

VILNIAUS UNIVERSITETAS
GYVYBĖS MOKSLŲ CENTRAS
BIOMOKSLŲ INSTITUTAS

EGLĖ JŪRĖNAITĖ

Biologinė įvairovė

Baigiamasis magistro darbas

**PAPRASTOJO SKROBLO (*CARPINUS BETULUS L.*) AREALO LIETUVOJE POKYČIŲ
SIMPTOMAI**

Leidžiama ginti _____

(parašas)

Studijų programos pirmininkas

(vardas, pavardė)

Studentas _____

(parašas)

Darbo vadovas dr Darius Ryliškis

(mokslinis darbo vadovo laipsnis,
pedagoginis mokslo vardas, vardas,
pavardė)

(parašas)

Darbo įteikimo data _____

Registracijos Nr. _____

Darbas įvertintas _____

(data, įvertinimo balas, komisijos pirmininko
paraša)

Vilnius, 2020

TURINYS

ĮVADAS.....	3
1. LITERATŪROS APŽVALGA	4
1.1. Paprastojo skroblo paplitimas, biologija ir ekologija	4
1.1.1. Paprastojo skroblo paplitimas pasaulyje	4
1.1.2. Paprastojo skroblo paplitimas Lietuvoje.....	4
1.1.2. Paprastojo skroblo biologija ir ekologija	7
1.1.3. Paprastojo skroblo augavietės.....	9
1.2. Arealo kitimo simptomai ir jį skatinantys veiksniai	9
1.2.1. Arealo kitimą skatinantys veiksniai	9
1.2.1.1. Klimato kaita.....	9
1.2.1.2. Kiti veiksniai.....	14
1.2.2. Augalų arealo kitimo požymiai	14
2. MOKSLINIO TYRIMO METODOLOGIJA.....	19
2.1. Vietovių parinkimas	19
2.2. Tyrimų medžiaga	22
2.2.1. Lapai	22
2.2.2. Sėklų rinkimas ir daigumo tikrinimas.....	25
2.2.3. Sėjinukų - jaunų – brandžių medžių santykis	26
2.2.4. Panaudoti statistiniai duomenų apdorojimo metodai	27
3. DUOMENŲ ANALIZĖ IR REZULTATŲ APŽVALGA	28
3.1. Tyrimų rezultatai	28
3.1.1. Lapų morfologija	28
3.1.2. Sėjinukų ir brandžių medžių santykis.....	29
3.1.3. Sėklų daigumas	31
4. TYRIMŲ REZULTATŲ APTARIMAS	33
IŠVADOS.....	34
LITERATŪRA.....	35
SANTRAUKA	41
SUMMARY	42
SYMPTOMS OF EUROPEAN HORNBEAM (<i>CARPINUS BETULUS</i> L.) RANGE SHIFT IN LITHUANIA.....	42
PRIEDAI.....	43

ĮVADAS

Paprastasis skroblas (*Carpinus betulus* L.) – lapuočių ir mišrių miškų medis, savaime paplitęs pietvakarinėje Lietuvos dalyje. Per šalies teritoriją eina šiaurinė skroblo paplitimo riba, kurią dar 1925 – 1926 m. nustatė J. Ruktys. Į šiaurės rytus nuo nustatytos arealo ribos Ruktys rado dar keletą skroblo augimo vietų, kurias pavadino salomis. Vėliau nustatyti tikslų skroblo arealą bandė ir kiti mokslininkai: L. Čibiras, M. Natkevičaitė – Ivanauskienė, V. Ramanauskas, J. Balevičienė ir T. Tebėra, bet jų duomenimis, arealo riba beveik nepakito (Navasaitis ir kt., 2003).

M. Leščiukaitis (2009) savo darbe naudodamasis ArcGis, Lietuvos Respublikos miškų kadastro bei OpenModeller programos duomenimis skroblo arealo riboms nustatyti, teigia, jog minėtų mokslininkų nustatytos arealo ribos su programos gautais duomenimis nesutampa ir anot jo, skroblas dabar turėtų augti beveik visoje Lietuvos teritorijoje.

Remiantis šiuo teiginiu, keliama hipotezė, jog vykstantys klimato pokyčiai veikia ir skroblo arealo ribas, o tai rodo tam tikri jo biologiniai požymiai, todėl XX a. fiksuoto arealo pakraštyje esanti populiacija dabar turėtų būti panašesnė ne į salų, o į arealo gilumoje esančią populiaciją.

Darbo tikslas – patvirtinti/paneigti hipotezę, jog paprastojo skroblo (*Carpinus betulus* L.) biologiniai požymiai rodo kintančio arealo simptomus.

Darbo uždaviniai:

- Parinkti tris šalies teritorijoje esančias paprastojo skroblo populiacijas, kurios galėtų geriausiai atskleisti arealo pokyčių simptomus.
- Parinkti tris biologinius požymius, kurie parodytų paprastojo skroblo atsaką į areale vykstančius pokyčius ir pasirinktose populiacijose atlikti tyrimą.
- Palyginti pasirinktų paprastojo skroblo populiacijų biologinių požymių skirtumus.

Darbo metodai

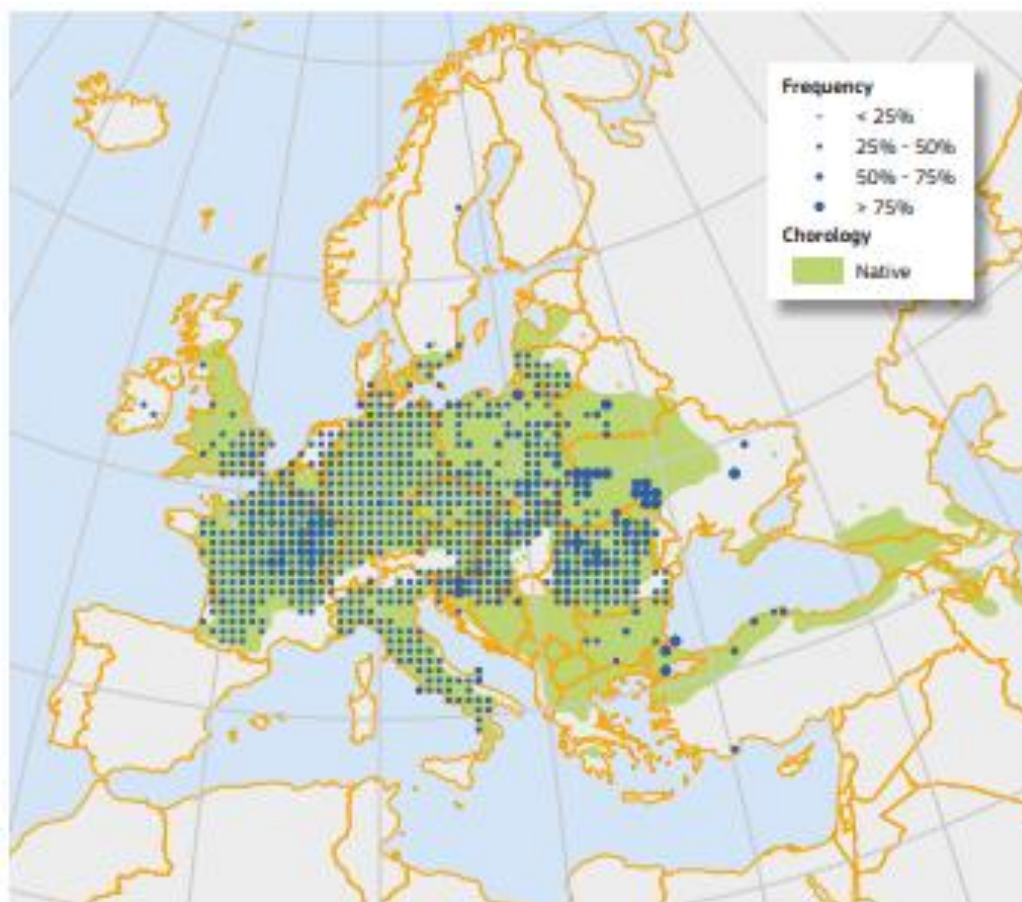
Šalies teritorijoje pasirinktose trijose paprastojo skroblo augavietėse (arealo saloje, arealo riboje ir 45198 km į pietus nuo arealo ribos nutolusioje šalies dalyje) buvo atlikti tyrimai pagal tris biologinius požymius: lapų morfologiją, sėjinukų/jaunų/brandžių medžių santykį bei sėklų daigumą. Duomenys apdoroti panaudojant matematinės statistikos metodus „Microsoft Excel“ bei „Statistica“ programomis.

1. LITERATŪROS APŽVALGA

1.1. Paprastojo skroblo paplitimas, biologija ir ekologija

1.1.1. Paprastojo skroblo paplitimas pasaulyje

Paprastasis skroblas (*Carpinus betulus* L.) paplitęs Vidurio ir Pietų Europoje, Kaukaze, Kryme, Pietų Skandinavijoje, Balkanuose, Irane, Apeninų pusiasalyje, gausiai Ukrainoje. Aptinkamas ir kalnuose, Irane pakilęs 2300 m virš jūros lygio (Navasaitis ir kt., 2003) (1 pav.).



1 pav. Paprastojo skroblo paplitimas pasaulyje (Sikkema *et al.*, 2016)

1.1.2. Paprastojo skroblo paplitimas Lietuvoje

Lietuvoje paprastasis skroblas yra savaime paplitusi rūšis. Šiaurinė riba Lietuvos teritoriją skiria švelnesnio okeaninio ir ir šaltesnio žemyninio klimato regionus.

Per Lietuvą eina jo šiaurinė arealo riba, kurią 1925-1926 metais nustatė J. Rautkys (2 pav.). Ši riba nuo Semeliškių eina per Strėvininkus, Žiežmarius, Pamierį, Kaišiadorius, Žeimius,

Upninkus, Josvainius, Pernaravą, Raseinius, Krakes, Karklėnus, Kražius, Kaltinėnus, Kvėdarną, Kulius, Platelius, Veiviržėnus, Miestomedės miške kerta Latvijos sieną ir tęsiasi link Liepojos.

Į šiaurės rytus nuo arealo ribos Ruktys aptiko dar kelias skroblo augavietes: Raguvėlės miške, esančios Panevėžio rajone, Lėno miške, esančio Ukmergės rajone ir Grybiškių miške, esančių Vilniaus rajone, kurias pavadino salomis.

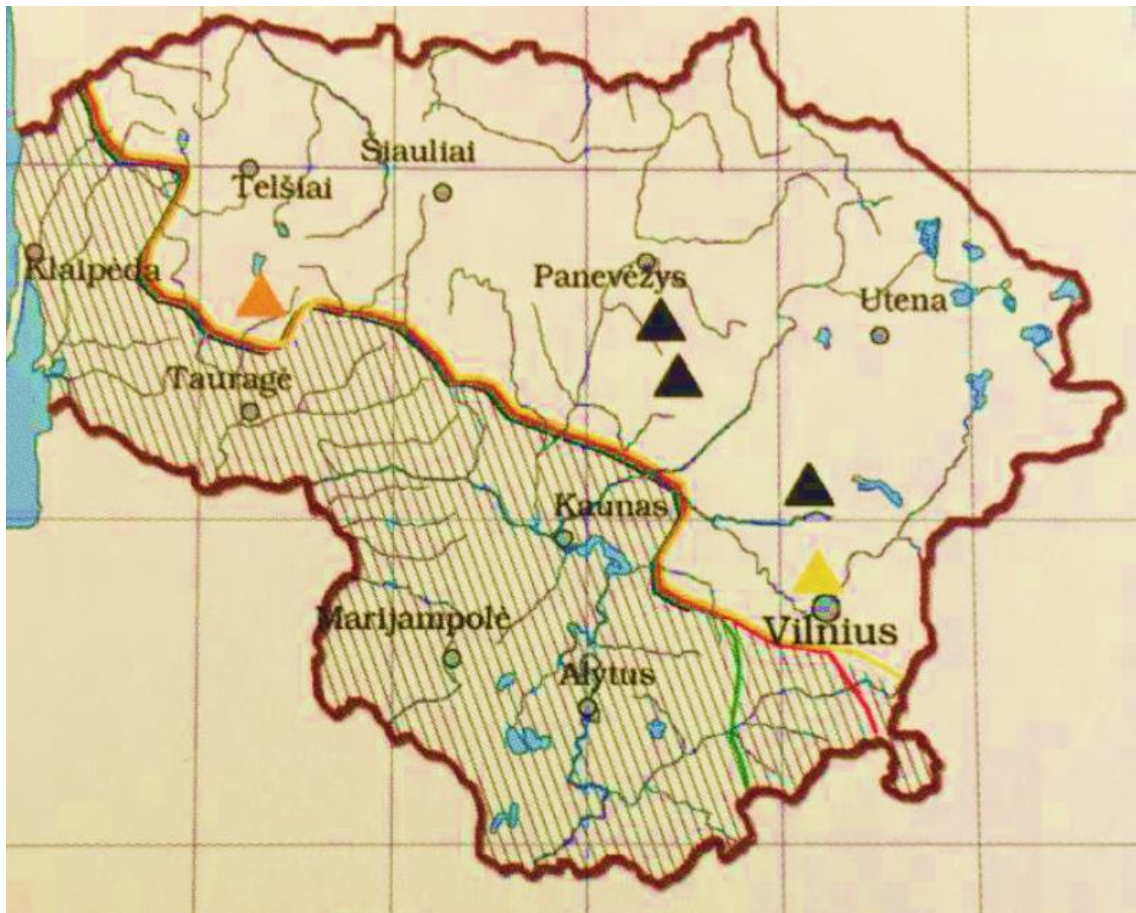
Taip pat svarbu paminėti, kad ne visur skroblas paplitęs natūraliai – Siesikų ir Kavarsko girininkijų miškuose jis buvo veisiamas.

Vilniaus krašto Ruktys netyrė, todėl ši vieta arealo ribos atžvilgiu kelia daugiausiai klausimų, o skirtingi autoriai ją nurodo skirtingai. Čibiras 1961 – siais metais nurodo, kad ši riba nuo Semeliškių eina link Vilniaus ir ties Medininkais kerta Baltarusijos sieną. Dar vienas autorius – Ramanauskas 1960-aisiais teigia, arealo riba Vilniaus net nesiekia, o nueina į pietvakarius link Varėnos ir ties Rudnia kerta Baltarusijos sieną. Vėliau, 1983 – aisiais metais M. Natkevičaitė – Ivanauskienė nurodo, kad skroblo arealas Vilniaus nesiekia ir kad jo riba labiau pietuose, maždaug ties Šalčininkais kerta Baltarusiją.

Taip pat Rukčio ir Ramanausko nuomonės išsiskiria Trakų klausimu, nes Ruktys teigė, kad skroblas ten auga, o Ramanauskas teigia, kad Trakai į skroblo arealą nepatenka.

Navasaitis (2003) teigia, kad Lietuvos pietrytinei daliai dar reikia tikslesnių paprastojo skroblo paplitimo tyrimų.

Aptinkama ir pavienių skroblo radaviečių: J. Balevičienė nurodo augavietę prie Kaltinėnų, o D. Patalauskaitė - Galinės miške (Navasaitis ir kt., 2003)



2 pav. Paprastojo skroblo arealas ir jo šiaurinė riba Lietuvoje: pagal J. Rauktį (mėlyna), pagal V. Ramanauską (žalia), pagal L. Čibirą (geltona), pagal M. Natkevičaitę-Ivanauskienę. Arealo salos: pagal Rauktį (juoda trikampis), pagal Natkevičaitę-Ivanauskienę, Balevičienę (oranžinis trikampis) (Navasaitis ir kt., 2003).

T. Tebėra 2003-iaisiais remdamasis Valstybinio miškotvarkos instituto duomenų baze, nustatė, kad skirtingai nei Raukčio nustatyta skroblo paplitimo riba, dabartinė ties Raseiniais eina 20 km, o ties Kaltinėnais net apie 40 kilometrų šiauriau (3 pav.). Anot jo, dabartinė šiaurinė paprastojo skroblo paplitimo riba eina pro Skuodą, Darbėnus, Platelių, Plungę, Rietavą, Kvėdarną, Kaltinėnus, Luokę, Kražius, Tytuvėnus, Krakes, Josvainius, Žeimius, Upninkus, Žaslius, Vievi, Lentvarį, Aukštadvarį, Onuškę, Valkininkus ir Gerviškes. Rauktys nurodo ir daug arealo salų.



3 pav. Paprastojo skroblo paplitimas Lietuvoje (Tebėra, 2012).

Lietuvos miškuose skroblynai auga 2784 ha plote, jie sudaro 1,15% miškų ploto. Grynų skroblynų yra apie 600 ha.

1.1.2. Paprastojo skroblo biologija ir ekologija

Paprastasis skroblas auga medžiu arba aukštu krūmu ir pasiekia iki 25 (30) m aukštį, o kai kada 0,5 (1) m skersmenį. Jaunų medžių laja kiaušiniška, vėliau plačiai rutuliška. Medis auga tankiomis šakomis, liemuo neaukštas.

Jaunų šakelių žievė rusva, senų ir liemens – šviesiai pilka, švelni ir lygi.

Ūgliai apvalūs su smulkiomis lenticelėmis ir karpelėmis.

Pumpurai prigludę prie ūglio, nusmailėję, rudi, su daug žvynų. Žiediniai pumpurai didesni už lapų. Sprogsta balandžio antroje pusėje.

Lapai pražanginiai, pailgi, du kartus aštriai dantytai kraštais, 5-12 cm ilgio ir 3-5 cm pločio, smailia viršūne, iš abiejų pusių žali, apatinėje pusėje silpnai plaukuoti. Rudenį lapai pagelsta, o krenta spalį- lapkritį. Vienas iš skiriamųjų bruožų – sudžiūvę lapai, kaip ir ąžuolo, ilgai laikosi ant medžio sudžiūvę per žiemą.

Kuokeliniai žiedai suaugę tankiai ilguose žirginiuose, piesteliniai - retuose žirginiuose, su 2 smulkiomis pažiedėmis pažastyse. Mezginė apatinė, dvilizdė.

Dauginasi sėklomis, bet gali ataugti ir iš kelmo ar šaknų. Dera būdamas 15-20 metų. Vaisius – 5-9 mm ilgioriešutėlis – kietu kevalu, plokščias, briaunotas, su ilga triskiaute gožele. Goželė padeda riešutėliams nusigauti tolesnius atstumus. Goželės vidurinė skiautė ilgiausia – 3-4 cm ilgio. Riešutėliai prinoksta rugsėjį- spalį ir krenta per visą žiemą. Kadangi riešutėlis gana sunkus, vėjas jo toli nenuneša, bet padeda ridentis ant sniego dangos toliau nuo motininio augalo. Skroblyne 1 ha per metus gali subręsti iki 1200-1600 kg riešutėlių.

Auga lėtai, ypač pirmaisiais metais, paskui pastebimas augimo sulėtėjimas jam sulaukus 30-40 metų. Intensyvesnio augimo metu per metus gali paaugti 40 centimetrų. Augimas baigiasi apie 80-uosius metus. Paprastai medis gyvena iki 200-300 metų.

Šaknynas didelis, platus, daugiausiai šaknų susitelkę viršutiniame 40 cm storio dirvožemio sluoksnyje. Mėgsta drėgnus dirvožemius. Jei dirvožemis sausas, skroblas išvysto liemeninę šaknį.

Pumpurai prigludę prie ūglio, nusmailėję, rudi, su daug žvynų.



4 pav. Skroblynai

Skroblas pasižymi lėtu augimu, tai vienas iš nedaugelio medžių, mėgstančių paunksmę (4 pav.) (Navasaitis ir kt., 2003).

1.1.3. Paprastojo skroblo augavietės

Skroblas yra derlingų augaviečių medis, paplitęs lapuočių miškuose. Paprastai auga vietovėse, pasižyminčiose itin didele rūšių įvairove.

Skroblai auga puriuose, derlinguose ir drėgnuose velėniniuose – karbonatiniuose dirvožemiuose, tačiau užmirkusių nemėgsta – jose auga, bet neplinta. Mėgsta kalvotas vietas. Paprastai sutinkamas sunkiuose priemolio ir molio dirvožemiuose, smėlynų ir žvyro nemėgsta. (Navasaitis ir kt., 2003) Poreikis dirvožemio derlingumui panašus į klevo, guobos ir ąžuolo. Paprastai auga kartu su egle, ąžuolu, antrajame medyno arde ir trake. Tai vienas iš nedaugelio augalų, puikiai galinčio augti pavėsyje.

Šalčiui vidutiniškai ištvermingas, per šaltąsias žiemas vietomis apšala.

Carpinus betulus auga įvairiuose dirvos tipuose, taip pat įvairiuose drėgmės režimuose, tačiau vengia labai rūgščios ir prastos dirvos (Jensen et al., 2004).

1.2. Arealo kitimo simptomai ir jį skatinantys veiksniai

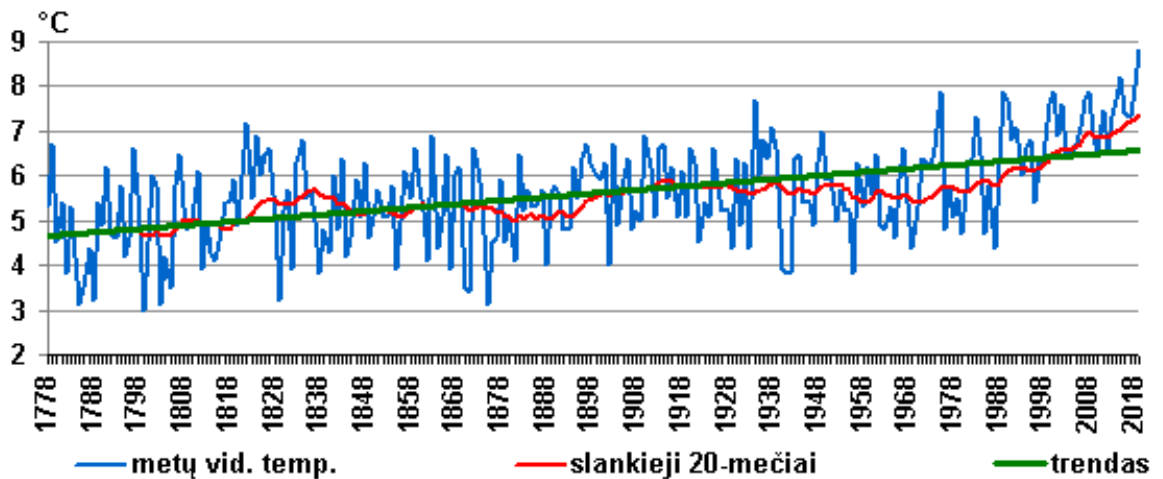
1.2.1. Arealo kitimą skatinantys veiksniai

1.2.1.1. Klimato kaita

Klimato sąlygos yra svarbios augalų paplitimui ir daro įtaką jų augalų fiziologiniams ir fenologiniams procesams. Pastaruoju metu šiltėjant pasaulio klimatui, dėl vidutinės temperatūros pakilimo (IPCC, 2007), pastebimai kinta ir augalų paplitimas už savo natūralių arealo ribų.

Kai kada klimato pokyčiai gali sukelti problemų: atsiranda daugiau invazinių rūšių, o Lietuvos miškuose dėl prognozuojamos klimato kaitos gali išplisti svetimkraščių trako rūšių bendrijos, kurios skiriasi nuo vietinių sumedėjusių augalų bendrijų (Leišis, 2014).

Lietuvą taip pat paliečia klimato kaita, o tai patvirtina Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos duomenys. Metinė oro temperatūra Vilniuje nuo 1778 metų kyla kreive aukštyn (5 pav.).



5 pav. Metinė oro temperatūra Vilniuje 1778–2019 m.

(<http://www.meteo.lt/lt/oro-temperatura>)

Kartu su besikeičiančiu klimatu augs temperatūra ir padažnės ekstremalių kaitrų. Prognozuojama, kad Vilniuje XXI amžiaus pabaigoje nebebus didelių šalčių ir temperatūra nepasieks daugiau $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Didelių kaitrų tikimybė išaugs 31 %, kuomet maksimali temperatūra 3 ir daugiau dienų yra aukštesnė nei $30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Klimato kaitos prognozės yra atliekamos visame pasaulyje (IPCC, 2001), tame tarpe ir Lietuvoje. Prognozuojama, kad 2061 – 2090 metais Lietuva atitiks dabartinį Vakarų ir Pietų Europos klimatą (Ozolinčius *et al.*, 2014).

Pliūra (2019) teigia, kad dėl didėjančios vidutinės oro temperatūros ir drėgnio pionieriniai lapuočiai turėtų įgauti didesnę pranašumą prieš spygliuočius, o dėl vykstančios klimato kaitos iš Lietuvos gali pasitraukti paprastoji eglė, kadangi keičiasi jos arealas. Paprastoji eglė jau rodo tam tikrą atsaką į klimato kaitą: džiūsta jos medynai bei plinta žievgraužis, pridarantis daug žalos dideliems eglynams. Džiūsta ne tik eglynai, bet ir uosynai bei ąžuolynai kuriuos dėl pasikeitusių sąlygų apniko grybinės ligos bei kenkėjai.

Lietuva skirstoma į dvi biogeografinės miškų vegetacines zonas: temperatinę ir hemiborealinę. Šios agroklimatinės zonos Lietuvoje, anot Pliūros, dėl klimato kaitos jau yra pasislinkusios į šiaurę net 200 kilometrų ir su laiku šios zonos turėtų vis labiau slinkti į šiaurę (6 pav.).



6 pav. Lietuvos biogeografinis rajonavimas (Kvaliauskas, 1992)

Vienas iš šio magistrinio darbo klausimų: jeigu paprastasis skroblas, anot Leščiukaičio (2009), jau turėtų augti visoje šalies teritorijoje, kodėl jis neauga visoje šalies teritorijoje, gali būti atsakytas remiantis Pliuros teiginiu, kad medžių migracijos galimybės yra tik 10-70 km/100 metų, nors klimatinė sąlygų poslinkis gali įvykti kur kas greičiau – 300-900 km per 100 metų. Taip pat medžių judėjimą šiaurės kryptimi apsunkina ir ten jau augančios kitų medžių rūšys bei dirbamų žemių plotai.

Tai, kad skroblo arealo ribos yra pasislinkusios, galėtų patvirtinti ir Ozolinčiaus *et al.* (2014) teiginys, kad Lietuvos klimatas jau dabar yra tinkamas šioms medžių rūšims: *Quercus pubescens*, *Abies alba*, *Larix decidua*, *Fagus sylvatica*, *Taxus baccata*, *Pinus cembra*, *Tilia platyphyllos*, *Quercus petraea*, *Acer pseudoplatanus*.

Nors ir klimato kaita keičia kai kurių medžių paplitimo ribas, tačiau kai kurių mokslininkų atlikti tyrimai rodo, kad dėl įvairių priežasčių vykstantis migracijos sulėtėjimas, net ir sparčiai keičiantis klimatinėms sąlygoms, yra gana dažnas reiškinys, o tai gali apsunkinti būsimų rūšių paplitimo prognozių sudarymą klimato kaitos atžvilgiu.

Vykstant klimato kaitai, tikimasi, kad augalų rūšys rodys tam tikrą atsaką į ją, pavyzdžiui, vykstant migracijai. Tačiau įvairių mokslininkų vykdomi monitoringo duomenys rodo ką kita. Tyrimai rodo, kad medžių migracija dažnai atsilieka nuo vykstančios klimato kaitos. Medžiai, palyginus su žoliniais augalais, turinčiais daug trumpesnę bei greitesnę generacijos laikotarpį, yra ilgaamžiai, sėslūs, o jų brandos laikas daug vėlesnis.

Įvairių taksonų arealo kitimas, sietinas su vykstančia klimato kaita aprašytas nemažoje dalyje straipsnių. Tačiau dauguma augalų rūšių atsilieka nuo migracijos ir nesutampa su besikeičiančio klimato greičiu. Mažiau nei 22 procentai tirtų medžių rūšių pasislinko kartu su klimato pokyčiais. Ypač dažnai ilgas vėlavimas pasireiškia tarp medžių ir dėl to ilgai nesimato jų migracijos atsako į klimato kaitą. Renvick ir Rocca (2015) savo straipsnyje nagrinėjo medžių vėluojančios migracijos priežastis. Rezultatai parodė, kad dabartinė medžių migracija yra daug lėtesnė nei buvo manoma, ir prie to gali prisidėti daugelis faktorių. Dažnai vyksta tiesiog epizodinė ir trumpalaikė migracija, kuri pasireiškia įvykus ekstremaliems klimato pokyčiams ar miško pažaidoms. Taip kai kuriais atvejais prie vėlavimo prisideda, ir net lemia geografiniai barjerai, tinkamų buveinių trūkumas, antropogeninė veikla, žmogaus pakeistas kraštovaizdis, bei buveinių fragmentacija. Kai kada vietos topografija ar dirvožemis, o ne temperatūra bei krituliai lemia tai, ar augalas galės migruoti. Būtų verta paminėti ir dar vieną veiksni – tam tikroms rūšims tiesiog trūksta tinkamų mechanizmų tolimam sėklų pernešimui (Renwick, Rocca, 2015). Pavyzdžiui, Mičigano ežeras tapo kliūtimi *Fagus grandifolia* migracijai – dėl šio barjero augalas net 1000 metų negalėjo migruoti, kol galiausiai sėklos tam tikru būdu pateko į kitą krantą. Tačiau, įveikus barjerą ir įsitvirtinus bent vienam individui, sulaukus brandos jis gali pradėti megzti sėklas ir didinti populiaciją naujoje vietoje, iš kurios augalai jau galės migruoti toliau (autostrados pavyzdys).

Paleoekologiniai duomenys rodo, kad taip vyko ir praeityje, kai augalai taip pat daug lėčiau sureaguodavo į vykstančią klimato kaitą. (Davis, 1989).

Kaledonijos kalnuose buvo nustatyta, kad per 80 metų laikotarpį nei viena medžių rūšis reikšmingai nepasislinko aukštyn, lyginant su žoliniais augalais. Kai kada truk (Renwick, Rocca, 2015).

Lenoir *et al.* (2009) Prancūzijoje atliktame tyrime buvo matuojamas skirtingų medžių amžiaus grupių santykis: medžių, pasiekusių brandą ir sėjinukų, bei jų arealo poslinkis. Remiantis temperatūriniais duomenimis, turėjo įvykti perpus didesnis poslinkis, nei parodė tyrimas.

Kitame tyrime buvo nustatyta, kad vidutinis miško augalijos migracijos greitis yra 12, 6 m per dešimtmetį, o tai yra net septynis kartus lėčiau nei vykstanti klimato kaita ir tik 2 iš 31 stebėtų medžio rūšių migravo tolygiai su kylančia temperatūra (Bodin *et al.*, 2013).

Daugiausiai studijų su klimato kaita bei arealų poslinkiais buvo atlikta kalnų regionuose, bei vietovėse, kur labiausiai pasireiškia temperatūrų ekstremumai, kadangi ten aiškiausiai galima matyti pokyčius. Tačiau, kai kurios studijos rodo vykstantį arealo poslinkį kaip atsaką į klimato kaitą taip pat ir tiriant skirtingų geografinių platumų atžvilgiu (Ruiz-Labourdette *et al.*, 2013; Jump *et al.*, 2009).

Tiek žiemos, tiek vasaros sezoninė temperatūra kai kurioms rūšims gali būti labai svarbi: nuo jos priklauso augimas, o kai kada net išgyvenimas, o tai ypač liečia šiaurinę arealo ribą

(Kullman, Öberg, 2009). Sėjūnikai, priešingai negu brandūs medžiai, daug jautriau reaguoja į temperatūrinius bei kritulių pokyčius, o ypač į jų ekstremumus, todėl kartais tai būna viena iš sulėtėjusios ar nevykstančios migracijos priežasčių (Jackson *et al.*, 2009).

Nors klimatas yra svarbus komponentas augalų išgyvenimui, ne klimatiniai faktoriai, tokie kaip edafiniai suvaržymai ir biotiniai ryšiai prisideda prie to, kad augalų rūšys negali užimti visų klimatiškai joms palankių teritorijų (Pearson, Dawson, 2003).

Kai kada ekspansiją už įprasto arealo ribų riboja tam tikri augalų – apdulkintojų ryšiai, jei naujoje vietoje šių nėra. O kai kada – priešingai – augalas negali migruoti ir praplėsti arealo ribų dėl naujoje vietoje gyvenančių vabzdžių, ar žvėrių, mintančių jo lapais ir trukdančių įsitvirtinti. Vienas iš tokių pavyzdžių – šiaurės Šveicarijoje augantis *Betula pubescens*, kurio arealo ribų plėtimąsi stabdo šiaurinių elnių bei kai kurių vabzdžių mitimas jo lapais (Van Bogaert *et al.*, 2011)

Vienas iš svarbių sėkmingos migracijos požymių yra geras sėklų produktyvumas, kokybė ir daigumas. Medžiai, lyginant su žoliniais augalais, daug lėčiau pasiekia generatyvinės brandos amžių, o dauguma jų sėklas išbarsto netoli motininio augalo (Renwick, Rocca, 2015).

Grubb (1977) vienu iš sėkmingo individų įsitvirtinimo naujoje vietoje bruožų įvardina gerą reprodukciją bei sėklų daigumą.

Klimatinės fluktuacijos dažnai vyksta arealo pakraščiuose, kur rūšys yra savo klimatinėse sąlygose toleravimo ribose, o klimatiniai ekstremumai su laiku vis didės (Renwick, Rocca, 2015).

Tam, kad būtų galima suprasti klimato kaitos poveikį, reikėtų atlikti ilgalaikius rūšių paplitimo monitoringus. Monitoringus ypač reikėtų atlikti ties arealo pakraščiu. Svarbiausia būtų įvertinti, kokie barjerai stabdo arealo plėtimąsi ir imtis veiksmų rūšių išsaugojimui. Geografiniai ir antropogeniniai barjerai pastaruoju metu yra didžiausias pavojus būsimai bioįvairovei (Meier *et al.*, 2012)

Kiekviena augalų populiacija turi savo klimatinis kintamuosius, kurie apriboja jos plitimą už savo arealo ribų. Šie kintamieji „įrėmina“ populiaciją tam tikrose klimatinėse veiksmų toleravimo ribose (angl. terminas *climate envelope*). Kai klimatas kinta, šios ribos taip pat pradeda judėti kartu su besikeičiančiu klimatu, o kad rūšis galėtų išlikti, ji turi judėti kartu ten, kur traukiasi jos klimatinės ribos. Kadangi patys augalai yra nejudrūs, labai svarbų vaidmenį atlieka jų sėklos, kurios įsitvirtina naujoje vietoje už tuometinių paplitimo ribų ir taip populiacija gali išlikti besikeičiant klimatui. Populiacijos plitimo greitis priklauso ir nuo paskleistų sėklų kiekio bei jų gebėjimo įsitvirtinti naujoje vietoje ir išgyventi iki generatyvinio amžiaus. Populiacijai ypač svarbu, kad individai ties arealo pakraščiu augtų dideliu tankiu, subrandintų ypač daug sėklų bei gebėtų išgyventi iki brandaus amžiaus. Visi šie veiksniai padidina populiacijos tikimybę greičiau pasivyti klimato pokyčius bei išlikti. Rūšys, kurios dėl tam tikrų barjerų negali pasivyti klimato kaitos, pasmerkotos išnykimui.

Vėlesnių sukcesijos stadijų medžiai paprastai vėluoja migruoti, palyginus su ankstyvosios sukcesijos medžiais, kurių generacija įvyksta greičiau ir gyvenimo trukmė trumpesnė. (Corlett, Westcott, 2013).

Klimato kaitos poveikis jau buvo vertinamas biomas, bendrijų ir rūšių lygmenimis. Augalų atsakas į klimato kaitą vyksta jiems geografiškai judant platuma arba aukščių skalėje. Remiantis klimatiniiais duomenimis, augalams yra sudaromi įvairūs ateities paplitimo modeliai. Atlikus augalų arealų pokyčių prognozes Pirėnų pusiasalyje, paaiškėjo, kad *Fagus sylvatica* bei *Quercus petraea* arealas su laiku (2080 m. prognozėmis) smarkiai sumažės. Tačiau pabrėžiama, kad prognozės sudarytos remiantis tik klimatiniiais duomenimis, todėl antropogeninė veikla bei kiti veiksniai irgi gali turėti įtakos būsimam arealui (Garzon *et al.*, 2008).

1.2.1.2. Kiti veiksniai

Brubaker (1986) teigia, kad medžių populiacijos plitimui į naujas teritorijas reikšmės turi ne tik klimatas, bet ir daug kitų faktorių: gyvenimo trukmė, sėklų produktyvumas ir sklaida, fenotipinis plastiškumas, genetinė įvairovė, konkurencija ir reakcija į atsiradusias pažaidas. Taip pat svarbūs ir organizmų tarpusavio ryšiai: augalo-gyvūno, augalo-vabzdžių bei kiti, kurie lemia, ar naujoje vietoje populiacija galės įsitvirtinti. Kai kuriais atvejais populiacija gali staigiai sumažėti ar išsiplėsti: tai įtakojama įvairių veiksnių. Pavyzdžiui, dėl žmogaus veiklos atsiradus buveinių pažaidoms ar fragmentacijai. Tokiu atveju sunku nustatyti, ar arealo ribos pasislinko dėl pažaidų, ar dėl vykstančios klimato kaitos (Brubaker, 1986).

1.2.2. Augalų arealo kitimo požymiai

Dauguma tyrimų nuspėja ar patvirtina, kad vykstant klimato kaitai, augalų atsakas į tai pasireiškia migracija link šiaurės arba reljefu aukštyrų, jei augalai auga kalnuotose vietovėse (Serra – Diaz *et al.*, 2016)

Anot Lenoir *et al.* (2009), pirmuosius arealo kaitos požymius ilgaamžiams augalams, kaip medžiams, gali parodyti sėjinukai bei jaunuolynai, kurie, skirtingai nei brandūs medžiai, geriausiai atspindės neseniai įvykusius klimato kaitos pokyčius (Lenoir *et al.*, 2009; Zhu *et al.*, 2012, 2014; Bell *et al.*, 2014)

Holoceno laikotarpiu augalų arealai nuolat keitėsi ir adaptuodavosi prie besikeičiančių klimato sąlygų. Pastaruoju metu keliamas klausimas, ar rūšys pasivys dabar ir ateityje besikeičiantį

klimatą. Vienoje iš studijų buvo tirtos 14 medžių rūšių ir jų būsimas paplitimo arealas. Nustatyta, kad tarprūšinė konkurencija sumažino arealo poslinkio greitį labiau nei makroklimatinės sąlygos.

Migracijos greitis priklauso individualiai nuo rūšies, jos gebėjimo konkuruoti, buveinių fragmentacijos bei klimatinių sąlygų. Prognozuojama, kad vėlesnės sukcesijos stadijos rūšys migruos daug lėčiau (Meier *et al.*, 2012).

Manoma, kad dabar vykstantis globalinis atšilimas vyks kur kas greičiau nei praeityje vykę atšilimai, todėl rūšims tampa ypač svarbu suspėti dabar ir ateityje kartu su klimato pokyčiais. Taip pat, lyginant dabartinį su praeityje vykusiais atšilimais, augalams tapo daug sunkiau migruoti dėl žmogaus stipriai paveikto kraštovaizdžio ir buveinių fragmentacijos (Davis, 1989).

Arealo pokyčiai pagrindė yra lemiami augalo gebėjimo įsikurti, augti, išgyventi bei plisti naujoje vietovėje.

Klimato modeliai nuspėja, kad skirtingi biomai migruoja į šiaurę ir klimato kaitos metu per 100 metų jie turėtų nukeliauti net 100 kilometrų. Meier *et al.*, (2012) atliktoje studijoje tiriami Europoje augančių medžių (tarp jų ir paprastojo skroblo) migracijos tempai. *Betula pendula* bei *Populus tremula* priskiriami prie ankstyvosios sukcesinės stadijos medžių, kurie greitai plinta (apie 10 kartų greičiau), visi likę, tarp jų ir skroblas, prie vėlyvos sukcesijos stadijos medžių, kuriems reikia laiko įsitvirtinti. Tyrimas parodė, kad migracijos tempas labai priklausė nuo vietos geografijos: Alpėse jis buvo itin greitas, o šiaurinėje bei pietinėje Europoje lėtesnis. Lyginant su buvusiais klimato kaitos laikotarpiais, 21 amžiuje stebimas vidutinis arealo pokyčio greitis yra sumažėjęs, o ypač tai pastebima su vėlyvesnių sukcesijų stadijų augalais. Taip pat buvo pastebėta, kad tirtos rūšys, kurios bandė kolonizuoti naujas vietas, turinčias didelę rūšių įvairovę, darė tai daug lėčiau dėl susidariusios didelės konkurencijos. Šio tyrimo rezultatai patvirtino, kad dėl žmogaus veiklos susidariusi buveinių fragmentacija apsunkina daugelio rūšių migraciją. Taip pat pastebėta, kad migracijos greitis Europos šiaurėje bei pietuose daug mažesnis, kur klimatas yra arba labai vėsus, arba labai sausas, o tai prailgina augalų gyvybinius ciklus.

Plitimo apribojimų, barjerų įvertinimas yra pagrindinis sunkumas, nustatant įvairių rūšių arealo pokyčių prognozes.

Nustatyta, kad individai savo paplitimo arealo pakraščiuose turi daug didesnes plitimo galimybes nei individai arealo gilumoje, todėl, stebėti arealo pakraštį, norint įvertinti būsimus pokyčius, yra itin svarbu (Darling *et al.*, 2008).

Jensen *et al.* (2004) tyrė būsimą paprastojo skroblo paplitimą Danijoje. Viena iš arealo pokyčių stebėjimo metodikų rėmėsi *Carpinus betulus* sėjinukų, jaunų ir brandžių medžių santykiu pasirinktuose tyrimo ploteliuose.

Dauguma šiaurės Europos fitogeografinių studijų remiasi šilčiausio ir šalčiausio mėnesio vidutinėmis temperatūromis, tačiau ši studija parodė, kad šie faktoriai neturi labai daug reikšmės

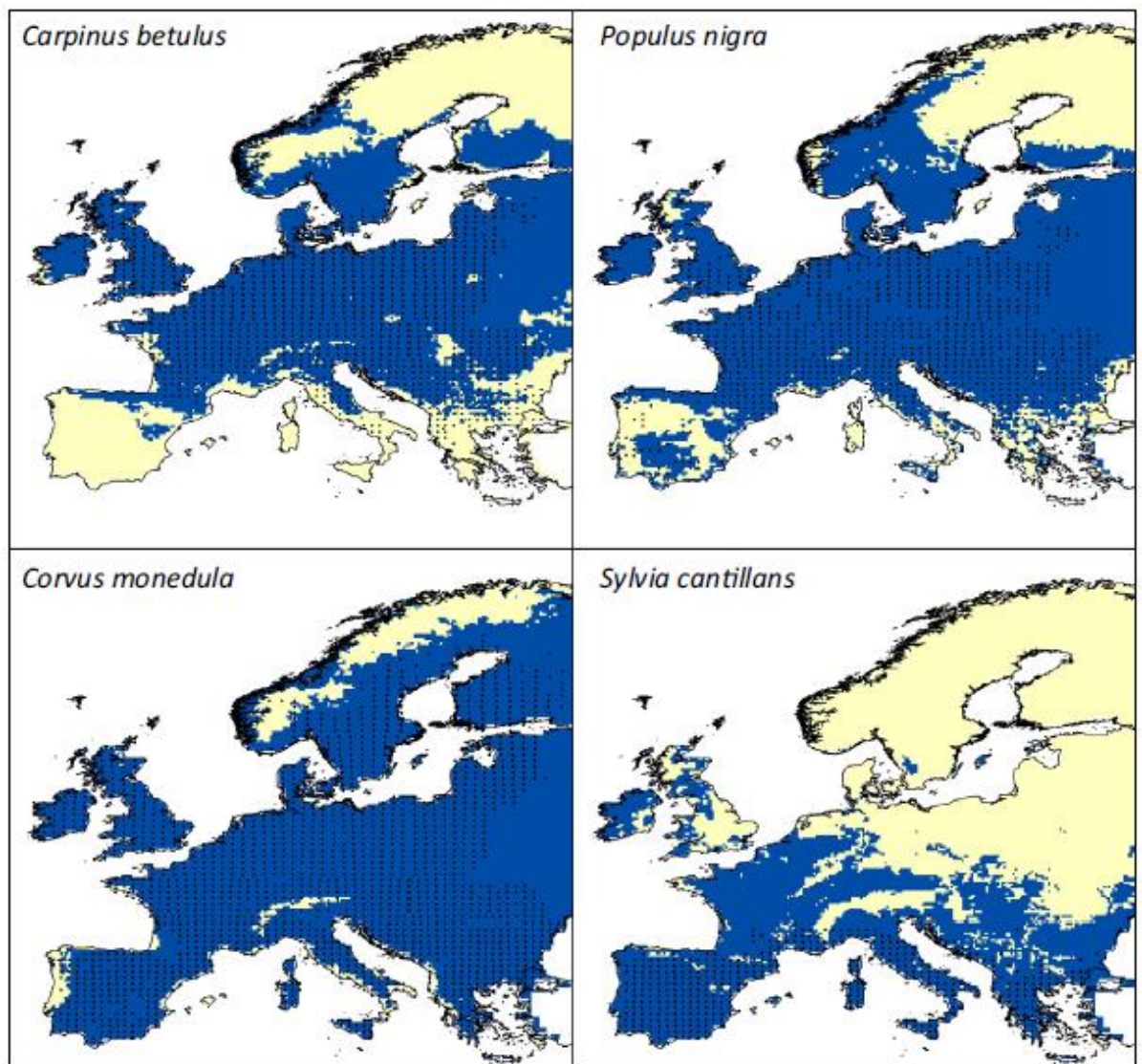
vertinant būsimą rūšies paplitimą. Taip pat ilgą laiką buvo teigiama, jog žema žiemos temperatūra riboja *Carpinus betulus* plitimą į šiaurę, tačiau šiauriniame Jutlande, kur vidutinė šalčiausio mėnesio temperatūra yra apie -0,8 °C, buvo aptikti natūralizavęsi skroblo individai. Tai rodo, kad Danijos atveju žiemos temperatūra nelabai turi reikšmės skroblo plitimui. Taip pat ištyrus, kodėl skroblas nėra paplitęs vakarinėje Danijos dalyje, paaiškėjo, kad tai gali būti dėl ten vyraujančių jaurinių dirvožemių, arba dėl šioje Danijos dalyje užsodintų spygliuočių plantacijų poveikio.

Lenkijoje 1988 metais buvo pastebėta, kad kai kuriose vietose dėl skroblo ekspansijos ir vykstančios sukcesijos buvo išstumtas ąžuolas ir vietoje jo įsigalėjo skroblas (Kwiatkowska, Wyszomirski, 1988). Tačiau dabar šiaurės rytų Lenkijoje, Belovežo girioje pastebėta vykstanti skroblo ekspansija galėtų būti atsakas į klimato kaitą (Bernadzki *et al.*, 1998). Kwiatkowska *et al.* (1997) Lenkijoje tyrė skroblo sėjinukų ir jaunų medžių santykį, Jensen *et al.* (2004) savo darbe taip pat mini sėjinukų, jaunų ir brandžių santykį, kuris gali parodyti skroblo arealo ribų keitimosi požymius.

Estrada *et al.*, 2016 savo darbe mini, kad tam tikri rūšių rodomi požymiai gali padėti numatyti klimato kaitos veikiamas besikeičiančias arealų ribas. Darbe minimi keturi pagrindiniai sėkmingi arealo judėjimo požymiai:

- Geras individų ar jo vegetatyvinių dalių sklidimas iš gimtosios vietos
- Atstumas, kurį rūšis gali nukeliauti
- Gebėjimas sukurti save palaikančią populiaciją
- Dauginimasis ir po jo vykstantis įsikūrimas naujoje vietoje

Šiame darbe buvo aprašytos tam tikros skroblo charakteristikos, turinčios reikšmę jo plitimui ir įsitvirtinimui naujose buveinėse. Paprastasis skroblas pasižymi neblogu gebėjimu plisti: sėklas platina paukščiai bei žinduoliai, sėklų masė 53 mg, ir plisti jis gali net 1500 m atstumu. Nepalankiomis sąlygomis skroblo sėklų bankas gyvybingas gali išlikti 1-5 metus. Pirmieji žiedai pasirodo 15 metų amžiuje. Gebėjimas plisti į naujas teritorijas įvertintas gerai. Pagal 2071 -2100 metams sudarytas klimato kaitos prognozes, paprastasis skroblas turėtų plėsti savo arealą šiaurės kryptimi (Estrada *et al.*, 2016) (7 pav.).



7 pav. Skirtingų medžių paplitimas pagal Estrada *et al.* (2016) sudarytas klimato kaitos prognozes 2071-2100 metais. Juodais taškais pažymėtas dabartinis paplitimas, mėlynai pažymėtos būsimos klimatinio požiūriu tinkamos teritorijos, geltonai – netinkamos.

Brubaker (1986) teigia, kad skirtingo amžiaus individai gali parodyti atsaką į vykstančius klimato pokyčius. Kartais lėtai augalų migracijai turi įtakos ilga jauno ir neproduktyvaus amžiaus medžio trukmė, kuri taip pat priklauso dar ir nuo vietos sąlygų.

Vienas iš svarbiausių augalų prisitaikymo prie kintančios aplinkos būdų yra jų augimo, reprodukcijos bei sukcesijos charakteristikų pakeitimas (Brubaker, 1986). Tai rodo, kad ties arealo pakraščiu augalas gali turėti kitus požymius, įskaitant fenotipinius ir morfologinius, nei arealo gilumoje. Arealo pakraštyje augalo augimas būna visiškai kitoks dėl vykstančių klimatinio variacijų (Brubaker, 1986).

Augalai gali parodyti atsaką į klimato kaitą tam tikrai požymiais. Tai savo darbe nagrinėja Vitasse *et al.*, (2012), kuris Šveicarijos kalnuose tyrinėjo medžių ekspansiją bei kaip keičiasi įvairių

medžių amžiaus grupių santykis arealo gilumoje, ties arealo riba ir aukščiau jos. Jo teigimu, sėjūnai kitaip nei brandūs medžiai reaguoja į klimato kaitą. Todėl buvo atliktas skirtingų amžiaus grupių santykio tyrimas, remiantis tam tikros amžiaus grupės individų buvimu/nebuvimu. 500 m² tyrimų ploteliai buvo išdėlioti ant 6 įsivaizduojamų transektų kas 25 m vietovės reljefo pakilimu. Medžiai buvo susikirstyti į 3 amžiaus bei aukščio kategorijas. Jaunų medžių ir sėjūnų augimas aukščiau suaugusių medžių paplitimo arealo gali rodyti atsaką į neseniai vykstantį klimato atšilimą.

Kitas straipsnis taip pat parodė, kad arealo poslinkis per laiką gali būti matuojamas lyginant jaunų ir subrendusių individų skaičių, kadangi šiltėjantis klimatas skatins sėjūnus plisti link šiaurės. Vertinant klimato kaitos poveikį besikeičiančiam arealui tai yra ypač svarbus požymis, rodantis būsimą arealo ekspansiją

Tyrimo plotuose buvo pastebėtas didesnis sėjūnų kiekis šiaurinėje populiacijoje, o tai rodo, kad rūšis slenkasi link šiaurės. (Monleon *et al.*, 2015).

Bell *et al.*, (2014) atliktoje studijoje buvo tirtos dvi skirtingos amžiaus grupės: sėjūnai ir brandūs medžiai ir jų santykio rodomas atsakas į arealo susitraukimą, plėtimąsi ar poslinkį, reguliuojamą klimato kaitos.

Sėklos ir augalo reprodukcija taip pat gali parodyti tam tikrus požymius kaip reakciją į besikeičiančias aplinkos sąlygas. Yra atlikti tyrimai, kad temperatūra kontroliuoja augalo paplitimą ir plitimą tolyn nuo savo arealo. Žemos temperatūros neleidžia augalams plisti – tai rodo sumažėjusi sėklų kokybė ir jų produktyvumas bei sėjūnų įsitvirtinimas (Woodward, Williams, 1987). Apie sėklas taip pat rašo Brubaker *et al.* (1986) – teigiama, kad medžio sėklų produkavimas yra ypač jautrus klimato pokyčiams ir tai rodo galybė sėklų vystymosi procesų, kurie tiesiogiai priklauso nuo temperatūros ir kitų klimatinių faktorių. O nuo vystymosi priklausys ir sėklos daigumas bei kiti biologiniai faktoriai.

Lapų morfologija irgi gali parodyti atsaką į vykstančią klimato kaitą. Vienas iš pavyzdžių – skirtingose geografinėse platumose tirta augalo *Dodonea viscosa* lapų variacija ir adaptacija. Tyrimai atskleidė, kad morfologinis lapų pokytis per laiką įvyko. Tai buvo nustatyta tiriant dabartinius ir herbariumo pavyzdžius. Lapų pavyzdžiai buvo rinkti tam tikru atstumu ir nuo individo surenkami 4-5 subrendę lapai, kurie po pilno išdžiovinimo buvo nuskenuoti. Buvo matuojamas lapų plotis, ilgis ir plotas. Herbariumo lapų pavyzdžiai parodė, kad per 127 metus lapų plotis sumažėjo 2 mm, o tai gali būti tiesioginis atsakas į vykstančią klimato kaitą (Guerin *et al.*, 2012). Tai patvirtina ir Gratani (2014) straipsnis, kuriame sumažėjęs *Quercus ilex* lapo plotas siūlomas kaip geriausias adaptyvumo rodiklis žemų temperatūrų keliamam stresui šiaurinėje augalo arealo dalyje matuoti.

Bijarpasi *et al.* (2019) taip pat teigia, kad lapų morfologija yra svarbus rodiklis tikrinant augalo atsaką į klimatines sąlygas. Šiame tyrime buvo atlikta *Fagus orientalis* lapų analizė, kuri

parodė, kad skirtingose aukštumose lapai rodė skirtingus požymius, lapų plotas sulig žemėjančia temperatūra mažėjo. Šio tyrimo rezultatai atskleidė, kad lapų morfologija gali prisitaikyti prie naujų sąlygų ir lapai gali būti įtakojami klimato kaitos. Šiame straipsnyje taip pat minimas kito mokslininko Ghorbanli *et al.* (2013) tirtas skroblo lapų ploto atsakas į skirtingų aukštumų klimatinės sąlygas patvirtina šią hipotezę.

Kitas reikšmingas straipsnis, parodęs paprastojo skroblo lapų mikromorfologinių ir makromorfologinių požymių kitimą kaip atsaką į įvairias klimatinės sąlygas (Paridari *et al.* (2013).

2. MOKSLINIO TYRIMO METODOLOGIJA

2.1. Vietovių parinkimas

Tyrimas buvo atliktas Lietuvos teritorijoje, trijose skirtingose geografinėse platumose esančiose paprastojo skroblo augimvietėse (8 pav.). Tyrimo vietos parinktos taip, kad išsidėliotų daugmaž vienoje ilgumoje Šiaurės – Pietų kryptimi ir apimtų tris skroblo paplitimui reikšmingas zonas: arealo gilumos; arealo pakraščio bei arealo salos (Navasatis ir kt., 2003) zoną.

Kadangi tyrimai vyko Lietuvos teritorijoje, toliausiai į šalies pietus nutolusi paprastojo skroblo populiacija šiuo atveju turėtų labiausiai atspindėti arealo gilumoje esančią, o, pasak Darling *et al.*, (2008) ji turėtų skirtis nuo arealo pakraštyje – Šiaurinėje paplitimo riboje esančios populiacijos. Salose esanti populiacija atspindi labiausiai į šiaurę nutolusią populiaciją, kuri turėtų skirtis nuo pakraštyje bei pietuose esančios (Bell *et al.*, 2014; Lenoir *et al.*, 2009).



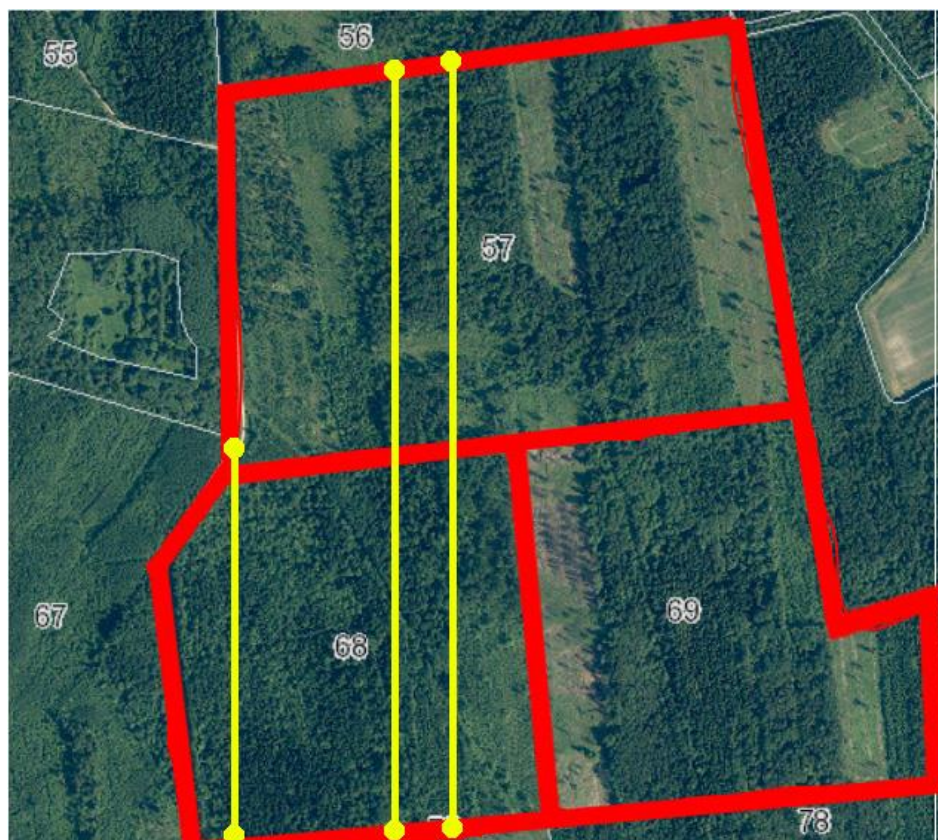
8 pav. Pasirinktos trijose geografinėse platumose esančios paprastojo skroblo populiacijos (pažymėta raudonu tašku).

Vietos buvo parinktos naudojantis „Geoportal“ svetainėje esančiais žemėlapiais bei miškų kadastro duomenimis.

Skirtingose geografinėse platumose esančios populiacijos, anot Estrada *et al.*, (2016), Guerin *et al.* (2012), Paridari *et al.* (2013) geriausiai turėtų parodyti morfologinius arealo kitimo požymius, todėl vietovės parinktos labiausiai nutolusios viena nuo kitos šiaurės – pietų kryptimi, šiauriniu atskaitos tašku pasirinkus vieną iš Raukčio aprašytų arealo salų. Taškai išdėlioti ne visai tiesia iš šiaurės į pietus einančia menama linija, kadangi buvo atsižvelgta į Lietuvoje esančias paprastojo skroblo augavietes. Tikslesnius duomenis apie kvartalus, kuriuose auga skroblas, pateikė atskiros girininkijos.

Remiantis Navasaičio ir kt. (2003) sudarytu skroblo paplitimo žemėlapiu, arealo salos tyrimams buvo pasirinktas girininkų nurodytas Raguvos miškas, medynų sudėtyje turintis skroblių ir esantis Panevėžio rajone bei priklausantis Raguvos girininkijai. Girininkų suteiktais duomenimis, skroblas čia auga 57, 68, 69 miško kvartaluose (9 pav.), nesudarydamas ištisų medynų.

Raguvos miškas pasižymi pelkingu lygumų reljefu, dirvožemiai – derlingi, kartais įmirkstantys velėniniai glėjiški ir glėjiniai susiaurėję priemoliai. Vyrauja eglynai (42 %), beržynai (30 %), drebulynai (13 %), juodalksnynai (11 %) ir kiti. Kultūrinės kilmės medynų 20 %, ūkinės kilmės miškų yra 92 %. Brandūs medžiai sudaro 24 %, jaunuolynai 31 %, medynų vidutinis amžius – 46 m. Plotas 5370 ha, miškų apaugę 4670 ha. (Masaitis ir kt., 1987).



9 pav. Raguvos miške esantys miško kvartalai su paprastuoju skrobly. Geltonai pažymėtos tyrimų transektos, raudonai – kvartalų ribos.

Ties šiaurine paprastojo skroblo paplitimo riba pasirinkta Žiežmarių girininkijoje, Kaukinės miške esanti populiacija. Kaukinės miškas yra Kaišiadorių rajone, 15 km nuo Žiežmarių ir užima 1840 ha plotą, iš kurio medynai sudaro ~1600 ha. Labiausiai paplitusios drėgnos augavietės. Miške daugiausia vyrauja eglynai (50 %), beržynai (13 %), juodalksnynai (11 %), drebulynai (10 %), skroblynai (7 %) bei kiti. (Malinauskas, 2000) Anot girininkų, skroblynai šiame miške aptinkami 110 – 171 kvartaluose, o jų arealo riba tampa autostrada Vilnius – Kaunas, kadangi kvartaluose už autostrados jau auga tik pavieniai medžiai.

Šalies pietuose, Šalčininkų rajono, Eišiškių girininkijai priklausančiame Pasiekos miške esanti paprastojo skroblo populiacija buvo pasirinkta kaip esanti arčiausiai šalies pietinės pasienio zonos bei menamos Šiaurės – Pietų linijos, brėžiamos žemyn nuo Raguvos miške esančios arealo salos. Girininkai nurodė 1087 bei 1088 kvartalus, kuriuose skrobilas sudaro medynus. Pasiekos miške reljefas nelygus, dirvožemiai jauriniai, silpnai sujaurėję smėliai bei velėniniai jauriniai priemėliai. Miškų masyvus sudaro pušynai (52 %), eglynai (33 %), beržynai (13 %), juodalksnynai ir kiti. Jaunuolynai sudaro 44 %, brandūs medžiai 6 % (Masaitis ir kt., 1987)

Lauko tyrimams kiekvienoje iš pasirinktų vietovių žemėlapyje buvo nubraižytos trys transektos, taip pat einančios šiaurės – pietų kryptimi (1 pav.). Transektų išsidėstymas pasirinktuose

miško kvartaluose buvo sugeneruotas atsitiktine tvarka, naudojant MS Excel programą. „Geoportal“ svetainės žemėlapyje pirmiausia buvo išmatuotas pasirinktų miško kvartalų bendras plotis ir tuomet sugeneruotos transektų linijų vietos. Tam atvejui, jei kažkurioje iš transektų nebūtų rasta tinkama tyrimui vieta, buvo sugeneruota papildoma – ketvirta – transekta. Transektos buvo brėžiamos per visą pasirinktų kvartalų ilgį, t.y., pradžia buvo laikoma viršutinė kvartalo riba. Jeigu į transektą pakliūdavo kirtimų ar ne miško zonos, šios buvo išimamos iš tyrimo ploto ir paliekami tik miško plotai (Jensen *et al.*, 2004).

Transektose esantys taškai priklausė nuo kiekvieno tyrimo individualiai.

2.2. Tyrimų medžiaga

Anksčiau aprašytose vietovėse buvo surinkta medžiaga trims lauko tyrimams: lapų morfologinių požymių, sėklų daigumo bei amžiaus grupių pasiskirstymo.

2.2.1. Lapai

Pirmiausia buvo surinkta medžiaga lapų morfologinių požymių analizei. Lapai rinkti rugpjūčio mėnesį, kuomet jų plotis jau būna pilnai susiformavęs.

Kiekviena iš 3 vietovių (arealo saloje, ties šiaurine paplitimo riba ir pietiniame taške) buvo padalinta į tris atsitiktinai sugeneruotas transektas. Kiekvienoje iš transektų buvo einama išilgai Šiaurės – Pietų kryptimi nuo miško kvartalo šiaurinio taško tol, kol tyrimo plotelis atitikdavo pasirinktus reikalavimus. Kiekvienoje transektoje buvo po vieną tyrimo plotelį. Tuomet taške nuimtos koordinatės „Geoportal“ programėle ir surinkta reikiama medžiaga.

Tyrimo plotai turėjo atitikti šiuos reikalavimus (Vitasse *et al.*, 2012):

- 12, 62 m spinduliu nuo transektos linijos braižytame apskritime, kuris sudarė 500 m², buvo ieškoma 5 skroblų 1.30 m kamieno aukštyje diametru 15 cm

- Pasirinkti skroblai turėjo turėti šakelių šiaurinėje pusėje 1.30 – 2.50 m aukštyje

- Taškai turėjo atitikti daugmaž panašias sąlygas apšvietimo, drėgmės, medynų požymiais.

Kadangi Excel programa sugeneravus transektose atsitiktinius tyrimo laukelių taškus, reikiamas skroblų kiekis į juos dažnai nepakliūdavo (ypač tai buvo problematiška arealo saloje), pasirinkta kita metodika – eiti nuo transektos pradžios, t. y., šiauriausio taško link pietų tol, kol 500 m² dydžio plotelyje atsirastų reikiamas kiekis brandžių skroblų.

Kiekviename 500 m² tyrimo plotelyje nuo kiekvieno iš penkių skroblų buvo renkamos trys 40-60 cm ilgio šakelės ir herbarizuojamos iki pilno džiovinimo (10 pav.). Viso surinktos 135 šakelės.



10 pav. Tyrimų vietose buvo renkamos paprastojo skroblo šakelės

Tuomet šakelės buvo džiovinamos GMC džiovinimo spintoje 72 valandas 80 C temperatūroje ir ištraukus iš džiovinimo spintos, nuskinami lapai iškart matuojamas lapų svoris (Bijarpasi *et al.*, 2019).

Lapai buvo nuskinami tokia atsitiktine tvarka: nuo šakelės viršaus imamas kas antras sveikas, nepa-eistas lapas. Taip nuo šakelės surenkamas 21 lapas, tuomet atmetami trys didžiausi ir 3 mažiausi, siekiant išvengti per didelės lapų variacijų paklaidos. Likę 15 lapų toliau matuojami skenuojant ir lyginant lapų plotį, aukštį su jų mase

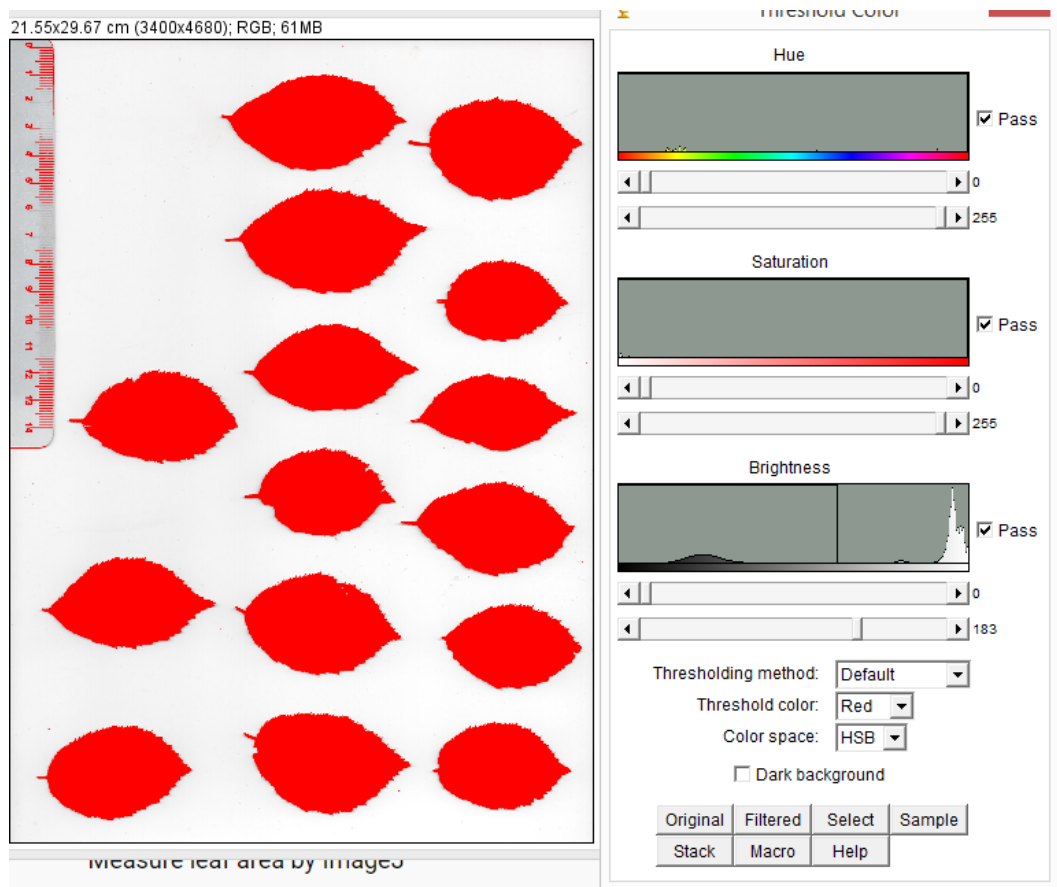
Tyrimams nuo kiekvienos šakelės atsitiktine tvarka buvo surinkti 7 lapai (imamas 1-3-5-7-9-11-13), iš viso nuo vieno medžio buvo surinktas 21 lapas. Kadangi lapų dydžiai kai kada labai varijavo, iš 21 surinkto lapo buvo atmetami 3 mažiausi ir 3 didžiausi, siekiant išvengti didelės lapų variacijų paklaidos, kol likdavo 15 lapų. Jie buvo pasverti trijų skaičių po kablelio tikslumu ir duomenys surašyti į lentelę.



11 pav. Sudžiovinti lapai buvo skenuojami

Tuomet sudžiovinti lapai buvo skenuojami (11 pav.) ir ImageJ 1.52 versijos programa matuojami jų morfometriniai parametrai: ilgis, plotis bei lapo plotas (Bijarpasi *et al.*, 2019) (12 pav.). Duomenys surašyti į lentelę (1 priedas).

Viso buvo pasverti ir išmatuoti 675 lapai, duomenys suvesti į lentelę lyginant lapų aukštį, plotį bei plotą su jų mase.



12 pav. ImageJ programa buvo matuojami morfometriniai lapų parametrai

2.2.2. Sėklų rinkimas ir daigumo tikrinimas

Sėkmingas rūšies įsitvirtinimas šiauriau arealo ribos yra lemiamas daug veiksnių. Vienas iš jų – sėklų kiekis ir kokybė, o tarp jų ir daigumas (Renwick, Rocca, 2015).

Populiacijos plitimo greitis priklauso nuo individo subrandinamų kiekio bei jų gebėjimo įsitvirtinti naujoje vietoje ir išgyventi iki generatyvinio amžiaus. (Corlett, Westcott, 2013).

Birutė Grybienė (2008) savo darbe tyrusi paprastąjį skroblą, nurodo, kad sėklinei medžiagai svarbu parinkti tinkamas buveines ir medynus. Reikėtų rinktis vyresnio amžiaus medžius, kadangi požymiai juose būna stabilesni, nei neseniai pradėjusio derėti medžio. Geriausia paprastojo skroblo riešutėlius rinkti nuo ne jaunesnių nei 30 metų amžiaus brandžių medžių. Pažeisti medynai negali būti naudojami sėklinei medžiagai rinkti.

Skroblių riešutėliai subręsta spalio – lapkričio mėnesį ir krenta per žiemą, tačiau geriausias laikas jas rinkti yra laiko tarpas nuo sėklų prinokimo iki išbyrėjimo. Surinktas sėklas pradžioje reikia apdžiovinti sausoje ir gerai vėdinamoje patalpoje. Tai padeda išvengti dėl drėgmės atsirandančio pelėsio, galinčio pažeisti sėklas.

Paprastojo skroblo, kaip ir daugelio kitų Lietuvoje augančių plačialapių medžių, sėkloms reikalingas stratifikacijos periodas tam, kad sėklos galėtų sudygti. Gamtoje tai nutinka natūraliai sėkloms pasislėpus po drėgna lapų paklote ir veikiamoms žemų temperatūrų. Skroblo sėkloms reikalinga stratifikacijos trukmė paprastai trunka apie 140 dienų. Sėklų dygimas priklauso nuo dirvožemio, klimato bei kitų aplinkos faktorių. Stratifikuojant dirbtinėje aplinkoje sėkmingam sėklų sudygimui yra labai svarbu tinkamo substrato parinkimas bei tinkamo drėgmės ir temperatūros bei aeracijos reguliavimas (Grybienė, 2008).

Tyrime pagal B. Grybienės darbe aprašomas rekomendacijas substratui buvo naudojamas smėlis.

Sėklų rinkimui buvo pasirinktos tos pačios atsitiktinumo tvarka sugeneruotos transektos bei tyrimo ploteliai, kaip ir lapų rinkimui, kadangi kiekviename iš šių laukelių buvo subrendusių medžių, mezgančių sėklas. Iš kiekvieno tyrimo laukelio (3 arealo saloje, 3 ties skroblo paplitimo pakraščiu bei 3 šalies pietinėje dalyje) buvo surinkta po 33 riešutėlius – viso 297. Pašalinti skristukai, riešutėliai nuvalyti ir paruošti stratifikacijai (B. Grybienė, 2008).

Į paruoštas talpas buvo supiltas drėgnas upės smėlis, sėklos į indus sudėliotos po 33 (iš kiekvienos transektos atskirai) ir užpiltos sluoksniu smėlio. Kad neišgaruotų drėgmė, indai buvo sudėti į maišus, retkarčiais patikrinant, ar netrūksta drėgmės, ir vėsioje, nešildomoje patalpoje pastatyti stratifikacijai.

Pastebėjus, kad sėklos pradėjo dygti, buvo nuimti maišai ir išnešta į šviesią patalpą. Balandžio 6 dieną buvo patikrintas daigumas ir duomenys surašyti į lentelę (1 priedas). Daigiomis buvo laikomos sėklos, kurios išleido pirmuosius lapelius.

2.2.3. Sėjinukų - jaunų – brandžių medžių santykis

Buvo atliktas skirtingų skroblo amžiaus grupių tyrimas tose pačiose lapų rinkimui pasirinktose transektose braižant 12,62 m spindulio apskritimo formos laukelius. Tik šiam tyrimui transekte buvo pasirinktas ne vienas taškas, o trys, tarp tyrimo laukelių paliekant bent 15 m atstumą. Einant nuo transektos viršaus pietų kryptimi, buvo ieškoma tinkama vieta tyrimui: kiekvienas tyrimo laukelis turėjo turėti bent po vieną brandų medį (diametras krūtinės aukštyje ≥ 0.15 m), kad būtų tikimybė laukelyje aptikti ir sėjinukų (Jensen *et.al.*, 2004)

Pasirinktame 500 m² tyrimo laukelyje ant transektos linijos buvo įkaltas kuoliukas ir ištiesta 12,62 m ilgio virvė, kuria buvo brėžiamas apskritimas ir skaičiuojami visi su virve besiliečiantys skirtingų amžiaus grupių skroblai:

-Sėjinukai < 0,5 m (0.00-0.50 m)

- Jauni medžiai 0,5 - 4 m, o jei aukštensni , nei >4 m , krūtinės aukštyje diametru < 0,15 m
- Brandūs medžiai > 4 m ir diametras krūtinės aukštyje. >= 0.15 m

Tyrimas buvo atliktas remiantis Vitasse *et al.*, (2012) nurodytais sėjinukų – jaunų brandžių medžių santykio matavimo parametrais.

Iš viso buvo išmatuoti 27 tyrimo laukeliai. Duomenys surašyti į lentelę (1 lentelė)

2.2.4. Panaudoti statistiniai duomenų apdorojimo metodai

Skroblo lapo rodikliai tirti dvifaktorine analize (ANOVA), kur vieta buvo apibūdinta kaip fiksuotas faktorius, o pakartojimas – kaip atsitiktinis faktorius. Normaliam duomenų pasiskirstymui buvo naudotas Shapiro-Wilk's, o duomenų homogeniškumui nustatyti buvo panaudotas Levene's testai. Duomenų linijiškumui pagerinti buvo panaudotas log-transformavimas. Lapo rodiklių vidurkiai tarp vietų buvo palyginti Tukey's honestly significant difference (HSD) testu ($p = 0.05$). Skaičiavimai buvo atlikti panaudojant statistinį programos Statistica 5.5 paketą (StatSoft Inc. 2000).

Pearsono koreliacija panaudota, nustatant tarpusavio ryšius tarp atskirų lapo rodiklių

Sėjinukų bei skirtingų medžių amžiaus grupių pasiskirstymo duomenys buvo apdoroti Microsoft Excel 2004 versijos programa.

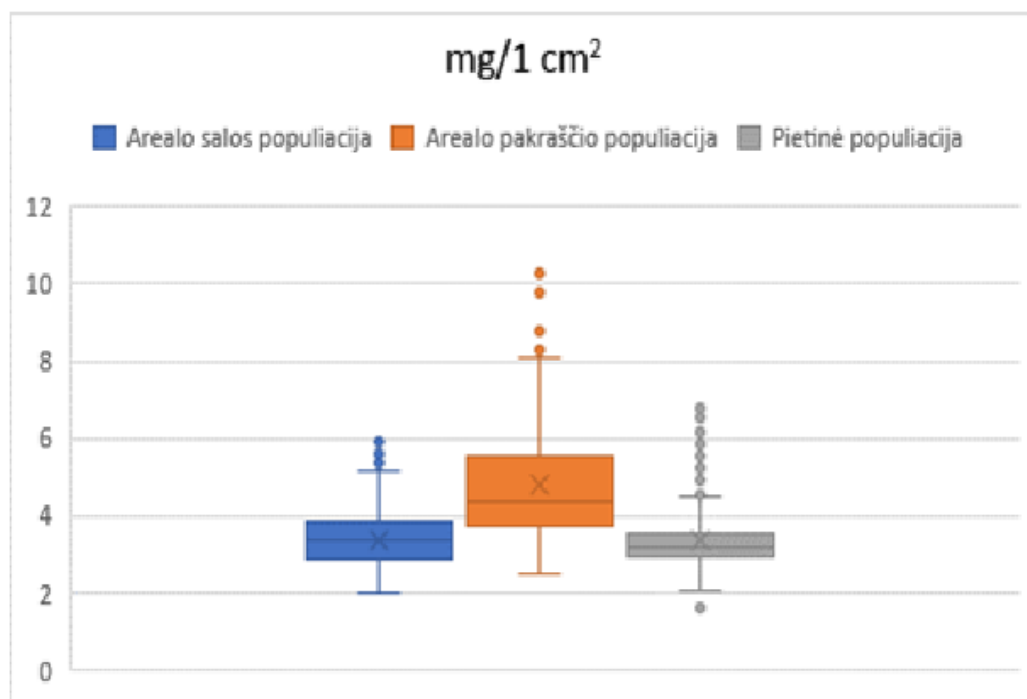
3. DUOMENŲ ANALIZĖ IR REZULTATŲ APŽVALGA

3.1. Tyrimų rezultatai

Viso buvo surinkti, pasverti ir išmatuoti 675 paprastojo skroblo lapai. Surinkti 297 skroblo riešutėliai ir palygintas skirtingų skroblo amžiaus grupių santykis 27-iuose 500 m² ploto tyrimo laukeliuose.

3.1.1. Lapų morfologija

Atlikus Wilkoksono testą (Multivariate Tests of Significance) koeficientas F skirtingoms tirtoms vietoms yra 33,5, o atskiros vietos pavyzdžiams (pakartojimams) lygus 13,4 (priedas Nr.1). Tai parodo, kad tiek tirta vieta, tiek pakartojimas joje turėjo reikšmingos įtakos ($p=0.0001$) skroblo lapo rodiklių pasiskirstymui. Pažymėtina, kad vietos įtaka tirtiems rodikliams didesnė. Atlikus testą su atskirais tirtais lapų parametrais (Univariate Results for Each DV), nustatyti esminiai skirtumai ($p=0.0001$) tarp tirtų vietovių: lapo plotui koeficientas F yra 34,4, lapo svoriui – 154,7, 1 cm² svoriui – 161,8, lapo pločiui – 43,7, lapo ilgiui – 14,6, lapo ilgio ir pločio santykiui – 9,3 (priedas Nr.2). Testo rezultatai leidžia teigti, kad tiriant morfologinius lapo požymius, reikšmingiausi skirtumai yra skaičiuojant 1 cm² /g sausos medžiagos svorį (Paridari *et al.*, 2013). (13 pav.).



13 pav. 1 cm² / g sausos medžiagos svorio statistiniai parametrai tirtose populiacijose

Atlikus Tukey's (HSD) testą ($P < 0,05$), nustatytas esminis skirtumas tarp tirtų vietų (a ir b pažymėtos homogeninės grupės, t. y. pagal daugumą parametų S1 ir S3 yra homogeniškos) (lentelė Nr. 1)

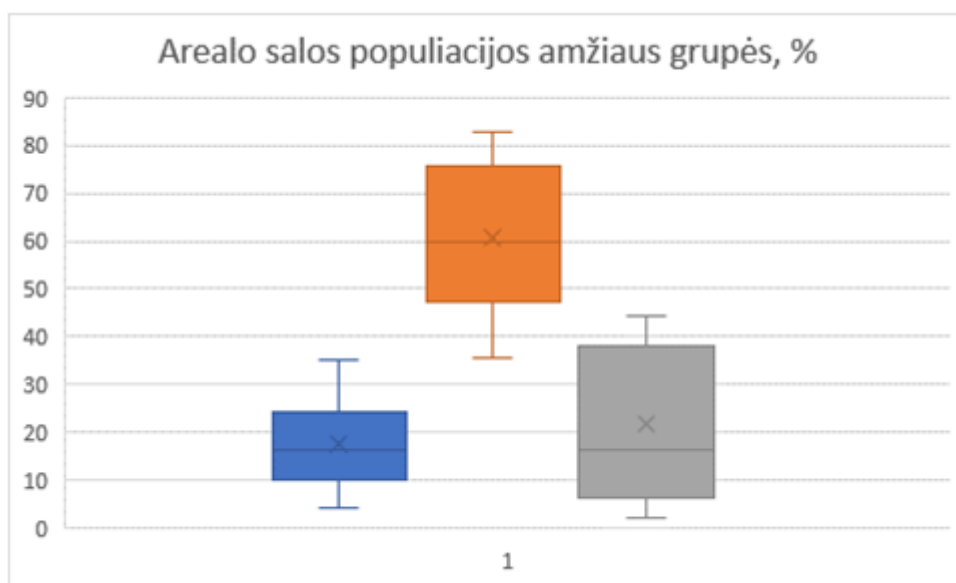
1 lentelė. Skroblo (*Carpinus betulus* L.) lapo rodiklių kintamumas tirtose vietose.

Vieta	Lapo plotas, cm ²	Lapo svoris, g	1 cm ² svoris	Lapo plotis, cm	Lapo ilgis, cm	Lapo ilgio ir pločio santykis
Arealo sala	15,9±0,28 b	0,054±0,00 b	0,003±0,00 b	3,5±0,04 b	6,3±0,07 b	1,8±0,02 a
Arealo pakraštys	19,2±0,36 a	0,091±0,00 a	0,005±0,00 a	3,9±0,04 a	6,8±0,07 a	1,7±0,01 b
Arealo pietūs	16,2±0,29 b	0,055±0,00 b	0,003±0,00 b	3,6±0,03 b	6,4±0,07 b	1,8±0,02 b
P>F	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001

Surinkti lapų morfologijos duomenys rodo, kad arealo salos augalų būklė yra panašesnė į piečiau areale augančių, t. y., augimo sąlygos (tiek klimatinės, tiek edafinės) yra panašios. Arealo pakraščio skirtumus, matomai, lemia mikroklimatinės ir edafinės konkrečios vietos augimo sąlygos tyrimo metais. Arealo pakraštyje tirti lapų rodikliai yra didesni, nei arealo pietuose ar saloje.

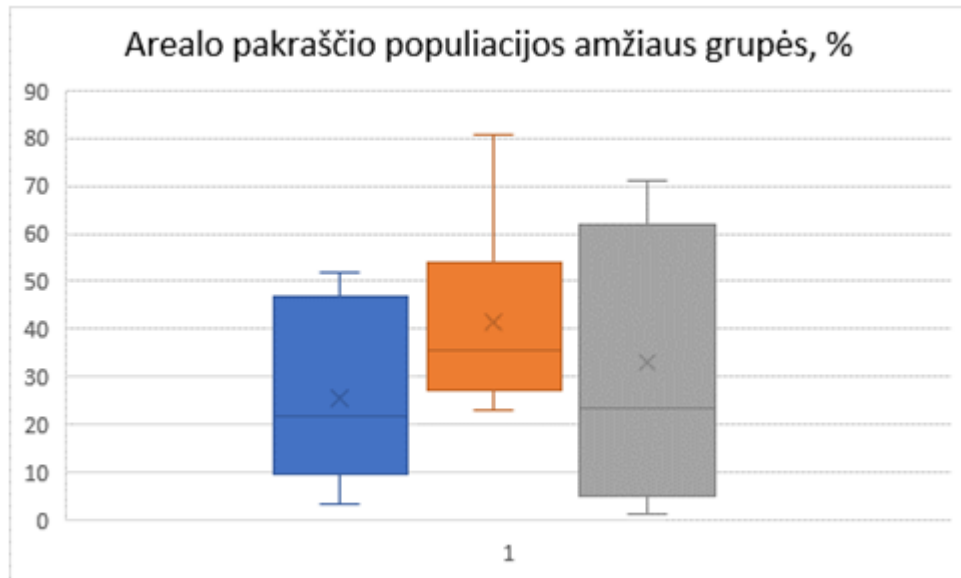
3.1.2. Sėjinukų ir brandžių medžių santykis

Arealo salos populiacijoje tyrimo laukeliuose sėjinukų vidutiniškai buvo 17,79%, jaunų medžių 68,69%, brandžių – 13,51% (14 pav.).



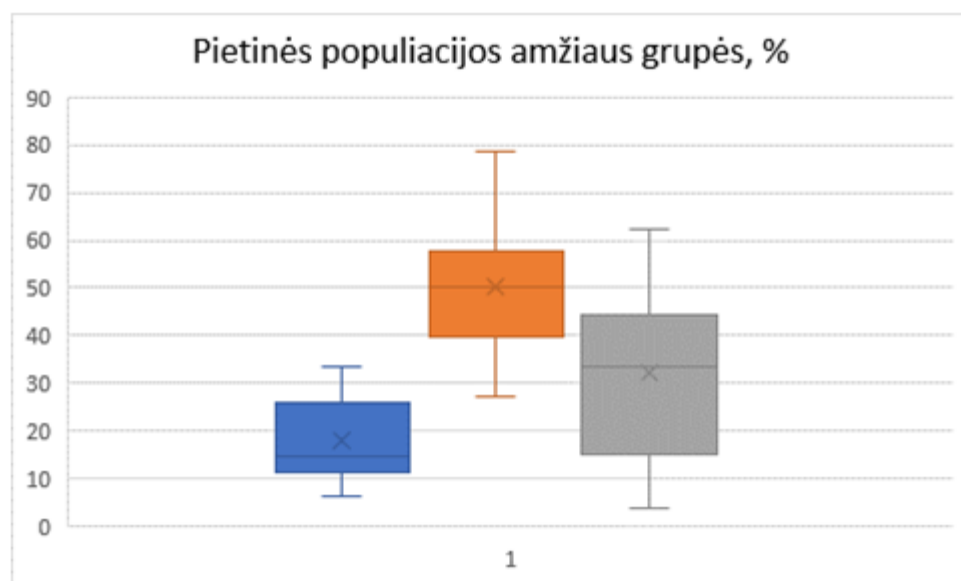
14 pav. Arealo salos populiacijos amžiaus grupių pasiskirstymas (mėlyna – sėjinukai, oranžinė – jauni medžiai, pilka – brandūs medžiai)

Arealo pakraštyje nėra patikimų skirtumų tarp procentinės atskirų amžių grupių augalų sudėties (sėjinukų vidutiniškai - 32,35%, jaunų - 45,59%, brandžių - 22,06%), tarpusavyje laukeliai labai skiriasi (15 pav.).



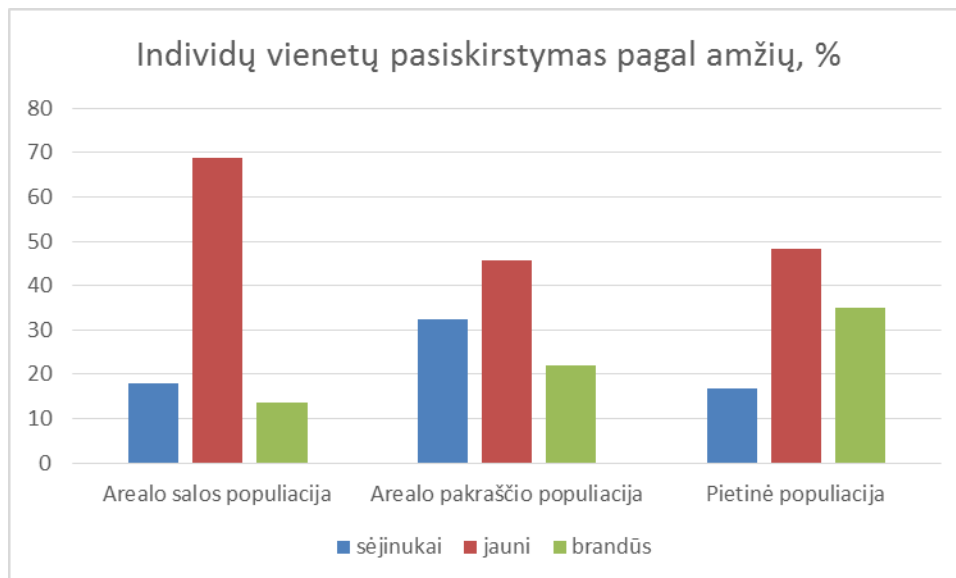
15 pav. Arealo pakraščio populiacijos amžiaus grupių pasiskirstymas (mėlyna – sėjinukai, oranžinė – jauni medžiai, pilka – brandūs medžiai)

Arealo pietinės populiacijoje tyrimo laukeliuose sėjinukų vidutiniškai buvo 16,82%, jaunų medžių 48,16%, brandžių – 35,02% (16 pav.).



16 pav. Šalies pietuose esančios populiacijos amžiaus grupių pasiskirstymas (mėlyna – sėjinukai, oranžinė – jauni medžiai, pilka – brandūs medžiai)

Lyginant visas tris tirtas populiacijas tarpusavyje daugiausiai informacijos apie vykstančius ilgalaikius pokyčius suteikia jaunų ir brandžių medžių santykis, o apie trumpalaikius – sėjinukų kiekis (17 pav.).



17 pav. Individų procentinis pasiskirstymas tirtose 3 vietovėse

Lyginant visas tris populiacijas, daugiausiai sėjinukų rasta arealo pakraščio populiacijoje, o tai atitinka Darling *et al.* (2008) teiginį, kad „individai savo paplitimo arealo pakraščiuose turi daug didesnes plitimo galimybes nei individai arealo gilumoje“, šiek tiek mažiau – arealo salos bei pietinėje populiacijoje. Daugiausiai jaunų medžių buvo arealo salos populiacijoje – net 70 % . Brandžių medžių santykis didžiausias pietinėje populiacijoje.

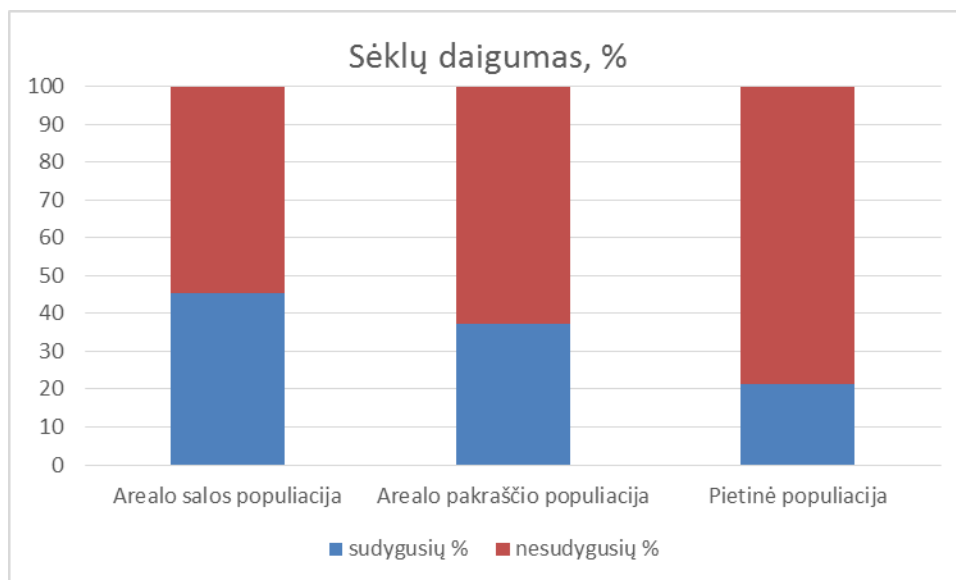
Ieškant arealo pokyčių simptomų šie duomenys labai svarbūs. Kaip ir galima tikėtis, brandžių medžių sąlyginai daugiausiai yra pietinėje dalyje, kur populiacija turėtų būti stabiliausia. Kiek netikėtai didžiausias sėjinukų skaičius rastas ne saloje, o arealo pakraščio populiacijoje, bet tai galėtų paaiškinti lapų morfologijos tyrimų rezultatai, kurių metu arealo pakraščio populiacija irgi išsiskyrė, galimai dėl augimvietės ypatumų. Arealo saloje individų pagal amžių pasiskirstymas signalizuoja, kad augimo sąlygos pagerėjo prieš dešimtmetį ar du, o tai galėtų rodyti klimato pokyčio įtaką skroblo arealui.

3.1.3. Sėklų daigumas

Paprastojo skroblo sėklų daigumo tyrimas geriausią daigumą parodė Panevėžio - arealo salos, esančios Raguvos miške, populiacijoje – daugiau nei 40 procentų (4 pav.).

Kaišiadorių rajone, Kaukinės miške esanti šiaurinė skroblo paplitimo pakraščio populiacija turėjo kiek mažesnę daigumą – šiek tiek mažiau nei 40 procentų.

Šalies pietuose, Šalčininkų rajone esanti populiacija parodė mažiausią daigumą – kiek daugiau nei 20 procentų (18 pav.).



18 pav. Paprastojo skroblo sėklų procentinis daigumas skirtingose populiacijose

Sėklų daigumo tyrimas nerodo arealo pokyčių požymių. Galima kelti prielaidą, kad tokį daigumą nulėmė 2019 m. klimatinės sąlygos sėklų brandimo laikotarpi

4. TYRIMŲ REZULTATŲ APTARIMAS

Literatūrinė apžvalga parodė, kad klimato kaitos veikiami arealo pokyčiai gali būti tiriami tam tikrais metodais, tokiais, kaip lapų morfologinių požymių analizė, skirtingų amžiaus grupių pasiskirstymo skirtingose arealo platumose santykiu, taip pat sėklų daigumo tyrimais.

Tyrimams pasirinktos trys vietovės, viena esanti skroblo arealo Lietuvoje gilumoje, antra oficialaus arealo pakraštyje, trečia – arealo saloje. Analizuoti lapų morfologinių požymių, sėklų daigumo bei amžiaus grupių pasiskirstymo duomenys numatytuose tyrimų plotuose.

Nustatyta, kad tiriant lapų morfologiją, patikimiausias statistiškai rodiklis yra lapo sausos masės kiekis 1 cm^2 . Kitų rodiklių (lapo ploto, ilgio, pločio) patikimumas yra mažesnis.

Tiriant lapų morfologiją, gauti nevienareikšmiai rezultatai, galimai susiję su trumpu (vienų metų duomenys) tyrimų laikotarpiu ir papildomais aplinkos (didžiausia tikimybė, kad edafiniais) veiksniais. Analizuoti duomenys pietinėje tyrimų vietoje ir arealo pakraštyje atitinka daugelio autorių (Darling *et al.* 2008; Renwick, Rocca, 2015; Corlett, Westcott, 2013) teiginius, kad arealo pakraštyje augalai skiriasi savo morfologinėmis savybėmis, bet arealo salos duomenys tam prieštarauja ir leidžia teigti, kad tirtose arealo saloje augimo sąlygos yra panašesnės į arealo gilumos, o ne į arealo ribos. Tai galėtų būti vienas iš simptomų, rodantis, kad reali arealo riba yra pasislinkusi keičiantis klimatinėms sąlygoms.

Daug informacijos apie tirtose vietovėse vykstančius skroblo populiacijos pokyčius suteikia pasiskirstymas pagal amžiaus grupes: čia vėl susidurta su nevienareikšmiais tyrimų rezultatais, kurie netiesiogiai rodo, kad augimo sąlygų pokytis vyko paskutiniaisiais dešimtmečiais, t. y. arealo saloje dominuoja ne sėjinukai, o jauni medžiai. Tačiau, arealo pakraščio populiacija pagal amžiaus pasiskirstymą atitinka teorinius tokių vietų amžiaus pasiskirstymo dėsningumas, t.y. sėjinukų dalis yra santykinai didelė. Tad norint teigti, kad aptikti arealo pokyčiai, būtina ištirti daugiau arealo salų ir pakraščių.

Tyrimo rezultatai labai priešaringi. Teoriškai būtų galima daryti prielaidą, kad arealas nepakitęs, pietinėje populiacijoje daigumas turėtų būti geriausias ir mažėti lik arealo pakraščio bei salų, o jei arealas visoje Lietuvoje ribojamas tik žmogaus ūkinės veiklos – tai daigumas tirtose augimvietėse turėtų būti vienodas. Galima kelti prielaidą, kad tokį daigumą nulėmė tyrimų metų klimatinės sąlygos sėklų brendimo laikotarpiu.

Yra prielaidų teigti (nei pagal vieną tirtą parametą negauti tipiškai skirtingoms arealo dalims būdingi rezultatai), kad skroblo populiacijos arealą XXI amžiuje daugiau riboja žmogaus ūkinė veikla, nei klimatinės sąlygos.

IŠVADOS

1. Arealo salos augalų būklė (remiantis lapų morfologija) yra panašesnė į piečiau areale augančių, t. y., augimo sąlygos (tiek klimatinės, tiek edafinės) šiose augimvietėse 2019 metais buvo panašios.

2. Arealo saloje individų pagal amžių pasiskirstymas signalizuoja, kad augimo sąlygos pagerėjo prieš dešimtmetį ar du, o tai galėtų rodyti klimato pokyčio įtaką skroblo arealui.

3. Sėklų daigumo tyrimo metu gauti rezultatai nepatvirtina nei arealo pokyčio, nei arealo stabilumo.

4. Yra prielaidų teigti, kad skroblo populiacijos arealą XXI -ame amžiuje daugiau riboja žmogaus ūkinė veikla bei edafinės sąlygos, nei klimatinės sąlygos.

LITERATŪRA

1. Aubin I., Boisvert-Marsh L., Kebli, H., McKenney, D., Pedlar, J., Lawrence, K., Hogg E. H., Boulanger Y., Gauthier S., Ste-Marie, C. (2018). Tree vulnerability to climate change: Improving exposure-based assessments using traits as indicators of sensitivity. *Ecosphere*, 9(2), N/a. DOI: 10.1002/ecs2.2108
2. Bell, D., Bradford, J., & Lauenroth, W. (2014). Early indicators of change: Divergent climate envelopes between tree life stages imply range shifts in the western United States. *Global Ecology and Biogeography*, 23(2), 168-180. DOI.org/10.1111/geb.12109
3. Benito Garzón, M., Sánchez de Dios, R., & Sainz Ollero, H. (2008). Effects of climate change on the distribution of Iberian tree species. *Applied Vegetation Science*, 11(2), 169-178. DOI.org/10.3170/2008-7-18348
4. Bernadzki, E., Bolibok, L., Brzeziecki, B., Zajaczkowski, J., & Żybura, H. (1998). Compositional dynamics of natural forests in the Białowieża National Park, northeastern Poland. *Journal of Vegetation Science*, 9(2), 229-238.
5. Bijarpasi Mahboobeh Mohebi, Shahraji Taymour Rostami, & Lahiji Habiboallah Samizadeh. (2019). Genetic variability and heritability of some morphological and physiological traits in *Fagus orientalis* Lipsky along an elevation gradient in Hyrcanian forests. *Folia Oecologica*, 46(1), 45-53. DOI.org/10.2478/foecol-2019-0007
6. Biondi, E., Casavecchia, and Pesaresi. "Nitrophilous and Ruderal Species as Indicators of Climate Change. Case Study from the Italian Adriatic Coast." *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with All Aspects of Plant Biology* 146.1 (2012): 134-42. Web. DOI.org/10.1371/journal.pone.0068850
7. Bodin, Jeanne, Vincent Badeau, Eric Bruno, Catherine Cluzeau, Jean-Marc Moisselin, Gian-Reto Walther, and Jean-Luc Dupouey. "Shifts of Forest Species along an Elevational Gradient in Southeast France: Climate Change or Stand Maturation?" *Journal of Vegetation Science* 24.2 (2013): 269-83. Web. DOI.org/10.1111/j.1654-1103.2012.01456.x
8. Brubaker, L. (1986). Responses of tree populations to climatic change. *Vegetatio*, 67(2), 119-130. DOI.org/10.1007/BF00037362
9. Climate Change, 2001. IPCC Third Assessment Report, 1. (2003).
10. Coart, E., Glabeke, S., Petit, V., Bockstaele, R., & Roldán-Ruiz, J. (2005). Range wide versus local patterns of genetic diversity in hornbeam (*Carpinus betulus* L.). *Conservation Genetics*, 6(2), 259-273. (gal nedēt šito) DOI.org/10.1007/s10592-004-7833-7

11. Corlett, R., & Westcott, D. (2013). Will plant movements keep up with climate change? *Trends in Ecology & Evolution*, 28(8), 482-488. DOI: 10.1016/j.tree.2013.04.003.
12. Darling, E., Samis, K., & Eckert, C. (2008). Increased seed dispersal potential towards geographic range limits in a Pacific coast dune plant. *New Phytologist*, 178(2), 424-435.
13. Davis, M. (1989) Lags in vegetation response to greenhouse warming. *Climatic Change*, 15, 75–82.
14. Estrada, A., Morales-Castilla, I., Caplat, P., & Early, R. (2016). Usefulness of Species Traits in Predicting Range Shifts. *Trends in Ecology & Evolution*, 31(3), 190-203. DOI: 10.1016/j.tree.2015.12.014.
15. Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, *Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*
16. Gabrilavičius, Rimvydas, Petrokas, Raimondas, & Danusevičius, Julius. (2013). *Retos medžių rūšys Lietuvos miškuose: Monografija*. Klaipėda: Baltic Printing House.
17. Gillison, Andrew N. "Plant Functional Indicators of Vegetation Response to Climate Change, past Present and Future: II. Modal Plant Functional Types as Response Indicators for Present and Future Climates." *Flora* 254 (2019): 31-58. Web DOI.org/10.1016/j.flora.2019.04.001
18. *Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth*
19. Gray, S., & Brady, S. (2016). Plant developmental responses to climate change. *Developmental Biology*, 419(1), 64-77. DOI.org/10.1016/j.ydbio.2016.07.023
20. Gratani, L. (2014). Plant phenotypic plasticity in response to environmental factors. *Advances in botany*, 2014.
21. Grybienė, B. (2018). Lietuvos paprastojo skroblo populiacijų ir šeimų palikuonių produktyvumo palyginimas bandomuosiuose želdiniuose: Magistro darbas. Kaunas: Aleksandro Stulginskio universitetas. Prieiga per eLABa – nacionalinė Lietuvos akademinė elektroninė biblioteka.
22. Grubb, P. J. (1977). The maintenance of species-richness in plant communities: the importance of the regeneration niche. *Biological reviews*, 52(1), 107-145. DOI/10.1111/j.1469-185X.1977.tb01347.x
23. Guerin, G., Wen, H., & Lowe, A. (2012). Leaf morphology shift linked to climate change. *Biology Letters*, 8(5), 882-886. DOI.org/10.1098/rsbl.2012.0458
24. IPCC, 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (Eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

25. IPCC, 2014: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A:*
26. Jackson, Stacy C. "Climate Change. Parallel Pursuit of Near-term and Long-term Climate Mitigation." *Science* (New York, N.Y.) 326.5952 (2009): 526-527. Web. DOI: 10.1126/science.1177042
27. Jensen, L., Lawesson, J., Balslev, H., & Forchhammer, M. (2003). Predicting the distribution of *Carpinus betulus* in Denmark with Ellenberg's Climate Quotient. *Nordic Journal of Botany*, 23(1), 57-67. DOI.org/10.1111/j.1756-1051.2003.tb00368.x
28. Kflay Gebrehiwot. Plant species responses to climate change: a review. *Climate Change*, 2017, 3(9), 6-19
29. Kullman, Leif, and Lisa Öberg. "Post-Little Ice Age Tree Line Rise and Climate Warming in the Swedish Scandes: A Landscape Ecological Perspective." *Journal of Ecology* 97.3 (2009): 415-29. Web. DOI.org/10.1111/j.1365-2745.2009.01488.x
30. Kwiatkowska, A., & Wyszomirski, J. (1988). Decline of *Potentillo albae*-*Quercetum* phytocoenoses associated with the invasion of *Carpinus betulus*. *Vegetatio*, 75(1), 49-55.
31. Kwiatkowska, Anna & Spalik, Krzysztof & Michalak, Elżbieta & Palińska, Anna & Panufnik, Dorota. (1997). Influence of the size and density of *Carpinus betulus* on the spatial distribution and rate of deletion of forest-floor species in thermophilous oak forest. *Plant Ecology*. 129. 1-10. 10.1023/A:1009708317294.
32. Leišis, Karolis. *Svetimkraščių Trako Rūšių Paplitimas Lietuvos Miškuose: Magistro Darbas*. Kaunas: Aleksandro Stulginskio Universitetas. Prieiga per ELABa – Nacionalinė Lietuvos Akademinė Elektroninė Biblioteka, 2014. Web.
33. Lenoir, Jonathan ; Gégout, Jean-Claude ; Pierrat, Jean-Claude ; Bontemps, Jean-Daniel ; Dhôte, Jean-François. (2009). Differences between tree species seedling and adult altitudinal distribution in mountain forests during the recent warm period (1986–2006). *Ecography*, 32(5), 765-777. DOI.org/10.1111/j.1600-0587.2009.05791.x
34. Leščiukaitis, Augutis, Augutis Danas, and Vilniaus Universitetas Gamtos Mokslų Fakultetas. *Paprastojo Skroblo (Carpinus Betulus) Paplitimo Lietuvos Teritorijoje Modeliavimas : Bakalauro Darbas / Matas Leščiukaitis ; Vilniaus Universitetas. Gamtos Mokslų Fakultetas*. Vilnius: Vilniaus Universitetas, 2009. Print.
35. Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos duomenys (<http://www.meteo.lt/lt/oro-temperatura>)
36. M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy,
37. Macel, M., Dostálek, T., Esch, S., Bucharová, A., Dam, N., Tielbörger, M., . . . Münzbergová, K. (2017). Evolutionary responses to climate change in a range expanding plant. *Oecologia*, 184(2), 543-554. DOI.org/10.1007/s00442-017-3864-x

38. Malinauskas V. *Kaukinės draustinis* (Kaišiadorių rajono saugomos gamtinės teritorijos). (2000). Vilnius: Daigai.
39. Masaitis – Simno *Tarybų Lietuvos Enciklopedija*. T. 3 (Masaitis-Simno). Vilnius: Vyriausioji Enciklopedijų Redakcija, 1987. 501 psl.
40. Meier, E., Lischke, H., Schmatz, D., & Zimmermann, N. (2012). Climate, competition and connectivity affect future migration and ranges of European trees. *Global Ecology and Biogeography*, 21(2), 164-178. DOI: 10.1111/j.1466-8238.2011.00669.x
41. Monleon, V., Lintz, H., & Delzon, S. (2015). Evidence of Tree Species' Range Shifts in a Complex Landscape (Shifts in Tree Species Distributions). 10(1), E0118069.
42. Ozolinčius, Remigijus, Edmundas Lekevičius, Vidas Stakėnas, Audronė Galvonaitė, Arūnas Samas, and Donatas Valiukas. "Lithuanian Forests and Climate Change: Possible Effects on Tree Species Composition." *European Journal of Forest Research* 133.1 (2014): 51-60. Web. DOI.org/10.1007/s10342-013-0735-9
43. Paridari, I., Jalali, C., Sonboli, S., Zarafshar, G., & Bruschi, A. (2013). Leaf macro- and micro-morphological altitudinal variability of *Carpinus betulus* in the Hyrcanian forest (Iran). *Journal of Forestry Research*, 24(2), 301-307. DOI.org/10.1007/s11676-013-0353-x
44. Pearson, R., & Dawson, T. (2003). Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: Are bioclimate envelope models useful? *Global Ecology and Biogeography*, 12(5), 361-371. DOI.org/10.1046/j.1466-822X.2003.00042.x
45. Pliura A, Jankauskiene J, Lygis V, Suchockas V, Bajerkevičienė G, Verbylaite R (2018). Response of juvenile progeny of seven forest tree species and their populations to simulated climate change-related stressors, heat, elevated humidity and drought. *iForest* 11: 374-388. - doi: 10.3832/ifor2340-011
46. Pliūra, A., Bajerkevičienė, G., Suchockas, V., Lygis, V., Jankauskienė, J., Labokas, J., & Verbylaitė, R. (2019). Septynių miško medžių rūšių atsakas į su klimato kaita susijusių veiksnių-šalno, karščio, sausrų, didesnio intensyvumo UV spinduliuotės ir didesnių ozono bei anglies dioksido koncentracijų kompleksinį poveikį jauname amžiuje. *Agrariniai ir miškininkystės mokslai: naujausi tyrimų rezultatai ir inovatyvūs sprendimai: mokslinės konferencijos pranešimai*, (9), 45-48.
47. Postolache, Dragoș, Popescu, Flaviu, Paule, Ladislav, Ballian, Dalibor, Zhelev, Peter, Fărcaș, Sorina, Badea, Ovidiu. (2017). Unique postglacial evolution of the hornbeam (*Carpinus betulus* L.) in the Carpathians and the Balkan Peninsula revealed by chloroplast DNA. *Science of the Total Environment*, 599-600, 1493-1502. DOI.org/10.1016/j.scitotenv.2017.05.062
48. Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1132 pp.

49. Renwick, K., & Rocca, M. (2015). Temporal context affects the observed rate of climate-driven range shifts in tree species. *Global Ecology and Biogeography*, 24(1), 44-51.
DOI.org/10.1111/geb.12240
50. Ruiz-Labourdette, Diego, María Fe Schmitz, and Francisco D Pineda. "Changes in Tree Species Composition in Mediterranean Mountains under Climate Change: Indicators for Conservation Planning." *Ecological Indicators* 24 (2013): 310-23. Web.
DOI.org/10.1016/j.ecolind.2012.06.021.
51. S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University
52. Serra-Diaz, J., Franklin, J., Dillon, W., Syphard, A., Davis, F., & Meentemeyer, R. (2016). California forests show early indications of both range shifts and local persistence under climate change. *Global Ecology and Biogeography*, 25(2), 164-175.
DOI.org/10.1111/geb.12396
53. Sikkema, R., G. Caudullo, and D. de Rigo. "Carpinus betulus in Europe: distribution, habitat, usage and threats." European Atlas of Forest Tree Species; Publications Office of the European Union: Luxembourg (2016): 73-75.
54. Tebèra A., Tebèra T. (2012). Lietuvos skroblynų paplitimas ir jų produktyvumas. Prevalence and productivity of hornbeam stands in Lithuania. *Miškininkystė Ir Kraštotvarka*, Miškininkystė ir kraštotvarka. 2012, 1 (2), p. 23-38. ISSN 2345-0002
Miškininkystė ir kraštotvarka.
55. Van Bogaert, R., Haneca, K., Hoogesteger, J., Jonasson, C., De Dapper, M., & Callaghan, T. (2011). A century of tree line changes in sub-Arctic Sweden shows local and regional variability and only a minor influence of 20th century climate warming. *Journal of Biogeography*, 38(5), 907-921. DOI.org/10.1111/j.1365-2699.2010.02453.x
56. Vitasse, Y., Hoch, G., Randin, C., Lenz, A., Kollas, C., & Körner, C. (2012). Tree recruitment of European tree species at their current upper elevational limits in the Swiss Alps. *Journal of Biogeography*, 39(8), 1439-1449.
57. Woodall, C., Oswalt, C., Westfall, J., Perry, C., Nelson, M., & Finley, A. (2009). An indicator of tree migration in forests of the eastern United States. *Forest Ecology and Management*, 257(5), 1434-1444.
58. Woodward, F., & Williams, I. (1987). Climate and plant distribution at global and local scales. *Vegetatio*, 69(1), 189-197.
59. Zhu, K., Woodall, C., & Clark, J. (2012). Failure to migrate: Lack of tree range expansion in response to climate change. *Global Change Biology*, 18(3), 1042-1052.
DOI.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02571.x

60. Zhu, K., Woodall, C., Ghosh, S., Gelfand, A., & Clark, J. (2014). Dual impacts of climate change: Forest migration and turnover through life history. *Global Change Biology*, 20(1), 251-264. DOI.org/10.1111/gcb.12382

SANTRAUKA

PAPRASTOJO SKROBLO (*CARPINUS BETULUS* L.) AREALO LIETUVOJE POKYČIŲ SIMPTOMAI

Eglė Jūrėnaitė

Paprastasis skroblas (*Carpinus betulus* L.) – savaiminis Lietuvos miškų medis, kurio šiaurinė arealo riba eina per Lietuvą. Šią ribą dar 1925-1926 metais nustatė J. Ruktys, vėliau ją šiek tiek koregavo kiti mokslininkai, tačiau didelių pokyčių nepastebėta.

M. Leščiukaitis (2009) savo darbe naudodamasis ArcGis, Lietuvos Respublikos miškų kadastro bei OpenModeller programos duomenimis skroblo arealo riboms nustatyti, teigia, jog minėtų mokslininkų nustatytos arealo ribos su programos gautais duomenimis nesutampa ir anot jo, skroblas dabar turėtų augti beveik visoje Lietuvos teritorijoje.

Šio darbo tikslas - patvirtinti/paneigti hipotezę, jog paprastojo skroblo (*Carpinus betulus* L.) biologiniai požymiai rodo kintančio arealo simptomus. Darbo uždaviniai: parinkti tris šalies teritorijoje esančias paprastojo skroblo populiacijas, kurios galėtų geriausiai atskleisti arealo pokyčių simptomus; parinkti tris biologinius požymius, kurie parodytų paprastojo skroblo atsaką į areale vykstančius pokyčius ir pasirinktose populiacijose atlikti tyrimą; palyginti pasirinktų paprastojo skroblo populiacijų biologinių požymių skirtumus.

Paprastojo skroblo arealo Lietuvoje pokyčių simptomai buvo tirti vietovėms pasirenkant tris skirtingas geografines platumas: arealo saloje (Panevėžio raj.), ties arealo pakraščiu (Kaišiadorių raj.) ir šalies pietuose (Šalčininkų raj.). Atlikti tyrimai pagal tris biologinius požymius: lapų morfologiją, sėjinukų/jaunų/brandžių medžių santykį bei sėklų daigumą.

Tyrimai parodė, kad arealo salos augalų būklė (remiantis lapų morfologija) yra panašesnė į piečiau areale esančias populiacijas. Tai rodo, jog jų augimo sąlygos (tiek klimatinės, tiek edafinės) šiose augimvietėse 2019 metais buvo panašios. Arealo saloje individų pagal amžių pasiskirstymas signalizuoja, kad augimo sąlygos pagerėjo prieš dešimtmetį ar du, o tai galėtų rodyti klimato pokyčio įtaką skroblo arealui. Sėklų daigumo tyrimas neparodė arealo pokyčių požymių.

Raktažodžiai: paprastasis skroblas, *Carpinus betulus*, arealo poslinkis, arealo riba, klimato kaita

SUMMARY

SYMPTOMS OF EUROPEAN HORNBEAM (*CARPINUS BETULUS* L.) RANGE SHIFT IN LITHUANIA

Eglė Jūrėnaitė

European hornbeam (*Carpinus betulus* L.) is a common forest tree species in Lithuania, which reaches the northern limit of its range in Lithuania. The boundary of its range was measured and set by J. Rautkys in the year 1925-1926. Later, other scientists also tried to specify the range boundary, but the results showed no significant changes on the range shift.

In the year 2009 M. Leščiukaitis in his work was using the data of ArcGis, the Forest Cadastre of the Republic of Lithuania and the OpenModeller program to determine the range boundaries of the European hornbeam in Lithuania and states that according to the program and results, European hornbeam currently can grow almost in all Lithuania country.

The aim of this study is to confirm/deny the hypothesis that European hornbeam must show some biological symptoms of its changing range in Lithuania regarding the data mentioned above.

Three populations of different latitudes in Lithuania were selected for the survey: in the North of the country, called the island of distribution, on the range margin and in the South. Also three biological traits were selected for the investigation to measure: leaf morphological traits; seedling – sapling and mature tree proportion; and germination of seed. All three populations were compared to each other.

Studies have shown that according to leaf morphological traits the population in the North on the range island is more similar to the populations in the south of the country. This indicates that their growth conditions (both climatic and edaphic) in these habitats were similar in the year 2019. Also the tree age on the range island showed that the growth conditions there are more suitable than a decade or two ago. This could indicate the impact of climate change on the European hornbeam habitat in the North. Seed germination has showed no signs of habitat changes.

Keywords: European hornbeam, *Carpinus betulus*, range shift, climate change, Northern range

PRIEDAI

1 priedas.

Skroblo lapų morfologinių požymių rodikliai (atlikus Wilkoxsono testą)

Multivariate Tests of Significance (lapas skroblas.sta)						
Sigma-restricted parameterization						
Effective hypothesis decomposition						
				Effect	Error	
	Test	Value	F	df	df	p
SITE	Wilks	0,590121	33,5	12	1332	0,0001
BLOCK	Wilks	0,892276	13,4	6	666	0,0001

2 priedas.

Atskirai tirti lapų parametrai (Univariate Results for Each DV)

Univariate Results for Each DV (lapas skroblas.sta)													
Sigma-restricted parameterization													
Effective hypothesis decomposition													
	Degr. of Freedom	LAP O_S F	LAP O_S p	LAPO _W F	LAPO _W p	W_C M2 F	W_C M2 p	LAPO _PL F	LAPO _PL p	LAP O_L F	LAP O_L p	L_ PL F	L_P L p
SITE	2	34,4	0,0001	154,7	0,0001	161,8	0,0001	43,7	0,0001	14,6	0,0001	9,3	0,0001
BLOCK	1	15,0	0,0001	3,2	0,072	50,5	0,0001	22,6	0,0001	5,3	0,021	4,9	0,027
Error	671												
Total	674												