose. Tikėtina, kad esamas Lietuvos miškingumas ir miškų fragmentacija iš esmės atitinka vilkų kaip rūšies ekologinius poreikius. Pastebima, kad vilkai yra adaptavęsi ir prie žmogaus miškuose vykdomos ūkinės veiklos. Judėjimą po savo teritoriją vilkai pasilengvina naudodamiesi miško keliais ir keliukais. Žvėrys ne tik lankosi, bet ir teikia prioritetą po kirtimų atželiančioms miško jaunuolynams, nes tokiose vietose dėl pagausėjusios augalijos dažniau maitinasi potencialus vilkų grobis.

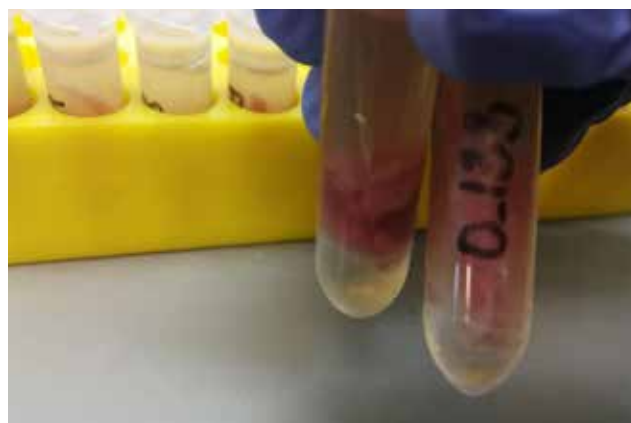
Kita plačiai įsigalėjusi ir iš dalies klaidinga nuomonė, kad vilkai visada laikosi gaujoje. Mūsų stebėjimai ir mokslininkų tyrimai kitose šalyse atskleidžia, kad gauja netgi daugiau laiko praleidžia „subyrėjusi“ į mažesnes grupes ar netgi žvėrys laikosi pavieniui. Žinant šį jų elgsenos bruožą nestebina, kad vilkai dažnai matomi pavieniui ar nedidelėmis grupėmis – gali būti, kad pastebėta tik gaujos dalis. Kita vertus, pavyksta užregistruoti ir tokių atvejų, kai mūsų šalyje vilkų grupę sudaro 4, 5 ar net daugiau vilkų. Per pastaruosius metus registruoti atvejai, kai grupę sudarė 9 ar daugiau vilkų.

Apžvelgti įvairiais metodais surinkti duomenys apie vilkų mitybą rodo, kad žvėrių racione dominuoja elniniai gyvūnai, kurių didžiąją dalį sudaro stirnos, bet problema ta, kad vilkai pjauna ir ūkių gyvūnus.

Per pastaruosius metus vilkai dažniausiai (60,3–67,4 % atvejų kasmet) užpuлдavo avis. Tarp papjautų ūkių gyvūnų, kai skaičiuoti papjauti individai, avys dominavo dar dažniau (72,9–84,2 % papjautų gyvulių kasmet). Per tiriamąjį laikotarpį registruota atvejų, kai vilkai užpuolė aptvaruose laikomus elninius gyvūnus (tauriuosius elnius ir danielius) arba buvo papjauti šunys.

Genetiniai tyrimai atskleidžia ir vilkų migraciją

Labai reikšmingą vilkų populiacijos būklės stebėsenos dalį sudaro genetiniai tyrimai pagal DNR žymenis (žr. 3 pav.). Jie leidžia kiekvieną vilką identifikuoti iki individo lygmens, atskleisti jo giminystės ryšius su kitais vilkais. Šie duomenys taip pat atskleidžia ir gyvūnų migraciją.

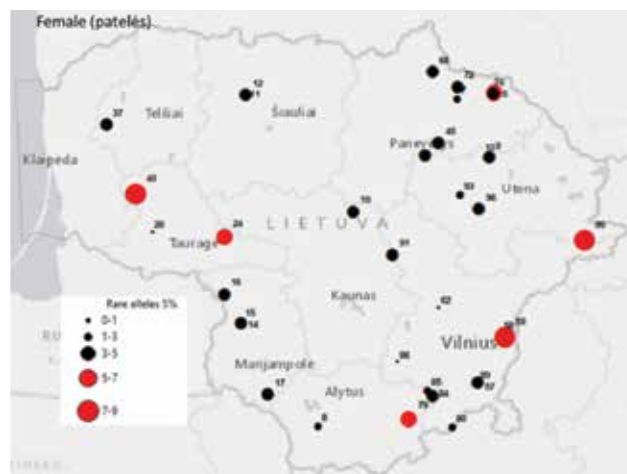
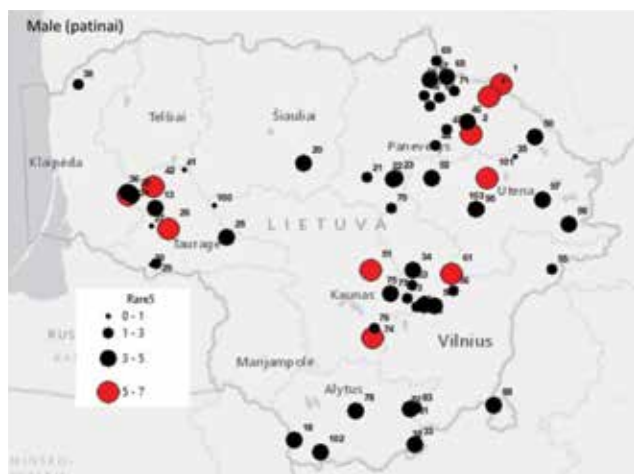
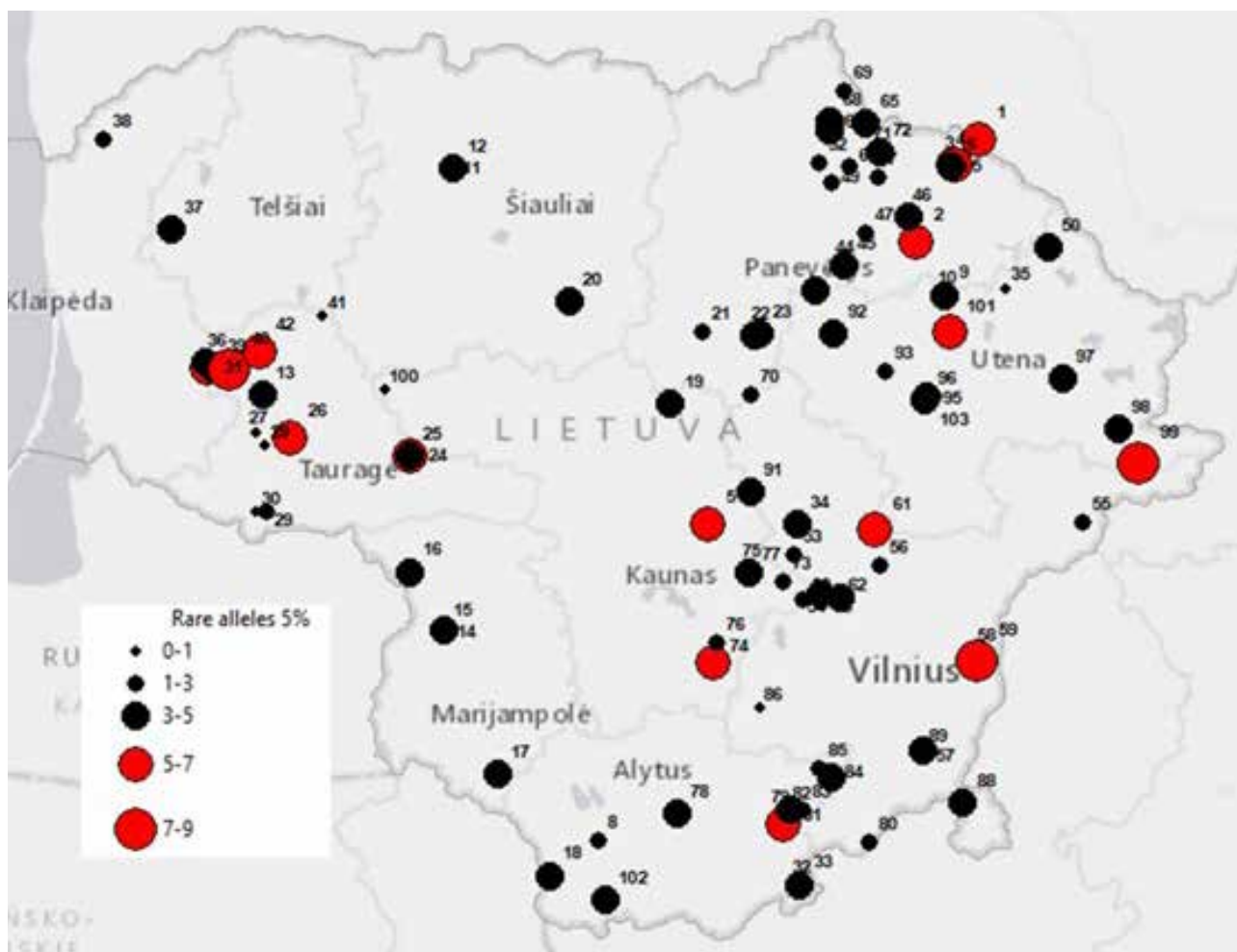


3 pav. Vilkų genetiniams tyrimams naudojami sumedžiotų gyvūnų raumens pavyzdžiai

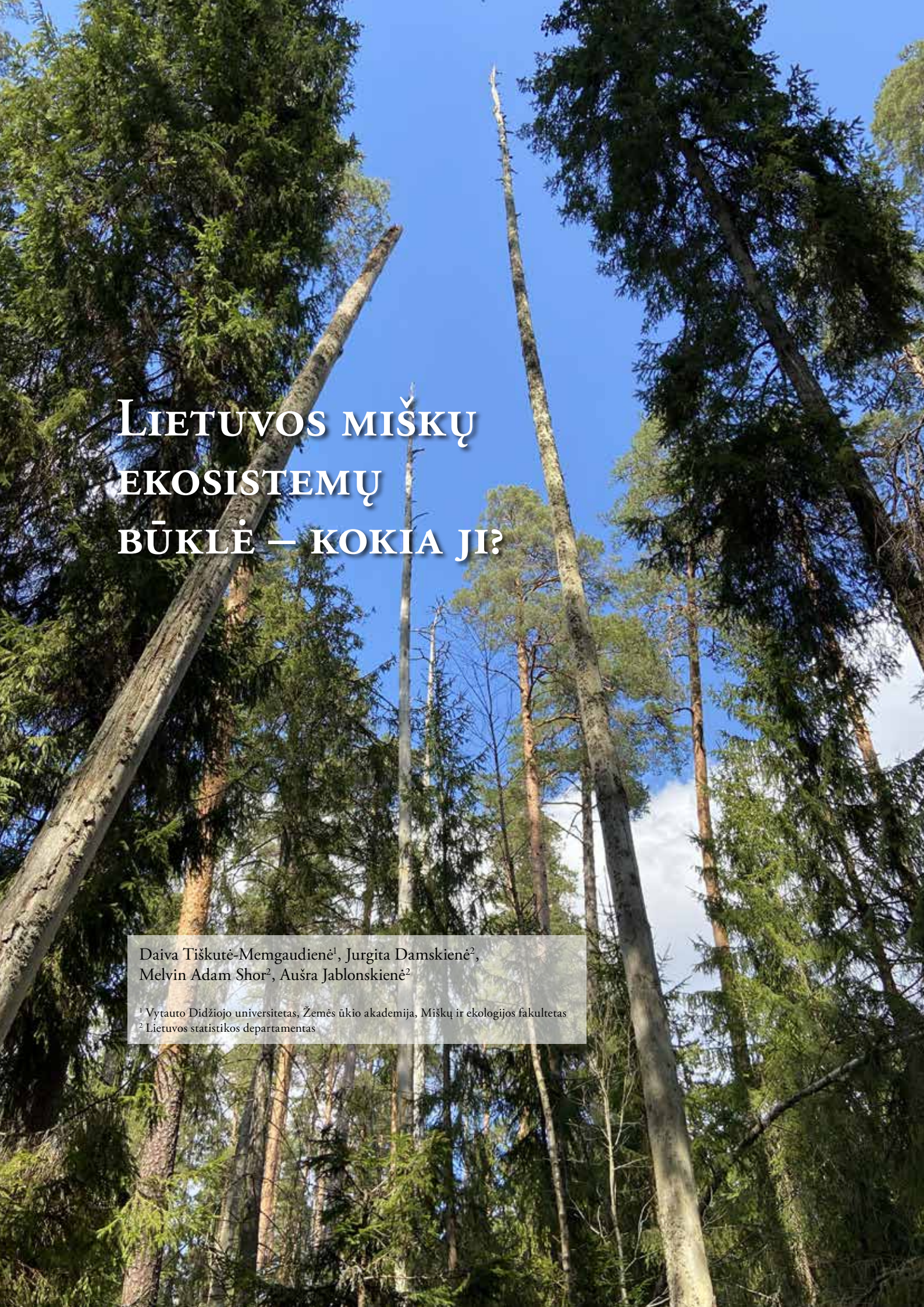
Jeigu pagal DNR nustatoma, kad sesuo sumedžiotą Šiaurės Aukštaitijoje, o jos brolis – Suvalkijoje, tai rodo, kad vilkai ne tik gali migruoti per visą Lietuvą, bet ir įveikti jų kelyje pasitaikančią autostradą ar net Nemuną. Kitas įdomus genetinių tyrimų rodiklis, atskleidžiantis vilkų migraciją, yra retos genų formos, nebūdingos tirtiems Lietuvos teritorijos individams (žr. 4 pav.). Didesnę dalį retų genų formų turintys vilkai ar jų tėvai yra atkeliavę į mūsų šalį iš kito genų baseino. Tokių vilkų daugiausia registruojama Šiaurės rytų Lietuvoje, todėl galima teigti, kad didžiausia vilkų migracija vyksta iš miškingos rytinės Latvijos, geografiškai besisiejantios su Vakarų Rusijos miškų masyvais.

Apskritai Lietuvos vilkų populiacijos genetinės įvairovės rodikliai yra aukšti. Tai rodo, kad vilkų populiacijos bendroje imtyje nėra kryžminimosi tarp giminingų individų. Genų srautas iš šiaurės rytų yra stiprus šio genetinės įvairovės praturtinimo šaltinis (žr. 4 pav.).

Mažas populiacijos dydis gali lemti didesnę hibridizacijos intensyvumą su artimomis rūšimis, jei savos rūšies porų skaičius yra mažas. Tačiau mūsų atveju populiacijos gausa tikrai nėra tokia maža, kad skatintų natūralią hibridizaciją. Galimi ir į gamtą patekę dirbtinės hibridizacijos padariniai. Plačiau apie tai – atskirame šio leidinio straipsnyje.



4 pav. Retų alelių, kurių dažnis visoje 2018 m. sumedžiotų 99 vilkų imtyje mažesnis nei 5 %, geografinis pasiskirstymas Lietuvoje. Taškai žymi vilkų sumedžiojimo vietas 2018 m., jų dydis yra proporcingas retų alelių, rastų šio individo 17 lokusų, skaičiui. Maksimalus individo alelių skaičius mūsų tyrimo 17-oje lokusų yra 34, todėl jei individas turi 5–7 retus alelius, vadinasi, apie 1/3 jo visų alelių yra reti ir jis ar jo tėvai yra migrantai iš tolesnio genofondo populiacijos. Tokie individai žemėlapiuose pažymėti raudonai



LIETUVOS MIŠKŲ EKOSISTEMŲ BŪKLĖ – KOKIA JI?

Daiva Tiškutė-Memgaudienė¹, Jurgita Damskienė²,
Melvin Adam Shor², Aušra Jablonskienė²

¹ Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Miškų ir ekologijos fakultetas

² Lietuvos statistikos departamentas

Geriausiai miškus pažįsta miškininkai, tačiau nemažėja visuomenės susirūpinimas miškų tvarkymu ir apsauga. Ir tai suprantama. Nuo seno miškas laikomas lietuviško identiteto dalimi. Šiuolaikiniame mieste žmogui miškas – tai terapija, kaimo žmogui – kasdienis „reikalas“, teikiantis materialines vertybes malkų pavidalu, miškininkui – darbo laukas, kur reikia pasitelkti ne tik akademines žinias ir ilgametę patirtį auginant mišką ir tvariai jame ūkininkaujant, bet ir numatyti ilgametę perspektyvą, nes miškas, skirtingai nuo pasėlių, pasižymi itin ilgu augimu. Tad nenuostabu, kad miškus lydi kontroversiška priešprieša tarp miškininko, diplomuoto miško auginimo, apsaugos ir tvarkymo specialisto, ir šiuolaikinio žmogaus, susirūpinusio klimato kaita ir idealizuojančio gamtą, o kartu ir mišką. Kokia yra Lietuvos miškų būklė?

Siekiant atsakyti į šį klausimą, Lietuvos statistikos departamentas inicijavo dviejų dalių projektą, kurio tikslas – statistiniu požiūriu įvertinti Lietuvos miškų ekosistemų būklę.

Vykdamas projekto pirmąją dalį „Esamų miškų rodiklių analizė ir bazinio statistinių rodiklių rinkinio pagal ekosistemų būklės rodiklių grupes ir klases parengimas“, buvo išskirta šešiolika rodiklių: senų medynų dalis, retmių dalis, mišrių medynų dalis, natūraliai atsikūrusių medynų dalis, želdintų medynų dalis, vidutinis medynų skalsumas, vidutinio (modalinio) skalsumo medynų dalis, vidutinis medynų tūris, per metus savaime žūvančių medžių tūris, organinės anglies kiekis medynų gyvojoje biomasėje, organinės anglies kiekis paklotėje ir viršutiniame (0–30 cm) dirvožemio sluoksnyje, pelkinių dirvožemių dalis, nusausintų pelkinių dirvožemių dalis, miško žemės ploto pokytis per dešimtmetį, pamiškių tankis, vidutinis atstumas iki artimiausio miško. Šiems rodikliams buvo apskaičiuotos reikšmės: atskaitos tašku tapo 2000-ieji, pabaigos – 2021 m. Kartu kiekvienam miško ekosistemų būklę apibūdinančiam rodikliui buvo apibrėžti atskaitos lygiai (angl. *reference levels*), t. y. nustatyta, kokia rodiklio reikšmė turėtų būti idealiu atveju (angl. *natural*) ir kokia – prasčiausiu atveju (angl. *collapse*).

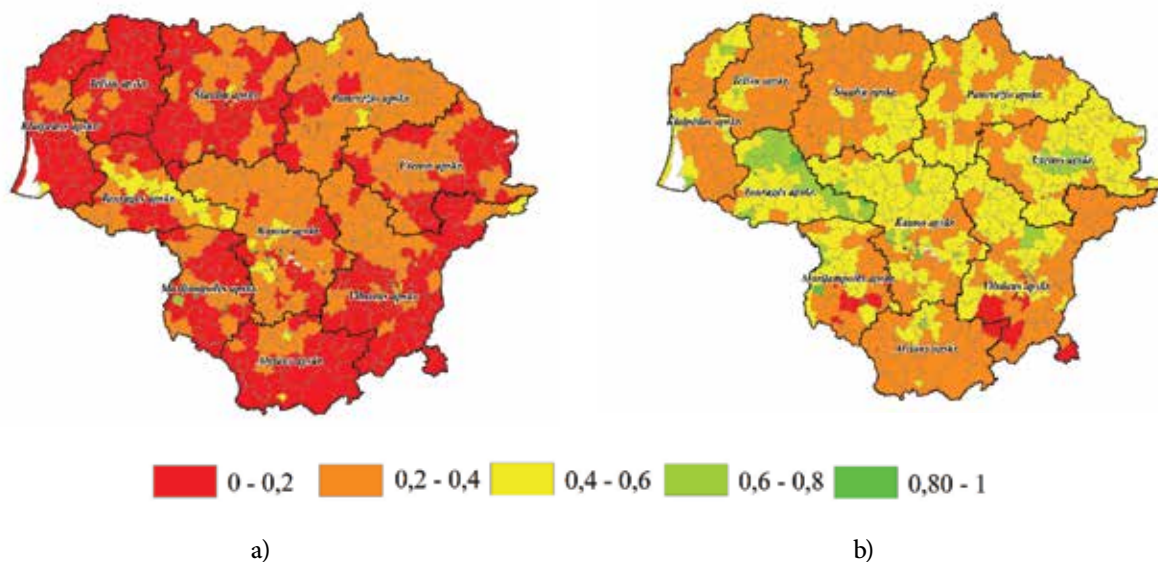
Idealiai miškų ekosistemų būklei prilygintos reikšmės buvo gautos apskaičiavus miškų ekosistemų būklės rodiklius seniausiuose Lietuvos miškuose, kurių danga nesikeitė nuo Antrojo pasaulinio karo, t. y. nuo ~1950 m., ir kuriuose šiuo metu ūkinė veikla nėra vykdoma, t. y. gamtiniuose rezervatuose. Idealios būklės mišku laikytinas toks, kuris yra natūraliai atsikūręs ir senas, su daug žūvančios medienos, pritraukiančios daug vabzdžių, o kartu ir entomofagų, augantis pelkingame dirvožemyje (natūralioje buveinėje), idealiaame miške sukaupia daug anglies tiek biomasėje, tiek paklotėje, generuojami dideli

medienos tūriai, jame yra nemažai retmių, sudarančių patrauklias buveines daugeliui bioįvairovės rūšių, o medynų skalsumas nėra didelis, t. y. patrauklus rekreaciniui požiūriu (panašus į parką), bet kartu modalinių medynų, kurių skalsumas 0,6–0,8, yra daug, pamiškių, kurios vertingos biologinės įvairovės požiūriu, tankis didelis, kraštovaizdyje miškai pasiskirstę fragmentiškai, nenuotolę dideliais atstumais vieni nuo kitų, o miškingumas šalyje ar atskiruose teritoriniuose vienetuose augantis. Žinoma, toks idealaus miško apibūdinimas yra utopinis, nes kai kurie rodikliai nėra suderinami tarpusavyje, todėl akivaizdu, kad idealią miško būklę, t. y. tenkinančią tiek šiuolaikinio žmogaus, tiek miškininko interesus, pasiekti praktiškai neįmanoma.

Naudojant nustatytus atskaitos lygius ir pasitelkus tiesinę transformaciją, baziniai miškų rodikliai konvertuoti į indikatorių reikšmes skalėje 0–1.

Vykdamas projekto antrąją dalį „Miškų ekosistemų būklės indekso nustatymas“, buvo nustatyti parinktų miškų rodiklių svoriai, tam pasitelkus analitinį hierarchinį procesą (angl. *Analytical Hierarchy Process* – AHP). Parenkant ir vertinant svorius, dalyvavo savo srities profesionalai, kurių interesų sritys itin plačios – biologinė įvairovė, ekologinė miškininkystė, miestų miškininkystė, nemedieninės miško ekosistemų funkcijos, miškotvarka, aplinkos užterštumo ir klimato kaitos kompleksiškas poveikis miško ekosistemoms, miškų tvarumas ir globali kaita, geomatika, kraštovaizdžio erdvinė struktūra.

Projekto rezultatai atskleidė, kad miškų ekosistemų būklė šalies mastu yra vidutinė ir per 20 metų pasikeitė nežymiai. Miškų ekosistemų būklė 0–1 intervalo skalėje 2000-aisiais siekė 0,535, o 2021 m. – 0,529. Kas lėmė tokį pokytį? Per nagrinėtą laikotarpį šalyje nežymiai sumažėjo mišrių ir natūraliai atsikuriančių medynų dalis. Kartu sumažėjo vidutinis medynų skalsumas ir vidutinio (modalinio) skalsumo medynų dalis, bet padidėjo vidutinis medienos tūris. Akivaizdu, kad, mažėjant miško įveisimui tinkamų teritorijų plotui, lėtėja ir miškingumo didėjimas. Įdomus faktas, kurį verta paminėti ir pabrėžti – nagrinėjant atskirus rodiklius ir jų reikšmių skirtumus 2000 m. ir 2021 m., nustatyta, kad senų medynų dalis per dvidešimt metų padidėjo net 17,2 proc. (1 pav.) – nuo 20,7 proc. iki 37,9 proc. Tai rodo, kokio miškų kirtimo potencialo miškininkai neišnaudoja, t. y. tvarų, į šiuolaikines realijas ir ateities perspektyvą nukreiptą miškininko požiūrį. Svarbu paminėti, kad po Antrojo pasaulinio karo Lietuvos miškingumas smarkiai išaugo ir šiuo metu nemažai pasodintų miškų jau pasiekė kirtimo amžių, tačiau šie medžiai yra ne kertami, tenkinant visuomenės medienos poreikius, bet paliekami toliau augti.

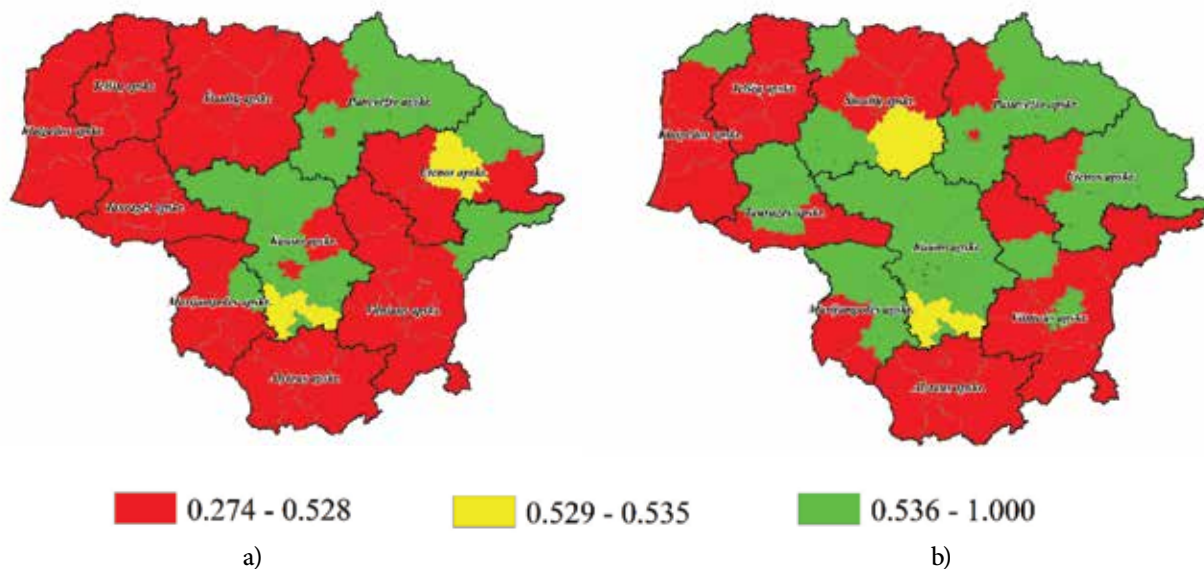


1 pav. Senų medynų dalis seniūnijų lygmeniu intervalo skalėje nuo 0 iki 1: a) 2000 m.; b) 2021 m.

Nors šalies mastu miškų ekosistemų būklė labai nežymiai pablogėjo, atskirose Lietuvos savivaldybėse ji per dvidešimtmetį pagerėjo (2 pav.). Geresnė arba ne prastesnė miškų būklė nei šalies vidurkis per tiriamąjį laikotarpį 2000-aisiais buvo nustatyta keturiolikoje

šalies savivaldybių, o 2021 m. beveik pusėje – dvidešimt aštuoniose.

Projektas yra tęstinis, tad pagal nustatytą metodiką Lietuvos statistikos departamentas miškų ekosistemos būklę planuoja stebėti nuolat.



2 pav. Miškų ekosistemų būklės indeksas (EBI) savivaldybių lygmeniu: a) 2000 m.; b) 2021 m.



Projektas finansuotas Europos Sąjungos lėšomis

Šio projekto turinys atspindi tik autoriaus požiūrį ir už jį atsako tik jis. Europos Komisija neprisiima jokios atsakomybės už jame esančios informacijos naudojimą.

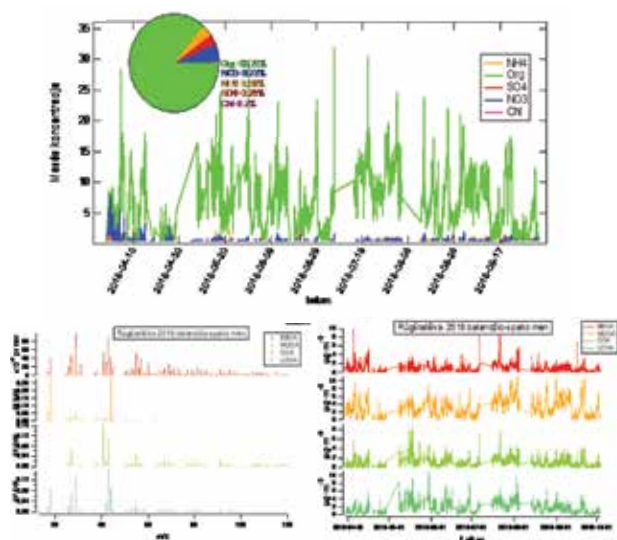


MEDŽIŲ IŠSKIRIAMŲ ANTRINIAI ORGANINIAI JUNGINIAI KAIP STRESĄ PATIRIANČIO MIŠKO INDIKACIJA

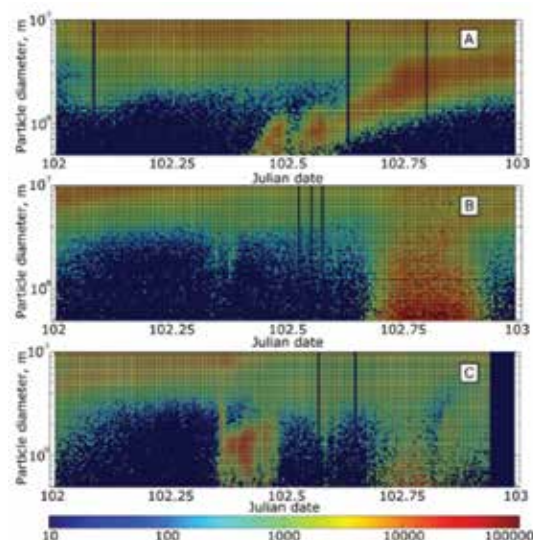
Vidmantas Ulevičius¹, Steigvilė Byčenkienė¹, Julija Pauraitė¹
Algirdas Augustaitis²

¹ Fizinių ir technologijos mokslų centras, Aplinkotyros skyrius

² Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Miškų ir ekologijos fakultetas



1 pav. Organinio aerosolio dalelių komponentų masės koncentracijos eiga, PMF sprendinių masių spektrai ir organinio aerosolio dalelių šaltinių masės koncentracijos eiga



2 pav. Naujų aerosolio dalelių susidarymas

Medžių streso identifikavimas kaip augimo sąlygų neigiamas pokytis tampa vienu pagrindinių pastarojo laikotarpio uždavinių sprendžiant miškų tvarumo problemą. Kai *abiotinių* veiksnių (padidėjęs troposferos ozono lygis, didelis ultravioletinių (UVB) spindulių intensyvumas ir temperatūra, eutrofikacija, karščio ir šalčio bangos, sausra ir perteklinė drėgmė bei jos rūgštingumas) poveikis viršija medžio prisitaikymo galimybių lygį, augalai patiria stresą, kuris pasireiškia fotosintezės ir kvėpavimo procesų sutrikimu. Tai papildomai sąlygoja streso – biologinių lakiųjų organinių junginių (BLOJ, angl. *stress-BVOC*) sintezę. Šie junginiai, reaguodami su atmosferoje esančiais fotocheminiais oksidantais, stipriai veikia biologinių antrinių organinių aerosolio dalelių (BAOAD) susidarymo procesus.

BLOJ ne tik apsaugo medį nuo kenkėjų nepalankiu jam augti laikotarpiu, bet ir reikšmingai sąlygoja oksidacinius ir ozono formavimosi procesus troposferoje bei biogeninių antrinių organinių aerosolio dalelių formavimąsi. Būtent šie procesai tiesiogiai siejami su sausromis, eutrofikacija ir kitais aplinkos streso veiksniais,

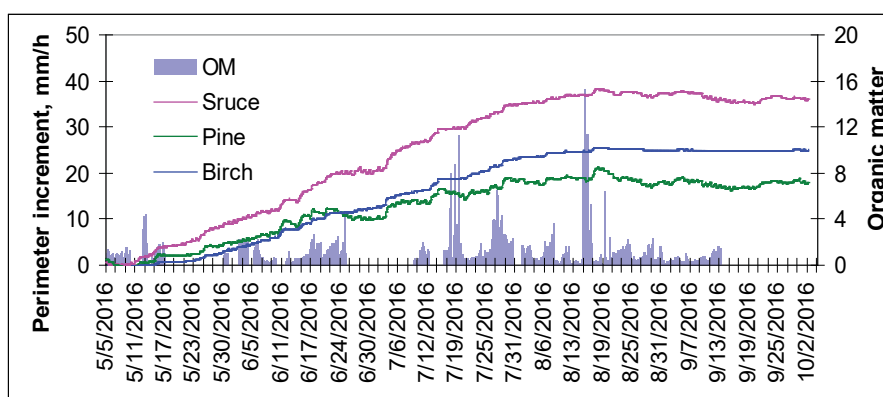
o tai savo ruožtu sąlygoja klimato pokyčius per saulės spindulių sklaidos ir sugerties procesus. Tokiu būdu streso veikiamas medis, bandydamas apsisaugoti nuo kenkėjų, skatina ne tik priežemio ozono formavimąsi, bet ir bendrą klimato šilimą.

Būtent BLOJ tyrimai įgalina vertinti medžių rūšių prisitaikymo prie intensyviai besikeičiančios aplinkos, įskaitant klimatą, potencialą, bet ir per naujausiomis technologijomis pagrįstų specifinių žymenų identifikavimą – miškų būklės kaitos grėsmes. Buvo matuojama „molekulinių žymenų“ koncentracija ore, susijusi su specifiniais streso veiksnių poveikio medžiams procesais Aukštaitijos kompleksiško monitoringo stotyje (KMS).

Nustatyta, kad patirdamas padidėjusios temperatūros ir sausros stresą, kurio metu registruojamas medžio kamieno skersmens susitraukimas, medis į atmosferą emituoja didesnę BLOJ emisiją, tiesiogiai susijusią su BAOAD susidarymu ir koncentracijos padidėjimu. Todėl tyrimų metu išskirtinis dėmesys teko naujų biologinių antrinių organinių aerosolinių dalelių formavimosi mechanizmams miško ekosistemose pažinti.



3 pav. Aukštaitijos KMS aerosolių tyrimo stotis ir Fizikos instituto mokslininkų prietaisas BAOAD matuoti



4 pav. Tirtų medžių perimetro priaugis ir sezoninė atmosferos aerozolio organinių dalelių kaita Aukštaitijos KM stotyje

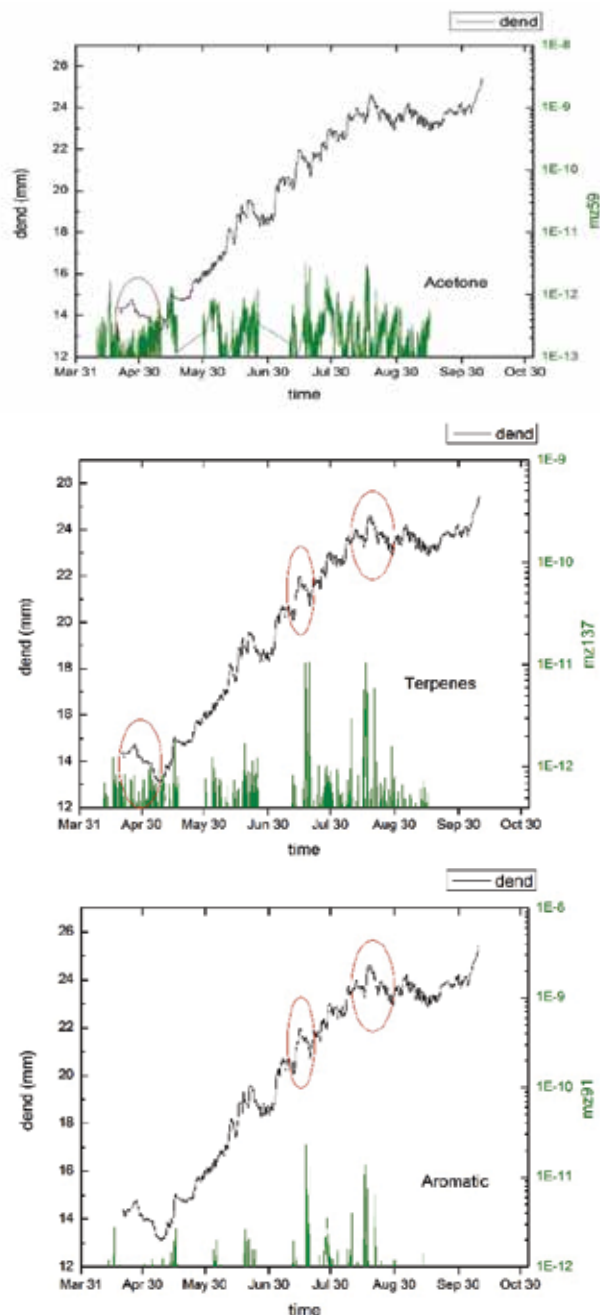
BAOAD koncentracija ir cheminė sudėtis yra tiesiogiai susijusios su medžių emituojamų pirminių BLOJ komponentų (tokių kaip terpenai, izoprenai, gliukozė, manitolis, sorbitolis, arabitolis ir alkanai) koncentracijų kaita. Aukštaitijos KM stotyje didžiausias organinių medžiagų kiekis (79,80 %) BAOAD sudėtyje buvo užregistruotas vasarą (4 pav.). Pavasarį ir rudenį organikos kiekis BAOAD sudėtyje buvo labai panašus (atitinkamai 69,9 % ir 69,2 %). Tokių organikos kiekio sumažėjimą pavasarį sąlygojo fiziologinių procesų sulėtėjimas dėl užsitęsusio šalto oro, o rudenį – dėl sulėtėjusios veiklos. Didžiausius kiekius lėmė nepalankūs medžiams augti meteorologiniai veiksniai, pirmiausia – sausra.

Būtent sausros metu medžiai patiria stresą. Sulėtėja arba visai sustoja medžių augimo procesas, nes tuo metu dalis sukurtų pirminių organinių medžiagų sunaudojama antrinėms organinėms medžiagoms kurti, kurios išskiriamos į aplinką, taip prisidedamos prie neigiamų aplinkos pokyčių sąlygojamos klimato kaitos. Vienas iš jų yra acetonas, kurio koncentracija miške itin sutampa su priaugio sumažėjimu. Tokiu būdu medžiai besisaugojantys patys nuo streso poveikio prisideda prie pažemio ozono susidarymo, o tuo pačiu ir prie klimato šiltėjimo.

Išvados. Vykdoma Nacionalinė mokslo programa miško ekosistemų stabilumo srityje įgalino atskleisti BAOAD formavimosi ir streso paveikto medžio fiziologinių reakcijų ypatumus, lemiančius medžių būklę ir priaugį bei klimato ir oro taršos kaitos potencialo pokyčius. Identifikuoti specifiniai biožymenys miškų būklei diagnozuoti (patento Nr. 6715).

BAOAD masės spektro biogeninių streso žymenų katalogo sukūrimas turėtų tapti tikslaus metodo, skirto nustatyti medžių adaptacinį pajėgumą ir pažeidimo intensyvumą, pagrindu atliekant praktinius miškų būklės tyrimus.

Naujai propaguojami fitoterapijos kursai miškuose turėtų būti atliekami atsižvelgus į esamą miškų būklę ir aplinkos veiksnių poveikį. Stresuojantis miškas nėra tinkama aplinka žmogaus fitoterapijai atlikti.



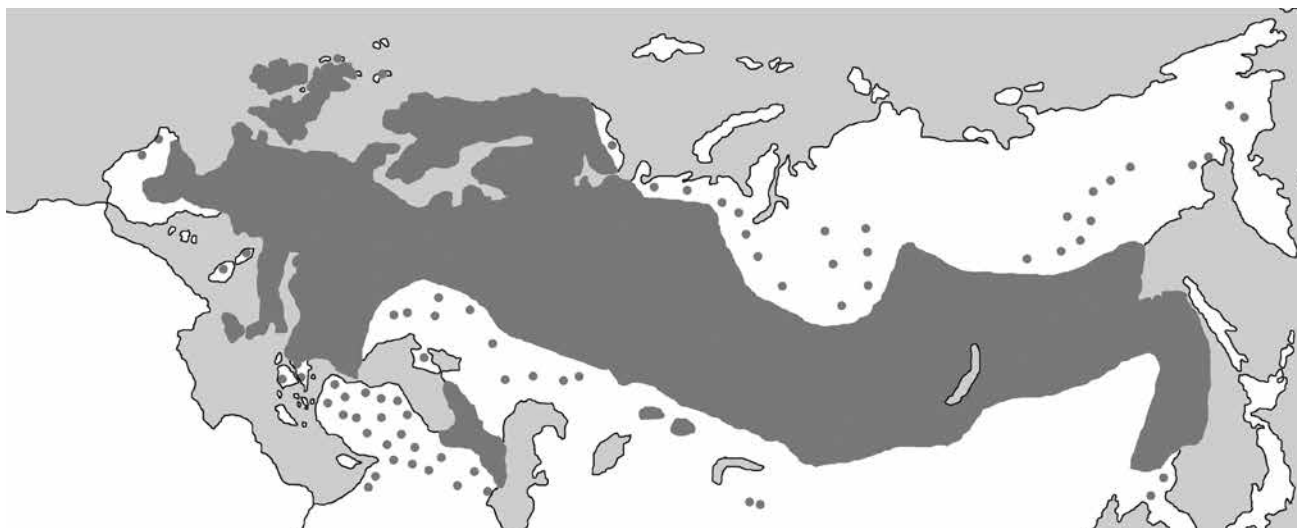
5 pav. Pušies augimo į kamieną apimtį (dend) ir medžių išskiriamų organinių komponentų (mz) acetono valandinė kaita Aukštaitijos KMS

KOKIOS LYTIES LIETUVOJE AUGANTYS DREBULĖS RINKTINIAI MEDŽIAI?

Rita Verbylaitė, Virgilijus Baliuckas,
Aušra Juškauskaitė

Lietuvos agrarinių ir miškų mokslo centras, Miškų institutas





1 pav. Paprastosios drebulės (*Populus tremula* L.) paplitimo žemėlapis (Ozolinčius, 2003)

Paprastoji drebulė – labai plačiai paplitusi medžių rūšis. Kai kurių autorių duomenimis, tai didžiausią arealą pasaulyje turintis medis (Worrell, 1995). Eurazijoje ši rūšis yra dažna borealinėse ir vidutinių platumų miškų ekosistemose.

Lietuvoje paprastųjų drebulių medynai auga 95,6 tūkst. hektarų plote, o tai sudaro 4,6 % miškų ploto. *P. tremula* yra plačiai paplitusios Lietuvoje, tačiau dažniausiai aptinkamos centrinėje šalies dalyje, kur auga derlingose dirvose (Lietuvos miškų statistika, 2021).

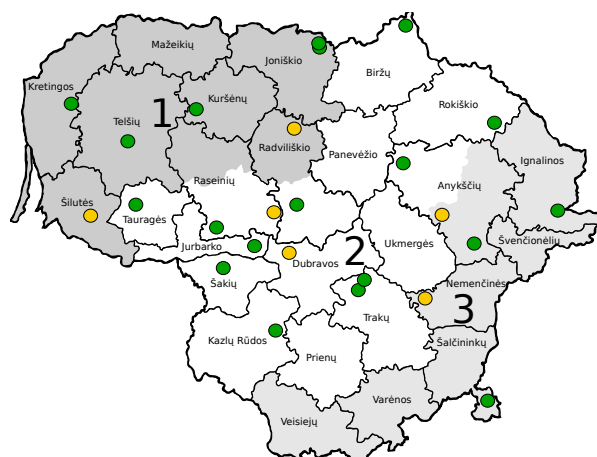
Paprastosios drebulės dažniausiai auga mišriuose medynuose kartu su eglėmis ir beržais, o vienerūšiai medynai aptinkami retai. Drebulė yra pionierinė medžių rūšis, kuri įsikuria apleistose žemės ūkio naudmenose, kirtavietėse ar degavietėse. Esant palankioms sąlygoms, šios rūšies medžiai gali užaugti iki 40 m aukščio, o jų kamieno skersmuo viršyti 1 metrą. Tai sparčiai augantis medis, kurio ekonominė svarba Lietuvoje nėra iki galo išnaudojama, todėl svarbu pradėti šios medžių rūšies selekcijos darbus.

Paprastosios drebulės pasižymi gausiu sėklų derliumi, tačiau sėklinės kilmės palikuonys miškuose sutinkami gana retai. Taip yra dėl kelių priežasčių. Pirmiausia drebulės sėklų derlius įvairiais metais gali skirtis (Reim, 1929). Taip pat nustatyta, kad medynuose dominuoja vyriškos lyties medžiai (Burckhardt, 1870). Pasak Reim (1929), vyriškų / moteriškų medžių santykis yra apie 2:1. Jis netgi yra radęs didesnių nei 1 ha drebulynų, kuriuose augo tik vyriškos lyties medžiai. Skirtingų lyčių drebulės medynuose pasiskirsčiusios labai netolygiai, todėl dėl nepakankamo žiedadulkių kiekio moteriškos lyties medžiai gali išauginti mažo gyvybingumo sėklas. Drebulės sėklos labai mažos ir lengvos. Tūkstančio sėklų svoris svyruoja nuo 0,06

iki 0,14 g (Lagerberg, 1922; Børset ir Haugberg, 1960). Geromis sąlygomis sėklos sudygsta per trumpą laiką, o toliau daigai vystosi gana lėtai (Lagerberg, 1922). Šiuo laikotarpiu sodinukai yra labai jautrūs nepalankioms sąlygoms, tokioms kaip sausra ar augmenijos konkurencija (Moss, 1938). Vėlesniame amžiuje sėklinės kilmės palikuonys pasižymi geresnėmis augimo ir sveikatingumo savybėmis.

Siekiant pradėti tolesnius paprastosios drebulės selekcijos žingsnius Lietuvoje, svarbu tirti ir kryžminti atrinktus pirmos selekcinės grupės medynuose rinktinus medžius. Tam reikia arba veisti rinktinių medžių bandomuosius želdinius, arba įveisti paprastosios drebulės kloninę sėklinę plantaciją, kurioje rinktinių medžių klonai galės kryžmintis tarpusavyje.

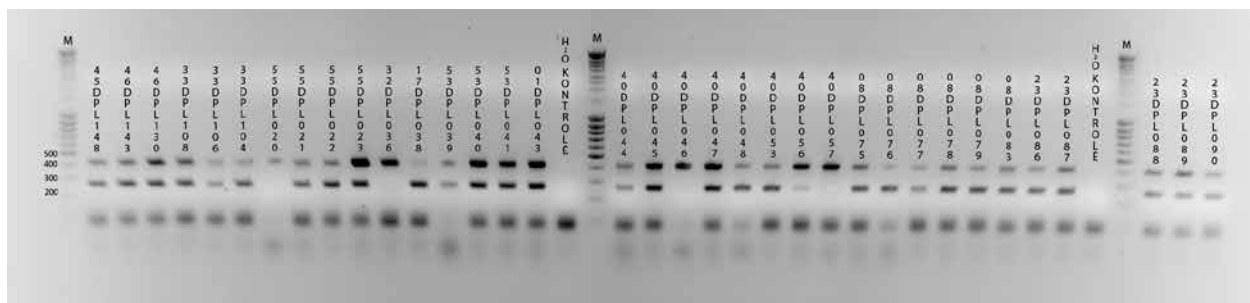
Šio tyrimo tikslas buvo nustatyti Lietuvoje atrinktų rinktinių paprastosios drebulės individų lytį, panaudojant molekulinis metodus.



2 pav. Drebulės kilmės (provenencijų) rajonų žemėlapis ir drebulės rinktinių medžių (pažymėta žaliai) bei potencialių rinktinių medžių (pažymėta geltonai) radavietės. Skaičiai žymi skirtingus drebulės kilmės rajonus

Sėklinei plantacijai veisti ir rinktinių medžių lyčiai nustatyti buvo surinkti visų Lietuvoje esančių drebulės rinktinių medžių medienos mėginiai. Kadangi dauguma drebulės rinktinių medžių yra perbrendę ir pasiekę savo gamtinę brandą bei paveikti kamieno puvinį sukeliančių grybų, kiekviename drebulės kilmės (provenencijos) rajone pirmos selekcinės grupės medynuose buvo pasirinkta po du pribręstančio amžiaus drebulės medynus, kuriuose atrinkti potencialūs rinktiniai medžiai. Šių potencialiai rinktinių medžių medienos mėginiai taip pat įtraukti į lyties nustatymo tyrimus.

Drebulės rinktinių medžių lyčiai nustatyti panaudotas TOZ19 geno žymeklis (Pakull ir kt., 2014). Šiam genui būdingas fragmentas aptinkamas tik vyriškos lyties drebulės medžiuose, moteriškuose jo nėra. Išskirta rinktinių drebulės medžių DNR (pagal Dumolin ir kt. 1995 aprašytą metodiką), buvo pagausinama PGR metodu, o gauti DNR fragmentai atskiriami elektroforezės metu ir vertinami UV šviesoje. Pagal TOZ19 žymeklį nustatyta, kad iš 92 rinktinių medžių tik 14 yra moteriški, visi kiti – vyriški. Elektroforezės gelio nuotrauka su pagausintais fragmentais pateikta 3 pav.



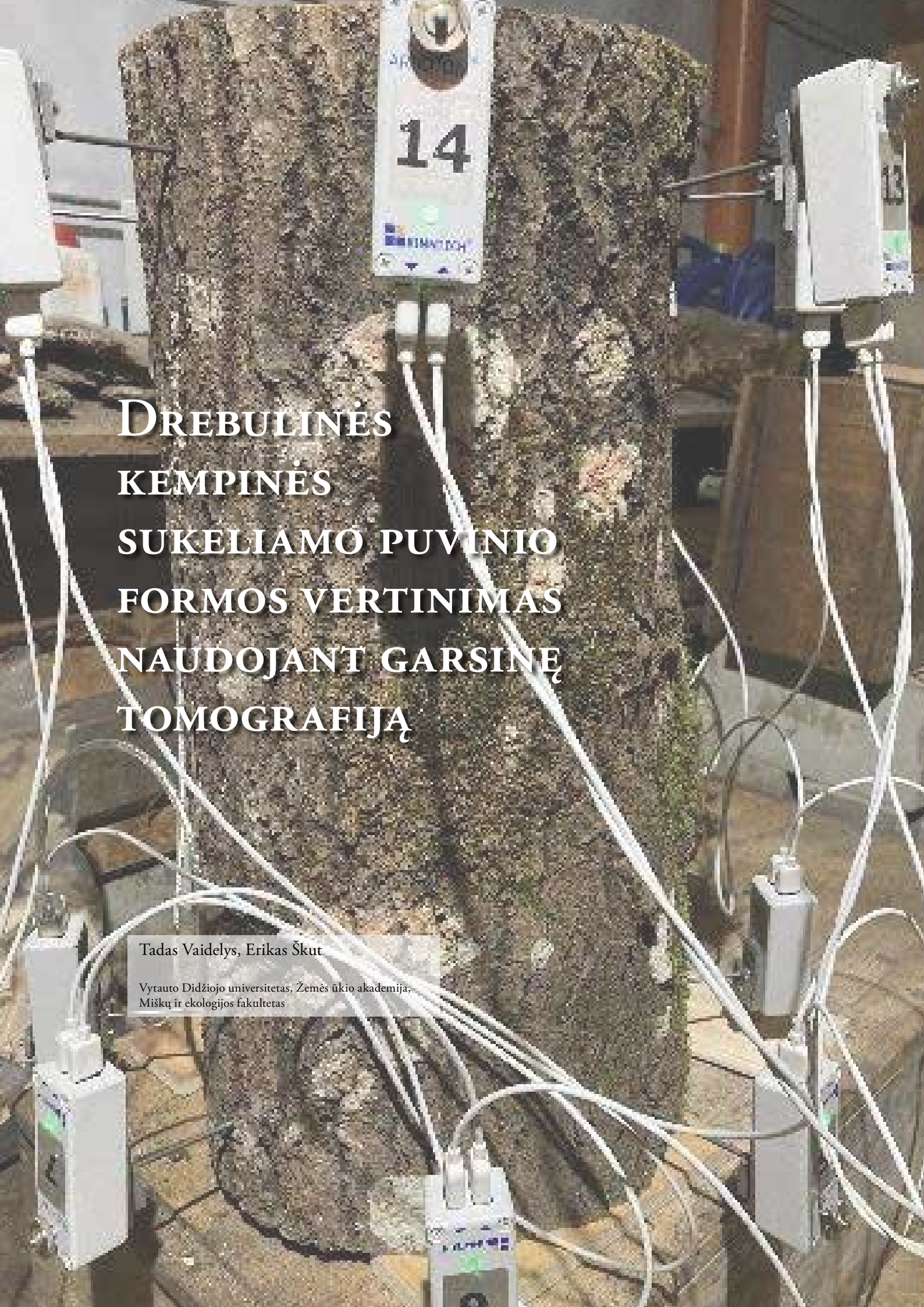
3 pav. Drebulės individų lyties nustatymo naudojant TOZ19 pradmenis agarozės gelio nuotraukos pavyzdys. PCR mėginiai leisti 1,5 % agarozės gelyje. Viršutinė juosta – kontrolinis fragmentas, apatinė – TOZ19 specifinis žymeklis. M – fragmento dydžio žymuo (GeneRuler DNA Ladder Mix, Thermo Fisher Scientific), kairėje pažymėti fragmentų dydžiai

Mūsų gauti tyrimų rezultatai patvirtino kitų autorių duomenis apie drebulės lyčių nevienodą pasiskirstymą medynuose. Tyrimo metu nustatytas žymiai mažesnis (15 % tarp rinktinių medžių ir 20 % tarp potencialiai rinktinių medžių) moteriškų individų kiekis. Moteriškos

lyties medžiai ir geriausiais sveikatingumo požymiais pasižymintys vyriški rinktiniai medžiai iš visų trijų kilmės rajonų bei skirtingų medynų 2022 m. pavasarį buvo paskiepyti. Šie skiepyti medeliai skirti paprastosios drebulės sėklinei plantacijai įkurti.

Literatūra

- Børset, O., & Haugberg, M. (1960). *Ospa (Aspen)*. Det norske skogselskap, Gjøvik, 1–176.
- Burckhardt, A. (1870). *Säen und Pflanzen (Sowing and planting)*. Carl Rümler, Hannover, 4th ed., 449–460.
- Dumolin, S., Demesure, B., Petit, R. J. (1995). Inheritance of chloroplast and mitochondrial genomes in pedunculated oak investigated with an efficient PCR method. *Theoretical and Applied Genetics*, 91, 1253–1256.
- Lagerberg, T. (1922). Om uppdragning av aspröplantor (On the raising of aspen seedlings). *Skogs-vårdsför. tidskr.*, serie A20, 125–143.
- Lietuvos miškų statistika*. (2021). Kaunas: Valstybinė miškų tarnyba.
- Moss, E. H. (1938). Longevity of seed and establishment of seedlings in species of *Populus*. *Bot. Gaz.* 99, 529–542.
- Ozolinčius, R. (2003). *Populus gentis*. In M. Navasaitis, R. Ozolinčius, D. Smaliukas, J. Balevičienė, *Lietuvos dendroflora*. Kaunas.
- Pakull, B., Kersten, B., Lüneburg, J., Fladung, M. (2015). A simple PCR-based marker to determine sex in aspen. *Plant Biol (Stuttg)*, 1, 256–61. doi:10.1111/plb.12217. Epub 2014 Jun 18. PMID: 24943351.
- Reim, P. (1929). *Die Vermehrungsbiologie der Aspen (The regeneration biology of aspen)*. Tartu, 1–60.
- Worrell, R. (1995). European aspen (*Populus tremula* L.): a review with particular reference to Scotland. Distribution, ecology and genetic variation. *Forestry*, 68(2), 93–105.



DREBULINĖS KEMPINĖS SUKELIAMO PUVINIO FORMOS VERTINIMAS NAUDOJANT GARSINĘ TOMOGRAFIJĄ

Tadas Vaidelys, Erikas Škut

Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija,
Miškų ir ekologijos fakultetas

Įvadas

Lietuvoje dauguma drebulių yra pažeistos drebulinės kempinės (1 pav.). Drebulinė kempinė pažeidžia kamieno branduolinę medieną. Kadangi pažeidžiama tik negyva mediena, medžiai gali pasiekti gamtinę brandą (Dabkevičius ir kt., 2006). Vadinasi, saugomuose miškuose tokie medžiai gali puikiai atlikti ekologines funkcijas, o rekreaciniuose – patenkinti poilsiautojų poreikius. Rekreaciniuose miškuose labai svarbus poilsiautojų saugumas. Vadinasi, drebulė puvinio pažeistu kamieniu yra pavojinga žmonių saugumui. Kiek pavojinga kamieno lūžimo atveju, priklauso nuo to, kiek puvins yra išplitęs drebulės kamieno skerspjūvyje. Dažniausiai pažeidimai nebūna dideli (2 pav.), tik centrinėje kamieno dalyje. Kai kuriais atvejais drebulinės kempinės sukeliamas puvinys gali būti išplitęs ir į balaninę (gyvąją) medieną (3 pav.). Tokie medžiai ypač pavojingi lūžimo atveju. Įvertinti tokių medžių būklę geriausiai tinka garsinė tomografija (Deflorio ir kt., 2008).

Garsinė tomografija – mažiausia intervencija pasižymintis diagnostinis puvinio nustatymo metodas (Sandoz, 1994). Tyrimo metu yra maža tikimybė užkrėsti medžius antrine infekcija (Kana ir kt., 2015).



2 pav. Drebulinės kempinės sukeltas puvinys centrinėje kamieno dalyje



3 pav. Drebulinės kempinės sukeltas puvinys išplitęs į balaninę medieną



1 pav. Drebulinės kempinės vaisiakūniai ant drebulės kamieno

Tyrime naudojome akustinę tomografą „Arbotom 3D“ (4 pav.). Tyrimo tikslas – nustatyti garsinio tomografo tikslumą vertinant puvinio formą drebulės kamieno skerspjūvyje.

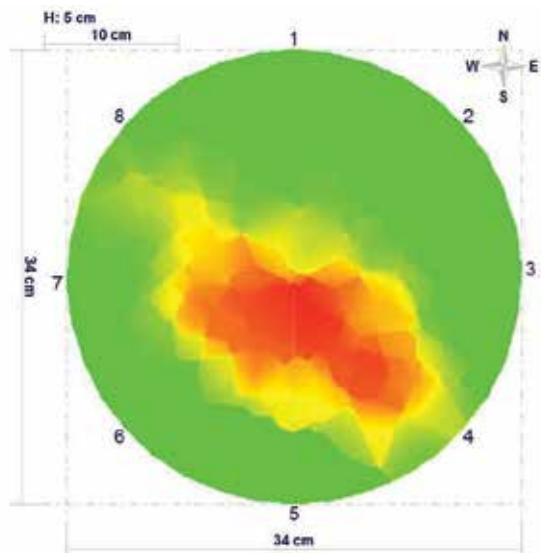
Tyrimo metodika. Puvinio formai vertinti su „ImageJ“ programa kiekviename matuojamame skerspjūvyje, kuriame buvo nustatytas puvinys, imama (x, y) koordinatės 50 taškų, kuriais apribojama kiekviena puvinio figūra, tiek vertinant realų puvinį, tiek išmatuotą garsiniu tomografu (5 pav.) rekomenduojamai ir 550–1050 m/s matavimo skalėms įvertinti.

Gautų puvinio figūrų koordinatės lyginamos tarpusavyje, aiškinantis, kiek išmatuotos garsiniu tomografu yra panašios į realią puvinio formą. Puvinio formos panašumui nustatyti naudojama Prekrustų statistinė analizė, kuri tinka palyginti dviejų figūrų panašumus. Prekrustų statistinė analizė atliekama naudojant „Matlab“ programinę įrangą.

Apdorojus taškų koordinatinių duomenis „Matlab“ programine įranga, panaudojant Prekrustų statistinį metodą, gaunami tokie grafikai (6 pav.), kuriuose pateikiami svarbūs koeficientai d ir ans . d – formos panašumo koeficientas, kintantis nuo 0 iki 1. Kuo koeficientas labiau artėja prie 0, tuo tiriamos figūros yra panašesnės. ans – formos dydžio panašumo koeficientas. Kai šis koeficientas lygus 1, tiriamos formos yra identiško dydžio. Formos panašumo koeficientas d didinamas atitinkamai tiek, kiek yra nutolęs nuo 1 ans koeficientas. Figūros (šiuo atveju puvinio formos) yra panašios tol, kol formos panašumo koeficientas $d \geq 0,35$.



4 pav. Akustinio tomografo davikliai uždėti ant drebulės sortimento



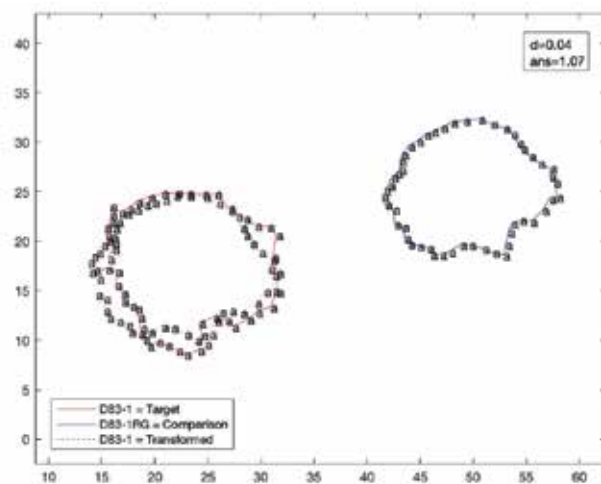
5 pav. Tomografo spalvų skalė (raudona spalva vaizduojamas 3 stadijos puvinys)

Tyrimo rezultatai. Vertinant puvinio išplitimą drebulės sortimento skerspjūvyje, svarbu įvertinti ne tik užimamą puvinio plotą, bet ir ar garsinis tomografas gali identifikuoti puvinio formą ir ją pateikti tyrimo diagramose. Atliekant tyrimą buvo pastebėta, kad daugelis drebulinės kempinės sukiamų puvinų yra netaisyklingos formos (7 pav.). Dalis šių netaisyklingų formų yra su aštriomis briaunomis. Tokią formą tyrime vadiname netaisyklinga aštria (8 pav.).

Pradinėje tyrimo dalyje nuspręsta išanalizuoti puvinio formos nustatymo tikslumą drebulės sortimentuose, neatsižvelgiant į drebulės puvinio formos tipą. Pagal 9 pav. duomenis galime teigti, kad garsinis tomografas puvinio formą tiksliai gali identifikuoti

39 % drebulės sortimentų skerspjūvių, naudojant optimalią matavimo skalę (550–1050 m/s). Naudojant gamintojo rekomenduojamą skalę, puvinio formos identifikuojamos 2 kartus mažesniu tikslumu.

Vertinant puvinio formos tikslumą, priklausomai nuo puvinio formos tipo, galima teigti, kad, norint nustatyti paprastesnes (netaisyklingas) puvinio formas (10 pav.) drebulės sortimentų skerspjūviuose, rekomenduojama naudoti optimalią (550–1050 m/s) matavimo skalę, kurios tikslumas siekia 26 %.



6 pav. Puvinio formos panašumo nustatymas naudojant Prekrustų statistinę analizę, vertinant dviejų figūrų panašumą



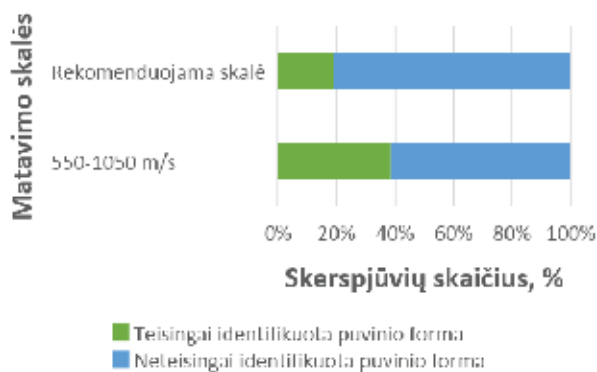
7 pav. Netaisyklingos formos puviniai



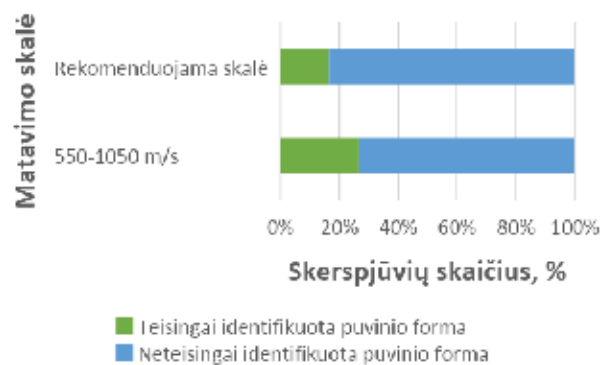
8 pav. Netaisyklingos aštrios formos puviniai

Norint nustatyti sudėtingesnes (netaisyklingas aštrias) puvinio formas (11 pav.) drebulės sortimentų skerspjūviuose, galima naudoti gamintojo rekomenduojamą arba optimalią (550–1050 m/s) matavimo skales. Naudojant abi skales, puvinio formos nustatymo tikslumas panašus, siekia 20–22 %.

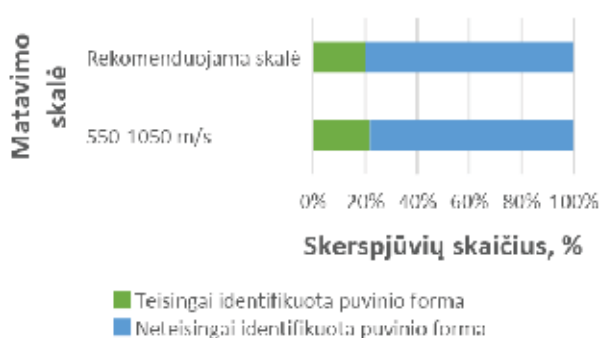
Apibendrinant galima teigti, kad puvinio formą drebulės sortimento skerspjūvyje galima nustatyti tiksliau tik naudojant 550–1050 m/s matavimo skalę. Rekomenduojama gamintojo skalė puvinio formai vertinti netinka.



9 pav. Drebulės sortimentuose išplitusio puvinio formos nustatymo tikslumas priklausomai nuo naudojamos garsinio tomografo matavimo skalės



10 pav. Drebulės sortimentuose išplitusio puvinio formos nustatymo tikslumas priklausomai nuo naudojamos garsinio tomografo matavimo skalės ir puvinio formos tipo (netaisyklinga)



11 pav. Drebulės sortimentuose išplitusio puvinio formos nustatymo tikslumas priklausomai nuo naudojamos garsinio tomografo matavimo skalės ir puvinio formos tipo (netaisyklinga aštri)

Literatūra

- Dabkevičius, Z., Vasiliauskas, A., Žiogas, A. (2006). *Miško fitopatologija*. Kaunas, 238 p.
- Deflorio, G., Fink, S., Francis, W. M., Schwarze, R. (2008). Detection of incipient decay in tree stems with sonic tomography after wounding and fungal inoculation. *Wood Sci Technol*, 42, 117–132.
- Kana, Y., Toshihiro, Y., Yuko, O., Hiroshi, Y., Izumi, T. (22–25 September 2015). Detecting defects in standing trees by an acoustic wave tomography with pseudorandom binary sequence code: simulation of defects using artificial cavity. In, R. J. Ross et al. (eds.), *Proceedings of the 19th International Nondestructive Testing and Evaluation of Wood Symposium* (pp. 542–546). Madison.
- Sandoz, J. L. J. (1994). Valorization of forest products as building materials using nondestructive testing. *Ninth International Symposium on Nondestructive Testing of Wood*, 103–109.



KADAGYS — SVARBUS MIŠKO EKOSISTEMOS KOMPONENTAS

Rasa Vaitkevičiūtė-Balčė

Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija,
Miškų ir ekologijos fakultetas

Ką žinome apie Lietuvos kadagynus?

VDU ŽŪA Miškų ir ekologijos fakulteto, Miško mokslų katedros mokslininkės dr. Rasa Vaitkevičiūtė-Balčės pristatomi nuo 2008 m. Lietuvoje vykdomi paprastojo kadagio (*Juniperus communis* L.) ir jo sudaromų kadagynų bendrijų ekologijos tyrimai Lietuvoje. Per šį laikotarpį ištirta dvylika Lietuvoje augančių kadagynų. Nustatyti jų dendrometriniai rodikliai, būklė, lytiškumas. Pirmą kartą Lietuvoje ir Europoje atlikta dendrochronologinė paprastojo kadagio analizė.



1 pav. Lekt. dr. Rasa Vaitkevičiūtė-Balčė Liūnelio kadagyne

Kodėl šie tyrimai aktualūs?

Paprastasis kadagys (*Juniperus communis* L.) yra charakteringas sausesnių ir mažiau derlingų miško ekosistemų trako augalas. Atvirose vietose kadagiai suformuoja kadagių giraites – ***kadagynus***. Susiformavusios ***kadagynų bendrijos*** Europos Sąjungoje yra priskirtos prie saugomų gamtos objektų. Lietuvoje išskirti du buveinių tipai, kuriuose paprastasis kadagys yra saugoma rūšis – kadagynai ir stepinės pievos.

Ši rūšis užima didelį arealą pasaulyje, pasižymi ekologiniu plastiškumu ir didele populiacijų įvairove. Tačiau ***paprastasis kadagys vis dar yra viena mažiausiai ištirtų spygliuočių rūšių***. O kadagynus išsaugoti įmanoma tik išsiaiškinus pagrindinius aplinkos veiksnius, lemiančius kadagių bendrijų stabilumą ir būklę.

Remiantis Lietuvos nacionalinės miškų inventoriacijos duomenimis, paprastasis kadagys yra labiausiai paplitęs Pietų ir Pietryčių Lietuvos pušynuose, normalaus drėgnumo nederlingose (Nb) miško augavietėse. Kadagynų buveinės susiformuoja net ir labai derlinguose dirvožemiuose.

Nuo 2008 m. autorės atliekami kadagynų tyrimai parodė, kad daugelis Lietuvoje aptiktų kadagynų – nestabilios ekosistemos, yra nykstantys arba blogos būklės. Kadagynų nykimą ir jų atsikūrimo problemas lemia visas kompleksas biotinių, abiotinių ir antropogeninių veiksnių.

Rezultatai

Nustatyta, kad medynai su paprastojo kadagio traku Lietuvoje sudaro 13,4 % visų Lietuvos miškų, o labiausiai paplitę Pietų ir Pietryčių Lietuvos pušynuose (2 pav.). Lietuvoje šiuo metu užfiksuota 15 ir keletas besiformuojančių kadagynų buveinių.

Lietuvos kadagynuose vidutinis individų stiebų skersmuo šaknies kaklelyje siekia 8,7 cm, vidutinis aukštis – 4,0 m. Didžiausias kadagio skersmuo užfiksuotas Pamerkių kadagyne, šaknies kaklelyje siekė 42,0 cm, didžiausias aukštis – Arlaviškių kadagyne – 13,8 m. Seniausias kadagys – 63 m. – augo Pamerkių kadagyne. Seniausias nustatytas Lietuvoje kadagys buvo 118 m. ir augo miško trake Ignalinos r. (3 pav.)



2 pav. Seniausio kadagio Lietuvoje skersmuo šaknies kaklelyje – 5,8 cm, amžius – 118 m.

Lietuvoje 4 kadagynai auga šlaituose. Tai – Vilkokšnio, Margupio, Bradesių ir Arlaviškių. Lėdynmečio paliktuose unikaliuose riedulynuose įsikūrę 2 kadagynai – Šauklių ir Kulalių. Pelkėje auga Sibirijos pelkės kadagynas ir mažesnioji Baluošo kadagyno dalis. Likę kadagynai auga lygiame reljefe.

Didžiausias Lietuvos kadagynas yra Šauklių – 68 ha, antras pagal dydį – Stėgalių (12,6 ha). Jauniausias (29 m.) kadagynas yra Vilkokšnio.



3 pav. Lietuvos kadagynų žemėlapis 2015 m. ir paprastojo kadagio paplitimas miškuose

1 lentelė
Lietuvos kadagynai

Eil Nr.	Kadagyno pavadinimas	Geografinė vietovė	„NATURA 2000“ statusas	Plotas ha	Dirvožemis	Augavietė
1.	Arlaviškių kadagynas	Kauno r. Arlaviškių k.	+	2,6	Giliai glėjiškas, sekliai karbonatingas rudžemis RDk1-g0 (Bathihypogleyi-Epicalcaric Cambisols, CMC-p-gld-w)	Šd
2.	Baluošo kadagynas	Ignalinos r. Šuminų k.	+	4,4	Smėlinis puveningasis šlynžemis GLv-s (Areni-Mollic Gleysol, GLm-ar)	Lc
3.	Bradesių kadagynas	Rokiškio r. Bradesių k.	+	2,2	Giliau glėjiškas, karbonatingasis išplautžemis IDg4-k (Calc-Endohypogleyic Luvisol, LVg-n-w-cc)	Šc
4.	Dubakalnio kadagynas	Jonavos r. Dubelių k.	-	-	Paprastasis smėlžemis SDp (Haplic Arenosol, ARh)	Nc
5.	Kulalių riedulyno kadagynas	Skuodo r. Kulalių k.	+	6,6	Tipingas pasotintasis šlynžemis GLb2 (Orthieutric Gleysol, GLe-o)	Lc
6.	Liūnelio kadagynas	Lazdijų r. Babrų k.	+	1,1	Smėlinis puveningasis šlynžemis GLv-s (Areni-Mollic Gleysol, GLm-ar)	Lc
7.	Margupio kadagynas	Jurbarko r. Išlestakių k.	+	4,5	Sekliai karbonatingas rudžemis RDk1 (Epicalcaric Cambisol, CMC-p)	
8.	Pamerkių kadagynas	Varėnos r. Pamerkių k.	-	~1,5	Nepasotintasis paprastasis smėlžemis SDp-n (Dystri-Haplic Arenosol, ARh-dy)	Nb
9.	Siberijos pelkės kadagynas	Telšių r. Plateliai	+	1,15	Seklieji tarpinės pelkės durpžemiai PDt1 (Pachiterri-Fibric Histosol, HSf-s-ph)	Pb
10.	Stėgalių kadagynas	Varėnos r. Marcinkonių sen.	+	12,6	Paprastasis smėlžemis SDp (Haplic Arenosol, ARh)	Nb
11.	Šauklių riedulynas-kadagynas	Skuodo r. Šauklių k.	+	79	Tipingas pasotintasis šlynžemis GLb2 (Orthieutric Gleysol, GLe-o)	Lb
12.	Užuperkasio kadagynas	Varėnos r. Užuperkasio k.	+	0,88	-	-
13.	Vilkokšnio kadagynas	Trakų r.	+	3,5	Šlaito viršuje – sekliai karbonatingasis rudžemis RDk1 (Epicalcaric Cambisol, CMC-p); šlaito apačioje – stambiažvyris kalkžemis KDK-z (Skeleti-Rendzic Leptosol, LPk-sk)	Šc



3-30-300 TAISYKLĖ LIETUVOS MIESTUOSE?

Remigijus Žalkauskas

Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Miškų ir ekologijos fakultetas

Kauno Ažuolyno parko
fragmentas. 2017 m.

2022 m. vasarą Lietuvoje pradėtos viešos diskusijos dėl žaliųjų erdvių (želdynų, taip pat miesto miškų) normų nustatymo. 2021 m. Gamtinių sprendimų institutas (angl. *Nature Based Solutions Institute*) pristatė 3-30-300 taisyklę miestų miškininkystėje ir miestų želdynų planavime¹. Pagal šią taisyklę gyvenimo kokybei mieste užtikrinti reikia, kad:

3 – kiekvienas gyventojas matytų pro savo langą bent 3 medžius;

30 – žaliųjų erdvių kiekvienoje kaimynystėje / kvartale turėtų būti ne mažiau kaip 30 % (miesto karščio salų vėsinimo, palankaus mikroklimato palaikymo ekosisteminės paslaugos, socialinis bendravimas atvirose erdvėse ir t. t.);

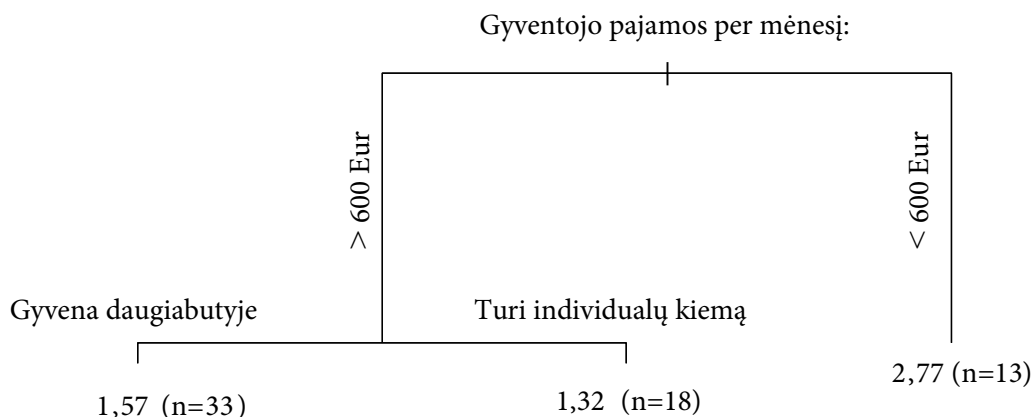
300 – ne didesnis kaip 300 metrų atstumas (5 minutės pėsčiomis) nuo gyvenamosios vietos iki daigafunkcinės žaliosios erdvės, ne mažesnės kaip 1–2 ha. Žaliųjų erdvių (želdynų, miškų) pasiekiamumas iki 300 m (JAV iki 0,5 mylios atstumu (iki 10 min. pėsčiomis)) užtikrina sąlygas dažniau lankytis miesto gyventojams, palankų poveikį (gretimų teritorijų vėsinimas ir pan.), žaliąją erdvę pasiekiamą pėsčiomis (klimatui neutralus pasiekiamumas).

Šios taisyklės taikymo svarba ypač išryškėjo pandemijos laikotarpiu, svarbi vykdant miesto žalinimo politiką ir t. t. Įvairių šalių moksliniais tyrimais įrodytos netoliese esančių / pasiekiamų žaliųjų erdvių sąsajos su geresne miesto gyventojų psichine sveikata, didesniu fiziniu aktyvumu². 300 m atstumas laikomas tipišku slenksčiu, nuo kurio žaliosios erdvės lankomumas, kartu ir jų atliekamų ekosisteminių paslaugų vertė mažėja. Ne mažiau svarbi tikslingai suplanuota erdvėje žaliąją infrastruktūrą: net ir esant mažesniems žaliųjų erdvių plotams, racionaliai išdėstyta žaliųjų erdvių sistema gali užtikrinti žaliųjų erdvių ekosistemines paslaugas didžiąjai daliai miesto gyventojų. Atskiri miestai savo strategijose yra įtraukę siekį užtikrinti, kad didžioji dauguma miesto gyventojų gyventų ne toliau nei 300 m

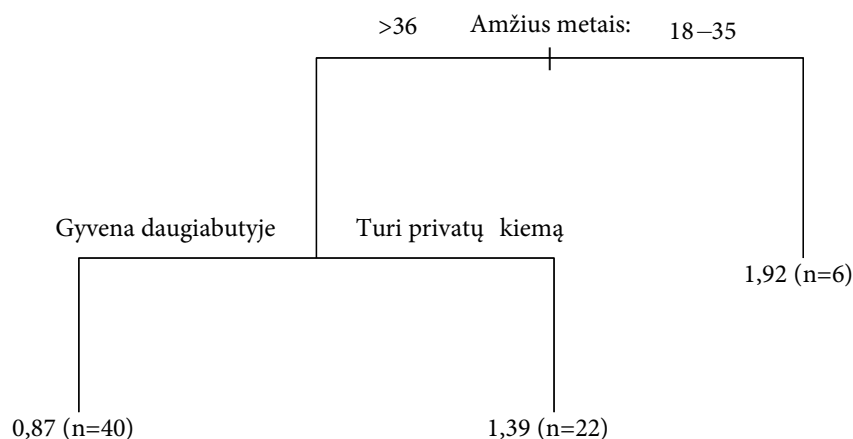
nuo žaliųjų erdvių. 100 daugiausia gyventojų turinčių JAV miestų reitinguojami, kaip šios žaliosios erdvės atitinka miesto gyventojų poreikius, taikant *ParkScore*^{3*} indeksą. Žaliųjų erdvių poreikis pagrindžiamas atsižvelgus į poilsui pritaikytų parkų pasiekiamumą, gyventojų tankį, vaikų tankį (aktualu sprendžiant vaikų antsvorio problemą), pajamas (skurdžiau gyvenantiems lankymas šalia esančių žaliųjų erdvių kompensuoja sveikatingumo centrų lankymą, o tai mažina socialinę nelygybę sveikatos srityje), miesto karščio salas (miesto prisitaikymą prie klimato kaitos), „žaliąsias klases“ šalia mokyklų ir t. t. Vidutinis (mediana) miško parko plotas didinamas sujungiant šiuos parkus.

Pasaulio sveikatos organizacija rekomenduoja aktyvią fizinę veiklą žaliosiose erdvėse: 4 kartus per savaitę po 40 min. (4:40 taisyklė). Ar Lietuvoje miestų gyventojams sudaromos palankios sąlygos lankyti žaliąsias erdves?

Dar prieš pandemiją Miškų ir ekologijos fakultete buvo atliekami panašūs žaliųjų erdvių (įskaitant miesto miškus) išsidėstymo ir jų atitikimo miesto gyventojų reikmėms Lietuvoje tyrimai. Remiantis Lietuvos Respublikos aplinkos ministerijos užsakymu (Miško mokslo darbo sutarties Nr. VPS-2014-14SBMŪRP) 2015 m. vykdytos socialinės miesto gyventojų (400 respondentų) apklausos rezultatais, iki 50 m atstumu iki miško parko gyvenantys tuo metu lankėsi vidutiniškai 3,25 karto per savaitę, su sąlyga, kad pats miško parkas / želdynas buvo su tinkama rekreacine infrastruktūra, tinkamai prižiūrima rekreacine gamtine aplinka. Tuo tarpu miško parkas, želdynas, esantis toliau kaip 50–300 m atstumu nuo gyvenamosios vietos, mažesnes pajamas gaunančiųjų buvo lankomas dažniau (iki 2,77 karto per savaitę) (1 pav.). Žaliosiose erdvėse, nutolusiose 301 m – 1 km atstumu, dažniau (vidutiniškai 1,92 karto per savaitę) lankėsi fiziškai aktyvesni, vaikus auginantys 18–35 m. respondentai (2 pav.).



1 pav. Miesto gyventojų, gyvenančių 51–300 m atstumu iki žaliųjų erdvių (įskaitant miestų miškus), lankomumas (kartais per savaitę), priklausomai nuo kitų aplinkos veiksnių. Taikytas medžio regresijos modelis siekiant suskirstyti duomenis į vienasrūšių poaibius, atsižvelgus į aplinkos sąlygų kontekstą, n respondentų skaičius išskirtoje grupėje



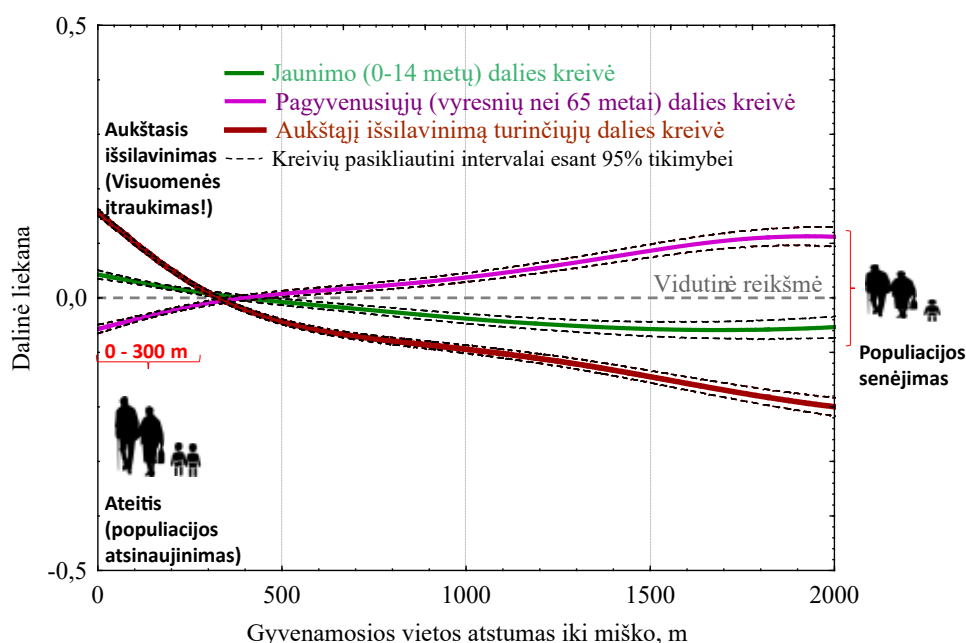
2 pav. Miesto gyventojų, gyvenančių 301 m – 1 km atstumu iki žaliųjų erdvių, lankomumas (kartais per savaitę), priklausomai nuo kitų aplinkos veiksnių

Rezultatai taip pat patvirtina, kad individualus kiemas neatstoja viešosios žaliosios erdvės, o žaliųjų erdvių pasiekiamumas taip pat aktualus ir individualius kiemus turintiems gyventojams. 1–2 km nutolusius parkus dažniau lankė (vidutiniškai 1,5 karto per savaitę) mažesnes pajamas gaunantys gyventojai. 2 km ir labiau nutolusius parkus dažniau lankė (apie 1 kartą per savaitę) daugiabučių gyventojai, neturintys kolektyvinio sodo ar sodybos. Poreikį turėti arčiau žaliosios erdvės išsakė respondentai, gyvenantys 300 m – 1 km atstumu.

Kitas tyrimas atliktas 2019 m. remiantis 2011 m. gyventojų surašymo duomenimis ir Miškų kadastro duomenimis, kuomet perdengus informacinius sluoksnius įvertinta, kad tankiau apgyvendintose teritorijose (15 ir daugiau gyventojų ha) gyvenamosios vietos nuo miškų nutolusios vidutiniškai 600 m. Perspektyviausios

gyvenamosios zonos mieste yra tos, kurios nutolusios nuo miškų iki 300–400 m atstumu. Šiai zonai būdinga didesnė gyventojų su aukštuoju išsilavinimu dalis, vis labiau išitraukiančių į sprendimų priėmimą žaliųjų erdvių klausimais, palankesnis jaunų ir pagyvenusių gyventojų santykis (3 pav.). Gyvenamosiose teritorijose, nutolusiose nuo miškų 1–2 km atstumu, stebima populiacijos senėjimo tendencija.

Apibendrinant rezultatus galima patvirtinti, kad Lietuvoje, peržiūrint miestų žaliųjų erdvių normas, taip pat svarbūs visuotinai pripažinti žaliųjų erdvių pasiekiamumo rodikliai, kaip gyventojų, gyvenančių iki 300 m atstumu iki žaliosios erdvės, dalis. Nustatant žaliųjų erdvių poreikį, ne mažiau svarbu įvertinti ir kitus socialinius veiksnius, gerinti lankomumą užtikrinant žaliųjų erdvių rekreacinės aplinkos kokybę, vystyti miestų-priemiesčių miškininkystę.



3 pav. Socialinių grupių pasiskirstymas Lietuvos miestuose priklausomai nuo gyvenamosios vietos atstumo iki miško. Taikytas GAM modelis eliminuojant gyventojų tankumo įtaką

QUO VADITIS, SILVAE?

MIŠKOTYROS MOKSLINIAI TYRIMAI IR STUDIJOS

Mokslo straipsnių rinkinys

Sudarytojai *Darius Danusevičius ir Gintautas Mozgeris*

Redagavo *Auksė Gasperavičienė*

Dizaineris ir maketuotojas *Darius Jelenskis*

2022 09 01 Tiražas 150 egz. Užsakymo Nr. K22-036

Išleido

Vytauto Didžiojo universitetas
K. Donelaičio g. 58, LT-44248 Kaunas
www.vdu.lt | leidyba@vdu.lt

Spausdino

UAB „Vitae Litera“
Savanorių pr. 137, LT-44146 Kaunas
www.tuka.lt | info@tuka.lt