

Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro filialas  
MIŠKŲ INSTITUTAS  
Miško genetikos ir selekcijos skyrius

# BEKOČIO AŽUOLO ATSIKŪRIMO ĮVERTINIMAS TRAKO MIŠKO BEKOČIO AŽUOLO GENETINIAME DRAUSTINYJE

Sutarties Nr. CN E-24

2025 metų mokslinė ataskaita

Užsakovas: Lietuvos Respublikos Aplinkos ministerija

Instituto direktorius

dr. Marius Aleinikovas

Miško genetikos ir selekcijos  
skyriaus vedėjas

dr. Virgilijus Baliuckas

Darbo vadovas

dr. Girmantė Jurkšienė

Kaunas-Girionys, 2025

Recenzentas: VĮ Valstybinių miškų urėdijos Medelynų padalinio specialistas Valmantas Kundrotas  
.....

Darbo vadovo adresas: LAMMC Miškų institutas  
Miško genetikos ir selekcijos skyrius  
Liepų 1, Girionys  
LT-53101 Kauno r.  
Tel.: +370 651 47155  
El. paštas: girmante.jurksiene@lammc.lt  
Internetas: <https://www.lammc.lt/lt/>

## **Vykdytojų sąrašas**

vyriausiasis mokslo darbuotojas dr. Virgilijus Baliuckas – klausimo apžvalga, metodikos parengimas, duomenų rinkimas, duomenų statistinė ir dalykinė analizė, lentelių ir grafikų parengimas, ataskaitos rašymas;

vyriausioji mokslo darbuotoja dr. Jūratė Aleinikovienė – metodikos augaviečių tikslinimui parengimas, duomenų rinkimas, analizė, ataskaitos rašymas;

vyresnysis mokslo darbuotojas dr. Darius Kavaliauskas – metodikos DNR analizei parengimas, ir rezultatų apibendrinimas; ataskaitos rašymas;

mokslo darbuotoja dr. Girmantė Jurkšienė – klausimo apžvalga, metodikos parengimas, duomenų rinkimas, duomenų statistinė ir dalykinė analizė, lentelių ir grafikų parengimas, ataskaitos rašymas;

mokslo darbuotoja dr. Jurata Buchovska – DNR mėginių paruošimas ir jų analizė;

mokslo darbuotojas dr. Raimundas Petrokas – ažuolų būklės vertinimas;

jaunesnioji mokslo darbuotoja dr. Aušra Juškauskaitė – ažuolų būklės vertinimas, duomenų rinkimas, dalykinė analizė, ataskaitos rašymas.

doktorantė Ilona Kavaliauskienė – DNR mėginių paruošimas ir jų analizė;

## Referatas

Mokslinio tiriamojo darbo "Bekočio ąžuolo atsikūrimo įvertinimas Trako miško bekočio ąžuolo genetiniame draustinyje" ataskaitą sudaro 72 puslapiai, tame tarpe 17 lentelių ir 40 paveikslų.

Darbo tikslas – identifikuoti bekočio ąžuolo individus ir jo hibridus Trako miško bekočio ąžuolo genetiniame draustinyje (kodas Genetinių miško medžių informacinėje sistemoje – 03AbGD001), panaudojant DNR žymenis, įvertinti ąžuolų būklę, atsikūrimo galimybes ir plėtrą, sudaryti tikslią bekočio ąžuolo individų ir jų hibridų augimo schemą, pažymėti juos natūroje.

Tyrimo metu genetiniame bekočio ąžuolo draustinyje identifikuoti visi ten augantys ąžuolai bei sužymėti aliuminio etiketėmis. Nustatyta jų rūšis, kiekis, būklė pagal selekcinis požymius bei nustatyta jų perspektyva pirmajame arde ir pomiškyje. Atrinktos referencinės brandžių ąžuolų ir pomiškio ąžuoliukų grupės (po 50 individų brandžių ąžuolų ir pomiškio ąžuoliukų) pagal morfologinį rūšinį skirstymą ir atlikta jų identifikacija DNR žymenų pagalba.

Bekočio ąžuolo genetiniame draustinyje iškasti 7 profiliai augaviečių patikslinimui, ne draustinio vietose augavietės buvo tikslinamos mineralinius dirvožemius zonuojant. Vertinant Trako miško būklę miškas buvo suskirstytas į dešimt transektų pagal šiaurės platumą kas 300 m ir kas 100 m eilėse buvo išskiriami laikini 10 m skersmens bareliai, kuriuose buvo nustatyta pirmojo medžių ardo rūšinė sudėtis, vyraujanti rūšis, medyno mišrumas, glaudumas, 2 ardo rūšinė sudėtis, pomiškio rūšinė sudėtis, trako sudėtis bei padengimas bei žolinės dangos padengimas.

Paruoštos rekomendacijos, kur tikslinga saugoti bekotį ąžuolą, įvertintos jo atsikūrimo draustinyje galimybės ir parengtos draustinio atkūrimo priemonių rekomendacijos. Taip pat įvertintos Trako miško bekočio ąžuolo genetinio draustinio plėtros galimybės Trako miške, nurodant taksacinius sklypus ar jų dalis, bei nustatytos šios medžių rūšies platinimo galimybės šalies teritorijoje.

**Turinį žymintys žodžiai:** paprastasis ąžuolas, bekotis ąžuolas, tarprūšiniai hibridai, morfologiniai požymiai, DNR žymenys, augavietės, dirvožemio profiliai, selekciniai požymiai, būklė.

## Turinys

1	ĮVADAS.....	6
1.1	Aplinkos ir struktūriniai kintamieji, lemiantys ąžuolo atsikūrimo efektyvumą .....	7
1.2	Artimos gamtai miškininkystės taikymas ąžuolo atsikūrimui .....	8
1.3	Istoriniai aspektai.....	9
2	METODIKA .....	14
2.1	Tyrimų objektas .....	14
2.2	Bekočio ąžuolo individų ir jo hibridų Trako miško bekočio ąžuolo genetiniame draustinyje identifikavimas bei jų kiekio, būklės ir perspektyvos pirmajame arde nustatymas.....	15
2.3	Trako miško būklės ir dirvožemio savybių įvertinimas .....	15
2.3.1	Trako miško būklės vertinimas .....	15
2.3.2	Trako miško dirvožemių vertinimas .....	16
2.4	Brandžių ir pomiškio ąžuolų identifikacija DNR tyrimais .....	17
2.4.1	Paprastojo ir bekočio ąžuolų genetinio tyrimo medžiaga .....	17
2.4.2	DNR tyrimo metodai.....	17
2.4.3	DNR išskyrimo protokolas .....	18
2.4.4	Statistinės analizės metodai .....	19
3	REZULTATAI .....	22
3.1	Bekočio ąžuolo genetinio draustinio ąžuolų kiekis, būklė bei perspektyvos pirmajame arde .....	22
3.2	Ąžuolo rūšių ir tarprūšinių hibridų paplitimas Trako miške.....	26
3.3	Bekočio ąžuolo medyno atsikūrimo Trako miške vertinimas pagal dirvodaros procesus .....	34
3.4	DNR tyrimai.....	46
3.4.1	DNR lokusų charakteristika .....	46
3.4.2	Genetinė įvairovė tarp originalių fenologiniu/morfologiniu pagrindu atrinktų paprastojo ir bekočio ąžuolų 50 individų grupių .....	47
3.4.3	Genetinė diferenciacija tarp originalių fenologiniu/morfologiniu pagrindu atrinktų paprastojo ir bekočio ąžuolų 50 individų grupių .....	48
3.4.4	Hibridizacija .....	50
3.4.5	Genetinės įvairovės palyginimas tarp paprastojo, bekočio ąžuolų grupių ir jų hibridų .....	52
3.4.6	Genetinė diferenciacija ir struktūra .....	54
3.4.7	Apibendrinimas .....	56
4	PRAKTINĖS REKOMENDACIJOS.....	58
4.1	Trako miško bekočio ąžuolo genetinio medyno išsaugojimo rekomendacijos .....	58
4.2	Dauginamosios medžiagos ruošos rekomendacijos .....	59
4.3	Bekočio ąžuolo plėtos galimybės Trako miške .....	64
4.4	Bekočio ąžuolo plėtos galimybės kituose Lietuvos rajonuose .....	69
5	Išvados.....	70
6	Literatūros šaltiniai .....	73
7	Priedai.....	80

## 1 ĮVADAS

Paprastasis ir bekotis ąžuolai laikomi svarbiomis būsimų mišrių medynų sudedamosiomis dalimis, siekiant pritaikyti Europos miškus prie klimato kaitos (Jensen ir kt. 2009; Frischbier ir kt. 2019).

Paprastasis ir bekotis ąžuolai paprastai auga skirtingomis natūraliomis sąlygomis (1.1 lentelė). **Paprastajam ąžuolui** (*Quercus robur* L.) augimui reikalinga gera drėgna dirva: gilus juodžemis, priemolis. Jis mėgsta augti nerūgščiuose ir neužmirkusiuose vidutinio derlingumo bei derlinguose giliuose priemoliuose bei priesmėliuose, turinčiuose magnio, kalcio, azoto, kalio. Nereiklus oro drėgmei ir jautrus vandens pertekliui. Tuo tarpu **bekotis ąžuolas** (*Q. petraea* (Matt.) Liebl.) pakenčia skurdesnes aplinkos sąlygas, mažiau reiklus maistinėms medžiagoms, prisitaikęs augti lengvesnėse mažiau derlingose, rūgštesnėse ir sausesnėse augavietėse nei paprastasis (Eaton ir kt. 2016). Sunkiose dirvose jis pralaimi konkurencinę kovą paprastajam ąžuolui. Tačiau augavietėse, kur yra optimalios augimo sąlygos, ąžuolai konkuruoja su kitomis medžių rūšimis. Todėl natūraliomis sąlygomis ąžuolai dažnai aptinkami vietose, kuriose vandens sąlygos yra šiek tiek ekstremalesnės. Paprastasis ąžuolas gali augti ir drėgnuose ir šlapiuose dirvožemiuose, kartais gali atlaikyti ir potvynius (Dreyer 1994; Alaoui-Sossé ir kt. 2005; Bourtsoukidis ir kt. 2014). Šiose vietose esantis dirvožemis dažnai yra bazinis ir maistingų medžiagų turintis priemolio arba molio dirvožemis. Tuo tarpu bekotis ąžuolas dažnai randamas gerai nusausuose sekliuose, akmenuotuose ir uolėtuose, sausuose dirvožemiuose, nes ši rūšis yra jautresnė aukštam gruntinio vandens lygiui ir užsilaikančiai drėgmei (Schmull ir Thomas 2000), taip pat yra labiau tolerantiškas sausrui (Bréda ir kt. 1993). Klimato požiūriu paprastasis ąžuolas turi platesnę amplitudę nei bekotis ąžuolas. Nors abi rūšys yra gerai prisitaikiusios prie Atlanto, sub-Viduržemio jūros klimato su švelniomis žiemomis, tik paprastasis ąžuolas gerai auga jūrinio ir žemyninio klimato sąlygomis. Todėl paprastasis ąžuolas randamas toliau į rytus, šiaurę ir pietus nei bekotis ąžuolas. Bavarijoje paprastasis ąžuolas auga iki 970 m a.s.l., kur bekotis ąžuolas siekia tik 715 m a.s.l. (Annighöfer ir kt. 2015). Tačiau, neskaitant ekstremalių vietovės sąlygų, abi ąžuolų rūšys dažnai aptinkamos viena šalia kitos daugelyje Vidurio Europos regionų (Parelle ir kt. 2007). Abiem rūšims būdinga tai, kad jos, palyginti su kitomis Europos medžių rūšimis, yra gana reiklios šviesai, todėl laikomos tik vidutiniškai atspariomis užtamsinimui (Annighöfer ir kt. 2015).

**1.1 lentelė.** Paprastojo ir bekočio ąžuolų ekologinės charakteristikos

<b>Q. robur</b>	<b>Q. petraea</b>	<b>Literatūros šaltiniai</b>
Didesnis šviesos poreikis	Mažesnis šviesos poreikis	Sandurska ir kt. 2019
Mažiau toleruoja aukštą temperatūrą	Pakenčia aukštesnę temperatūrą	Vivin ir kt. 1993; Arend ir kt. 2013; Hu ir kt. 2015; Truffaut ir kt. 2017
Pražysta anksčiau	Pražysta vėliau	Curtu ir kt. 2007
Mėgsta drėgnesnį dirvožemį	Atsparesnis sausiesiems dirvožemiams	Lévy ir kt. 1992; Bréda ir kt. 1993; Zanetto ir kt. 1994; Gailing 2014; Leroy ir kt. 2020
Didesnis maisto medžiagų ir vandens poreikis	Mažesnis maistinių medžiagų ir vandens poreikis	Humphrey ir Swaine 1997; von Lüpke 1998; Welander ir Ottosson 1998; Danielewicz ir Pawlaczyk 2006; Boratynski ir kt. 2010
Tipiškas lygumų reljefas su bazinės rūgšties dirvožemiais	Tipiškas aukštumų reljefas su rūgščiu dirvožemiu	Kelleher ir kt. 2018
Būdingas spartesnis augimas ankstyvuoju augimo etapu	Būdingas spartesnis augimas vyresniame amžiuje (lūžio taškas 15-25 m. <i>Q. petraea</i> tampa stipresniu konkurentu)	Vivin ir kt. 1993; Ponton ir kt. 2002; Arend ir kt. 2013; Hu ir kt. 2015; Truffaut ir kt. 2017
Žiedadulkės pernešamos rečiau	Didesnis žiedadulkių pernešimas	Boratynski ir kt. 2010; Lepais ir Gerber 2011
Gilėms būdinga ramybės būseną	Gilės sudygdą iš karto	Suszka 1983; Boratynski ir kt. 2010

Viena iš ąžuolų auginimo Centrinėje Europoje ir Šiaurės Amerikoje problemų yra ta, kad ąžuolų miškai dažnai neatsinaujina natūraliai (Watt 1919; Löffler ir kt. 1998). Tam trukdo daugybė veiksnių, aptinkamų bekočio ąžuolo brandžiuose medynuose: greitas pavėsiui atsparių rūšių atsikūrimas, retas gilių derlius, antžeminės augalijos konkurencija, brangi žėlinių apsauga nuo apgraužimo (Kohler ir kt. 2020). Sėkliniais metais dėl didelio gilių derlingumo dažnai išauga daug žėlinių, tačiau iš jų tik keli išgyvena (Ovington ir MacRae 1960). Todėl vis dar dažniausiai taikomi dirbtinio atkūrimo metodai, tokie kaip sodinimas ir sėja (Saha ir kt. 2012). Tačiau šiuolaikinis miškininkystės planavimas palankiai vertina natūralų rūšių atkūrimą, nes tai susiję su mažesnėmis ūkinėmis sąnaudomis.

Ąžuolų atsikūrimas intensyviai tyrinėjamas visame pasaulyje, tačiau vis dar nėra gerai suprantamos skirtingos natūralaus ąžuolų atkūrimo sėkmės priežastys. Pagal teorines ąžuolų regeneracijos prielaidas ąžuolo atsikūrimo efektyvumas priklauso nuo įvairių kintamųjų: (i) prieš dygimą gilėmis mintantys gyvūnai turi didelę reikšmę nesėkmingam ąžuolo regeneravimui (Shaw 1968; Ligot ir kt. 2014); (ii) vėliau, vykstanti konkurencija, vabzdžiai kenkėjai (pvz., *Tortrix viridana* L.), grybai (pvz., *Microsphaera alphitoides* Griffon ir Maubl.), vandens, šviesos ištekčiai ir gyvūnų daroma žala yra vieni iš svarbiausių kintamųjų (Nilsson ir kt. 1996; Larsen ir kt. 1997; Reif ir Gärtner 2007; Parrott ir kt. 2013).

### 1.1 Aplinkos ir struktūriniai kintamieji, lemiantys ąžuolo atsikūrimo efektyvumą

Annighöfer ir kt. (2015) tyrimo rezultatai parodė, kad natūralaus ąžuolo regeneracijos efektyvumas negali būti siejamas su pavieniais aplinkos veiksniais, o priklauso nuo šių veiksnių derinio, kurį taip pat nustatė Reif ir Gärtner (2007). Šie autoriai svarbiausiu kintamuoju, nuo kurio priklauso sėkmingas ąžuolo atsikūrimas laiko šviesos sąlygas. Toliau minimas didelis žvėrių daromos žalos lygis, konkurencija su augmenija ir maistinių medžiagų ar vandens ištekčiai (pvz., (Gill 1992a; Gill 1992b; Gill 1992c; Loftis ir McGee 1993; Nilsson ir kt. 1996; Collet ir kt. 2017). Būtent aplinkos veiksnių derinys sukuria palankias arba nepalankias sąlygas natūraliam ąžuolų atsikūrimui, todėl svarbu atsižvelgti į įvairius veiksnius, norint, kad ąžuolai sėkmingai atsinaujintų.

Ąžuolynuose brandūs medžiai pradeda dalyvauti atsikūrimo procese sulaukę 30–40 metų, o bekočiai ąžuolai dažniausiai pradeda šiek tiek vėliau nei paprastieji ąžuolai (Shaw 1974). Pirmaisiais augimo metais daigai auga daugiausia dėl gilės svorio ir dydžio. Dėl šios priežasties ąžuolų žėliniai dažnai sėkmingai išgyvena ir nepalankiomis sąlygomis. Tačiau jau netrukus po šio etapo atsiranda kiti veiksniai, kurie turi įtakos ąžuolo žėlinių išlikimui. Annighöfer ir kt. (2015) tyrimai parodė, kad suaugusių medžių tankis gali turėti teigiamą poveikį ąžuolo žėlinių tankumui ankstyvosiose vystymosi stadijose. Tačiau vėlesniuose vystymosi etapuose medžių tankumas gali turėti priešingą poveikį (Wada ir kt. 1997). Iš kitų tyrimų žinoma, kad šiek tiek sumažėjęs bazinis plotas, pvz. lengvas priedangos kirtimas, gali padidinti ąžuolo žėlinių išgyvenamumą dėl padidėjusio fotosintezės potencialo ir vandens naudojimo efektyvumo (Parker ir Dey 2008). Annighöfer ir kt. (2015) padarė išvadą, kad dirvožemio sąlygos netiesiogiai veikia ąžuolo žėlinių gausumą: Pirma, kitų medžių rūšių konkurencija atsikūrimo metu didėja didėjant dirvožemio derlingumui. Antra, brandūs ąžuolai, kurie dažniau auginami mažiau derlingose dirvose, iš anksto nulemia ąžuolų atsikūrimą šiose vietose. ąžuolai dažniau auginami neturtingose maistinių medžiagų vietose, nes ten negali augti kitos derlingose vietose augančios medžių rūšys, pavyzdžiui, klevas, uosis, vyšnios ir šermukšniai. Šiame tyrime dirvožemio vandens kiekis nebuvo nustatytas kaip svarbus ąžuolo atsinaujinimo kintamasis. Jaunų žėlinių išgyvenamumas vystymosi stadijoje buvo susijęs su žvėrių daroma žala. Bet kokiu atveju, jei atsinaujinant atsiranda daug ąžuolų, daugelis jų yra žvėrių skabomi. Kiti tyrimai parodė, kad ąžuolo žėliniai yra vienos patraukliausių plačialapių medžių rūšių, ypač stirnoms (*Capreolus capreolus* L.) (Reif ir Gärtner 2007; Bergquist ir kt. 2009). Taip pat šios grupės ąžuoliukų gausą lėmė šviesos sąlygos. ąžuoliukų gausa didėjo didėjant apšviestumui (Annighöfer ir kt. 2015). 50-130 cm grupės ąžuoliukams dirvožemio pH buvo nustatytas kaip svarbus faktorius šios grupės ąžuolų gausumui (Annighöfer ir kt. 2015). Žėlinių gausumas mažėjo didėjant pH. Mölder ir kt. (2019) nustatė, kad antrinių medžių rūšių konkurencija yra svarbiausias veiksnys ąžuoliukų atkūrimo procese, o konkurencijos nebuvimas arba mažas konkurencinis spaudimas yra naudingas sėkmingam ąžuolo atsikūrimo procesui. Tačiau tai nereiškia, kad antrinės medžių rūšys, ypač ankstyvosios sukcesijos beržai (*Betula* spp.) ir kt., yra nepageidaujami arba nepadedą ąžuolo kokybei formotis. Tačiau, norint reguliuoti šių antrinių medžių

rūšių konkurenciją, neatidėliotinai reikalingi ugdymo kirtimai jaunuolynuose (Ammer ir Dingel 1997). Šie tyrimai taip pat išryškino būtinybę reguliuoti konkurenciją dėl piktžolių, žolės ir trako ekologiškais priemonėmis bei įrengti tvoras ar intensyvinti medžioklę, kad būtų išvengta elnių daromos žalos. Yra žinoma, kad šios įžvalgos dažnai išsakomos nuo pat šiuolaikinės miškininkystės pradžios (von Fuchs 1824; Burckhardt 1880; Humphrey ir Swaine 1997; Leonardsson ir kt. 2015), tačiau dėl ekonominių suvaržymų, būtinų miškininkystės priemonių dažniausiai nepaisoma.

## 1.2 Artimos gamtai miškininkystės taikymas ąžuolo atsikūrimui

Vertinant medynų atkūrimo metodus, sodinimas (87%) buvo naudojamas dažniausiai. Tik nedidelį vaidmenį suvaidino natūralus atželdinimas (11 %), kuris dažnai rekomenduojamas vykdant artimą gamtai miškininkystę, kaip ir gilių sėjimas (2 %). Tačiau natūralus ąžuolų atkūrimas ir sėjimas dažniau taikomas pietų ir pietvakarių Vokietijoje, kur šios technologijos turi senas tradicijas (Fleder 1993; von Lüpke 2008; Mölder ir kt. 2019). Paprastuosiuose pušynuose giles „sėjant“ Eurazijos kėkštams (*Garrulus glandarius*) įmanomos ąžuolo atkūrimo galimybės, tačiau, remiantis (Stähr F 2008 iš Mölder ir kt. 2019) aprašytu tyrimu, gautos ąžuolo kamieno kokybės rodikliai yra žemi. Kohler ir kt. (2015), atlikę natūralaus bekočio ąžuolo atsinaujinimo apžvalgą, atkreipė dėmesį į bendrą šios technikos pagrįstumą, tačiau dėl iškilusių žinių spragų autoriai manė, kad bendrų tvarkymo rekomendacijų pateikti neįmanoma.

Kalbant apie sodinimo schemas, kurios sumažina tarprūšinę konkurenciją, gali būti naudingas erdvinis ąžuolo ir mišrių, konkurenciniam šešėliui atsparių, to paties amžiaus medžių rūšių (bukų, skroblų) atskyrimas, ypač atsižvelgiant į pastangas, reikalingas jaunų medelių augimui palaikyti. Tačiau šios medžių rūšys taip pat gali veikti kaip pagalbininkai, gerinantys ąžuolo kokybę. Kaip Saha ir kt. (2012) pabrėžė, tai ypač pasakytina apie grupinį ąžuolų sodinimą, galimą alternatyvą ąžuolų sodinimui eilėje. Lietuvos mokslininkai siūlo ąžuolus želdinti lizdais (Malinauskas 2017).

Dėl plačiai paplitusios artimos gamtai miškininkystės, ąžuolų buveinių išsaugojimas dažniausiai įgyvendinamas miškininkystės programose (Borrass ir kt. 2017; Mölder ir kt. 2019). Svarstydami dabartinį buveinių medžių tankį, Bütler ir kt. (2013) rekomendavo palikti bent 5–10 medžių viename hektare ir derinti išsklaidytą ir agreguotą išlaikymą („kintamąjį sulaikymą“), nes medžiai augantys grupėmis yra geresnė buveinė paukščiams. Siekiant užtikrinti ir ekologinį tęstinumą, ir ekonominius poreikius, taip pat svarbu užtikrinti pakankamą jaunų ąžuoliukų skaičių. Remiantis Leibundgut (1978) (iš Mölder ir kt. 2019), 20 metų amžiaus medynuose rekomenduojama sodinti mažiausiai 2000 ąžuolų hektare. Jau Wilbrir (1893) (1893) (iš Mölder ir kt. 2019), raginęs saugoti senus ąžuolus estetiniais sumetimais, pabrėžė didelio jaunesnių ąžuoliukų skaičiaus svarbą siekiant užtikrinti nedidelį senų medžių skaičių ateityje. Atlikus 400 metų trukmės modeliavimą (Drobyshev ir kt. 2008) paaiškėjo, kad esant dabartiniam mirtingumo lygiui (reguliarus mirtingumas yra apie 1 % per metus, nereguliarus mirtingumas - 7 %, o vidutinis atsigavimo laikas - 13 metų, ilgalaikiam 20 medžių, vyresnių nei 200 metų, išlaikymui viename hektare reikėtų nuo 1 iki 5 medžių per metus  $\times$  ha-1 j 100-150 metų amžiaus medžių klasei. Siekiant užtikrinti ilgalaišką ekologinį tęstinumą ąžuolynuose, pageidautina, kad ąžuolų atkūrimas vyktų šalia senų ąžuolynų arba tiesiai juose. Ypatingai rekomenduojama išsaugoti buveinių medžius.

Götmark (2013), apibendrinęs savo tyrimų rezultatus, nustatė, kad trumpalaikis (1-6 metų) apsauginio retinimo poveikis įvairių organizmų grupių rūšių gausumui daugiausia buvo teigiamas (pvz., saproksiliniams ąžuolų vabalams, didžiųjų ąžuolų kerpėms, negyvos medienos kerpėms) arba neutralus (pvz., grybams nuvirtusiuose ąžuoluose, samanoms negyvoje medienoje). Neigiamas poveikis nustatytas Basidiomycetes (grybams) ant negyvos medienos ir sraigėms bei šliužams. Paaiškėjo, kad po 8-10 metų ugdomasis retinimas buvo palankesnis krūmų, o ne ąžuolų atsikūrimui. Atžėlimas šiek tiek padidino ąžuolo atsikūrimo sėkmę, tačiau atrodė, kad būtina nuolat kontroliuoti konkuruojančią paklotės augaliją (Leonardsson ir kt. 2015). Papildomas ąžuolų sodinimas gali būti tikslingas ir miško draustiniuose (Jensen ir kt. 2012; Dey ir kt. 2012; Götmark 2013). Brunet ir kt. (2013) pabrėžė, kad dėl guobos (*Ulmus* spp.) ar uosio (*Fraxinus excelsior*) žūties miško draustiniuose atsiradusios medynų properšos suteikia gerą galimybę sudaryti palankias sąlygas ąžuolų atsikūrimui, tas pats pasakytina ir apie eglės medynus, nukentėjusius nuo vėjovartų ir žievėgraužių židinių (Bobiec ir Bobiec 2012). Kadangi ąžuolų augavietės

atitinka 69 % uosio augaviečių, jie gali bent iš dalies sušvelninti biologinės įvairovės praradimą dėl uosių žūties (Mitchell ir kt. 2014).

Pagal Ovington ir MacRae (1960) atliktus tyrimus ąžuolo gilės turi didžiausią galimybę sudygti, kai jos yra užkastos po žeme ar paklotės danga 2,5 cm gylyje. Šio tyrimo atveju gilių daigumas sudarė 80%. Tokiu būdu jos buvo apsaugotos ir nuo paukščių bei smulkių graužikų. Taip pat nustatyta, kad geriausiai dygo vidutinio svorio (nuo 3 iki 7 g) gilės. Pagal šį tyrimą geriausią šaknų sistemą turėjo sėjinukai augantys atviroje vietoje, tačiau ūgliai buvo maži, tuo tarpu šešėlyje augantys sėjinukai išvystė prastesnę šaknų sistemą, o ūgliai buvo didžiausi. Svarbu pažymėti, kad nors atviros sąlygos paskatino geresnį šaknų vystymąsi, tačiau sėjinukai buvo trumpesni. Tyrimas rodo, kad optimaliam sėjinukų vystymuisi gali būti svarbi pusiausvyra tarp ūglių ir šaknų augimo. Taip pat nustatyta, kad, kad medžių lajos danga turėjo didesnę įtaką sėjinukų augimui nei dirvožemio tipas. Ši išvada turi svarbią reikšmę miškotvarkos praktikai. Tyrimas atskleidė, kad gilės sudaro dideles maistinių medžiagų atsargas daigams, todėl ankstyvaisiais augimo etapais jie yra gana nepriklausomi nuo dirvožemio maistinių medžiagų. Tai paaiškina, kodėl dirvožemio tipas turėjo mažiau įtakos pradiniam augimui. Šio tyrimo išvados parodė, kad kruopštus medžių lajos reguliavimas gali būti labai svarbus kontroliuojant daigų vystymąsi, kad augtų kokybiški ąžuolo sėjinukai.

### 1.3 Istoriniai aspektai

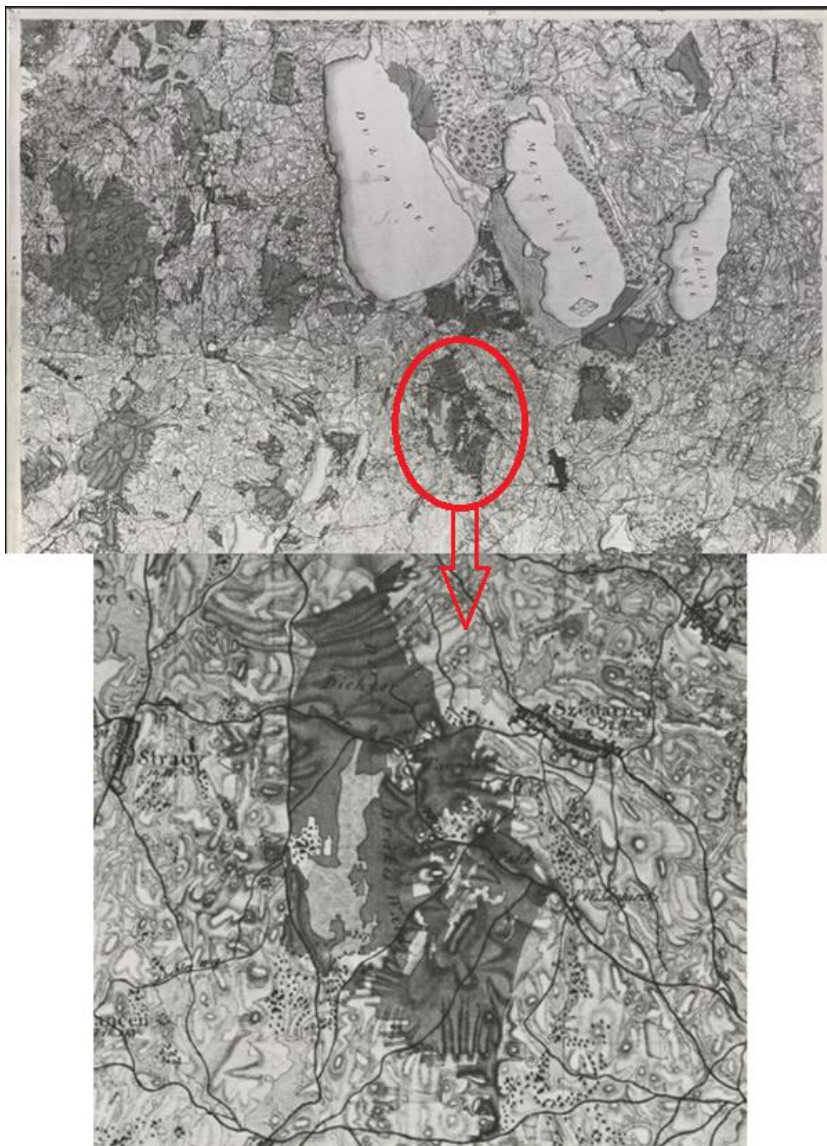
Trako miškas, kaip bekočio ąžuolo radavietė, pirmą kartą paminėtas S.Tuminausko, tuometinio Alytaus miškų ūkio direktoriaus, vėliau Miškų instituto mokslininko, 1957 metais. Minimasis 70 ha plotas, kuriame aptinkami bekočiai ąžuolai (Tuminauskas 1957). Trako miške vyrauja priemolis, esant smarkiai banguotam, kalvotam reljefui, pereina į lengvą priemelį, vietomis į rupų smelį. Žolinėje dangoje vyrauja mėlynės, žibuoklės, kiškiakopūščiai. Trake 50–70 % lazdyno, auga sausmedis, karpotasis ožekšnis (Tuminauskas 1957). Šis miškas priklauso Quercus-Fagetalia klasei, Fagetalia sylvatica Pawłowski 1928 eilei, Carpinion betuli aljansui, Tilio-Carpinetum betuli Traczyk 1962 asociacijai (Patalauskaitė 2007). ąžuolyne buvo išskirtas 6,7 ha Trako miško bekočio ąžuolo genetinis draustinis, kurio medyno sudėtis 7Až 2P 1Sb, dauguma ąžuolų – 110 metų. 1962 m. Bekotis ąžuolas įtrauktas į Lietuvos Raudonąją knygą. Taip pat Trako miške buvo atrinkti 39 rinktiniai bekočio ąžuolo medžiai, iš kurių šiuo metu gyvybingi likę 33. 2001 m. įsteigtas Trako gamtinis rezervatas, kurio plotas 49,6 ha. Steigimo tikslas - išsaugoti unikalias reliktines bekočių ąžuolų bendrijas, retų ir nykstančių augalų augavietes bei mažųjų erelių rūšių perimvietes.

Aplinkos ministerijos užsakymu atlikus saugomų rūšių vertinimą pagal Tarptautinės gamtos apsaugos sąjungos (IUCN) metodiką 2019 m. iš Raudonosios knygos sąrašo buvo išbrauktas kaip nevietinė medžių rūšis. Nors viešojoje spaudoje daug kur įvardijama kaip vietinė (reliktinė) natūraliai auganti rūšis. Taip pat yra įvardijamos trys teorijos apie bekočio ąžuolo atsiradimą Lietuvoje: rūšis introdukuota iš kaimyninių šalių; Trako miškas yra savaiminio paplitimo arealo tęsinys; Trako miškas yra už savaiminio paplitimo arealo ribų.

Šiuo metu Lietuvoje yra trys bekočio ąžuolo bandomieji želdiniai. Trako miške buvo atrinkta 19 genetinių požūrių vertingiausių bekočio ąžuolo medžių, nuo jų surinktos gilės ir išauginti sodmenys. 2011 m. Druskininkų r. p. Krosnos g-joje (1,85 ha) ir Trakų r. p. Žiežmarių g-joje (4 ha) buvo įveisti bandomieji želdiniai, kuriuose buvo sodinami 3 metų ąžuoliukai mišrinant su egle (6E4Až). Dar vieni bekočio ąžuolo bandomieji želdiniai yra įveisti Dubravos r. p. Vaišvydavos g-joje (0,29 ha).

Nagrinėjant istorinius žemėlapius bei buvusių miškų ūkio medynų planus bei taksorasčius, mums pavyko surasti kaip ne tik vizualiai ketėsi Trako miškas, bet ir kas tuo metu jame augo. Seniausias rastas žemėlapis siekia 1800 metus, kuomet po trečiojo 1795 m. Lietuvos ir Lenkijos padalijimo tarp Rusijos ir Prūsijos Lietuvos Užnemunė kartu su Lenkijos dalimi sudarė Naujosios Rytų Prūsijos teritoriją. Per kelerius metus buvo sudarytas žemėlapis, kuris atspindėjo administracinius, politinius ir ekonominius interesus. Šio žemėlapio sudarymui buvo pasitelkta visa grupė topografų ir braižytojų, todėl žemėlapis yra pakankamai tikslus ir detalus. Jame galime matyti Trako mišką, toks, koks buvo daugiau nei prieš 200 metų (1.1 pav). Tiesa pavadinimas buvo kitoks, žemėlapyje įskaitomas užrašas „Der Drakis Wald“ reikštų Drakio mišką. Taip pat yra įrašų iš kurių galima spręsti apie medžių rūšis: „Dichter laub“ – tanki lapija, tai lapuočiai

medžiai tuo metu augę šiaurinėje miško dalyje, „Tannen wald“ – eglų miškas, eglynas užėmęs rytinę miško dalį. Nors atskirais užrašais nepažymėta, bet galima spėti, kad plynė vakarinėje miško dalyje yra pelkėta vieta, tuo metu užėmusi gana didelę miško dalį.



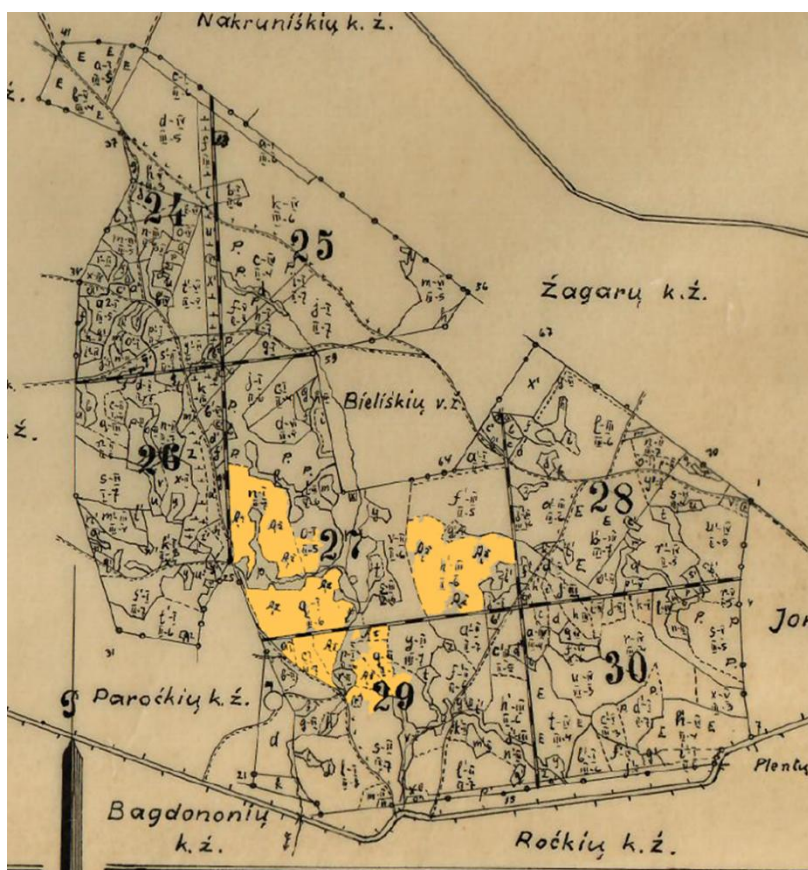
**1.1 pav.** Naujosios Rytų Prūsijos provincijos karinis žemėlapis (Krieges karte der Provinz New Ost Preussen). 1795-1800 m. (<https://kolekcijos.biblioteka.vu.lt/en/objects/990004051591008452#00029>)

Antrojo pasaulinio karo metais (1941-1945) Vokietijos karinės oro pajėgos atliko žvalgybinius skrydžius, kurių metu buvo fotografuojamos Lietuvos teritorijos. Kiekvieno skrydžio metu buvo nufotografuojama nuo 1 iki kelių šimtų kadru (aerofotovaizdų). Lazdijų – Varėnos kryptimi buvo atliktas skrydis, kurio metu užfiksuotos 56 aerofotonuotraukos į kurias pateko ir Trako miškas. Iš pateiktų vaizdų matome, kad per 80 metų miško plotas kito nežymiai, šiek tiek prasiplėtė pakraščiuose (1.2 pav). Akivaizdžiausias matomas skirtumas – dabar mišku apaugusi buvusi eigulio sodyba (6 ha).

Seniausias rastas medynų planas, kuriame yra pažymėti kvartalai bei sklypai yra 1935 m. sudarytas Metelių bloko medynų planas (1.3 pav.). Deja tų metų taksorasčiai neišlikę, todėl detalesnės informacijos apie miško sklypus bei jų rūšinę sudėtį negalime paanalizuoti. Galime matyti tik pačiame plane pažymėtus sklypus, kuriuose išskirti ąžuolai, tikėtina kaip vyraujanti medžių rūšis (plane pažymėta geltonai). Didžioji dalis tokių sklypų pažymėta 27 kvartale, bei dalis 29 kvartale. 27 kvartalo dešinėje pusėje esantis sklypas atitinka dabartinio bekočio ąžuolo genetinio medyno vietą. Mūsų archyve turimi vėlesnių metų taksorasčiai suteikia galimybę detaliau paanalizuoti Trako miško istoriją.



**1.2 pav.** Vokietijos karinių oro pajėgų žvalgybos atliktų skrydžių virš dabartinės Lietuvos teritorijos Trako miško aerofotonuotrauka, 1944 05 22 (Lietuvos centrinis valstybės archyvas) kairėje ir dabartinis miško vaizdas dešinėje (maps.lt)



**1.3 pav.** Mokomosios Miškų urėdijos Metelių girininkijos Metelių bloko medynų planas sudarytas 1935 m.

Alytaus miškų ūkis buvo du kartus reorganizuotas (1950 ir 1957 m.). Jeigu 1947 m. miškų ūkio plotas sudarė 57263 ha plotą ir buvo suskirstytas į 9 girininkijas, 1952 m. turėjo 40075 ha plotą ir 7 girininkijas. 1959 m. liko 24025 ha plotas ir 12 girininkijų. Dėl šių priežasčių palyginti miškų ūkį pagal vyraujančias rūšis plotais bei tūriais neįmanoma.

Visi miškai prie Dusios, Metelio ir Obelijos ežerų tuo metu buvo priskirti prie apsauginės ūkinės dalies, vandens apsauginės zonos. Šie miškai kartu su ežerais sudarė gerą turistinę bazę. Seirijų girininkijoje 1-28 kvartalai (Trako miškas užėmė 21-28 kvartalą) priklausė vandens apsauginei zonai, tai bendrai sudarė 1742 ha. Girininkijoje pagrindinę miškų dalį užėmė savaiminiai miškai – 1354,4 ha (84,3%) ir kultūrinės kilmės miškai - 168,1 ha (10,4%), likusią procentinę dalį sudarė retmės, kirtimai ir aikštės. Viso ne miško plotai užėmė 134,9 ha, kurie priklausė apsauginei ūkinei daliai. Ažuolynai užėmė 2,5% Seirijų girininkijos miškų. Ažuolynų kirtimų apimtys sudarė 80

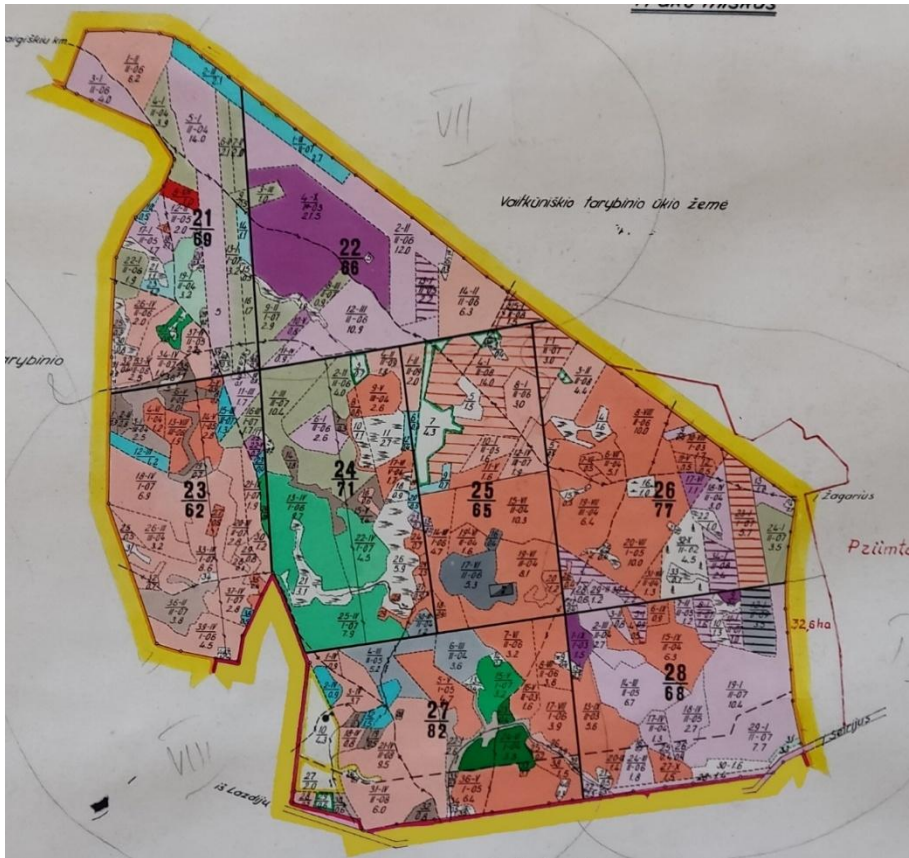
ktm/metus. Buvo siūloma ąžuolo želdinius veisti C2, C3, D2, D3 augimvietėse su uosiu ar be jo. Siūloma auginti grynus ir mišrinti su pušimi, maumedžiu, egle, klevu, uosiu ir liepa. Tarp introdukuotų rūšių, kurias rekomenduojama auginti, tarp kitų rūšių (europinės kėnis, pilkoji pocūgė, didžialapė liepa) minimas šiaurinis ąžuolas (Alytaus miškų ūkio Miškų ūkio organizacijos plano projektas. Miškotvarka 1959 m. 267 p 1959).

S. Tuminauskas (1957) mini, kad 1939–1940 m. eksportui į Belgiją iš šių sklypų iškiršta apie 20% stambių ąžuolų, daugiausia paprastųjų. O 1940–1947 m. laikotarpiu savavališkai ir netvarkingai iškiršta daug pušų ir ąžuolų, daugiausiai bekočių iki 25 cm diametro. Vėliau šiame miške vėl buvo vykdomi paprastojo ąžuolo kirtimai. Dėl vykdytų kirtimų medžių bendrijos natūralumas bei stabilumas galėjo nukentėti.

1952 m. Seirijų girininkijos taksoraštyje apie Trako mišką nurodyta, kad įvairiuose kvartaluose 1938–1946 m. buvo vykdyti kirtimai. 76 kvartale f1 sklype medžiai buvo iškirsti kariuomenės Kivakalnio kalno kryptimi. Kivakalnio kalnas pažymėtas 77 kvartale y sklype. 78 kvartale d sklype buvo eigulio sodyba (pasodas), kuri užėmė 6 ha. ąžuolų pasiskirstymas kvartaluose netolygus, jų dalis sklypuose svyruoja nuo 3/10 iki 7/10 dalių. Taip pat didelė amžiaus variacija – nuo 15 iki 140 m. Medynų tipai dažniausiai mišrūs (PcOxMj, PcM, PM). Po kirtimų buvo planuota atsodinti pušimis ir eglėmis.

1958 m. taksoraščiuose ąžuolo pasiskirstymas Trako miško kvartaluose buvo nevienodas – kai kur ąžuolai sudaro reikšmingą medyno dalį, tačiau daugelyje sklypų jų yra tik šiek tiek arba pavieniui. Vyrauja mišrūs medynai, dažnai su skroblais, drebulėmis ar beržais. Dominuoja jauni medynai (iki 60 metų), o kai kur pažymėti pavieniai 80 metų ar senesni medžiai. Žemiau yra pateikiama trumpa kvartalų charakteristika (1.4 pav.):

- 21 kv. ąžuolų yra beveik pusėje sklypų. Sklypuose 12–23 ąžuolai sudaro nuo 3/10 iki 6/10 dalies. Vyrauja mišrūs medynai su skroblu ir beržu sudėtyje. Amžius svyruoja nuo 5 iki 25 m. su pavieniais 50 - 80 m medžiais.
- 22 kv. ąžuolo yra negausiai tik 4 sklypuose.
- 23 kv. ąžuolas sudaro 3/10 dalį, medyno ir augimvietės tipas C2 Frox, amžius 40 - 50 m.
- 24 kv. Šiek tiek ąžuolų yra beveik trečdalyje sklypų, 25 sklype ąžuolai sudaro 3/10 dalį. Medyno ir augimvietės tipas C2Frox, amžius 40, vyraujanti rūšis - drebulė. 30 sklype ąžuolas sudaro 3/10 dalį ir nurodytas kaip vyraujanti rūšis. Medyno ir augimvietės tipas C2Quox, amžius 25 - 35 metai. 1957 metais iškirsti drebulės, eglės ir pušies senmedžiai. Dauguma ąžuolų yra bekočiai ąžuolai.
- 25 kv. ąžuolų yra trečdalyje sklypų. Sklypai 16 (9/10) ir 17 (8/10) ypač turtingi ąžuolais (40 - 60 m. amžiaus). (*Kvartalas, kuriame šiuo metu yra bekočio ąžuolo genetinis draustinis*)
- 26 kv. ąžuolai randami trečdalyje sklypų. Sklype 24 – 3/10 dalis, vyrauja skroblas.
- 27 kv. ąžuolų yra ketvirtadalyje sklypų. Sklypuose 4 ir 6 jie vyraujantys (3/10 ir 5/10), iki 30 m. amžiaus. 4 sklype yra pavienių 80 m amžiaus ąžuolų.
- 28 kv. ąžuolų yra maždaug pusėje sklypų. Sklype 4 – 4/10 dalis, 60–80 m. amžiaus, vyraujanti rūšis - pušis. 12 sklype 1954 metais sodintas ąžuolas, yra ir pavienių savaiminių, augimvietė C2Quox.



**1.4 pav.** Mokomosios Miškų urėdijos Metelių girininkijos Metelių bloko medynų planas sudarytas 1959 m. Tamsiai pilka spalva žymi ažuolyną. Kvartalų numeriai surašyti buvę prieš kameralinį pertvarkymą (21 – 28) ir po pertvarkymo.

1949 - 1958 metų laikotarpiu Trako miške vyko intensyvūs miško kirtimai, kuriuose ypač dažnai buvo kertami brandaus ir pribrežtančio amžiaus ažuolai. Kirtimai buvo koncentruoti keliuose kvartaluose – 24, 25 ir 28 kv. Ažuolai dažniausiai buvo kertami 80 - 120 metų amžiaus, tačiau kai kur nurodytas ir senesnių medžių kirtimas – iki 140 metų (pvz., 24 kv. h sklypas 1951 m.). Retesniais atvejais buvo kertami ir jaunesni, 60–80 metų amžiaus medžiai. Kirtimų apimtys ypač didelės 1951 m. (net septyni sklypai) ir 1956 m. (vienuolika sklypų), kai buvo kertami ne tik pavieniai ažuolai, bet ir žymios jų dalys mišriuose medynuose. Tarp sklypų išsiskiria 24 kvartalo d sklypas, kuris buvo kertamas net tris kartus per dešimtmetį (1950, 1954 ir 1957 m.), taip pat 25 kv. k sklypas, kuriame ažuolai buvo kertami 1952, 1955 ir 1958 m. 28 kvartale, kur vyko pirmieji fiksuoti kirtimai 1949 m., taip pat kartojosi darbai – tie patys sklypai buvo kertami ir vėlesniais metais, pvz., u1 sklypas 1949 ir 1953 m. Šiame kvartale taip pat minimas ažuolų amžius 80 - 100 metų.

## 2 METODIKA

Šio tiriamojo darbo uždaviniai:

1. Identifikuoti bekočio ąžuolo individus ir jo hibridus Trako miško bekočio ąžuolo genetiniame draustinyje, nustatyti jų kiekį, būklę ir perspektyvą pirmajame arde ir pomiškyje, vadovaujantis Paprastojo (*Quercus robur* L.) ir bekočio (*Q. petraea* [Matt.] Liebl.) ąžuolų ir jų hibridų morfologinio atskyrimo rekomendacijomis (Jurkšienė ir Baliuckas, 2019), pažymint natūroje. Atrinkti referencines brandžių ąžuolų ir pomiškio ąžuoliukų grupes pagal morfologinį rūšinį skirstymą ir atlikti jų identifikaciją DNR žymenų pagalba.

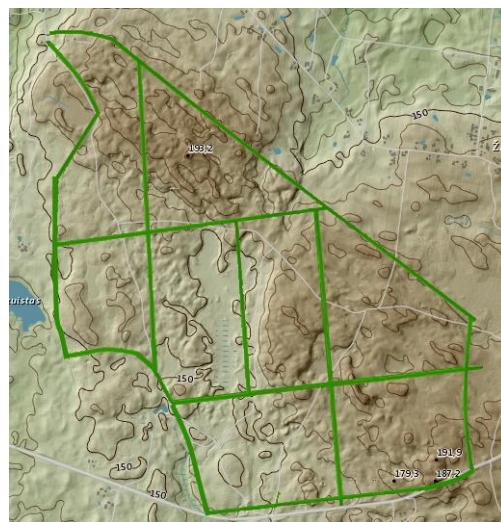
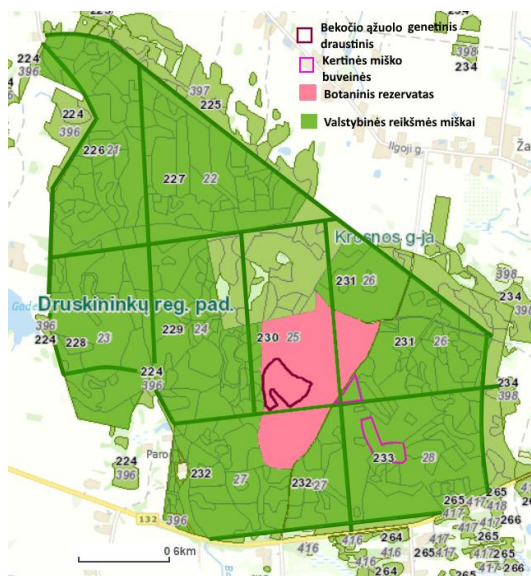
2. Nustatyti augavietes ir pirmojo medžių ardo rūšinę sudėtį Trako miško bekočio ąžuolo genetiniame draustinyje;

koordinacinių pagrindu sudaryti individų ir jų hibridų schemą, nurodant jų būklę ir perspektyvumą; schemoje pažymėti vietas, kuriose tikslinga saugoti bekotį ąžuolą, įvertinti bekočio ąžuolo atsikūrimo draustinyje galimybes ir parengti draustinio atkūrimo priemonių rekomendacijas.

3. Įvertinti Trako miško bekočio ąžuolo genetinio draustinio plėtros galimybes Trako miške, nurodant taksacinius sklypus ar jų dalis, nustatyti šios medžių rūšies platinimo galimybes šalies teritorijoje.

### 2.1 Tyrimų objektas

Trako miškas yra Lazdijų raj. savivaldybės teritorijoje, 2 km į vakarus nuo Seirijų. Plotas 700 ha, mišku apaugę 625 hektarai. 80 % miško yra valstybinis, priklauso Valstybinių miškų urėdijos Druskininkų regioninio padalinio Krosnos girininkijai (iki 2018 priklausė Veisiejų urėdijai), kita miško dalis – privati. Jame esantis Trako miško genetinis draustinis (03AbGD001) užima 5,8 ha plotą. (2.1 pav.).



**2.1 pav.** Druskininkų regioninis padalinys, Krosnos girininkija, Trako miškas: a) miškotvarkos duomenys, b) reljefas.

Pagal: Lietuvos reljefo skaitmeninis žemėlapis UAB Hnit Baltic

<https://www.arcgis.com/apps/mapviewer/index.html?webmap=c352768df6f64570a45c96e6b03ce655>

Trako miškų pietiniu pakraščiu eina Alytaus–Lazdijų plentas, rytinėje ir vakarinėje dalyje, privačiuose miškuose, yra 2 nedideli ežerėliai. Reljefas kalvotas. Aukščiausia kalva – Gaidžiakalnis. Įlomėse yra nedidelių pelkių. Miško augavietės derlingos ir labai derlingos, dažniausiai normaliai drėgnos. 7 % miškų yra rezervaciniai I grupės, 82 % ekosistemų apsaugos IIA grupės, 11 % apsauginiai III grupės. Kultūrinės kilmės medynų 12 %. Eglynų yra 30 %, beržynų 19 %, pušynų 17 %, juodalksnyčių 13 %, ąžuolynų 12 %, drebulynų 4 %, uosynų 3 %, skroblynų 2 %. Jaunuolynai sudaro 18 %, pusamžiai medynai 41 %, bręstantys 22 %, brandūs 19 %. Medynų vidutinis amžius 75 m., bonitetas 1,8, skalsumas 0,76, tūris 245 m<sup>3</sup>/ha, vidutinis priaugis 6,5 m<sup>3</sup>/ha. Trako miškas įeina į Metelių regioninio parko, Trako botaninio zoologinio

draustinio ir rezervacinę zonas. Masyve yra į Lietuvos raudonąją knygą įrašytų retųjų augalų radimviečių, paukščių lizdaviečių ir perimviečių, 2 miško buveinės (31 ha), 1 archeologijos paminklas – Kivakalnio alkakalnis. Įrengtas pažintinis Trako miško takas.

## 2.2 Bekočio ąžuolo individų ir jo hibridų Trako miško bekočio ąžuolo genetiniame draustinyje identifikavimas bei jų kiekio, būklės ir perspektyvos pirmajame arde nustatymas

Bekočio ąžuolo ir jo hibridai buvo identifikuojami pagal morfologinius žievės, šakų išsidėstymo bei lapų formos požymius pagal „Paprastojo (*Quercus robur* L.) ir bekočio (*Q. petraea* [Matt.] Liebl.) ąžuolų ir jų hibridų morfologinio atskyrimo rekomendacijas“ (Jurkšienė ir Baliuckas, 2019). Visi ąžuolai buvo sužymėti etiketėmis, nustatytos jų koordinatės, išmatuotas jų skersmuo bei įvertinta medžių būklė (2.1 lentelė).

### 2.1 lentelė. Medžių būklės vertinimas pagal selekcinis požymius

Stiebo tiesumas	Labai tiesus - 5, tiesus (galimas nežymus išlinkimas ties kelmu) - 4, vidutinis (vienas ryškesnis išlinkimas ar vingis) - 3, kreivas (du trys iškreivėjimai) - 2, labai kreivas (daug iškreivėjimų) - 1
Apikalinis dominavimas	Stiebas išreikštas iki viršūnės - 5, nežymūs iškreivėjimai - 4, vienas pleištinis ūglis ar stiebo iškreivėjimas - 3, dvi viršūnės ar du trys pleištiniai ūgliai - 2, medis be viršūnės ar su daug viršūnių - 1.
Šakų tankumas	Labai retos šakos - 5, retos šakos - 4, vidutinio tankumo šakos - 3, tankios šakos - 2, labai tankios šakos - 1
Šakų storis	5 - labai plonos, 1 - labai storos
Šakų kampas	5 - stačios šakos, 4 - 45-90°, 3 - 45°, 2 - 30-45°, 1 - <30°
Medžio būklė	5 – labai geros, 1 - visiškai blogos sanitarinės būklės

## 2.3 Trako miško būklės ir dirvožemio savybių įvertinimas

### 2.3.1 Trako miško būklės vertinimas

Vertinant Trako miško būklę, miškas buvo suskirstytas į dešimt transektų pagal šiaurės plotumą kas 300 m ir kas 100 m eilėse buvo išskiriami laikini 10 m skersmens bareliai (2.2 pav.), kurių vertinimas pateiktas 2.2 lentelėje. Šis metodas



2.2 pav. Barelių išdėstymas Trako miške.



## 2.4 Brandžių ir pomiškio ąžuolų identifikacija DNR tyrimais

### 2.4.1 Paprastojo ir bekočio ąžuolų genetinio tyrimo medžiaga

Tam, kad įvykdyti techninėje užduotyje nurodytus tyrimus, t. y. atrinkti referencines brandžių ąžuolų ir pomiškio ąžuoliukų grupes pagal morfologinį rūšinį skirstymą ir atlikti jų identifikaciją DNR žymenų pagalba, buvo surinkta 300 DNR mėginių (rinkta mediena ir lapai) ir atlikti DNR laboratoriniai tyrimai. Medžiaga paprastojo ir bekočio ąžuolų DNR tyrimui buvo surinkta 2024 m. Trako miško medžių genetiniame draustinyje (03AbGD001). Vykdamas DNR tyrimą išskirta 300 medžių DNR ir atlikta virš 600 PGR reakcijų naudojant 17 DNR lokusų/žymenų.

### 2.4.2 DNR tyrimo metodai

Individų arba jų grupių genetinė įvairovė yra efektyviausiai įvertinama pagal DNR žymenis ir naudojant tam tikrus genetinės įvairovės ir diferenciacijos parametrus, kurie parodo esamą populiacijos būseną ir leidžia palyginti su kitomis miško generacijomis, pvz. brandžius medžius lyginame su savaiminiu žėlimu. Mažėjanti genetinė įvairovė naujoje palikuonių kartoje gali įspėti apie iššūkius, su kuriais susiduria tiriamą populiaciją ir dėl ko gali mažėti medžių gyvybingumas bei išlikimas. Taip pat DNR žymenis gali atskleisti daug informacijos apie tiriamas medžių rūšis, pvz., jei rūšis gali formuoti tarprūšinius hibridus, galime įvertinti hibridizacijos laipsnį. Mikrosatelitiniai DNR žymenis (trump. mikrosatelitai) yra vieni iš efektyviausių genomines genetinės įvairovės įvertinimo įrankių, kadangi jų skiriamoji geba, tikslumas ir pakartojamumas yra labai aukšti (Pyhäjärvi ir kt. 2020). Be to, mikrosatelitai pagrįde yra neutralūs genominiai žymenis, todėl efektyviai atspindi genetinės įvairovės pokyčius dėl genų dreifo, inbrydingo, genų srautų ir mutacijų (Oliveira ir kt. 2006). Mikrosatelitai yra 1-6 bp tandeminiai DNR bazių porų ar jų grupės (motyvo) pasikartojimai, dar vadinami paprastaisiais sekos pasikartojimais (SSR), kurie yra plačiai išsidėstę genome koduojančiose ir nekoduojančiose srityse. Mikrosatelitiniai žymenis yra kodominantiniai, gausūs ir daugiaaleliniai, todėl jie atlieka svarbų vaidmenį molekulinės populiacijų genetikos, pozicijų klonavimo, QTL kartografavimo, ligų identifikavimo, patogenezės, evoliucinių tyrimų ir kt. srityse (Li ir kt. 2004; Selkoe ir Toonen 2006). Per pastaruosius kelis dešimtmečius DNR žymenis, tokie kaip mikrosatelitai (SSR), buvo plačiausiai taikomi molekuliniai žymenis miško medžių populiacijų genetiniuose tyrimuose, atliekant motinystės ir tėvystės analizes, vertinant genetinę įvairovę ir hibridizaciją. Mūsų tyrimo metu atrinkti ir naudoti mikrosatelitiniai DNR lokusai pasižymi aukšta skiriamąja geba (2.3 lentelė), kurią parodo PID indeksas (PID – Probability of Identity). Šis indeksas yra tikimybė, kad atsitiktinai paimti du individai turės vienodus genotipus, ir, naudojant pakankamai didelį (>10) mikrosatelitinių DNR žymenų skaičių, PID indeksas bus labai žemas, pavyzdžiui, Europiniam kėniui (*Abies alba*) šis indeksas, naudojant 12 mikrosatelitų, yra lygus 0,0000000016. Tai reiškia, kad tik du individai, atsitiktinai paimti iš vienos populiacijos iš 10 milijonų medžių, turės vienodą genotipą ir jų nebus įmanoma atskirti. Panašus PID indeksas yra ir paprastosios pušies, paprastosios eglės ir kitų medžių rūšių, jei naudojamas pakankamai didelis (>10 SSR) varijuojančių DNR žymenų skaičius.

2.3 lentelė. ąžuolų DNR tyrimui atrinktų 17 DNR mikrosatelitų/lokusų charakteristika.

Lokusas	Kartotinis motyvas	Dydis (bp)	Seka	Referencija
<b>FIR028*</b>	(TC) <sub>8</sub>	2 bp	F: GGA AGA GTG TTC GGA AAG CA R: CCA GCT CCT CCA CAA TAG CA	(Durand ir kt. 2010)
<b>FIR035*</b>	(AT) <sub>6</sub>	2 bp	F: GCT AAG GTT CCG TGT TCC AA R: GGC CAG CAA CTA AAC CAA GA	
<b>FIR104*</b>	(GGT) <sub>7</sub>	3 bp	F: TTA ACT CGG TTT GCG ACT CA R: AGC ACG TGA CTC GAC CTG TA	
<b>GOT040*</b>	(GA) <sub>11</sub>	2 bp	F: AAG GCA CTC GTC GCT TTC TA R: ACC GAT TTG AAG CTC GAG AA	
<b>PIE102*</b>	(AG) <sub>12</sub>	2 bp	F: ACC TTC CAT GCT CAA AGA TG R: GCT GGT GAT ACA AGT GTT TGG	
<b>PIE267*</b>	(AG) <sub>11</sub>	2 bp	F: CCA ACC ATC AAG GCC ATT AC R: GTG CGA ACA GAT CCC TTG TC	

Lokusas	Kartotinis motyvas	Dydis (bp)	Seka	Referencija
VIT023*	(ATA) <sub>6</sub>	3 bp	F: AAT GCG AAC GAC ATG AAC AA R: CTC TCG TCG GAG ACT CAA CC	
VIT107*	(TA) <sub>13</sub>	2 bp	F: TGA TCA CAG ATT GGA GCT TAA CA R: CCC CCA CTT AGG AAA GAA GC	
MsQ13	(TC) <sub>n</sub>	2 bp	F: ACACTCAGACCCACCATTTTCC R: TGGCTGCACCTATGGCTCTTAG	(Dow ir kt. 1995)
QrZAG11	(TC) <sub>11</sub>	2 bp	F: CCTTGAACCTCGAAGGTGTCC R: TGGTTGACTAAAGTATGAACTGTTG	(Kampfer ir kt. 1998)
QrZAG112	(GA) <sub>32</sub>	2 bp	F: TTCTTGCTTTGGTGCGCG R: GTGGTCAGAGACTCGGTAAGTATTC	
QrZAG96	(TC) <sub>20</sub>	2 bp	F: CCCAGTCACATCCACTACTGTCC R: GGTTGGGAAAAGGAGATCAGA	
FIR013*	(CAG) <sub>5</sub>	3 bp	F: CGG GGA GGT TGA TGA GTA TT R: AAC ACT GTC ACC CCC ATA GC	(Durand ir kt. 2010)
2P24a	(CA) <sub>14</sub>	2 bp	F: GCA AGA GAT CAC ACA CAA ACT AGC R: CTT TGG GTT CAC CAA ACA GC	(Sullivan ir kt. 2013)
3D15a	(CA) <sub>15</sub>	2 bp	F: GGT GGT GGC AGA TAC ACT GG R: GAC TCA GAC AAC CAA CTT CAG G	
FS_C2660*	(GAG) <sub>8</sub>	3 bp	F: AGC AGA ATT CGC CAA GTG AT R: TGC CTT TGC ATT CTC CTC TT	(Burger ir kt. 2018)
3A05a	(CA) <sub>12</sub> (CT) <sub>2</sub>	2 bp	F: AAC GTG ACC TCT CTC ACA GC R: AGT GCT GGA GTG CTC ATG G	(Sullivan ir kt. 2013)

\* EST lokusas

### 2.4.3 DNR išskyrimo protokolai

Atrinktų brandžių medžių DNR išskirta iš džiovintos medienos, o savaiminio želimo medelių DNR išskirta iš džiovintų lapų, taikant modifikuotą Lefort (Lefort ir Douglas 1999) DNR išskyrimo metodą. Medienos drožlės ir lapų ėminiai surinkti į popierinius maišelius ir džiovinti ant silikagelio apie 3 savaites sandarioje dėžėje. DNR išskyrimui naudota 100 mg džiovintos medžiagos, kuri susmulkinama panaudojant Retsch MM400 homogenizatorių ir vieną plieninį rutuliuką. Susmulkinus mėginius, mėgintuvėliai atsargiai atidaromi ir pašalinamas plieninis rutuliukas. Su HandyStep pipete į kiekvieną mėginį pilama 500 μl Lefort išskyrimo buferio. Mėgintuvėliai uždaromi ir trumpai sumaišomi mėgintuvėlių maiškyje IKA Vortex Genius 3. Su HandyStep pipete į kiekvieną mėginį įpilama 100 μl 10% SDS (natrio dodecilsulfatas) buferio ir 6 μl Proteinazės K. Tuomet su HandyStep pipete į kiekvieną mėginį pilama po 20 μl DTT (ditiotreitolis). Mėgintuvėliai atsargiai uždaromi ir mėginiai maišomi mėgintuvėlių maiškyje tol, kol gautas homogeninis mišinys. Mėgintuvėliai dedami į vandens vonelę ir paliekami inkubuotis 60°C temperatūroje: mėginiai, kurių DNR skiriama iš medienos paliekami vonelėje inkubuotis per naktį, mėginiai, kurių DNR skiriama iš lapų paliekami vonelėje inkubuotis 1 valandą. Po inkubacijos mėginiai 10 min. vėsunami kambario temperatūroje. Tuomet su HandyStep pipete į kiekvieną mėginį įpilame 625 μl šalto (4°C) buferio III. Mėgintuvėliai atsargiai uždaromi ir mėginiai maišyti mėgintuvėlių maiškyje tol, kol gautas homogeninis mišinys. Mėginiai dedami į šaldiklį (-20°C) inkubuotis mažiausiai 10 min. Vėliau mėginiai centrifuguojami 15 min, 13000 aps./min. greičiu, 4°C temperatūroje. Nucentrifuguotų mėginių skaidri tirpalo fazė (medienos mėginiuose apie 650 μl) nupipetuojama į naujus, sunumeruotus 1,5 ml mėgintuvėlius, naudojant antgalius su filtrais, stengiantis nepaimti šiukšlių. Su HandyStep pipete įpilama 490 μl šalto (laikyto -20 °C temperatūroje) izopropanolio. Mėginiai uždaromi ir kelis kartus apverčiami, kad susimaišytų, paliekami inkubacijai per naktį -20°C temperatūroje. Po inkubacijos mėginiai centrifuguojami 25 min, 13000 aps./min. greičiu, 4°C temperatūroje. Atsargiai pašalinamas skystis. Apversti mėgintuvėliai pastatomi ant popierinio rankšluosčio, kad skysčio likutis išvarvėtų. Su HandyStep pipete į kiekvieną mėginį įpilame 400 μl 70% šalto (laikyto -20 °C temperatūroje) etanolio. Mėginiai atsargiai maišomi mėgintuvėlių maiškyje, kol DNR plokštelė atsilaisvina nuo mėgintuvėlio sienelių. Mėginiai centrifuguojami 10 min, 13000 aps./min. greičiu, 4°C temperatūroje. Etanolis atsargiai nupilamas, mėginiai džiovinami

kambario temperatūroje mažiausiai 1 valandą. Kai DNR išdžiūsta ir etanolis visiškai išgaruoja, su HandyStep pipete į kiekvieną mėginį įpilame 50µl distiliuoto autoklavuoto vandens ir 5µl RNRazės. Išskirtos DNR koncentracija nustatoma NanoDrop One/OneC spektrofotometru.

Ažuolų DNR tyrimui atrinkti 17 polimorfinių branduolio mikrosatelitų lokusų (1 lent.): FIR028, FIR035, FIR104, GOT040, PIE102, PIE267, VIT023, VIT107, MsQ13, QrZAG11, QrZAG112, QrZAG96, FIR013, 2P24a, 3D15a, FS\_C2660, 3A05a (Dow ir kt., 1995; Kampfer ir kt., 1998; Durand ir kt., 2010; Sullivan ir kt., 2013; Burger ir kt., 2018). Kiekvienas lokusas pagausintas 15 µl reakcijos mišinyje (7,5 µl Qiagen Multiplex PGR Master Mix, 1,5 µl Primer Mix, 3 µl RNAze free vanduo (vanduo be RNazės), 1 µl PVP (polivinilpirolidonas) 1%, 1 µl BSA (jaučio serumo albuminas) 20mg/ml, 1 µl DNR). Lokusai pagausinti suskirstyti į 2 grupes: 1 (PIE102, PIE267, VIT023, GOT040, QrZAG96, FIR028, VIT107, QrZAG112, MsQ13, FIR035, FIR104, QrZAG11) ir 2 (FS\_C2660, FIR013, 3D15a, 2P24a, 3A05a).

DNR pagausinimo reakcijos atliktos termocikleryje ProFlex PCR System (Applied Biosystems). Lokusų pagausinimas vykdomas pagal šią PGR programą: pirminė denatūracija 15 min. 95 °C, 30 ciklų vykdoma denatūracija 30 sek. 94 °C, pradmenų prisijungimas 1,3 min. 57 °C, DNR sintezė 30 sek. 72 °C ir galutinė DNR sintezė vykdoma 30 min. 60 °C. PGR produktų vizualizavimas atliekamas automatiniam DNR sekvenatoriuje SeqStudio™ (Applied Biosystems), alelinis vertinimas atliekamas naudojant kompiuterinę programą GeneMapper v4.1.

Įranga, reikalinga DNR išskyrimui ir analizėms, naudota Vytauto Didžiojo Universiteto Žemės Ūkio Akademijos Miško medžių genetikos laboratorijoje. DNR išskyrimui naudota įranga: DNR mėginių džiovintuvas (Vacuum Freeze Dryer); DNR išskyrimui skirtos pipetės; medžiagos smulkintuvas/homogenizatorius, skirtas susmulkinti medžiagą (lapus / medieną) DNR išskyrimui; DNR koncentracijos matuoklis (NanoDrop); traukos spintos; PGR prietaisas-gausintuvas/termocikleris (ABI thermal cycler PCR System 9700, Applied Biosystems, Foster City, California, USA); DNR genetinis analizatorius (ABI SeqStudio, Applied Biosystems by Thermo Fisher Scientific, Foster City, California, USA); rezultatų vertinimo programa GeneMapper (Applied Biosystems, Foster City, CA, USA), kompiuteriai ir kt.

#### 2.4.4 Statistinės analizės metodai

Dalinė mažiausių kvadratų regresija (angl. *Partial Least Squares (PLS) Regression*) - metodas, apjungiantis pagrindinių komponentų analizės, tipinės koreliacinės analizės ir tiesinės regresijos analizės privalumus. Šis ir variacinės analizės metodai buvo panaudoti įvertinti medyno glaudumo, mišrumo, vyraujančios rūšies, augavietės, trako, žolinio padengimo įtaką pomiško gausumui (programa XLSTAT). SAS programos G3D ir G3GRID skaičiavimo metodai buvo panaudoti grafiniam vaizdavimui.

Paprastojo ir bekočio DNR mikrosatelitų kokybės įvertinimas atliktas pagal nulinių alelių dažnius programa Micro-Checker2.2.3 (Van Oosterhout ir kt. 2004).

Genetinė įvairovė yra vertinama pasitelkiant DNR žymenis (mikrosatelitus) ir naudojant genetinės įvairovės ir diferenciacijos parametrus, kurie parodo esamą populiacijos genetinę įvairovę ir leidžia palyginti su kitomis miško generacijomis, pvz. savaiminiu žėlimu. Žemiau aprašomi rodikliai, kurie padeda įvertinti medžių genetinę įvairovę saugant ir atrenkant miškų genetinius išteklius, pvz., genetinius draustinius.

Alelinės įvairovės rodikliai buvo apskaičiuoti naudojant programą GenAlEx6.5 (Peakall ir Smouse 2012). Vertinti parametrai: Na – vidutinis alelių skaičius (multilokusinis vidurkis ir suma, taip pat retų alelių skaičius); Ne – efektyvių alelių skaičius; Np – privačių alelių skaičius (Np vizualizacija atlikta R programa, paketas poppr (Kamvar ir kt. 2014)); reti aleliai, kurių dažnis < 1% ir 5%; Ho – stebimas heterozigotiškumas; He – lauktinas heterozigotiškumas; programa Fstat2.9.3. (Goudet 2001) nustatytas alelinis turtingumas (Ar), t.y. genetinės įvairovės rodiklis, kuris parodo mažiausiam imties dydžiui perskaičiuotą alelių skaičių/turtingumą tarp tiriamų grupių.

Inbrydingo koeficientas (FIS) (programa GeneAlex, Peakall ir Smouse (2012)) parodo heterozigotų stygių lyginant su idealia populiacija. Inbrydingo koeficientas yra prognozinis rodiklis, kuris parodo, koks tikėtinas inbrydingas tarp palikuonių. Inbrydingo koeficientas svyruoja nuo -1 iki +1, kuo inbrydingo koeficientas arčiau +1, tuo didesnė inbrydingo rizika. Fis- inbrydingo koeficientas (pagal Wright fiksacijos indeksą FIS), rodantis lauktiną homozigotiškumo perteklių individo viduje lyginant su visa populiacija palikuonių kartoje dėl giminingų tėvų kryžminimosi (FSTAT programa). Šis rodiklis rodo nukrypimus nuo

atsitiktinio kryžminimosi dėl giminytės, stiprios diferenciacijos ir izoliacijos, genų dreifo ir kt. FIS priklauso nuo  $H_e$  ir  $H_o$  santykio. Jei  $H_o$  ženkliai mažesnis nei  $H_e$ , reiškia kad populiacijoje nors ir esant aukštai alelinei įvairovei (aukštas  $H_e$ ) giminingi individai poruojasi giminingose grupėse, galimai dėl fenologinio suderinamumo (medžiai), geografinių barjerų ar bendros kilmės (žvėrys). FIS kinta nuo -1 iki +1, kur neigiamos reikšmės rodo heterozigotų (didesnės įvairovės individų) perteklių palikuonyse, pagrinde dėl atsitiktinio kryžminimosi genetiškai įvairioje populiacijoje, teigiamos - homozigotų perteklių palikuonyse dėl inbrydingo:

$$FIS = (H_e - H_o) / H_e,$$

kur  $H_e$  ir  $H_o$  yra mutilokusiniai  $H_e$  ir  $H_o$  vidurkiai.

Giminingų tėvų kryžminimosi ar genetinio dreifo poveikio rezultatas - stebimas heterozigotiškumas ( $H_o$ ) (rodantis identiškus alelius individo lokuso motininėje ir tėvinėje chromosomoje),

$$H_o = N_{hetero} / N,$$

kur  $N_{hetero}$  heterozigotinių lokusų skaičius,  $N$  – bendras lokusų skaičius

$H_e$  – lauktinas heterozigotiškumas (pakoreguotas pagal nevienodą imtį), rodantis lokuso alelinių dažnių vienodumą populiacijoje, t.y ar nėra reikšmingo vieno ar kelių alelių dominavimo lokuse (alelių dominavimas veda prie inbrydingo palikuonių kartoje),

$$H_e = (2N / (2N-1)) * (1 - \sum p_i^2),$$

kur  $p_i^2$  yra  $i$ -tojo alelių dažnis populiacijoje pakeltas kvadratu,  $\sum$  yra suma.

Genetinės diferenciacijos ir hibridizacijos įvertinimo analizės tikslas buvo nustatyti genetinės diferenciacijos stiprumą tarp tikslinių rūšių (paprastojo ir bekočio ąžuolų) tėvinės ir palikuonių grupių. Taip pat tikslas buvo įvertinti hibridizacijos dažnį ir tiksliai identifikuoti ąžuolų rūšis, bei jų hibridus. Šiuo tikslu atlikome keturis skirtingais algoritmais pagrįstus statistinius testus:

Genetinės diferenciacijos indeksų testas pagal alelių dažnių skirtingumą, t. y. naudojant programą GenAEx6.5 (Peakall ir Smouse 2012) apskaičiuotas Dest diferenciacijos indeksas (Jost 2008), parodantis genetinio skirtumų reikšmingumą tarp lyginamų medžių grupių, naudojant 9999 permutacijas įvertinamas jo statistinis reikšmingumas.

Diskriminantinė pagrindinių komponentų analizė DAPC (Discriminant analysis of principal components) R programa, paketas adegent 2.0.0 (Jombart 2015; Jombart ir Collins 2015). Pagrindinių komponentų diskriminacinė analizė (DAPC), skirta tiriamų grupių genetinės diferenciacijos vertinimui ir atvaizdavimui. Šis daugialypis metodas susideda iš dviejų etapų: pirma genetiniai duomenys transformuojami ir naudojami pagrindinių komponentų analizėje (PCA - Principal Component Analysis). Antrame žingsnyje pagrindiniai PCA komponentai pateikiami linijinei diskriminacinei analizei (LDA - Linear Discriminant Analysis), kurios metu taip pat atsižvelgiama į alelių dažnius tarp tiriamų grupių.

PCA (pagrindinių komponentų analizė, angl. Principal Component Analysis) – tai daugiamatės statistinės analizės metodas, naudojamas GenAEx programoje siekiant vizualizuoti genetinę struktūrą tarp individų ar populiacijų, remiantis mikrosatelitinių žymenų duomenimis (Peakall ir Smouse 2012).

Bajeso maksimalaus tikėtimumo modeliu pagrįsta klasterinė analizė, t. y. naudojant programą Structure 2.3.3. (Pritchard ir kt. 2000), atlikta Bajeso klasterinė analizė, kuri leidžia nustatyti tiriamų ąžuolų genetinę struktūrą ar priklausomybę kuriam nors genetiniam klasteriui, t. y. nustatyti, kokia dalis individo genų yra iš vienos ar kitos grupės, grupių skaičius  $K$  nustatomas iš anksto. Programos nustatymai: naudojome 200000 MCMC iteracijų,  $K$  diapazonas nuo 1 iki 6, kiekvieną  $K$  pakartojome po 20 kartų. Tuomet, remiantis DeltaK statistika (Evanno ir kt. 2005), buvo nustatyta tikėtina individo priklausomybė (proporcija) vienam iš genetinių klasterių, t.y. gryna rūšis, kai  $q$  vertė buvo  $>0,90$ , arba hibridų grupė, jei

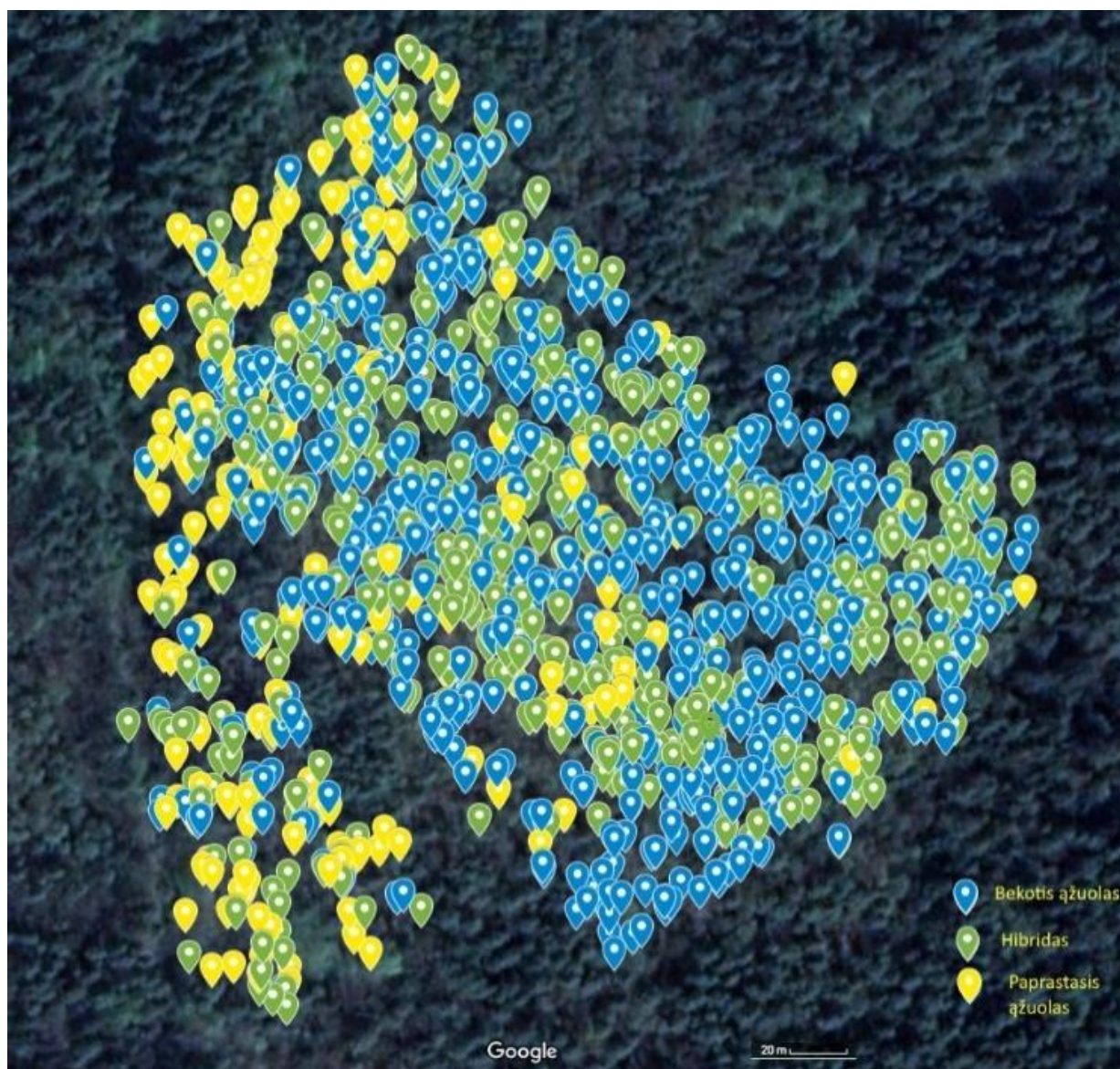
jų  $q$  vertė buvo  $<0,90$  (pagal Blair ir Hufbauer 2010). Structure 2.3.3. programos rezultatai susistemunami ir vizualizuojami programa CLUMAK (Kopelman ir kt. 2015).

NewHybrids 1.1 (Anderson ir Thompson 2002) yra Bajeso metodu paremta programa, naudojama tarprūšinių hibridų identifikavimui remiantis genetiniais DNR duomenimis. Ji leidžia priskirti individus skirtingoms kategorijoms, tokioms kaip gryna rūšys (tėvinės populiacijos), pirmos (F1) ir antros (F2) kartos hibridai bei atgaliniai hibridai su tėvinėmis rūšimis. Bajeso algoritmas veikia taip: atsižvelgia į alelių dažnius skirtingose tiriamose grupėse ir vykdo Markovo grandinės Monte Karlo metodu (MCMC) iteracijas, kuriose priskiria individus vienai iš nustatytų genetinių klasių (gryna rūšis ar hibridas) pagal tikimybes (detaliau žiūrėti Vähä ir Primmer 2006). NewHybrids algoritmas naudojo Jeffreys tipo apriorines tikimybes atliekant 500 000 iteracijų.

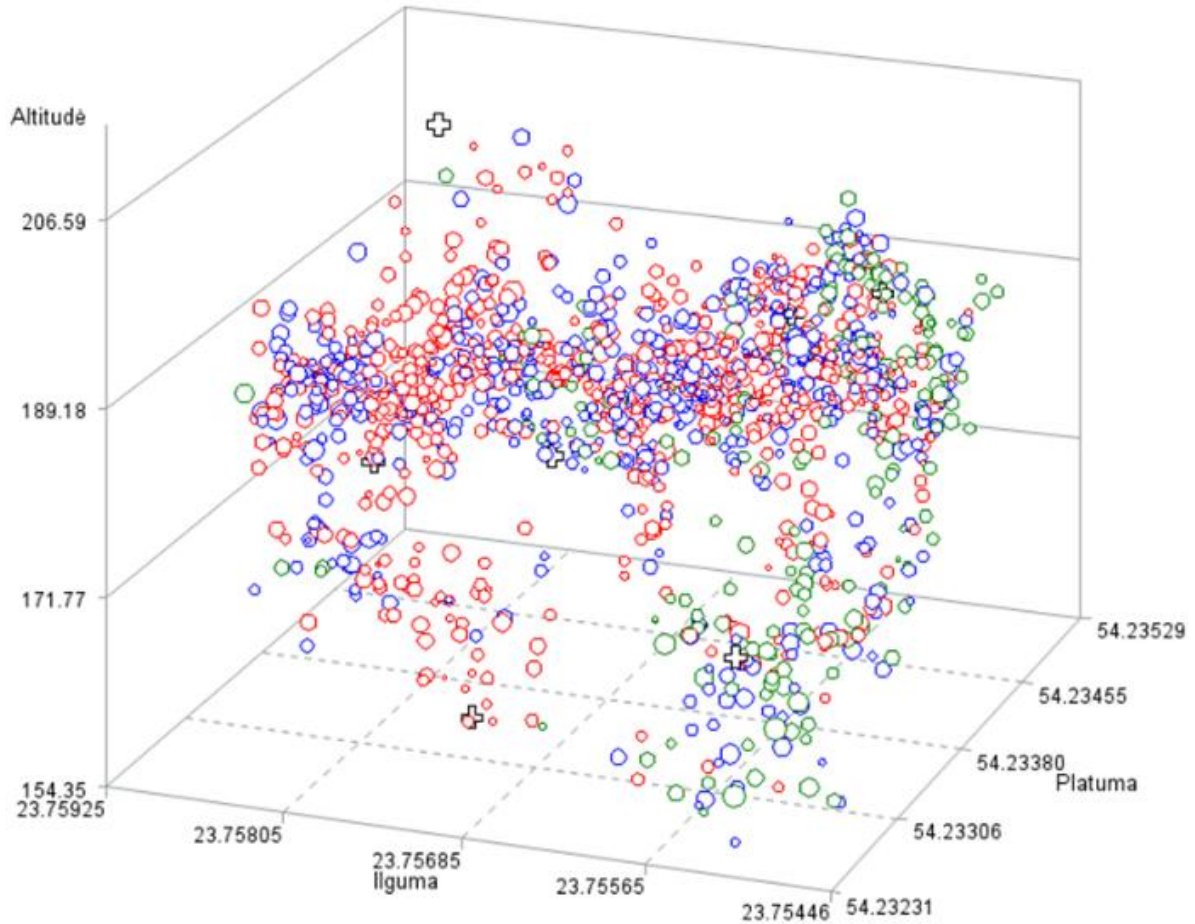
### 3 REZULTATAI

#### 3.1 Bekočio ąžuolo genetinio draustinio ąžuolų kiekis, būklė bei perspektyvos pirmajame arde

Trako miško bekočio ąžuolo genetiniame draustinyje (kodas Genetinių miško medžių išteklių informacinėje sistemoje – 03AbGD001) identifikuota 221 paprastųjų ąžuolų, 537 tariami hibridai ir 713 bekočių ąžuolų (3.1.1 pav.) pagal morfologinius požymius. Visi ąžuolai sunumeruoti ir pakabintos etiketės ant visų medžių.

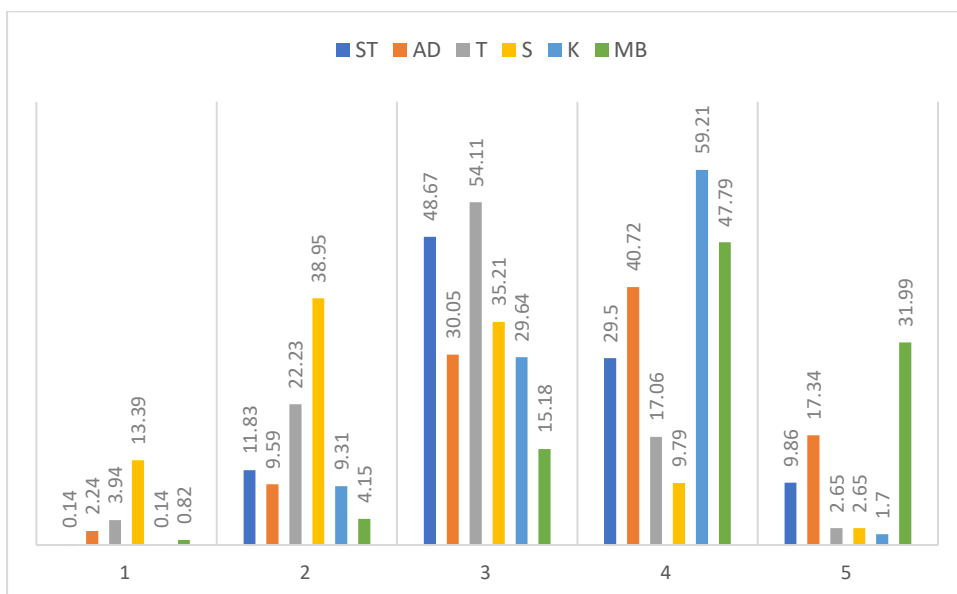


(a)



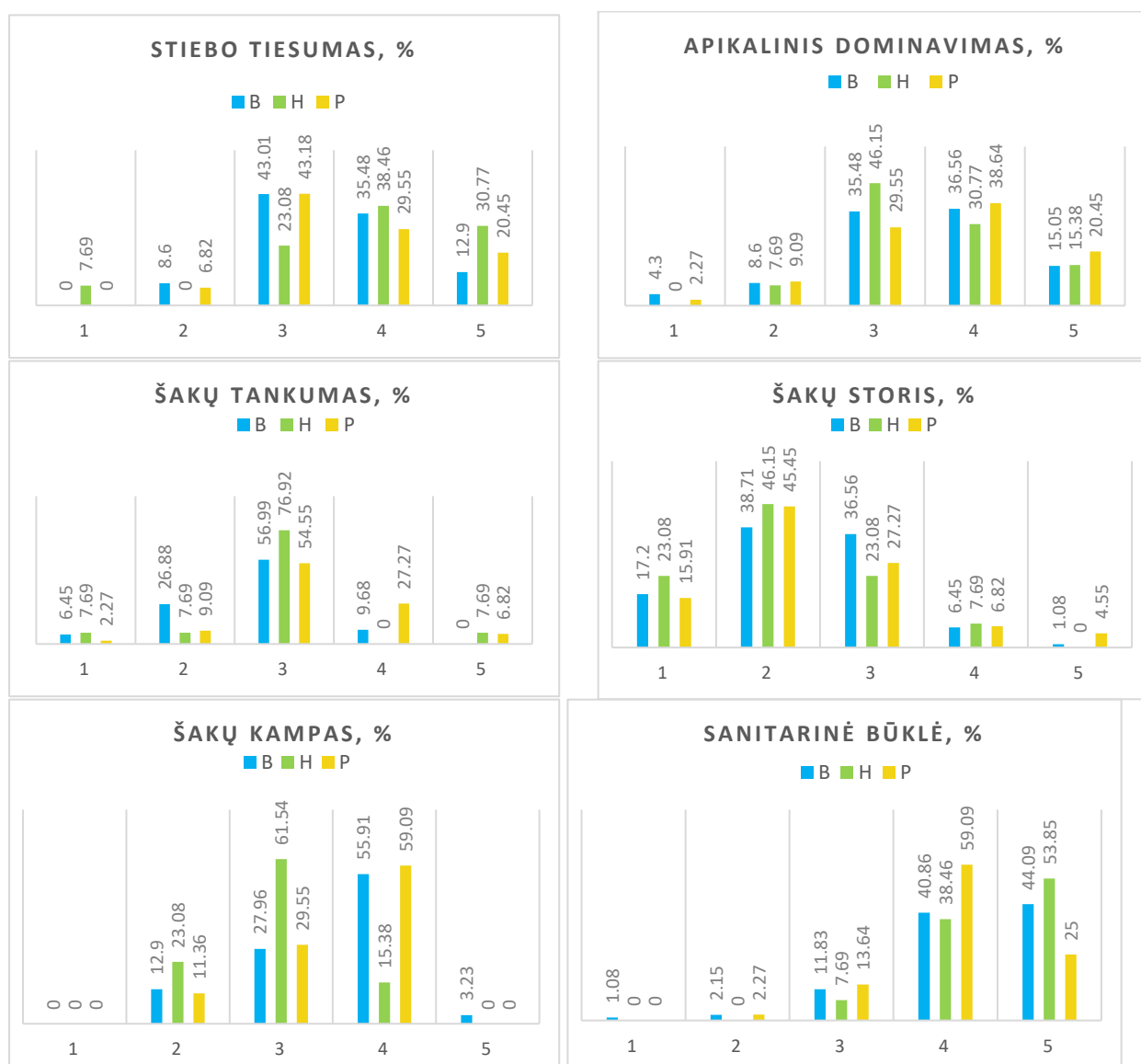
(b)

**3.1.1 pav.** Trako miško bekočio ąžuolo draustinio ąžuolų išsidėstymo schema, ąžuolų rūšis identifikuota pagal morfologinius požymius. (a) paveiksle bendras vaizdas. (b) paveiksle ąžuolų išsidėstymas koordinatinių ašyse. Apskritimo dydis atitinka medžio skersmenį ( $d/70$ ). Raudoni apskritimai žymi bekočius ąžuolus, žali – paprastuosius, o mėlyni – hibridus. Juodi pliuso ženklai žymi dirvožemio profilių vietas (viso 7).



**3.1.2 pav.** Bendras ąžuolų būklės selekcinis įvertinimas. Trumpiniai: ST – stiebo tiesumas, AD – apikalinis dominavimas, T – šakų tankumas, S – šakų storis, K – šakų kampas, MB – sanitarinė medžio būklė.

Dauguma ąžuolų (apie 50%) draustinyje vidutinio tiesumo. Labai tiesių ir tiesių ąžuolų grupėse išsiskiria ąžuolų hibridai, visiškai tiesiu stiebu mažiausia bekočių ąžuolų (3.1.2 pav.). Vertinant apikalinį dominavimą, daugiausia ąžuolų buvo su nereikšmingai iškreivinta viršūne (40,7%) ir su vienu pleištinu ūgliu ar didesniu iškreivimu (30%). Šiose kategorijose šiek tiek didesnis procentas buvo tarp hibridinių ąžuolų. Virš 50% visų ąžuolų šakos buvo vidutinio tankumo. Daugiausia ąžuolų su retesnėmis šakomis buvo tarp paprastųjų ąžuolų. Vertinant šakų storį, daugiausia ąžuolų turėjo storas ir vidutiniškai storas šakas. Tarp bekočių ąžuolų storas šakas turėjo ~8% mažiau medžių nei tarp paprastųjų ąžuolų ir hibridų. Tuo tarpu vidutinio storumo šakų 9-13% daugiau turėjo bekotis ąžuolas nei paprastasis ir hibridai atitinkamai. Daugumos ąžuolų (apie 60%) šakos su stiebu sudarė 45-90 laipsnių statumo kampą. Mažiausiai tokių ąžuolų buvo tarp hibridų. Hibridinių ąžuolų didžiausia dalis buvo su 45 laipsnių statumo šakomis. Apie 48% visų rūšių ąžuolų buvo geros sanitarinės būklės ir apie 32% labai geros sanitarinės būklės. Didžiausias procentas hibridinių ąžuolų buvo geros ir labai geros sanitarinės būklės.

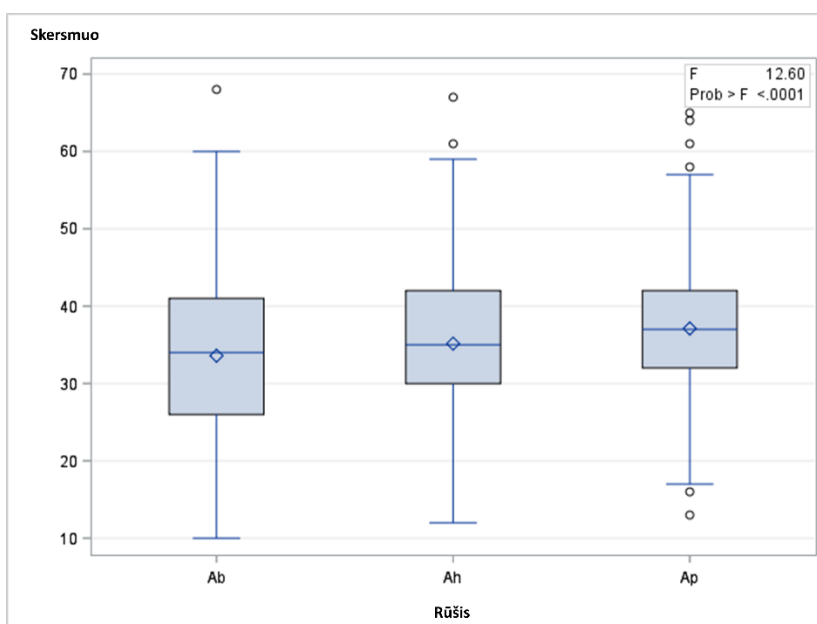


3.1.3 pav. ąžuolų būklės selekcinis įvertinimas pagal rūšį procentais. Trumpiniai: paprastasis ąžuolas (Ap), tariamas hibridinis ąžuolas (Ah), bekotis ąžuolas (Ab).

Ažuolų kamienų skersmenys vidutiniškai buvo didesni paprastųjų ažuolų, o bekočių mažiausi (3.1.1 lentelė, 3.1.4 pav.). Iš jų 6,8% buvo plonesni nei 20 cm (4,5% Ab, 1,9 – Ah ir 0,4 – Ap). Didžiausią medyno dalį užėmė 30-40 cm skersmens ažuolai.

**3.1.1 lentelė.** Bekočio ažuolo genetinio draustinio ažuolų skersmens rodikliai. Trumpiniai paaiškinti 3.1.3 pav.

Rūšis	Skaičius	Vidurkis	Mediana	Standartinis nuokrypis	Minimali reikšmė	Maksimali reikšmė
Ab	715	33.59	34.00	9.92	10.00	68.00
Ah	536	35.16	35.00	9.14	12.00	67.00
Ap	220	37.11	37.00	8.89	13.00	65.00



**3.1.4 pav.** Bekočio ažuolo genetinio draustinio ažuolų skersmens rodikliai. Trumpiniai paaiškinti 3.1.3 pav.

Apie 80% visų ažuolų genetiniame draustinyje yra geros ar I. geros sanitarinės būklės (bekotis ažuolas 84,95%, hibridai – 92,31%, paprastasis ažuolas – 84,09%), kiti selekciniai įvertinimai vidutiniai.

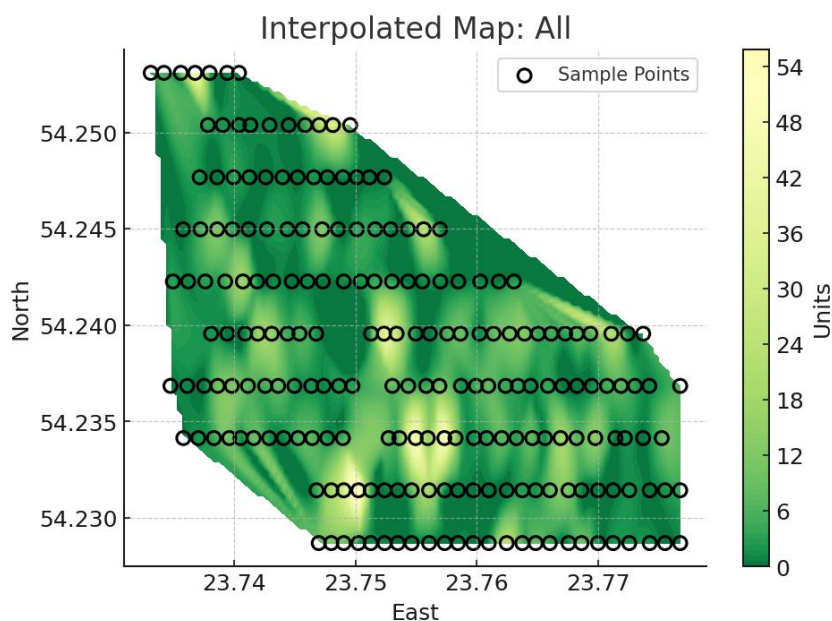
Bekočio ažuolo genetiniame draustinyje ažuolai užima 73,7%, pušys 11,6%, eglės 8%, skroblai 4,3%, liepos 1,7%, beržai, drebulės, juodalksniai ir klevai sudaro 0,9% visų medžių.

**Bekočio ažuolo perspektyva pirmame arde.** Genetiniame bekočio ažuolo draustinyje bekočių ažuolų ir jų hibridų būklė yra gana gera, o perspektyvos palankios. Gana gera sanitarinė būklė rodo genetinį potencialą ir atsparumą. Stiebo tiesumas, apikalinis dominavimas ir šakų tankumas rodo, kad dauguma medžių turi subalansuotą struktūrą, ir tai leidžia jiems prisitaikyti prie aplinkos pokyčių. Taigi, šiame draustinyje augantys ažuolai yra sveiki ir turi potencialą perspektyvoje, yra geros sąlygos tolesniam ažuolų selekcijos vykdymui ir išsaugojimui.

### 3.2 Ažuolo rūšių ir tarprūšinių hibridų paplitimas Trako miške

Trako miško masyvas yra ant Žagarių moreninio masyvo, susiformavusio paskutiniojo ledynmečio laikotarpiu. Visas miško masyvas labai išraiškingas reljefo formomis. Altitudės kinta daugiau nei 30 metrų, o augavietės (dirvožemio tipologinės grupės) labai įvairios – nuo pelkinių iki vidutinio derlingumo lengvų priesmėlių.

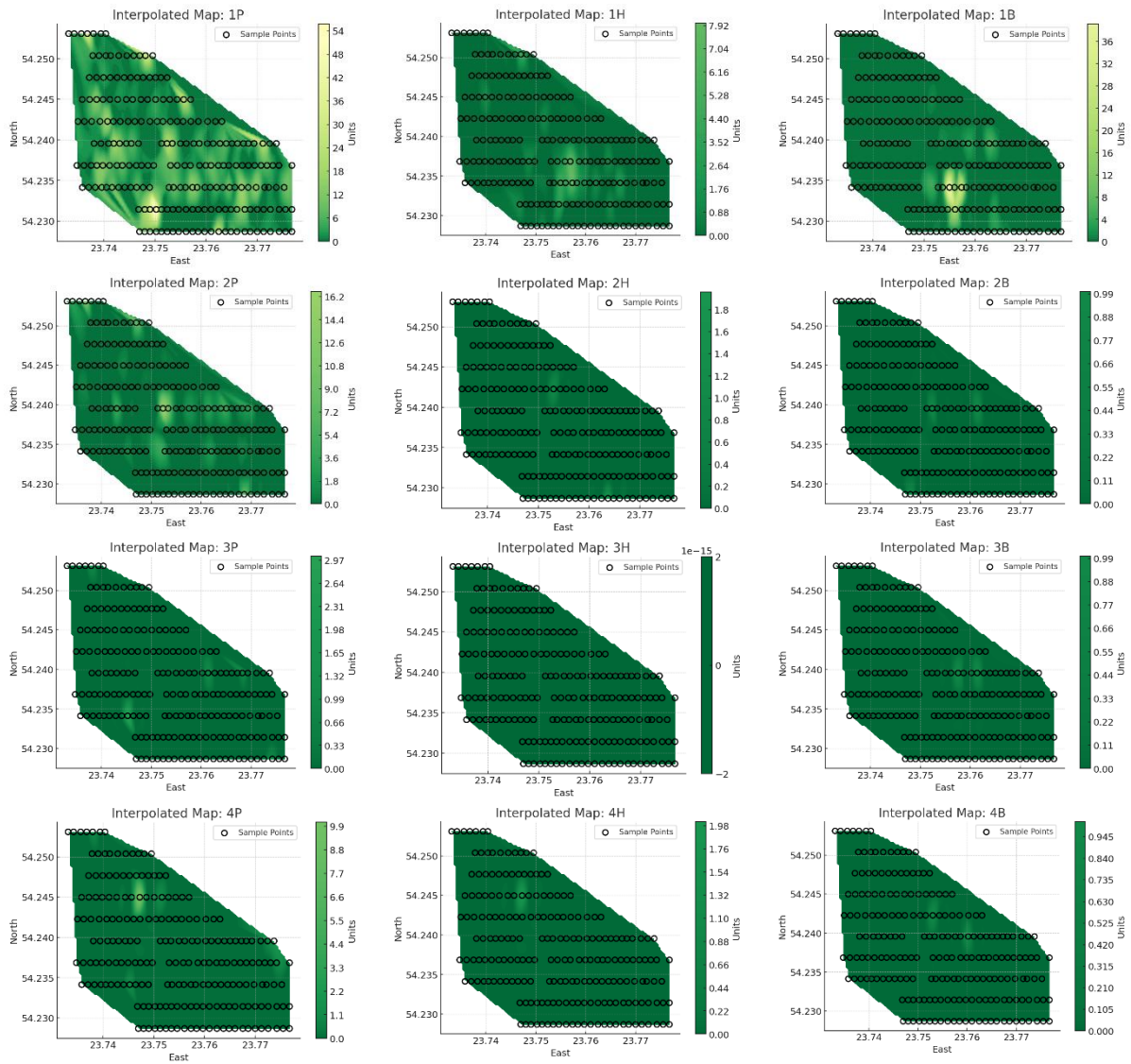
Daugiausia azuolo žėlinių pomiškyje centrinėje ir pietrytinėje Trako miško dalyje (3.2.1pav.).



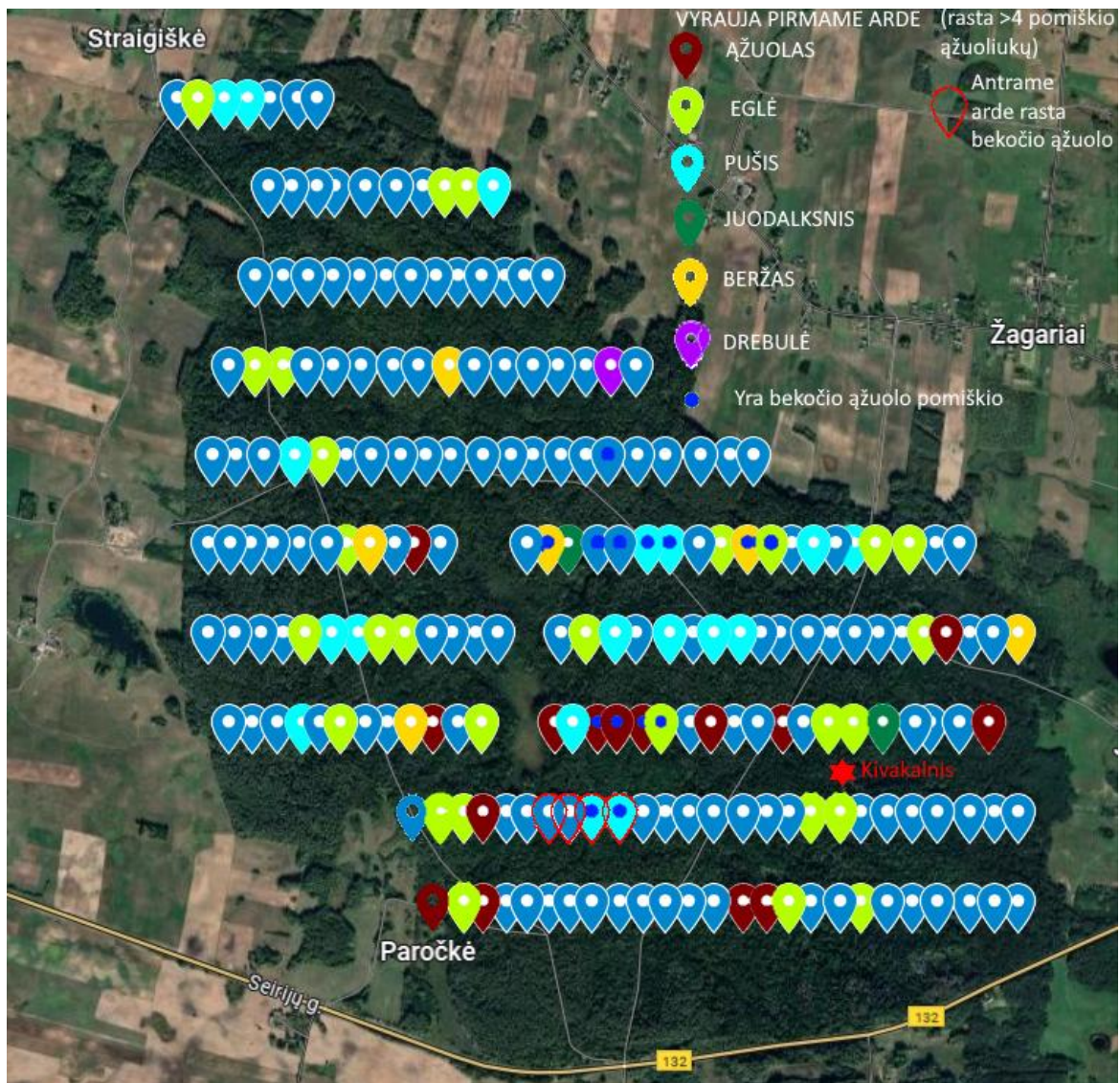
3.2.1 pav. Ažuolo pomiškio pasiskirstymas Trako miške

Didžiausią dalį pomiškio ažuoliukų sudarė pirmai grupei priklausantys ažuoliukai (88,5%), o šioje grupėje daugiausia buvo paprastųjų (73,1% visų pomiškio ažuoliukų), hibridinio ažuolo žėliniai tesudarė 4,31%, o bekočio 11,07% (3.2.2 pav.). Antros grupės ažuoliukų rasta jau žymiai mažiau – paprastojo 8,3%, hibridinių 0,3% ir bekočių 0,3%. Trečios grupės ažuoliukų išlikę – paprastojo 0,6% ir bekočio 0,2%. Ketvirtos grupės ažuoliukų grupę sudarė 1,6% paprastojo, 0,2% hibridinio ir 0,18% bekočio ažuoliukų žėliniai. Didžiausias bekočio ažuolo žėlinių kiekis aptiktas genetiniame draustinyje bei rytinėje ir vakarinėje pusėje esančiuose sklypuose. Galima pažymėti, kad bareliuose, kur bekočio ažuolo žėlinių rasta daugiausia žolinės dangos padengimas bei trako padengimas buvo mažesnis nei vidutinis (30-40%) o pirmame arde vyravo ažuolas arba pušis.

Pomiškyje daugiausia auga skroblai (43%), eglė ir klevas siekia po 20% kitos rūšys sudaro po mažiau nei 5% visų pomiškyje augančių rūšių. Pomiškyje rasta ir raudonojo ažuolo žėlinių.



**3.2.2 pav.** Ažuolo pomiškio pasiskirstymas Trako miške pagal rūšis ir aukštumo grupes. Paprastojo, hibridų ir bekočio ažuolo žėliniai: 1P, 1H, 1B – pirmos aukštumo grupės, 2P, 2H, 2B – antros aukštumo grupės, 3P, 3H, 3B – trečios aukštumo grupės, 4P, 4H, 4B – ketvirtos aukštumo grupės.



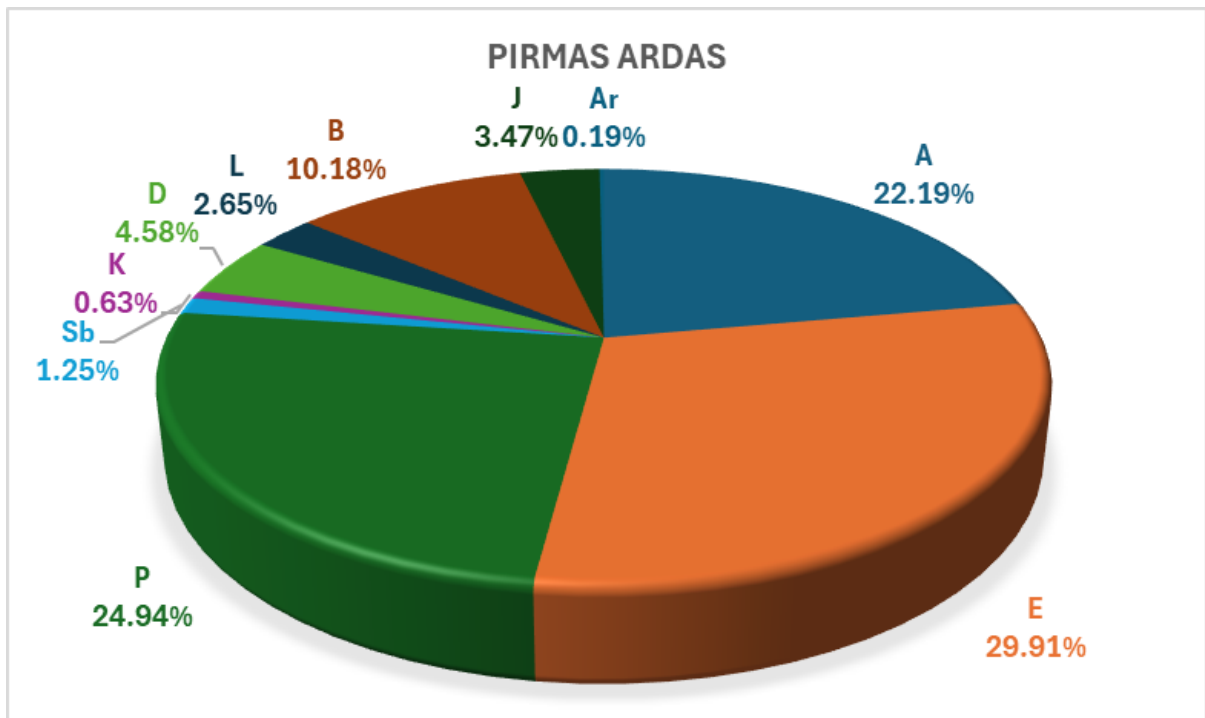
3.2.3 pav. Trako miško pirmojo ardo vyraujančių rūšių ryšys su ąžuoliukų pomiškiu.

Daugiau nei 4 pomiškyje augantys ąžuoliukai rasti 26 bareliuose, kur pirmame arde vyrauja eglė, 20 barelių, kur vyrauja pušis ir 15 barelių, kur vyrauja ąžuolas (3.2.3 pav.). Tarp pirmame arde augančių medžių rūšių didžiausią procentinę dalį sudarė eglės 30% (jų rasta 160 barelių iš 207, o vyrauja 70 barelių) (3.2.4 pav.), toliau eina pušys (113 ir 56 barelių atitinkamai), ąžuolai (136 ir 49 bareliuose atitinkamai).

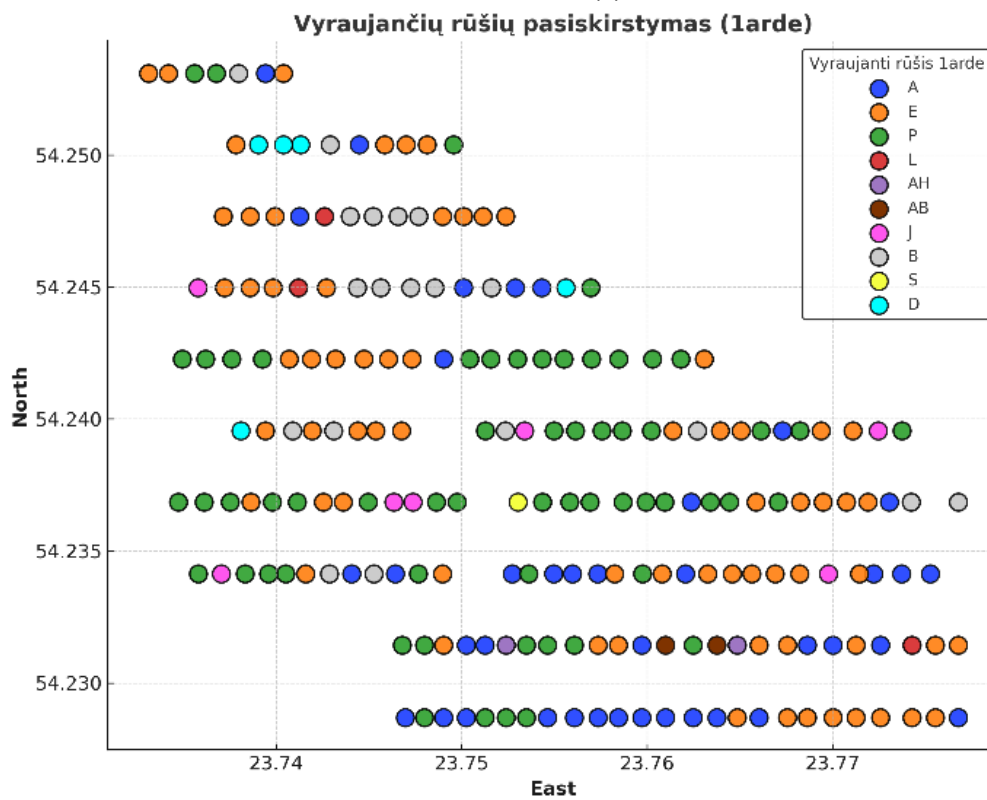
Antrame arde daugiausia aptikta eglės 45% visų antro ardo medžių (96 bareliuose iš 207), skroblai – 27% (57 bareliuose) ir ąžuolai – 13% (23 bareliuose). Bekotis ąžuolas antrame arde aptiktas tik 4 bareliuose (3.2.5 pav.)

Iš trake augančių rūšių, lazdynas buvo aptinkamas praktiškai visuose tirtuose bareliuose (jo nebuvo tik šešiuose iš 207). Trake taip pat gausu buvo sausmedžių, ožekšnių, šermukšnių, šaltekšnių (3.2.6 pav.). Galima paminėti, kad vietos, kur vyrauja pomiškyje klevai, jie užgožia visą augaliją ir kitus pomiškyje augančius mažus medelius.

Žolinės dangos padengimas tirtuose bareliuose vidutiniškai buvo 49%, vyravo nuo 30 iki 60 % (3.2.7 pav.). Bekočio ąžuolo genetiniame draustinyje žolinis padengimas siekė 30-40%.

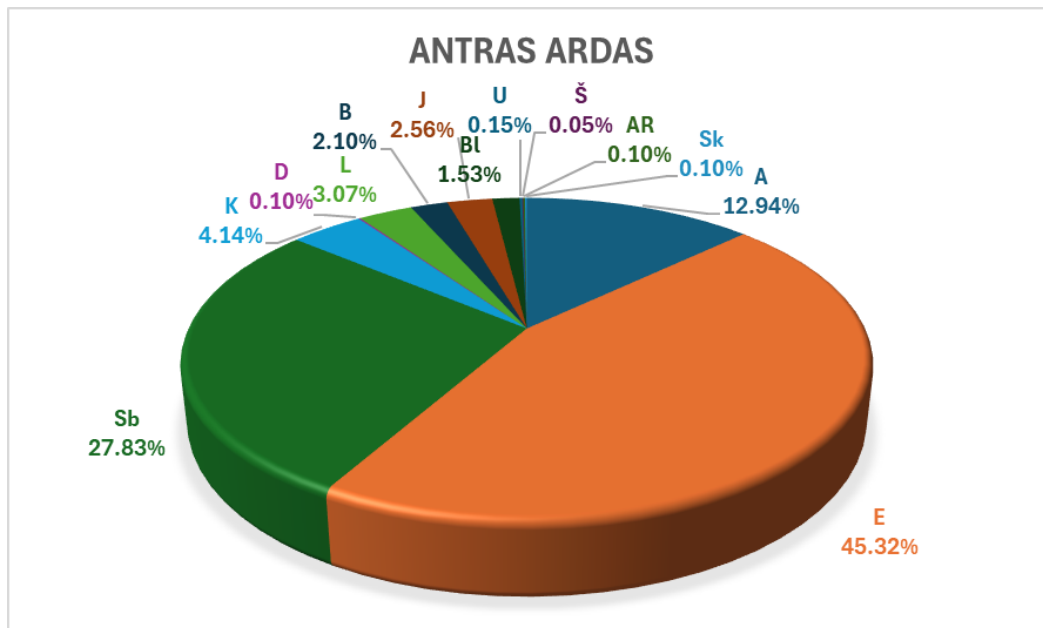


(a)

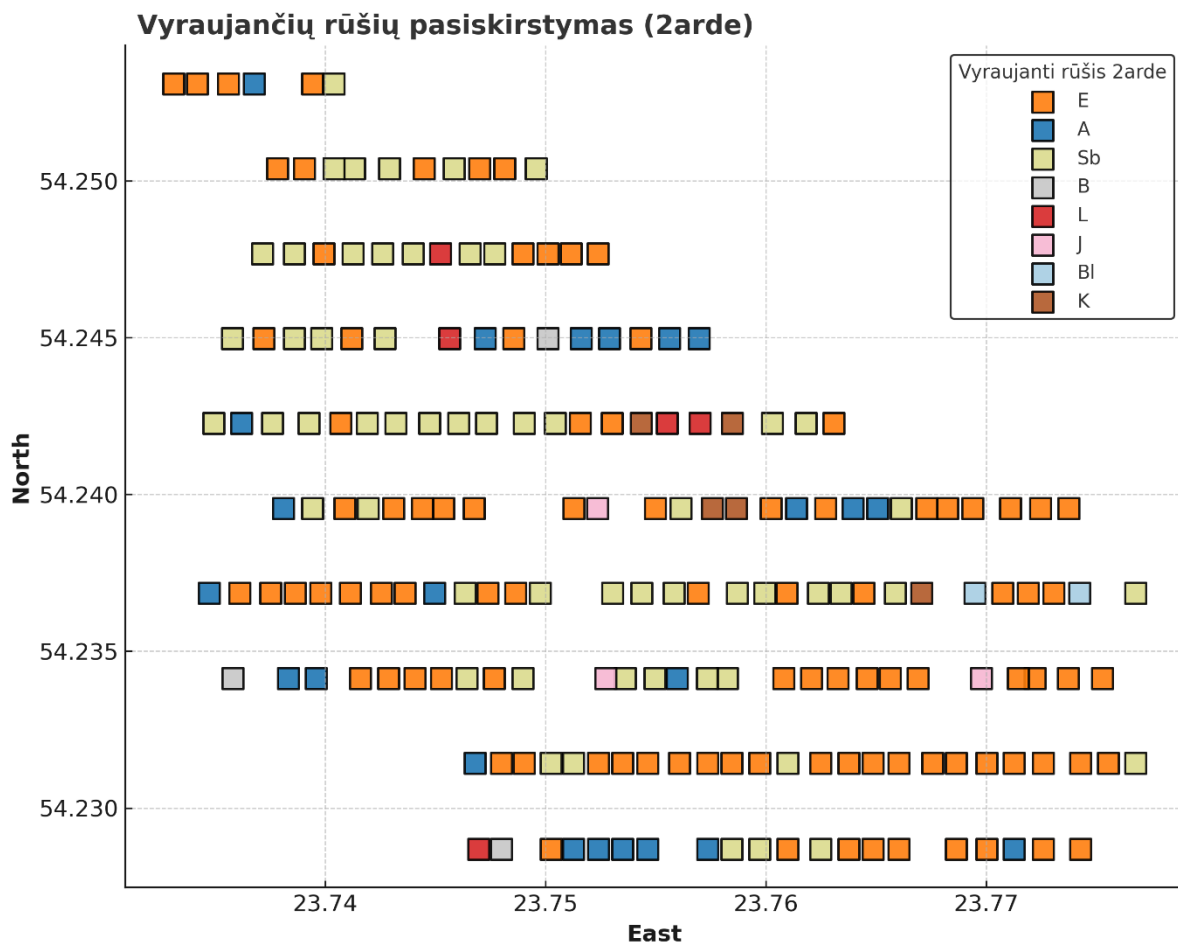


(b)

3.2.4 pav. Vyraujančių rūšių pirmajame arde pasiskirstymas a) procentais, b) Trako miško plote.

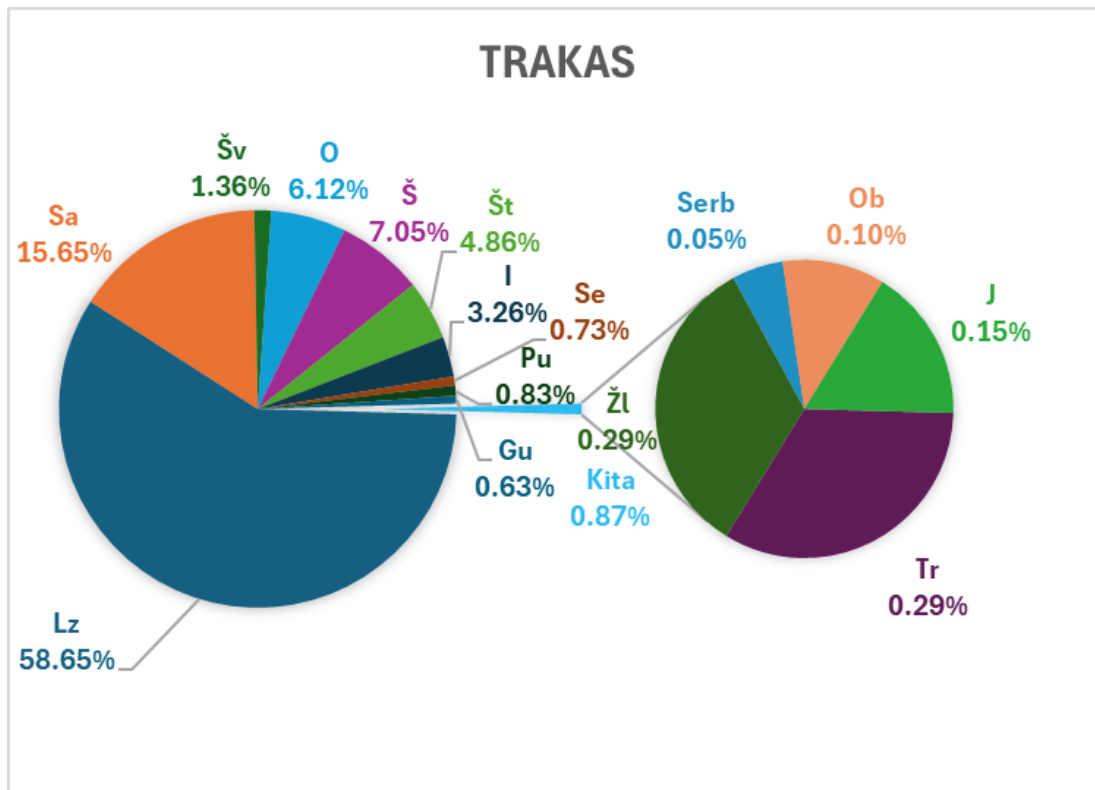


(a)



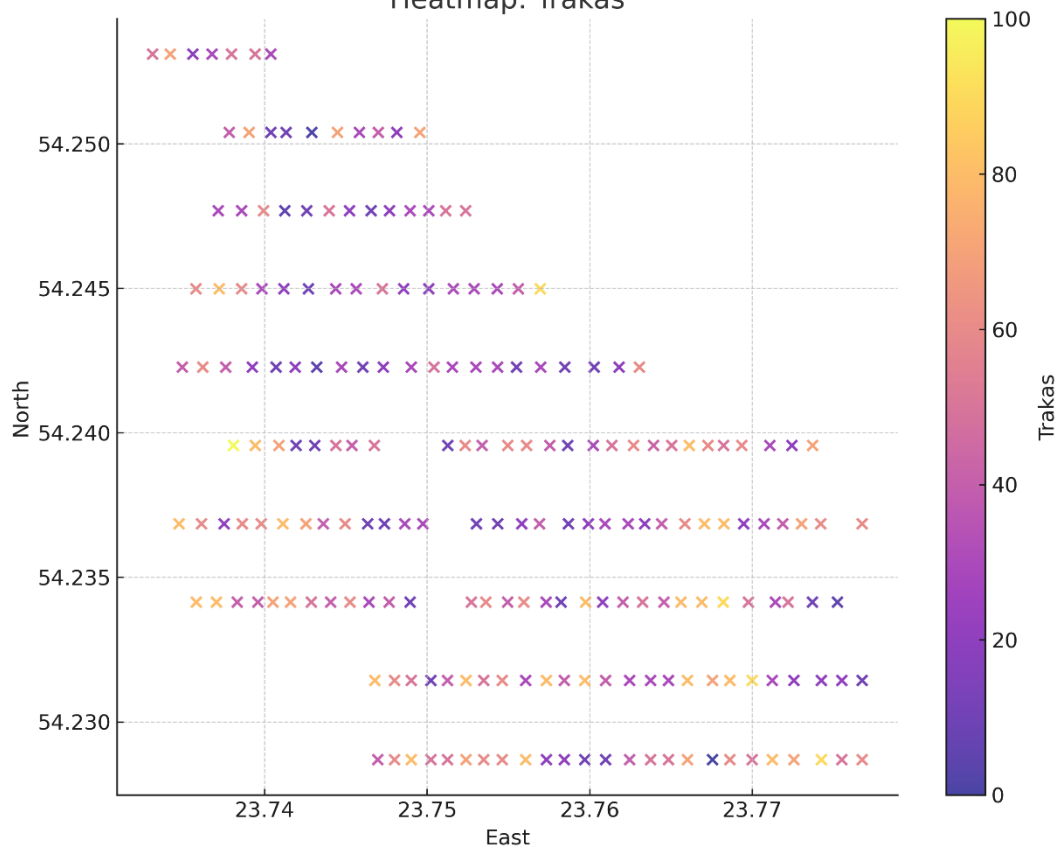
(b)

**3.2.5 pav.** Trako miško antrasis ardas: a) antrojo ardo rūšys, b) vyraujančių antrame arde rūšių pasiskirstymas Trako miške. Santrumpos: E – eglė, A – ąžuolas, Sb – skroblas, B – beržas, L – liepa, J – juodalksnis, Bl -blindė, K – klevas.



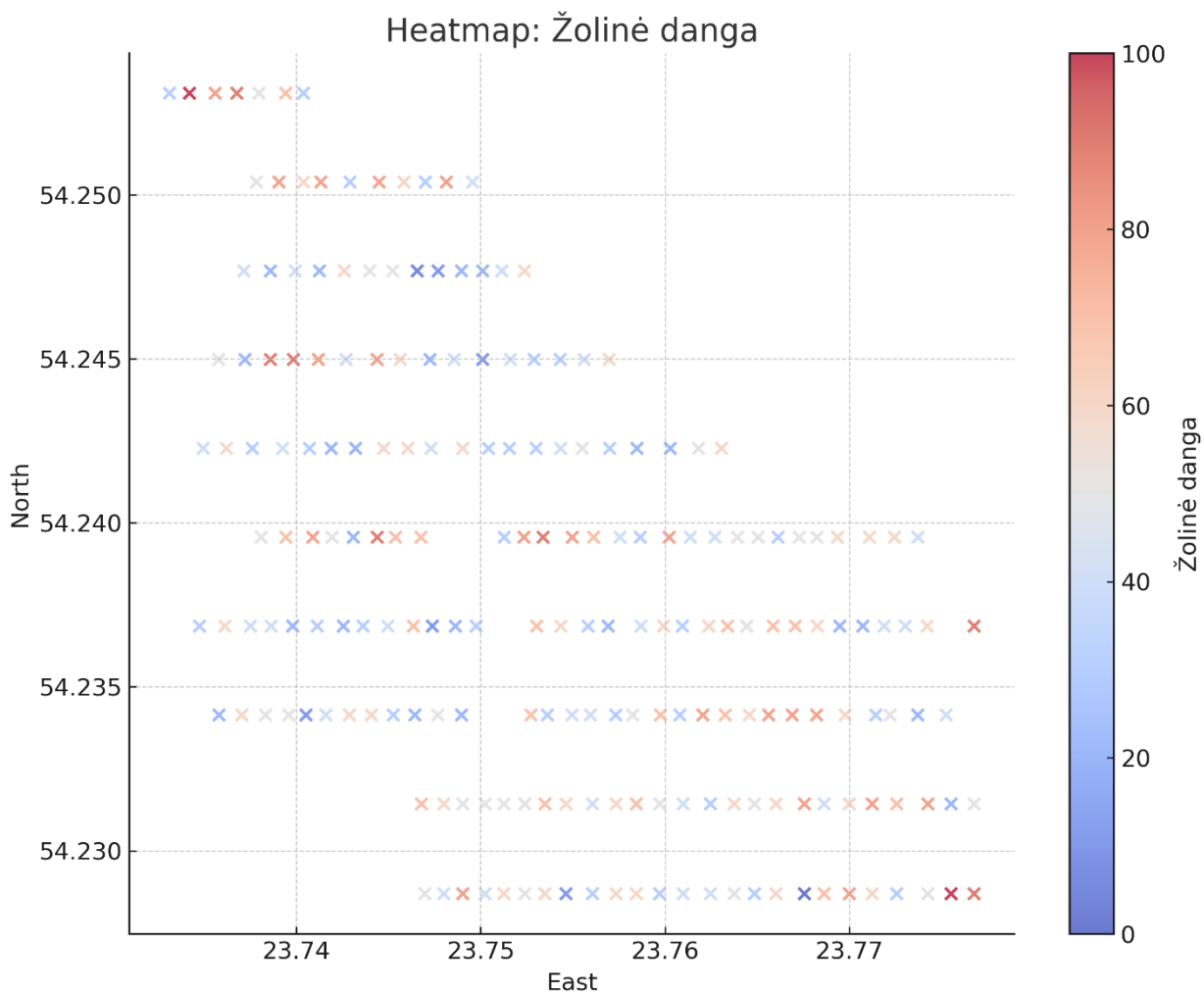
(a)

Heatmap: Trakas

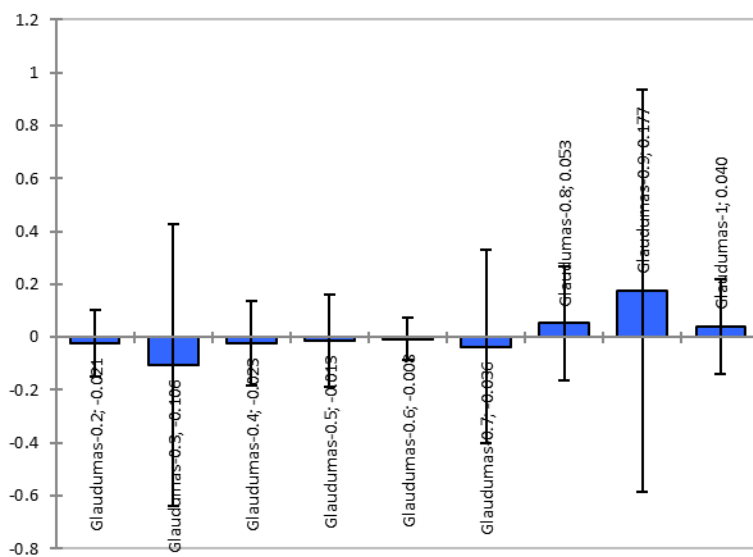


(b)

**3.2.6 pav.** Trako miško trakas: a) trako sudėtis; b) trako padengimas % visoje miško teritorijoje. Santrumpos: Lz – lazdynas, Sa – sausmedis, Šv – šėivamedis, O – ožekšnis, Š – šermukšnis, Št – šalteksnis, I – ieva, Se – sedula, Gu – gudobelė, Žl – žalčialunkis, Tr – trešne, J – juodalksnis, Ob – obelis, Serb – serbentas.



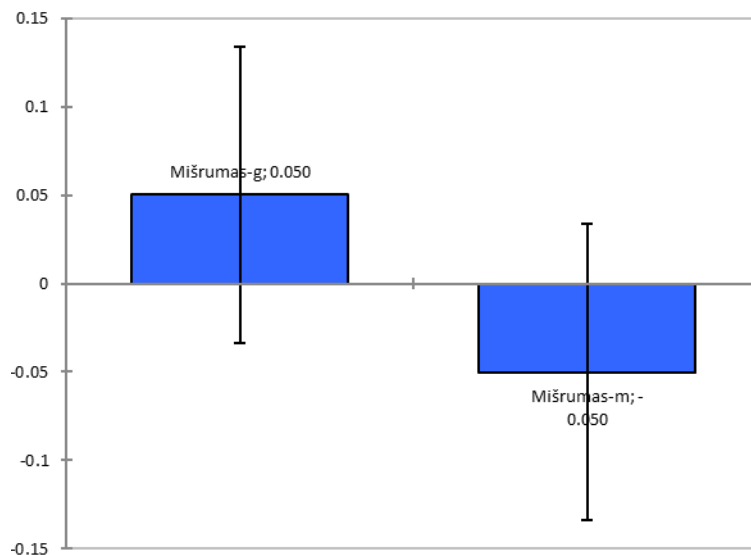
3.2.7 pav. Žolinės dangos padengimas (%) Trako miške.



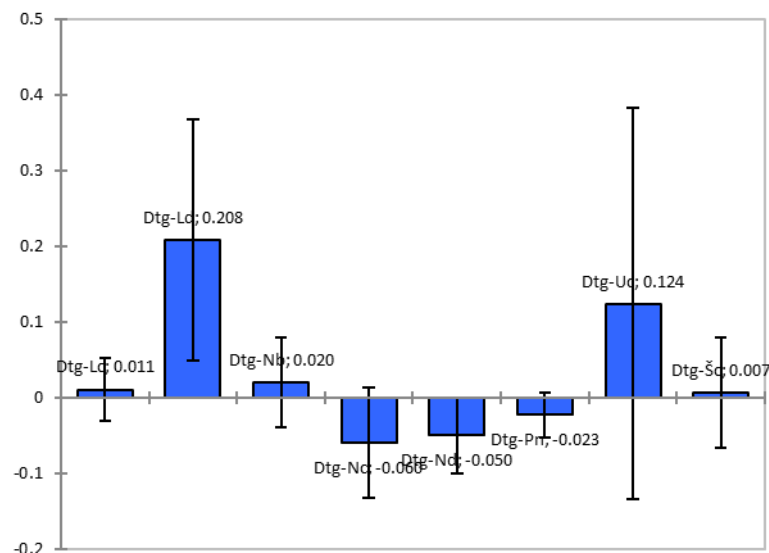
3.2.8 pav. Pomiškio priklausomybė nuo pirmo ardo glaudumo. Y ašyje standartizuotų koeficientų reikšmės. Antenos žymi pasikliautinius intervalus (95 %).

Pomiškio ąžuoliukų Pirsono koreliacijos ryšys su skirtingomis medyno savybėmis yra silpnas. Pomiškio 1 grupės (iki 0.5 m) ąžuoliukai turi teigiamą koreliaciją su pirmo ardo glaudumu, kas gali reikšti, kad tankesniuose medynuose šių medelių šiek tiek daugiau. Pomiškio 2 grupės ąžuoliukai turi silpną neigiamą koreliaciją su pirmo ardo glaudumu, kas gali reikšti, kad ši grupė dažnesnė retesniuose medynuose. Bendra medyno glaudumo įtaka pomiškiui matoma 3.2.8 paveiksle, kur didesnis glaudumas teigiamai veikia pomiškio formavimąsi.

Medyno mišrumas daro nedidelį poveikį pomiškio gausumui (5%). Grynuose medynuose pomiškis gausnis (3.2.9 paveikslas).



**3.2.9 pav.** Pomiškio priklausomybė nuo medyno mišrumo. Y ašyje standartizuotų koeficientų reikšmės. Antenos žymi pasikliautinius intervalus (95 %).



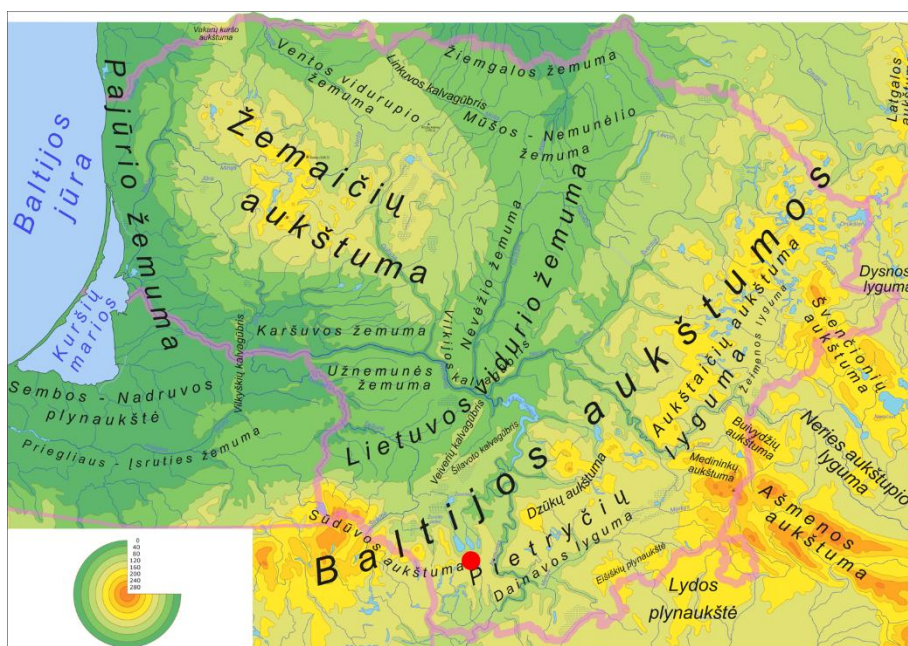
**3.2.10 pav.** Pomiškio priklausomybė nuo augavietės. Y ašyje standartizuotų koeficientų reikšmės. Antenos žymi pasikliautinius intervalus (95 %).

Augavietės įtaka buvo reikšminga 2 ir 3 aukštumo grupei. Skaitlingiausias pomiškis buvo Lc ir Uc augavietėse (3.2.10 paveikslas). Trako teigiama įtaka pasireiškė, kai trako danga buvo 40-60 %.

**Bekočio ąžuolo perspektyva pomiškyje.** Genetinio bekočio ąžuolo draustinio pomiškyje daugiausia pastebėta mažiausios aukščio grupės ąžuoliukų. Pagal tai galima spręsti, kad norint toje pačioje vietoje išsaugoti bekočio ąžuolo medyną, **būtina taikyti tam tikras ūkines priemones.**

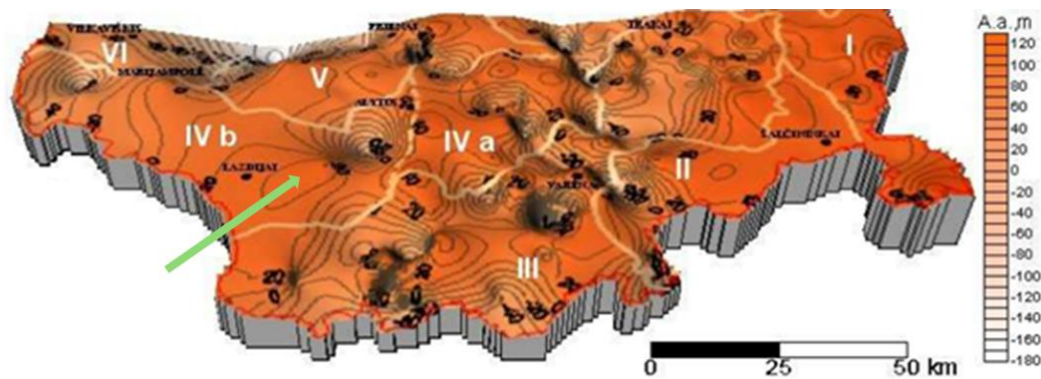
### 3.3 Bekočio ąžuolo medyno atsikūrimo Trako miške vertinimas pagal dirvodaros procesus

**Trako miško vietovės geomorfologinė charakteristika.** Vienos pagrindinių sąlygų, lemiančių bekočio ąžuolo medyno atsikūrimą Trako miške, yra istorinė geomorfologinė dirvožemio dangos charakteristika ir dabartiniai dirvodaros procesų ypatumai vietovėje. Pagal fizinį-geografinį rajonavimą, vietovė išsidėsčiusi Baltijos aukštumos zonoje priesmėlių ir smėlingų priemolių rajone Sūduvos aukštumos parajonyje (3.3.1 pav.). Kaip ir didžiojoje dalyje Sūduvos aukštumos parajonio teritorijos, taip ir Trako miško vietovėje, geomorfologinis dirvožemio dangos susiklojėjimas yra išskirtinis dėl geologinių darinių susiklojimo dėsningumų.

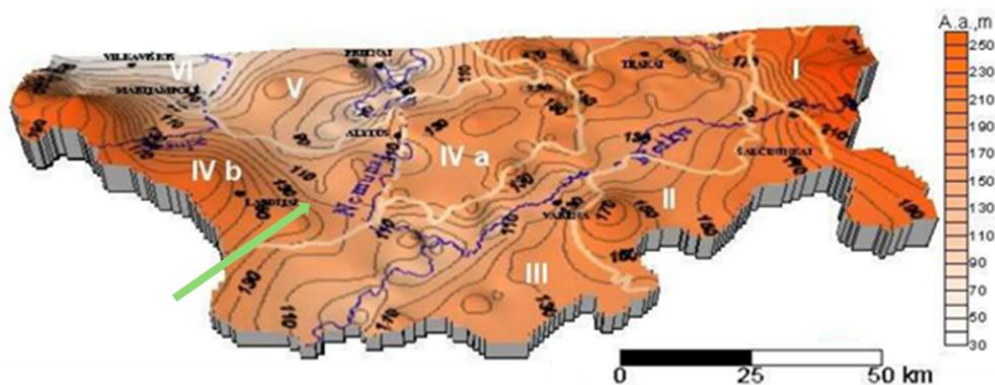


**3.3.1 pav.** Lietuvos dirvožemio dangos geologinė charakteristika ir dirvožemio tyrimų vykdymo vieta (žymima paryškintu tašku; pagal Česnulevičius, 2017)

Tyrimo vykdymo vietovės geomorfologiją formavo du geologinių darinių suklojėjimai: (1) pirmasis - ikiledyninio (arba ikikvarterinio) periodo raidoje ir (2) antrasis – poledynmečio periodo raidoje (arba paskutiniojo apledėjimo dviejų stadijų – Grūdės ir Žiogelių fazės bei Baltijos – ledynai)(Baltrūnienė 2014; Lekstutytė ir kt. 2018). Ikiledyniniu periodu Trako miško teritorijos geologinį pagrindą padengė moreninės nuogulos (neišsirūšiusios riedulių, molio ir smėlio sancaupos), o ikiledyninių uolienu paleopaviršiaus absoliutus aukštis vietovėje tesiekė vidutiniškai nuo +10 iki +50 m virš jūros lygio (3.3.2 pav.). Moreninės nuogulos dugnai tiriamoje vietovėje yra ir nugrimzdę iki –40 ar –20 m žemiau jūros lygio (Baltrūnas ir kt. 2019).



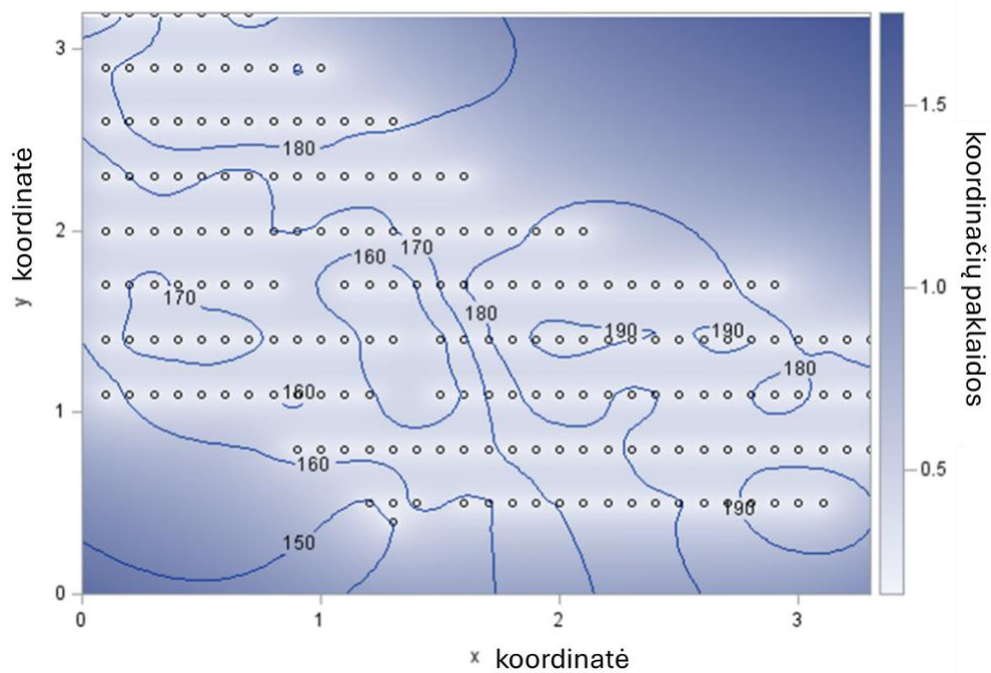
(a)



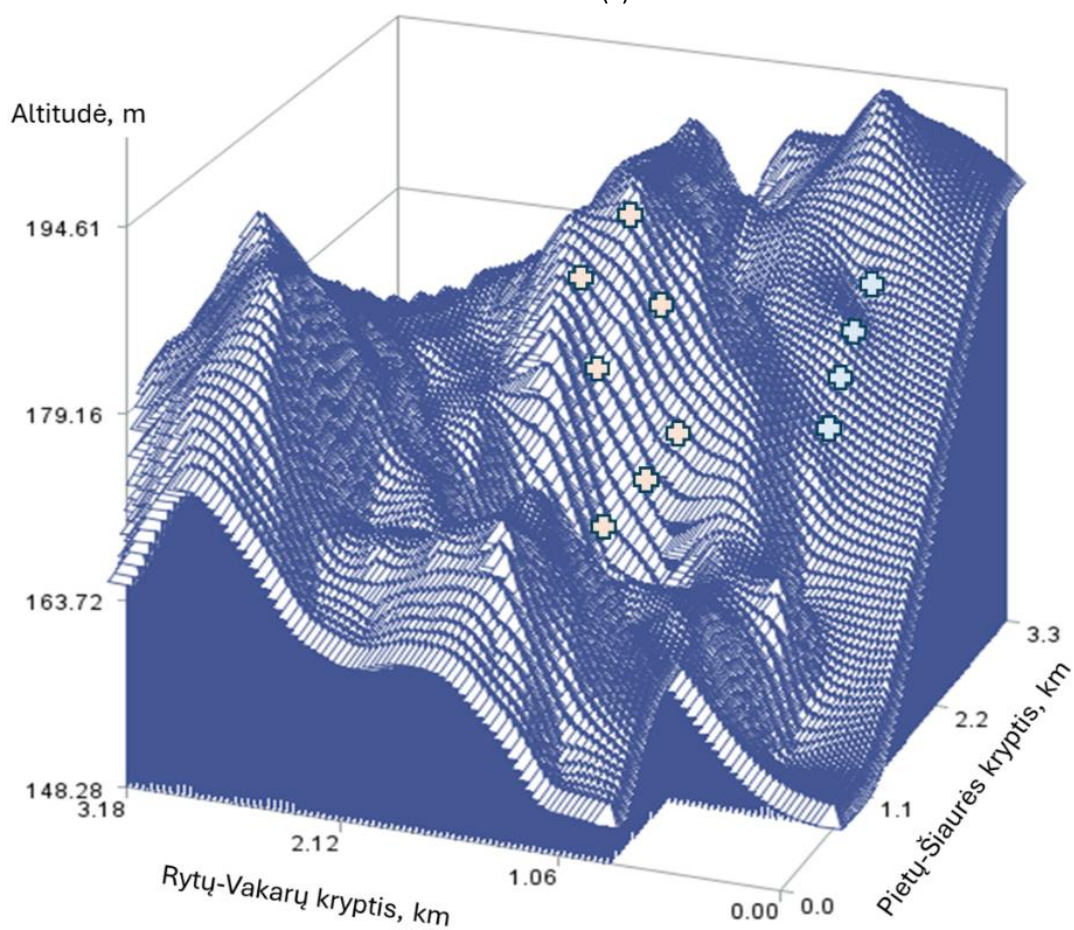
(b)

**3.3.2 pav.** Lietuvos dirvožemio geomorfologinis paviršius (a) ikledyninių uolienu paviršius; (b) dabartinis paviršius; baltomis linijomis išskirti dabartiniai geomorfologiniai rajonai; IV b - Sūduvos aukštuma; žalios rodyklės krypties žymuo nukreiptas į Trako miško vietovę; pagal 2014)

Poledynmetyje įvairiais periodais tirpstant ledynui Trako miško vietovės paviršius buvo plaunamas ledo tirpsmo vandenų, kurie nenutekėjo, o tvenkėsi į priledyninius baseinus. Jų dugne klojosi limnoglacialinės nuogulos (smulkaus smėlio, aleurito ir molio sankaupos ar dažni jų persiluoksniavimai; (Baltrūnienė 2014). Tokiu būdu, Trako miško vietovės reljefo pažemėjimuose atsirado ežerai, o duburiuose vyko pelkėjimas. Per ilgą laiką ledyno tirpsmo baseinams ištekėjus, teritorijoje susiformavo kalvų, net dabar pakilusių vidutiniškai nuo +150 iki +190 m virš jūros lygio (3.3.3 pav. (a)), ir įgilėjusių duburių bei slėnių reljefas (3.3.3 pav. (b)). Trako miško teritorijoje duburiai vis dar užpelkėję. Kalvas, dėl ne vienu laiku ištekėjusių ledyno tirpsmo baseinų, suformavę daugiasluoksnės nuogulos, kurių storis vietovės geomorfologiniame paviršiuje siekia 2,0–10,0 m (vyrauja 8 m), o gruntinio vandens gylis 1,0–4,0 m (vyrauja 2 m) (Baltrūnienė 2014).



(a)



(b)

**3.3.3 pav.** Trako miško geomorfologinio paviršiaus modeliai ((a) tirtos teritorijos paviršiaus absoliutusis aukštis pagal tyrimo barelių koordinates; (b) atkuriant vietovės reljefą pagal tyrimo barelių koordinates; spalvoti taškai nurodo: oranžine spalva - dirvožemio profilių vietas, mėlyna spalva - dirvožemio zondavimo vietas)

Įvertinus geomorfologinius išskirtinumus galima teigti, kad Trako miško vietovėje suklojėtos moreninės nuogulos mažiausiai paveiktos dirvodaros, tačiau, bekočio ąžuolo medyno atsikūrimui įtakos neturės. Tuo tarpu, kalvotame daugiasluoksnių limnoglacialinių nuogulų (smulkaus smėlio, aleurito (dulkių) ir molio sankaupos ar dažni jų persiluoksniavimai) reljefe, bekočio ąžuolo medynas atsikurs sunkiau, jei intensyvės nuogulų dūlėjimo procesai, mažės vandenį sulaikančių dalelių (pagrindė aleurito ir molio) koncentracija granulometrinių dalelių komplekse, intensyvės maisto medžiagų išsiplovimas. Nustatyta, kad miško dirvožemiuose ledyno tirpsmo limnoglacialinės nuogulos yra lengvai pralaidžios vandeniui ir, lėčiau dūlėdamos, išlaiko mineralinių medžiagų sankaupas (Vejre ir Emborg 1996; Charles ir kt. 2025). Tuo tarpu, ąžuolynų paplitimui ir produktyvumui dirvožemius sudarančios limnoglacialinės nuogulos sudaro palankias sąlygas, nes lemia tinkamą dirvožemio struktūrą ir maisto medžiagų pasiskirstymą (Brewer ir kt. 2005; Rendenieks ir kt. 2019; Tymiška-Czabańska ir kt. 2021).

**Trako miško dirvožemių morfologinės savybės.** Pagal dirvožemių genetinius horizontus ir diagnostines jų savybes, Trako miško genetiniame draustinyje dirvožemiai yra geležingi nepasotinti palvažemiai (*Ferri-Dystric Planosols*) (3.3.1 lentelė ir 3.3.4 pav.). Būtina pastebėti, kad tirti palvažemiai nėra tipingi arba nėra tokie, kaip įprastai formuojasi lygumose (Mažvila ir kt. 2003). Tuo tarpu, Trako miško genetiniame draustinyje kalvotame reljefe palvažemiuose išskirtinį daugiasluoksnių horizontų susiklojimą turėjo nulemti ledyniniai procesai, susiję su skirtingo tipo nuogulų – smėlio, priesmėlio ir priemolio – sluoksniavimusi per ledyno tirpsmo laikotarpį. Sistemiskai panašų tokių palvažemių formavimąsi aprašo keletas kitų tyrėjų (Van Ranst ir kt. 2011; Metzger ir kt. 2012).

Trako miško genetiniame draustinyje palvažemiai pasižymėjo daugiasluoksnių horizontų susiklojėjimu, be to, išryškėjo molio dalelių išsiplovimo intensyvumas didėjant tiriamų dirvožemių profilių reljefiniam aukščiui virš jūros lygio (3.3.1 lentelė ir 3.3.5 pav.). Išmolėjimo savybė pasireiškia visuose tirtuose dirvožemių profiluose, skirtingu intensyvumu iliuviniame (Bs), eliuviniame (Ej) ir dirvodarinės uolienos (2C) horizontuose. Todėl, galima teigti, kad Trako miško genetiniame draustinyje limnoglacialinėse nuogulose susiformavę lengvos granulimetrinės sudėties (1, 5, 6 ir 7 profiliai; 3.3.4 pav.) arba vidutinio sunkumo palvažemiai (2, 3 ir 4 profiliai; 3.3.4 pav.). Tačiau, tirtuose palvažemiuose išmolėjimas nevyksta, kaip įprastai, dėl perteklingo drėkinimo, bet vyksta dėl molio dalelių migracijos tiek vidutinio, tiek ir laikino drėgnumo sąlygomis. Tokiu atveju, išmolėjimo savybės pasireiškimas daug intensyvesnis mažiau molio mineralų turinčiuose dirvožemiuose, kurie ir dūlėja lengviau, ir rūgštėja. Dirvožemių geležingumo savybė Trako miško genetiniame draustinyje gali paveikti maisto medžiagų dinamiką dirvožemiuose ir, ypač, mažinti fosforo pasisavinimo galimybes augalams. Tačiau, tiesiogiai tiek išmolėjimo, tiek ir geležingumo savybės ąžuolynų atsikūrimo Trako miško genetiniame draustinyje neturėtų įtakoti. Nors ir šios savybės tirtuose palvažemiuose nėra pagrindinės bei lemiančios ąžuolyno atsikūrimą, tačiau, gali netiesiogiai lemti atsikūrimo intensyvumą tik tuo atveju, jei bus daugiau neigiamai veikiančių aplinkybių (apšvietos intensyvumas, konkurencija su augalija, mikroklimatinės sąlygos ąžuolų šaknų zonoje ir kt.).

**3.3.1 lentelė.** Dirvožemio profilių identifikacija, profilių horizontų charakteristika ir dirvožemio granulimetrinė sudėtis Trako miško genetiniame draustinyje

Profilio vietos informacija	Horizontas*	Gylis, cm	Granulimetrinių dalelių kiekis, %			Granulimetrinė sudėtis
			2-0,05 mm	0,05-0,002 mm	<0,002 mm	
<i>Profilis 1</i> platumas - 54,232668 / ilgumas - 23,757022 / aukštis v.j.l. - 161,97 / medis - 152	O	6-0	-	-	-	-
	A	0-11	80,6	13,4	6,0	rišlus smėlis (LS)
	AE	11-57	87,0	5,6	7,4	rišlus smėlis ↔ (LS)
	Bs	57-90	93,1	3,4	3,4	birus smėlis ↑ (S)

Profilio vietos informacija	Horizontas*	Gylis, cm	Granulimetrinių dalelių kiekis, %			Granulimetrinė sudėtis
			2- 0,05 mm	0,05- 0,002 mm	<0,002 mm	
	Bsi	90-140	88,3	5,0	6,7	rišlus smėlis ↓ (LS)
	Eji	140-159	90,4	5,8	3,8	birus smėlis ↑ (S)
	2C	159-170	84,3	7,8	7,8	rišlus smėlis ↓ (LS)
<i>Profilis 2</i>	O	8-0	-	-	-	-
platuma - 54,232560 / ilguma - 23,755213 / aukštis v.j.l. - 171,82 / medis - 18	A**	0-12	86,2	6,2	7,7	rišlus smėlis (LS)
	Bs**	12-32	78,2	7,3	14,5	priesmėlis ↓ (SL)
	Ej**	32-76	66,7	12,7	20,6	smėlingas sunkus priemolis ↓ (SCL)
	Bi	76-138	69,0	16,9	14,1	priesmėlis ↑ (SL)
	2Ck	138-170	65,1	27,0	7,9	priesmėlis ↔ (SL)
	O	2-0	-	-	-	-
<i>Profilis 3</i>	A**	0-10	77,2	14,0	8,8	priesmėlis (SL)
platuma - 54,233712 / ilguma - 23,758401 / aukštis v.j.l. - 174,84 / medis - 384	AE**	10-23	72,4	10,3	17,2	priesmėlis ↔ (SL)
	Bs**	23-63	71,2	11,9	16,9	priesmėlis ↔ (SL)
	Bsi**	63-133	79,4	4,4	16,2	priesmėlis ↔ (SL)
	Ej**	133-140	83,3	6,1	10,6	rišlus smėlis ↑ (LS)
	Eji**	140-146	78,8	12,1	9,1	priesmėlis ↓ (SL)
	Bi**	146-152	66,7	9,5	23,8	smėlingas sunkus priemolis ↓ (SCL)
	2C	152-170	80,4	5,9	13,7	priesmėlis ↑ (SL)
	O	7-0	-	-	-	-
	A	0-23	77,4	4,8	17,7	priesmėlis (SL)
<i>Profilis 4</i>	Bs**	23-70	78,2	7,3	14,5	priesmėlis ↔ (SL)
platuma - 54,233371 / ilguma - 23,756943 / aukštis v.j.l. - 180,65 / medis - 679	Eji**	70-110	79,7	10,2	10,2	priesmėlis ↔ (SL)
	Bi**	110-150	79,6	5,6	14,8	priesmėlis ↔ (SL)
	2C	150-170	85,2	5,6	9,3	rišlus smėlis ↑ (LS)

Profilio vietos informacija	Horizontas*	Gylis, cm	Granulimetrinių dalelių kiekis, %			Granulimetrinė sudėtis
			2- 0,05 mm	0,05- 0,002 mm	<0,002 mm	
<i>Profilis 5</i>  platuma - 54,235112 / ilguma - 23,756363 / aukštis v.j.l. - 182,01 / medis - 1362	O	4-0	-	-	-	-
	A	0-23	83,9	6,5	9,7	rišlus smėlis (LS)
	Bs	23-53	85,5	5,5	9,1	rišlus smėlis ↔ (LS)
	Eji	53-69	80,8	7,7	11,5	priesmėlis ↓ (SL)
	2C	69-170	90,4	3,8	5,8	birus smėlis ↑ (S)
<i>Profilis 6</i>  platuma - 54,234839 / ilguma - 23,755573 / aukštis v.j.l. - 187,34 / medis - 1415	O	6-0	-	-	-	-
	A	0-12	91,2	7,0	1,8	birus smėlis (S)
	Bs	12-69	88,7	3,8	7,5	rišlus smėlis ↓ (LS)
	Ej	69-101	92,5	3,8	3,8	birus smėlis ↑ (S)
	Bi	101-163	86,8	5,7	7,5	rišlus smėlis ↓ (LS)
	2Ci	163-170	85,5	5,5	9,1	rišlus smėlis ↔ (LS)
<i>Profilis 7</i>  platuma - 54,234145 / ilguma - 23,758238 / aukštis v.j.l. - 204,32 / medis - 604	O	2-0	-	-	-	-
	A	0-9	86,7	10,7	2,7	birus smėlis (S)
	Bs	9-32	91,5	5,1	3,4	birus smėlis ↔ (S)
	Eji	32-55	92,4	4,5	3,0	birus smėlis ↔ (S)
	Bi	55-92	77,1	8,3	14,6	priesmėlis ↓ (SL)
	2Ci	92-170	87,3	10,9	1,8	birus smėlis ↑ (S)

*Pastabos:* \* - dirvožemio horizontai ir jų žymėjimas pagal diagnostines savybes (B – iliuvinis horizontas, E – eliuvinis horizontas, C – dirvodarinė uoliena (diagnostinės savybės: geležingumas (s), geležingų naujadarų dėmės (i), stagniškumas dėl molio dalelių įplovimo (j), skirtingos granulimetrinės sudėties horizontas (2), karbonatų sankaupa (k), pagal WRB, 2022); \*\* - dirvožemiui būdinga fazė (diagnostinė savybė: akmenuotumas); rodyklės prie granulimetrinės sudėties apibūdinimo žymi: nepakitusią granulimetrinę sudėtį (↔), palengvėjusią granulimetrinę sudėtį (↑) ir pasunkėjusią granulimetrinę sudėtį (↓) tarp vienas po kito einančiuose horizontuose; granulimetrinės sudėties klasė pateikta pagal LTK-99 klasifikaciją (Buivydaitė ir kt., 2001) ir sutrumpinimai prie granulimetrinės sudėties apibūdinimo pagal FAO (FAO Guidelines, 2006).



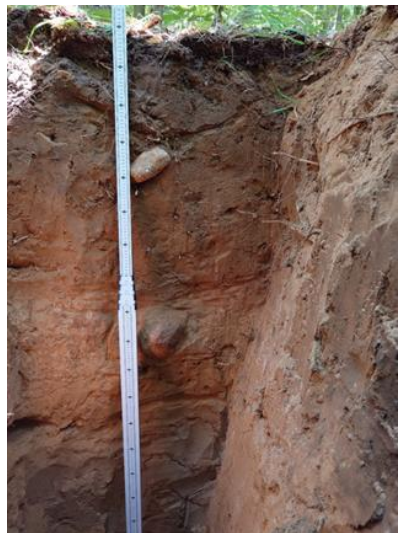
1)



(2)



(3)



(4)



(5)

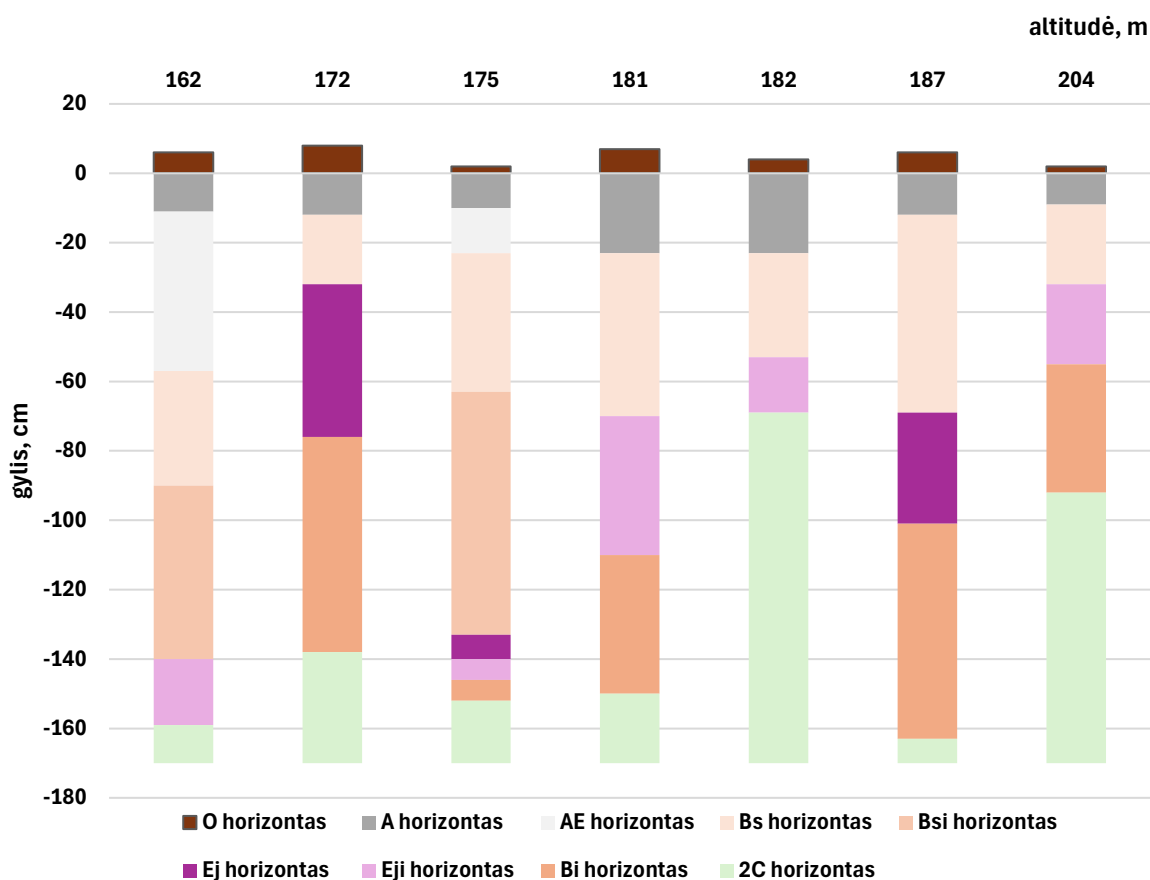


(6)



(7)

**3.3.4 pav.** Geležingieji nepasotinti palvažemiai (*Ferri-Dystric Planosols*) Trako miško genetiniame draustinyje



**3.3.5 pav.** Geležingųjų nepasotintų palvažemių (*Ferri-Dystric Planosols*) išsidėstymas pagal vietovės aukštį virš jūros lygio ir daugiasluoksnių horizontų susiklojėjimo gylis Trako miško genetiniame draustinyje

Įvertinus dirvožemių granulimetrinių dalelių kiekį ir diagnostines savybes, zonduojant Trako miško vietovę ne draustinio zonoje, nustatyta, kad dirvožemiai pasižymi palvažemių tipo dirvožemių požymiais (3.3.2 lentelė ir 3.3.5 pav.). Kaip ir Trako miško genetinio draustinio vietovėje, taip ir ne draustinio zonoje, dirvožemiuose gali būti išskirti humusinis (A), iliuvinis (Bs), eliuvinis (Ej) horizontai ir dirvodarinė uoliena (2C). Pastebėtina, kad geležingumo savybė zondavimo vietose labiausiai išreikšta didėjant vietovės aukščiui virš jūros lygio. Trako miško vietovės ne draustinio zonoje, su pertekline drėgme susijusių dirvožemio savybių nustatyta nebuvo. Todėl galima teigti, kad pagal dirvožemio morfologines savybes ir granulimetrinės sudėties charakteristiką vietovė ne draustinio zonoje yra tinkama bekočio ąžuolo medyno plėtimui.

**3.3.2 lentelė.** Dirvožemio zondavimo vietų horizontų charakteristika ir granulimetrinė sudėtis Trako miško vietovėje ne draustinio zonoje

Horizontas	Granulimetrinių dalelių kiekis, %			Granulimetrinė sudėtis
	2-0,05 mm	0,05-0,002 mm	<0,002 mm	
<i>Dirvožemio zondavimo vieta I*</i>				
O	-	-	-	-
A	64,6	33,8	1,5	priesmėlis (SL)
Bs	66,7	28,6	4,8	priesmėlis ↔ (SL)
Ej	43,1	51,4	5,6	priesmėlis ↔ (SL)
2C	60,5	23,7	15,8	smėlingas lengvas priemolis ↓(SC)
<i>Dirvožemio zondavimo vieta II**</i>				
O	-	-	-	-
A	48,4	46,9	4,7	priesmėlis (SL)
Bsi	70,0	23,3	6,7	priesmėlis ↔ (SL)
Eji	71,2	27,1	1,7	priesmėlis ↔ (SL)
2Ci	91,3	3,8	4,9	birus smėlis ↑ (S)
<i>Dirvožemio zondavimo vieta III***</i>				
O	-	-	-	-
A	69,0	20,7	10,3	priesmėlis (SL)
Bsi	90,4	5,8	3,8	birus smėlis ↑ (S)
Ejk	78,3	11,7	10,0	priesmėlis ↓ (SL)
2Ck	65,3	30,6	4,2	rišlus smėlis ↑ (LS)
<i>Dirvožemio zondavimo vieta IV****</i>				
O	-	-	-	-
A	67,2	25,0	7,8	priesmėlis (SL)
Bsi	81,0	11,9	7,1	rišlus smėlis ↑ (LS)
Ej	89,6	6,3	4,2	birus smėlis ↑ (S)
2C	80,8	11,5	7,7	rišlus smėlis ↓ (LS)

*Pastaba:* paaiškinimus žiūrėti 3.3.1 lentelėje. Dirvožemių zondavimo vietos aukštis virš jūros lygio: \* - 169,3 m, \*\* - 169,0 m, \*\*\* - 177,8 m ir \*\*\*\* - 164,8 m.

**3.3.3 lentelė.** Dirvožemio zondavimo vietų horizontų pH rodiklis

Dirvožemio zondavimo vieta	pH <sub>KCl</sub>			
	A horizontas	Bs horizontas	Ej horizontas	2C horizontas
I	4,29 ± 0,11 ab	4,49 ± 0,11 b	4,49 ± 0,11 b	4,29 ± 0,11 a
II	4,29 ± 0,11 ab	4,09 ± 0,11 a	4,49 ± 0,11 b	4,49 ± 0,11 a
III	4,49 ± 0,11 b	4,72 ± 0,29 b	6,69 ± 0,11 c*	6,73 ± 0,06 b*
IV	4,09 ± 0,11 a	4,09 ± 0,11 a	4,09 ± 0,11 a	4,49 ± 0,11 a

*Pastaba:* pateikiami analitinių matavimų vidurkiai ir jų paklaidos; esminiai skirtumai (P < 0,05) tarp vidurkių stulpeliuose pažymėti skirtingomis raidėmis; \* - antrinis karbonatingumas.



(I)



(II)



**3.3.6 pav.** Palvažemiai (*Planosols*) Trako miško vietovėje ne draustinio zonoje (romėniški skaičiai nurodo mineralinio dirvožemio zondavimo vietą)

**Trako miško dirvožemių cheminės savybės.** Įvertinus palvažemių Trako miško genetiniame draustinyje ir ne draustinio zonoje chemines savybes nustatyta, kad pagal  $pH_{KCl}$  rodiklį dirvožemiai yra labai rūgštūs (3.3.3 lentelė ir 3.3.4 lentelė). Tik kai kuriuose dirvožemių horizontuose dėl antrinių karbonatų poveikio pastebimas pH rodiklio pasikeitimas iš labai rūgštaus į vidutinio rūgštingumo (profilio 2 dirvodarinėje uolienoje) ir iš labai rūgštaus į neutralų (zondavimo vieta III iliuviniame horizonte ir dirvodarinėje uolienoje). Įdomu pastebėti, kad nors ir dirvožemiai yra labai rūgštūs, nebuvo nustatyta išreikštų jaurėjimo požymių didžiojoje dalyje tiriamos vietovės (tik profiliuose 1 ir 3). Todėl, maisto medžiagų ir kaupimo, ir mineralizacijos procesai yra pusiausvyroje (C/N santykis vidutiniškai kinta nuo 17 iki 18 humusiniame ir eliuviniame horizontuose). Tirtuose geležinguose nepasotintuose palvažemiuose

Trako miško genetiniame draustinyje vidutinis mineralinio azoto kiekis išlieka didžiausias humusiniuose horizontuose (iki 0,102 proc.). Tuo tarpu, judrusis fosforas, kiek mažiau, o judrusis kalis intensyviau migruoja į gilesnius dirvožemių horizontus. Tokia migracija galėtų būti siejama su intensyviai vykstančiu išmolėjimu.

Kartu su limnoglacialiniu moliu į gilesnius dirvožemių horizontus migruoja ir geležis (katijonai  $Fe^{3+}$ ) (3.3.5 lentelė), tačiau, geležies katijonų kiekio pokytis tarp horizontų nebuvo esminis. Įdomu pastebėti, kad ne visuose dirvožemiuose vienodai intensyviai migravo ir magnis (katijonai  $Mg^{2+}$ ). Nors ir vidutiniškai magnio katijonų kiekis dirvodarinėje uolienoje buvo didžiausias (siekė vidutiniškai 0,332 proc.), tačiau, tik tuose dirvožemiuose, kur diagnostinė geležingumo ir geležies naujadarų kaupimosi savybė buvo išreikšta. Kita vertus, nors ir yra duomenų jog dirvožemių geležingumo savybė gali mažinti maisto medžiagų pasisavinimą augalams, tačiau, nors ir Fe/P bei Fe/Mg santykis kinta ne vienodai, pasotinimas fosforu ir magniu tirtuose dirvožemiuose išsilaiko nesumažėjęs (3.3.4 lentelė ir 3.3.5 lentelė).

**3.3.4 lentelė.** Dirvožemių cheminės savybės Trako miško genetiniame draustinyje

Horizontas	pH <sub>KCl</sub>	C/N	Maisto medžiagų kiekis, %		
			N	P	K
A	3,97 ± 0,28 a	18,1±1,05 a	0,102 ± 0,018 d	0,022 ± 0,002 a	0,152 ± 0,020 ab
Bs	4,26 ± 0,29 a	16,6±2,06 a	0,030 ± 0,005 c	0,018 ± 0,002 a	0,129 ± 0,025 a
Ej	4,46 ± 0,32 a	-	0,018 ± 0,001 b	0,018 ± 0,003 a	0,174 ± 0,060 ab
2C	4,43 ± 0,58 a	-	0,015 ± 0,001 a	0,022 ± 0,003 a	0,238 ± 0,085 b

*Pastaba:* pateikiami analitinių matavimų vidurkiai ir jų paklaidos; esminiai skirtumai ( $P < 0,05$ ) tarp vidurkių stulpeliuose pažymėti skirtingomis raidėmis.

**3.3.5 lentelė.** Dirvožemių cheminės savybės Trako miško genetiniame draustinyje

Horizontas	Maisto medžiagų kiekis, %		Fe/P	Fe/Mg
	Mg	Fe		
A	0,055 ± 0,009 a	0,529 ± 0,044 a	25,19 ± 3,03 a	10,94 ± 1,54 b
Bs	0,054 ± 0,012 a	0,489 ± 0,049 a	30,87 ± 6,29 a	11,22 ± 1,78 b
Ej	0,098 ± 0,028 b	0,644 ± 0,149 a	40,60 ± 13,29 a	8,92 ± 1,75 b
2C	0,332 ± 0,182 c	0,761 ± 0,230 a	35,12 ± 10,89 a	5,16 ± 1,26 a

*Pastaba:* pateikiami analitinių matavimų vidurkiai ir jų paklaidos; esminiai skirtumai ( $P < 0,05$ ) tarp vidurkių stulpeliuose pažymėti skirtingomis raidėmis.

Todėl, įvertinus dirvožemių morfologines ir chemines savybes, pastebėtina, kad tiek bekočio ąžuolo augimo, tiek ir atsikūrimo sąlygos Trako miško genetiniame draustinyje yra tinkamos. Atsižvelgus į vertintas vyraujančių palvažemių savybes, Trako miško genetiniame draustinyje ir ne draustinio zonoje, mineraliniai dirvožemiai yra normalaus drėgnumo derlingi ir susiklojęję dvilytėse dirvodarinėse uolienose (išskiriama ir vyraujanti Ncp miško augavietė). Tačiau, jei dirvožemiuose intensyvės jaurėjimas ir dirvožemio humusinį (A) horizontą intensyviau keis pajaurėjęs (AE) humusinis horizontas, bekočio ąžuolo medyne formuosis normalaus drėgnumo nederlingi ir susiklojęję dvilytėse dirvodarinėse uolienose (Nbp miško augavietė) dirvožemiai. Jaurėjimą stiprina smėlingos substracijos, rūgštėjimas ir spygliuočių dominavimas; tai mažina bazinių katijonų kiekį ir pH – prastina ąžuolo būklę bei želdinių augimą. Jaurėjimą stiprina smėlingos substracijos, rūgštėjimas ir spygliuočių dominavimas; tai mažina bazinių katijonų kiekį ir pH – prastina ąžuolo būklę bei želdinių augimą (Augusto ir kt. 2002). Trako miško tyrimo atveju, didžiojoje dalyje tirtos vietovės išreikštų jaurėjimo požymių nustatyta nebuvo. Jaurėjimas intensyviau įvykęs žemesnio reljefo vietose, kur kaupiasi daugiau vandens ir organinių rūgščių. Bekočio ąžuolo genetinis medynas tiesioginės įtakos dirvožemio jaurėjimo procesams neturėjo, priešingai, tokios rūšinės sudėties medynas veikė kaip dirvožemį saugantis veiksnys, ribojantis dirvožemio rūgštėjimą ir maisto medžiagų išsiplovimą. Todėl, yra būtina išlaikyti bekočio ąžuolo medyno rūšinę sudėtį, siekiant užtikrinti dirvožemio savybių stabilumą aukštesnio reljefo vietose. Tik keičiant medyno rūšinę sudėtį ir didinant

spygliuočių dalį, tikėtina, kad dirvožemio jaurėjimo procesai intensyvės, ypač, dėl dirvožemio rūgštėjimo (Zaniewski ir kt. 2022; Román-Sánchez ir Šamonil 2022). Miško dirvožemių kalkinimas nėra įprasta praktika, nes kalkinimas ilgalaikio poveikio miško dirvožemiams neužtikrina. Mišinimas su plačialapiais (įskaitant patį ąžuolą) ir spygliuočių dalies mažinimas lėtina rūgštėjimą (Augusto ir kt. 2002). Kita vertus, jei didėtų dirvožemio pasotinimas bazėmis, ypač, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> ir Ca<sup>2+</sup> katijonais 100 cm nuo dirvožemio paviršiaus ribose, bekočio ąžuolo medyje formuotųsi normalaus drėgnumo labai derlingi ir susiklojėję dvilytėse dirvodarinėse uolienose (Ndp miško augavietė) dirvožemiai.

### 3.4 DNR tyrimai

#### 3.4.1 DNR lokusų charakteristika

Visi atrinkti DNR mikrosatelitai buvo testuojami su mūsų genotipuota DNR medžiaga (viso 300 medžių), kad teisingai įvertintume nulinių alelių dažnį, galimų genotipavimo klaidų ir polimorfizmo lygį. Visi DNR žymenų multipleksai, polimerazinė grandininė reakcija (PGR) ir elektroforezė veikė patikimai - nepageidautinos lokusų pradmenų sąveikos ir PGR inhibavimo nebuvo. Nei vieno iš lokusų nulinių alelių dažnis neviršijo 0,1, o daugelio vyravo apie 0 (3.4.1 lentelė). Tai rodo aukštą laboratorinių tyrimų - PGR, kapiliarinės elektroforezės atlikimo kokybę ir duomenų patikimumą, t.y. gerą žymenų kokybę ir nedidelę techninės klaidos riziką genotipuojant, kas yra svarbu sprendžiant apie stebimo heterozigotiškumo (Ho) ir inbridingo koeficiento (Fis) indeksų reikšmes ir vertinant hibridizaciją.

Viso 17-oje lokusų amplifikuoti net 190 skirtingų alelių, kurie rodo aukštą DNR lokusų skiriamąją gebą ir tinkamumą genetinės įvairovės tyrimams. Vidutinis alelių skaičius (Na) tarp DNR lokusų varijavo nuo 3 (lokusas 3D15a) iki 25 (lokusas QrZAG11), o vidurkis buvo 11,2. Efektyvus alelių skaičius (Ne) svyravo nuo 1,2 (lokusas 3A05a) iki 8,6 (lokusas VIT107), o vidutinis alelinis turtingumas (Ar) buvo 5,4. Dauguma lokusų išsiskyrė aukštu polimorfiškumu - vidutinis lauktinas heterozigotiškumas (He) buvo 0,618, o vidutinis stebimas heterozigotiškumas (Ho) buvo 0,638. Daugeliu atvejų He ir Ho rodikliai buvo gana artimi, o kai kuriuose lokusuose (pvz., VIT107, PIE267) Ho viršijo He reikšmę (Ho > He), kas rodo galimą heterozigotų perteklių. Vidutinis Fis indeksas buvo neigiamas (-0,006), kas reiškia, jog populiacijoje nėra ryškių inbridingo požymių. Genetinės diferenciacijos indeksas (Gst) (vid. 0,069) ir Jost (2008) alelinės diferenciacijos indeksas Dest (vid. 0,164) rodo, kad DNR tyrimui atrinkti lokusai yra pakankamai informatyvūs atskleisti genetinius skirtumus tarp tiriamų ąžuolų grupių (3.4.1 lentelė).

**3.4.1 lentelė.** ąžuolų DNR lokusų charakteristika visoje 300 medžių imtyje.

	Na	Ne	Ar	Ho	He	Fis	Nnull	Gst	Dest
<b>FIR028</b>	10	3,9	5,7	0,678	0,698	0,066	0,112	0,059***	0,187***
<b>FIR035</b>	14	2,8	4,9	0,614	0,553	-0,075	0,157	0,219***	0,433***
<b>FIR104</b>	7	3,3	4,5	0,712	0,683	-0,033	0,046	0,050***	0,145***
<b>GOT040</b>	13	5,6	7,3	0,804	0,819	0,037	0,024	0,025	0,160***
<b>PIE102</b>	12	2,2	5,1	0,500	0,512	0,034	0,003	0,026	0,035
<b>PIE267</b>	11	4,9	6,6	0,844	0,790	-0,053	-0,008	0,014	0,072
<b>VIT023</b>	5	2,4	3,5	0,556	0,487	-0,081	0,122	0,246***	0,384***
<b>VIT107</b>	18	8,6	10,3	0,902	0,880	-0,007	0,000	0,014	0,145
<b>MsQ13</b>	10	3,8	5,5	0,753	0,695	-0,075	0,018	0,045***	0,137***
<b>QrZAG11</b>	25	6,8	9,1	0,836	0,842	0,028	0,039	0,025	0,187
<b>QrZAG112</b>	19	4,3	6,5	0,600	0,645	0,092	0,093	0,095***	0,245***
<b>QrZAG96</b>	20	3,7	6,9	0,707	0,685	-0,014	0,045	0,089***	0,272***
<b>FIR013</b>	5	2,6	3,1	0,628	0,587	-0,037	0,038	0,060***	0,115***
<b>2P24a</b>	8	2,0	4,0	0,425	0,418	-0,008	0,049	0,094***	0,093***
<b>3D15a</b>	3	1,7	2,2	0,432	0,397	-0,045	0,015	0,071***	0,062***

FS_C2660	6	3,0	4,4	0,717	0,665	-0,060	-0,004	0,043***	0,112***
3A05a	4	1,2	1,9	0,128	0,146	0,134	0,015	-0,007	-0,001
Vidurkis	190 (suma)	3,7	5,4	0,638	0,618	-0,006	0,045	0,069	0,164

Vertinti DNR lokusų rodikliai (Na – vidutinis alelių skaičius, Ne – vidutinis efektyvių alelių skaičius, Ar – rarifikuotas alelinis turtingumas, Ho – stebimas heterozigotiškumas, He – lauktinas heterozigotiškumas, Fis – inbrydingo koeficientas, Nnull – nulinių alelių dažnis. Gst ir Dest – genetinės diferenciacijos indeksai ir jų statistinis reikšmingumas (\*\*\*) 0,001 lygmens reikšmingumas pagal 9999 GeneAEx permutacijas).

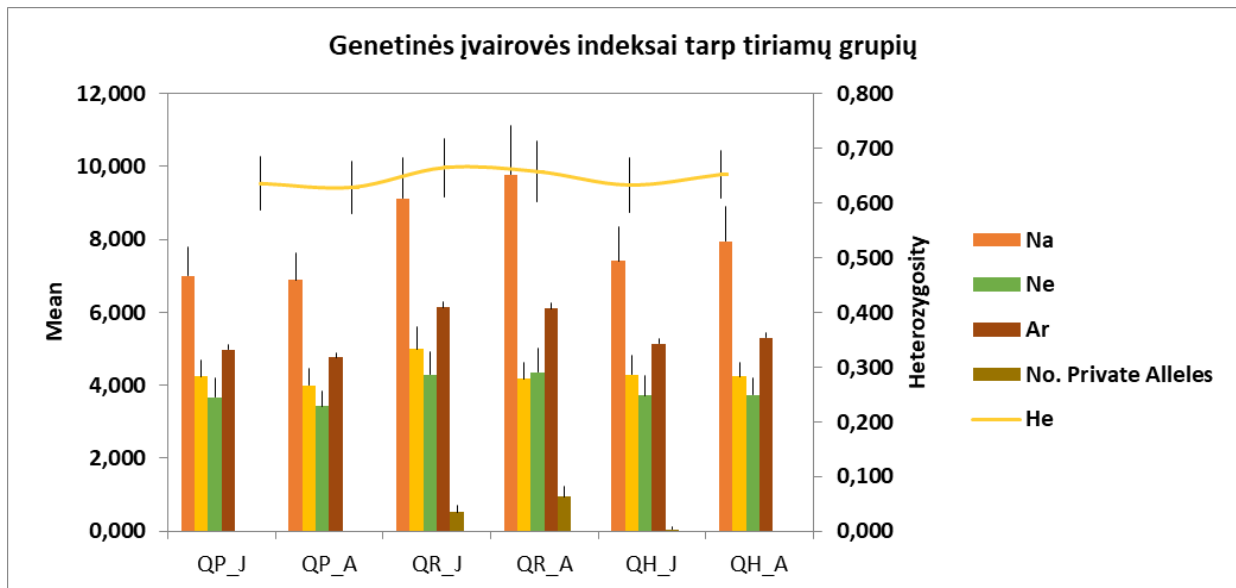
### 3.4.2 Genetinė įvairovė tarp originalių fenologiniu/morfologiniu pagrindu atrinktų paprastojo ir bekočio ąžuolų 50 individų grupių

Pirmiausiai palyginome genetinę įvairovę tarp originalių fenologiniu/morfologiniu pagrindu atrinktų paprastojo ir bekočio ąžuolų grupių ir potencialių jų hibridų. Šiam tikslui analizuotos 6 tiriamos grupės po 50 individų iš Trako miško (QP\_J *Q. petraea* savaiminis atsikūrimas, QP\_A *Q. petraea* brandūs medžiai, QR\_J *Q. robur* savaiminis atsikūrimas, QR\_A *Q. robur* brandūs medžiai, QH\_J *hibridai* savaiminis atsikūrimas, QH\_A *hibridai* brandūs medžiai). Vidutinis alelių skaičius (Na) ir vidutinis efektyvus alelių skaičius (Ne) (pagrindiniai alelinės įvairovės rodikliai) tarp tiriamų grupių vyravo gana stipriai, t.y. Na nuo 6,88 (QP\_A grupėje) iki 9,76 (QR\_A grupėje), o Ne nuo 3,43 (QP\_A grupėje) iki 4,36 (QR\_A grupėje), rarifikuotas alelinis turtingumas (Ar) varijavo nuo 6,88 (QP\_A grupėje) iki 9,72 (QR\_A grupėje). (3.4.2 lentelė, 3.4.1 pav.). Tėvinės ąžuolų grupės (QP\_A, QR\_A ir QH\_A) ir palikuonių (QP\_J, QR\_J ir QH\_J) pagal Ar rodiklį reikšmingai nesiskyrė. Privačių alelių skaičius svyravo nuo 0 (QP\_J, QP\_A ir QH\_A grupėse) iki 16 (QR\_A grupėje) (3.4.1 ir 3.4.22 pav. ir 3.4.2 lentelė). Heterozigotiškumo rodikliai (Ho ir He) visose grupėse buvo gana panašūs – stebėtas ir lauktinas heterozigotiškumas dažniausiai sutapo, o tai rodo populaaciją esant Hardy–Weinbergo pusiausvyroje, išskyrus QR\_J grupę, kur He buvo didesnis nei Ho, kas rodo homozigotų perteklių (Fis = 0,100) ir rodo nežymų nukrypimą nuo atsitiktinio poravimosi (Fis > 0). Peržengus šią 10% inbrydingo ribą (Fis > 0,100) galimos ąžuolų gyvybingumo mažėjimo problemos dėl inbrydingo (3.4.2 lentelė, 3.4.1 ir 3.4.2 pav.).

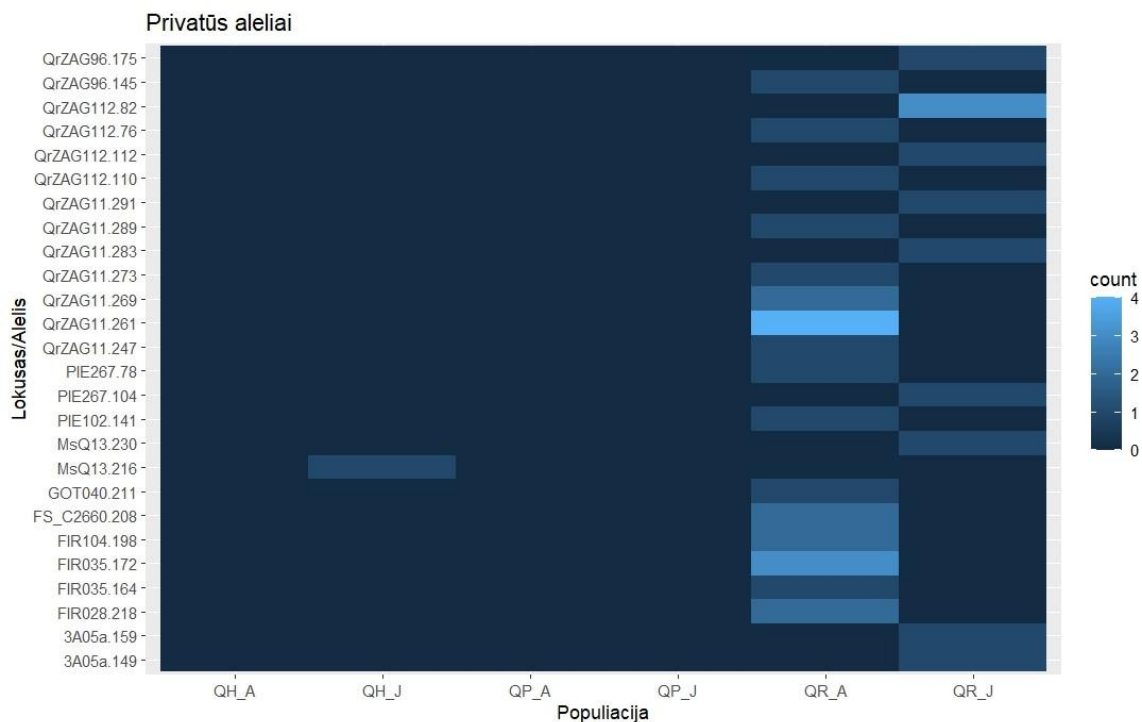
**3.4.2 lentelė.** Genetinės įvairovės rodikliai tarp tiriamų pirminių paprastojo ir bekočio ąžuolų grupių ir jų hibridų (QP\_J *Q. petraea* savaiminis atsikūrimas, QP\_A *Q. petraea* brandūs medžiai, QR\_J *Q. robur* savaiminis atsikūrimas, QR\_A *Q. robur* brandūs medžiai, QH\_J *hibridai* savaiminis atsikūrimas, QH\_A *hibridai* brandūs medžiai), imtys lygios, t. y. po 50 individų.

Grupė	N	Na	Ne	Ar (50)	Np	Ho	He	uHe	Fis
QP_J	50	7,00	3,68	7,00	0,00	0,616	0,635	0,642	0,039
QP_A	50	6,88	3,43	6,88	0,00	0,631	0,628	0,635	0,009
QR_J	50	9,12	4,29	9,12	9,00	0,608	0,664	0,671	0,100
QR_A	51	9,76	4,36	9,72	16,00	0,634	0,657	0,664	0,050
QH_J	50	7,41	3,72	7,41	1,00	0,618	0,633	0,639	0,048
QH_A	50	7,94	3,73	7,94	0,00	0,625	0,652	0,658	0,051
Vidurkis		8,02	3,87	8,01	4,3	0,622	0,645	0,651	0,049

Genetinės įvairovės rodikliai (N – imties dydis, Na – vidutinis alelių skaičius, Ne – vidutinis efektyvių alelių skaičius, Ar – rarifikuotas alelinis turtingumas, Np – privačių alelių skaičius, Ho – stebimas heterozigotiškumas, He – lauktinas heterozigotiškumas, Fis – inbrydingo koeficientas).



**3.4.1 pav.** Genetinės įvairovės rodikliai tarp tiriamų ąžuolų grupių (QP\_J *Q. petraea* savaiminis atsikūrimas, QP\_A *Q. petraea* brandūs medžiai, QR\_J *Q. robur* savaiminis atsikūrimas, QR\_A *Q. robur* brandūs medžiai, QH\_J hibridai savaiminis atsikūrimas, QH\_A hibridai brandūs medžiai) (Na – vidutinis alelių skaičius, Ar – rarifikuotas alelinis turtingumas, Ne – vidutinis efektyvių alelių skaičius, Np – privačių alelių skaičius, He – lauktinas heterozigotiškumas).



**3.4.2 pav.** Privačių alelių pasiskirstymas tarp tiriamų ąžuolų grupių (QP\_J *Q. petraea* savaiminis atsikūrimas, QP\_A *Q. petraea* brandūs medžiai, QR\_J *Q. robur* savaiminis atsikūrimas, QR\_A *Q. robur* brandūs medžiai, QH\_J hibridai savaiminis atsikūrimas, QH\_A hibridai brandūs medžiai).

### 3.4.3 Genetinė diferenciacija tarp originalių fenologinių/morfologinių pagrindu atrinktų paprastojo ir bekočio ąžuolų 50 individų grupių

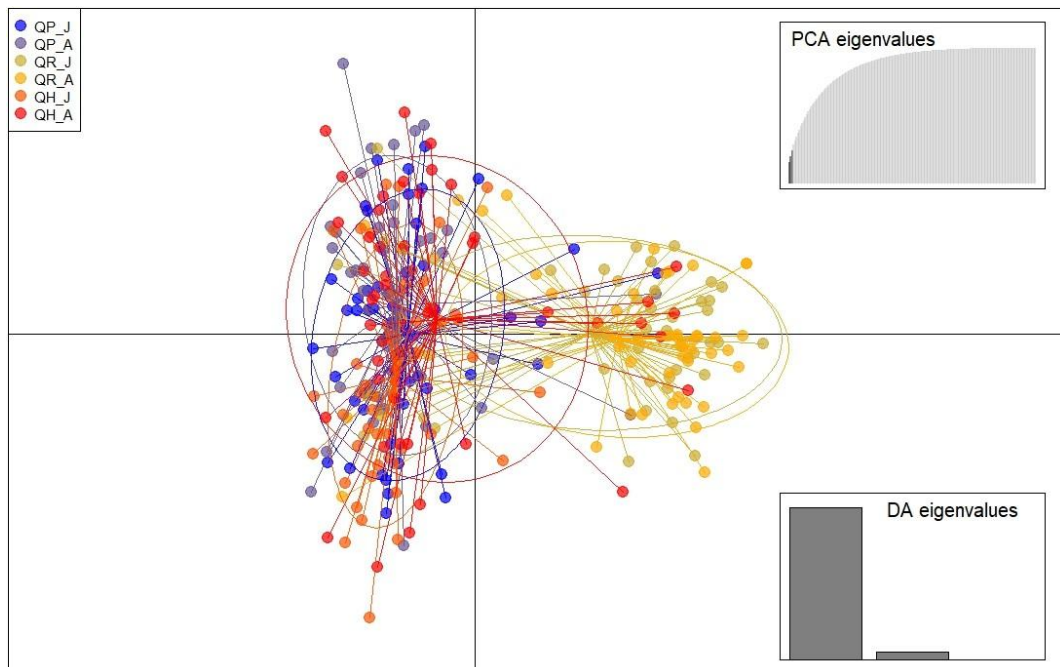
Šios analizės tikslas buvo nustatyti genetinės diferenciacijos stiprumą tarp tiriamų originalių fenologinių/morfologinių pagrindu atrinktų paprastojo ir bekočio ąžuolų 50 individų grupių (QP\_J *Q. petraea* savaiminis atsikūrimas, QP\_A *Q. petraea* brandūs medžiai, QR\_J *Q. robur* savaiminis atsikūrimas, QR\_A *Q. robur* brandūs medžiai, QH\_J hibridai savaiminis atsikūrimas, QH\_A hibridai brandūs medžiai).

Genetinės diferenciacijos testas tarp ąžuolų grupių, parodė didelę genetinę diferenciaciją tarp kai kurių tiriamų grupių, t. y. aukštesnė genetinė diferenciacija buvo nustatyta tarp QR\_J, QR\_A grupių ir visų likusių tiriamų ąžuolų grupių (QP\_A, QP\_J, QH\_A ir QH\_J). Didžiausia Dest reikšmė buvo tarp bekočio (QP\_J, QP\_A) ir paprastojo (QR\_J, QR\_A) ąžuolų grupių (Dest = 0.163-0.211). Dest reikšmės buvo tarp bekočių ąžuolų grupių (QP\_J, QP\_A) ir jų hibridų buvo ženkliai mažesnė (Dest = 0.009-0.020). Visos Dest reikšmės tarp skirtingų rūšių ir jų hibridų buvo statistiškai reikšmingo reikšmingumo lygmenyje (0,001) (3.4.3 lentelė).

**3.4.3 lentelė.** Poriniai genetinės diferenciacijos indeksai, Dest (Jost 2008). Dest genetinės diferenciacijos matrica rodanti genetinius skirtumus tarp tiriamų ąžuolų grupių (QP\_J *Q. petraea* savaiminis atsikūrimas, QP\_A *Q. petraea* brandūs medžiai, QR\_J *Q. robur* savaiminis atsikūrimas, QR\_A *Q. robur* brandūs medžiai, QH\_J hibridai savaiminis atsikūrimas, QH\_A hibridai brandūs medžiai). Dest reikšmės pateiktos žemiau įstrižainės. Virš įstrižainės nurodyta statistinis patikimumas  $P(\text{rand} \geq \text{data})$ , apskaičiuota pagal 999 permutacijas.

QP_J	QP_A	QR_J	QR_A	QH_J	QH_A	
0,000	0,004	0,001	0,001	0,634	0,364	QP_J
0,014	0,000	0,001	0,001	0,001	0,033	QP_A
0,163	0,175	0,000	0,498	0,001	0,001	QR_J
0,188	0,211	-0,001	0,000	0,001	0,001	QR_A
-0,002	0,020	0,183	0,210	0,000	0,031	QH_J
0,001	0,009	0,119	0,143	0,009	0,000	QH_A

Atlikta diskriminantinė pagrindinių komponentų analizė (Discriminant analysis of principal components (DAPC) pagal Jombart 2015; Jombart ir Collins 2015) patvirtino genetinės diferenciacijos rezultatus, t.y. atskyrė į dvi atskiras ašis QR\_J, QR\_A grupes nuo likusių tiriamų ąžuolų grupių (QP\_A, QP\_J, QH\_A ir QH\_J) (3.4.3 pav.).

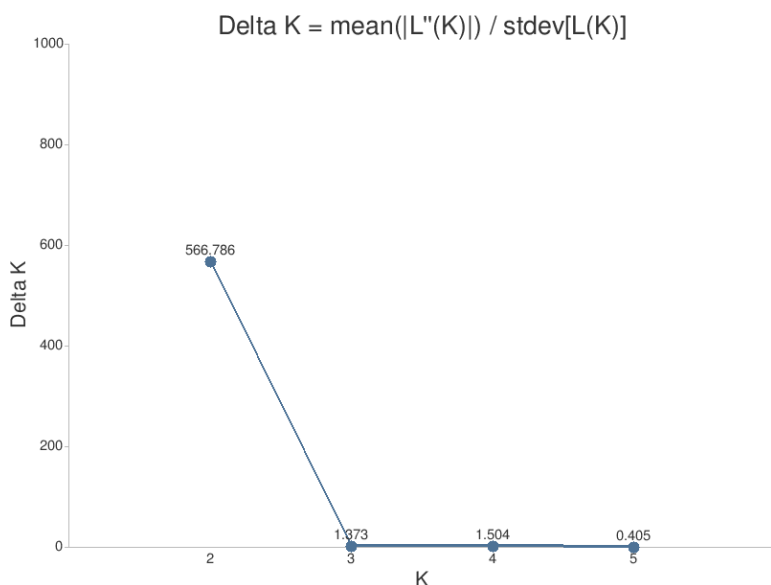


**3.4.3 pav.** Diskriminantinė pagrindinių komponentų analizė (DAPC) (QP\_J *Q. petraea* savaiminis atsikūrimas, QP\_A *Q. petraea* brandūs medžiai, QR\_J *Q. robur* savaiminis atsikūrimas, QR\_A *Q. robur* brandūs medžiai, QH\_J hibridai savaiminis atsikūrimas, QH\_A hibridai brandūs medžiai).

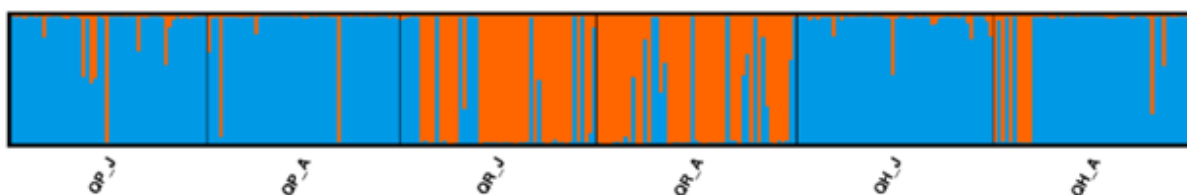
### 3.4.4 Hibridizacija

Hibridizacija tarp atrinktų 300 individų buvo vertinama naudojant kelis metodus, t.y. Bajeso maksimalaus tikėtinumo modeliu pagrįsta klasterinė analizė (programa Structure 2.3.3.), kur individai priskiriami hibridams pagal  $q$  vertės proporcija ( $Q \geq 0,90$  - gryna rūšis; jei  $Q < 0,90$  – hibridas); Bajeso metodu paremta programa (NewHybrids 1.1), naudojama tarprūšinių hibridų identifikavimui remiantis genetiniais DNR duomenimis.

Atlikus Bayesian grupavimo analizę su programa STRUCTURE2.3.4 (Evanno ir kt. 2005) ir remiantis deltaK testu (programa CLUMPAK (Kopelman ir kt. 2015)), nustatėme, kad didžiausia tikimybė, jog egzistuoja du genetiniai klasteriai ( $K = 2$ , kai  $\Delta K = 566,786$ , 3.4.4 pav.). Taigi histogramoje matomi du genetiniai klasteriai (mėlynas ir oranžinis), kur individai yra priskiriami vienai iš rūšių, t.y. oranžinis klasteris yra paprastieji ąžuolai, mėlynas klasteris yra bekočiai ąžuolai, o individai turintys abiejų spalvų priemaišą (t.y. proporcija  $Q < 0,90$ ) yra jų hibridai (3.4.5 pav.).

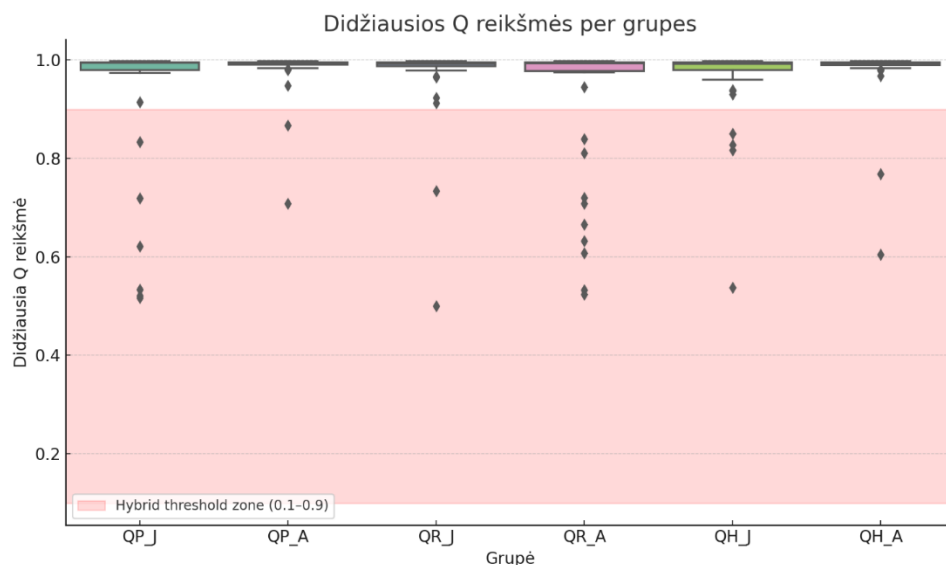


**3.4.4 pav.** Bayesian metodo grupavimo rezultatai, kai apskaičiuojamas labiausiai tikėtinas grupių (klasterių) skaičius tiriamuose pavyzdžiuose pagal didžiausią deltaK reikšmę (programos STRUCTURE2.3.4 (Evanno ir kt. 2005) ir CLUMPAK (Kopelman ir kt.2015)).



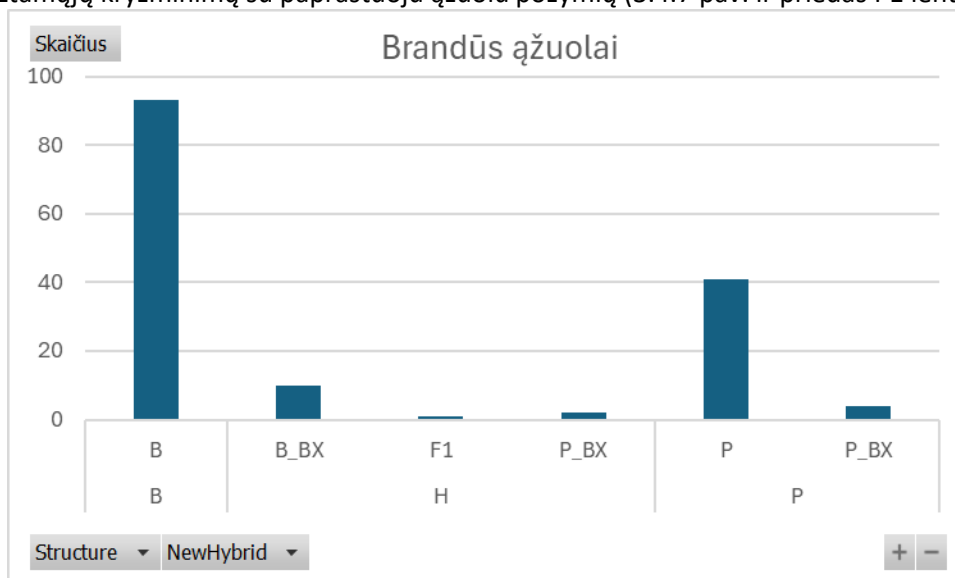
**3.4.5 pav.** Genetinės struktūros histograma, pagal Bayesian grupavimo metodą, naudojant STRUCTURE2.3.4 programą (Evanno ir kt. 2005). Dvi spalvos parodo dvi STRUCTURE grupes. Tiriamos grupės yra atskirtos vertikaliomis linijomis ir identifikuotos X ašyje. Y ašyje yra kiekvieno individo priskyrimas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

Structure rezultatų interpretavimui naudotas  $Q$  kriterijus, t. y. individas laikomas hibridu, jei jo didžiausia priskyrimo reikšmė ( $Q$ ) yra tarp 0.1 ir 0.9, t. y. jis nėra aiškiai priskirtas nei vienam klasteriui. Remiantis STRUCTURE rezultatais nustatytas hibridų skaičius: 25 (hibridų procentas - 8.31 %) (3.4.6 pav.).



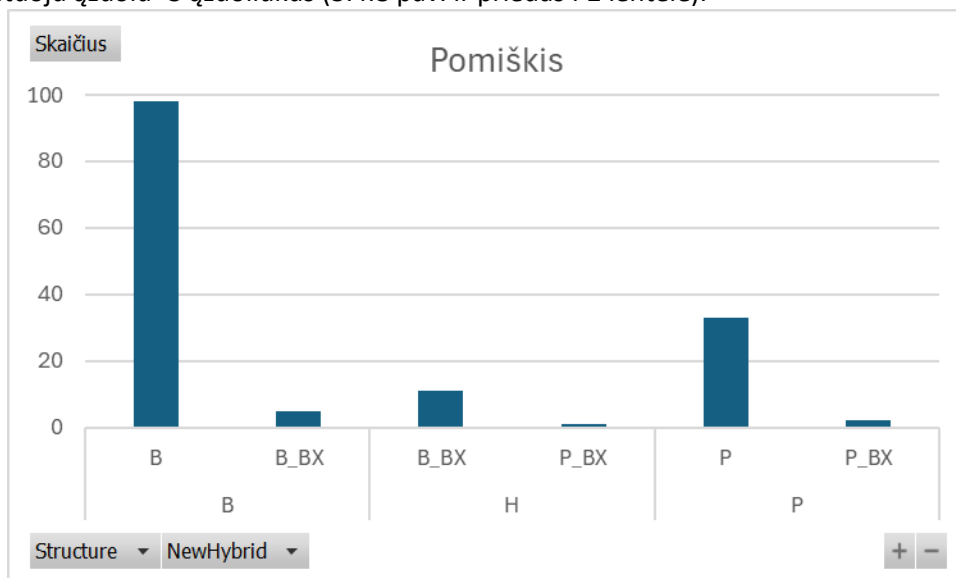
**3.4.6 pav.** Hibridų aptikti kiekvienoje iš tiriamų ąžuolų grupių ir jų Q reikšmės.

Vertinant hibridizacijos rezultatus pagal ąžuolų kartas naudojant STRUCTURE programą iš 151 brandžių ąžuolų nustatyta, kad 45 yra paprastieji ąžuolai, 93 bekočiai ąžuolai ir 13 hibridų (grynos rūšies medžiu laikomi tie medžiai, kurių koeficientas  $q > 0,9$ ). Bajeso metodu paremta programa NewHybrids 1.1 leido patikslinti gautus rezultatus, kurie parodė, kad 3 ąžuolai (AH33, AB774, AH806;  $q > 0,8$ ) priskirti bekočio ąžuolo rūšiai turėjo grįžtamųjų kryžminimų su bekočiu ąžuolu požymių ( $q \sim 0,1-0,2$ ). Tuo tarpu tarp paprastųjų ąžuolų buvo rasti 3 ąžuolai, kurių PA897, PA1069 ir PA1448 ( $q > 0,8$ ) turėjo grįžtamųjų kryžminimų su paprastuoju ąžuolu požymių ( $q \sim 0,14-0,18$ ), o ąžuolus AB132, AP1078, AP1441 ir AP121 ( $q \sim 0,27-0,66$  grįžtamieji kryžminimai su paprastuoju ąžuolu) priskyrėme hibridams. Grynų F1 hibridų, kurių  $q > 0,9$  nebuvo aptikta. Tik vienas ąžuolas turėjo šiek tiek F1 hibridų požymių ( $q = 0,35$ ), tačiau jame pasireiškė ir grįžtamųjų kryžminimų su bekočiu ( $q = 0,23$ ) ir su paprastuoju ( $q = 0,29$ ) ąžuolu požymiai. Taigi, pagal apibendrintus abiejų programų duomenis iš tirtų 151 ąžuolo buvo 93 bekočiai, 41 paprastasis, 1 pirmos kartos hibridas, 10 hibridų turinčių grįžtamųjų kryžminimų su bekočiu ąžuolu požymių ir 6 hibridai turintys grįžtamųjų kryžminimų su paprastuoju ąžuolu požymių (3.4.7 pav. ir priedas P1 lentelė).



**3.4.7 pav.** ąžuolų identifikavimo naudojant programas STRUCTURE ir NewHybrids palyginimas. BA – bekootis ąžuolas, PA – paprastasis ąžuolas, F1 – pirmos kartos hibridai, F2 – antros kartos hibridai, BA\_BX – hibridai, turintys grįžtamųjų kryžminimų požymių su bekočiu ąžuolu, PA\_BX – hibridai, turintys grįžtamųjų kryžminimų požymių su paprastuoju ąžuolu.

Vertinant hibridizacijos rezultatus pagal ąžuolų kartas naudojant STRUCTURE programą iš 150 pomiškio ąžuoliukų nustatyta, kad 35 yra paprastieji ąžuolai, 103 bekočiai ąžuolai ir 12 hibridų. O duomenis, patikrinus su NewHybrids programa, nustatyta, kad 3 ąžuoliukai priskirti bekočio ąžuolo rūšiai (H\_49, B\_20, H\_44) turėjo grįžtamųjų kryžminimų su bekočiu ąžuolu požymių ( $q=0,11; 0,12; 0,18$  atitinkamai) ir du ąžuoliukai priskirti paprastojo ąžuolo rūšiai (P\_44, P\_07) turėjo grįžtamųjų kryžminimų su paprastuoju ąžuolu požymių ( $q=0,11$  ir  $0,16$  atitinkamai). Tarp pomiškio ąžuoliukų nė vienas ąžuoliukas neturėjo ryškių F1 hibridų požymių, ąžuoliukas P\_36 F1 rodiklis  $q$  buvo lygus  $0,31$ , tačiau šio ąžuolo grįžtamojo kryžminimo su bekočiu ąžuolu rodiklis buvo žymiai didesnis ( $q=0,496$ ). ąžuoliukų, turinčių ryškius F2 kartos požymius taip pat nebuvo, šiuo atveju didžiausias  $q$  indeksas siekė  $0,2$ . Pagal Structure programą 5 ąžuoliukus priskirtus bekočio ąžuolo rūšiai (P\_01, H\_36, H\_35, P\_50 ir B\_41) pagal NewHybrid programą priskyrėme hibridams, kadangi grynos rūšies koeficientas  $q < 0,8$  ir turėjo grįžtamojo ryšio požymių ( $q=0,22; 0,34; 0,41; 0,77; 0,83$  atitinkamai). Taip pat pagal Structure programą 2 ąžuoliukus priskirtus paprastojo ąžuolo rūšiai (P49 ir P\_40) pagal NewHybrid programą priskyrėme hibridams, jų  $q$  koeficientas rodantis grįžtamojo kryžminimo požymius su paprastuoju ąžuolu buvo lygus  $0,39$  ir  $0,55$  atitinkamai). Apibendrinus abiejų programų rezultatus bekočio ąžuolo rūšiai priskyrėme 98 ąžuoliukus, paprastojo ąžuolo rūšiai -33, hibridams, kurie turi grįžtamųjų kryžminimų požymių su bekočiu ąžuolu -16, o su paprastuoju ąžuolu -3 ąžuoliukus (3.4.8 pav. ir priedas P2 lentelė).



**3.4.8 pav.** ąžuolų identifikavimo naudojant programas STRUCTURE ir NewHybrids palyginimas. BA – bekočis ąžuolas, PA – paprastasis ąžuolas, F1 – pirmos kartos hibridai, F2 – antros kartos hibridai, BA\_BX – hibridai, turintys grįžtamųjų kryžminimų požymių su bekočiu ąžuolu, PA\_BX – hibridai, turintys grįžtamųjų kryžminimų požymių su paprastuoju ąžuolu.

Lyginat šiuos du metodus, STRUCTURE ir NewHybrids, ir nevertinant atgalinio kryžminimosi, t.y. ignoravus “backcross” (angl.) tipus ir laikant hibridais tik F1 ir F2 individus, atitikimas tarp metodų yra 98,34 %. NewHybrids programa identifikavo 30 individų, t. y. 5 individualais daugiau nei Structure, kaip hibridus (9,97 %).

### 3.4.5 Genetinės įvairovės palyginimas tarp paprastojo, bekočio ąžuolų grupių ir jų hibridų

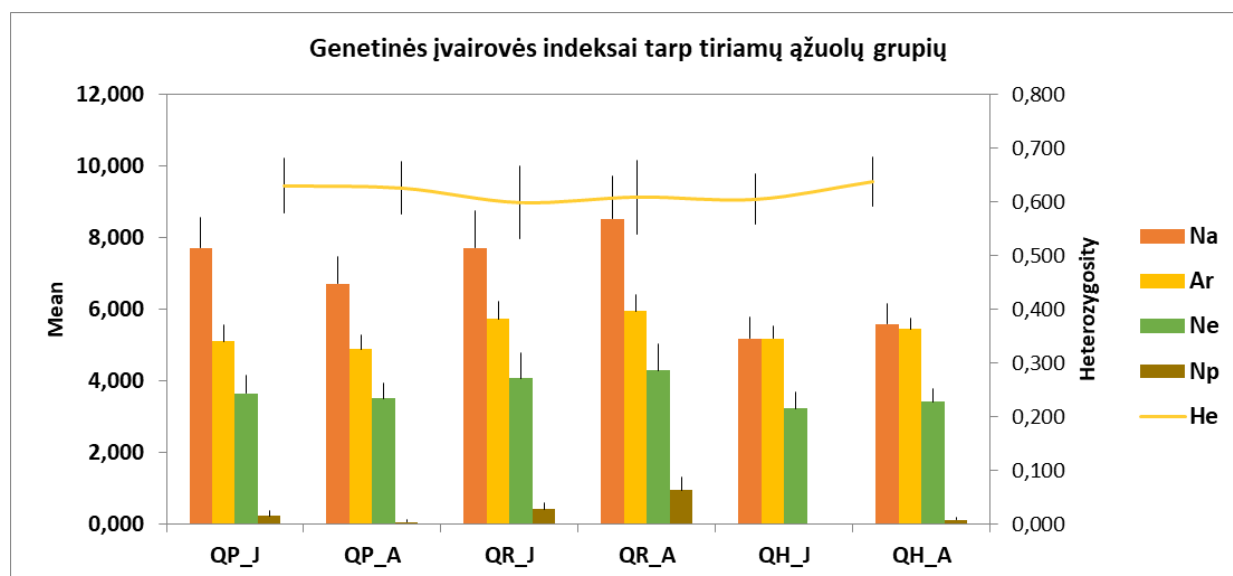
Vėliau DNR pagrindu identifikavus grynas paprastojo ir bekočio ąžuolų grupes ir hibridus palyginome genetinės įvairovės rodiklius tarp tų grupių tėvų ir palikuonių Trako miške (QP\_J *Q. petraea* savaiminis atsikūrimas, QP\_A *Q. petraea* brandūs medžiai, QR\_J *Q. robur* savaiminis atsikūrimas, QR\_A *Q. robur* brandūs medžiai, QH\_J *hibridai* savaiminis atsikūrimas, QH\_A *hibridai* brandūs medžiai). Vidutinis alelių skaičius ( $N_a$ ) ir vidutinis efektyvus alelių skaičius ( $N_e$ ) (pagrindiniai alelinės įvairovės rodikliai) tarp tiriamų grupių vyravo gana stipriai, t.y.  $N_a$  nuo 5,18 (QH\_J grupėje) iki 8,53 (QR\_A grupėje), o  $N_e$  nuo 3,23 (QH\_J grupėje) iki 4,29 (QR\_A grupėje) (3.4.4 lentelė, 3.4.9 pav.). Tačiau šie rodikliai labai kinta

priklausomai nuo imties dydžio, todėl rarifikuotas alelinis turtingumas (Ar) geriau atspindi alelinės įvairovės dydžius tiriamose grupėse. Ar kito nuo 4,89 (QP\_A grupėje) iki 5,95 (QR\_A grupėje). Tėvinės ąžuolų grupės (QP\_A, QR\_A ir QH\_A) ir palikuonių (QP\_J, QR\_J ir QH\_J) pagal Ar rodiklį reikšmingai nesiskyrė. Privačių alelių skaičius svyravo nuo 1 (QP\_A grupėje) iki 16 (QR\_A grupėje) (3.4.10 pav. ir 3.4.4 lentelė) Tai rodo, kad pagal dažnus alelius palikuonių grupių genetinė įvairovė prilygsta tėvinei populiacijai. Heterozigotiškumo rodikliai (Ho ir He) visose grupėse buvo gana panašūs – stebėtas ir lauktinas heterozigotiškumas dažniausiai sutapo, o tai rodo populiaciją esant Hardy–Weinbergo pusiausvyroje. Kai kuriose grupėse (pvz., QH\_A) stebėtas nedidelis heterozigotų perteklius (Fis = –0,073), kuris gali būti siejamas su hibridizacija. Tuo tarpu nedidelis heterozigotų trūkumas fiksuotas QP\_J (Fis = 0,032), kas rodo nežymų nukrypimą nuo atsitiktinio kryžminimosi (Fis > 0), tačiau nėra viršyta 10-ties procentų inbrydingo koeficiento riba. Peržengus šią 10% inbrydingo ribą galimos ąžuolų gyvybingumo mažėjimo problemos dėl inbrydingo (3.4.4 lentelė ir 3.4.9 pav.).

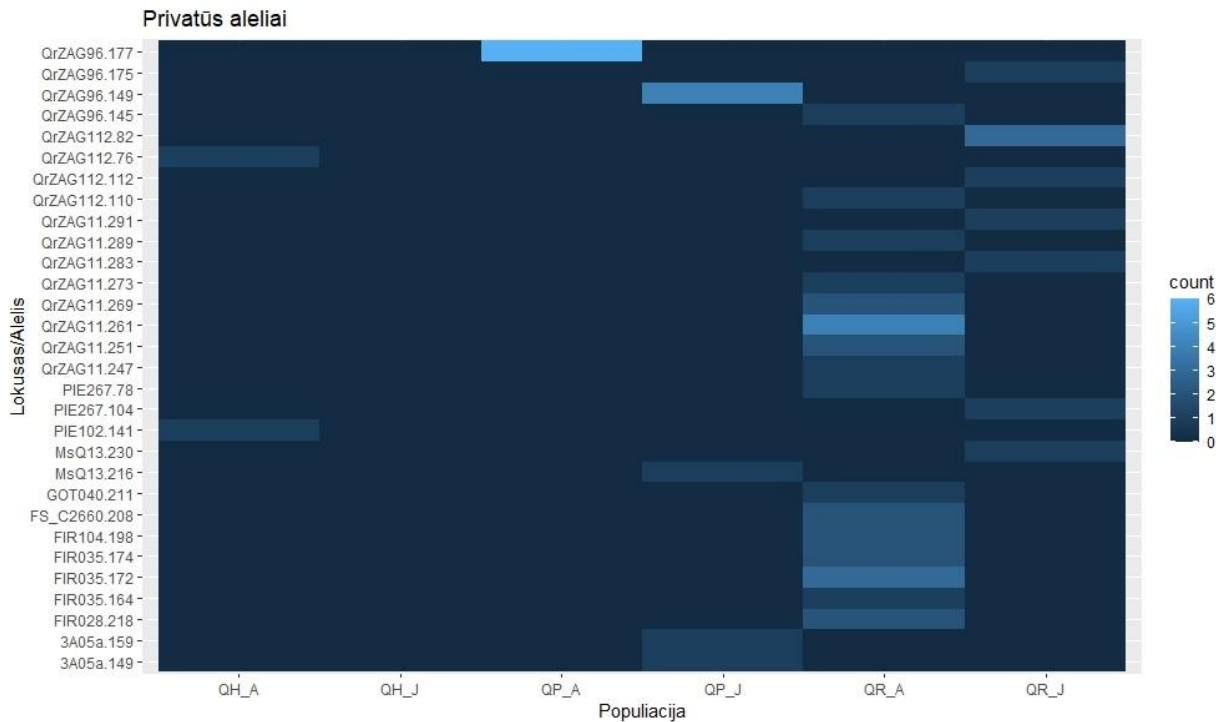
**3.4.4 lentelė.** Genetinės įvairovės rodikliai tarp tiriamų paprastojo ir bekočio ąžuolų grupių ir jų hibridų (QP\_J *Q. petraea* savaiminis atsikūrimas, QP\_A *Q. petraea* brandūs medžiai, QR\_J *Q. robur* savaiminis atsikūrimas, QR\_A *Q. robur* brandūs medžiai, QH\_J hibridai savaiminis atsikūrimas, QH\_A hibridai brandūs medžiai).

Grupė	N	Na	Ne	Ar (12)	Np	Ho	He	Fis
QP_J	103	7,71	3,65	5,10	4,0	0,615	0,630	0,032
QP_A	93	6,71	3,51	4,89	1,0	0,624	0,626	0,008
QR_J	35	7,71	4,07	5,73	7,0	0,597	0,599	0,025
QR_A	45	8,53	4,29	5,95	16,0	0,618	0,609	-0,003
QH_J	12	5,18	3,23	5,18	0,0	0,662	0,605	-0,022
QH_A	13	5,59	3,42	5,44	2,0	0,710	0,638	-0,073
Vidurkis		6,90	3,696	5,38	5,0	0,638	0,618	-0,006

Genetinės įvairovės rodikliai (N – imties dydis, Na – vidutinis alelių skaičius, Ne – vidutinis efektyvių alelių skaičius, Ar – rarifikuotas alelinis turtingumas, Np – privačių alelių skaičius, Ho – stebimas heterozigotiškumas, He – lauktinas heterozigotiškumas, Fis – inbrydingo koeficientas).



**3.4.9 pav.** Genetinės įvairovės rodikliai tarp tiriamų ąžuolų grupių (QP\_J *Q. petraea* savaiminis atsikūrimas, QP\_A *Q. petraea* brandūs medžiai, QR\_J *Q. robur* savaiminis atsikūrimas, QR\_A *Q. robur* brandūs medžiai, QH\_J hibridai savaiminis atsikūrimas, QH\_A hibridai brandūs medžiai) (Na – vidutinis alelių skaičius, Ar – rarifikuotas alelinis turtingumas, Ne – vidutinis efektyvių alelių skaičius, Np – privačių alelių skaičius, He – lauktinas heterozigotiškumas).



**3.4.10 pav.** Privačių alelių pasiskirstymas tarp tiriamų ąžuolų grupių (QP\_J *Q. petraea* savaiminis atsikūrimas, QP\_A *Q. petraea* brandūs medžiai, QR\_J *Q. robur* savaiminis atsikūrimas, QR\_A *Q. robur* brandūs medžiai, QH\_J hibridai savaiminis atsikūrimas, QH\_A hibridai brandūs medžiai).

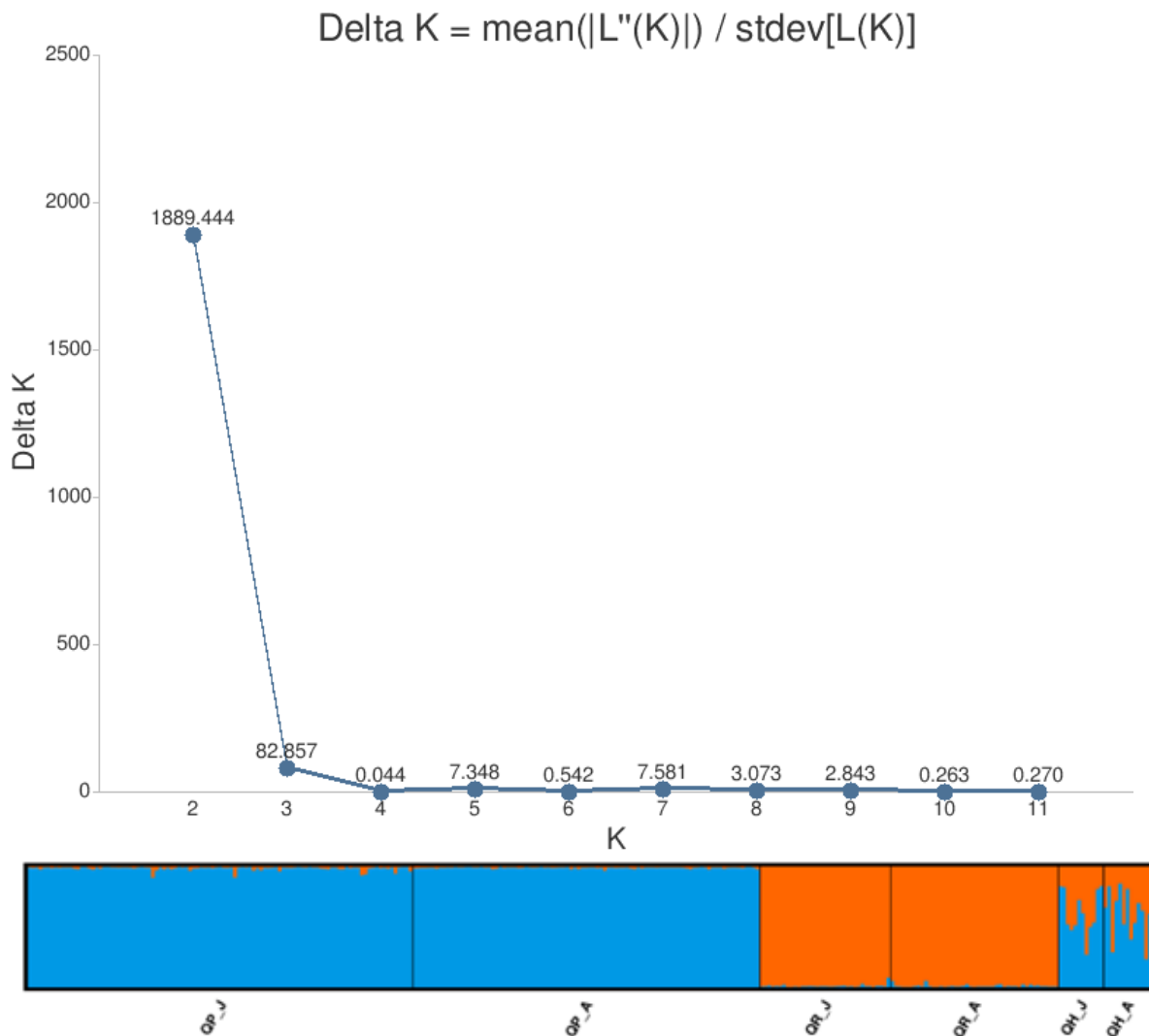
### 3.4.6 Genetinė diferenciacija ir struktūra

Šios analizės tikslas buvo nustatyti genetinės diferenciacijos stiprumą tarp tiriamų ąžuolų grupių (QP\_J *Q. petraea* savaiminis atsikūrimas, QP\_A *Q. petraea* brandūs medžiai, QR\_J *Q. robur* savaiminis atsikūrimas, QR\_A *Q. robur* brandūs medžiai, QH\_J hibridai savaiminis atsikūrimas, QH\_A hibridai brandūs medžiai). Genetinės diferenciacijos testas su identifikuotomis ąžuolų grupėmis, parodė gana aukštus indeksus – didelę genetinę diferenciaciją tarp tiriamų grupių, kas yra normalu lyginat genetinius atstumus tarp skirtingų ąžuolų rūšių ir jų hibridų. Didžiausia Dest reikšmė buvo tarp bekočio (QP\_J, QP\_A) ir paprastojo (QR\_J, QR\_A) ąžuolų grupių (Dest = 0.338-0.357). Ir vidutinė Dest reikšmė buvo tarp bekočio (QP\_J, QP\_A) ir paprastojo (QR\_J, QR\_A) ąžuolų grupių ir jų hibridų (Dest = 0.082-0.126). Visos Dest reikšmės tarp skirtingų rūšių ir jų hibridų buvo statistiškai reikšmingo reikšmingumo lygmenyje (0,001) (3.4.5 lentelė).

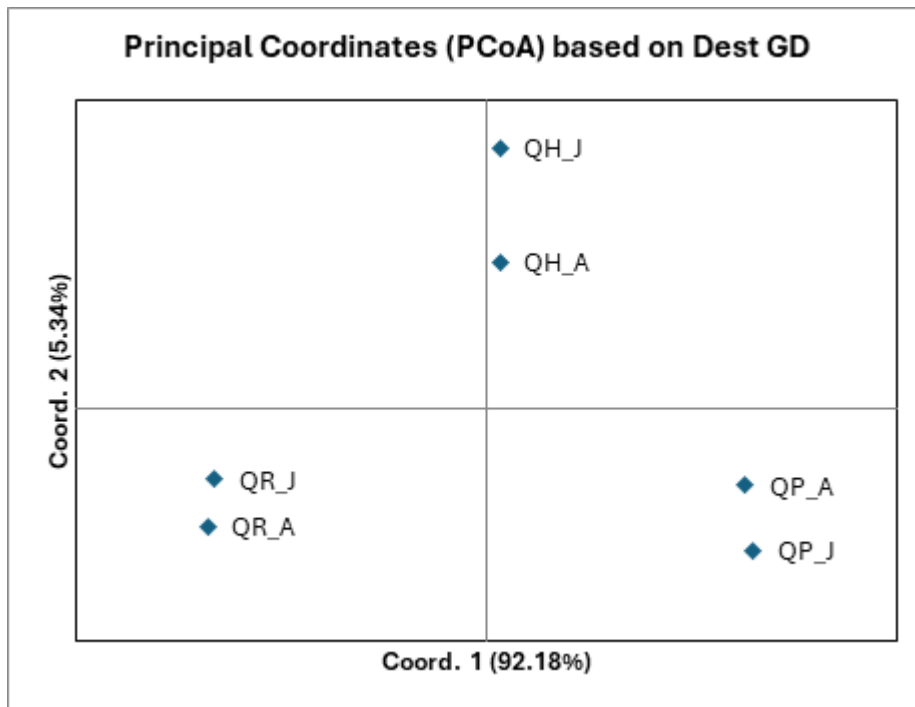
**3.4.5 lentelė.** Poriniai genetinės diferenciacijos indeksai (Jost 2008). Dest genetinės diferenciacijos matrica rodanti genetinius skirtumus tarp tiriamų ąžuolų grupių (QP\_J *Q. petraea* savaiminis atsikūrimas, QP\_A *Q. petraea* brandūs medžiai, QR\_J *Q. robur* savaiminis atsikūrimas, QR\_A *Q. robur* brandūs medžiai, QH\_J hibridai savaiminis atsikūrimas, QH\_A hibridai brandūs medžiai). Dest reikšmės pateiktos žemiau įstrižainės. Virš įstrižainės nurodyta statistinis patikimumas  $P(\text{rand} \geq \text{data})$ , apskaičiuota pagal 999 permutacijas.

QP_J	QP_A	QR_J	QR_A	QH_J	QH_A	
0,000	0,011	0,001	0,001	0,001	0,001	QP_J
0,006	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	QP_A
0,352	0,338	0,000	0,452	0,001	0,001	QR_J
0,357	0,350	0,000	0,000	0,001	0,001	QR_A
0,102	0,095	0,116	0,126	0,000	0,191	QH_J
0,098	0,082	0,109	0,116	0,013	0,000	QH_A

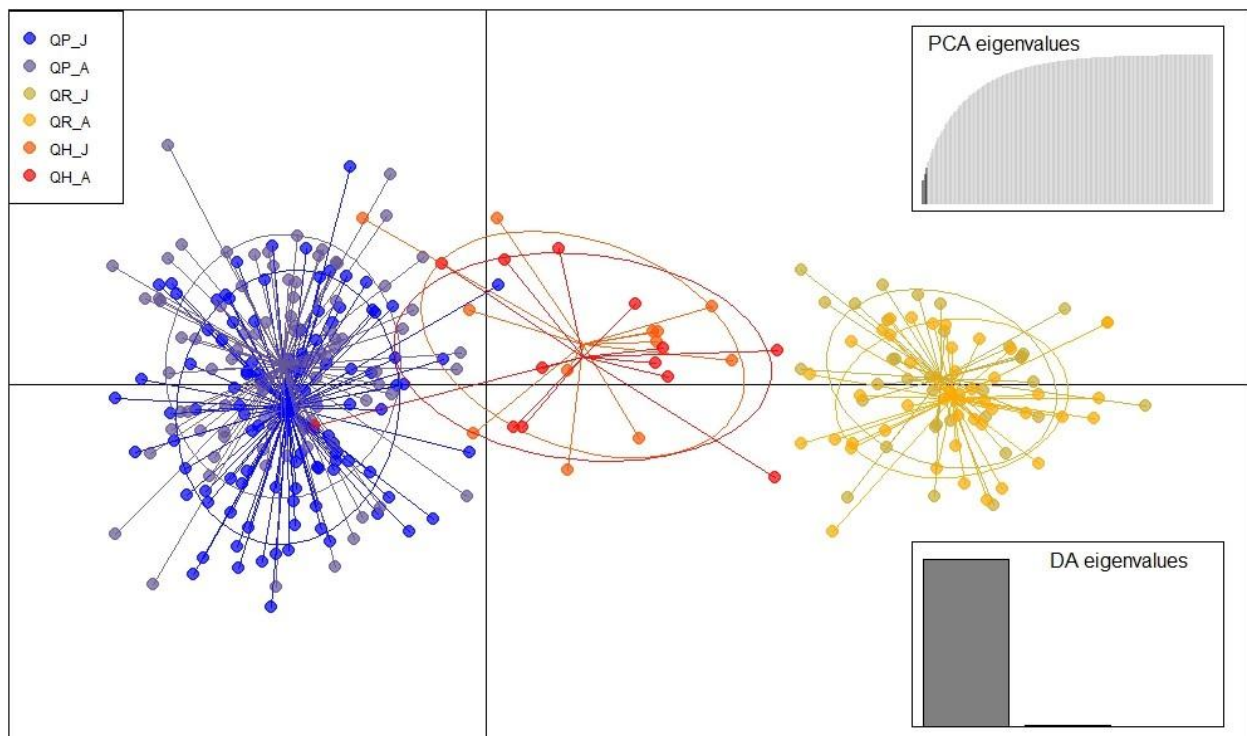
Bajeso klasterinė analizė labai aiškiai identifikavo skirtingas ąžuolų rūšis ir jų hibridus (3.4.11 pav.). Tokius pačius genetinės struktūros ir diferenciacijos rezultatus patvirtino ir pagrindinių komponentių (PCA), ir diskriminantinė pagrindinių komponentių (DAPC) analizės (3.4.12 ir 3.4.13 pav.).



**3.4.11 pav.** Bajeso klasterinės analizės rezultatai, kai apskaičiuojamas labiausiai tikėtinas genetinių klasterių skaičius tiriamose ąžuolų grupėse pagal didžiausią deltaK reikšmę (viršutinis pav.) ir genetinės struktūros histogramos, pagal Bajeso grupavimo metodą (STRUCTURE2.3.3 programa (Evanno ir kt. 2005)). Kiekvienas stulpelis rodo skirtingą individą, o jo spalva - skirtingus genetinius klasterius. Tiriamos ąžuolų grupės yra atskirtos vertikaliomis linijomis ir identifikuotos X ašyje. Y ašyje yra kiekvieno individo priskyrimas vienam iš dviejų deltaK = 2 klasterių (rezultatų vizualizacija atlikta programa CLUMPAK (Kopelman ir kt. 2015)). QP\_J *Q. petraea* savaiminis atsikūrimas, QP\_A *Q. petraea* brandūs medžiai, QR\_J *Q. robur* savaiminis atsikūrimas, QR\_A *Q. robur* brandūs medžiai, QH\_J hibridai savaiminis atsikūrimas, QH\_A hibridai brandūs medžiai)



**3.4.12 pav.** Pagrindinių komponentių analizė (PCA) (QP\_J *Q. petraea* savaiminis atsikūrimas, QP\_A *Q. petraea* brandūs medžiai, QR\_J *Q. robur* savaiminis atsikūrimas, QR\_A *Q. robur* brandūs medžiai, QH\_J hibridai savaiminis atsikūrimas, QH\_A hibridai brandūs medžiai).



**3.4.13 pav.** Diskriminantinė pagrindinių komponentių analizė (DAPC) (QP\_J *Q. petraea* savaiminis atsikūrimas, QP\_A *Q. petraea* brandūs medžiai, QR\_J *Q. robur* savaiminis atsikūrimas, QR\_A *Q. robur* brandūs medžiai, QH\_J hibridai savaiminis atsikūrimas, QH\_A hibridai brandūs medžiai).

### 3.4.7 Apibendrinimas

Trako miško genetinio draustinio (03AbGD001) ąžuolų (*Q. robur*, *Q. petraea*) tyrimui buvo naudoti 17 polimorfiškų DNR mikrosatelitinių (nSSR) lokusų, kurie leido patikimai genotipuoti visus ąžuolų mėginius, viso 301 individą. Nulinių alelių dažnis buvo labai žemas (dažniausiai artimas 0), o stebėtas ir

lauktinas heterozigotiškumas ( $H_o = 0,638$ ;  $H_e = 0,618$ ) išliko panašus, kas rodo aukštą genotipavimo patikimumą ir žymenų tinkamumą genetinės įvairovės, struktūros ir hibridizacijos analizėms.

Genetinė įvairovė tarp *Q. robur*, *Q. petraea* ir jų hibridų buvo analizuota tiek tėvų, tiek palikuonių grupėse. Skirtingų grupių aleliniai rodikliai ( $N_a$ ,  $N_e$ ,  $A_r$ ) parodė vidutiniškai aukštą genetinę įvairovę tiriamose ąžuolų grupėse, tačiau skirtumai buvo nevienodi tarp grupių dėl skirtingų imties dydžių, identifikavus rūšis ir jų hibridus. Genetinės diferenciacijos analizė (Dest) atskleidė reikšmingus genetinius skirtumus tarp *Q. petraea* ir *Q. robur* rūšių, ir jų hibridų, o DAPC ir PCA analizės patvirtino skirtumus tarp rūšių.

Hibridizacijos vertinimui buvo naudotos dvi statistinės analizių programos (STRUCTURE ir NewHybrids) naudojančios Bajeso metodą identifikuojant rūšis ir jų hibridus. Pagal STRUCTURE analizę identifiukuota, kad apie 8% (25 medžiai iš 301) tirtų ąžuolų buvo hibridai. Programa NewHybrids leido patikslinti STRUCTURE rezultatus ir identifiukuoti F1 – pirmos kartos hibridus, F2 – antros kartos hibridus, BA\_BX – hibridus, turinčius bekočio ąžuolo požymių po grįžtamųjų kryžminimų, PA\_BX – hibridus, turinčius paprastojo ąžuolo požymių po grįžtamųjų kryžminimų. Abu metodai daugeliu atvejų sutapo (98,3 % atitikimas), o rezultatai parodė, kad hibridizacija tarp *Q. robur* ir *Q. petraea* vyksta, tačiau jos mastas yra vidutinio lygio ir dažniausiai pasireiškia kaip sudėtingesni grįžtamojo kryžminimo variantai, o ne klasikiniai F1 hibridai.

## 4 PRAKTINĖS REKOMENDACIJOS

Šiuo metu Bekočio ąžuolo genetinis medynas užima 5,8 ha plotą. ąžuolyno amžius apie 100-130 metų. Kadangi ąžuolynai sunkiai atsinaujina natūraliai, siekiant užtikrinti ilgalaikį ekologinį tęstinumą draustinyje, bekočio ąžuolo atsinaujinimą genetiniame draustinyje reikėtų medyne papildomai sėti giles arba sodinti jau paaugusius ąžuoliukus. Pagal (Drobyshev ir kt. 2008) modelį rekomenduojama sodinti po 1-5 medžius per metus 1 ha, priklausomai nuo ąžuolų mirtingumo rodiklių (1-13%, Lietuvoje ąžuolynų mirtingumo rodiklis (*apskaičiuojant pagal atkritusių medžių skaičių*) siekia 1,9% (Ozolincius ir kt. 2005)), norint išlaikyti 20 medžių, vyresnių nei 200 metų. Šiame draustinyje reikėtų sodinti 6-30 ąžuolų per metus, jei laikytis 1,9% mirtingumo rodiklio, 12 ąžuoliukų per metus.

Turint omenyje, kad dirbtinai sėjant giles jų stiebo kokybė geresnė nei giles „sėjant“ kėkštams, kitas ąžuolyno atkūrimo būdas būtų papildomai sėti giles 2,5 cm gylyje (Ovington ir MacRae 1960).

Kadangi šviesos ištekliai ir gyvūnų daroma žala yra vieni iš svarbiausių kintamųjų lemiantys sėkmingą ąžuolų atsikūrimą, būtina išdygusiems/pasodintiems ąžuoliukams sudaryti palankias augimo sąlygas. Iš atliktų stebėjimų buvo matyti, kad vietose, kur pomiškyje buvo rasta didesnių nei 0,5 m ąžuoliukų (2-4 grupės), trako padengimas sudarė 40-60% tyrimo barelių, lazdynai užėmė apie 60% trake sumedėjusių augalų rūšių, o kur antro pogrupio ąžuoliukų buvo gausiausia, lazdynų buvo nedaug ir trake vyravo šaltekniai ir sausmedžiai. Šie krūmai buvo tarsi priedanga nuo žvėrių. Taip pat pastebėta, kad vietose, kur vyravo skroblai, ąžuolo pomiškio praktiškai nebuvo. Todėl vietose, kur norima išsaugoti ąžuoliukus, būtina sudaryti tinkamas sąlygas praretinant klevo ir skroblo pomiškį, šiek tiek lazdynus. O sodinant ąžuoliukus, būtina juos apsaugoti specialiomis apsauginėmis priemonėmis nuo žvėrių skabymo.

### 4.1 Trako miško bekočio ąžuolo genetinio medyno išsaugojimo rekomendacijos

Pagal LRV SAUGOMŲ TERITORIJŲ TIPINIŲ APSAUGOS REGLAMENTĄ (LR Vyriausybės nutarimas Nr. 580 (2022-06-03)) rezervatiniuose miškuose, reguliuojamos apsaugos kraštovaizdžio tvarkymo zonos, į kurią įeina Trako miško bekočio ąžuolo genetinis medynas:

9.3.1 **draudžiama naudoti gamtos išteklius ir vykdyti kitą ūkinę veiklą, išskyrus atvejus**, nurodytus Reglamento 9.3.7 papunktyje, **taip pat tvarkymo darbus, kuriais siekiama išsaugoti retas augalų**, grybų ir **gyvūnų rūšis ir bendrijas**.

9.3.2. leidžiama gesinti gaisrus ir įgyvendinti biologines ir profilaktines miškų sanitarinės apsaugos priemones epizootijų ir masinio kenkėjų plitimo atvejais, taip pat vykdyti kvartalinių linijų ir esamų kelių priežiūrą;

9.3.3. **leidžiama vykdyti rezervatų planavimo dokumentuose numatytus ugdomuosius kirtimus** ir būtinus miškų priešgaisrinės apsaugos profilaktikos darbus – įrengti ir mineralizuoti priešgaisrines juostas, vykdyti sanitarinius kirtimus;

9.3.4. **leidžiama vykdyti rezervatų planavimo dokumentuose numatytas gamtinių ekosistemų atkūrimo ir formavimo priemones, kirsti krūmus**, šienauti ir ganyti pievose arba pelkėse, **siekiant išsaugoti retas augalų**, grybų ir gyvūnų **rūšis ir bendrijas**;

9.3.5. leidžiama atlikti mokslinius tyrimus ir stebėjimus, vykdyti monitoringą, inventorizuoti saugomus kompleksus, objektus ir miškus;

9.3.6. leidžiama įrengti mokomuosius takus, lankytis mokomaisiais ir pažintiniais tikslais;

9.3.7. vietiniams gyventojams gali būti leidžiama uogauti ir grybauti rezervatų nuostatuose nustatyta tvarka.

Bekotis ąžuolas yra šviesamėgė rūšis, kuriai yra reikalinga atvira erdvė arba pakankamas šviesos kiekis, kad sėjinukai įsitvirtintų ir sėkmingai augtų. Tyrimų rezultatai rodo, kad sėkmingam augimui paprastai reikia  $\geq 20$ –30 % šviesos, o geram prieaugiui –  $\sim 30$ –60 %, t. y. iš esmės miško aikščių ar stambių properšų sąlygos. Bekočio ąžuolo miškų atkūrimo metu ypatingas dėmesys turi būti skiriamas konkuruojančiai augmenijai ir jos vystymosi dinamikai, taip pat kad atsikūrimo sėkmė labai priklausu nuo šio veiksnio kontrolės (Kanjevac ir kt., 2021; Govedar ir kt., 2021).

Sumedėjusių rūšių ir žolinės augmenijos konkurencija yra vienas iš pagrindinių veiksnių, apsunkinančių bekočių ąžuolų natūralaus atsikūrimo procesą ir trukdančių bekočių ąžuolų sodinukų vystymąsi pirmaisiais metais (Mölder ir kt., 2019). Pagrindiniai konkurentai yra žoliniai velenėjimą sukeliantys augalai ir medžių bei krūmų rūšys, kurios toleruoja šešėlį: paprastasis skroblas, paprastasis bukas (Ligot ir kt. 2013). Šios rūšys sudaro konkurenciją ąžuolų sėjinukams ir juos nustelbia, jei ilgą laiką šviesos sąlygos yra nepalankios. Miško aikščių formavimas padėtų išvengti šių trikdžių ir sukurtų palankias sąlygas natūraliam medyno atsikūrimui. Tai užtikrintų bekočio ąžuolo populiacijos stabilumą bei genetinės įvairovės išsaugojimą. Neskatinant atsikūrimo miško aikščių formavimu nebus užtikrinama kartų kaita, ąžuolai senės ir pamažu nyks, jų vietą užims labiau šešėlį toleruojančios rūšys. Genetinis medynas taps biologiškai ir ūkiniu požiūriu menkaverčiu, nes išliks tik pavieniai seni medžiai.

Projektuojant genetiniame medyne mažiau, bet didesnių miško aikščių yra gaunamas didesnis ekologinis ir ekonominis efektas. Mažėja priežiūros kaštai (apsauga nuo žvėrių), išvengiama „pakraščio efekto“, galima efektyviau vykdyti konkurencinės augmenijos šalinimą, nes didesni plotai ne taip greitai užauga, išsaugomas reikiamas šviesos režimas. Taip pat aplink didesnes miško aikštes galima suprojektuoti didesnį sėklinių medžių skaičių, kad būtų užtikrinama didesnė genetinė įvairovė.

Medyne reiktų nuolat turėti visas amžiaus klases, kad vyktų nenutrūkstamas kartų ciklas ir būtų palaikomas efektyvus populiacijos dydis. Rekomenduojame remtis MDM (Miško dauginamosios medžiagos) nuostatais ir formuoti 4 skirtingus amžiaus grupių medynus (jaunuolynai, pusamžiai, bręstantys, brandūs). Apie 25 % medyno turėtų sudaryti jaunuolynai.

Remiantis aukščiau pateiktu reglamentu bei bekočio ąžuolo bioekologinėmis savybėmis Trako miško bekočio ąžuolo genetiniame draustinyje rekomenduojame:

1. Pirmame ir antrame arduose iškirsti skroblus, klevus. Taip pat praretinti lazdynus.
2. Vietose, kur gausu bekočio ąžuolo žėlinių, suformuoti 0,5-1,0 ha plynas aikštes.
3. Esant poreikiui, taikyti apsaugos priemones nuo žvėrių daromos žalos (geresnis rezultatas pasiekiamas tveriant).

## 4.2 Dauginamosios medžiagos ruošos rekomendacijos

Šiuo metu, vadovaujantis EUFORGEN (2023) rekomendacijomis, giles rekomenduojama rinkti nuo pakankamai didelio derančių medžių skaičiaus (bent nuo 50 brandžių medžių), kurie yra išsidėstę visame medyne ir nutolę vieni nuo kitų bent per 30-50 metrų. Laikantis pakankamai didelių atstumų tarp sėklinių medžių bus sumažinta atsitiktinė giminingų medžių pasirinkimo galimybė (EUFORGEN 2023; Gömöry ir kt. 2021). Norint bekočio ąžuolo genetinio draustinio sėklas naudoti dauginamosios medžiagos ruošai, svarbu vadovautis keliomis pagrindinėmis EUFORGEN (2023) rekomendacijomis:

- Gilės turi būti renkamos nuo žinomų/patvirtintų bekočio ąžuolo medžių. 4.1.1 lentelėje pateikta pagal DNR identifikuotų brandžių ąžuolų sąrašas bei schema (4.1.1 pav.);
- Sėklos turi būti renkamos esant vidutinio derėjimo ar gausesniam derliui ( $\geq 3$  balai pagal V. Kaper'į), kaip tai numatyta MDM nuostatuose, siekiant užtikrinti maksimalų genetinės įvairovės lygį, t. y. kuo daugiau medžių dera ir dalyvauja reprodukcijoje tuo miško dauginamosios medžiagos genetinė įvairovė tikėtina bus didesnė;
- Sėklos turėtų būti renkamos bent nuo 50 brandžių, negiminingų medžių, kurie turėtų būti reprezentatyvūs ir išsidėstę visame genetiniame draustinyje (tinkamas medžių parinkimas ir išsidėstymas užtikrins, kad įvairūs genų variantai bus surinkti ir išlaikyta genetinė įvairovė);
- Vykiant sėklų ruošą, būtina fiksuoti kiekvieno atkūrimui ar populiacijos perkėlimui naudojamo bekočio ąžuolo numerį, kad būtų galima įvertinti genetinės įvairovės lygį;
- Ateityje planuojant plačiau Lietuvoje naudoti bekočio ąžuolo dauginamąją medžiagą, reiktų įvesti miško sėklinę plantaciją iš atrinktų rinktinių medžių (aprašyta AM užsakomajame moksliniame taikomajame darbe "Paprastojo ąžuolo, bekočio ąžuolo ir kalninės guobos genofondo išsaugojimo priemonės", 2020 m. balandžio 3 d. sutartis Nr. VPS-2020-15-SBMŪRP).

**4.1.1 lentelė. DNR tyrimais nustatytų brandžių ąžuolų sąrašas**

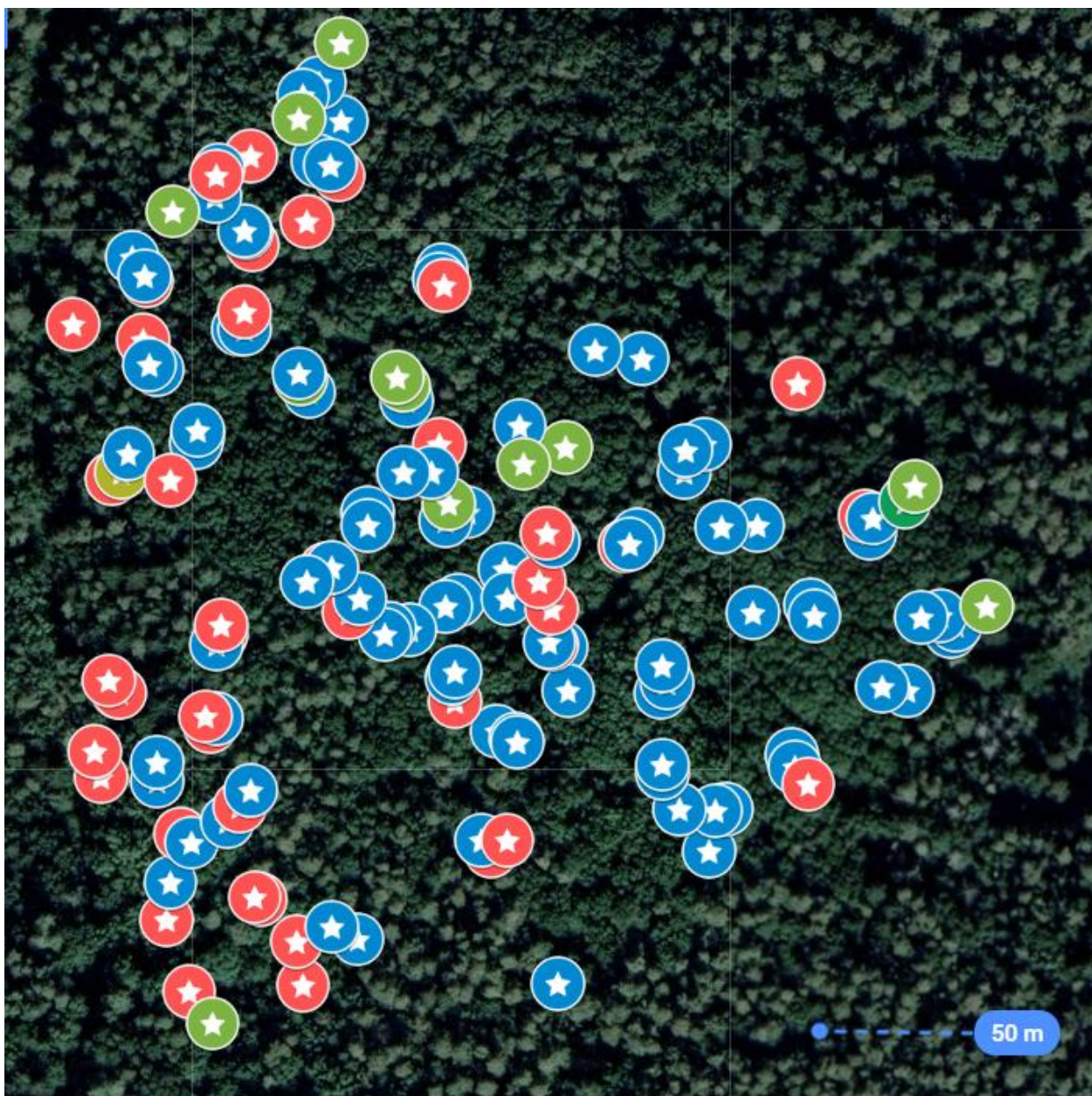
Eil. nr.	Medžio Nr.	Žyma etiketėje	Aukštis	Platuma	Ilguma	Nustatyta rūšis pagal DNR P-paprastasis ąžuolas, B - beketis ąžuolas, H - ąžuolas, turintis hibridinių požymių
1	6	AP6	160.1287	54.23247	23.75517	P
2	11	AB11	163.3725	54.23237	23.75528	H
3	25	AP25	168.7646	54.23268	23.75505	P
4	30	AP30	162.1426	54.23249	23.75575	P
5	32	AH32	171.3935	54.23261	23.75572	P
6	33	AH33	160.6955	54.23262	23.75602	B
7	34	AB34	162.5063	54.23266	23.75589	B
8	42	AP42	167.8255	54.23274	23.75553	P
9	43	AH43	176.4741	54.23274	23.7555	P
10	49	AB49	158.3183	54.23279	23.75508	B
11	68	AP68	167.7441	54.23294	23.75512	P
12	69	AB69	167.4864	54.23291	23.75518	B
13	72	AB72	167.5308	54.23298	23.75536	B
14	87	AP87	177.9327	54.23302	23.75542	P
15	88	AH88	168.6966	54.23307	23.75548	B
16	99	AP99	170.9438	54.2331	23.75472	P
17	107	AH107	176.3274	54.23309	23.755	B
18	108	AB108	178.0762	54.23315	23.75501	B
19	118	AH118	168.414	54.23325	23.75527	P
20	119	AB119	176.0958	54.23328	23.75531	B
21	121	AP121	171.9385	54.23329	23.75525	P
22	129	AH129	167.7426	54.23318	23.75469	P
23	132	AB132	170.4599	54.23335	23.7548	P
24	135	AH135	176.4741	54.23335	23.75481	P
25	142	AB142	172.5557	54.23249	23.75705	B
26	162	AH162	174.2746	54.23288	23.7567	P
27	164	AB164	170.0409	54.23292	23.75666	B
28	187	AH187	175.4726	54.23288	23.75781	B
29	206	AB206	179.7043	54.23317	23.75824	B
30	208	AH208	183.5062	54.23314	23.75826	B
31	212	AP212	170.0226	54.23309	23.75832	P
32	247	AB247	181.3905	54.23336	23.75883	B
33	260	AH260	185.3218	54.23338	23.7587	B
34	279	AB279	179.7135	54.23354	23.75905	B
35	280	AH280	179.7087	54.23355	23.75907	B
36	281	AB281	181.4612	54.23359	23.75899	B
37	284	AH284	189.6643	54.23358	23.7589	B
38	294	AH294	187.3612	54.23362	23.75833	B
39	308	AB308	184.248	54.23383	23.75863	B
40	317	AP317	180.7244	54.23361	23.75924	H
41	328	AP328	182.0537	54.23388	23.75861	P
42	329	AH329	182.8179	54.23387	23.75866	B

Eil. nr.	Medžio Nr.	Žyma etiketėje	Aukštis	Platuma	Ilguma	Nustatyta rūšis pagal DNR P-paprastasis ąžuolas, B - beketis ąžuolas, H - ąžuolas, turintis hibridinių požymių
43	338	AH338	183.4719	54.23393	23.75882	B
44	342	AB342	178.9296	54.23397	23.75887	H
45	373	AB373	181.4136	54.23386	23.75806	B
46	390	AB390	165.2958	54.23359	23.75804	B
47	397	AH397	168.4641	54.23359	23.75835	B
48	428	AH428	188.7729	54.23301	23.7579	B
49	430	AB430	187.5765	54.23301	23.75785	B
50	464	AH464	186.3407	54.23301	23.75767	B
51	478	AB478	186.9985	54.23312	23.75758	B
52	479	AH479	189.8265	54.23314	23.75758	B
53	501	AH501	190.798	54.23335	23.75757	B
54	502	AH502	188.939	54.23338	23.7576	B
55	503	AH503	186.9429	54.23344	23.75758	B
56	550	AH550	199.7767	54.23385	23.75789	B
57	569	AB569	184.3401	54.23401	23.75768	B
58	572	AP572	198.4293	54.23427	23.75827	P
59	579	AH579	186.4385	54.2341	23.75779	B
60	581	AH581	187.5809	54.23407	23.7577	B
61	589	AP589	185.1258	54.23409	23.75708	H
62	612	AP612	195.6061	54.23292	23.75678	P
63	648	AP648	184.2521	54.23324	23.75673	B
64	650	AH650	183.7132	54.23322	23.75683	B
65	651	AB651	184.8047	54.23321	23.75683	B
66	671	AP671	183.1558	54.23336	23.7571	B
67	683	AH683	185.7604	54.23349	23.75707	B
68	696	AB696	180.6247	54.23363	23.75654	B
69	697	AH697	180.0922	54.23361	23.75647	B
70	705	AH705	183.8014	54.23389	23.75658	B
71	709	AB709	185.0867	54.23387	23.75649	B
72	711	AP711	183.7509	54.23392	23.75648	H
73	722	AH722	186.1444	54.23415	23.75685	B
74	745	AP745	182.5443	54.23405	23.75688	H
75	762	AH762	183.9056	54.23373	23.75678	B
76	766	AB766	190.6835	54.23364	23.75679	B
77	771	AP771	186.3005	54.2335	23.75701	P
78	774	AB774	186.6024	54.2335	23.757	B
79	775	AP775	185.7633	54.23361	23.75702	P
80	776	AP776	182.8285	54.23369	23.75695	P
81	783	AB783	186.4347	54.23381	23.75703	B
82	785	AP785	188.6074	54.23383	23.75699	P
83	795	AP795	185.6744	54.2338	23.75738	P
84	796	AH796	206.5867	54.23383	23.75745	B

Eil. nr.	Medžio Nr.	Žyma etiketėje	Aukštis	Platuma	Ilguma	Nustatyta rūšis pagal DNR P-paprastasis ąžuolas, B - beketis ąžuolas, H - ąžuolas, turintis hibridinių požymių
85	797	AB797	203.4814	54.2338	23.75741	B
86	804	AP804	181.2516	54.23333	23.75652	P
87	806	AH806	196.402	54.2334	23.75651	B
88	808	AB808	187.6227	54.23342	23.75652	B
89	866	AB866	186.9748	54.23355	23.75629	B
90	867	AH867	183.4934	54.23355	23.75619	B
91	868	AP868	180.588	54.23353	23.75617	B
92	897	AP897	174.5449	54.2336	23.75598	P
93	899	AB899	186.077	54.23364	23.75603	B
94	921	AB921	188.7144	54.23389	23.75608	B
95	922	AH922	188.2674	54.23386	23.75608	B
96	930	AP930	185.3176	54.23373	23.75586	P
97	931	AB931	184.9504	54.23373	23.75589	B
98	934	AH934	189.8951	54.23369	23.75576	B
99	949	AP949	171.3543	54.23353	23.75533	P
100	952	AH952	176.0654	54.2335	23.75531	B
101	955	AB951	179.0116	54.23356	23.75532	P
102	958	AP958	172.0751	54.23339	23.75475	P
103	990	AP990	184.6941	54.23409	23.75644	P
104	992	AB992	186.8728	54.23401	23.7564	B
105	995	AB995	181.4672	54.23401	23.75626	B
106	1019	AP1019		54.23445	23.75458	P
107	1025	AH1025	181.5173	54.23458	23.75495	P
108	1034	AP1034	182.0481	54.23441	23.75493	P
109	1043	AB1043	185.5308	54.23432	23.755	B
110	1044	AP1044	185.6252	54.23433	23.75497	B
111	1069	AP1069	178.4892	54.234	23.75477	P
112	1070	AH1070	169.9193	54.23401	23.75483	H
113	1071	AB1071	175.1321	54.23407	23.75486	B
114	1078	AP1078	181.6301	54.23412	23.75521	P
115	1082	AH1082	185.9346	54.2341	23.7552	B
116	1093	AP1093	179.7751	54.23399	23.75507	P
117	1144	AH1144	186.7043	54.23426	23.75577	B
118	1157	AB1157	181.4347	54.23424	23.75628	B
119	1163	AP1163	186.621	54.23427	23.75626	H
120	1166	AH1166	180.8237	54.23429	23.75623	H
121	1176	AP1176	186.2219	54.23429	23.75574	H
122	1184	AB1184	180.1154	54.23431	23.75573	B
123	1200	AB1200	187.7229	54.23414	23.75521	B
124	1229	AH1229	184.7209	54.23444	23.75542	B
125	1230	AB1230	183.6238	54.23444	23.75545	B
126	1271	AH1271	185.5688	54.23461	23.75646	B

Eil. nr.	Medžio Nr.	Žyma etiketėje	Aukštis	Platuma	Ilguma	Nustatyta rūšis pagal DNR P-paprastasis ąžuolas, B - bekotis ąžuolas, H - ąžuolas, turintis hibridinių požymių
127	1272	AB1272	181.0284	54.23459	23.75644	B
128	1273	AP1273	187.2739	54.23457	23.75647	P
129	1297	AH1297	196.4524	54.23435	23.75747	B
130	1301	AB1301	177.235	54.23438	23.75724	B
131	1366	AP1366	194.3725	54.23506	23.75594	B
132	1390	AP1390	190.2596	54.23489	23.75593	P
133	1395	AB1395	186.4189	54.23495	23.75582	B
134	1397	AB1397	183.9969	54.23518	23.75583	B
135	1399	AP1399	186.7145	54.23529	23.75594	H
136	1406	AH1406	187.0297	54.23514	23.75574	B
137	1407	AP1407	187.2997	54.23507	23.75572	H
138	1412	AH1412	192.5163	54.23493	23.75588	B
139	1426	AP1426	193.1033	54.23476	23.75577	P
140	1434	AP1434	185.3626	54.23449	23.75544	P
141	1441	AP1441	187.2538	54.23469	23.75549	P
142	1442	AB1442	187.1301	54.23473	23.75545	B
143	1443	AH1443	186.323	54.23474	23.75545	B
144	1445	AH1445	181.7942	54.23484	23.75529	B
145	1446	AP1446	180.7306	54.23496	23.75548	P
146	1447	AB1447	184.4526	54.23492	23.75532	B
147	1448	AP1448	184.9485	54.2349	23.7553	P
148	1452	AP1452	176.1995	54.23479	23.75508	H
149	1457	AB1457	188.0619	54.23465	23.75488	B
150	1460	AP1460	182.8714	54.2346	23.75494	B

- Bandomieji želdiniai yra skirti išbandyti kilmes/populiacijas kilusias iš skirtingų vietų, todėl tai ir yra bandomieji želdiniai. Jų tikslas yra įvertinti skirtingų kilmių/populiacijų tinkamumą tam tikroms Lietuvos dirvožemio bei klimato sąlygoms, vertinant jų išlikimą, augimą, atsparumą ligoms, kenkėjams ir nepalankioms aplinkos sąlygoms. Bandomieji želdiniai su augalais kilusiais iš Lenkijos, taip pat suteiktų daugiau informacijos apie bekočio ąžuolo miško dauginamosios medžiagos kokybę ir panaudojimo galimybes Lietuvoje. Todėl medžiaga tokiems želdiniams turėtų būti kilusi iš skirtingų Lenkijos regionų, nenaudojant medžiagos iš pietinės-kalnų Lenkijos;
- Remiantis bandomųjų želdinių rezultatais, galima rekomenduoti dalį geriausiai įvertintos medžiagos (individus su aukščiausiu selekcinio indeksu) panaudoti sėklinės plantacijos įveisimui. Atrenkant būtina atsižvelgti ne tik į produktyvumą, bet ir į medienos kokybę, sveikatingumą, fenologines savybes bei genetinės įvairovės užtikrinimą.
- Dalis bandomųjų želdinių medžiagos galėtų pasitarnauti veisiant miško sėklinę plantaciją ir taip padidinti bekočio ąžuolo genetinę įvairovę Lietuvoje.



**4.1.1 pav.** DNR tyrimais nustatytų brandžių ąžuolų schema. Trako miškas, Bekočio ąžuolo genetinis medynas. Paprastas ąžuolas – raudoni apskritimai, hibridai – žali, bekotis ąžuolas – mėlyni.

### 4.3 Bekočio ąžuolo plėtros galimybės Trako miške

Atkuriant ir plečiant bekočio ąžuolo populiaciją tikslinga mišrinti su šviesamėgėmis rūšimis. Mišrūs medynai paprastai yra produktyvesni ir atsparesni klimato ir ligų rizikai, atlieka palydovinę funkciją, bet augimo metu būtina priežiūra, kai medžius, tapusius konkurencingais ąžuolams reikia šalinti (Pretzsch ir kt. 2020). Rekomenduojama mišrinti bekotį ąžuolą su beržu, liepa, pušimi, maumedžiu. Paprastosios pušies priemaiša skatina ąžuolo žėlinių augimą (Borderieux ir kt. 2021). Mišrinant su beržais, kai jie perauga ąžuolus, beržus būtina retinti, kad nepakenktų ąžuolų stiebo tiesumui (Rock 2004). A. Gradeckas rašo, kad paprastojo ąžuolo mišrinimas su egle padeda vystyti ąžuolo šaknų sistemai (Gradeckas 1997). Norint užtikrinti tvarų bekočio ąžuolo medyną galimas toks rūšinės sudėties variantas: Bekotis ąžuolas 60-70% (pagal skerspjūvio plotą ar stiebų skaičių brandos metu), paprastoji pušis/paprastoji eglė 10-20%, beržai/liepos 10-20% su vietomis grupėmis augančiais krūmais ąžuolų jaunuolyno apsaugai nuo skabymo.

Įveisiant želdinius rekomenduojama naudoti nevienodo dydžio sodmenis. Visais sodinimo atvejais palydovinių rūšių sodmenys neturi būti didesni už ąžuolo sodmenis (Gradeckas 1997)

Didžiausias kiekis paprastojo ąžuolo savaiminukų išlieka medyno properšose/retmėse, kai šermukšnio, lazdyno, ievos trako glaudumas 0,5, apšvietimas – 41-50% ir miško žolinė dangą 20-60%. Kitas variantas – medyno glaudumas 0,5-0,7, be trako, apšvietimas 50-61%, žolinė dangą užima 20-60%, suvelenėjimą sukeliančių žolių iki 20% (Karazija ir kt. 1997). Bekotis ąžuolas pakelia daugiau šešėlio nei paprastasis ąžuolas, kai jaunuolynas apie 5 cm skersmens krūtinės aukštyje, jiems dar tinka pusiau pritemdyta aplinka, tačiau po šio tarpsnio būtinas šviesos padidinimas iš viršaus. Bekočių ąžuolų atsodinimas gali išlikti/išgyventi šešėlinguose miško pomiškiuose esant maždaug 15% atviro lauko sąlygų apšvietimo lygiui, o nuolatiniam aukščio augimui būtinas didesnis nei 20% apšvietimas (Nicolescu ir kt. 2025). Bekotis ąžuolas gali natūraliai atželti po senų medynų dangą, taikant properšų kirtimų sistemas: vientisus (grynuose medynuose), grupinius ir neregularius properšų kirtimus. Procesas prasideda sėkliniu kirtimu po „derlingų metų“ arba, dar geriau, kai po dangą jau įsitvirtinusi nauja karta. Sėklinio kirtimo intensyvumas: apie (30) 40–50% pagal medžių skaičių, arba 30–40%, arba net iki 50% pagal augančių medžių apskaitą (priklausomai nuo šaltinio). Miško aikštėse rekomenduojama sodinti 6000 vnt./ha arba mišrinant su palydovinėmis rūšimis grupėmis, lizdais ar eilėmis (Gradeckas 1997; Malinauskas 2017; Sessile oak (SOK)).

Jaunuolynus rekomenduojama ugdyti, kai ąžuolai pasiekia 10 m aukštį ir bazinis plotas siekia 20-30 m<sup>2</sup>/ha. Retinimų ciklas turėtų vykti kas 5-10 metų iki bus pasiektas maksimalus vidutinis metinis tūrio prieaugis ir po to kas 10-15 metų (Kerr ir Evans 1993), pusiau brandžiame amžiuje rekomenduojama palikti 200-400 vnt/ha, o brandžiame amžiuje palikti 60-100 vnt/ha ąžuolų.

Bekočio ąžuolo medynas auga Trako gamtiniame rezervate. Pagal Saugomų teritorijų įstatymą, gamtiniuose rezervatuose draudžiama ūkinė veikla, įskaitant kirtimus ir miško aikščių ar grupinių properšų formavimą. Todėl pagrindinės atkūrimo priemonės Trako miško bekočio ąžuolo genetiniame medyne yra ribotos (4.1 skyrius). Siekiant užtikrinti bekočio ąžuolo populiacijos išlikimą ir atsinaujinimą reikalinga plėtra už rezervato ribų, kur leidžiama taikyti ūkines priemones. Pagal EUFORGEN rekomendacijas, genetinių išteklių apsaugai būtina turėti ≥500 reprodukuojančių medžių. Taip pat, jei objektas buvo įkurtas siekiant išsaugoti specifinius adaptacinius ar kitus požymius ribinėse arba išsklaidytose medžių populiacijose, medyne turi būti ne mažiau kaip 50 sėklinių medžių. Natūralus atsinaujinimas rezervate ribotas: konkurenciją laimi šešėlį pakenčiančios rūšys. Kadangi rezervato teritorijoje nėra galimybių skatinti atsikūrimą, esamas medynas sensta, mažėja efektyvus populiacijos dydis (Ne). Plečiant medyną gretimuose kvartaluose užtikrinamas genų srautas tarp esamo medyno ir naujų plotų. Taip pat yra išlaikomas ekologinis vientisumas (bendras miško masyvas, panašios augavietės).

Trako botaniniame-zoologiniame draustinyje saugoma unikali bekočių ąžuolų bendrija, kalvoto pietvakarių Lietuvos reljefo miškų ir pelkių augalija – liepynų, skroblynų, pušynų, eglynų ir juodalksnyų, tarpinio tipo pelkių žolinių augalų bendrijos, retų ir nykstančių augalų augavietės ir retųjų paukščių perimvietės. Pagal saugomų teritorijų reglamentą šioje teritorijoje leidžiama vykdyti planavimo dokumentuose numatytas gamtinių ekosistemų atkūrimo ir formavimo priemones, kirsti krūmus, šienauti ir ganyti pievose arba pelkėse, siekiant išsaugoti retas augalų, grybų ir gyvūnų rūšis ir bendrijas. Bekočių ąžuolų bendrija ir jos palaikymo priemonės yra prioritetinės šiame draustinyje, jau neminint genetinio draustinio. Visame Trako miške plinta skroblas ir paprastasis klevas. ąžuolo atsikūrimas praktiškai nevyksta. Dėl to numatyta bekočio ąžuolo plėtra už genetinio draustinio ribų. Pačiame draustinyje taip pat turėtų būti panaudotos visos priemonės skatinančios ąžuolyno atsikūrimą. Tai, kad becotis ir paprastasis ąžuolas sutinkamas ir už draustinio ribų, yra privalumas plečiant bekočio ąžuolo medyną. Abi rūšys laikui bėgant įsitvirtina joms palankesnėse ekologinėse nišose. Bekotis ąžuolas labiau toleruoja šviesos stoką, mažiau derlingą dirvožemį ir didesnį rūgštingumą. Paprastasis ąžuolas neturėtų būti vertinamas kaip grėsmė bekočio ąžuolo atsikūrimui ar kaip didinanti hibridizacijos laipsnį rūšis. Abi ąžuolų rūšys natūraliai formuoja tvarias ąžuolo bendrijas ir turėtų būti palaikomos visomis priemonėmis. Esama paprastojo ąžuolo priemaiša naudinga ąžuolų adaptacijai bei genetinės įvairovės rodikliams. Pirmojo ardo bekočio ąžuolo medžių išlikimui genetiniame medyne paprastasis ąžuolas netrukdo. Plečiant ir atkuriant bekočio ąžuolo populiaciją rekomenduojama šalinti konkuruojančią augmeniją (Jensen ir kt. 2009).

Annighöfer ir kt. (2015) teigia, kad atkuriant ąžuolą ankstyvoje stadijoje svarbu ąžuolų skaičius pirmame arde, o tolesniuose etapuose – šviesos ištekliai. Nedidelė paprastojo ąžuolo priemaiša ir vykstantys hibridizacijos procesai yra natūralūs ir nekenkia bekočio ąžuolo rūšies grynymui (Curtu ir kt. 2007). Tai naudinga ąžuolų adaptacijai ir genetinės įvairovės rodikliams. Kadangi Lietuvoje augantis ir plačiai paplitęs paprastasis ąžuolas, tai jo šalinti iš draustinio nėra tikslinga, nes jis sudaro tik mažą dalį visų ąžuolų, o hibridizacija yra nedidelė. Bekočio ąžuolo plėtra siūloma tuose kvartaluose kur augavietės, reljefas bei esama rūšinė medynų sudėtis yra tinkamiausios tam. Dėl eglynų džiūties formuojasi miško aikštės, kurios greitai užpildomos skroblo ar klevo pomiškiu, nepaliekant jokios galimybės atsikurti ąžuolynui.

Europos miškų genetinių išteklių programa (EUFORGEN) pateikia daugiau kriterijų, kurių rekomenduoja laikytis steigiant miško medžių genetinių išteklių apsaugos objektus “Pan-European minimum requirements for genetic conservation units of forest trees.” (Koskela et al. 2013). Vienas iš kriterijų/rekomendacija genetinių išteklių atrankai, steigimui ir apsaugai yra populiacijos dydis (Koskela et al. 2013). EUFORGEN rekomendacija genetinių išteklių apsaugai (Koskela et al. 2013):

“Minimalus populiacijos dydis priklauso nuo išsaugojimo tikslo, todėl išskiriami trys atvejai:

**1 atvejis:** jei genetinio draustinio tikslas yra išlaikyti plačiai paplitusių ir medynus formuojančių spygliuočių arba plačialapių rūšių genetinę įvairovę, draustinyje turėtų būti  $\geq 500$  reprodukuojančių medžių.

**2 atvejis:** jei genetinis draustinis buvo įkurtas siekiant išsaugoti specifinius adaptacinius ar kitus požymius arealo paplitimo pakraščiuose esančias arba išsklaidytas medžių populiacijas, tuomet draustinyje turėtų būti ne mažiau kaip 50 reprodukuojančių medžių, jei rūšis yra dvinamė (turinti lytinį dimorfizmą), tuomet atrinktą populiaciją turėtų sudaryti 50 sėklinių (sėklas brandinančių) medžių.

**3 atvejis:** jei genetinio draustinio tikslas – išsaugoti likusias retų arba nykstančių medžių rūšių populiacijas, jame turi būti ne mažiau kaip 15 negiminingų, reprodukuojančių medžių.”

O kai kurie mokslininkai nurodo, kad „ $\geq 500$  taisyklė“ yra nepakankama siekiant ilgalaikių populiacijos išsaugojimo tikslų, kurie užtikrintų evoliucinį rūšies potencialą ir išlikimą, todėl rekomenduoja, kad būtų saugomos populiacijos, sudarytos bent iš 5000 individų (Traill ir kt. 2007; Koskela ir kt. 2013).  $\geq 500$  reprodukuojančių individų yra medynus formuojančioms, plačiai paplitusioms medžių rūšims, tačiau Lietuvos bekočio ąžuolo Trako miške atveju genetinis draustinis galėtų būti steigiamas jei jame būtų  $\geq 50$  reprodukuojančių medžių. Nes šiuo atveju atitinka **2 atvejį**, kur bekočio ąžuolo populiacija Lietuvoje yra bekočio ąžuolo paplitimo arealo pakraštyje.

Kai kalbama apie 5000 individų, tai nėra nurodoma, kad jie turi būti reprodukuojantys, tai čia yra tiesiog populiacijos dydis apimantis visus individus.

\*\*\*

Botaninis draustinis užima 230 kv. 3-6, 10-14, 17-21, 23-26, 28 sklypus, 231 kv. 12, 24, 25 sklypus, 232 kv. 6-8, 22, 23 sklypai. Iš šių sklypų genetiniam bekočio ąžuolo draustiniui priklauso: 230 kv. 17-18 sklypai.

Bekotį ąžuolą Trako miške rekomenduojame plėsti beveik visoje jo teritorijoje. Pirmiausia siūlome vykdyti plėtrą 232 kvartalo 9, 24, 25, 38, 39, 51, 52, 60, 61, 62, 63, 341 sklypuose ir visame 233 kvartale (aktuali miškotvarka). Rengiant bekočio ąžuolo plėtros planą reikia atsižvelgti į:

1. Miško reljefą. Siūlomos aukštesnės reljefo vietos, kurios yra mažiau palankios paprastajam ąžuolui (3.3.3 (b) paveikslas).

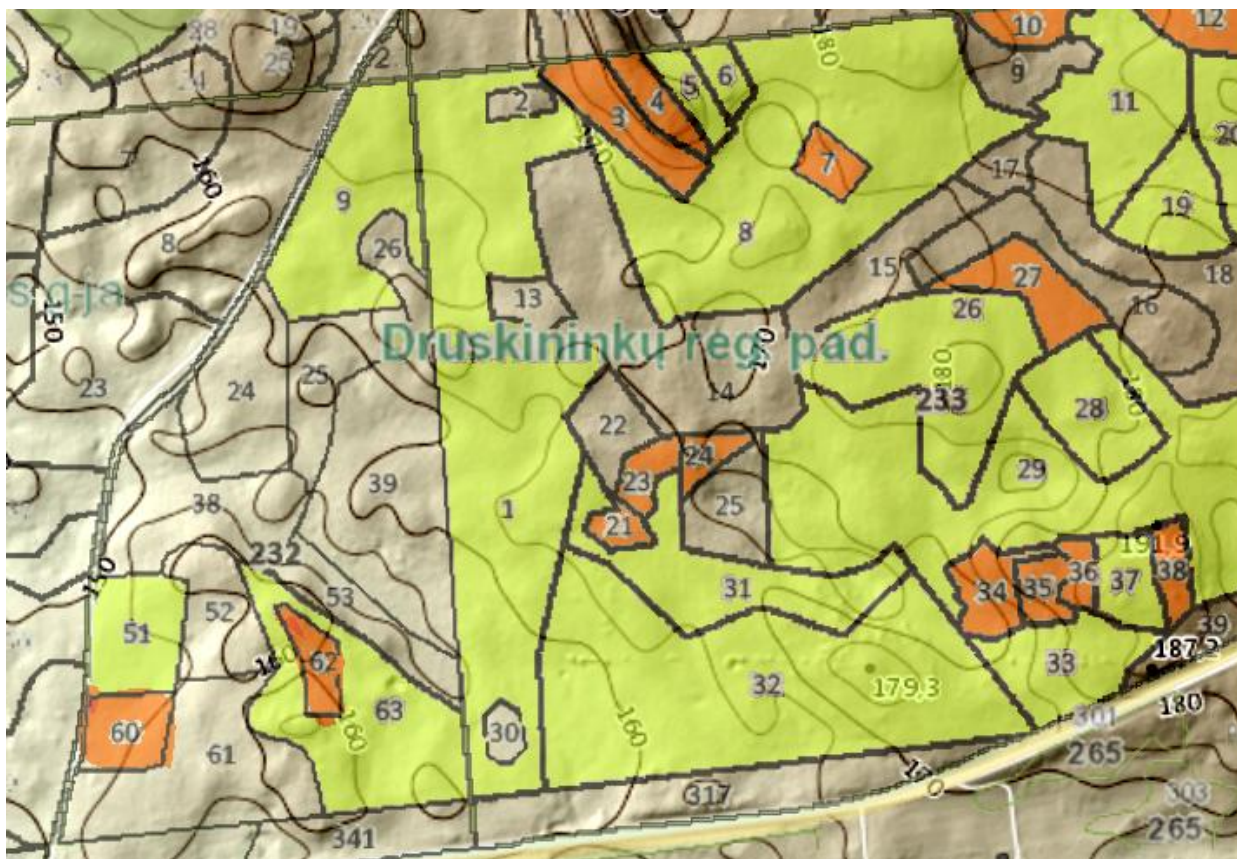
2. Sklype vyraujančią rūšį. Atsisakyta sklypų, kur neseniai pasodintos eglės, taip pat, kur vyrauja skrobilai. Taip pat rekomenduojama sodinti eglynuose, vietose kur eglės žūva.

3. Skalsumo rodiklius. Pirmenybė teikiama sklypams, kurių skalsumo rodiklis mažesnis. Pušynuose skalsumas turėtų būti 0,4-0,6, drebulynuose 0,4-0,5, beržynuose 0,5-0,6, eglynuose 0,3-0,4. Dauguma iš rekomenduojamų sklypų tinkami dėl eglynų nykimo. Skalsumą galima reguliuoti kertant mažiau vertingas medžių rūšis. Reikalingas ir trako glaudumo reguliavimas. *Q. petraea* daigai gali išsilaikyti 2–6 metus po laja, bet be apšvietimo degraduoja, todėl per 6–8 metus nuo sudygimo reikalingas šviesinimas iki  $\geq 30\%$  apšvietimo ( $\approx 0,4-0,6$  skalsumas), o toliau – etapas šviesinimas ir ugdymas atitinkamai kaip ir paprastajam ąžuolui (Kanjevac ir kt. 2021).

Atsikūrimo ar įveisimo sėkmę didele dalimi lemia pakankamai didelis pradinis ąžuolų sodinukų tankumas didesniuose plotuose ir periodiškai konkuruojančių sumedėjusių augalų stebėsenos ir kontrolės užtikrinimas (Kuehne ir kt. 2020). Remiantis ilgamete miškininkų praktikų patirtimi sudaryta ar pasodinti ąžuolo medeliai po pirmo ardo medžiais, atsižvelgiant ir į tai, kad pomiškio ir trako stelbimą galima reguliuoti ugdymo kirtimais, išlieka tik kelis metus, vėliau dėl pirmo ardo medžių stelbimo žūva. ąžuolo kaip šviesamėgės ir labai jautrios stelbimui rūšies želdiniai ar žėliniai sėkmingai gali išlikti ir būti perversiti į jaunuolyną ne mažesnėse 0,5 ha aikštėse, todėl siekiant suformuoti įvairiamžę struktūrą būtini specialieji kirtimai atitinkamai kertant pirmojo ardo medžius.

Bekočio ąžuolo plėtros eiliškumas (4.2.1 pav., 4.2.1 lentelė):

1. Sklypai tinkamo skalsumo, kur nereikalingos papildomos ūkinės priemonės: 232 kvartalas 60 (E), 62 (A); 233 kvartalas 3 (P), 4 (E), 7 (aikštė), 10 (E), 12 (A), 21 (žuvęs medynas), 23 (aikštė), 24 (žuvęs medynas), 27 (A), 34 (žuvęs medynas), 35 (kirtavietė), 36 (aikštė), 38 (A).
2. Džiūstantys eglynai
3. Sklypai didesnio skalsumo, kuriuose reikalingos papildomos ūkinės priemonės.



232 ir 233 kvartalai

**4.2.1 pav.** Trako miško kvartalai, kuriuose rekomenduojama plėsti bekočio ąžuolo: oranžine spalva pažymėti sklypai, kuriuose pirmiausia rekomenduojama bekočio ąžuolo plėtra, žalsvai pažymėti sklypai, kuriuose vyrauja eglė. Tamsiai rudos – reljefo linijos.

4.2.1 lentelė. Bekočio ąžuolo plėtros planas pagal sklypus (2021-2022 metų miškotvarkos duomenys)

Sklypo nr.	Amžius	Aukštis	Bonitetas	Augavietės tipas	Miško tipas	Skersmuo 04	Skalsumas	Vyraujanti rūšis	Kilmė	Brandumo grupė	Koeficientas	Pastabos
<b>232 kvartalas</b>												
9	120	32	1	Ncp	ox	38	7	E		5	3	
24	120	33	1A	Ncp	ox	38	8	P		3	7	
25	110	29	1	Ncp	ox	40	7	A		3	6	
38	110	29	1	Ndp	hox	34	6	A		3	6	
39	110	29	1	Ncp	ox	40	7	A		3	6	
51	50	21	2	Ncp	ox	24	7	E	K	3	10	
52	120	34	1A	Ncp	ox	46	8	P		3	7	
60	50	23	1	Ncp	ox	24	4	E		3	5	
61	115	33	1A	Ncp	ox	36	7	P		3	9	
62	90	29	1A	Ndp	hox	34	4	A		3	8	
63	120	33	1	Ncp	ox	42	7	E		5	6	
341												
<b>233 kvartalas</b>												
1	110	32	1	Ncs	ox	40	6	E	S	3	4	Yra BA pom., Sb
3	120	31	1	1cp	ox	40	6	P	S	3	7	
4	110	31	2	2cp	ox	36	5	E	S	3	5	
5	70	27	1	Ncp	ox	28	8	E	K	3	10	?
6	110	31	2	Ncp	ox	40	8	E	S	3	8	
7												UP230 Aikštė
8	110	31	2	Ncp	ox	36	6	E	S	3	4	Yra retesnių vietų
10	110	31	2	Ncl	ox	40	4	E	S	3	5	
11	70	28	1	Ncp	ox	34	8	E	K	3	9	
12	110	32	1A	Ncp	ox	40	6	A	S	3	5	
14	140	28	2	Ncp	ox	46	7	A	S	3	7	Kertinė miško buveinė
15	140	28	2	Ncp	ox	48	7	A	S	3	5	Yra Sb 2 a ir pom.
18	130	28	2	Ncp	ox	48	7	A	S	3	7	
19	70	29	1	Ncp	ox	32	7	E	K	3	7	
20	110	31	2	Ncp	ox	38	7	E	K	3	8	
21				Ncp								UP230 žuvęs medynas
22	140	29	1	Ncp	ox	44	5	A	S	3	8	
23				Ncp								AIKŠTĖ UP230
24				Ncp								UP230 žuvęs medynas
26	110	32	1	Ncp	ox	38	7	E	S	3	5	Džiūsta E (mūsų duom.)
27	140	28	2	Ncp	ox	44	6	A	S			
28	26	15	1A	Ncp	ox	14	8	E	K	1	9	UP130 (neprojektuojamos)
29	110	32	1	Ncp	ox	38	8	E	S	3	8	E džiūsta (mūsų duom.)
31	110	31	2	Ncp	ox	38	6	E	S	3	5	
32	110	31	2	Ncp	ox	38	7	E	S	3	6	
33	110	31	2	Ncp	ox	38	7	E	S	3	8	
34	0	0		Ncp		0	0					Up230(žėlimas) Žuvęs medynas
35	0	0		Ncp		0	0					Up230 Kirtavietė
36	0	0		Ncp		0	0					Up230 Aikštė

Sklypo nr.	Amžius	Aukštis	Bonitetas	Augavietės tipas	Miško tipas	Skersmuo 04	Skalsumas	Vyraujanti rūšis	Kilmė	Brandumo grupė	Koeficientas	Pastabos
37	17	8	1A	Ncp	ox	10	6	E	K	1	7	
38	80	28	1A	Ncp	ox	34	5	A	S	3	5	
39	70	29	1A	Ncs	ox	36	7	D	S	3	4	
322	106	31.01	2	Ncp	ox	38	9	E	S	3	6	
324	111	30.85	2	Ncs	ox	38	9	E	S	5	6	
325	86	30.81	1A	Ncp	ox	33	9	P	S	3	10	
326	71	27.7	1A	Ncp	ox	34	8	D	S	5	5	

#### 4.4 Bekočio ąžuolo plėtros galimybės kituose Lietuvos rajonuose

Atsižvelgiant į bekočio ąžuolo bioekologines savybes tinkamiausios vietos jo plėtrai būtų Vakarų ir Pietų Lietuva: a) Pajūrio žemuma – vyrauja derlingi, gerai drenuoti dirvožemiai, klimatas švelnus; b) Žemaičių aukštuma – derlingi priemolio dirvožemiai, silpnai rūgštūs; c) Dzūkijos aukštumos – vietovėse su priemolio dirvožemiais; d) Suvalkija – vyrauja derlingi molio ir priemolio dirvožemiai; e) Vidurio Lietuvoje – aukštesnėse reljefo vietose ties Kėdainiais ir Jonava.

## 5 Išvados

1. Genetiniame bekočio ąžuolo draustinyje bekočių ąžuolų ir jų hibridų būklė yra gana gera, o perspektyvos palankios. Gana gera sanitarinė būklė rodo genetinį potencialą ir atsparumą. Stiebo tiesumas, apikalinis dominavimas ir šakų tankumas rodo, kad dauguma medžių turi subalansuotą struktūrą, ir tai leidžia jiems prisitaikyti prie aplinkos pokyčių. Seniausi ąžuolai siekia 140-160 metų amžių. Taigi, šiame draustinyje augantys ąžuolai yra sveiki ir turi potencialą perspektyvoje, yra geros sąlygos tolesniam ąžuolų selekcijos vykdymui ir išsaugojimui.
2. Genetinio bekočio ąžuolo draustinio pomiškyje daugiausia pastebėta mažiausios aukščio grupės ąžuoliukų. 2024 metais buvo labai didelis gilių derlius. Kadangi bekočis ąžuolas yra šviesamėgė rūšis, kuriai yra reikalinga atvira erdvė arba pakankamas šviesos kiekis, kad sėjinukai įsitvirtintų ir sėkmingai augtų. Sėkmingam augimui paprastai reikia  $\geq 20$ – $30$  % šviesos, o geram priaugimui –  $\sim 30$ – $60$ %, t.y. iš esmės miško aikščių ar stambių properšų sąlygos. Bekočio ąžuolo miškų atkūrimo metu ypatingas dėmesys turi būti skiriamas konkuruojančiai augmenijai ir jos vystymosi dinamikai bei kontrolei. Pagrindiniai konkurentai yra žoliniai velenėjimą sukeliantys augalai ir medžių bei krūmų rūšys, kurios toleruoja šešėlį. Šios rūšys sudaro konkurenciją ąžuolų sėjinukams ir juos nustelbia, jei ilgą laiką šviesos sąlygos yra nepalankios. Miško aikščių formavimas padėtų išvengti šių trikdžių ir sukurtų palankias sąlygas natūraliam medyno atsikūrimui. Tai užtikrintų bekočio ąžuolo populiacijos stabilumą bei genetinės įvairovės išsaugojimą. Neskatinant atsikūrimo miško aikščių formavimu nebus užtikrinama kartų kaita, ąžuolai sens ir pamažu nyks, jų vietą užims labiau šešėlių toleruojančios rūšys. Genetinis medynas taps biologiškai ir ūkiniu požiūriu menkaverčiu, nes išliks tik pavieniai seni medžiai. Norint toje pačioje vietoje išsaugoti bekočio ąžuolo medyną, būtina taikyti tam skirtas ūkines priemones. Natūralus ąžuolo atsikūrimas, jo natūralioje aplinkoje (*in-situ*) turi būti prioritetas. Pirmenybė turi būti teikiama *in situ* išsaugojimo metodams:
  - Pirmame ir antrame arduose iškirsti skroblus, klevus. Taip pat praretinti lazdynus. Vietose, kur gausu bekočio ąžuolo žėlinių, suformuoti 0,5-1,5 ha plynas aikštes. Esant poreikiui, taikyti apsaugos priemones nuo žvėrių daromos žalos.
  - Formuojant aikšteles rekomenduojama projektuoti mažiau, bet didesnių miško aikščių, nes yra gaunamas didesnis ekologinis ir ekonominis efektas. Mažėja priežiūros kaštai (apsauga nuo žvėrių), išvengiama „pakraščio efekto“, galima efektyviau vykdyti konkurencinės augmenijos šalinimą, didesni plotai ne taip greitai užauga, išsaugomas reikiamas šviesos režimas. Taip pat aplink didesnes miško aikštes galima suprojektuoti didesnį sėklinių medžių skaičių, kad būtų užtikrinama didesnė genetinė įvairovė.
  - Medyne reiktų nuolat palaikyti visas amžiaus klases, kad vyktų nenutrūkstamas kartų ciklas ir būtų pasiektas efektyvus populiacijos dydis. Rekomenduojame remtis MDM nuostatais ir formuoti 4 skirtingo amžiaus grupių medynus (jaunuolynai, pusamžiai, bręstantys, brandūs). Apie 25% medyno turėtų sudaryti jaunuolynai.
3. Planuojant bekočio ąžuolo genetinio draustinio sėklas naudoti dauginamosios medžiagos ruošai, gilės turi būti renkamos nuo identifikuotų bekočių ąžuolų (rekomenduotume panaudoti patvirtintus DNR tyrimais medžius); sėklos turėtų būti renkamos esant vidutinio derėjimo ar gausesniam derliui ( $\geq 3$  balai pagal V. Kaper'į), kaip tai numatyta MDM nuostatuose, siekiant užtikrinti maksimalų genetinės įvairovės lygį, t. y. kuo daugiau medžių dera ir dalyvauja reprodukcijoje tuo miško dauginamosios medžiagos genetinė įvairovė tikėtina bus didesnė; sėklos turėtų būti renkamos bent nuo 50 brandžių, negiminingų medžių, kurie turėtų būti išsidėstę visame genetiniame draustinyje. Vykdamas sėklų ruošą, būtina fiksuoti kiekvieno atkūrimui ar populiacijos perkėlimui naudojamo bekočio ąžuolo numerį, kad būtų galima įvertinti genetinės įvairovės lygį.
4. Ateityje, planuojant plačiau Lietuvoje naudoti bekočio ąžuolo dauginamąją medžiagą, visų pirma yra būtina ir rekomenduojame parengti ir patvirtinti rūšies, t.y. Bekočio ąžuolo selekcijos programą. Tik turint aiškius rūšies selekcijos tikslus galima toliau planuoti selekcijos etapus, tokius kaip pirmos kartos plantacijos veisimas, bandomieji želdiniai ir kt. Veisiant miško sėklinę plantaciją iš atrinktų rinktinių medžių, rekomenduojame naudoti medžiagą su aukščiausiu selekcinio indeksu. Bandomieji želdiniai yra skirti išbandyti kilmes/populiacijas kilusias iš skirtingų vietų. Jų tikslas yra įvertinti skirtingų

kilmių/populiacijų tinkamumą tam tikroms Lietuvos dirvožemio bei klimato sąlygoms, vertinant jų išlikimą, augimą, atsparumą ligoms, kenkėjams ir nepalankioms aplinkos sąlygoms. Bandomieji želdiniai su ąžuolais atvežtais iš Lenkijos, taip pat suteiktų daugiau informacijos apie bekočio ąžuolo miško dauginamosios medžiagos kokybę ir panaudojimo galimybes Lietuvoje. Medžiaga tokiems želdiniams turėtų būti kilusi iš skirtingų Lenkijos regionų, nenaudojant medžiagos iš pietinės-kalnių Lenkijos. Dalį bandomųjų želdinių medžiagos galėtų pasitarnauti veisiant miško sėklinę plantaciją ir taip padidinti bekočio ąžuolo genetinę įvairovę Lietuvoje.

Remiantis bandomųjų želdinių rezultatais, rekomenduojame dalį geriausiai įvertintos medžiagos (individus su aukščiausiu selekcinio indeksu) panaudoti sėklinės plantacijos įveisimui. Atrenkant būtina atsižvelgti ne tik į produktyvumą, bet ir į medienos kokybę, sveikatingumą, fenologines savybes bei genetinės įvairovės užtikrinimą.

5. Kadangi bekotis ąžuolas Trako miške auga gamtiniame rezervate ir jo atkūrimo priemonės yra ribotos, siekiant užtikrinti bekočio ąžuolo populiacijos išlikimą ir atsinaujinimą reikalinga plėtra už rezervato ribų, kur leidžiama taikyti tam tikras ūkines priemones. Pagal LRV SAUGOMŲ TERITORIJŲ TIPINĮ APSAUGOS REGLAMENTĄ (LR Vyriausybės nutarimas Nr. 580 šioje teritorijoje leidžiama vykdyti planavimo dokumentuose numatytas gamtinių ekosistemų atkūrimo ir formavimo priemones, kirsti krūmus, siekiant išsaugoti retas augalų, grybų ir gyvūnų rūšis ir bendrijas. Bekočių ąžuolų bendrija ir jos palaikymo priemonės yra prioritetinės šiame draustinyje, bei genetiniame medyne. Pagal EUFORGEN rekomendacijas, genetinių išteklių apsaugai būtina turėti  $\geq 500$  reprodukuojančių medžių. Taip pat jei objektas buvo įkurtas siekiant išsaugoti specifinius adaptacinius ar kitus požymius ribinėse arba išsklaidytose medžių populiacijose, medyne turi būti ne mažiau kaip 50 sėklinių medžių. Bekotį ąžuolą Trako miške rekomenduojame plėsti beveik visoje jo teritorijoje. Pirmiausia rekomenduojame vykdyti plėtrą 232 kvartalo 9, 24, 25, 38, 39, 51, 52, 60, 61, 62, 63, 341 sklypuose ir visame 233 kvartale (šiuo metu galiojanti miškotvarka). Rengiant bekočio ąžuolo plėtros planą rekomenduojame atsižvelgti į: miško reljefą, sklype vyraujančią rūšį bei skalsumo rodiklius. Pirmenybė turi būti teikiama sklypams, kurių skalsumo rodiklis mažesnis. Pušynuose skalsumas turi būti 0,4-0,6, drebulynuose 0,4-0,5, beržynuose 0,5-0,6, eglynuose 0,3-0,4 (tose vietose, kur eglynai žūva). Kadangi ąžuolas yra šviesamėgė ir labai jautri stelbimui rūšis, būtina iškirsti skroblus ir klevus žėlinių ar želdinių auginimo vietose bei paruošti ne mažesnes nei 0,5 ha aikštes, siekiant geresnio jų išlikimo. Bekočio ąžuolo žėliniai ar želdiniai po laja gali išsilaikyti 2–6 metus, tačiau, esant nepakankamam apšvietimui, jie palaipsniui nyksta, todėl šiuo laikotarpiu būtina atlikti specialiuosius kirtimus apšvietimo sąlygoms pagerinti. Aktualios miškotvarkos metai – 2024.
6. Atsižvelgus į vertintas vyraujančių palvažemių savybes, Trako miško genetiniame draustinyje ir ne draustinio zonoje, mineraliniai dirvožemiai yra normalaus drėgnumo derlingi ir susiklojęję dvilytėse dirvodarinėse uolienose (išskiriama ir vyraujanti Ncp miško augavietė). Tačiau, jei dirvožemiuose intensyvės jaurėjimas ir dirvožemio humusinį (A) horizontą intensyviau keis pajaurėjęs (AE) humusinis horizontas, bekočio ąžuolo medyne formosis normalaus drėgnumo nederlingi ir susiklojęję dvilytėse dirvodarinėse uolienose (Nbp miško augavietė) dirvožemiai. Trako miško tyrimo atveju, didžiojoje dalyje tirtos vietovės išreikštų jaurėjimo požymių nustatyta nebuvo. Jaurėjimas intensyviau įvykęs žemesnio reljefo vietose, kur kaupiasi daugiau vandens ir organinių rūgščių. Jaurėjimą stiprina smėlingos substracijos, rūgštėjimas ir spygliuočių dominavimas; tai mažina baziųjų katijonų kiekį ir pH – prastina ąžuolo būklę bei želdinių augimą. Bekočio ąžuolo genetinis medynas tiesioginės įtakos dirvožemio jaurėjimo procesams neturėjo, priešingai, tokios rūšinės sudėties medynas veikė kaip dirvožemį saugantis veiksnys, ribojantis dirvožemio rūgštėjimą ir maisto medžiagų išsiplovimą. Todėl, yra būtina išlaikyti bekočio ąžuolo medyno rūšinę sudėtį, siekiant užtikrinti dirvožemio savybių stabilumą aukštesnio reljefo vietose. Tik keičiant medyno rūšinę sudėtį ir didinant spygliuočių dalį, tikėtina, kad dirvožemio jaurėjimo procesai intensyvės, ypač, dėl dirvožemio rūgštėjimo. Miško dirvožemių kalkinimas nėra įprasta praktika, nes kalkinimas ilgalaikio poveikio miško dirvožemiams neužtikrina. Mišrinimas su plačialapiais (įskaitant patį ąžuolą) ir spygliuočių dalies mažinimas lėtina rūgštėjimą. Kita vertus, jei didėtų dirvožemio pasotinimas bazėmis, ypač,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  ir  $\text{Ca}^{2+}$  katijonais 100

cm nuo dirvožemio paviršiaus ribose, bekočio ąžuolo medyne formuotūsi normalaus drėgnumo labai derlingi ir susiklojėję dvilytėse dirvodarinėse uolienose (Ndp miško augavietė) dirvožemiai.

7. Trako miško genetinio draustinio (03AbGD001) ąžuolų (*Q. robur*, *Q. petraea*) tyrimui buvo naudoti 17 polimorfiškų DNR mikrosatelitinių (nSSR) lokusų, kurie leido patikimai genotipuoti visų ąžuolų mėginius, viso 301 individą (151 mėginys brandžių ąžuolų ir 150 pomiškio pirmamečių ąžuoliukų). Tarp brandžių ąžuolų 29,3% - paprastieji ąžuolai, 62% - bekočiai ąžuolai, 8,7% hibridų. Tarp pirmamečių pomiškio ąžuoliukų nustatyta 22% - paprastieji ąžuolai, 65,3% - bekočiai ąžuolai, 12,7% - hibridiniai ąžuolai. Nulinių alelių dažnis buvo labai žemas (dažniausiai artimas 0), o stebėtas ir lauktinas heterozigotiškumas ( $H_o = 0,638$ ;  $H_e = 0,618$ ) išliko panašus, kas rodo aukštą genotipavimo patikimumą ir žymenų tinkamumą genetinės įvairovės, struktūros ir hibridizacijos analizėms.
8. Genetinė įvairovė tarp *Q. robur*, *Q. petraea* ir jų hibridų buvo analizuota tiek tėvų, tiek palikuonių grupėse. Skirtingų grupių aleliniai rodikliai ( $N_a$ ,  $N_e$ ,  $A_r$ ) parodė vidutiniškai aukštą genetinę įvairovę tiriamose ąžuolų grupėse, tačiau skirtumai buvo nevienodi tarp grupių dėl skirtingų imties dydžių, identifikavus rūšis ir jų hibridus. Genetinės diferenciacijos analizė (Dest) atskleidė reikšmingus genetinius skirtumus tarp *Q. petraea* ir *Q. robur* rūšių, ir jų hibridų, o DAPC ir PCA analizės patvirtino skirtumus tarp rūšių.
9. Hibridizacijos vertinimui buvo naudotos dvi statistinės analizių programos (STRUCTURE ir NewHybrids) naudojančios Bajeso metodą identifikuojant rūšis ir jų hibridus. Pagal STRUCTURE analizę identifiukuota, kad apie 8% (25 medžiai iš 301) tirtų ąžuolų buvo hibridai. Programa NewHybrids leido patikslinti STRUCTURE rezultatus ir identifiukuoti F1 – pirmos kartos hibridus, F2 – antros kartos hibridus, BA\_BX – hibridus, turinčius bekočio ąžuolo požymių po grįžtamųjų kryžminimų, PA\_BX – hibridus, turinčius paprastojo ąžuolo požymių po grįžtamųjų kryžminimų. Abu metodai daugeliu atvejų sutapo (98,3 % atitikimas), o rezultatai parodė, kad hibridizacija tarp *Q. robur* ir *Q. petraea* vyksta, tačiau jos mastas yra vidutinio lygio ir dažniausiai pasireiškia kaip sudėtingesni grįžtamojo kryžminimo variantai, o ne klasikiniai F1 hibridai.
10. Kadangi morfologinis atpažinimas apsiribojo žievės tekstūra, šakų ažūriškumu ir lapų morfologijos stebėseną per žiūronus paprastojo ąžuolo identifikacija atitiko 70%, bekočio – 92%. 82% hibridais identifiukuotų ąžuolų DNR tyrimais nustatyti kaip bekočiai, o 14% kaip paprastieji ąžuolai. Tiksliesniam morfologiniam identifiukavimui būtini šakelių, lapų bei gilių stebėjimai ir detalūs vertinimai. Sulyginus morfologinius ir DNR rezultatus galima daryti prielaidą, kad Trako Bekočio ąžuolo genetiniame medyje paprastasis ąžuolas sudaro ~15% visų ąžuolų, bekotis - ~78%, hibridai - ~7%.

## 6 Literatūros šaltiniai

- Alaoui-Sossé B, Gérard B, Binet P, Toussaint M-L, Badot P-M. 2005. Influence of flooding on growth, nitrogen availability in soil, and nitrate reduction of young oak seedlings (*Quercus robur* L.). *Ann For Sci.* 62(6):593–600. <https://doi.org/10.1051/forest:2005052>
- Alytaus miškų ūkio Miškų ūkio organizacijos plano projektas. Miškotvarka 1959 m. 267 p. 1959.
- Ammer C, Dingel C. 1997. Untersuchungen über den Einfluß starker Weichlaubholzkonzurrenz auf das Wachstum und die Qualität junger Stieleichen. *Forstw Cbl.*(116):S-346.
- Anderson EC, Thompson EA. 2002. A Model-Based Method for Identifying Species Hybrids Using Multilocus Genetic Data. *Genetics.* 160(3):1217–1229.
- Annighöfer P, Beckschäfer P, Vor T, Ammer C. 2015. Regeneration patterns of European oak species (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl., *Quercus robur* L.) in dependence of environment and neighborhood. *PLoS one.* 10(8):e0134935.
- Arend M, Brem A, Kuster TM, Günthardt-Goerg MS. 2013. Seasonal photosynthetic responses of European oaks to drought and elevated daytime temperature. *Plant Biology.* 15(s1):169–176. <https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.2012.00625.x>
- Augusto L, Ranger J, Binkley D, Rothe A. 2002. Impact of several common tree species of European temperate forests on soil fertility. *Ann For Sci.* 59(3):233–253. <https://doi.org/10.1051/forest:2002020>
- Baltrūnas V, Karmaza B, Pukelytė V, Karmazienė D. 2019. Pleistocene architecture and stratigraphy in the contact zone of ice streams and lobes in the south-eastern part of the Baltic Region. *Quaternary International.* 501:21–32. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2017.10.019>
- Baltrūnienė VP. 2014. Geologinės struktūros įtaka geomorfologinių rajonų raidai (pietų Lietuvos pavyzdžiu) / [Internet]. [accessed 2025 July 14]. <https://epublications.vu.lt/object/elaba:2119450/>
- Bergquist J, Löf Magnus, and Örlander G. 2009. Effects of roe deer browsing and site preparation on performance of planted broadleaved and conifer seedlings when using temporary fences. *Scandinavian Journal of Forest Research.* 24(4):308–317. <https://doi.org/10.1080/02827580903117420>
- Blair AC, Hufbauer RA. 2010. Hybridization and invasion: one of North America's most devastating invasive plants shows evidence for a history of interspecific hybridization. *Evolutionary Applications.* 3(1):40–51. <https://doi.org/10.1111/j.1752-4571.2009.00097.x>
- Bobiec A, Bobiec M. 2012. Wpływ masowego zamierania świerka w drzewostanach Białowieskiego Parku Narodowego na odnowienie naturalne dębu. *Sylvan.* 156(04):243–251.
- Boratynski A, Marcysiak K, Lewandowska A, Jasinska A, Iszkulo G. 2010. INTERRELATIONS AMONG CON-GENERIC AND CO-OCCURRING TREE SPECIES: ASYMMETRIC HYBRIDIZATION AND THE HIGH SUCCESS OF QUERCUS PETRAEA(MATT.) LIEBL. REGENERATION IN MIXED Q. PETRAEA/Q. ROBUR L. STANDS. *Polish Journal of Ecology.* 58(2):273–283.
- Borderieux J, Paillet Y, Dalmasso M, Mårell A, Perot T, Vallet P. 2021. The presence of shade-intolerant conifers facilitates the regeneration of *Quercus petraea* in mixed stands. *Forest Ecology and Management.* 491:119189. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119189>
- Borrass L, Kleinschmit D, Winkel G. 2017. The “German model” of integrative multifunctional forest management—Analysing the emergence and political evolution of a forest management concept. *Forest Policy and Economics.* 77:16–23. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2016.06.028>
- Bourtsoukidis E, Kawaletz H, Radacki D, Schütz S, Hakola H, Hellén H, Noe S, Mölder I, Ammer C, Bonn B. 2014. Impact of flooding and drought conditions on the emission of volatile organic compounds of *Quercus robur* and *Prunus serotina*. *Trees.* 28(1):193–204. <https://doi.org/10.1007/s00468-013-0942-5>
- Bréda N, Cochard H, Dreyer E, Granier A. 1993. Field comparison of transpiration, stomatal conductance and vulnerability to cavitation of *Quercus petraea* and *Quercus robur* under water stress. *Ann For Sci.* 50(6):571–582. <https://doi.org/10.1051/forest:19930606>
- Brewer S, Hélyalleaume C, Cheddadi R, Beaulieu J-LD, Laurent J-M, Cuziat JL. 2005. Postglacial history of Atlantic oakwoods: Context, dynamics and controlling factors. *Botanical Journal of Scotland* [Internet]. [accessed 2024 Apr 3]. <https://doi.org/10.1080/03746600508685084>

- Brunet J, Zalapa JE, Pecori F, Santini A. 2013. Hybridization and introgression between the exotic Siberian elm, *Ulmus pumila*, and the native Field elm, *U. minor*, in Italy. *Biol Invasions*. 15(12):2717–2730. <https://doi.org/10.1007/s10530-013-0486-z>
- Buivydytė V. 2002. Classification of soils of Lithuania based on FAO-Unesco soil classification system and WRB [Internet]. In: Bangkok, Thailand: Bangkok : Queen Sirikit National Convention Cent; [accessed 2025 July 9]. <https://hdl.handle.net/20.500.12259/79717>
- Burckhardt H. 1880. Säen und pflanzen nach forstlicher praxis: Handbuch der holzerziehung [Internet]. [place unknown]: C. Rümpler; [accessed 2025 June 18]. [https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=P2mFBxQsfTYC&oi=fnd&pg=PP16&dq=Burckhardt+H+\(1870\)+S%C3%A4en+und+Pflanzen&ots=juwThz0Duv&sig=589Sd2O3\\_nn6Gi\\_YhVL5ur88KLA](https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=P2mFBxQsfTYC&oi=fnd&pg=PP16&dq=Burckhardt+H+(1870)+S%C3%A4en+und+Pflanzen&ots=juwThz0Duv&sig=589Sd2O3_nn6Gi_YhVL5ur88KLA)
- Burger K, Müller M, Gailing O. 2018. Characterization of EST-SSRs for European beech (*Fagus sylvatica* L.) and their transferability to *Fagus orientalis* Lipsky, *Castanea dentata* Bork., and *Quercus rubra* L. *Silvae Genetica*. 67(1):127–132. <https://doi.org/10.2478/sg-2018-0019>
- Bütler R, Lachat T, Larrieu L, Paillet Y. 2013. 2.1 Habitat trees: key elements for forest biodiversity. Integrative approaches as an opportunity for the conservation of forest biodiversity [Internet]. [accessed 2025 June 18] 84. [https://www.researchgate.net/profile/Daniel-Kraus-17/publication/263580500\\_Integrative\\_Approaches\\_as\\_an\\_Opportunity\\_for\\_the\\_Conservation\\_of\\_Forest\\_Biodiversity/links/00b7d53c52a745cf0c000000/Integrative-Approaches-as-an-Opportunity-for-the-Conservation-of-Forest-Biodiversity.pdf#page=84](https://www.researchgate.net/profile/Daniel-Kraus-17/publication/263580500_Integrative_Approaches_as_an_Opportunity_for_the_Conservation_of_Forest_Biodiversity/links/00b7d53c52a745cf0c000000/Integrative-Approaches-as-an-Opportunity-for-the-Conservation-of-Forest-Biodiversity.pdf#page=84)
- Česnulevičius A. 2017. Lietuvos nacionalinio atlaso taikymo galimybės mokant geografijos. *Geografija ir edukacija: mokslo almanachas*. 5:115–129.
- Charles C, Khelidj N, Mottet L, Tu BN, Adatte T, Bomou B, Faria M, Monbaron L, Reubi O, de Vere N, et al. 2025. The effects of glacier retreat on plant diversity and soil development. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*. 57(1):2483455. <https://doi.org/10.1080/15230430.2025.2483455>
- Collet C, Manso R, Barbeito I. 2017. Coexistence, association and competitive ability of *Quercus petraea* and *Quercus robur* seedlings in naturally regenerated mixed stands. *Forest Ecology and Management*. 390:36–46. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.01.021>
- Curtu AL, Gailing O, Finkeldey R. 2007. Evidence for hybridization and introgression within a species-rich oak (*Quercus* spp.) community. *BMC Evol Biol*. 7(1):218. <https://doi.org/10.1186/1471-2148-7-218>
- Danielewicz W, Pawlaczyk P. 2006. Rola dębów w strukturze i funkcjonowaniu fitocenoz. *Dęby Nasze drzewa leśne*. 11:474–564.
- Dey DC, Gardiner ES, Schweitzer CJ, Kabrick JM, Jacobs DF. 2012. Underplanting to sustain future stocking of oak (*Quercus*) in temperate deciduous forests. *New Forests*. 43(5):955–978. <https://doi.org/10.1007/s11056-012-9330-z>
- Dow BD, Ashley MV, Howe HF. 1995. Characterization of highly variable (GA/CT)n microsatellites in the bur oak, *Quercus macrocarpa*. *Theoret Appl Genetics*. 91(1):137–141. <https://doi.org/10.1007/BF00220870>
- Dreyer E. 1994. Compared sensitivity of seedlings from 3 woody species (*Quercus robur* L, *Quercus rubra* L and *Fagus sylvatica* L) to water-logging and associated root hypoxia: effects on water relations and photosynthesis. In: *Annales des sciences forestières* [Internet]. Vol. 51. [place unknown]: EDP Sciences; [accessed 2025 June 18]; p. 417–428. [https://www.afs-journal.org/articles/forest/abs/1994/04/AFS\\_0003-4312\\_1994\\_51\\_4\\_ART0007/AFS\\_0003-4312\\_1994\\_51\\_4\\_ART0007.html](https://www.afs-journal.org/articles/forest/abs/1994/04/AFS_0003-4312_1994_51_4_ART0007/AFS_0003-4312_1994_51_4_ART0007.html)
- Drobyshev I, Niklasson M, Linderson H, Sonesson K, Karlsson M, Nilsson SG, Lanner J. 2008. Lifespan and mortality of old oaks—combining empirical and modelling approaches to support their management in Southern Sweden. *Annals of forest science*. 65(4):1.
- Durand J, Bodénès C, Chancerel E, Frigerio J-M, Vendramin G, Sebastiani F, Buonamici A, Gailing O, Koelewijn H-P, Villani F, et al. 2010. A fast and cost-effective approach to develop and map EST-SSR markers: oak as a case study. *BMC Genomics*. 11(1):570. <https://doi.org/10.1186/1471-2164-11-570>
- Eaton E, Caudullo G, Oliveira S, de Rigo D. 2016. *Quercus robur* and *Quercus petraea* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. In: [place unknown].

- Evanno G, Regnaut S, Goudet J. 2005. Detecting the number of clusters of individuals using the software STRUCTURE: a simulation study. *Molecular Ecology*. 14(8):2611–2620. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2005.02553.x>
- Fleder W. 1993. Zur Behandlung von jungen Traubeneichenbeständen. *Forstw Cbl*. 112(1):159–169. <https://doi.org/10.1007/BF02742145>
- Frischbier N, Nikolova PS, Brang P, Klumpp R, Aas G, Binder F. 2019. Climate change adaptation with non-native tree species in Central European forests: early tree survival in a multi-site field trial. *European Journal of Forest Research*. 138(6):1015–1032.
- von Fuchs JN. 1824. Ueber den gegenseitigen Einfluß der Chemie und Mineralogie: eine öffentliche Vorlesung zur Feyer des 65sten Stiftungs-Tages der königl. baier. Akademie der Wissenschaften in der festlichen Sitzung am 27. März 1824 [Internet]. [place unknown]: Lindauer; [accessed 2025 June 18]. [https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=TUOLqJ3JC58C&oi=fnd&pg=PA1&dq=Fuchs+J+\(1824\)+Vollst%C3%A4ndiges&ots=KxDyhVrIEk&sig=KqWsPthMkRmDgAsZmFUhenjSP1U](https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=TUOLqJ3JC58C&oi=fnd&pg=PA1&dq=Fuchs+J+(1824)+Vollst%C3%A4ndiges&ots=KxDyhVrIEk&sig=KqWsPthMkRmDgAsZmFUhenjSP1U)
- Gailing O. 2014. Strategies to Identify Adaptive Genes in Hybridizing Trees like Oaks and Poplars. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 42(2):299–309. <https://doi.org/10.15835/nbha4229739>
- Gill RMA. 1992a. A review of damage by mammals in north temperate forests: 3. Impact on trees and forests. *Forestry: An International Journal of Forest Research*. 65(4):363–388.
- Gill RMA. 1992b. A review of damage by mammals in north temperate forests. 2. Small mammals. *Forestry: An International Journal of Forest Research*. 65(3):281–308.
- Gill RMA. 1992c. A review of damage by mammals in north temperate forests: 1. Deer. *Forestry: An International Journal of Forest Research*. 65(2):145–169.
- Götmark F. 2013. Habitat management alternatives for conservation forests in the temperate zone: Review, synthesis, and implications. *Forest Ecology and Management*. 306:292–307. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.06.014>
- Goudet J. 2001. FSTAT, a program to estimate and test gene diversities and fixation indices, version 2.9. 3. <http://www2.unil.ch/popgen/softwares/fstat.htm>.
- Gradeckas A. 1997. Dirbtinis ažuolynų želdinimas. In: *Lietuvos ažuolynai*. Kaunas: Lututė; p. 234.
- Hu B, Simon J, Günthardt-Goerg MS, Arend M, Kuster TM, Rennenberg H. 2015. Changes in the Dynamics of Foliar N Metabolites in Oak Saplings by Drought and Air Warming Depend on Species and Soil Type. *PLOS ONE*. 10(5):e0126701. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0126701>
- Humphrey JW, Swaine MD. 1997. Factors Affecting the Natural Regeneration of *Quercus* in Scottish Oakwoods. I. Competition from *Pteridium Aquilinum*. *Journal of Applied Ecology*. 34(3):577–584. <https://doi.org/10.2307/2404908>
- Jensen AM, Löf M, Witzell J. 2012. Effects of competition and indirect facilitation by shrubs on *Quercus robur* saplings. *Plant Ecol*. 213(4):535–543. <https://doi.org/10.1007/s11258-012-0019-3>
- Jensen J, Larsen A, Nielsen LR, Cottrell J. 2009. Hybridization between *Quercus robur* and *Q. petraea* in a mixed oak stand in Denmark. *Ann For Sci*. 66(7):706–706. <https://doi.org/10.1051/forest/2009058>
- Jombart T. 2015. An introduction to adegenet 2.0.0. R-tutorial. London: Imperial College London, MRC Centre for Outbreak Analysis and Modelling.
- Jombart T, Collins C. 2015. A tutorial for Discriminant Analysis of Principal Components (DAPC) using adegenet 2.0.0. :43.
- Jost L. 2008.  $G_{ST}$  and its relatives do not measure differentiation. *Molecular Ecology*. 17(18):4015–4026. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2008.03887.x>
- Kampfer S, Lexer C, Glössl J, Steinkellner H. 1998. Brief report characterization of (GA) n microsatellite loci from *Quercus robur*. [Internet]. [accessed 2025 June 19]. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19991603081>
- Kamvar ZN, Tabima JF, Grünwald NJ. 2014. Poppr: an R package for genetic analysis of populations with clonal, partially clonal, and/or sexual reproduction. *PeerJ*. 2:e281. <https://doi.org/10.7717/peerj.281>
- Kanjevac B, Krstić M, Babić V, Govedar Z. 2021. Regeneration Dynamics and Development of Seedlings in Sessile Oak Forests in Relation to the Light Availability and Competing Vegetation. *Forests*. 12(4):384. <https://doi.org/10.3390/f12040384>

- Karazija S, Jurelionis J, Vaičiūnas. 1997. Savaiminis ąžuolynų atžėlimas. In: Lietuvos ąžuolynai. Kaunas: Lututė; p. 234.
- Kavoliutė F. 2012. Lietuvos gamtinis pamatas [Internet]. [accessed 2025 July 14]. [https://www.chgf.vu.lt/files/chgf\\_gi\\_gkk/chgf\\_gi\\_gkk\\_biblioteka/lietuvos\\_gamtinis\\_pamatas\\_i\\_kavoliute\\_2012.pdf](https://www.chgf.vu.lt/files/chgf_gi_gkk/chgf_gi_gkk_biblioteka/lietuvos_gamtinis_pamatas_i_kavoliute_2012.pdf)
- Kelleher CT, Musch B, Fady B. 2018. Marginal/peripheral populations of forest tree species and their conservation status: report for Atlantic region. *Annals of Silviculture Research*. 41(3):13–18. <https://doi.org/10.12899/asr-1531>
- Kerr G, Evans J. 1993. Growing broadleaves for timber. London: H.M.S.O.
- Kohler M, Pyttel P, Kuehne C, Modrow T, Bauhus J. 2020. On the knowns and unknowns of natural regeneration of silviculturally managed sessile oak (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) forests—a literature review. *Annals of Forest Science*. 77(4):101. <https://doi.org/10.1007/s13595-020-00998-2>
- Kohler M, Pyttel P, Schaubhut S, Hagge-Ellhöfft K, Bauhus J. 2015. Über Wissen und Unwissen zur natürlichen Verjüngung der Traubeneiche—Eine Literaturstudie (Knowledge and ignorance about the natural regeneration of sessile oak—a literature study). Professur für Waldbau der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Freiburg (Brsg).
- Kopelman NM, Mayzel J, Jakobsson M, Rosenberg NA, Mayrose I. 2015. Clumpak: a program for identifying clustering modes and packaging population structure inferences across K. *Molecular Ecology Resources*. 15(5):1179–1191. <https://doi.org/10.1111/1755-0998.12387>
- Koskela J, Lefèvre F, Schueler S, Kraigher H, Olrik DC, Hubert J, Longauer R, Bozzano M, Yrjänä L, Alizoti P, et al. 2013. Translating conservation genetics into management: Pan-European minimum requirements for dynamic conservation units of forest tree genetic diversity. *Biological Conservation*. 157:39–49. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.07.023>
- Kuehne C, Pyttel P, Modrow T, Kohnle U, Bauhus J. 2020. Seedling development and regeneration success after 10 years following group selection harvesting in a sessile oak (*Quercus petraea* [Mattuschka] Liebl.) stand. *Annals of Forest Science*. 77(3):71. <https://doi.org/10.1007/s13595-020-00972-y>
- Larsen DR, Metzger MA, Johnson PS. 1997. Oak regeneration and overstory density in the Missouri Ozarks. *Can J For Res*. 27(6):869–875. <https://doi.org/10.1139/x97-010>
- Lefort F, Douglas GC. 1999. An efficient micro-method of DNA isolation from mature leaves of four hardwood tree species *Acer*, *Fraxinus*, *Prunus* and *Quercus*. *Annals of Forest Science*. 56(3):259–263.
- Leibundgut H. 1978. Die Waldpflege (Silviculture). 2nd edn. Haupt, Bern.
- Lekstutytė I, Gadeikis S, Žaržojus G, Skuodis Š. 2018. Medininkų ledynmečio periodo moreninių gruntų mechaninės savybės. *Geologija Geografija* [Internet]. [accessed 2025 July 14] 4(2). <https://doi.org/10.6001/geol-geogr.v4i2.3767>
- Leonardsson J, Löf M, Götmark F. 2015. Exlosures can favour natural regeneration of oak after conservation-oriented thinning in mixed forests in Sweden: A 10-year study. *Forest Ecology and Management*. 354:1–9. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.07.004>
- Lepais O, Gerber S. 2011. REPRODUCTIVE PATTERNS SHAPE INTROGRESSION DYNAMICS AND SPECIES SUCCESSION WITHIN THE EUROPEAN WHITE OAK SPECIES COMPLEX. *Evolution*. 65(1):156–170. <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.2010.01101.x>
- Leroy T, Louvet J-M, Lalanne C, Le Provost G, Labadie K, Aury J-M, Delzon S, Plomion C, Kremer A. 2020. Adaptive introgression as a driver of local adaptation to climate in European white oaks. *New Phytologist*. 226(4):1171–1182. <https://doi.org/10.1111/nph.16095>
- Lévy G, Becker M, Duhamel D. 1992. A comparison of the ecology of pedunculate and sessile oaks: Radial growth in the centre and northwest of France. *Forest Ecology and Management*. 55(1):51–63. [https://doi.org/10.1016/0378-1127\(92\)90091-M](https://doi.org/10.1016/0378-1127(92)90091-M)
- Li Y-C, Korol AB, Fahima T, Nevo E. 2004. Microsatellites Within Genes: Structure, Function, and Evolution. *Molecular Biology and Evolution*. 21(6):991–1007. <https://doi.org/10.1093/molbev/msh073>
- Ligot G, Balandier P, Courbaud B, Jonard M, Kneeshaw D, Claessens H. 2014. Managing understory light to maintain a mixture of species with different shade tolerance. *Forest Ecology and Management*. 327:189–200. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.05.010>

- Löf M, Gemmel P, Nilsson U, Welander NT. 1998. The influence of site preparation on growth in *Quercus robur* L. seedlings in a southern Sweden clear-cut and shelterwood. *Forest Ecology and Management*. 109(1):241–249. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(98\)00254-0](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(98)00254-0)
- Loftis D, McGee CE. 1993. Oak Regeneration: Serious Problems, Practical Recommendations : Symposium Proceedings, Knoxville, Tennessee, September 8-10, 1992. [place unknown]: Southeastern Forest Experimental Station.
- von Lüpke B. 1998. Silvicultural methods of oak regeneration with special respect to shade tolerant mixed species. *Forest Ecology and Management*. 106(1):19–26. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(97\)00235-1](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(97)00235-1)
- von Lüpke B. 2008. Einfluss unterschiedlicher Hiebsformen auf die Naturverjüngung eines Traubeneichen-Buchen-Mischbestandes. *Forstarchiv*. 79:4–15.
- Malinauskas A. 2017. Ažuolų želdinimas lizdais. In: Miško želdintojo žinynas. Vilnius: LR Aplinkos ministerija; p. 268–269.
- Mažvila J, Vaičys M, Buivydaite VV. 2003. Naujaisi Lietuvos dirvožemių genetiniai tyrimai klasifikacijai tobulinti. *Žemės ūkio mokslai*.(4):19–31.
- Metzger MJ, Shkaruba AD, Jongman RHG, Bunce RGH. 2012. Descriptions of the European environmental zones and strata. *Alterra Report*. 2281:154.
- Mitchell RJ, Beaton JK, Bellamy PE, Broome A, Chetcuti J, Eaton S, Ellis CJ, Gimona A, Harmer R, Hester AJ, et al. 2014. Ash dieback in the UK: A review of the ecological and conservation implications and potential management options. *Biological Conservation*. 175:95–109. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.04.019>
- Mölder A, Meyer P, Nagel R-V. 2019. Integrative management to sustain biodiversity and ecological continuity in Central European temperate oak (*Quercus robur*, *Q. petraea*) forests: An overview. *Forest Ecology and Management*. 437:324–339. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.01.006>
- Nicolescu V-N, Vor T, Brus R, Đodan M, Perić S, Podrázský V, Andrašev S, Tsavkov E, Ayan S, Yücedağ C, et al. 2025. Management of sessile oak (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.), a major forest species in Europe. *J For Res*. 36(1):78. <https://doi.org/10.1007/s11676-025-01868-1>
- Nilsson U, Gemmel P, Löf M, Welander T. 1996. Germination and early growth of sown *Quercus robur* L. in relation to soil preparation, sowing depths and prevention against predation. *New Forest*. 12(1):69–86. <https://doi.org/10.1007/BF00029983>
- Oliveira EJ, Pádua JG, Zucchi MI, Vencovsky R, Vieira MLC. 2006. Origin, evolution and genome distribution of microsatellites. *Genetics and Molecular Biology*. 29(2):294–307. <https://doi.org/10.1590/S1415-47572006000200018>
- Ovington JD, MacRae C. 1960. The Growth of Seedlings of *Quercus Petraea*. *Journal of Ecology*. 48(3):549–555. <https://doi.org/10.2307/2257332>
- Ozolincius R, Miksys V, Stakenas V. 2005. Growth-independent mortality of Lithuanian forest tree species. *Scandinavian Journal of Forest Research*. 20(sup6):153–160. <https://doi.org/10.1080/14004080510042164>
- Parelle J, Brendel O, Jolivet Y, Dreyer E. 2007. Intra- and interspecific diversity in the response to waterlogging of two co-occurring white oak species (*Quercus robur* and *Q. petraea*). *Tree Physiology*. 27(7):1027–1034. <https://doi.org/10.1093/treephys/27.7.1027>
- Parker WC, Dey DC. 2008. Influence of overstory density on ecophysiology of red oak (*Quercus rubra*) and sugar maple (*Acer saccharum*) seedlings in central Ontario shelterwoods. *Tree Physiology*. 28(5):797–804.
- Parrott DL, Lhotka JM, Stringer JW. 2013. The Effect of Soil Scarification on *Quercus* Seedling Establishment Within Upland Stands of the Northern Cumberland Plateau. *Northern Journal of Applied Forestry*. 30(3):125–130. <https://doi.org/10.5849/njaf.13-002>
- Patalauskaitė D. 2007. Communities of *Quercus petraea* in Lithuania. *Acta Biologica Universitatis Daugavpiliensis*.(7(2)):159–164.
- Peakall R, Smouse P. 2012. GenAlix 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research-an update. *Bioinformatics*.(28):2537–2539.

- Ponton S, Dupouey J-L, Bréda N, Dreyer E. 2002. Comparison of water-use efficiency of seedlings from two sympatric oak species: genotype × environment interactions. *Tree Physiology*. 22(6):413–422. <https://doi.org/10.1093/treephys/22.6.413>
- Pretzsch H, Steckel M, Heym M, Biber P, Ammer C, Ehbrecht M, Bielak K, Bravo F, Ordóñez C, Collet C, et al. 2020. Stand growth and structure of mixed-species and monospecific stands of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and oak (*Q. robur* L., *Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) analysed along a productivity gradient through Europe. *Eur J Forest Res*. 139(3):349–367. <https://doi.org/10.1007/s10342-019-01233-y>
- Pritchard JK, Stephens M, Donnelly P. 2000. Inference of Population Structure Using Multilocus Genotype Data. *Genetics*. 155(2):945–959.
- Pyhäjärvi T, Kujala ST, Savolainen O. 2020. 275 years of forestry meets genomics in *Pinus sylvestris*. *Evolutionary Applications*. 13(1):11–30. <https://doi.org/10.1111/eva.12809>
- Reif A, Gärtner S. 2007. Die natürliche Verjüngung der laubabwerfenden Eichenarten Stieleiche (*Quercus robur* L.) und Traubeneiche (*Quercus petraea* Liebl.)—eine Literaturstudie mit besonderer Berücksichtigung der Waldweide. *Waldoekologie online*. 5:79–116.
- Rendenieks Z, Brumelis G, Nikodemus O, Elferts D. 2019. Geographic determinants of spatial patterns of *Quercus robur* forest stands in Latvia: biophysical conditions and past management. *iForest - Biogeosciences and Forestry*. 12(4):349. <https://doi.org/10.3832/ifer2979-012>
- Rock J. 2004. Spatial aspects of the influence of silver birch (*Betula pendula* L.) on growth and quality of young oaks (*Quercus* spp.) in central Germany. *Forestry*. 77(3):235–247. <https://doi.org/10.1093/forestry/77.3.235>
- Román-Sánchez A, Šamonil P. 2022. The Effect of Tree-Uprooting on the Soil Spatial Complexity in an Old-Growth Temperate Forest, Central Europe. *Forests*. 13(5):769. <https://doi.org/10.3390/f13050769>
- Saha S, Kuehne C, Kohnle U, Brang P, Ehring A, Geisel J, Leder B, Muth M, Petersen R, Peter J, et al. 2012. Growth and quality of young oaks (*Quercus robur* and *Quercus petraea*) grown in cluster plantings in central Europe: A weighted meta-analysis. *Forest Ecology and Management*. 283:106–118. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.07.021>
- Sandurska E, Ulaszewski B, Burczyk J. 2019. Genetic diversity and differentiation of coexisting populations of *Quercus robur* L. and *Q. petraea* (Matt.) Liebl. *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica* [Internet]. [accessed 2024 July 10] 61(1). <https://doi.org/10.24425/abcsb.2019.127739>
- Schmull M, Thomas FM. 2000. Morphological and physiological reactions of young deciduous trees (*Quercus robur* L., *Q. petraea* [Matt.] Liebl., *Fagus sylvatica* L.) to waterlogging. *Plant and Soil*. 225(1):227–242. <https://doi.org/10.1023/A:1026516027096>
- Selkoe KA, Toonen RJ. 2006. Microsatellites for ecologists: a practical guide to using and evaluating microsatellite markers. *Ecology Letters*. 9(5):615–629. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2006.00889.x>
- Sessile oak (SOK). *Forest Research* [Internet]. [accessed 2025 Sept 4]. <https://www.forestresearch.gov.uk/tools-and-resources/tree-species-database/131560-sessile-oak-sok/>
- Shaw MW. 1968. Factors Affecting the Natural Regeneration of Sessile Oak (*Quercus Petraea*) in North Wales: II. Acorn Losses and Germination Under Field Conditions. *Journal of Ecology*. 56(3):647–660. <https://doi.org/10.2307/2258097>
- Shaw MW. 1974. The reproductive characteristics of oak. In: *The British Oak, Its History and Natural History* (eds M.g Morris and F.h Perring). Faringdon: E.W. Classey Ltd; p. 162–181.
- Sullivan AR, Lind JF, McCleary TS, Romero-Severson J, Gailing O. 2013. Development and Characterization of Genomic and Gene-Based Microsatellite Markers in North American Red Oak Species. *Plant Mol Biol Rep*. 31(1):231–239. <https://doi.org/10.1007/s11105-012-0495-6>
- Suszka B. 1983. Rozmnażanie generatywne. *Jodła pospolita Abies alba* Mill PWN, Warszawa-Poznań.:175–265.
- Traill LW, Bradshaw CJA, Brook BW. 2007. Minimum viable population size: A meta-analysis of 30 years of published estimates. *Biological Conservation*. 139(1):159–166. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2007.06.011>

- Truffaut L, Chancerel E, Ducouso A, Dupouey JL, Badeau V, Ehrenmann F, Kremer A. 2017. Fine-scale species distribution changes in a mixed oak stand over two successive generations. *New Phytologist*. 215(1):126–139. <https://doi.org/10.1111/nph.14561>
- Tuminauskas S. 1957. Bekotis ąžuolas pietų Lietuvoje (Sessile oak in southern Lithuania). *Mūsų girios*. 5:11–13.
- Tymińska-Czabańska L, Socha J, Maj M, Cywicka D, Hoang Duong XV. 2021. Environmental Drivers and Age Trends in Site Productivity for Oak in Southern Poland. *Forests*. 12(2):209. <https://doi.org/10.3390/f12020209>
- Vähä J, Primmer CR. 2006. Efficiency of model-based Bayesian methods for detecting hybrid individuals under different hybridization scenarios and with different numbers of loci. *Molecular Ecology*. 15(1):63–72. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2005.02773.x>
- Van Oosterhout C, Hutchinson WF, Wills DPM, Shipley P. 2004. MICRO - CHECKER : software for identifying and correcting genotyping errors in microsatellite data. *Molecular Ecology Notes*. 4(3):535–538. <https://doi.org/10.1111/j.1471-8286.2004.00684.x>
- Van Ranst E, Dumon M, Tolossa AR, Cornelis J-T, Stoops G, Vandenberghe RE, Deckers J. 2011. Revisiting ferrollysis processes in the formation of Planosols for rationalizing the soils with stagnic properties in WRB. *Geoderma*. 163(3):265–274. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2011.05.002>
- Vejre H, Emborg J. 1996. Interactions between vegetation and soil in a near-natural temperate deciduous forest. *For Landscape Res*. 1(4):335–347.
- Vivin P, Aussenac G, Levy G. 1993. Differences in drought resistance among 3 deciduous oak species grown in large boxes. *Ann For Sci*. 50(3):221–233. <https://doi.org/10.1051/forest:19930301>
- Watt AS. 1919. On the Causes of Failure of Natural Regeneration in British Oakwoods. *Journal of Ecology*. 7(3/4):173–203. <https://doi.org/10.2307/2255275>
- Welander NT, Ottosson B. 1998. The influence of shading on growth and morphology in seedlings of *Quercus robur* L. and *Fagus sylvatica* L. *Forest Ecology and Management*. 107(1):117–126. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(97\)00326-5](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(97)00326-5)
- Wilbrand LW. 1893. Forstästhetik in Wissenschaft und Wirthschaft (Forest aesthetics in science and management). *Allg Forst-Jagdztg*. 69:73–80.
- Wrb IWG. 2006. World reference base for soil resources. *World soil resources reports*. 103:1–128.
- Zanetto A, Roussel G, Kremer A. 1994. Geographic variation of inter-specific differentiation between *Quercus robur* L. and *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. *Forest Genetics*. 1(2):111–123.
- Zaniewski PT, Obidziński A, Ciurzycki W, Marciszewska K. 2022. Past Disturbance–Present Diversity: How the Coexistence of Four Different Forest Communities within One Patch of a Homogeneous Geological Substrate Is Possible. *Forests*. 13(2):198. <https://doi.org/10.3390/f13020198>

## 7 Priedai

**P1 lentelė.** Brandžių ąžuolų identifikavimo naudojant programas STRUCTURE ir NewHybrids palyginimas. BA – beketis ąžuolas, PA – paprastasis ąžuolas, F1 – pirmos kartos hibridai, F2 – antros kartos hibridai, BA\_BX – hibridai, turintys grįžtamųjų kryžminimų požymių su bekočiu ąžuolu, PA\_BX – hibridai, turintys grįžtamųjų kryžminimų požymių su paprastuoju ąžuolu

Medžio Nr.	Rūšis pagal Structure		Nustatyta rūšis	Priskyrimas pagal NewHybrids						Nustatyta rūšis
	BA	PA		BA	PA	F1	F2	BA_BX	PA_BX	
AP 6	0.006	0.994	P	0.000	0.993	0.000	0.000	0.000	0.007	PA
AB 11	0.708	0.292	H	0.055	0.000	0.004	0.076	0.865	0.000	BA_BX
AP 25	0.004	0.996	P	0.000	0.998	0.000	0.000	0.000	0.002	PA
AP 30	0.004	0.996	P	0.000	0.998	0.000	0.000	0.000	0.002	PA
AH 32	0.011	0.989	P	0.000	0.971	0.000	0.000	0.000	0.028	PA
AH 33	0.968	0.032	B	0.811	0.000	0.000	0.000	0.189	0.000	BA
AB 34	0.99	0.01	B	0.986	0.000	0.000	0.000	0.014	0.000	BA
AP 42	0.004	0.996	P	0.000	0.998	0.000	0.000	0.000	0.002	PA
AH 43	0.021	0.979	P	0.000	0.946	0.000	0.002	0.000	0.052	PA
AB 49	0.994	0.006	B	0.995	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	BA
AP 68	0.008	0.992	P	0.000	0.988	0.000	0.000	0.000	0.012	PA
AB 69	0.995	0.005	B	0.997	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	BA
AB 72	0.993	0.007	B	0.989	0.000	0.000	0.000	0.011	0.000	BA
AP 87	0.015	0.985	P	0.000	0.949	0.000	0.001	0.000	0.050	PA
AH 88	0.991	0.009	B	0.987	0.000	0.000	0.000	0.013	0.000	BA
AP 99	0.005	0.995	P	0.000	0.997	0.000	0.000	0.000	0.003	PA
AH 107	0.993	0.007	B	0.993	0.000	0.000	0.000	0.007	0.000	BA
AB 108	0.986	0.014	B	0.966	0.000	0.000	0.000	0.034	0.000	BA
AH 118	0.008	0.992	P	0.000	0.968	0.000	0.000	0.000	0.031	PA
AB 119	0.989	0.011	B	0.976	0.000	0.000	0.000	0.023	0.000	BA
AP 121	0.055	0.945	P	0.000	0.324	0.005	0.009	0.000	0.662	PA_BX
AH 129	0.006	0.994	P	0.000	0.990	0.000	0.000	0.000	0.010	PA
AB 132	0.052	0.948	P	0.000	0.585	0.000	0.031	0.000	0.384	PA_BX
AH 135	0.005	0.995	P	0.000	0.996	0.000	0.000	0.000	0.004	PA
AB 142	0.99	0.01	B	0.972	0.000	0.000	0.000	0.028	0.000	BA
AH 162	0.006	0.994	P	0.000	0.990	0.000	0.000	0.000	0.010	PA
AB 164	0.99	0.01	B	0.973	0.000	0.000	0.000	0.027	0.000	BA
AH 187	0.991	0.009	B	0.986	0.000	0.000	0.000	0.014	0.000	BA
AB 206	0.993	0.007	B	0.991	0.000	0.000	0.000	0.009	0.000	BA
AH 208	0.992	0.008	B	0.990	0.000	0.000	0.000	0.010	0.000	BA
AP 212	0.01	0.99	P	0.000	0.940	0.000	0.000	0.000	0.059	PA
AB 247	0.992	0.008	B	0.987	0.000	0.000	0.000	0.013	0.000	BA
AH 260	0.993	0.007	B	0.992	0.000	0.000	0.000	0.008	0.000	BA
AB 279	0.984	0.016	B	0.923	0.000	0.000	0.000	0.077	0.000	BA
AH 280	0.996	0.004	B	0.998	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	BA
AB 281	0.993	0.007	B	0.988	0.000	0.000	0.000	0.012	0.000	BA
AH 284	0.983	0.017	B	0.949	0.000	0.000	0.000	0.050	0.000	BA

Medžio Nr.	Rūšis pagal Structure		Nustatyta rūšis	Priskyrimas pagal NewHybrids						Nustatyta rūšis
	BA	PA		BA	PA	F1	F2	BA_BX	PA_BX	
AH 294	0.98	0.02	B	0.962	0.000	0.000	0.000	0.038	0.000	BA
AB 308	0.995	0.005	B	0.997	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	BA
AP 317	0.524	0.476	H	0.000	0.000	0.009	0.434	0.507	0.050	BA_BX
AP 328	0.003	0.997	P	0.000	0.998	0.000	0.000	0.000	0.002	PA
AH 329	0.994	0.006	B	0.996	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	BA
AH 338	0.985	0.015	B	0.979	0.000	0.000	0.000	0.021	0.000	BA
AB 342	0.867	0.133	H	0.035	0.000	0.010	0.016	0.940	0.000	BA_BX
AB 373	0.992	0.008	B	0.987	0.000	0.000	0.000	0.013	0.000	BA
AB 390	0.996	0.004	B	0.998	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	BA
AH 397	0.993	0.007	B	0.991	0.000	0.000	0.000	0.009	0.000	BA
AH 428	0.994	0.006	B	0.995	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	BA
AB 430	0.996	0.004	B	0.998	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	BA
AH 464	0.994	0.006	B	0.995	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	BA
AB 478	0.996	0.004	B	0.999	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	BA
AH 479	0.993	0.007	B	0.986	0.000	0.000	0.000	0.014	0.000	BA
AH 501	0.994	0.006	B	0.995	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	BA
AH 502	0.996	0.004	B	0.996	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	BA
AH 503	0.995	0.005	B	0.997	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	BA
AH 550	0.995	0.005	B	0.997	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	BA
AB 569	0.996	0.004	B	0.999	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	BA
AP 572	0.005	0.995	P	0.000	0.997	0.000	0.000	0.000	0.003	PA
AH 579	0.995	0.005	B	0.996	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	BA
AH 581	0.995	0.005	B	0.997	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	BA
AP 589	0.811	0.189	H	0.203	0.000	0.001	0.026	0.771	0.000	BA_BX
AP 612	0.008	0.992	P	0.000	0.986	0.000	0.000	0.000	0.014	PA
AP 648	0.993	0.007	B	0.990	0.000	0.000	0.000	0.010	0.000	BA
AH 650	0.992	0.008	B	0.987	0.000	0.000	0.000	0.013	0.000	BA
AB 651	0.995	0.005	B	0.996	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	BA
AP 671	0.993	0.007	B	0.981	0.000	0.000	0.000	0.019	0.000	BA
AH 683	0.985	0.015	B	0.954	0.000	0.000	0.000	0.046	0.000	BA
AB 696	0.997	0.003	B	0.999	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	BA
AH 697	0.979	0.021	B	0.928	0.000	0.000	0.001	0.071	0.000	BA
AH 705	0.992	0.008	B	0.990	0.000	0.000	0.000	0.010	0.000	BA
AB 709	0.994	0.006	B	0.993	0.000	0.000	0.000	0.007	0.000	BA
AP 711	0.392	0.608	H	0.000	0.000	0.355	0.126	0.227	0.292	F1
AH 722	0.995	0.005	B	0.996	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	BA
AP 745	0.632	0.368	H	0.024	0.000	0.042	0.108	0.814	0.013	BA_BX
AH 762	0.996	0.004	B	0.999	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	BA
AB 766	0.979	0.021	B	0.961	0.000	0.000	0.001	0.038	0.000	BA
AP 771	0.004	0.996	P	0.000	0.999	0.000	0.000	0.000	0.001	PA
AB 774	0.986	0.014	B	0.896	0.000	0.001	0.001	0.102	0.000	BA

Medžio Nr.	Rūšis pagal Structure		Nustatyta rūšis	Priskyrimas pagal NewHybrids						Nustatyta rūšis
	BA	PA		BA	PA	F1	F2	BA_BX	PA_BX	
AP 775	0.007	0.993	P	0.000	0.994	0.000	0.000	0.000	0.006	PA
AP 776	0.01	0.99	P	0.000	0.976	0.000	0.001	0.000	0.024	PA
AB 783	0.997	0.003	B	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	BA
AP 785	0.005	0.995	P	0.000	0.994	0.000	0.000	0.000	0.006	PA
AP 795	0.006	0.994	P	0.000	0.992	0.000	0.000	0.000	0.007	PA
AH 796	0.994	0.006	B	0.993	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	BA
AB 797	0.99	0.01	B	0.976	0.000	0.000	0.000	0.024	0.000	BA
AP 804	0.01	0.99	P	0.000	0.975	0.000	0.000	0.000	0.025	PA
AH 806	0.978	0.022	B	0.862	0.000	0.000	0.001	0.137	0.000	BA
AB 808	0.996	0.004	B	0.997	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	BA
AB 866	0.995	0.005	B	0.998	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	BA
AH 867	0.995	0.005	B	0.997	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	BA
AP 868	0.995	0.005	B	0.997	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	BA
AP 897	0.026	0.974	P	0.000	0.843	0.000	0.018	0.000	0.139	PA
AB 899	0.994	0.006	B	0.993	0.000	0.000	0.000	0.007	0.000	BA
AB 921	0.989	0.011	B	0.958	0.000	0.000	0.000	0.041	0.000	BA
AH 922	0.996	0.004	B	0.996	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	BA
AP 930	0.006	0.994	P	0.000	0.994	0.000	0.000	0.000	0.005	PA
AB 931	0.989	0.011	B	0.983	0.000	0.000	0.000	0.017	0.000	BA
AH 934	0.994	0.006	B	0.994	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	BA
AP 949	0.004	0.996	P	0.000	0.999	0.000	0.000	0.000	0.001	PA
AB 951	0.008	0.992	P	0.000	0.986	0.000	0.000	0.000	0.014	PA
AH 952	0.984	0.016	B	0.948	0.000	0.000	0.000	0.051	0.000	BA
AP 958	0.004	0.996	P	0.000	0.997	0.000	0.000	0.000	0.003	PA
AP 990A	0.005	0.995	P	0.000	0.993	0.000	0.000	0.000	0.007	PA
AP 990B	0.005	0.995	P	0.000	0.993	0.000	0.000	0.000	0.007	PA
AB 992	0.996	0.004	B	0.998	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	BA
AB 995	0.995	0.005	B	0.996	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	BA
AP 1019	0.005	0.995	P	0.000	0.995	0.000	0.000	0.000	0.005	PA
AH 1025	0.007	0.993	P	0.000	0.987	0.000	0.000	0.000	0.013	PA
AP 1034	0.007	0.993	P	0.000	0.991	0.000	0.000	0.000	0.009	PA
AB 1043	0.993	0.007	B	0.988	0.000	0.000	0.000	0.012	0.000	BA
AP 1044	0.994	0.006	B	0.996	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	BA
AP 1069	0.02	0.98	P	0.000	0.813	0.000	0.006	0.000	0.180	PA
AH 1070	0.232	0.768	H	0.000	0.070	0.011	0.209	0.006	0.704	PA_BX
AB 1071	0.994	0.006	B	0.994	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	BA
AP 1078	0.025	0.975	P	0.000	0.720	0.001	0.006	0.000	0.273	PA_BX
AH 1082	0.991	0.009	B	0.987	0.000	0.000	0.000	0.013	0.000	BA
AP 1093	0.004	0.996	P	0.000	0.999	0.000	0.000	0.000	0.001	PA
AH 1144	0.996	0.004	B	0.998	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	BA
AB 1157	0.997	0.003	B	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	BA

Medžio Nr.	Rūšis pagal Structure		Nustatyta rūšis	Priskyrimas pagal NewHybrids						Nustatyta rūšis
	BA	PA		BA	PA	F1	F2	BA_BX	PA_BX	
AP 1163	0.533	0.467	H	0.001	0.000	0.330	0.061	0.566	0.042	BA_BX
AH 1166	0.605	0.395	H	0.003	0.000	0.328	0.050	0.598	0.021	BA_BX
AP 1176	0.708	0.292	H	0.002	0.000	0.008	0.061	0.928	0.000	BA_BX
AB 1184	0.993	0.007	B	0.988	0.000	0.000	0.000	0.012	0.000	BA
AB 1200	0.994	0.006	B	0.997	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	BA
AH 1229	0.994	0.006	B	0.996	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	BA
AB 1230	0.991	0.009	B	0.975	0.000	0.000	0.000	0.025	0.000	BA
AH 1271	0.993	0.007	B	0.985	0.000	0.000	0.000	0.015	0.000	BA
AB 1272	0.992	0.008	B	0.989	0.000	0.000	0.000	0.011	0.000	BA
AP 1273	0.009	0.991	P	0.000	0.977	0.000	0.000	0.000	0.022	PA
AH 1297	0.99	0.01	B	0.979	0.000	0.000	0.000	0.021	0.000	BA
AB 1301	0.994	0.006	B	0.995	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	BA
AP 1366	0.988	0.012	B	0.980	0.000	0.000	0.000	0.020	0.000	BA
AP 1390	0.007	0.993	P	0.000	0.981	0.000	0.000	0.000	0.019	PA
AB 1395	0.994	0.006	B	0.994	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	BA
AB 1397	0.996	0.004	B	0.998	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	BA
AP 1399	0.839	0.161	H	0.034	0.000	0.005	0.022	0.939	0.000	BA_BX
AH 1406	0.996	0.004	B	0.998	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	BA
AP 1407	0.28	0.72	H	0.000	0.002	0.039	0.237	0.011	0.711	PA_BX
AH 1412	0.997	0.003	B	0.999	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	BA
AP 1426	0.007	0.993	P	0.000	0.985	0.000	0.000	0.000	0.015	PA
AP 1434	0.004	0.996	P	0.000	0.998	0.000	0.000	0.000	0.002	PA
AP 1441	0.023	0.977	P	0.000	0.580	0.001	0.012	0.000	0.408	PA_BX
AB 1442	0.981	0.019	B	0.922	0.000	0.000	0.000	0.078	0.000	BA
AH 1443	0.992	0.008	B	0.986	0.000	0.000	0.000	0.014	0.000	BA
AH 1445	0.98	0.02	B	0.926	0.000	0.000	0.001	0.073	0.000	BA
AP 1446	0.005	0.995	P	0.000	0.997	0.000	0.000	0.000	0.003	PA
AB 1447	0.995	0.005	B	0.995	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	BA
AP 1448	0.023	0.977	P	0.000	0.841	0.000	0.003	0.000	0.155	PA
AP 1452	0.666	0.334	H	0.108	0.000	0.113	0.100	0.641	0.038	BA_BX
AB 1457	0.983	0.017	B	0.945	0.000	0.000	0.001	0.054	0.000	BA
AP 1460	0.993	0.007	B	0.994	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	BA

**P2 lentelė.** Pomiškio ąžuoliukų identifikavimo naudojant programas STRUCTURE ir NewHybrids palyginimas. BA – beketis ąžuolas, PA – paprastasis ąžuolas, F1 – pirmos kartos hibridai, F2 – antros kartos hibridai, BA\_BX – hibridai, turintys grįžtamųjų kryžminių požymių su bekočiu ąžuolu, PA\_BX – hibridai, turintys grįžtamųjų kryžminių požymių su paprastuoju ąžuolu

Kodas	Structure, q		Rūšis pagal Structure	NewHybrid, q						Rūšis pagal NewHybrid
	BA	PA		BA	PA	F1	F2	BA_BX	PA_BX	
B_01	0.994	0.006	B	0.995	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	B
B_02	0.988	0.012	B	0.981	0.000	0.000	0.000	0.019	0.000	B
B_03	0.994	0.006	B	0.994	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	B
B_04	0.974	0.026	B	0.953	0.000	0.000	0.001	0.046	0.000	B
B_05	0.995	0.005	B	0.994	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	B
B_06	0.994	0.006	B	0.994	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	B
B_07	0.987	0.013	B	0.980	0.000	0.000	0.000	0.019	0.000	B
B_08	0.995	0.005	B	0.997	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	B
B_09	0.833	0.167	H	0.770	0.000	0.000	0.111	0.119	0.000	B_BX
B_10	0.989	0.011	B	0.992	0.000	0.000	0.000	0.008	0.000	B
B_11	0.994	0.006	B	0.995	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	B
B_12	0.994	0.006	B	0.997	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	B
B_13	0.995	0.005	B	0.996	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	B
B_14	0.984	0.016	B	0.936	0.000	0.000	0.000	0.064	0.000	B
B_15	0.978	0.022	B	0.952	0.000	0.000	0.001	0.047	0.000	B
B_16	0.997	0.003	B	0.999	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	B
B_17	0.996	0.004	B	0.998	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	B
B_18	0.985	0.015	B	0.971	0.000	0.000	0.000	0.029	0.000	B
B_19	0.517	0.483	H	0.045	0.001	0.114	0.180	0.504	0.155	B_BX
B_20	0.973	0.027	B	0.881	0.000	0.000	0.000	0.119	0.000	B
B_21	0.466	0.534	H	0.002	0.000	0.147	0.209	0.406	0.236	B_BX
B_22	0.521	0.479	H	0.003	0.000	0.183	0.151	0.565	0.097	B_BX
B_23	0.995	0.005	B	0.997	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	B
B_24	0.984	0.016	B	0.948	0.000	0.000	0.000	0.052	0.000	B
B_25	0.006	0.994	P	0.000	0.988	0.000	0.000	0.000	0.011	P
B_26	0.997	0.003	B	0.999	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	B
B_27	0.996	0.004	B	0.999	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	B
B_28	0.996	0.004	B	0.998	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	B
B_29	0.994	0.006	B	0.995	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	B
B_30	0.992	0.008	B	0.981	0.000	0.000	0.000	0.019	0.000	B
B_31	0.996	0.004	B	0.998	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	B
B_32	0.995	0.005	B	0.993	0.000	0.000	0.000	0.007	0.000	B
B_33	0.719	0.281	H	0.036	0.000	0.001	0.106	0.857	0.000	B_BX
B_34	0.991	0.009	B	0.986	0.000	0.000	0.000	0.014	0.000	B
B_35	0.985	0.015	B	0.955	0.000	0.000	0.000	0.045	0.000	B
B_36	0.996	0.004	B	0.998	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	B
B_37	0.997	0.003	B	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	B
B_38	0.995	0.005	B	0.997	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	B

Kodas	Structure, q		Rūšis pagal Structure	NewHybrid,q						Rūšis pagal NewHybrid
	BA	PA		BA	PA	F1	F2	BA_BX	PA_BX	
B_39	0.993	0.007	B	0.991	0.000	0.000	0.000	0.009	0.000	B
B_40	0.621	0.379	H	0.000	0.000	0.001	0.189	0.810	0.000	B_BX
B_41	0.914	0.086	B	0.162	0.000	0.000	0.005	0.834	0.000	B_BX
B_42	0.973	0.027	B	0.895	0.000	0.000	0.000	0.104	0.000	B
B_43	0.995	0.005	B	0.997	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	B
B_44	0.978	0.022	B	0.943	0.000	0.000	0.001	0.057	0.000	B
B_45	0.994	0.006	B	0.993	0.000	0.000	0.000	0.007	0.000	B
B_46	0.978	0.022	B	0.925	0.000	0.000	0.000	0.075	0.000	B
B_47	0.986	0.014	B	0.969	0.000	0.000	0.000	0.030	0.000	B
B_48	0.996	0.004	B	0.999	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	B
B_49	0.995	0.005	B	0.995	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	B
B_50	0.996	0.004	B	0.998	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	B
P_01	0.967	0.033	B	0.781	0.000	0.000	0.002	0.217	0.000	B_BX
P_02	0.985	0.015	B	0.959	0.000	0.000	0.000	0.041	0.000	B
P_03	0.986	0.014	B	0.993	0.000	0.000	0.000	0.007	0.000	B
P_04	0.996	0.004	B	0.998	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	B
P_05	0.992	0.008	B	0.989	0.000	0.000	0.000	0.011	0.000	B
P_06	0.009	0.991	P	0.000	0.966	0.000	0.001	0.000	0.033	P
P_07	0.02	0.98	P	0.000	0.843	0.000	0.002	0.000	0.155	P
P_08	0.004	0.996	P	0.000	0.997	0.000	0.000	0.000	0.003	P
P_09	0.01	0.99	P	0.000	0.951	0.000	0.000	0.000	0.048	P
P_10	0.994	0.006	B	0.995	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	B
P_11	0.009	0.991	P	0.000	0.980	0.000	0.000	0.000	0.019	P
P_12	0.022	0.978	P	0.000	0.931	0.000	0.003	0.000	0.066	P
P_13	0.003	0.997	P	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	P
P_14	0.004	0.996	P	0.000	0.998	0.000	0.000	0.000	0.002	P
P_15	0.006	0.994	P	0.000	0.994	0.000	0.000	0.000	0.005	P
P_16	0.988	0.012	B	0.958	0.000	0.000	0.000	0.041	0.000	B
P_17	0.266	0.734	H	0.000	0.003	0.160	0.129	0.023	0.685	P_BX
P_18	0.996	0.004	B	0.998	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	B
P_19	0.996	0.004	B	0.999	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	B
P_20	0.991	0.009	B	0.987	0.000	0.000	0.000	0.013	0.000	B
P_21	0.004	0.996	P	0.000	0.999	0.000	0.000	0.000	0.001	P
P_22	0.008	0.992	P	0.000	0.977	0.000	0.000	0.000	0.022	P
P_23	0.008	0.992	P	0.000	0.991	0.000	0.000	0.000	0.009	P
P_24	0.011	0.989	P	0.000	0.966	0.000	0.001	0.000	0.034	P
P_25	0.008	0.992	P	0.000	0.988	0.000	0.000	0.000	0.012	P
P_26	0.005	0.995	P	0.000	0.996	0.000	0.000	0.000	0.004	P
P_27	0.007	0.993	P	0.000	0.987	0.000	0.000	0.000	0.013	P
P_28	0.008	0.992	P	0.000	0.988	0.000	0.000	0.000	0.012	P
P_29	0.005	0.995	P	0.000	0.994	0.000	0.000	0.000	0.006	P
P_30	0.005	0.995	P	0.000	0.997	0.000	0.000	0.000	0.003	P

Kodas	Structure, q		Rūšis pagal Structure	NewHybrid,q						Rūšis pagal NewHybrid
	BA	PA		BA	PA	F1	F2	BA_BX	PA_BX	
P_31	0.009	0.991	P	0.000	0.983	0.000	0.000	0.000	0.016	P
P_32	0.009	0.991	P	0.000	0.976	0.000	0.000	0.000	0.023	P
P_33	0.017	0.983	P	0.000	0.937	0.000	0.002	0.000	0.061	P
P_34	0.989	0.011	B	0.983	0.000	0.000	0.000	0.017	0.000	B
P_35	0.006	0.994	P	0.000	0.994	0.000	0.000	0.000	0.006	P
P_36	0.5	0.5	H	0.000	0.000	0.306	0.108	0.496	0.090	B_BX
P_37	0.008	0.992	P	0.000	0.980	0.000	0.000	0.000	0.020	P
P_38	0.004	0.996	P	0.000	0.998	0.000	0.000	0.000	0.002	P
P_39	0.006	0.994	P	0.000	0.994	0.000	0.000	0.000	0.006	P
P_40	0.035	0.965	P	0.000	0.443	0.003	0.005	0.000	0.549	P_BX
P_41	0.007	0.993	P	0.000	0.989	0.000	0.000	0.000	0.010	P
P_42	0.01	0.99	P	0.000	0.949	0.000	0.001	0.000	0.050	P
P_43	0.003	0.997	P	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	P
P_44	0.014	0.986	P	0.000	0.886	0.000	0.003	0.000	0.112	P
P_45	0.994	0.006	B	0.993	0.000	0.000	0.000	0.007	0.000	B
P_46	0.013	0.987	P	0.000	0.949	0.000	0.001	0.000	0.050	P
P_47	0.995	0.005	B	0.997	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	B
P_48	0.007	0.993	P	0.000	0.974	0.000	0.000	0.000	0.026	P
P_49	0.077	0.923	P	0.000	0.562	0.000	0.045	0.000	0.392	P_BX
P_50	0.912	0.088	B	0.213	0.000	0.000	0.013	0.774	0.000	B_BX
H_01	0.996	0.004	B	0.999	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	B
H_02	0.994	0.006	B	0.993	0.000	0.000	0.000	0.007	0.000	B
H_03	0.997	0.003	B	0.999	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	B
H_04	0.967	0.033	B	0.916	0.000	0.000	0.002	0.082	0.000	B
H_05	0.991	0.009	B	0.982	0.000	0.000	0.000	0.018	0.000	B
H_06	0.972	0.028	B	0.950	0.000	0.000	0.001	0.049	0.000	B
H_07	0.993	0.007	B	0.989	0.000	0.000	0.000	0.011	0.000	B
H_08	0.989	0.011	B	0.969	0.000	0.000	0.000	0.031	0.000	B
H_09	0.991	0.009	B	0.995	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	B
H_10	0.828	0.172	H	0.076	0.000	0.000	0.023	0.901	0.000	B_BX
H_11	0.997	0.003	B	0.999	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	B
H_12	0.967	0.033	B	0.910	0.000	0.000	0.005	0.085	0.000	B
H_13	0.995	0.005	B	0.997	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	B
H_14	0.994	0.006	B	0.991	0.000	0.000	0.000	0.009	0.000	B
H_15	0.99	0.01	B	0.981	0.000	0.000	0.000	0.019	0.000	B
H_16	0.996	0.004	B	0.998	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	B
H_17	0.997	0.003	B	0.999	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	B
H_18	0.994	0.006	B	0.993	0.000	0.000	0.000	0.007	0.000	B
H_19	0.991	0.009	B	0.993	0.000	0.000	0.000	0.007	0.000	B
H_20	0.996	0.004	B	0.999	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	B
H_21	0.995	0.005	B	0.995	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	B
H_22	0.996	0.004	B	0.998	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	B

Kodas	Structure, q		Rūšis pagal Structure	NewHybrid,q						Rūšis pagal NewHybrid
	BA	PA		BA	PA	F1	F2	BA_BX	PA_BX	
H_23	0.987	0.013	B	0.972	0.000	0.000	0.000	0.028	0.000	B
H_24	0.983	0.017	B	0.950	0.000	0.000	0.000	0.050	0.000	B
H_25	0.538	0.462	H	0.020	0.000	0.019	0.183	0.772	0.006	B_BX
H_26	0.979	0.021	B	0.937	0.000	0.000	0.001	0.062	0.000	B
H_27	0.994	0.006	B	0.994	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	B
H_28	0.994	0.006	B	0.996	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	B
H_29	0.978	0.022	B	0.957	0.000	0.000	0.000	0.042	0.000	B
H_30	0.98	0.02	B	0.934	0.000	0.000	0.001	0.064	0.000	B
H_31	0.997	0.003	B	0.999	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	B
H_32	0.987	0.013	B	0.975	0.000	0.000	0.000	0.025	0.000	B
H_33	0.995	0.005	B	0.994	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	B
H_34	0.993	0.007	B	0.989	0.000	0.000	0.000	0.011	0.000	B
H_35	0.93	0.07	B	0.578	0.000	0.001	0.008	0.413	0.000	B_BX
H_36	0.937	0.063	B	0.649	0.000	0.000	0.009	0.342	0.000	B_BX
H_37	0.984	0.016	B	0.975	0.000	0.000	0.000	0.025	0.000	B
H_38	0.994	0.006	B	0.992	0.000	0.000	0.000	0.008	0.000	B
H_39	0.996	0.004	B	0.999	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	B
H_40	0.988	0.012	B	0.968	0.000	0.000	0.000	0.032	0.000	B
H_41	0.993	0.007	B	0.992	0.000	0.000	0.000	0.008	0.000	B
H_42	0.984	0.016	B	0.959	0.000	0.000	0.000	0.040	0.000	B
H_43	0.995	0.005	B	0.997	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	B
H_44	0.939	0.061	B	0.812	0.000	0.000	0.005	0.183	0.000	B
H_45	0.817	0.183	H	0.009	0.000	0.000	0.021	0.970	0.000	B_BX
H_46	0.995	0.005	B	0.997	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	B
H_47	0.996	0.004	B	0.998	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	B
H_48	0.997	0.003	B	0.999	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	B
H_49	0.96	0.04	B	0.890	0.000	0.000	0.001	0.109	0.000	B
H_50	0.85	0.15	H	0.032	0.000	0.029	0.019	0.920	0.001	B_BX