

**VILNIAUS UNIVERSITETAS**

**LAURAS BALAKAUSKAS**

**VĒLYVOJO LEDYNMEČIO IR HOLOCENO MIŠKŲ AUGALIJOS RAIDA LIETUVOJE  
LRA (KRAŠTOVAIZDŽIO ATKŪRIMO ALGORITMO) MODELIAVIMO  
DUOMENIMIS**

Daktaro disertacija  
Fiziniai mokslai, geologija (05 P)

Vilnius, 2012

Disertacija rengta 2007-2012 metais Vilniaus universitete.

**Mokslinis vadovas:**

Prof. Habil. Dr. Emer. Meilutė Kabailienė (Vilniaus universitetas, fiziniai mokslai, geologija – 05 P)

**Konsultantas:**

Habil. Dr. Jonas Mažeika (Gamtos tyrimų centras, Geologijos ir geografijos institutas, fiziniai mokslai, geologija – 05 P)

## TURINYS

ĮVADAS .....	6
1. ANKSTESNIŲ TYRIMŲ APŽVALGA .....	13
1.1. Kiekybinis augalijos sudėties atkūrimas pagal žiedadulkių duomenis .....	13
1.2. Praeities augalijos atkūrimui pagal žiedadulkių duomenis skirtos modeliavimo programinės įrangos raida ir GIS taikymo pavyzdžiai..	20
1.3. Vėlyvojo ledynmečio ir holoceno nuosėdų žiedadulkių tyrimų Lietuvos ežerų, pelkių ir Baltijos jūros nuosėdų storymėse apžvalga	23
1.4. Vėlyvojo ledynmečio ir holoceno augalijos taksonominės sudėties atkūrimo Lietuvoje tyrimų apžvalga .....	25
2. TYRIMŲ METODIKA.....	29
2.1. Naujų nuosėdų pjūvių bei paviršinių žiedadulkių pavyzdžių surinkimo lauko darbų metodika .....	29
2.2. Laboratorinio žiedadulkių pavyzdžių paruošimo ir žiedadulkių analizės metodika .....	30
2.3. Nuosėdų radioaktyviosios anglies datavimas .....	32
2.4. Žiedadulkių duomenų bazės projektavimas.....	32
2.5. Duomenų įvedimo metodika.....	39
2.6. Duomenų įkėlimas.....	44
2.7. Izožiedadulkių žemėlapių sudarymo metodika.....	46
2.8. Dabartinės augalijos žemėlapių sudarymo metodika .....	53
2.9. Žiedadulkių spektrų prognozavimo metodika .....	61
2.10. Paleoaugalijos žemėlapių sudarymo metodika.....	66

2.11. Praeities augalijos modeliavimo prielaidos ir galimi paklaidų šaltiniai.....	71
2.12. Tolimesnio žiedadulkių duomenų bazės taikymo, žiedadulkių spektrų prognozių ir praeities augalijos Lietuvoje modeliavimo galimybės.....	80
3. TYRIMŲ REZULTATAI.....	84
3.1. Naujai ištirti nuosėdų pjūviai.....	84
3.2. Naujai ištirtų nuosėdų pjūvių vietinės žiedadulkių zonos..	90
3.3. Radioaktyviosios anglies datavimas ir chronologija.....	109
3.4. Dabartinės augalijos žemėlapiai.....	113
3.5. Šiuolaikinių žiedadulkių spektrų prognozės ir žiedadulkių analizės rezultatai bei jų palyginimas.....	115
3.6. Žiedadulkių teritorinis pasiskirstymas vėlyvajame ledynmetyje ir holocene.....	134
3.7. Augalijos teritorinis pasiskirstymas vėlyvajame ledynmetyje ir holocene.....	170
4. AUGALIJOS RAIDA VĒLYVAJAME LEDYNMETYJE IR HOLOCENE .....	202
4.1. Atkurtos augalijos sudėties palyginimas su ankstesnių tyrimų duomenimis ir šiuolaikine augalija .....	202
4.2. Vėlyvojo ledynmečio ir holoceno miškų augalijos raida Lietuvoje LRA modeliavimo duomenimis ir jos sugretinimas su kitų tyrinėtojų duomenimis.....	207
4.3. Žmogaus ūkinės veiklos požymiai Lietuvos žiedadulkių diagramose .....	233

4.4. Augalijos sudėties priklausomybė nuo kvartero nuogulų litologijos .....	244
IŠVADOS .....	249
LITERATŪROS SĄRAŠAS.....	252
AUTORIAUS PUBLIKACIJŲ SĄRAŠAS.....	282

## **ĮVADAS**

Žiedadulkių analizės duomenys naudojami įvairių geologinių laikotarpių augalijos sudėties atkūrimui nuo pat šio metodo atsiradimo (von Post, 1916). Vėlyvojo ledynmečio ir holoceno paleoekologijoje tai vienas dažniausiai naudojamų ir daugiausiai svarbios informacijos suteikiančių metodų (Lowe, Walker, 1997). Augalai žiedadulkes užaugina labai dideliais kiekiais ir jos paskleidžiamos plačioje teritorijoje, siekiančioje tūkstančius kilometrų. Be to, žiedadulkės pasižymi puikiomis atsparumo savybėmis ir pelkinėse bei ežerinėse nuosėdose išlieka tūkstančius metų (Moore et al., 1991). Todėl analizuojant iškastinių žiedadulkių spektrus galima gauti informacijos apie praeities augalijos sudėtį.

**Tyrimo objekto charakteristika.** Nepaisant metodo populiarumo, augalijos sudėties atkūrimas pagal žiedadulkių tyrimo duomenis yra sudėtingas uždavinys. Interpretuojant žiedadulkių duomenis negalime vadovautis prielaida, kad žiedadulkių spektras (vieno nuosėdų pavyzdžio žiedadulkių sudėtis) vienareikšmiškai atitinka buvusios augalijos sudėtį. Ryšys tarp žiedadulkių ir augalijos nėra linijinis, o žiedadulkių sudėtis skiriasi nuo buvusios augalijos sudėties dėl visos eilės faktorių. Vienas svarbiausių faktorių – tai skirtingas įvairių augalų žiedadulkių produktyvumas (Andersen, 1970; Кабайлене, 1973; Sugita, 1994). Vienos augalų rūšys pagamina daugiau žiedadulkių, kitos – mažiau. Pavyzdžiui, pastebėta, kad vabzdžių apdulkinami augalai pagamina žymiai mažiau žiedadulkių, nei augalai, kurių žiedadulkes perneša vėjas (Faegri, Iversen, 1989). Nevienodos ir išlikimo savybės – prasčiau išlieka drebulės, uosio, klevo žiedadulkės (Moore et al., 1991). Svarbus ir atstumas nuo žiedadulkių šaltinio. Suprantama, kad toliau nuo nusėdimo vietos augantis augalas mažiau įtakos žiedadulkių spektrą, nei arčiau augantis augalas. Todėl neretai yra sunku pasakyti ar žiedadulkių spektras įtakotas nedidelio kiekio arti augančių augalų, ar toliau augančio, bet

žymiai didesnio augalų masyvo. Įtakos žiedadulkių spektrui turi ir tokie faktoriai kaip augalų amžius, jų augimo sąlygos, žiedadulkių svoris, morfologija, mechaninės savybės, nusėdimo greitis, vyravusios vėjo kryptys bei turbulencija, sedimentacinio baseino dydis ir t.t. (Jacobsen, Bradshaw, 1981; Кабайлене, 1973; Kabailienė, 1990; Sugita, 1994).

Žiedadulkių duomenų interpretacijos, o tuo pačiu ir augalijos atkūrimo kokybę lemia tikslus ryšio tarp apylinkių augalijos ir ją atitinkančių žiedadulkių spektrų nustatymas. Šis kompleksiškas ryšys, iš pradžių vertintas daugiau intuityviai (pvz., Firbas, 1934; Iversen, 1941; Faegri, Ottestad, 1948), palaipsniui ėmė įgauti matematinę išraišką. Tobulėjant skaitmeniniams metodams ir vystantis informacinėms technologijoms, buvo kuriami vis sudėtingesni žiedadulkių-augalijos priklausomybės modeliai (Davis, 1963; Andersen, 1970; Кабайлене, 1969; 1973; Prentice, 1985; Sugita, 1994; Sugita et al., 1999), įgalinantys tikslesnį augalijos atkūrimą (Kabailienė, 1985; Bunting, 2003; Nielsen, 2003; Nielsen, Odgaard, 2005; Gaillard et al., 2010 ir t.t.).

Poreikis detaliems praeities augalijos sudėties duomenims nuolat auga (Moore et al., 1991), tačiau dauguma tyrimų dar vis yra nukreipti į regioninės augalijos atkūrimą. Detaliems tyrimams paprastai užkerta kelią iškastinių žiedadulkių duomenų bei informacijos apdorojimo metodologijos trūkumas. Šias problemas galėtų išspręsti geoinformacinių sistemų (GIS) panaudojimas tinkamu būdu sudarytoms žiedadulkių duomenų bazėms, talpinančioms didelius kiekius žiedadulkių duomenų. Geoinformacinės sistemos leidžia apdoroti didelius geografinės informacijos kiekius, atlikti jų analizę, įvairius matematinius bei statistinius skaičiavimus, interpoliavimą, automatizuojant darbo eigą ir tokiu būdu didinant darbo našumą (Maguire et al., 2005; Harder et al., 2011; Krivoruchko, 2011).

Geoinformacinės sistemos – sąlyginai nauja technologija, vis labiau besiskverbianti į įvairias mokslo šakas. Tačiau žiedadulkių tyrimuose, nepaisant reikšmingo potencialo, jos taikomos gana ribotai. Dažniausiai jos yra naudojamos praeities augalijos bei žiedadulkių spektrų (izožiedadulkių) žemėlapių bei kartoschemų sudarymui (Hooghiemstra et al., 1987; Ren, Beug, 1999; Ralska-Jasiewiczowa et al., 2004 ir kt.). Tuo tarpu, plačios GIS analizės galimybės dar tik pradedamos naudoti žiedadulkių – augalijos priklausomybės tyrimams ir tai kol kas tėra tik pavienės studijos (Fyfe, 2006; Flantua et al., 2007). Šiuo darbu siekiama panaudoti ne tik GIS duomenų vizualizavimo bei analizės potencialą, bet ir automatizuoto skaičiavimo privalumus ir tokiu būdu pasiekti aukštą praeities augalijos sudėties duomenų tikslumą ir detalumą.

**Praktinė darbo reikšmė.** Šiame darbe pateikiami detalaus vėlyvojo ledynmečio ir holoceno miškų augalijos sudėties atkūrimo rezultatai, suteikiantys svarbų kontekstą tolimesniems paleogeografiniams bei archeologiniams tyrimams Lietuvos teritorijoje. Šiuose tyrimuose sėkmingai panaudota Lietuvos žiedadulkių duomenų bazė suprojektuota taip, kad galėtų būti plečiama tiek jos apimtis, tiek saugomos informacijos įvairovė, taip pritaikant duomenų bazę kitų pažangių žiedadulkių duomenų interpretavimo bei tikslaus (kiekybinio) modeliavimo metodų panaudojimui.

**Tyrimų tikslas.** Pagrindinis šio darbo tikslas – kuo detaliau ir tiksliau atkurti Lietuvos vėlyvojo ledynmečio ir holoceno miškų augalijos (svrbiausių medžių taksonų) sudėtį bei jos kaitą, išnaudojant egzistuojančius žiedadulkių-augalijos priklausomybės modelius bei geoinformacinių technologijų teikiamus privalumus.

Darbo **uždaviniai** yra šie:

1. Papildyti turimus Lietuvoje gręžinių vėlyvojo ledynmečio ir holoceno nuosėdų žiedadulkių duomenis naujai ištirtais nuosėdų pjūviais;



2. Sudaryti Lietuvos gręžinių ir atodangų vėlyvojo ledynmečio ir holoceno nuosėdų žiedadulkių duomenų bazę;

3. Sudaryti žiedadulkių paplitimo Lietuvoje (izožiedadulkių) žemėlapius įvairiems vėlyvojo ledynmečio ir holoceno laikotarpiams;

4. Įvertinti dažniausiai naudojamų žiedadulkių – augalijos priklausomybės funkcijų efektyvumą Lietuvos sąlygose;

5. Atkurti Lietuvos vėlyvojo ledynmečio ir holoceno miškų sudėtį naudojant turimus žiedadulkių duomenis bei pasirinktą žiedadulkių – augalijos priklausomybės funkciją, ištirti svarbiausių miškų medžių migracijos kelius iš gretimų teritorijų;

6. Sudaryti paleoaugalijos žemėlapius pagrindiniams vėlyvojo ledynmečio ir holoceno laikotarpiams ir jų medžių taksonams.

**Ginamieji teiginiai.** Disertacinio darbo uždavinių sprendimas ir gauti tyrimo rezultatai įgalino suformuluoti šiuos ginamuosius teiginius:

1. Geoinformacinės žiedadulkių duomenų bazės panaudojimas kartu su automatizuotos GIS analizės priemonėmis bei žiedadulkių – augalijos priklausomybės funkcijomis įgalina detalų praeities augalijos taksonominės sudėties atkūrimą.

2. Geriausi rezultatai modeliuojant praeities augalijos taksonominę sudėtį pasiekiami naudojant I. C. Prentice (1985, 1988) bei S. Sugita (1993, 1994) sukurtus modelius, todėl Lietuvos praeities augalijos taksonominės sudėties atkūrimui taikytinas LRA algoritmas (Sugita, 2007a; 2007b).

3. Sudaryti izožiedadulkių žemėlapiai koreliuoja su panašių studijų kaimyninėse šalyse rezultatais, todėl turimi žiedadulkių duomenys yra tinkami augalijos sudėties atkūrimui.

4. Paleoaugalijos žemėlapiuose išryškėjantys skirtumai Lietuvos teritorijoje daugiausiai nulemti klimatinių sąlygų, augalų migracijos bei kvartero nuogulų litologijos.

5. Šiltesniais vėlyvojo ledynmečio laikotarpiais ir holoceno pradžioje pionierinė augalija (beržynai) buvo labiau būdinga šiaurinei Lietuvos daliai. Pilnai susiformavus augalijai, jos diferenciacijos pobūdis atspindi paviršines kvartero nuogulas. Holoceno viduryje atšalus klimatui ir intensyvėjant žmogaus veiklai, mažėja miško medžių taksonų įvairovė ir įsivyrėja spygliuočių miškai.

**Darbo naujumas.** Disertacijoje pateikiami penkių naujų žiedadulkių pjūvių duomenys, sudaryta reliacinė žiedadulkių duomenų bazė, panaudojant pažangias GIS technologijas bei programines erdvinio apdorojimo priemones reikšmingai detalizuotos žinios apie Lietuvos vėlyvojo ledynmečio ir holoceno augaliją. Praeities augalijos sudėties atkūrimo rezultatai pateikiami paleoaugalijos žemėlapiuose, kiekybiškai parodančiuose augalijos kaitą plote.

**Mokslinio darbo rengimas.** Pirmųjų darbų disertacijos tema pradžia laikytini 2000 m. Nuo 2000 m. autorius dirbdamas Vilniaus universiteto Geologijos ir mineralogijos katedroje vykdė nuosėdų gręžinių ir paviršinių nuosėdų pavyzdžių žiedadulkių analizę bei GIS programinės įrangos pagalba sudarinėjo žiedadulkių spektrų prognozių modelius. Nuo 2007 m. autorius pradėjo dienas geologijos krypties doktorantūros studijas Vilniaus universiteto Geologijos ir mineralogijos katedroje. Šio mokslinio darbo pagrindas – nauja geologinė informacija, gauta autoriui betarpiškai atliekant lauko ir laboratorinius tyrimus, bendradarbiaujant su Vilniaus Universiteto, Gamtos tyrimų centro Geologijos ir geografijos bei Botanikos institutu, Lietuvos istorijos instituto darbuotojais, tarptautinių projektų POLLANDCAL ir Landclim 10000 dalyviais, kaupiant ir sisteminant kitų tyrėjų paskelbtą

informaciją bei apdorojant sukauptus duomenis geoinformacinėmis priemonėmis ir modeliuojant vėlyvojo ledynmečio ir holoceno Lietuvos augaliją.

Disertacijos rengimo metu ištirti 275 nuosėdų žiedadulkių pavyzdžiai penkiuose iki šiol netirtuose ežerų ir pelkių grėžiniuose, paremti 34 radioaktyviosios anglies datų chronologija, taip pat ištirta 15 paviršinių nuosėdų žiedadulkių pavyzdžių. Kazimieriškės miško aikštelėje vienerius metus (2005-2006 m.) buvo atliekamas žiedadulkių monitoringas. Disertacijos rėmuose buvo sudaryta Lietuvos žiedadulkių duomenų bazė, kurioje sukaupti duomenys apie 313 Lietuvos žiedadulkių pjūvių (metaduomenys, 121 tikslios žiedadulkių sudėties lentelė, 214 OSL/AMS/<sup>14</sup>C datų, 220 skenuotų žiedadulkių diagramų, 56 susijusių publikacijų elektroninės versijos, grėžinių ir atodangų litologiniai aprašymai). Remiantis 98 pjūvių duomenimis bei LRA modeliavimu buvo atliktas kiekybinis praeities augalijos sudėties atkūrimas. Žiedadulkių duomenų bazės pagrindu buvo sudaryti izožiedadulkių bei paleoaugalijos žemėlapiai trylikai labiausiai Lietuvoje paplitusių medžių taksonų, dvylikai (paleoaugalijos – vienuolikai) vėlyvojo ledynmečio ir holoceno laikotarpių.

**Mokslinio darbo aprobacija.** Nuo 2000 m., kai autorius paskelbė pirmuosius savo darbų rezultatus, pranešimai darbo tema buvo pristatyti penkiose mokslinėse konferencijose (Lietuvoje, Lenkijoje, Estijoje, Graikijoje, Šveicarijoje), individualiai bei su bendraautorais buvo parengtos 6 publikacijos, iš kurių 2 straipsniai atspausdinti periodiniuose leidiniuose, įrašytuose į Mokslinės informacijos instituto pagrindinių žurnalų sąrašą.

**Darbo struktūra.** Disertaciją sudaro įvadas, 4 skyriai, išvados, naudotos literatūros (244 šaltiniai) ir autoriaus publikacijų (6 publikacijos) sąrašai. Disertacijos apimtis – 282 puslapiai teksto, 127 paveikslai, 15 lentelių.

**Padėka.** Autorius nuoširdžiai dėkoja darbo vadovei prof. emer. habil. dr. Meilutei Kabailienei ir konsultantui habil. dr. Jonui Mažeikai už suteiktas metodines žinias ir nuoširdžią pagalbą visų doktorantūros studijų metu. Taip pat prof. Shinya Sugita (Tartu universitetas, Estija), prof. Marie-José Gaillard-Lemdahl (Kalmaro universitetas, Švedija) bei kitiems Nordforsk LANDCLIM 10000 projekto dalyviams, pasidalinusiems žiedadulkių-augalijos modeliavimo žiniomis; prof. Heikki Seppä (Helsinkio universitetas, Suomija) ir prof. Dan Hammarlund (Lundo universitetas, Švedija) už suteiktą lauko darbų įrangą bei metodines konsultacijas; prof. emer. habil. dr. Meilutei Kabailienei, dr. Miglei Stančikaitei, dr. N.Savukynienei ir Linai Macijauskaitei už suteiktus žiedadulkių duomenis; doc. dr. Valdemarui Šimėnui, dr. Laurynui Kurilai, dr. Andrai Simniškytei-Strimaitienei (Istorijos ir archeologijos institutas, Vilnius), dr. Juliui Taminskui, dr. Kazimierui Diliui (Gamtos tyrimų centro Geologijos ir geografijos institutas), dr. Sigitui Radzevičiui ir Linai Macijauskaitei už pagalbą lauko darbų metu, Vilniaus universiteto Geologijos ir mineralogijos katedros vedėjams prof. dr. Gediminui Motuzai Matuzevičiui ir prof. dr. Petru Šinkūnui bei visiems katedros darbuotojams už malonų ir produktyvų bendradarbiavimą visų doktorantūros studijų metu.

Doktorantūros tyrimus iš dalies finansavo Lietuvos mokslo taryba (sutarties Nr. LEK-03/2010).

# 1. ANKSTESNIŲ TYRIMŲ APŽVALGA

## 1.1. Kiekybinis augalijos sudėties atkūrimas pagal žiedadulkių duomenis

Pirmaisiais dešimtmečiais po žiedadulkių analizės metodo atsiradimo, žinios apie priklausomybę tarp žiedadulkių spektrų ir augalijos buvo gana paviršutiniškos. Tačiau šiuo laikotarpiu buvo intensyviai tyrinėjama žiedadulkių sklaida (Pohl, 1933; 1937; Rempe, 1937; Colwell, 1951; Wright, 1952) ir taip gilinamas šios kompleksinės priklausomybės supratimas.

Reikšmingą postūmį žiedadulkių sklaidos tyrimams suteikė O. G. Sutton'o (1953) darbas, kuriame pateikiamos kietųjų dalelių judėjimo ore charakteristikos. Sutton'o formulė buvo dažnai naudojama vėlesniuose tyrimuose kaip pagrindas žiedadulkių sklaidai ore modeliuoti (Кабайлене, 1969; 1973; Prentice, 1985; Sugita, 1994; Sugita et al., 1999 ir kt.).

Dar vienas aspektas, svarbus žiedadulkių duomenų interpretacijai, buvo nustatytas F. Fagerlind'o (1952). Šio atradimo esmė yra tai, kad žiedadulkių kiekiai išreikšti procentais priklauso ne tik nuo augalijos ir žiedadulkių sklaidos, bet taip pat ir nuo kitų taksonų procentinių kiekių. Kadangi visų žiedadulkių taksonų procentinių išraiškų suma visuomet yra lygi 100, bet koks nukrypimas nuo vienodo žiedadulkių pasiskirstymo tarp skirtingų taksonų neišvengiamai sukelia žiedadulkių kiekių iškraipymus. Pavyzdžiui, 98 % žiedadulkių spektro sudarančio taksono absoliutinį žiedadulkių skaičių padidinę dvigubai, gausime apie 99 %, tuo tarpu likusių taksonų kiekis bus išreikštas nebe 2 %, o 1 %, nors jų absoliutinis skaičius ir nepakito. Ši problema, vadinama Fagerlind'o efektu, buvo svarbus iššūkis žiedadulkių duomenų interpretuotojams, ir ypač – kiekybiniam augalijos sudėties atkūrimui (Moore et al., 1991). Didžiąja dalimi ši problema yra išsprendžiama naudojant išplėstinius R-vertės (angl. Extended R-value arba ERV) modelius, aprašomus žemiau šiame skyriuje, arba remiantis ne

procentiniais, o absoliučiais žiedadulkių įverčiais. Tačiau pastarasis metodas reikalauja žymiai didesnio įdirbio ir yra itin retai taikomas.

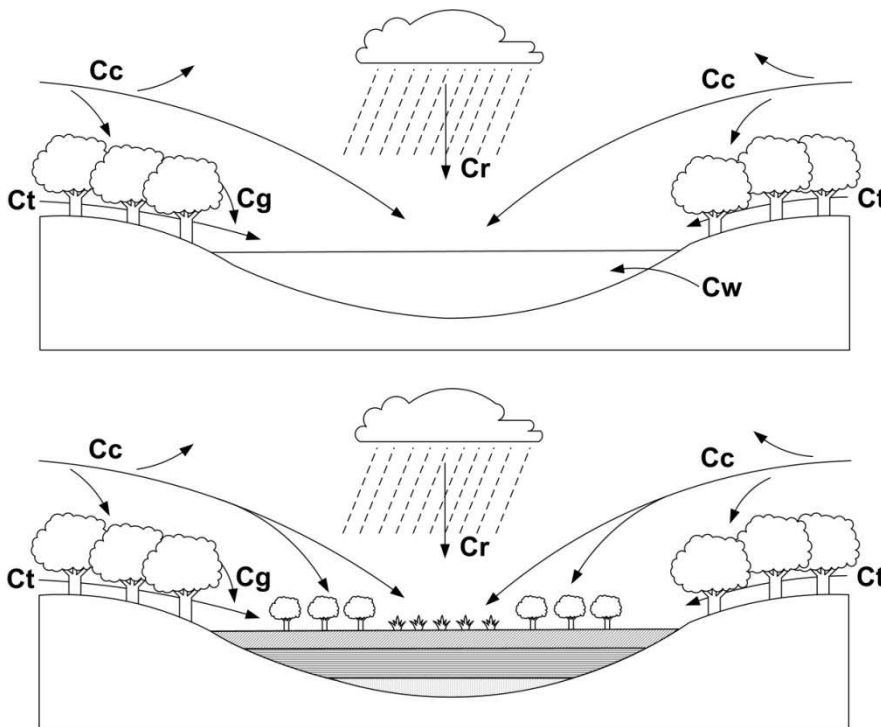
Pirmieji kiekybiniai augalijos sudėties atkūrimo metodai atsirado tik antroje 20 a. pusėje. M. B. Davis (1963) padėjo pagrindus žiedadulkių-augalijos priklausomybės modeliavimui pristatydamas R-vertės modelį:

$$R = P \cdot v$$

(kur R – funkcija, nusakanti santykį tarp žiedadulkių spektrų ir augalijos; P – žiedadulkių produktyvumas; v – augalijos kiekis). Šis nesudėtingas žiedadulkių-augalijos priklausomybės modelis įgalino kiekybinį augalijos atkūrimą:  $v = \frac{P}{R}$ . Vėliau pasirodė, kad šis modelis pernelyg supaprastintas, neatspindintis sudėtingų žiedadulkių transportavimo ir sklaidos procesų. Be to, jo reikšmė yra daugiau teorinė, nei praktinė – modelis teisingas tik darant prielaidą, kad augalijos sudėtis yra vienalytė begalinėje teritorijoje (Sugita, 1994). Be jokios abejonės, ši prielaida negali būti tenkinama realiose sąlygose. Iš tikrųjų, žiedadulkių – augalijos funkcija priklauso ne vien nuo skirtingo augalų žiedadulkių produktyvumo, bet ir nuo atstumo iki žiedadulkių šaltinio. Nepaisant modelio trūkumų, jo svarba tolimesniems tyrimams yra neabejotina. Daugelis vėliau apskaičiuotų žiedadulkių – augalijos priklausomybės modelių iš esmės yra R-vertės modelio sudėtingesnės modifikacijos.

H. Tauber (1965) pristatė modelį, atspindintį įvairius būdus, kuriais žiedadulkės patenka į nusėdimo vietą. Šis modelis (1.1.1. pav.) sudarytas atvirai vietai, apsuptai miško. Buvo vertinami trys komponentai: kamienų erdvės komponentas (žiedadulkės, atnešamos po lapija esančių oro srovių), lapijos komponentas (žiedadulkės, atnešamos virš lapijos esančių oro srovių), lietaus komponentas (žiedadulkės, surenkamos lietaus iš aukštesnių altitudžių). Vėliau šis komponentų sąrašas buvo papildytas kitų autorių:

gravitacinis (žiedadulkės, nusėdančios iš augalų, augančių prie baseino ribos; Jacobson, Bradshaw, 1981) ir antrinis (žiedadulkės, įplaunamos įtekančio vandens; Moore et al., 1991) komponentas. Šis modelis išaiškino žiedadulkių sklaidos ir transportavimo procesus, reikšmingai įtakojančius žiedadulkių spektrus.



**1.1.1. pav.** Žiedadulkių patekimo būdai į nedidelį baseiną miškingoje vietovėje (pagal Moore et al., 1991). Cc – lapijos komponentas; Cg – gravitacinis komponentas; Cr – lietaus komponentas; Ct – kamienų erdvės komponentas; Cw – antrinis komponentas.

Kitas danų mokslininkas S. T. Andersen (1970) ištyrė paviršinių žiedadulkių pavyzdžius miško aikštelėse ir palygino juos su apylinkių miško augalija. Žiedadulkių – augalijos ryšį jis aprašė kaip produktyvumo faktorių (P - žiedadulkių produktyvumas, atspindintis žiedadulkių nusėdimo priklausomybę nuo atitinkamos rūšies užimamo ploto; p - žiedadulkių kiekis, pagaminamas medžių duotu atstumu nuo tiriamojo taško ir nusėdęs tam tikrame plote per

metus;  $a$  - medžių rūšies lapijos užimamas plotas duotu atstumu nuo tiramojo taško):

$$P = \frac{p}{a}$$

Bendras nusėdančių žiedadulkių kiekis tiriamajame taške buvo aprašytas taip ( $p_0$  - žiedadulkės, užauginamos už vertinamos teritorijos ribų, t.y. regioninės žiedadulkės):

$$P = \frac{p - p_0}{a}$$

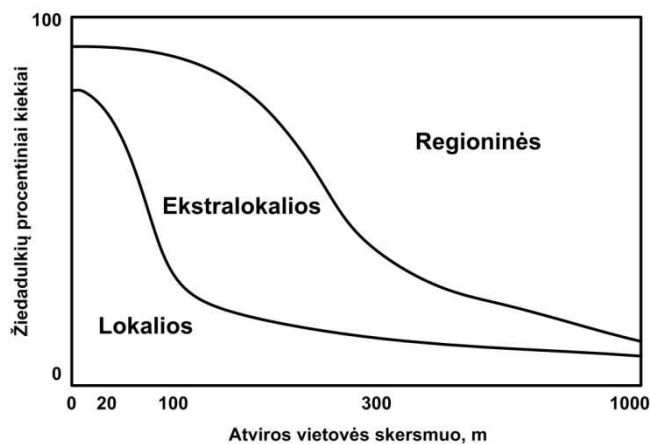
Reikšmingą postūmį žiedadulkių sklaidos tyrimams davė ir Lietuvoje atlikti tyrimai (Кабайлене, 1969; 1973). M. Kabailienė modifikavo Anderseno modelį į Efektyvaus produktyvumo modelį (EPM), kuris taip pat atsižvelgė į žiedadulkių transportavimą ir atstumą nuo tiramojo taško. Šis modelis rėmėsi augalijos paplitimo įvertinimu skirtingo spindulio koncentriškuose apskritimuose aplink tiramąjį tašką ( $Q$  – santykinis efektyvusis žiedadulkių produktyvumas;  $S$  – rūšies  $x$  užimamo ploto proporcija;  $\Delta F(x)$  – skirtumas tarp transportavimo funkcijų ilgajam ir trumpajam koncentriško apskritimo spinduliui):

$$Q = \sum_0^{\infty} S \cdot \Delta F(x)$$

M.Kabailienė nagrinėjo žiedadulkių produktyvumo, pernešimo, nusėdimo dėsningumus, esant įvairiam nuotoliui nuo žiedadulkių šaltinio. Ji rėmėsi ne miško aikštelių medžiaga, o vandens telkinių, kurių nuosėdos dažniausiai ir yra tiramos. M. Kabailienė apskaičiavo produktyvumo ir pernešimo oru koeficientus, skirtus žiedadulkių tyrimo duomenų koregavimui bei pritaikė juos augalijos sudėties nustatymui.



Jacobsen ir Bradshaw (1981) pažymėjo tiriamojo baseino dydžio svarbą, kaip vieną iš pagrindinių faktorių, įtakančių žiedadulkių-augalijos ryšį (1.1.2 pav.). Jie nustatė, kad tiriamojo baseino skersmeniui esant iki 100 m, dauguma žiedadulkių yra vietinės, skersmeniui esant nuo maždaug 100 iki 200 m, dauguma žiedadulkių yra ekstralokalių (kamienų erdvės, lapijos ir antrinis komponentai), o virš 200 m skersmens baseinuose dauguma žiedadulkių yra regioninės (lietaus ir, dalinai, lapijos komponentai).



**1.1.2 pav.** Žiedadulkių komponentų priklausomybė nuo baseino dydžio (pagal Jacobsen, Bradshaw, 1981).

Dažniausiai fosilinių žiedadulkių kiekiai išreiškiami procentinėmis išraiškomis, o ne absoliučiais dydžiais. Dėl tokio rezultatų pateikimo būdo kylančios problemos, kaip minėta vadinamos Fagerlind'o efektu (Fagerlind, 1952). Iki pat devintojo praėjusio amžiaus dešimtmečio tai buvo vienas pagrindinių paklaidų šaltinių interpretuojant žiedadulkių tyrimo duomenis. Ši problema buvo dalinai išspręsta atsiradus išplėstiniam R reikšmės (angl. Extended R-value arba ERV) modeliams, kuriuose iteraciniu būdu sprendžiama eilė vienašalių lygčių. ERV1 modelio (Parsons, Prentice, 1981) tikslas buvo linearizuoti nelineinį proporcinį duomenų rinkinį, darant prielaidą, kad foninių (regioninių) žiedadulkių kiekio procentinė išraiška nekinta. ERV2 (Prentice, Parsons, 1983) modelio prielaida yra tai, kad taksono foninis komponentas nekinta, lyginant su bendru taksono kiekiu. ERV3 modelyje (Sugita, 1994)

daroma prielaida, kad žiedadulkių duomenys yra pateikiami proporcijomis, o augalijos duomenys - absoliučiais dydžiais. ERV modeliai yra sėkmingai naudojami iki pat šių dienų (Nielsen, Odgaard, 2005; Gaillard et al., 2008a; 2008b; Soepboer, Lotter, 2009; Gaillard et al., 2010 ir kt.).

Ankstesnių tyrimų šviesoje, buvo sudarytas sudėtingesnis žiedadulkių – augalijos priklausomybės modelis (Prentice, 1985, 1988). Šiame modelyje buvo įvertinta ir baseino dydžio įtaka. Modelis nusako baseino centre nusėdančių žiedadulkių kiekį kaip ( $y_{i,k}$  - nusėdančių taške k taksono i žiedadulkių kiekis;  $P_i$  – taksono i žiedadulkių produktyvumas;  $R$  – baseino spindulys;  $Z_{max}$  – atstumas, iš kurio į tašką atkeliauja didžioji dauguma žiedadulkių;  $x_{i,k}$  – taksono i augalų vidutinis paplitimas atstumu  $z$  nuo tiriamojo taško;  $g_i(z)$  – žiedadulkių sklaidos funkcija):

$$y_{i,k} = P_i \cdot \int_R^{Z_{max}} x_{i,k}(z) \cdot g_i(z) \cdot dz$$

Žiedadulkių sklaidos funkcija nusakoma kaip ( $\gamma$  - konstanta):

$$g_i(z) = b_i \cdot \gamma \cdot z^{\gamma-1} \cdot e^{-b_i \cdot z^\gamma}$$

$b_i$  apskaičiuojamas taip ( $v_{g,i}$  - žiedadulkių nusėdimo greitis;  $n$ ,  $c_z$ ,  $u$  - konstantos):

$$b_i \equiv \frac{4 \cdot v_{g,i}}{n \cdot \sqrt{\pi} \cdot c_z \cdot u}$$

Prentice'o modelio prielaidos yra šios: 1) dominuojantys žiedadulkių transportavimo veiksniai yra vėjas virš lapijos ir gravitacija po lapija; 2) tiriamasis baseinas yra apskrita kiaurymė lapijoje; 3) vėjo pasiskirstymas vienodas visomis kryptimis. Nepaisant šių prielaidų, kurios realioje aplinkoje negali būti pilnai tenkinamos, modelis laikomas pakankamai patikimu naudoti augalijos atkūrimui, pelkinių nuosėdų žiedadulkių duomenų pagrindu (todėl jis dar vadinamas „pelkiniu“; šiame darbe - PM). Šis modelis

buvo patobulintas S. Sugita'os (1993, 1994), kad vertintų ne tik žiedadulkių nusėdimą baseino centre, bet ir visame jo plote. Dėl šios priežasties modelis laikomas tinkamu augalijos atkūrimui, remiantis ne tik pelkinėmis, bet ir ežerinėmis nuosėdomis (todėl vadinamas „ežeriniu“; šiame darbe – EM).

Lapijos struktūros skirtumai tarp vientisų miškų ir atvirų ar pusiau atvirų vietovių gali būti išreikšti skirtingomis ribų struktūromis ir oro turbulencijos, įtakojančių žiedadulkių sklaidą ir nusėdimą, savybėmis (Sugita et al., 1998), t.y. Prentice'o modelio pirmoji prielaida gali nebūti įgyvendinama visais atvejais. Dėl šios priežasties buvo sukurtos „ežerinio“ modelio modifikacijos, įvertinančios augalijos fragmentiškumą – tai ribotos linijos šaltinio (angl. *Finite line source* arba FLS; Sugita et al., 1998) ir žiedų šaltinio (angl. *Ring source* arba RS; Sugita et al., 1999) modeliai. Fundamentinės šių modelių išraiškos yra tapačios Prentice'o modelio išraiškoms, tačiau juose naudojamos skirtingos sklaidos – nusėdimo funkcijos. RS modelio sklaidos – nusėdimo funkcija yra ( $C_y, C_z$  – konstantos):

$$g_i(z) \equiv \left[ \int_{z-R}^{z+R} \int_{-\sqrt{R^2-(x-z)^2}}^{\sqrt{R^2-(x-z)^2}} \int_0^x \frac{2 \cdot v_{g,i}}{\pi C_y C_z u (x-x^*)^{2-n}} e^{\frac{4 \cdot v_{g,i} \cdot (x-x^*)^{n/2}}{n \cdot u \cdot C_z \cdot \sqrt{\pi}}} e^{\frac{(y-\sqrt{x^* \cdot (2z-x^*)^2})}{C_y^2 \cdot (x-x^*)^{2-n}}} dx^* \cdot dy \cdot dx \right]$$

Prentice ir Sugita modelių pagrindu, buvo sudarytas karštovaizdžio atkūrimo algoritmas (angl. *Landscape reconstruction algorithm* arba LRA; Sugita et al., 2010). Jį sudaro du moduliai – regioninės augalijos atkūrimo (*REVEALS*; angl. *Regional Estimates of Vegetation Abundance from Large Sites*, t.y. „regioninis augalijos kiekio įvertinimas pagal stambius baseinus“; Sugita, 2007a) ir vietinės augalijos atkūrimo (*LOVE*; angl. *Local Vegetation Estimates*, t.y. „vietinės augalijos įvertinimas“; Sugita, 2007b). Atkuriant augaliją pirmiausiai *REVEALS* moduliui nustatoma foninė augalija, o vietiniai skirtumai išryškunami *LOVE* moduliui. Abu moduliai naudoja vieną iš pasirinktų žiedadulkių – augalijos priklausomybių funkcijų – dažniausiai vadinamuosius „pelkinį“ (PM), t.y. aukščiau minėtą Prentice (1985, 1988)

modelį, arba „ežerinį“ (EM), t.y. aukščiau minėtą RS modelį (Sugita et al., 1999).

Pastaraisiais metais nemažai tyrimų kiekybinio augalijos atkūrimo ir jo metodologijos srityse atlikta POLLANDCAL ir LANDCLIM 10000 projektų rėmuose. POLLANDCAL (2001-2005 m.) buvo nukreiptas į naujų įrankių kiekybiniam augalijos atkūrimui sukūrimą ir pritaikymą (Middleton, Bunting, 2004; Bunting, Middleton, 2005; Sugita, 2007a; 2007b; Sugita et al., 2010), o taip pat paleokraštovaizdžio atkūrimą (Nielsen, 2003; Nielsen, Odgaard, 2005; Sjørgen, 2006; Soepboer et al., 2008, ir kt.).

LANDCLIM 10000 (2009-2011) tikslas – žiedadulkių – klimato – kraštovaizdžio kalibravimas bei smulkaus mastelio augalijos ir kraštovaizdžio atkūrimas Europoje laikotarpiui 10 000 – 6 000 metų iki 1950 m. (Kuneš et al., 2009; Gaillard et al., 2010; Mazier et al., 2010; Trondman et al., 2010). Šiame darbe pateikiama studija yra panaši, tačiau joje akcentuojamas tyrimų detalumas (stambesnis mastelis) ir tikslumas.

## **1.2. Praeities augalijos atkūrimui pagal žiedadulkių duomenis skirtos modeliavimo programinės įrangos raida ir GIS taikymo pavyzdžiai**

Pastaraisiais metais, siekiant automatizuoti sudėtingą augalijos atkūrimo procesą, buvo sukurtos įvairios šiam tikslui skirtos programinės įrangos.

Kraštovaizdžio atkūrimo algoritmas (*LRA*; Sugita et al., 2010) yra viena labiausiai paplitusių programinių įrangų. Programa sudaryta iš dviejų modulių – *REVEALS* (Sugita, 2007a) ir *LOVE* (Sugita 2007b), kurie paprastai yra vykdomi vienas po kito. *LRA* veikimas paremtas žiedadulkių – augalijos priklausomybės funkcijomis bei ERV modeliais, kurie buvo aptarti praeitame poskyryje. Ši programinė įranga yra vienas geriausiai automatizuotų sprendimų, padengiantis reikšmingą kiekybinio atkūrimo proceso dalį.

Kitas sprendimas, skirtas žiedadulkių sklaidos modeliavimui yra *HUMPOL* paketas (Middleton, Bunting, 2004; Bunting, Middleton, 2005), kuris naudoja tą pačią teorinę bazę kaip ir LRA, neskaitant kelių neesminių skirtumų (pavyzdžiui, čia naudojama šiek tiek modifikuota žiedadulkių – augalijos priklausomybės funkcija). Tarp šios programinės įrangos privalumų galima būtų paminėti galimybę įvertinti vyraujančią vėjo kryptį, kurti koncentrinį apskritimų, kuriuose vertinama apylinkių augalija, rinkinius, kontroliuoti eilę įvesties parametrų bei generuoti grafines gardeles su teorine augalija arba panaudoti egzistuojančią dabartinės augalijos grafinę gardelę žiedadulkių spektrų prognozėms. Pagrindinis šios programinės įrangos trūkumas – nesugebėjimas apdoroti didelės apimties grafinių duomenų kiekio (tokia galimybė yra būtina norint atlikti detalius tyrimus).

Standartinė GIS programinė įranga (pvz. *ArcGIS*, *MapInfo*), lyginant su minėtais specializuotais sprendimais, pasižymi žymiai platesniu funkcionalumu, automatizavimo ir plečiamumo galimybėmis, darbo eigos kontrole. Naudojant standartinius sprendimus žymiai rečiau susiduriama su informacijos kiekio apribojimais, jiems būdingas stabilumas. Žinoma, siekiant sukurti bazę kiekybiniam augalijos atkūrimui pagal žiedadulkių tyrimo duomenis, naudojant standartinę programinę įrangą, reikalingas jos funkcionalumo išmanymas bei patirtis. Greičiausiai bendradarbiavimo trūkumas tarp paleoekologų ir GIS specialistų nulėmė retą standartinių GIS sprendimų taikymą praeities augalijos modeliavimui ir atkūrimui.

Nepaisant eilės GIS technologijų teikiamų privalumų (Flantua et al., 2007), mokslinėje literatūroje iki šiol paskelbti tik pavieniai GIS taikymo kiekybiniam augalijos atkūrimui atvejai. Daugiausia GIS taikymas paleoekologijoje apsiriboja duomenų valdymo bei nesudėtingais analizės uždaviniais (Davis et al., 2003; Veski et al., 2005; Caseldine et al., 2006). Tuo

pat metu galima pastebėti nemažą tyrimų įvairovę, kuri rodo tokius tyrimus dar vis esant eksperimentinėje stadijoje.

Tuo tarpu GIS panaudojimas žiedadulkių paplitimo kartografavimui ir izožiedadulkių žemėlapių (angl. *isopollen maps*) sudarymui ir yra gana plačiai paplitęs. Šie žiedadulkių duomenų pateikimo metodai yra pakankamai seni, atsiradę dar praeito amžiaus pirmojoje pusėje (Szafer, 1935), o dabar, GIS technologijų dėka tampa vis labiau populiarūs (Birks, 1989; Yu et. al, 2001; Brubacker et al., 2005).

P.Spikins (2000) pritaikė GIS technologiją šiaurės Anglijos augalijos modeliavimui 10000-5000 metų iki dabar laikotarpyje. Augalijai atkurti jis panaudojo tokius faktorius kaip skaitmeninis reljefo modelis, dominuojantys uolienų tipai, klimato rodikliai, rūšių paplitimo altitudžių ribos bei dabartinis augalijos paplitimas. Buvo nustatyti labiausiai tikėtini dominuojantys miškų tipai, o keletui nagrinėjamo laikotarpio fazių buvo pateikti augalijos paplitimo žemėlapiai. Šioje studijoje fosilinių žiedadulkių duomenys nebuvo naudojami. Šie duomenys pasitarnavo kaip modeliavimo rezultatų interpretavimo priemonė, lyginant pastarojo rezultatus su žiedadulkių tyrimų duomenimis.

Geostatistinio GIS modulio, naudojamo kartu su logistine regresija ir fosilinių žiedadulkių duomenimis, pagalba buvo atkurtas savanos paplitimas Kolumbijoje keliuose holoceno laikotarpiuose (Flantua et al., 2007).

Kitas tyrimas, kuriame buvo naudojamos GIS prognozavimo galimybės – teorinio kraštovaizdžio prognozės PV Anglijoje, naudojant ERV modelius ir lyginant juos su atitinkamais kraštovaizdžiais (Fyfe, 2006). Šis metodas pasirodė patikimas prognozių tikrinimo įrankis. Panaši studija buvo atlikta siekiant atkurti medžių rūšių paplitimo ribas (angl. *treeline*) Švedijoje (von Stedingk, Fyfe, 2008).

Nors minėti tyrimai dar vis yra negausūs, o GIS technologijų panaudojimas kiekybiniam augalijos atkūrimui yra nedidelis, tolimesni tyrimai galėtų atskleisti daugiau GIS privalumų kiekybiškai atkuriant praeities augaliją bei kraštovaizdžius.

### **1.3. Vėlyvojo ledynmečio ir holoceno nuosėdų žiedadulkių tyrimų Lietuvos ežerų, pelkių ir Baltijos jūros nuosėdų storymėse apžvalga**

Pirmieji žiedadulkių analizės taikymai Lietuvoje pasirodė dar pirmojoje 20 a. pusėje. P. W. Thomson (1931) pristatė palinologinių tyrinėjimų Gabiauriškio pelkės apylinkėse (pietvakarių Lietuvoje) rezultatus ir jų interpretaciją, susijusią su augalijos dangos raida. K. Brundzos (1934) studijoje buvo nagrinėjami netoliese esančios Nopaičio (Užpjaunio) pelkės nuosėdų žiedadulkių analizės rezultatai.

Detalesni tyrimai buvo atlikti Kamanų ir Šepetos pelkėse kaip kompleksinių tyrimų, atliktų Lietuvos Žemės ūkio akademijos darbuotojų (Brundza, 1936, 1940).

Fosilinių žiedadulkių tyrimai suintensyvėjo šeštojo dešimtmečio pabaigoje. V. Gudelis (Гуделис, 1955) paskelbė pirmąją Lietuvos suvestinę holoceno žiedadulkių diagramą. Buvo atlikti detalesni Gabiauriškio ir Nopaičio pelkių palinologiniai tyrimai (Gudelis, Kabailienė, 1958; Kabailienė, 1958). Nemažai pjūvių buvo ištirta pajūrio teritorijos pelkėse (Kabailienė, 1959a; 1959b; Кабайлене, 1967), pietryčių Lietuvos ežeruose ir pelkėse (Гуделис, 1957; Seibutis, Sudnikavičienė, 1960; Kabailienė, 1962, 1963; Сейбутис, 1962; Seibutis, 1963-1964; Kuskas, 1963-1964; Garunkštis, Stanaitis, 1969). Tuo tarpu centrinė Lietuvos dalis bei Žemaitijos teritorija buvo beveik neištirtos (Sudnikavičienė, 1963-1964).

Kartu su žiedadulkių analize tobulėjant datavimo metodams, palaipsniui pasirodė ištirtų žiedadulkių pjūvių su radioaktyviosios anglies

datomis. Ypatingai reikšmingi buvo Bebruko ežero tyrimai (Кабайлене, 1965; Шулия и др., 1967; Шулия, 1969), kuriuose buvo datuota net vienuolika nuosėdų pavyzdžių ir buvo sudaryta ištisa chronologija. Bebruko ežeras iki šiol išlieka vienu geriausiai datuotų žiedadulkių pjūvių Lietuvoje.

Dauguma to meto turimų duomenų buvo surinkti, apibendrinti ir panaudoti Lietuvos vėlyvojo ledynmečio ir holoceno augalijos atkūrimui M. Kabailienės habilituoto daktaro disertacijoje (Кабайлене, 1969; 1973; Kabailienė, 1985). Augalijos atkūrimas suteikė vertingų žinių apie praeities augalijos sudėtį – šešiams Lietuvos fiziniams geografiniams regionams buvo nustatytos pagrindinių medžių taksonų procentinės išraiškos. Žiedadulkių analizės duomenys buvo koreguoti žiedadulkių produktyvumo ir pernešimo koeficientais. Augalijos sudėčiai atkurti M. Kabailienė panaudojo jos pasiūlytą „tinklinį metodą“ (Кабайлене, 1969; Kabailienė, 1985; 2006a).

Sekančiais dešimtmečiais, vis daugiau tyrimų vyko visoje šalyje (Гальдингайте, 1970; Кунскас, 1970; Савукинене, 1970; Galdingaitė, 1973; Kunkas, 1974; Seibutis, 1974; Vaičvilienė, 1974; Кунскас и др., 1975; Вайчвилене и др., 1978; Битвинскас и др., 1978; 1981; Savukynienė, 1979; Vaičvilienė, 1979a; 1979b; Гуделис и др., 1985; 1990; Kabailienė, 1990; 1993; 1998), daugėjo palinologijos specialistų. Be klasikinio žiedadulkių taikymo – paleoekologinių sąlygų atkūrimo ir nuosėdų stratigrafijos – taip pat buvo bandymų nustatyti žmogaus įtaką praeities aplinkos sąlygoms (Савукинене, Сейбутис, 1974; 1975; Savukynienė, 1974; 1976; Kabailienė, Rimantienė, 1995; Kabailienė, Grigienė, 1997), buvo atliekami tyrimai Baltijos jūroje bei Kuršių mariose (Кабайлене и др., 1978; Клейменова и др., 1984; Клейменова, 1988; Trimonis, Savukynienė, 2000). M. Kabailienė tęsė žiedadulkių sklaidos ir nusėdimo tyrimus, taikant matematinius metodus (Кабайлене, 1987; Kabailienė, 1987; 1990; Kabailienė, Naujalis, 1999).



Daug naujų žiedadulkių pjūvių buvo ištirta vykdant geologinę nuotrauką. Šie darbai ypač intensyvūs nuo 1990 metų. Tačiau daugumos žiedadulkių diagramų detalumas nėra aukštas.

Šiame amžiuje, tobulėjant metodologijai, atsirado daugiau kokybiškų žiedadulkių duomenų. Daugumos pjūvių detalumas yra aukštesnis, jiems būdingos geresnės chronologijos, tiksliau apskaičiuota žiedadulkių koncentracija, o duomenų interpretacijai neretai panaudojami statistiniai ir matematiniai metodai. Šiuo laikotarpiu reikšmingi tyrimai atlikti M. Stančikaitės siekiant atkurti žmogaus veiklos įtaką (Stančikaitė, 2000; Stančikaitė et al., 2002; 2004; 2006; 2009a; 2009b), tyrinėta praeities aplinkos raida ir nuosėdų stratigrafija (Stančikaitė et al., 2003; 2008; 2009c). J. Malelienė (2000) ir L. Balakauskas (Balakauskas, 2003; Balakauskas, Mažeika, 2004) tyrė uždurbėjusių karstinių įgriuvų nuosėdas.

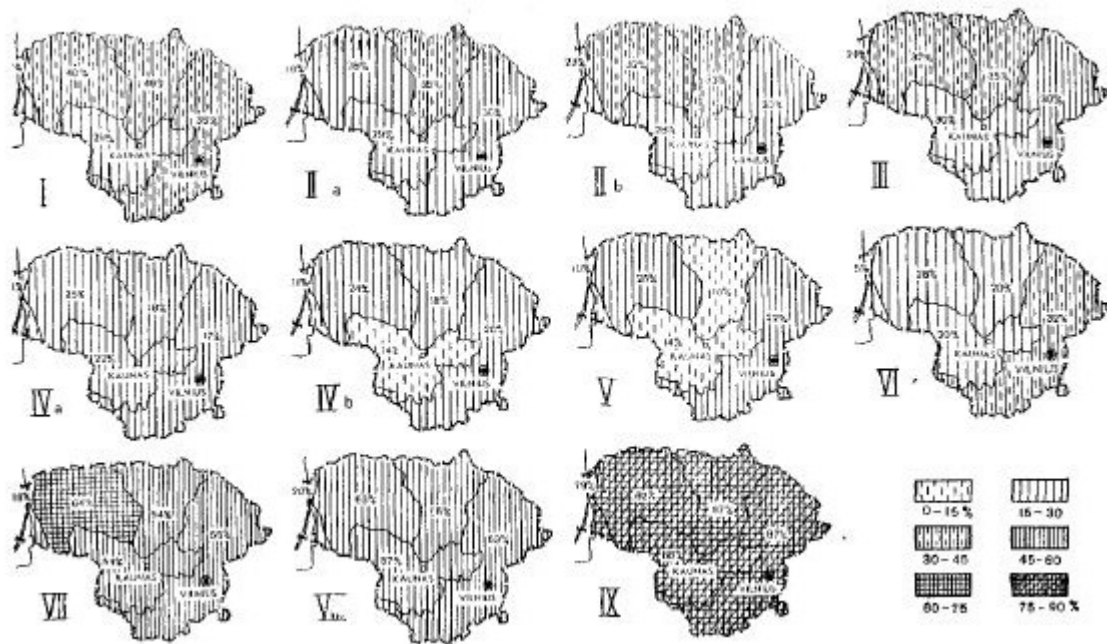
#### **1.4. Vėlyvojo ledynmečio ir holoceno augalijos taksonominės sudėties atkūrimo Lietuvoje tyrimų apžvalga**

Iki Antrojo Pasaulinio Karo vykę tyrimai (Thomson, 1931; Brundza, 1936, 1940) apsiribojo išvadomis apie augaliją remiantis negausiais, lokaliais žiedadulkių tyrimais.

V. Gudelis (Гуделис, 1957), remdamasis dvidešimties Lietuvos, Latvijos ir Kaliningrado srities žiedadulkių diagramų sugretinimo duomenimis, pateikė ir Lietuvos vėlyvojo ledynmečio bei holoceno augalijos raidos bendrus bruožus. Jis nustatė, kad šiltaisiais vėlyvojo ledynmečio laikotarpiais Lietuvos teritorijoje vyravo pušis ir beržas, o šaltaisiais – atviras kraštovaizdis. Holoceno laikotarpiams autorius sudarė vidurkinius žiedadulkių spektrus, iš kurių galima daryti išvadas apie buvusią augaliją. Pažymėta, kad borealio laikotarpiui būdingas pušies vyravimas, lazdyno, guobos daugėjimas; atlantyje vyravo plačialapiai medžiai (liepa, guoba); vėliau įsivyrąja pušis, beržas ir alksnis.

Detalesni augalijos raidos tyrimai buvo atlikti M.Kabailienės (1959a), kuri remdamasi 22 Lietuvos ir pietinės Latvijos pajūryje ištirtų pjūvių duomenimis, atkūrė augalijos raidos istoriją šiame regione. Aleriodo laikotarpyje autorė aptinka eglės apatinį maksimumą. Detalizuotas borealio laikotarpis, kurio pradžioje (ankstyvajame borealyje) vyravo pušis, o antrajai borealio pusei būdingas lazdyno maksimalus išplitimas. Ankstyvojo subborealio ir ankstyvojo subatlantio laikotarpiais išskirti du eglės maksimumai. Taip pat buvo nustatyta, kad vėlyvasis subatlantis pasižymi pušies vyravimu.

Pirmieji bandymai kiekybiškai atkurti vėlyvojo ledynmečio ir holoceno augalijos sudėtį Lietuvoje pasirodė praeito amžiaus 7-ojo dešimtmečio pabaigoje (Кабайлене, 1969; 1973). Panaudodama žiedadulkių – augalijos priklausomybės funkcijas (Efektyvaus produktyvumo modelį), M. Kabailienė atkūrė pagrindinių medžių procentinę sudėtį penkiuose Lietuvos regionuose, įvairiais holoceno laikotarpiais (1.4.1 pav.). Atkūrimas buvo paremtas vadinamuoju tinkliniu metodu, kai buvo vidurkinami didelio tiriamųjų taškų kiekio (101 pjūvio) duomenys. Buvo nustatyta, kad preborealio chronozonos metu beržas sudarė 79-88 % visų medžių, pušis – 9-16 %. Borealyje 18-64 % sudarė beržas, 12-54 % – pušis. Antrojoje borealio pusėje smarkiai išplitęs lazdynas sudaro iki 116 % nuo bendros medžių sumos. Atlantyje lazdyno sumažėja iki 40-62 % nuo bendros medžių sumos. Iš medžių daugiausia buvo alksnio (35-77 %), gana reikšmingas išliko beržas (5-32 %), pušis (5-15 %), nemažą dalį sudarė liepa (3-13 %), guoba (2-10 %), eglė (iki 8 %), ąžuolas (iki 7 %). Subborealyje reikšmingas išlieka lazdynas (iki 82 %), iš medžių vyravo alksnis (30-61 %), beržas (11-37 %), eglė (4-28 %), pušis (5-24 %). Tuo tarpu liepos sumažėja iki 7 %, ąžuolo – iki 6 %, guobos – iki 4 %. Ankstyvajame subatlantėje alksnis sudarė 17-48 %, beržas 18-35 %, pušis 7-39 %, eglė 6-31 %. Vėlyvajame subatlantėje svarbiausi taksonai – alksnis (21-51 %), beržas (25-49 %) ir pušis (12-34 %), eglė sudaro iki 18 %.



**1.4.1. pav.** Beržo paplitimo Lietuvoje holoceno laikotarpiais kartoschemos (pagal Кабайлене, 1973). I – vėlyvasis subatlantis; IIa, IIb – ankstyvasis subatlantis; III – vėlyvasis subborealis; IV – ankstyvasis subborealis; V – vėlyvasis atlantis; VI – ankstyvasis atlantis; VII – vėlyvasis borealis; VIII – ankstyvasis borealis; IX – preborealis.

N. Savukynienė (1970, 1974, 1979) ir B. Vaičvilienė (1979a) tęsė darbus tradiciniais metodais, tirdamos naujus žiedadulkių pjūvius ir pateikdamos išvadas apie augalijos raidą tirtųjų taškų apylinkėse arba apibendrinamos didesnio taškų skaičiaus tyrimų rezultatus stambesniuose regionuose. Netrukus prasidėjo ir specifiniai sinantropinės augalijos raidos tyrimai (Savukynienė, 1976; Savukynienė, Seibutis, 1974; Kabailienė, Rimantienė, 1996; Kabailienė, Grigienė, 1997; Kabailienė et al., 1997; Seibutis, Savukynienė, 1999). Nustatyta, kad įvairiose Lietuvos vietose augo su žmogaus veikla susiję augalai – piktžolės, ganyklų, kultivuojami augalai ir pan. Šie augalai daugiausia būdingi paskutiniųjų 5000 metų nuosėdoms. Maždaug tokiu metu pradeda aptikti ir kultivuojamų augalų, rodančių žemdirbystės plitimą.

Sinantropinės praeities augalijos tyrimai dar labiau suintensyvėjo šiame amžiuje. Buvo atliekami detalesni, moderniais metodais ir nuosėdų datavimu paremti tyrimai (Stančikaitė, 2000; Stančikaitė et al., 2002; 2004; 2006; 2009b; 2009c). Gana svarbūs išliko ir tradiciniai augalijos raidos tyrimai (Balakauskas, 2003; Stančikaitė et al., 2003; Balakauskas, Mažeika, 2004; Stančikaitė et al., 2008a; 2009a).

Svarbiausi Lietuvos vėlyvojo ledynmečio ir holoceno augalijos raidos tyrimai buvo apibendrinti M. Kabailienės (2006a). Reiktų pažymėti, kad nors augalijos raidos tyrimų Lietuvoje atlikta yra nemažai, didžiąją jų dalį sudaro tradiciniai, subjektyvia žiedadulkių duomenų interpretacija paremti tyrimai. Tuo tarpu turimų kiekybinių paleoaugalijos duomenų detalumas apsiriboja penkių stambių Lietuvos regionų lygiu.

## 2. TYRIMŲ METODIKA

### 2.1. Naujų nuosėdų pjūvių bei paviršinių žiedadulkių pavyzdžių surinkimo lauko darbų metodika

Nepaisant ankstesniame skyriuje minėtų darbų, Lietuvoje vis dar jaučiamas aukšto detalumo, gerai datuotų absoliutaus datavimo metodais žiedadulkių pjūvių trūkumas. Siekiant augalijos atkūrimui panaudoti daugiau žiedadulkių duomenų, buvo ištirti nauji Lietuvos ežerų ir pelkių nuosėdų pjūviai.

Gręžimas buvo atliekamas Lundo universitete (Švedija) patobulinto rusiškojo tipo grąžtu su 50 cm ilgio ir 10 cm skersmens pavyzdžių paėmimo kamera (retais atvejais, kai naudojant šią kamerą nebuvo įmanoma įsigręžti, buvo naudojama 100 cm ilgio ir 5 cm pločio pavyzdžių paėmimo kamera).

Viename tiriamajame taške – Dubičių atodangoje – buvo galimybė surinkti pavyzdžius iš atodangos. Šiuo atveju atodanga buvo kruopščiai nuvalyta, o pavyzdžiai buvo renkami iš viršaus į apačią, išpjaunant nuosėdų monolitus.

Pavyzdžių aprašymas ir rūšiavimas buvo atliekamas lauko sąlygomis, prieš tai kruopščiai nuvalant kerną nuo pašalinių nuosėdų. Tą patį gylį atitinkantys pavyzdžiai žiedadulkių analizei ir radioaktyviosios anglies datavimui visais atvejais buvo imami iš tos pačios nuosėdų kolonėlės.

Siekiant palyginti šiuolaikinius žiedadulkių spektrus su dabartine augalija, o taip pat įvertinti esamus žiedadulkių augalijos priklausomybės modelius, buvo surinkta eilė paviršinių ežerinių nuosėdų pavyzdžių bei samanų pluoštų pelkėse ir miško aikštelėse. Paviršinės nuosėdos ežeruose buvo renkamos naudojant vakuuminį pavyzdžių paėmėją, suteiktą naudotis

šiam projektui dr. Dan Hammarlund (Lundo universiteto Kvartero geologijos katedra). Lėtai panardinant pavyzdžių surinkėją į vandenį, jam pasiekus dugną, surinkėjas įsminga į nuosėdas, pro viršuje esančius vožtuvus išstumdamas orą. Susidarius vakuumui, nuosėdų stulpelis gali būti ištrauktas į ežero paviršių. Samanų pluoštai buvo renkami be jokios specialios įrangos naudojant metodiką aprašytą literatūroje (Moore et al., 1991).

Be paviršinių pavyzdžių, disertaciniame darbe palyginimui su dabartine augalija naudojami ir vienu metų žiedadulkių monitoringo duomenys (Kazimieriškė-1 monitoringo taške). Vienu metų nusėdančios žiedadulkės buvo surinktos naudojant Tauber'io gaudykles (Tauber, 1974) 2004-2005 m. žydėjimo sezono metu.

Vlsų vietovių koordinacių nustatymui buvo naudojamas rankinis GPS prietaisas.

## **2.2. Laboratorinio žiedadulkių pavyzdžių paruošimo ir žiedadulkių analizės metodika**

Laboratorinis žiedadulkių pavyzdžių paruošimas buvo vykdomas vadovaujantis standartinėmis sunkiųjų skysčių ir acetolizės procedūromis (Гричук, 1940; Erdtman, 1936). Ruošiamas buvo žinomas nuosėdų turis ( $\text{cm}^3$ ), įdedant žinomą kiekį egzotinių *Lycopodium* sporų (Stockmarr, 1971) žiedadulkių koncentracijai apskaičiuoti. Pavyzdžiai buvo apdorojami 10 % HCl, 10 % KOH tirpalais. Tuomet sunkiųjų skysčių pagalba buvo vykdomas organinės medžiagos (tame tarpe ir žiedadulkių) atskyrimas nuo mineralinių dalelių. Likusios organinės liekanos buvo apdorojamos specialiai paruoštu acetolizės mišiniu (viena dalis sieros rūgšties ir devynios dalys acto rūgšties anhidrido) ir patalpinamos į laikinus glicerino preparatus.

Amalvo ir Perūno ežerų nuosėdų kiekviename žiedadulkių pavyzdyje buvo skaičiuojama ne mažiau kaip 1000 žiedadulkių (be vandens

augalų), kitų grėžinių pavyzdžiuose – ne mažiau kaip 500 žiedadulkių. Apibūdinant žiedadulkes buvo vadovaujama identifikavimo raktu (Moore et al., 1991) ir Vilniaus Universiteto Geologijos ir mineralogijos katedros žiedadulkių kolekcijomis. Analizės rezultatai šiame darbe pateikiami procentinėmis žiedadulkių diagramomis, sudarytomis naudojant *TILIA* ir *TILIA Graph* programinę įrangą (Grimm, 1990, 1992). Pavyzdžiai buvo grupuojami į vietines žiedadulkių zonas (VŽZ), remiantis vizualiniu vertinimu ir naudojant stratigrafinę klasterinę analizę (*CONISS*; Grimm, 1987). Žiedadulkių sumos apskaičiuotos pagal B. Berglund ir M. Ralska-Jasiewiczowa (1986) aprašytą metodiką. Kaip pagrindinė žiedadulkių suma buvo naudojama medžių, krūmų, žemaūgių krūmokšnių ir žolių suma ( $\Sigma P = \Sigma AP + \Sigma NAP$ ). Naudojant šią sumą buvo apskaičiuojami medžių, krūmų, žemaūgių krūmokšnių ir žolių procentai. Vandens augalų žiedadulkių procentinės išraiškos buvo apskaičiuojamos nuo pagrindinės sumos ir vandens augalų kiekio ( $\Sigma P + \Sigma A$ ), sporų - nuo pagrindinės sumos ir sporų kiekio ( $\Sigma P + \Sigma S$ ). Samanų sporų, žaliadumblių, augalų stomatų, anglies dalelių ir kitų mikroliekanų procentai buvo apskaičiuojami nuo individualių sumų ( $\Sigma P + \Sigma Br$ ,  $\Sigma P + \Sigma Pd$ ,  $\Sigma P + \Sigma Ch$ , ir kt.).

Kiekvienoje žiedadulkių diagramoje pateikiamos (iš kairės į dešinę) kalibruotos radioaktyviosios anglies datos (iki dabar), nuosėdų gylis nuo žemės paviršiaus, litologinis stulpelis, medžių ir krūmų procentinės kreivės (pilka spalva išryškinamas 10 kartų padidinimas), santykinė diagrama (kurioje pateikiama *Quercus*, *Ulmus*, *Tilia* ir *Fraxinus* suma, dar vadinama *Quercetum mixtum*, o taip pat žolinių augalų bei medžių ir krūmų sumos), žemaūgių krūmokšnių, žolių, vandens augalų, sporų ir kitų mikroliekanų kreivės (pilka spalva išryškinamas 10 kartų padidinimas). Žiedadulkių koncentracijos, apskaičiuotos pagal apibūdintų egzotinių žiedadulkių skaičių, pagrindinės žiedadulkių sumos, *CONISS* hierarchinė diagrama ir galiausiai vietinės žiedadulkių zonos.

Žmogaus veiklos įtaka Amalvo ir Perūno ežerų apylinkėse buvo vertinama naudojant indikatorinių rūšių grupes (Behre, 1981; 1986; Berglund, Ralska-Jasiewiczowa, 1986): kultivuojamos rūšys (*Avena-Triticum* grupės, *Hordeum* grupės, *Secale cereale*), piktžolės (*Artemisia*, Chenopodiaceae, *Urtica*), drėgnų ganyklų augalai (*Rumex acetosa/acetosella*, *Ranunculus* tipo, *Potentilla* tipo, Asteraceae, Plantaginaceae, Caryophyllaceae), sausų ganyklų augalai (*Calluna vulgaris*, *Pteridium*, *Juniperus*).

### **2.3. Nuosėdų radioaktyviosios anglies datavimas**

Nuosėdų pavyzdžiai buvo datuojami standartinio radioaktyviosios anglies datavimo metodu Gamtos tyrimų centro Geologijos ir geografijos instituto Radioizotopinių tyrimų laboratorijoje. Dubičių atodangoje iš viso datuoti 7, Kaciušių ežere – 5, Perūno ežere – 4, Amalvo ežere – 18 nuosėdų pavyzdžių.

Išdžiovinti ir paruošti pavyzdžiai buvo apdorojami rūgščių-šarmų-rūgščių metodu.  $^{14}\text{C}$  aktyvumas buvo nustatomas skysčių scintiliacijos skaičiavimo (LSC) metodu, aprašytu S. H. Gupta ir H. A. Polach (1985), Ch. A. Arslanov (Арсланов, 1985) bei N. N. Kovaliukh ir V. V. Skripkin (1994).

Datų kalibravimui, nuosėdų kaupimosi greičio nustatymui ir geochronologiniam įvertinimui buvo naudojama programa *OxCal v3.10* (Bronk Ramsey, 2001) su *IntCal09* duomenų rinkiniu (Reimer et al., 2009). Laiko skalės buvo sudaromos linijinio interpoliavimo tarp galimų datų būdu. Visos datos pateikiamos kalibruotais metais iki dabar (cal BP).

### **2.4. Žiedadulkių duomenų bazės projektavimas**

Žiedadulkių duomenų bazė buvo sukurta naujų palinologinių duomenų, o taip pat anksčiau ištirtų nuosėdų žiedadulkių analizės rezultatų lentelių, publikuotų literatūroje arba pačių autorių suteiktų naudotis šiame darbe, pagrindu. Buvo kaupiami tik vėlyvojo ledynmečio ir holoceno



žiedadulkių duomenys. Be palinologinių duomenų buvo kaupiamos ir skenuotos žiedadulkių diagramos, litologinė, datavimo informacija, tiriamojo taško metaduomenys (autorius, gręžinio ar atodangos vieta ir t.t.) bei su tiriamuoju objektu susijusi literatūra. Geografinė duomenų aprėptis buvo ribojama Lietuvos teritorija, tačiau esant galimybei buvo renkami duomenys ir iš Lietuvai artimų regionų – Pietų Latvijos, Rusijos Kaliningrado srities, Baltijos jūros.

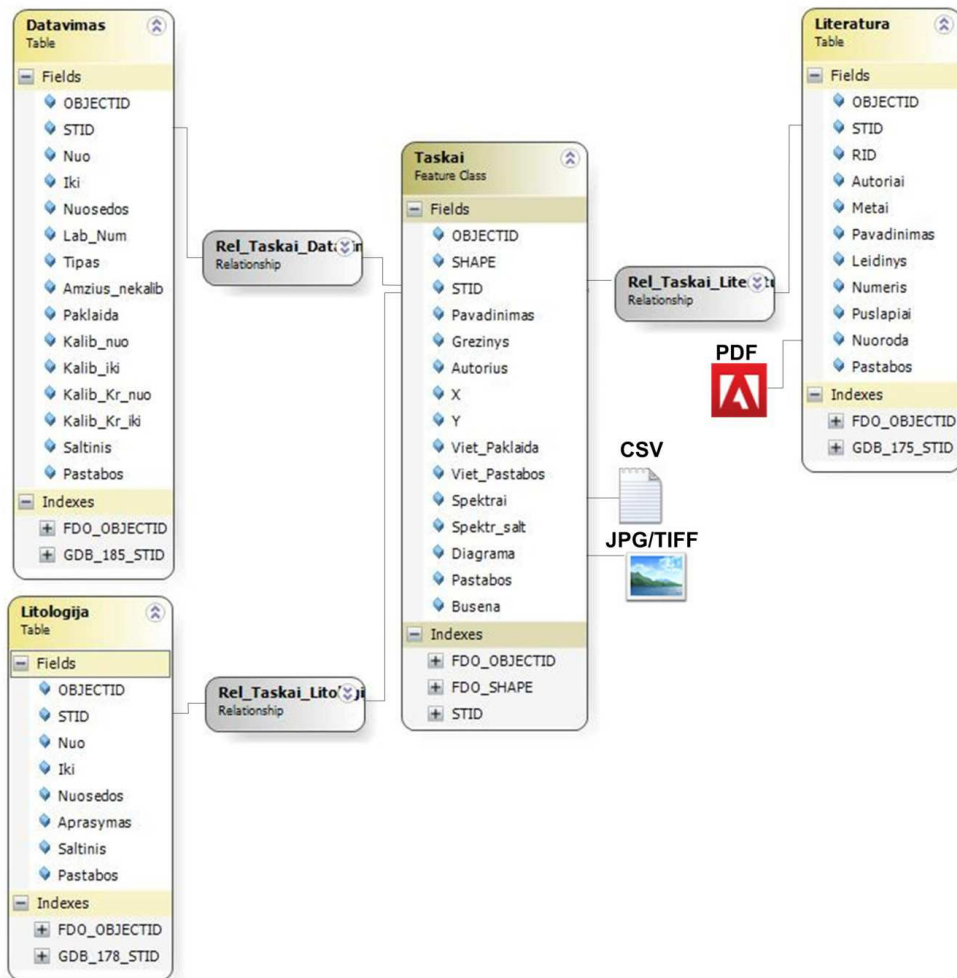
Duomenų bazė buvo kuriama naudojant *ArcGIS Desktop 10.0* (*ArcEditor, Student License*) su *3D Analyst* ir *Spatial Analyst* moduliais.

Kuriant geoduomenų bazę buvo siekiama šių tikslų:

1. Efektyvus žiedadulkių analizės rezultatų lentelių, žiedadulkių diagramų, geografinės, metaduomenų, litologinės, datavimo informacijos bei susijusių nuorodų saugojimas;
2. Galimybė valdyti, vizualizuoti duomenis, vykdyti duomenų užklausas ir erdvinę analizę;
3. Užtikrinti aplinką, įgalinančią duomenų erdvinę analizę ir prognozes;
4. Užtikrinti duomenų interoperabilumą (efektyvų importą, eksportą į plačiausiai paplitusius duomenų formatus, pvz. SQL Server, Oracle, Informix, DB2, Postgre SQL, Excel, DBF, ASCII ir t.t.);
5. Užtikrinti efektyvaus duomenų atnaujinimo, duomenų bazės struktūros modifikavimo galimybę bei naujų taikymo būdų (pvz. programinės įrangos plėtimas, publikavimas internete ir t.t.).

Duomenų talpinimui buvo naudojamas *ESRI* failinės geoduomenų bazės formatas ([resources.arcgis.com](http://resources.arcgis.com)). *ESRI* failinės geoduomenų bazės formatas užtikrina efektyvų duomenų saugojimą, įgalina erdvinio vizualizavimo, kartografavimo galimybes, duomenų valdymą, užklausas, analizę. Šis formatas taip pat yra interoperabilus – užtikrina duomenų

konvertavimo į reliacines duomenų bazių valdymo sistemas (RDBVS), lentelių bei tekstinius formatus, galimybę. *ESRI* failinėje geoduomenų bazėje saugomi duomenys gali būti publikuojami vietiniame tinkle ar internete. *ArcGIS Desktop* programinė įranga, kurios standartinis formatas yra *ESRI* failinė geoduomenų bazė, suteikia plataus funkcionalumo įrankius erdvinei analizei, skaičiavimams, prognozėms, modeliavimui, darbo eigų automatizavimui ir programinės įrangos plėtimui.



**2.4.1 pav.** Žiedadulkių geoduomenų bazės struktūra. Per lauką „STID“ elementų klasė „Taskai“ siejasi su keturiomis lentelėmis. Lentelės savo ruožtu per specialiuose laukuose saugomas nuorodas yra susietos su PDF dokumentais, JPEG, TIFF ir CSV failais.

Geoduomenų bazėje buvo sukurta elementų klasė (angl. *Feature Class*) pavadinimu "Taskai", kurioje saugomi tiek tiriamųjų taškų geografiniai duomenys (LKS-94 koordinatų sistemoje), tiek atributinė (aprašomoji) informacija. Su šia elementų klase yra susietos keturios atributinės lentelės (2.4.1 pav.), kuriose saugoma litologinė informacija ("Litologija"), datavimo informacija ("Datos") ir informacija apie susijusią literatūrą ("Literatura"). Kiekvienas objektas (taškas) tiriamųjų taškų elementų klasėje turi unikalią lauko "STID" reikšmę, kuri sieja šio taško aprašomąją informaciją su atitinkamais litologijos, datavimo, publikacijų ir žiedadulkių spektrų įrašais susietose lentelėse.

Tiriamųjų taškų elementų klasės laukuose yra saugoma ši informacija:

- OBJECTID – unikalus objekto identifikatorius (automatiškai sukuriama ir palaikoma duomenų bazės);
- SHAPE – taško geometrija (koordinatės LKS-94 sistemoje);
- STID – unikalus tiriamojo taško identifikatorius;
- Pavadinimas – gręžinio ar atodangos pavadinimas;
- Grezinys – gręžinio ar kasinio numeris;
- Autorius – žiedadulkių diagramos autorius;
- X – koordinatė X ašyje;
- Y – koordinatė Y ašyje;
- Viet\_paklaida – maksimali įmanoma vietovės nustatymo paklaida (nustatyta priklausomai nuo vietovės nustatymo būdo);
- Viet\_pastabos – pastabos apie vietovės nustatymą, nustatymo būdas ir informacijos apie vietovę šaltiniai;
- Spektrai – nuoroda į originalią žiedadulkių spektrų lentelę diske;
- Spekr\_salt – informacijos apie spektrus šaltinis (rankinis įvedimas, skaitmeninė lentelė arba žiedadulkių diagrama);

- Diagrama – nuoroda į žiedadulkių diagramą;
- Pastabos – pastabos apie tiriamąjį tašką ir jo susijusią informaciją;
- Busena – laukas, rodantis ar informacija apie tiriamąjį tašką yra pilna.

Žiedadulkių spektrų lentelėje taip pat planuojama kaupti informaciją apie kiekvieno žiedadulkių taksono absoliutines išraiškas. Tačiau kadangi šių laukų skaičius priklauso nuo turimų žiedadulkių duomenų, taksonų laukai duomenų bazės projektavimo ir kūrimo etape nėra kuriami.

Litologinės informacijos lentelės laukuose saugoma ši informacija:

- OBJECTID – unikalus objekto identifikatorius (automatiškai sukuriama ir palaikoma duomenų bazė);
- STID – litologijos sluoksnį atitinkančio tiriamojo taško identifikatorius;
- Nuo – sluoksnio kraigo gylis (cm);
- Iki – sluoksnio pado gylis (cm);
- Nuosėdos – nuosėdų tipas;
- Aprašymas – pilnas nuosėdų aprašymas, analogiškas pateiktam susijusioje literatūroje;
- Šaltinis – informacijos apie litologiją šaltinis;
- Pastabos – pastabos apie litologiją.

Datavimo informacijos lentelės laukuose saugoma ši informacija:

- OBJECTID – unikalus objekto identifikatorius (automatiškai sukuriama ir palaikoma duomenų bazė);
- STID – datuotą nuosėdų intervalą atitinkančio tiriamojo taško identifikatorius;
- Nuo – datuoto nuosėdų intervalo kraigo gylis (cm);
- Iki – datuoto nuosėdų intervalo pado gylis (cm);
- Nuosėdos – datuotų nuosėdų tipas;

- Lab\_num – laboratorijos kodas;
- Tipas – datavimo metodas;
- Amzius\_nekalib – nekalibruotas amžius (metais, iki 1950 m.);
- Paklaida – nekalibruoto amžiaus nustatymo paklaida (metais);
- Kalib\_nuo – kalibruoto amžiaus apatinė riba (metais, iki 1950 m.);
- Kalib\_iki – kalibruoto amžiaus viršutinė riba (metais, iki 1950 m.);
- Kalib\_Kr\_nuo – kalibruoto amžiaus apatinė riba (metais pr. Kr. / po Kr.);
- Kalib\_Kr\_iki – kalibruoto amžiaus viršutinė riba (metais pr. Kr. / po Kr.);
- Saltinis – informacijos apie datavimą šaltinis;
- Pastabos – pastabos, susijusios su datavimu.

Informacijos apie susijusią literatūrą lentelės laukuose saugoma ši informacija:

- OBJECTID – unikalus objekto identifikatorius (automatiškai sukuriamas ir palaikomas duomenų bazės);
- STID – publikaciją atitinkančio tiriamojo taško identifikatorius;
- RID – publikacijos unikalus identifikatorius;
- Autoriai – publikacijos autoriai;
- Metai – publikavimo metai;
- Pavadinimas – publikacijos pavadinimas;
- Leidinys – leidinys, kuriame atspausdinta publikacija;
- Numeris – leidinio numeris;
- Puslapiai – puslapiai, kuriuose leidinyje pateikiama publikacija;
- Nuoroda – nuoroda į publikacijos dokumentą diske;
- Pastabos – pastabos, susijusios su publikacija.

Ryšiai tarp elementų klasės ir lentelių realizuoti ryšių klasių (angl. *Relationship class*) elementais. Kiekvieną lentelę su tiriamųjų taškų elementų klase sieja ryšių klasė, nusakanti visą ryšio logiką. Visi ryšiai yra „vienas su

daug“ tipo, t.y. vienam tiriamajam taškui (pvz. gręžiniui) gali bŭti daugiau negu vienas žiedadulkių spektro, litologijos sluoksniu, publikacijų arba datavimo informacijos įrašas. Nors ryšys tarp tiriamųjų taškų ir publikacijų realiai yra „daug su daug“ tipo (gali bŭti kelios publikacijos, aprašančios vieną tiriamąjį tašką ir daug tiriamųjų taškų aprašytų vienoje publikacijoje), siekiant išvengti sudėtingesnės duomenų bazės struktūros, publikacijų lentelėje įrašai yra dubliuojami (pvz. jeigu publikacijoje A aprašomi tiriamieji taškai X, Y ir Z tai publikacijų lentelėje bus trys A publikacijos identiškai įrašai su skirtingais – X, Y ir Z tiriamųjų taškų identifikatoriais).

Publikacijos, parsisiųstos iš interneto šaltinių, nuskenuotos arba pateiktos pačių autorių yra saugomos atskirame kataloge *Adobe Reader (PDF)* formatu. Publikacijų dokumentų nomenklatūra susideda iš simbolio “R”, unikalaus publikacijos trijų skaitmenų kodo ir sutrumpinto pavadinimo, kurį sudaro pagrindiniai autoriai ir metai (pvz. R100\_Stancikaite et al., 2008). Kadangi publikacijų lentelės lauke „Nuoroda“ yra saugomos nuorodos į atitinkamus publikacijų dokumentus, jie yra pasiekiami per publikacijų lentelę.

Žiedadulkių diagramos yra saugomos atskirame kataloge JPG bei TIFF formatais. Failų pavadinimai susideda iš simbolio “D”, tiriamojo taško unikalaus trijų skaitmenų numerio ir gręžinio ar atodangos pavadinimo bei numerio. Diagramos yra pasiekiamos iš tiriamųjų taškų elementų klasės (per nuorodą, saugomą lauke „Diagrama“).

Žiedadulkių spektrų lentelės saugomos originalioje formoje CSV (angl. *Comma-separated value*) formatu atskirame disko kataloge. Failų pavadinimai susideda iš simbolio “C”, tiriamojo taško unikalaus trijų skaitmenų numerio ir gręžinio ar atodangos pavadinimo bei numerio. Žiedadulkių spektrų lentelės yra pasiekiamos iš tiriamųjų taškų elementų klasės lauko „Spektrai“ per šiame lauke esamą nuorodą.

Tokia ryšių struktūra leidžia pažymėjus tiriamąjį tašką peržiūrėti žiedadulkių diagramą, įrašus apie litologiją, datavimą, žiedadulkių spektrus, informaciją apie publikacijas, bei pačias publikacijas.

## 2.5. Duomenų įvedimo metodika

Informacija apie tiriamsuosius taškus buvo suvedama rankiniu būdu *ArcGIS Desktop* aplinkoje. Kadangi taškai saugomi *ESRI* failinės geoduomenų bazės elementų klasėje, jiems buvo suvedami ne tik atributiniai duomenys, bet ir geometriniai (žemėlapyje arba pagal koordinates nurodant taško vietą). Taškų padėtys buvo nustatomos pagal aprašymus arba pateiktas koordinates literatūroje, rankraščiuose, lauko užrašuose ar pačių autorių. Tiriamųjų taškų atributinėje informacijoje nurodomos vietovės nustatymo paklaidos, kurios kiekvienam taškui buvo įvertinamos individualiai. Paklaidos priklauso nuo vietovės nustatymo būdo – *GPS* pagalba nustatytoms koordinatėms paklaidos siekia nuo kelių iki kelių dešimčių metrų (priklausomai nuo prietaiso), tuo tarpu pagal aprašymus literatūroje nustatytos vietos paklaidos dažniausiai sudaro bent kelis šimtus metrų. Kai kuriais atvejais, kai literatūroje pateikta labai mažai informacijos apie vietovę, paklaidos siekia net dešimtis kilometrų. Paklaidos parametras rodo, kad tikroji tiriamoji vieta neabejotinai patenka į pateikiamo spindulio (metrais) aplik nurodytą tašką teritoriją.

Į tiriamųjų taškų atributinę informaciją buvo įrašomos ir taško LKS-94 koordinatės. Jos buvo suskaičiuojamos automatiškai, naudojant *ArcGIS* įrankius „*Add XY coordinates*“ ir „*Calculate Field*“. Gręžinio ar atodangos metainformacija buvo pildoma iš literatūros, rankraščių arba pateiktos pačių autorių.

Renkant susijusią literatūrą pirmenybė buvo teikiama interneto šaltiniams. Nesant galimybės pasinaudoti internetinėmis publikacijų

kopijomis, jos buvo skenuojamos iš spausdintų leidinių bei rankraščių ir saugomos PDF formatu, kad jos galėtų būti paprastai pasiekiamos norint patikrinti, išplėsti ar atnaujinti žiedadulkių duomenų bazėje kaupiamą informaciją. Skenuojant buvo ieškoma kompromiso tarp dokumento kokybės ir būsimo dokumento apimties. Daugeliu atveju buvo siekiama kuo mažesnės dokumento apimties, laikantis minimalaus kokybės reikalavimo, pagal kurį tekstas turi būti įskaitomas standartinės raiškos (800x600) kompiuterio ekrane. Daugumos skenuotų dokumentų raiška yra 100 dpi (pikselių viename colyje), tuo tarpu vaizdų, žemėlapių, žiedadulkių diagramų ir pan. - iki 300 dpi, išskirtiniais atvejais - iki 600 dpi. Dauguma dokumentų nuskenuoti naudojant juodai baltą spalvų gamą, žemesnės kokybės leidiniams ir rankraščiams - pilkumo skalės (angl. *greyscale*) gama. Ten kur buvo svarbu išsaugoti svarbią spalvų perteikiamą informaciją (pvz. kai kurių žemėlapių atveju) buvo skenuojama spalvotai. Kiekvienai naujai publikacijai buvo suteikiamas unikalus numeris, kuris buvo įrašomas dokumento pavadinime pagal aukščiau aprašytą nomenklatūrą.

Literatūros sąrašas buvo sudaromas įvedant duomenis *ArcGIS Desktop* aplinkoje. Buvo renkama informacija apie autorius, publikavimo metus, publikacijos pavadinimas, žurnalo ar leidinio numeris, puslapių skaičius ir t.t. Remiantis šia informacija buvo užpildomi visi publikacijų lentelės atributai. Publikacijos pavadinimas, autoriai bei leidinio pavadinimai buvo vedami originalo kalba (lietuvių, anglų, rusų, vokiečių ir t.t.), o komentarai – tik lietuvių kalba.

Litologijos aprašymai į litologijos lentelę taip pat buvo vedami rankiniu būdu. Dauguma įrašų apie litologiją surinkti iš literatūros arba lauko užrašų, tačiau kai kurie litologijos aprašymai yra sudaryti remiantis žiedadulkių diagramoje nurodoma informacija. Tokiais atvejais, įvedimo šaltinis buvo nurodomas atitinkamuose atributuose. Nuosėdos duomenų bazėje aprašomos originalo kalba, komentarai - lietuvių kalba.



Datavimo informacijos lentelė buvo suvedama remiantis informacija literatūroje. Datos buvo įvedamos remiantis originaliuose šaltiniuose pateikta informacija ir nebuvo papildomai kalibruojamos ar konvertuojamos į kitus datų tipus (pvz. jei publikacijoje pateikiamas tik amžius pr. Kr. / po Kr., buvo pildomi tik šie laukai). Tekstinėje datavimo metainformacijoje naudojama originalaus šaltinio kalba, komentaruose – lietuvių kalba.

Informacija apie žiedadulkių spektrus buvo renkama iš įvairių šaltinių (publikacijų, ataskaitų, rankraščių) ir suvedama į atskiras lenteles bei saugoma CSV formatu. Kai kurios lentelės skatimeninėje ar rankraščių formoje buvo suteiktos pačių autorių, dalis diagramų buvo suteiktos šiam darbui Lietuvos geologinės tarnybos. Skaitmeninės lentelės buvo tik standartizuojamos pagal žiedadulkių duomenų bazės formatą (pridedamas tiriamojo taško identifikatorius, reikalingi techniniai laukai, gyliai konvertuojami į centimetrus nuo žemės paviršiaus ir pan.), tuo tarpu rankraštinės lentelės buvo pilnai įskaitmeninamos suvedant visą informaciją. Originalių žiedadulkių lentelių laukus sudaro taksonų pavadinimai bei techniniai laukai. Taksonų laukų pavadinimai yra lotyniški taksonų pavadinimai. Įvedant duomenis taksonų pavadinimai standartizuojami nebuvo, t.y. buvo paliekami tokie laukų pavadinimai, kokie yra pateikti pirminėje medžagoje (pvz. vienoje spektrų lentelėje visos alksnio žiedadulkės apibūdinamos kaip *Alnus*, kitoje – gali būti išskirtos rūšys *Alnus incana* ir *Alnus glutinosa*). Techniniai ir kiti laukai, nesaugantys informacijos apie konkrečių taksonų žiedadulkių kiekius, buvo pavadinti anglų kalba, siekiant spektrų lenteles padaryti įskaitomas tarptautiniam vartotojui (numatant duomenų eksportavimo ir dalinimosi duomenimis su tarptautinėmis duomenų bazėmis arba pavieniais vartotojais galimybę). Anglišų laukų pavadinimai yra šie:

- Charcoal – medžio anglies dalelės;
- Charcoal\_10plus – medžio anglies dalelės, didesnės už 10 µm;

- Chronology – chronologinė informacija (nuosėdų pavyzdžio data);
- Chronozones – informacija apie chronozonas;
- Corroded – koroduotos žiedadulkės;
- Crumpled – sumaigytos žiedadulkės;
- Crumpled\_trees – sumaigytos medžių žiedadulkės;
- Depth – nuosėdų pavyzdžio gylis, cm;
- Eliminate – laukas, rodantis pavyzdžio netinkamumą tolimesnei analizei (jei jo reikšmė lygi 1, pavyzdys analizei yra netinkamas);
- Obscured – uždengtos žiedadulkės;
- Old\_spores – tarpledynmečių ir prekvartero sporos;
- Other\_spores – kitos sporos;
- Reworked\_pollen – perklostytos žiedadulkės;
- Reworked\_spores – perklostytos sporos;
- Stomata\_Pinus – pušies stomatos;
- Unidentified – neapibūdintos žiedadulkės;
- Unidentified\_spores – neapibūdintos sporos;
- Unidentified\_trees – neapibūdintos medžių žiedadulkės;
- Unknown – nežinomas taksonas.

Dalis žiedadulkių spektrų duomenų buvo pateikta absoliučiais skaičiais, kita dalis – procentais. Norint efektyviai saugoti žiedadulkių spektrų duomenis, juos reikėjo standartizuoti, todėl procentinėmis išraiškomis saugomi žiedadulkių duomenys buvo konvertuoti į absoliutines išraiškas. Pirmiausiai, norint konvertuoti procentines išraiškas į absoliutines, turi būti žinoma bendra žiedadulkių suma, nuo kurios skaičiuojami procentai. Kai kuriose lentelėse šios sumos nebuvo pateiktos, todėl absoliutinių išraiškų tiksliai apskaičiuoti buvo neįmanoma. Tokiais atvejais buvo laikoma, kad žiedadulkių suma yra 200 ir spektrai konvertuojami į pseudoabsoliutines išraiškas. Šio darbo ribose toks kovertavimas yra priimtinas, kadangi

vėlesniuose duomenų apdorojimo etapuose absoliutinės išraiškos vėl konvertuojamos į procentines ir pseudoabsoliutinės išraiškos įgauna savo pradinę procentinę formą neiškraipant reikšmių. Tačiau tyrimams, paremtiems absoliutinių dydžių skaičiavimais, tokios lentelės nėra tinkamos ir tai nurodoma tiriamojo taško atributinėje informacijoje, kuri gali būti reikalui esant panaudota šių duomenų nufiltravimui.

Kita problema, susijusi su pirmine žiedadulkių spektrų informacija, yra duomenų įvedimo klaidos pirminiame šaltinyje (pavyzdžiui, žiedadulkių sumą sudarančių taksonų procentinių išraiškų suma nėra lygi 100 %). Abejotiniais atvejais duomenys buvo sutikrinami su žiedadulkių diagramomis. Jei po patikrinimo žiedadulkių suma nesiekė 95 % arba viršijo 105 %, atitinkami įrašai spektrų lentelėje buvo pažymimi kaip netinkami naudoti (lauko „*Eliminate*“ reikšmė prilyginama 1). Kitais atvejais, galimos paklaidos, susijusios su žiedadulkių sumos netikslumu buvo priimanos kaip nereikšmingos. Tiriamieji taškai, kuriuose pasitaikė žiedadulkių sumų neatitikimų nuo 1 iki 5 % atitinkamai pažymėti pastabų atributiniuose laukuose, kad reikalui esant juos būtų galima eliminuoti iš tolimesnių skaičiavimų arba įvertinti paklaidas. Nežymūs žiedadulkių sumos neatitikimai (iki 1 %) laikomi ne duomenų įvedimo klaidomis, o klaidomis, atsiradusiomis dėl apvalinimo apskaičiuojant procentines išraiškas. Tokiais atvejais dažniausiai įmanoma atkurti tikslus absoliutinius dydžius.

Skirtingi žiedadulkių duomenų autoriai naudoja skirtingas žiedadulkių sumų apskaičiavimo metodikas. Dalyje spektrų lentelių pagrindinę žiedadulkių sumą sudaro medžių ir krūmų žiedadulkių suma, kitose – tik medžių, visų žiedadulkių arba visų žiedadulkių, išskyrus vandens augalų sumos. Kai kuriais atvejais į bendrą sumą buvo įtraukiamos net sporos. Prieš konvertuojant į absoliučias reikšmes, kiekvienai žiedadulkių spektrų lentelei buvo nustatoma sumų apskaičiavimo metodika ir įvertinamas žiedadulkių sumų atitikimas.

Tiriamųjų taškų, kuriuose neaptikta duomenų klaidų, „Saltinis“ atributo reikšmės užpildytos reikšme „Procentai“.

Procentinių išraiškų konvertavimas į absoliutines buvo vykdomas pagal šią formulę (x – absoliutinė išraiška; a – procentinė išraiška; P – pagrindinė žiedadulkių suma):

$$x = \left\| \frac{a \cdot P}{100\%} \right\|$$

Nors daugumoje žiedadulkių spektrų lentelių gylyai pateikiami nuo žemės paviršiaus, buvo ir tokių, kur gylyai pateikiami nuo vandens paviršiaus arba absoliutiniais aukščiais virš jūros lygio. Siekiant standartizuoti duomenis, visi gylyai buvo konvertuoti į gylius nuo žemės paviršiaus. Metrais pateikiami gylio duomenys buvo konvertuoti į centrimetrus.

Žiedadulkių spektrų lentelėje saugoma ir informacija apie pavyzdžio chronozoną. Chronozonų atributas buvo pateikiamas pagal autoriaus pateiktą suskirstymą žiedadulkių diagramoje ar literatūroje. Šis atributas buvo pildomas tik tuomet kai duomenys apie chronozonas buvo prieinami.

## 2.6. Duomenų įkėlimas

Sukūrus duomenų bazės struktūrą ir rankiniu būdu įvedus informaciją apie tiriamuosius taškus, datavimą, litologiją, literatūrą bei paruošus originalias žiedadulkių spektrų lenteles, pastarosios turėjo būti integruotos į duomenų bazę. Šiam tikslui žiedadulkių spektrų lentelėje buvo sukurti laukai kiekvienam originalioje spektrų lentelėse saugomam taksonui ir šių lentelių laukuose saugoma informacija perkeliama į atitinkamus laukus duomenų bazėje. Duomenų įkėlimo darbo eiga buvo tokia:

1. Pirmiausiai, norint užtikrinti vienodus taksonų pavadinimus bei patikrinti taksonų įvedimo klaidas, buvo atliekamas automatizuotas laukų

pavadinimų tikrinimas. Tam buvo specialiai sukurtas *Python* programinis kodas „*LaukPavTikr.py*“. Šis kodas sukuria abėcėlės tvarka sudarytą visų unikalių laukų, išriktų iš visų originalių žiedadulkių spektrų lentelių, sąrašą ir ekrane pateikia šį sąrašą kartu su lentelės, kurioje tas laukas užfiksuotas pirmiausia, pavadinimu (2.6.1 pav.). Išvestas sąrašas buvo peržiūrimas, o radus laukų pavadinimų neatitikimų klaidos buvo ištaisomos originaliuose CSV failuose. Šis žingsnis kartojamas kol išvedamame į ekraną sąrašė nelieka neatitikimų. Jei galima padaryti prielaidą, kad visi laukų pavadinimai originaliose CSV lentelėse yra įvesti teisingai, šis žingsnis nėra privalomas.

2. Atlikus laukų patikrinimą, laukų sąrašas yra išsaugomas pavadinimu „*LaukuSarasas.txt*“, panaudojant programinį kodą „*LaukSarKur.py*“.

```
Sagina////C073_Velnio_duobe-1.csv
Salix////C004_Ventes_ragas-26.csv
Sambucus////C047_Ezero_pelke-1.csv
Sambucus_nigra_type////C012_Klaipeda-93.csv
Sanguisorba////C439_Snieriskes.csv
Saxifraga////C008_Nida-27.csv
Saxifraga_granulata////C439_Snieriskes.csv
Saxifraga_nivalis////C439_Snieriskes.csv
Saxifraga_nivalis_type////C012_Klaipeda-93.csv
Saxifraga_oppositifolia_type////C113_Butinge-18-3.csv
Saxifraga_stellaris////C439_Snieriskes.csv
Saxifraga_stellaris_type////C442_Perunas.csv
Saxifraga_unident////C439_Snieriskes.csv
Saxifragaceae////C095_Svencele-3.csv
Scabiosa////C047_Ezero_pelke-1.csv
Scenedesmus_spp////C012_Klaipeda-93.csv
```

**2.6.1 pav.** *Python* kodo „*LaukPavTikr.py*“ ekrane išvedamos informacijos fragmentas – taksono pavadinimas ir pirmoji lentelė, kurioje jis yra užfiksuotas. Laukų sąrašo pagalba galima efektyviai nustatyti laukų pavadinimų netikslumus visose originaliose žiedadulkių spektrų lentelėse iš karto.

3. Ištaisytos žiedadulkių spektrų lentelės, saugomos CSV failuose importuojamos į pagrindinę geoduomenų bazę, pridėdant jų įrašus į naujai sukurtą lentelę „*Spektrai*“. Tam naudojamas programinis kodas

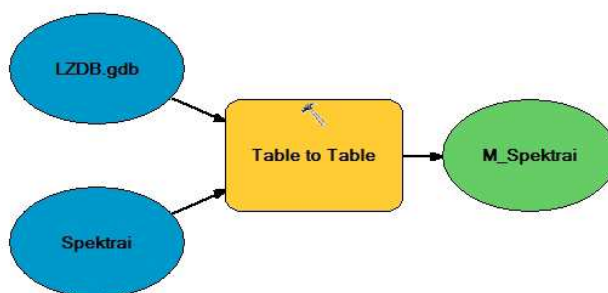
„SpektLentKur.py“, pridedantis visus reikalingus taksonų laukus ir pridedantis į lentelę „Spektrai“ visus CSV lentelių įrašus bei laukus.

Tokiu būdu visa reikalinga informacija surenkama žiedadulkių duomenų bazėje ir baigiamas jos kūrimo procesas.

## 2.7. Izožiedadulkių žemėlapių sudarymo metodika

Izožiedadulkių žemėlapiai buvo sudaromi šiems vėlyvojo ledynmečio ir holoceno laikotarpiams (2.7.1 lentelė): 14700 cal BP (biolingui), 14000 cal BP (ankstyvajam driasui), 13300 cal BP (aleriodui), 12100 cal BP (vėlyvajam driasui), 10800 cal BP (preborealiui), 9500 cal BP (borealiui), 8000 cal BP (ankstyvajam atlančiui), 6500 cal BP (vėlyvajam atlančiui), 5300 cal BP (ankstyvajam subborealiui), 3300 cal BP (vėlyvajam subborealiui), 1800 cal BP (ankstyvajam subatlančiui) ir 500 cal BP (vėlyvajam subatlančiui). Kadangi ankstyviausiojo driaso laikotarpio žiedadulkių duomenų labai nedaug, šio laikotarpio žemėlapiai nebuvo sudaromi. Žemėlapių sudarymo eiga buvo tokia:

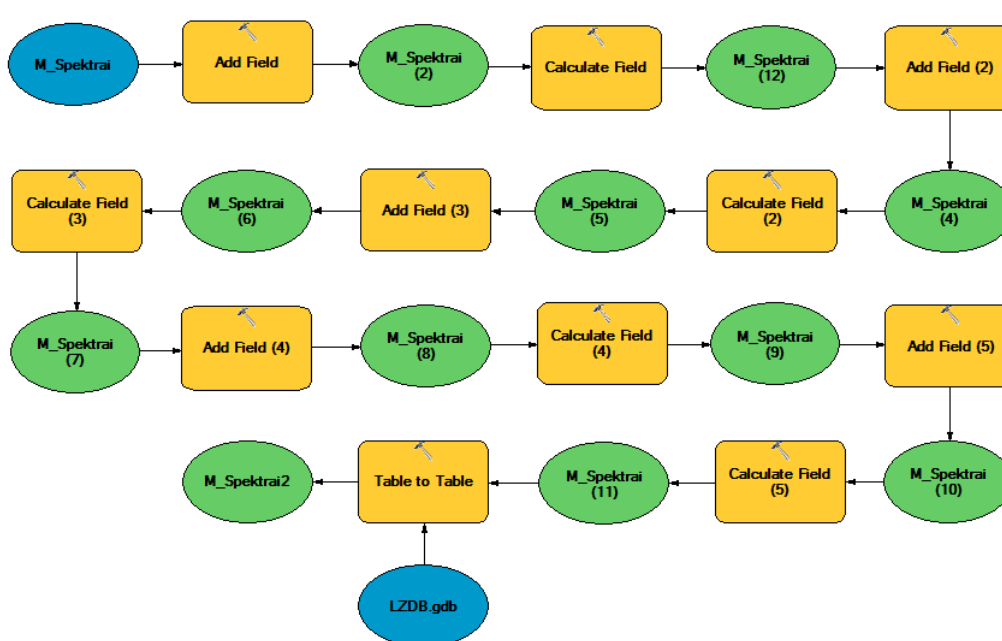
1. Laukai, kuriuose saugoma informacija apie medžių ir krūmų žiedadulkių spektrus išeksportuojami į atskirą lentelę („M\_Spektrai“) naudojant geoduomenų apdorojimo modelį „Sukurti medžių spektrų lentelę“ (2.7.1 pav.).
2. „Null“ reikšmės sukurtoje lentelėje pakeičiamos nuliais. „Null“ reikšmės nėra identiškos reikšmėms, prilygintoms nuliui – jos rodo, kad atributas apskritai neturi reikšmės (resources.arcgis.com). Tačiau žiedadulkių spektrų lentelėje taksono atributo nebuvimas reiškia, kad šio taksono žiedadulkių spektre nėra (t.y. jų absoliutinė išraiška lygi nuliui). „Null“ reikšmių konvertavimas į „0“ vykdomas naudojant programinį kodą „KonvNullReiks.py“.



**2.7.1 pav.** Geoduomenų apdorojimo modelio „Sukurti medžių spektrų lentelę“ grafinis vaizdas. Modelio įvestys (mėlyni ovalai) – geoduomenų bazė ir įvesties lentelė. Įrankiu „Table to Table“ (oranžinis stačiakampis) visi reikalingi įvesties lentelės laukai išeksportuojami į išvesties (žalias ovalas) lentelę.

- Originaliose žiedadulkių spektrų lentelėse išlaikyti originalūs taksonų pavadinimai. Tačiau norint žiedadulkių spektrų duomenis naudoti kaip vieningą duomenų rinkinį, kai kurie pavadinimai turėjo būti standartizuoti. Kadangi šio darbo tyrimo objektas yra tik medžių ir krūmų genčių žiedadulkių spektrai, visi taksonai buvo standartizuojami taip, kad nusakytų medžių ir krūmų gentis (pvz. *Alnus incana*, *Alnus glutinosa*, *Alnus* ir *Alnaster* reikšmės buvo sudedamos ir priskiriamos bendram „SUM\_Alnus“ atributui). Nereikšmingi taksonai (turintys mažiau kaip 500 žiedadulkių visuose tiriamuosiuose taškuose kartu paėmus) bei neapibūdintos medžių ir krūmų žiedadulkės susumuotos ir priskirtos atributui „SUM\_Kitos“. Tai buvo atliekama naudojant geoduomenų apdorojimo modelį „Pridėti suminius laukus“ (2.7.2 pav.). Šis modelis prideda reikalingus laukus ir apskaičiuoja jų reikšmes, sudėdamas sub-taksonų reikšmes. Rezultatai išsaugomi lentelėje „M\_Spektrai2“.
- Toliau iš medžių ir krūmų žiedadulkių spektrų lentelės išrenkami įrašai, tinkami tolimesnei analizei. Pavyzdžiai, turintys „Eliminate“ lauko reikšmę lygią 1 turi būti pašalinti dėl reikšmingų paklaidų. Taip pat yra pašalinami visi pavyzdžiai, kuriuose žiedadulkių suma neviršija 200, kadangi tokie

duomenys nėra pakankamai statistiškai patikimi (Moore et al., 1991). Žiedadulkių pjūviai, susidedantys iš mažiau kaip 10 pavyzdžių pašalinami pilnai dėl jų nepakankamo detalumo. Tolimesnei analizei nereikalingų įrašų pašalinimas vykdomas naudojant geoduomenų apdorojimo modelį „Eliminuoti žiedadulkių spektrus“ (2.7.3 pav.). Šio modelio galutiniai rezultatai išsaugomi „M\_Spektrai4“ lentelėje, kurioje lieka tik patikimi spektrai.



**2.7.2 pav.** Geoduomenų apdorojimo modelio „Pridėti suminius laukus“ grafinis vaizdas. Lentelėje „M\_Spektrai“ pridedami (įrankiais „Add Field“) suminiai laukai ir suskaičiuojamos jų reikšmės (įrankiais „Calculate Field“) sudedant subtaksonų reikšmes. Rezultatas išsaugomas lentelėje „M\_Spektrai2“.

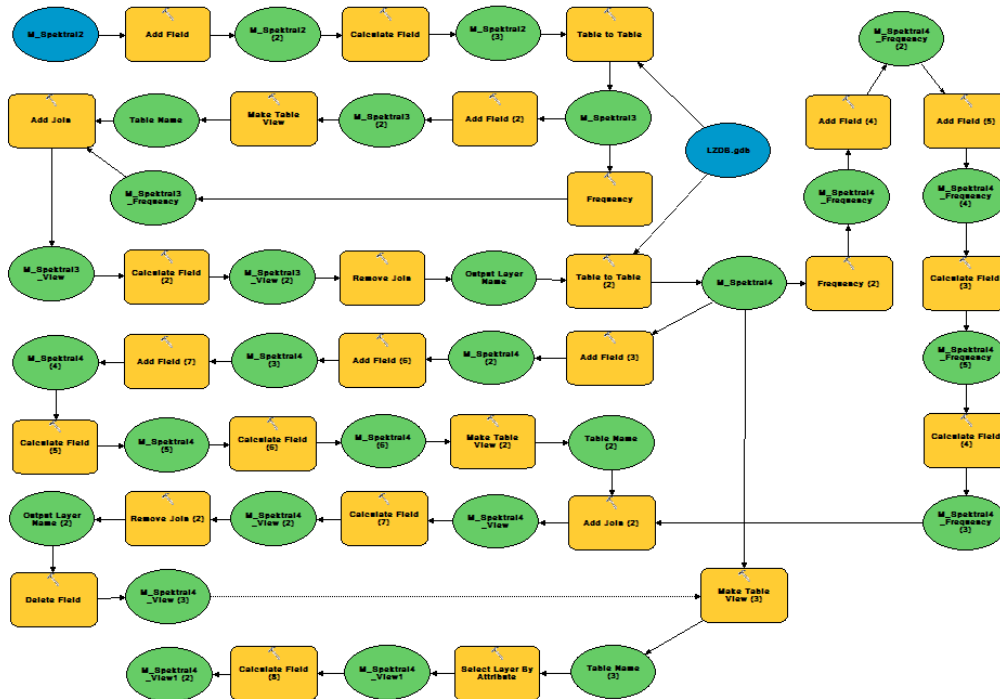
5. Po to, kai atrenkami tik patikimi žiedadulkių spektrai, kiekvienam pavyzdžiui yra nustatoma chronologija, remiantis žiedadulkių duomenų interpretacija. Absoliučiais datavimo metodais datuotų nuosėdų žiedadulkių pjūviuose nėra daug, todėl jie gali būti naudojami tik kaip papildoma informacija apie amžių (pvz. amžiaus verifikavimui bei kokybės



įvertinimui). Nors amžiaus nustatymas interpretuojant žiedadulkių duomenis nėra toks tikslus kaip absoliutaus datavimo metodais nustatytas amžius, žiedadulkių duomenys yra kur kas detalesni ir žiedadulkių chronologiją galima naudoti kiekvienam pjūviui be išimties. Chronologija buvo sudaroma remiantis lauke „*Chronology*“ saugoma informacija, interpoliuojant reikšmes tarp žinomų chronozonos pradžios ir pabaigos amžių. Chronozonų ribų amžius buvo apibrėžiamas remiantis M. Kabailienės (2006a) duomenimis. Amžiaus kalibravimas buvo vykdomas naudojant *OxCal* programinę įrangą (Bronk Ramsey, 2009). Atskirų pavyzdžių amžius buvo nustatomas linijinės interpoliacijos būdu, naudojant sukurtą *Python* programinį kodą „*ZiedChronol.py*“. Tokio amžiaus nustatymo prielaida yra tai, kad sedimentacija visos chronozonos metu buvo tolygi. Realiose sąlygose dažniausiai ši prielaida nėra tenkinama, tačiau galimos amžiaus paklaidos naudojant šį metodą sąlyginai nedidelės, turint omenyje pakankamai ilgus izožiedadulkių žemėlapių reprezentuojamus laikotarpius.

6. Norint lyginti žiedadulkių spektrus su augalijos duomenimis (išreiškiamais procentais), absoliutinius žiedadulkių duomenis reikėjo konvertuoti į procentines išraiškas. Procentai buvo skaičiuojami nuo likusių medžių ir krūmų žiedadulkių sumos. Tam buvo naudojamas programinis kodas „*ProcKonv.py*“. Tuo pačiu šis kodas taip pat eliminuoja pavyzdžius, neturinčius informacijos apie chronologiją ir ištrina nebereikalingus laukus. Rezultatai išsaugomi lentelėje „*M\_Procentai*“.
7. Programinis kodas „*InterpLaikot.py*“ sukuria naują lentelę su interpoliuotomis chronologijos reikšmėmis kiekvienam tiriamajam laikotarpiui (2.7.1 lentelė). Kiekvieno pavyzdžio chronologijos reikšmės apskaičiuojamos pagal dviejų artimiausių pavyzdžių, turinčių chronologinę informaciją, reikšmes. Žiedadulkių spektrų reikšmės interpoliuojamos atsižvelgiant į vertikalų atstumą tarp nuosėdų pavyzdžių – kuo arčiau

pavyzdžio su žinoma chronologija yra interpoliuojamas pavyzdys, tuo artimesnės bus ir jo žiedadulkių spektro išraiškos. Interpoliavimo rezultatai išsaugomi lentelėje „TL\_Procentai“.



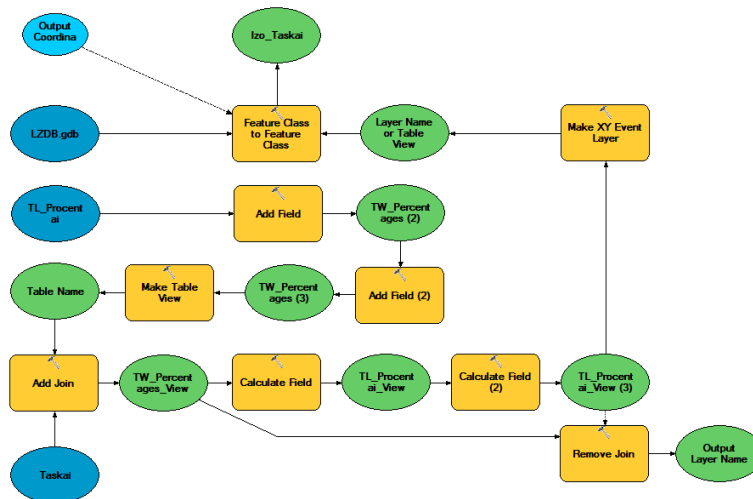
**2.7.3 pav.** Geoduomenų apdorojimo modelio „Eliminuoti žiedadulkių spektrus“ grafinis vaizdas.

8. Geoduomenų apdorojimo modelis „Sukurti laikotarpių elementų klasę“ (2.7.4 pav.) sujungia taškų geografinę informaciją (koordinates) su lentelės „TL\_Procentai“ įrašais ir sukuria elementų klasę, atitinkančią tiriamųjų taškų vietas su atributine informacija – interpoliuotomis žiedadulkių spektrų reikšmėmis tiriamiesiems laikotarpiams. Rezultatai išsaugomi taškinėje elementų klasėje „Izo\_Taskai“.
9. Geoduomenų apdorojimo modelio „Atskirti laikotarpius“ (2.7.5 pav.) pagalba, „Izo\_Taskai“ elementų klasės taškai, atitinkantys skirtingus tiriamuosius laikotarpius yra išsaugomi skirtingose elementų klasėse. Gautų elementų klasių pavadinimus sudaro frazė „Izo\_“ ir laikotarpio amžius (pvz., „Izo\_3300“).

**2.7.1 lentelė.** Chronozonas atitinkantys laikotarpiai lentelėje „TL\_procentai“. Naudojamos M. Kabailienės (2006a) nustatytos nekalibruoto amžiaus reikšmės bei A. Damušytės (2011) pateikiamos kalibruoto amžiaus reikšmės.

<b>Chronozona</b>	<b>Nekal. amžius, BP</b>	<b>Kal. amžius, BP</b>	<b>Amžius lentelėje</b>
BÖ	13000-12300	15850-14600	14700
DR2	12300-11900	14600-13600	14000
AL	11900-10900	13600-12800	13300
DR3	10900-10000	12800-11500	12100
PB	10000-9000	11500-10200	10800
BO1	9000-8100	10200-9200	9500
BO2	8100-7800	9200-8600	9500
AT1	7800-6500	8600-7400	8000
AT2	6500-5000	7400-5700	6500
SB1	5000-3700	5700-4000	5300
SB2	3700-2500	4000-2600	3300
SA1	2500-1000	2600-1000	1800
SA2	1000-0	1000-0	500

10. Laikotarpių taškinių elementų klasių pagrindu sudaromi izožiedadulkių žemėlapiai. Kiekvienos laikotarpių elementų klasės kiekvieno lauko (taksono) reikšmės yra interpoliuojamos (natūralių kaimynų metodu) ir pagaminami 1 km celės dydžio grafiniai vaizdai, t.y. apskaičiuojamas teorinis taksono procentinis kiekis kiekviename interpoliuojamo ploto kvadratiname kilometre. Izožiedadulkių grafinių gardelių sudarymui naudojamas *Python* programinis kodas „*InterplzoziedZem.py*“.







2.7.4. pav. Geoduomenų apdorojimo modelio „Sukurti laikotarpių elementų klasę“ grafinis vaizdas.



2.7.5 pav. Geoduomenų apdorojimo modelio „Atskirti laikotarpius“ grafinis vaizdas. Rusvas rombas atvaizduoja iteratorių. Iteratorius vykdo modelį duotą skaičių kartų su kiekvienu įvesčių parametru (šiuo atveju - laikotarpiu).

## 2.8. Dabartinės augalijos žemėlapių sudarymo metodika

Teoriškai gautų žiedadulkių spektrų palyginimui su empiriniais duomenimis buvo reikalingi augalijos žemėlapiai. Augalijos žemėlapiai buvo sudaromi Miško kadastro integruotos informacinės sistemos (MKIIS) duomenų, suteiktų šiam darbui, pagrindu. MKIIS saugomi geoinformaciniai duomenys apie 1 322 053 Lietuvos miško kadastro sklypų, įskaitant tikslią sklypų geometriją ir jų ardu rūšinę sudėtį. Geografiniai duomenys buvo pateikti *ESRI Shapefile* formatu („MKAD\_SKL.shp“ ir „PM\_2006\_SKL.shp“ failuose), o atributiniai duomenys – dvejose personalinėse *ESRI* geoduomenų bazėse (resources.esri.com) – „MKAD.mdb“ ir „PM\_2006.mdb“ (2.8.1 pav.).

Name	Type
 MKAD	Personal Geodatabase
 PM2006	Personal Geodatabase
 MKAD_SKL	Shapefile
 PM_2006_SKL	Shapefile

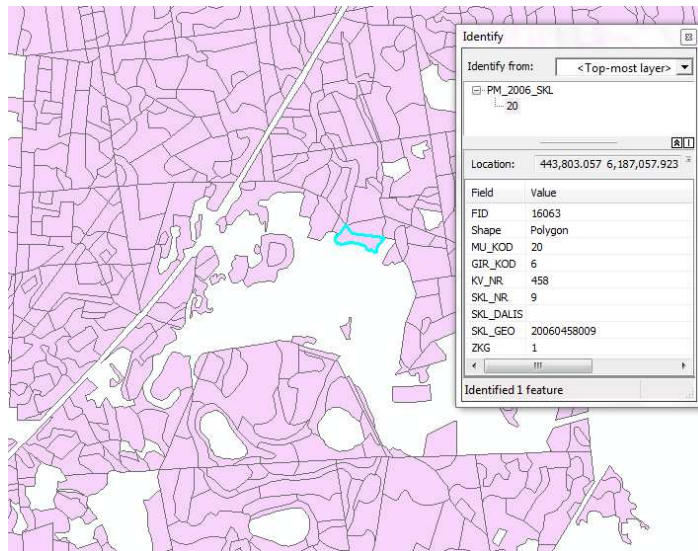
**2.8.1 pav.** Valstybinės miškotvarkos tarnybos pateiktų duomenų vaizdas *ArcCatalog* aplikacijoje.

Abiejų *ESRI Shapefile* elementų klasių bei abiejų geoduomenų bazių struktūra identiška. Jose saugomi duomenys apie skirtingų Lietuvos dalių miško kadastro sklypus (2.8.2 pav.). „PM\_2006\_SKL.shp“ faile ir „PM\_2006.mdb“ geoduomenų bazėje saugomi duomenys apie Mažeikių, Joniškio, Kuršėnų, Šiaulių ir Tytuvėnų urėdijų sklypus, o „MKAD\_SKL.shp“ faile ir „MKAD.mdb“ geoduomenų bazėje – apie likusios Lietuvos teritorijos sklypus (2.8.3 pav.).

*ESRI Shapefile* elementų klasėse saugoma sklypų geometrija bei vienuolikos skaitmenų hierarchinis ryšio kodas („SKL\_GEO“), susidedantis iš urėdijos kodo, girininkijos kodo, miško kvartalo numerio ir miško kadastro

sklypo numerio kvartale. Abejose geoduomenų bazėse yra po 41 identiškąs struktūros lentelę (2.8.4 pav.). Šiam darbui naudojamos tik šios lentelės:

- *Ardu\_sudėtis* – vyraujančių medžių rūšių sudėtis miško arduose.
- *Gir\_kvar* – miško kvartalų informacija.
- *Kv\_skl* – kadastrinių sklypų informacija.
- *Maketas10* – ardų ir sklypų informacijos ryšio lentelė.
- *Ur\_gir* – girininkijų informacija.
- *Uredijos* – urėdijų informacija.



**2.8.2 pav.** *PM\_2006\_SKL.shp* elementų klasės vaizdo ArcMap aplikacijoje fragmentas. Identify lange pateikiama pažymėto sklypo atributinė informacija.

Lentelėse „Uredijos“, „Ur\_gir“, „Kv\_skl“, „Gir\_kvar“ ir „Maketas10“ saugomi darbui reikalingi ryšio kodai bei jų sudedamosios dalys, o lentelėje „Ardu\_sudėtis“ saugoma augalijos žemėlapių sudarymui reikalinga sklypų rūšinės sudėties informacija. Tam kad ši informacija būtų susieta su elementų klasėse saugomais geografiniais duomenimis, ji turėjo būti paruošta išnaudojant duomenų bazių reliacinę struktūrą (2.8.5 pav.).



**2.8.3 pav.** Valstybinės miškotvarkos tarnybos pateiktų duomenų geografinė aprėptis. Didžioji dalis duomenų pateikta geoduomenų bazėje „MKAD.mdb“ ir faile „MKAD\_SKL.shp“, likusi dalis – „PM2006.mdb“ ir faile „PM\_2006\_SKL.shp“.

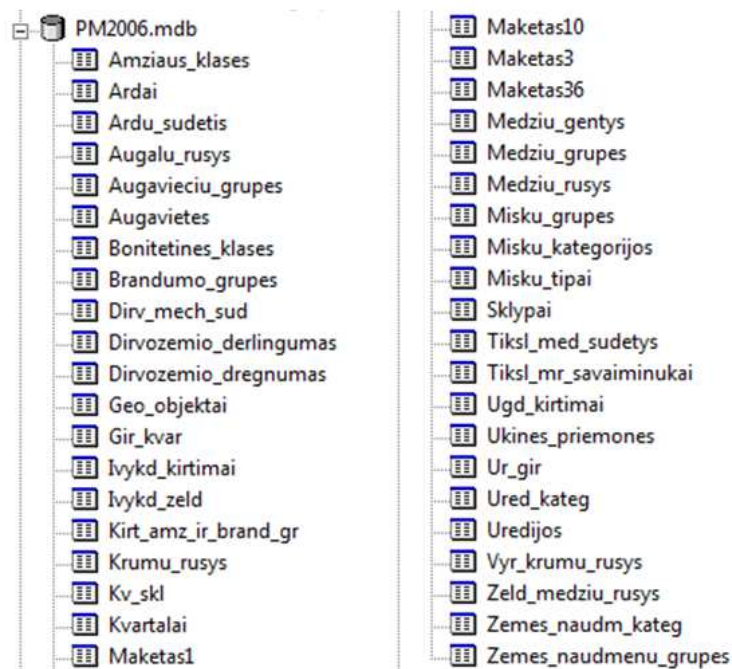
Bendra Valstybinės miškotvarkos tarnybos pateiktų MKIIS duomenų apimtis diske – 2,73 GB.

Panaudojant *ArcGIS* geoduomenų apdorojimo funkcionalumą, šių duomenų pagrindu buvo pagaminti skirtingo detalumo grafiniai kiekvienos medžių rūšies paplitimo žemėlapiai.

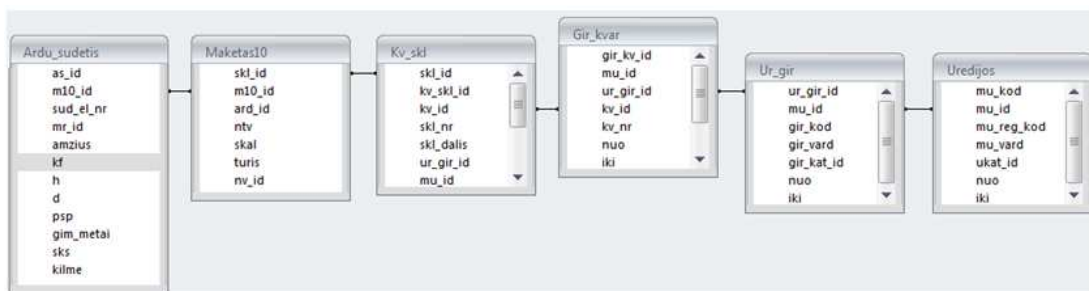
Darbo eiga buvo tokia:

1. Naudojant geoduomenų apdorojimo modelį „*Importuoti duomenis*“ (2.8.6 pav.) Valstybinės miškotvarkos tarnybos pateiktos *ESRI Shapefile* elementų klasės bei personalinių geoduomenų bazių lentelės „*Ardu\_sudetis*“, „*Gir\_kvar*“, „*Kv\_skl*“, „*Maketas10*“, „*Ur\_gir*“ ir „*Uredijos*“ buvo importuotos ir apjungtos naujoje failinėje geoduomenų bazėje „*LADB.gdb*“.
2. Hierarchinį ryšio kodą „*SKL\_GEO*“ miško kadastro sklypų elementų klasėse sudaro urėdijos kodas, girininkijos kodas, miško kvartalo numeris ir sklypo

numeris kvartale. Norint susieti augalijos sudėties duomenis, saugomus ardu lentelėje, su sklypų elementų klase, kiekvienas ardu lentelės įrašas turėjo turėti „SKL\_GEO“ kodą. Šis kodas buvo suformuotas jungiant prie sklypų lentelės kvartalų, girininkijų ir urėdijų lenteles. Tam buvo naudojamas geoduomenų apdorojimo modelis „Suformuoti ryšio kodą“ (2.8.7 pav.).



**2.8.4 pav.** PM2006.mdb geoduomenų bazės lentelių vaizdas ArcCatalog aplikacijoje.



**2.8.5 pav.** Naudojamų MKIIS lentelių ryšiai.





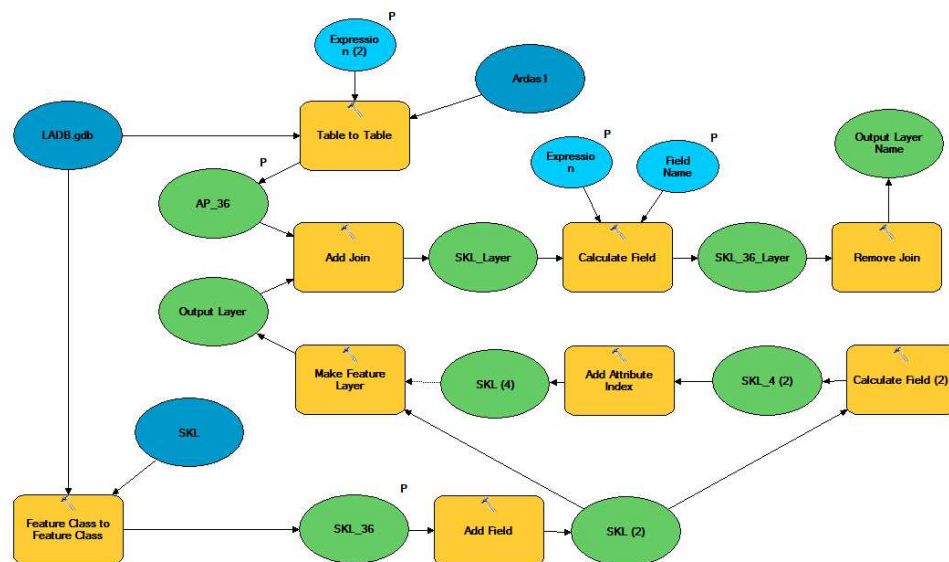
- Modeliu „Paruošti ardy duomenis“ (2.8.8 pav.), ryšio kodas „SKL\_GEO“ iš sklypų lentelės perkeliamas į tarpinę lentelę „Maketas10“, o iš jos – į lentelę „Ardų sudėtis“, kartu su ardo identifikatorium „ARD\_ID“, kuris rodo ardo numerį. Papildžius ardy sudėties lentelę reikalingais kodais, atrenkami ir išeksportuojami į atskirą lentelę („Sudetis“) įrašai, aprašantys pirmojo miško ardo augaliją.
- Toliau kiekvienai pirmo ardo medžių rūšiai kuriamos elementų klasės, turinčios tos rūšies procentinio kiekio atributą kiekviename sklype. Tam buvo naudojamas modelis „Sukurti rūšių elementų klases“ (2.8.9 pav.). Modelis buvo leidžiamas su skirtingais parametrais tiek kartų, kiek yra rūšių.



**2.8.8 pav.** Geoduomenų apdorojimo modelio „Paruošti ardy duomenis“ grafinis vaizdas.

- Modeliu „Konvertuoti į rastrus“ (2.8.10 pav.) vektoriniai sklypų duomenys su procentinėmis augalijos sudėtimis buvo konvertuojami į grafinį formatą, kadangi grafinių duomenų erdvinė analizė yra žymiai greitesnė (resources.arcgis.com). Šiame modelyje naudojamas iteratorius, kadangi tas pats procesas yra kartojamas su skirtingais parametrais. Kiekviena darbinėje geoduomenų bazėje saugoma elementų klasė, kurios

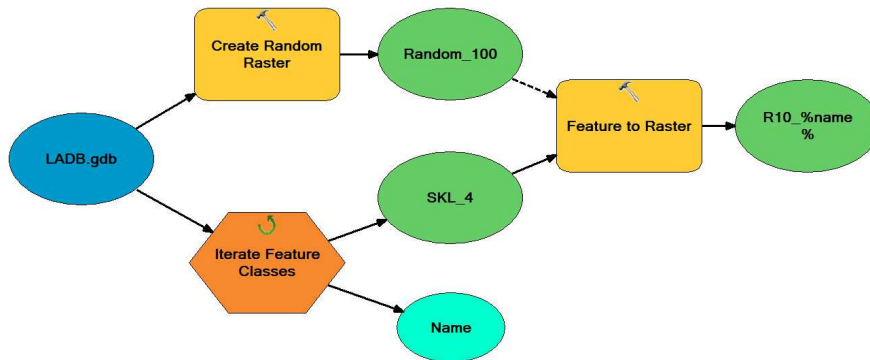
pavadinimas prasideda „SKL\_“, t.y. atskirų rūšių procentinės sudėties elementų klasė, atitinka vieną iteraciją. Kiekvienoje iteracijoje vektorinė elementų klasė konvertuojama į 10 m grafinę gardelę, kurios kiekviena celė turi procentinio kiekio atributą. Siekiant užtikrinti atskirų grafinių gardelių celių vietų sutapimą, kaip bazinis pritraukimo gardelė (angl. *Snap Raster*) nurodomas specialiai sukurtas 100 m atsiktinių grafinis paviršius, dengiantis visą Lietuvos teritoriją. Rezultatai išsaugomi grafinėse gardelėse, kurių pavadinimai susideda iš frazės „R10\_“ ir elementų klasės, iš kurios jie buvo konvertuoti, pavadinimo.



**2.8.9 pav.** Geoduomenų apdorojimo modelio „Sukurti rūšių elementų klases“ grafinis vaizdas. Įvestys pažymėtos raide „P“ yra vartotojo keičiami modelio parametrai.

6. Kiekvienas rūšinės sudėties grafinė gardelė buvo apkerpama pagal Lietuvos teritoriją, „NoData“ reikšmės („jokių duomenų“) pakeičiamos į „0“, o pačios gardelės generalizuojamos į 100 m celės gardeles, siekiant pagreitinti didesnių teritorijų analizę. Tam buvo naudojamas geoduomenų apdorojimo modelis „Sukurti augalijos rastrus“ (2.8.11 pav.). Kiekviena geoduomenų bazėje esanti grafinė gardelė, kurios pavadinimas prasideda

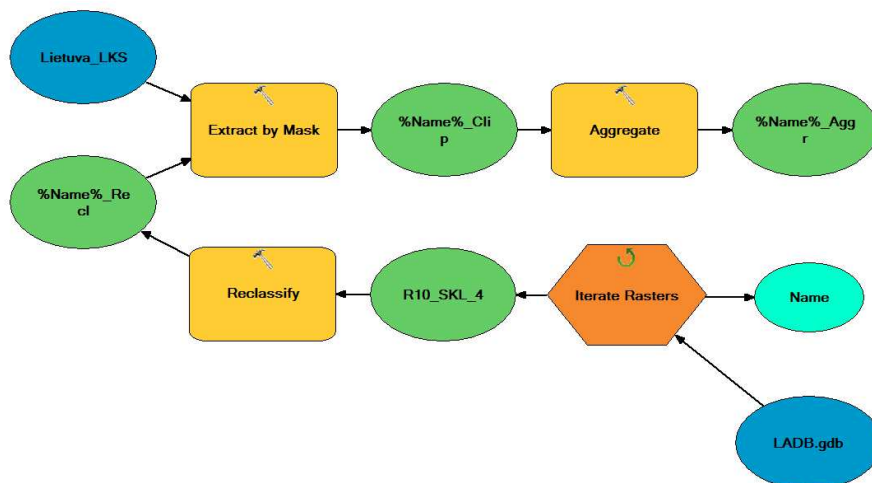
„R10\_“ iteratoriaus pagalba buvo paruošiamas analizei. Prie apkirptų 10 m celės gardelių pavadinimų buvo pridedama frazė „\_Clip“, o prie agreguotų 100 m celės analogų buvo pridedama frazė „\_Aggr“.



**2.8.10 pav.** Geoduomenų apdorojimo modelio „Konvertuoti į rastrus“ grafinis vaizdas. Oranžiniu šešiakampiu pavaizduotas modelio iteratorius.

7. Kai kurios rūšys Miškų kadastro integruotoje informacinėje sistemoje pilnai atitinka žiedadulkių duomenų bazėje naudojamus taksonus, tačiau kai kuriuos taksonus (pvz. *Pinus*) MKIIS atitinka kelios rūšys (2.8.1 lentelė). Šias rūšis atitinkančios grafinės gardelės buvo susumuotos naudojant *ArcToolbox* įrankį *Raster Calculator* (2.8.2 lentelė). Rūšių, kurios pilnai atitinką visą taksoną, grafinės gardelės buvo pervadintos. Pavadinimų struktūra: simbolis „R“, celės dydis metrais, simbolis „\_“ ir lotyniškas taksono pavadinimas (pvz. „R10\_Betula“).

Tokiu būdu dvylikai medžių taksonų (*Alnus*, *Betula*, *Carpinus*, *Fagus*, *Fraxinus*, *Picea*, *Pinus*, *Populus*, *Quercus*, *Salix*, *Tilia*, *Ulmus*) buvo sukurti 10 m celės grafiniai paplitimo žemėlapiai su procentinėmis reikšmėmis, ir agreguoti iki 100 m celės dydžio jų analogai, skirti analizei platesnėje teritorijoje.



**2.8.11 pav.** Geoduomenų apdorojimo modelio „Sukurti augalijos rastrus“ grafinis vaizdas.

## 2.9. Žiedadulkių spektrų prognozavimo metodika

Žiedadulkių spektrai buvo prognozuojami tuose taškuose, kuriuose buvo atlikti paviršinių žiedadulkių tyrimai. Prognozuojami buvo tik patys gausiausi medžių taksonai – *Pinus*, *Betula*, *Alnus*, *Picea* ir *Quercus*. Kiti taksonai dažniausiai sudaro iki 1 % tiek augalijoje, tiek žiedadulkių spektruose.

Prognozavimo esmę sudaro žiedadulkių – augalijos priklausomybės funkcijos pritaikymas žinomai apylinkių augalijai ir tikėtino žiedadulkių spektro apskaičiavimas tiriamajame taške. Vėliau prognozavimo rezultatai buvo lyginami su žiedadulkių analizės duomenimis, taip įvertinant skirtingų modelių efektyvumą realiose Lietuvos sąlygose. Žiedadulkių spektrų prognozavimui pasirinkti šiuo metu plačiausiai naudojami žiedadulkių-augalijos priklausomybės modeliai – I. C. Prentice (1985) sukurtas vadinamasis „pelkinis modelis“ (PM), S. Sugita (1994) „ežerinis modelis“ (EM), Lietuvoje sukurtas ir Lietuvos sąlygose patikrintas M.Kabailienės (Кабайлене, 1973) „efektyvaus produktyvumo modelis“ (EPM) bei ganėtinai paprasti vadinamieji  $1/d$  (Prentice, Webb III, 1986) ir  $1/d^2$  modeliai (Calcote, 1995;

Webb III et al., 1981), kurie dažniausiai naudojami apytikriam augalijos įvertinimui teritorijoje.

**2.8.1 lentelė.** *Miškų kadastro integruotos informacinės sistemos medžių rušių/genčių kodai ir jas atitinkantys taksonai žiedadulkių duomenų bazėje.*

Kodas	Rūšis/genčiai	Lotyniškas taksono pavadinimas	Naudojama
4	Pušis	<i>Pinus</i>	+
6	Pušis bankso	<i>Pinus</i>	+
8	Pušis kalninė	<i>Pinus</i>	+
9	Pušis juodoji	<i>Pinus</i>	+
11	Eglė	<i>Picea</i>	+
12	Pocūgė	<i>Pseudotsuga</i>	-
13	Kėnis	<i>Abies</i>	-
14	Maumedis	<i>Larix</i>	-
15	Kiti spygliuočiai	-	-
16	Kiti kietieji lapuočiai	-	-
18	Ažuolas	<i>Quercus</i>	+
19	Ažuolas raudonasis	<i>Quercus</i>	+
20	Uosis	<i>Fraxinus</i>	+
21	Klevas	<i>Acer</i>	-
22	Skroblas	<i>Carpinus</i>	+
23	Guoba	<i>Ulmus</i>	+
24	Skirpstas	<i>Ulmus</i>	+
25	Beržas	<i>Betula</i>	+
26	Baltalksnis	<i>Alnus</i>	+
27	Juodalksnis	<i>Alnus</i>	+
28	Drebulė	<i>Populus</i>	+
29	Tuopa	<i>Populus</i>	+
30	Liepa	<i>Tilia</i>	+
31	Blindė	<i>Salix</i>	+
32	Gluosnis	<i>Salix</i>	+
33	Kiti minkštieji lapuočiai	-	-
34	Kedras	<i>Cedrus</i>	-
35	Vinkšna	<i>Ulmus</i>	+
36	Bukas	<i>Fagus</i>	+

### 2.8.2 lentelė. Raster Calculator įrankio parametrai.

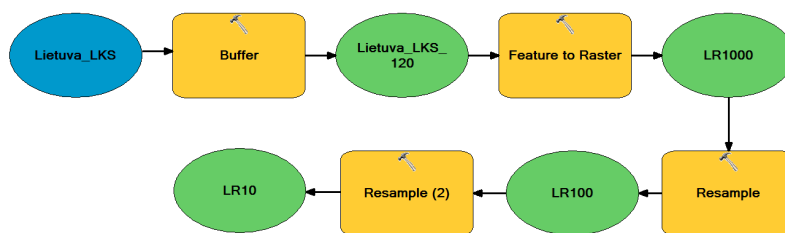
Suminės gardelės pavadinimas	Raster Calculator įrankio išraiška
R100_A_Pinus	"C:\LFCDB\LADB.gdb\R10_SKL_4_Aggr" + "C:\LFCDB\LADB.gdb\R10_SKL_6_Aggr" + "C:\LFCDB\LADB.gdb\R10_SKL_8_Aggr" + "C:\LFCDB\LADB.gdb\R10_SKL_9_Aggr"
R10_A_Pinus	"C:\LFCDB\LADB.gdb\R10_SKL_4_Clip" + "C:\LFCDB\LADB.gdb\R10_SKL_6_Clip" + "C:\LFCDB\LADB.gdb\R10_SKL_8_Clip" + "C:\LFCDB\LADB.gdb\R10_SKL_9_Clip"
R100_A_Ulmus	"C:\LFCDB\LADB.gdb\R10_SKL_23_Aggr" + "C:\LFCDB\LADB.gdb\R10_SKL_24_Aggr" + "C:\LFCDB\LADB.gdb\R10_SKL_35_Aggr"
R10_A_Ulmus	"C:\LFCDB\LADB.gdb\R10_SKL_23_Clip" + "C:\LFCDB\LADB.gdb\R10_SKL_24_Clip" + "C:\LFCDB\LADB.gdb\R10_SKL_35_Clip"
R100_A_Alnus	"C:\LFCDB\LADB.gdb\R10_SKL_26_Aggr" + "C:\LFCDB\LADB.gdb\R10_SKL_27_Aggr"
R10_A_Alnus	"C:\LFCDB\LADB.gdb\R10_SKL_26_Clip" + "C:\LFCDB\LADB.gdb\R10_SKL_27_Clip"
R100_A_Populus	"C:\LFCDB\LADB.gdb\R10_SKL_28_Aggr" + "C:\LFCDB\LADB.gdb\R10_SKL_29_Aggr"
R10_A_Populus	"C:\LFCDB\LADB.gdb\R10_SKL_28_Clip" + "C:\LFCDB\LADB.gdb\R10_SKL_29_Clip"
R100_A_Salix	"C:\LFCDB\LADB.gdb\R10_SKL_31_Aggr" + "C:\LFCDB\LADB.gdb\R10_SKL_32_Aggr"
R10_A_Salix	"C:\LFCDB\LADB.gdb\R10_SKL_31_Clip" + "C:\LFCDB\LADB.gdb\R10_SKL_32_Clip"

Prognozavimas buvo vykdomas sudarytų augalijos grafinių žemėlapių pagrindu, naudojantis tam tikslui sukurtais geoduomenų apdorojimo modeliais ir *Python* kodais. Darbo eiga buvo tokia:

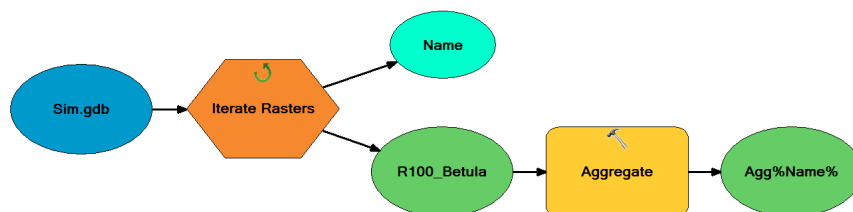
1. Kiekvieno tiriamojo taško prognozavimui sukuriama tuščia failinė *ESRI* geoduomenų bazė ir į ją įkeliami visi augalijos taksonų grafiniai žemėlapiai, Lietuvos respublikos ribų plotinė elementų klasė ir tiriamojo taško taškinė elementų klasė.

2. Geoduomenų apdorojimo modeliu „*Paruošti duomenis*“ (2.9.1 pav.) sukuriama pagalbinių duomenų – 10, 100 ir 1000 m celės atraminės gardelės, apimančios Lietuvos respublikos teritoriją ir 120 km plotą aplink ją.
3. Geoduomenų apdorojimo modeliu „*Agreguoti 1000m rastrus*“ (2.9.2 pav.), 100 m celės dydžio augalijos grafinės gardelės generalizuojamos į 1000 m atitikmenis. Gaunamų gardelių celės įgauna reikšmes, lygias atitinkamų 100 m gardelės celių vidurkiui.
4. Leidžiamas *Python* kodas „*Augalija.py*“, apskaičiuojantis visų taksonų augalijos paplitimą koncentrinuose apskritimuose aplink tiriamąjį tašką. Prieš paleidžiant kodo vykdymą, 9 kodo eilutėje „*Coords*“ kintamojo reikšmė pakeičiama į tiriamojo taško LKS-94 koordinatas. Kodas iš taksono augalijos paplitimo grafinės gardelės iškerpa 100, 147, 215, 316, 464, 681, 1000, 1468, 2154, 3162, 4641, 6813, 10000, 14680, 21540, 31620, 46410, 68130 ir 100000 m spindulio koncentriškus žiedus ir įvertina taksono proporciją kiekviename žiede. Spinduliams 146,8, 215,4, 316,2, 464,1, 681,30 ir 1000 km buvo naudojama visos Lietuvos miškų sudėties vidurkis (2.9.1 lentelė), apskaičiuotas iš turimų augalijos sudėties grafinių gardelių, kadangi už Lietuvos teritorijos ribų tikslūs augalijos duomenys buvo neprieinami. Visas procesas kode kartojamas kiekvienam taksonui. Kiekvienam tiriamajam taškui kodas leidžiamas atskirai.
5. Kodo „*Augalija.py*“ išvestys, t.y. kintamieji, nusakantys augalijos sudėtį koncentrinuose apskritimuose, kopijuojamos į kodo „*Simuliacija.py*“ tekstą, kode „*Simuliacija.py*“ nustatomas parametras „*R*“, reiškiantis baseino spindulį (2.9.2 lentelė) ir vykdomas kodas „*Simuliacija.py*“.
6. Kodas „*Simuliacija.py*“ prognozuojamam taškui išveda kiekvieno prognozuojamo taksono apskaičiuotas reikšmes pagal kiekvieną naudojamą žiedadulkių – augalijos priklausomybės modelį.





**2.9.1 pav.** Geoduomenų apdorojimo modelio „Paruošti duomenis“ grafinis vaizdas.



**2.9.2 pav.** Geoduomenų apdorojimo modelio „Agreguoti 1000 m rastrus“ grafinis vaizdas.

**2.9.1 lentelė.** Prognozuojamų augalijos taksonų dengiama Lietuvos teritorijos ploto dalis procentais.

Taksonas	Plotas, %
Alnus	4,5228
Betula	6,9487
Fraxinus	1,031
Picea	7,0721
Pinus	10,2569
Quercus	0,9906
Salix	0,1196
Tilia	0,1657
Ulmus	0,0265

**2.9.2 lentelė.** Baseinų dydžio (R) parametrai, naudoti prognozuojant paviršinius žiedadulkių spektrus.

Taško pavadinimas	Baseino dydis (R)
Baltelis	75 m
Ešerinis	100 m
Dumblelis	75 m
Žiotelės	120 m
Elniukas	120 m
Byvainis	100 m
Dagilėjus	120 m
Davigiliai	120 m
Skaidrys	150 m
Gėlaitis	100 m
Gliūkaitis	75 m
Glėbas	550 m
Juodis	100 m
Perūnas	5 m
Kaciušiai	5 m
Kazimieriškė	100 m

## 2.10. Paleoaugalijos žemėlapių sudarymo metodika

Paleoaugalijos žemėlapiai buvo sudaromi remiantis žiedadulkių duomenų bazės duomenimis ir LRA žiedadulkių – augalijos priklausomybės modeliu. Augalijos atkūrimui buvo naudojama LRA 4.2.2 programinė įranga, susidedanti iš dviejų modulių – REVEALS (Sugita, 2007a) ir LOVE (Sugita, 2007b). REVEALS programinė įranga yra skirta regioninės (foninės) augalijos atkūrimui pagal didesnių (nuo 100 ha ploto) baseinų nuosėdų duomenis. LOVE modelis yra skirtas vietinės augalijos atkūrimui, pagal mažesnių baseinų bei REVEALS pagalba nustatytus foninius duomenis. Paleoaugalijos žemėlapiai buvo sudaromi šioms vėlyvojo ledynmečio ir holoceno laikotarpiais (2.7.1 lentelė): 14000 cal BP (ankstyvajam driasui), 13300 cal BP (aleriodui), 12100 cal BP (vėlyvajam driasui), 10800 cal BP (preborealiui), 9500 cal BP (borealiui), 8000 cal BP (ankstyvajam atlančiui), 6500 cal BP (vėlyvajam atlančiui), 5300

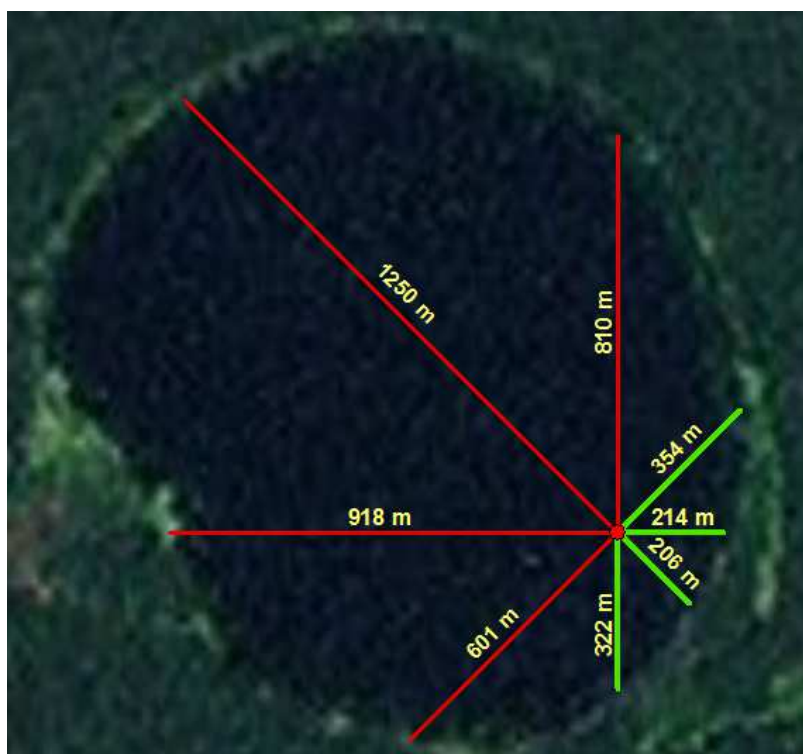
cal BP (ankstyvajam subborealiui), 3300 cal BP (vėlyvajam subborealiui), 1800 cal BP (ankstyvajam subatlančiui) ir 500 cal BP (vėlyvajam subatlančiui). Paleoaugalijos žemėlapių sudarymo seka buvo tokia:

1. Pirmiausiai reikėjo paruošti duomenis LRA augalijos sudėties atkūrimo procedūrai. Iš 2.7 skyriaus 7 žingsnyje pagamintos lentelės „*TL\_Procentai*“ įrašai turintys vienodus tiriamojo taško indentifikatorius („*STID*“) buvo išeksportuoti į atskiras *dBase* lenteles. Tam buvo naudojamas programinis kodas „*EksportuotiDBF.py*“. Paleidus kodo vykdymą buvo pagamintos 98 *dBase* formato lentelės, kuriose saugomi kiekvieno tiriamojo taško interpoluoti žiedadulkių spektrai tiriamaisiais laikotarpiais. Lentelių pavadinimą sudaro frazė „*Taskai\_*“ ir tiriamojo taško indentifikacinis numeris (pvz. „*Taskai\_443*“).
2. Sukurtų *dBase* lentelių pagrindu buvo formuojamos įvestys LRA modeliui. *dBase* failai buvo atidaromi *Microsoft Excel* aplinkoje, laukų ir įrašų pavadinimai buvo apkeičiami vietomis (naudojant funkciją *Transpose*) taip, kad laukų pavadinimai būtų laikotarpiai, o įrašų pavadinimai – taksonai (2.10.1 pav.). Failai buvo išsaugomi *CSV* formatu.
3. Viena iš LRA modelio įvesčių – baseino spindulys tiriamuoju laikotarpiu. Buvo vertinamas ne tik kiekvieno dabartinio baseino spindulys, bet ir apytiksliai nustatomi jų spinduliai visais tiriamaisiais laikotarpiais. Vykdamas žiedadulkių atkūrimą, baseinu yra laikomas plotas aplink tiriamąjį tašką, kuriame nėra gaminamos žiedadulkės. Kadangi šios studijos objektas – medžių ir krūmų rūšys, baseinu buvo laikomas plotas, neapaugęs mišku. Kadangi realybėje šie plotai nėra apvalūs, o tiriamieji taškai nevisuomet yra baseino centre, kaip reikalauja modelio prielaidos (Sugita, 2007a; 2007b), dabartinis baseino plotas buvo vertinamas vedant vidurkį tarp keturių trumpiausių atkarpų, jungiančių tiriamąjį tašką ir baseino kraštą Š, ŠR, R, PR, P, PV, V ir ŠV kryptimis (2.10.2 pav.). Apytikriai baseinų plotai buvo įrašomi žiedadulkių spektrų *CSV* lentelių „*Radius*“ įrašė.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Age	5300	6500	8000	9500	10800	12100	13300
2	Radius	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
3	Corylus	1.226065	5.126129	5.549467	3.787265	3.176601	2.806402	6.036792
4	Fagus	0	0	0	0	0	0	0
5	Fraxinus	0	0	0	0	0	0	0
6	Picea	7.347607	3.296588	0.963195	2.278248	7.46022	6.714939	3.30344
7	Pinus	55.42042	30.3753	31.16679	32.05834	45.58515	40.875	37.05279
8	Quercus	0	1.549922	0.905769	1.139124	0.966854	0.0625	0.949123
9	Salix	0	0	0	0	0	0	0.360544
10	Tilia	0.123485	3.258631	1.868964	1.139124	0.966854	0.0625	1.670212
11	Ulmus	0.979095	1.70871	0.057426	1.139124	0.27604	0	0.228035
12	SUM_Alnu	20.4463	37.61059	12.86609	30.44626	22.78686	19.08537	18.16585
13	SUM_Betu	13.23096	15.8228	45.60168	26.87339	17.12376	28.37652	32.11919
14	SUM_Carp	1.226065	1.251325	1.020621	1.139124	1.657668	2.016768	0.114017
15	SUM_Juni	0	0	0	0	0	0	0
16	SUM_Othe	0	0	0	0	0	0	0
17	SUM_Tota	0	0	0	0	0	0	0

**2.10.1 pav.** Išsaugotos žiedadulkių spektrų CSV lentelės pavyzdys (Nemuno deltos A gręžinys).

- Pagal nustatytus baseino spindulius žiedadulkių spektrų CSV lentelėse saugomi duomenys buvo padalinti į du atskirus disko katalogus – vieną dalį sudarė baseinų ar atskirų baseino laikotarpių, kuriuose baseino spindulys lygus 600 m arba yra didesnis, informacija, o kitą – informacija apie baseinus ar atskirus laikotarpius, kuriais baseino spindulys buvo mažesnis nei 600 m. Pirmoji grupė CSV failų buvo naudojama atkūrimui su *REVEALS*, kita – su *LOVE* modeliu.
- Buvo sukurti atkūrimui naudojamų lentelių sąrašai „*largesites.list.csv*“ ir „*smallsites.list.csv*“. Pirmojoje išvardinami visų didesnių baseinų žiedadulkių spektrų lentelių pavadinimai, antrojoje – mažesnių baseinų.
- Abiejuose kataloguose buvo sukurti failai pavadinimu „*alpha.vg.file.list.csv*“, nurodantys lentelių, kuriuose saugoma informacija apie rūšių žiedadulkių produktyvumą ir nusėdimo greitį.
- Lentelėse, pavadinimais „*alpha.varcov.file.list.csv*“ turėtų būti nurodomos žiedadulkių produktyvumo nustatymo paklaidos, tačiau šiame darbe paklaidos nebuvo naudojamos, todėl visos reikšmės buvo užpildytos nuliais.



**2.10.2 pav.** Baseino spinduliui nustatyti buvo naudojamos keturios trumpiausios atkarpos (pažymėtos žaliai) iki baseino krašto. Nors Glėbo ežero skersmuo siekia beveik 1500 m, kadangi tiriamasis taškas yra netoli kranto, baseino spinduliu yra laikomas atstumas, lygus  $\frac{206\text{ m} + 214\text{ m} + 322\text{ m} + 354\text{ m}}{4} = 274\text{ m}$ .

8. Lietuvos foninė augalija buvo nustatoma naudojant REVEALS modelį, paleidus „REVEALS.v4.2.2.exe“ failą.
9. REVEALS komandinėje eilutėje nurodomi lentelių, sukurtų 5-7 žingsniais, pavadinimai (2.10.3 pav.).
10. REVEALS komandinėje eilutėje nurodomas maksimalus atkuriamo regiono spindulys (šiam darbe pasirinktas parametras – 100 km) ir išvesties lentelės pavadinimas (2.10.4 pav.).
11. REVEALS komandinėje eilutėje priklausomai nuo nuosėdų tipo tiriamajame baseine nagrinėjamu laikotarpiu, pasirenkamas pelkių (Prentice, 1985) arba ežerų (Sugita, 1993) žiedadulkių sklaidos ir nusėdimo modelis (2.10.5 pav.). Šis žingsnis kartojamas kiekvienam tiriamojo taško laikotarpiui.

Galiausiai REVEALS programa sukuria išvesties lentelę su fonine augalijos sudėtimi.

```
You need to provide three data files for this program:
(1) List of .csv-file names of individual sites that include
    time windows, radii, and pollen counts ==> large-sites.list.csv
(2) List of .csv-file names that include the alpha and
    vg(fall speed of pollen) data ==> alpha.vg.file.list.csv
(3) List of .csv-file names that include the variance-covariance
    matrices of alpha (pollen productivity estimates) ==> alpha.varcov.file.list.csv
```

**2.10.3 pav.** REVEALS komandinėje eilutėje įvedamos parametru lentelės.

```
---- Additional information required ----
(4) Maximum extent of the region of vegetation in KM ==>100
(5) Type in the file name for output (U and S.E.) ==>output.csv
```

**2.10.4 pav.** REVEALS komandinėje eilutėje nurodomas maksimalus atkuriamo regiono spindulys ir išvesties lentelės pavadinimas.

```
*****
** REVEALS needs to calculate the dispersal-deposition coefficient of a given species (Sugita in review). **
** You have two options for calculation: **
** 1. Bog model (Prentice 1985) **
** 2. Lake model 1 (Sugita 1993) **
** ----- **
*****
** Type 1 or 2 ==> 1
```

**2.10.5 pav.** REVEALS komandinėje eilutėje pasirinkamas žiedadulkių sklaidos ir nusėdimo modelis.

12. Vietinė augalija buvo nustatoma naudojant LOVE modelį, paleidus „LOVE.v3.1.7.exe“ failą. Kiekvienas tiriamasis laikotarpis buvo apdorojamas atskirai. Norint paruošti duomenis, CSV failai su vieno laikotarpio duomenimis buvo kopijuojami į atskirą katalogą ir atitinkamai pakeičiamas atkūrimui naudojamų taškų sąrašas „smallsites.list.csv“ tame kataloge. Į kiekvieno laikotarpio katalogą buvo nukopijuojami failai iš REVEALS darbinio katalogo - „alpha.vg.file.list.csv“, „alpha.varcov.file.list.csv“, visi failai prasidedantys fraze „v.varcov“ (pagaminti REVEALS atkūrimo metu),

o taip pat „*av-1.csv*“ ir „*avar-1.csv*“. Atlikus duomenų paruošimą leidžiamas „*LOVE.v3.1.7.exe*“ failas.

13. Toliau nurodomi kiti reikalaujami parametrai: apytikris susijusio ploto (*RSAP*) įvertinimas (buvo naudojamas skaičius, lygus baseino spinduliui); maksimalus regiono dydis (naudojama 100 km); standartinės paklaidos žingsnis (naudojama 1.0); atstumas tarp skirtingų iteracijų vertinamo ploto (naudojama 5 m); maksimalus vertinamas atstumas (naudojama 10 000 m); išvesties failo pavadinimas.
14. Kaip ir *REVEALS* atveju, buvo pasirenkamas ežerų arba pelkių nuosėdoms skirtas modelis, priklausomai nuo nuosėdų tipo. Pasirinkus modelį, atliekami skaičiavimai ir išvesties faile sukuriami atkurtos augalijos duomenys (augalijos sudėtis) ir tiksliai nustatomas susijęs atkūrimo plotas (*RSAP*), kuriam galioja atkurtoji augalijos sudėtis.
15. *LOVE* modeliu gautų taškų kiekvieno atkuriamo taksono duomenys buvo naudojami paleoaugalijos žemėlapių sudarymui. Paleoaugalijos žemėlapiai buvo sudaromi interpoliuojant taškinius duomenis *ArcGIS* aplinkoje. Rezultate gauti kiekvieno atkuriamo taksono procentiniai paplitimo žemėlapiai kiekvienam tiriamajam laikotarpiui (3.7.1 – 3.7.23 pav.).
16. *ArcGIS* priemonėmis sukurtus visų taksonų vienalaikius žemėlapius buvo apskaičiuotas maksimalią reikšmę turintis taksonas kiekviename taške. Taip gauti vyraujančių paleotaksonų žemėlapiai (4.2.4 – 4.2.13 pav.). Interpretuojant sudarytus žemėlapius, vyraujančių taksonų paplitimo ribos buvo pratęsimos iki Lietuvos teritorijos ribų, o nedidelės apimtys plotai buvo eliminuojami rankiniu būdu.

### **2.11. Praeities augalijos modeliavimo prielaidos ir galimi paklaidų šaltiniai**

Augalijos raida nustatoma remiantis žiedadulkių spektrais ir žiedadulkių – augalijos priklausomybės modeliais. Abi šios sudedamosios dalys tiek turi prielaidų, kurios nevisada gali būti tenkinamos realiose sąlygose, tiek

yra susijusios su tam tikromis paklaidomis. Modeliuojant nebūtinai visos prielaidos turi būti tenkinamos, tačiau į jas būtina atsižvelgti interpretuojant duomenis. Šiame skyriuje apžvelgiamos pagrindinės disertacijoje taikytos modeliavimo metodikos problemos, galimi paklaidų šaltiniai ir jų sprendimo būdai.

### **Žiedadulkių analizės kokybė**

Žiedadulkių analizės duomenų kokybė praeities augalijos modeliavimui yra esminė. Būtent žiedadulkių spektrai daugiausiai nulemia modeliavimo rezultata. Šiame darbe, siekiant kuo didesnio detalumo, yra naudojamos skirtingų autorių, laikotarpių, skirtingomis metodikomis gauti ir skirtingiems tikslams rinkti nuosėdų žiedadulkių tyrimo duomenys. Nekokybišką informaciją buvo stengiamasi eliminuoti, tačiau dalies ištirtų pjūvių informacijos patikrinti praktiškai neįmanoma, todėl modeliuojant buvo daroma prielaida, kad atrinkti žiedadulkių tyrimo duomenys yra korektiški ir tenkina praeities augalijos atkūrimo reikalavimus. Didžioji dauguma naudotų žiedadulkių analizės duomenų greičiausiai atitinka šiuos reikalavimus, tačiau reiktų paminėti problemas, kurios gali pasitaikyti pavieniuose pjūviuose ar pavyzdžiuose ir tokiu būdu paveikti modeliavimo rezultatus.

Viena iš elementariausių galimų problemų yra neteisingas žiedadulkių identifikavimas ir metodinių procedūrų nesilaikymas vykdant žiedadulkių analizę. Žiedadulkių identifikavimas – pakankamai sudėtingas procesas, reikalaujantis tiek autoriaus kruopštumo, tiek patirties ir kompetencijos. Pagal metodines procedūras, autorius atlikdamas žiedadulkių analizę turėtų vadovautis žiedadulkių identifikavimo raktu (pvz., Faegri, Iversen, 1989; Moore et al., 1991) bei pavyzdinėmis žiedadulkių kolekcijomis. Svarbi žiedadulkių analizės kokybei ir techninė įranga. Nemaža dalis svarbių žiedadulkių požymių gali būti nustatyta tik naudojant fazių kontrastą arba 1000 kartų padidinimą mikroskope. Didelių netikslumų gali sukelti ir



procedūrų nesilaikymas, pavyzdžiui, neteisingas preparato paruošimas ar preparato galiojimo laiko pasibaigimas. Žiedadulkių preparatas prieš atliekant jo mikroskopinę analizę turi būti kruopščiai išmaišytas, analizuojamas lašas turi tolygiai pasiskirstyti po dengiamuoju stikleliu. Priešingu atveju skirtingo svorio žiedadulkės po stikleliu diferencijuojasi, o lengvesnės gali patenksti už stiklelio ribų. Nesilaikant šių rekomendacijų nustatyta žiedadulkių spektro sudėtis gali būti smarkiai iškraipyta. Taip pat svarbu peržiūrėti visą stiklelį tolygiomis traversijomis. Priešingu atveju, autorius gali aptikti daugiau sunkesnių ar lengvesnių žiedadulkių, nei yra vidutiniškai preparate. Suprantama, jog taikytų metodinių procedūrų patikrinti daugeliu atveju yra neįmanoma. Labai tikėtina, kad ne visi autoriai tiksliai laikėsi visų procedūrų, ypač senesnių tyrimų atveju. Tačiau modeliuojant belieka daryti prielaidą, kad visi naudoti žiedadulkių tyrimai buvo atlikti korektiškai. Reiktų pažymėti, kad modeliavimui buvo naudojamos dažniausiai aptinkamos medžių žiedadulkės, kurios yra sąlyginai lengvai identifikuojamos, todėl didesnių identifikavimo netikslumų turėtų būti išvengta. Tuo tarpu metodinių procedūrų netikslumai pavieniuose pjūviuose ar pavyzdžiuose gali sukelti spektrų iškraipymų ir su tuo susijusių rezultatų netikslumų, kuriuos galima bus išaiškinti tik atlikus daugiau žiedadulkių tyrimų pjūvio apylinkėse arba tikslioje to pjūvio vietoje.

Kita dažnai pasitaikanti problema – tai metaduomenų ir tikslios tyrimų dokumentacijos trūkumas. Modeliavimui svarbi tiksli pjūvio vieta, taikyta lauko bei laboratorinių darbų, žiedadulkių analizės metodika. Deja, publikacijose dalis pjūvių yra nepakankamai tiksliai dokumentuoti. Pasitaikė atvejų, kai skirtingose publikacijose tie patys pjūviai pateikiami skirtingais pavadinimais, jų vietos koordinatės pateikiamos tik minučių ar laipsnių tikslumu. Kai kuriais atvejais tiriamųjų taškų vietos buvo aprašomos pririšimais, kurių dalis yra nepilni (naudojamas vienas ar du pririšimo taškai arba netvirtai pririšimo objektai), keliuose pjūviuose apie gręžinio vietą galima buvo spręsti tik iš savivaldybės ar net Lietuvos regiono pavadinimo. Kuriant

žiedadulkių duomenų bazę kiekvienam tiriamajam taškui numatytas vietos nustatymo paklaidos atributas, kuris yra lygus maksimaliai paklaidai, galimai vadovaujantis turimu vietovės aprašymu. Kur įmanoma, metaduomenys buvo renkami papildomuose literatūros šaltiniuose bei asmenine komunikacija. Pjūviai su nepilna dokumentacija ir didelėmis vietos nustatymo paklaidomis visai nebuvo naudojami modeliavime.

Kitas galimų problemų šaltinis – tai statistiškai nepakankama žiedadulkių suma. Apibūdinus nedidelį kiekį žiedadulkių, didėja tikimybė, kad nustatytasis žiedadulkių spektras skirsis nuo realiai buvusio žiedadulkių lietaus spektro. Šiuo metu praeities augalijos tyrimams rekomenduojama ne mažesnė kaip 500 žiedadulkių suma, archeologiniuose tyrimuose – 1000 žiedadulkių suma. Šios sumos pasiekiamos tik nedidelėje dalyje turimų pjūvių, ypač senesniuose pjūviuose bei pjūviuose, skirtuose apytikrės žiedadulkių stratigrafijos sudarymui. Kadangi šiame darbe modeliavimui naudojami tik medžių taksonai, kurių dauguma yra labai plačiai paplitę ir gausiai sutinkami žiedadulkių spektruose, pasirinktas minimalus medžių žiedadulkių skaičius spektre – 200. Mažesnes medžių sumas turintys pavyzdžiai buvo nufiltuoti ir modeliavimui nebuvo naudojami.

Seniau tirtuose pjūviuose apibūdinami ne visi taksonai, kurie apibūdinami dabar. Pavyzdžiui, pirmojoje 20 a. pusėje nebūdavo apibūdinamos *Juniperus* žiedadulkės, taip pat pasitaiko pjūvių, kuriuose apibūdinamos tik medžių žiedadulkės. Taip pat labai įvairus taksonominis apibūdinimo detalumas – vienų autorių apibūdinamos keletas skirtingų rūšių, kito autoriaus gali būti apibūdinama kaip viena gentis ar net šeima. Siekiant išspręsti taksonominio netolygumo problemą, visi žiedadulkių duomenys buvo kaupiami pradiniu formatu ir vėliau standartizuojami pagal vieningą taksonominį suskirstymą. Žolių taksonų trūkumas šiam darbui jokios įtakos neturi, tačiau medžių taksonų neapibūdinimas gali reikšmingai iškraipyti

žiedadulkių spektrus tiek tiesiogiai, tiek dėl vadinamojo Fagerlindo efekto (Fagerlind, 1952). Deja, daugeliu atveju išsiaiškinti ar taksonas nebuvo apibūdintas, ar tiesiog neaptiktas pjūvyje, yra neįmanoma. Modeliavimas atliktas darant prielaidą, kad apibūdinami buvo visi modeliuojami medžių taksonai. Tiriamųjų taškų, smarkiai išsiskiriančių iš konteksto atmetimas vykdomas tik interpretuojant jau sudarytus žemėlapius.

### **Lauko darbai ir nuosėdų pavyzdžių laikymas**

Šiame darbe vadovaujamosi prielaida, kad pavyzdžių paėmimas ir laikymas buvo korektiški ir atitiko metodines rekomendacijas (Berglund, 1986; Moore et. al, 1991). Renkant nuosėdų pavyzdžius svarbu išvengti nuosėdų pavyzdžių užteršimo. Tam turi būti ne tik teisingai atliktas pavyzdžių rinkimas, bet ir pasirinkta tinkama pavyzdžių rinkimo techninė įranga. Dažniausiai Lietuvoje pavyzdžių paėmimui naudojami rankiniai „rusiškojo“ tipo rankiniai grąžtai. Šie grąžtai labai efektyvūs, norint greitai surinkti nuosėdų pavyzdžius, tačiau naudojantis jais reikia atsižvelgti į eilę galimų trūkumų. Visų pirma, naudojant „rusiškojo“ tipo grąžtus, neįmanoma užtikrinti visiško pavyzdžių kameros sandarumo. To pasekoje galimas vertikalus nuosėdų maišymasis. Pavyzdžiai turi būti renkami tik iš vientiso, kruopščiai nuvalyto kerno iš mažiausiai dviejų lygiagrečių gręžinių, vengiant pavyzdžių paėmimo kameros viršutinėje ir apatinėje dalyje. Nesuprantant ir nesilaikant šių rekomendacijų, labai tikėtinas pavyzdžių užteršimas pašaline medžiaga ir žiedadulkių spektrų iškreipimas.

Renkant nuosėdų pavyzdžius, rekomenduojama tai daryti ne medžių žydėjimo sezono metu, kerną suvynioti į plastikinius pusvamzdžius arba maišelius, tokiu būdu apsaugant jį nuo šiuolaikinio žiedadulkių lietaus. Kernas turi būti laikomas šaltoje aplinkoje (0-10°C) ne ilgiau nei kelis metus. Išdžiūvę nuosėdų pavyzdžiai tolimesniam paruošimui laikomi netinkamais.

Deja, užtikrinti, kad visi praeityje atlikti lauko darbai buvo atlikti korektiškai yra neįmanoma. Šios problemos galėtų būti sprendžiamos tik ateityje, atliekant papildomus tyrimus netoli abejotinos kokybės, neatitinkančių konteksto tiriamųjų taškų.

### **Žiedadulkių pavyzdžių paruošimas mikroskopinam tyrimui**

Daugumos tiriamųjų taškų žiedadulkių paruošimo metodika nėra aprašyta, tačiau ir ji gali įtakoti žiedadulkių analizės rezultatus. Paruošimui gali būti naudojamos skirtingos rūgštys ir šarmai, kurie gali skirtingai paveikti tam tikras žiedadulkių rūšis. Todėl idealiu atveju, visi nuosėdų pavyzdžiai turėtų būti paruošti vadovaujantis ta pačia pavyzdžių paruošimo metodika. Vistik, korektiškai paruošus mėginius, žiedadulkių spektrai neturėtų smarkiai skirtis priklausomai nuo pasirinktos metodikos. Todėl šiame darbe daroma prielaida, kad pavyzdžių paruošimas neįtakojo žiedadulkių spektrų.

### **Nuosėdų perklostymas**

Šiame darbe daroma prielaida, kad žiedadulkių spektrai nuosėdose buvo pilnai nulemti apylinkių augalijos, tačiau realiose sąlygose ši prielaida pilnai negali būti tenkinama, ir tai yra vienas pagrindinių žiedadulkių analizės paklaidų šaltinių (Faegri, Iversen, 1989; Moore et al., 1991). Neretai nuosėdose nusėda senesnių sluoksnių žiedadulkės arba įplaunamos jaunesnių sluoksnių žiedadulkės. Šios problemos dalinai išsprendžiamos kruopščiai renkantis gręžinio vietą, tačiau jų pilnai eliminuoti realiuose sąlygose praktiškai neįmanoma. Reikia suprasti, kad modelis neturi jokių priemonių aptikti perklostymo poveikį žiedadulkių spektrams. Tai turi būti daroma interpretuojant duomenis.

Šiame darbe buvo vengiama perdėto „įtartinių“ pjūvių ir pavyzdžių eliminavimo ir stengiamasi pateikti objektyvius duomenis, paliekant interpretuotojui laisvę daryti atitinkamas išvadas. Todėl paleoaugalijos

žemėlapiuose gali atsispindėti ne tik praeities augalija, bet ir perklostymo poveikis, kurio nustatymas ir eliminavimas yra interpretuotojo uždavinys.

### **Vietinių sąlygų reikšmė**

Iš esmės kiekvieno nuosėdų pjūvio apylinkių sąlygos yra unikalios ir jose gali pasireikšti įvairūs procesai, įtakojantys žiedadulkių spektrus ir jų analizės pasekoje gaunamus paleoaugalijos žemėlapius. Tam gali turėti įtakos ir vietinės augalijos specifika, apylinkėse vykstanti erozija ir pan. Pavyzdžiui, savitais žiedadulkių spektrais pasižymi šiaurės Lietuvos karstinių įgriuvų nuosėdos, Velnio duobės bei Strėvos įgriuvos gręžiniai, kuriuose viso tiriamojo laikotarpio metu labai tikėtina, kad vyko intensyvi erozija. Pietų Lietuvoje ir pajūryje esantys pjūviai galėjo būti paveikti vykusios eolinės veiklos, kas atitinkamai atsispindi žiedadulkių spektruose.

Turint daugiau pavyzdžių, vietinių sąlygų skirtumai išsilygina (Kabailienė, 1985), todėl šiuo darbu ir siekiama panaudoti kuo daugiau tiriamųjų taškų. Šiuo metu didžiausias atstumas tarp atskirų taškų siekia keliasdešimt kilometrų, todėl vienas ar keli pjūviai su specifinėmis vietinėmis sąlygomis gali iškreipti bendrą vaizdą pakankamai didelėje teritorijoje. Taigi interpretuotojui būtina atsižvelgti į tiriamųjų taškų tankį teritorijoje. O eliminuoti ir išspręsti šias problemas galima atliekant papildomus žiedadulkių tyrimus mažiau tirtose vietovėse.

### **Žiedadulkių spektrų amžiaus nustatymas**

Datavimo svarba praeities augalijos modeliavime yra esminė. Tūkstančio metų paklaida, kurią neretai galima gauti paleoekologiniuose holoceno ir vėlyvojo ledynmečio tyrimuose, yra labai didelė keliolikos tūkstančių metų ilgio laikotarpiui, o šiame tyrime esant tokiai paklaidai duomenys daugeliu atvejų būtų priskirti gretimai chronozonai. Geriausiai patikimą chronologiją užtikrina tikslūs absoliutaus datavimo duomenys,

pavyzdžiui, radioaktyviosios anglies datavimas. Deja, tik apie 13 % turimų pjūvių turi bent vieną radioaktyviosios anglies datą, o tris arba daugiau radioaktyviosios anglies datų turi mažiau nei 8 % žiedadulkių duomenų bazėje saugomų pjūvių. Todėl remtis vien absoliutaus datavimo metodais neįmanoma.

Tačiau amžius sąlyginai patikimai gali būti nustatomas ir pačios žiedadulkių stratigrafijos pagalba. Kiekviena chronozona turi jai būdingus žiedadulkių spektrus. Todėl šiame darbe remiamasi būtent chronostratigrafiniu suskirstymu, o absoliučios datos naudojamos tik vizualiniam validavimui ir paleoaugalijos žemėlapiui pateikiami visai chronozonai, darant prielaidą, kad tos pačios chronozonos metu augalija nekito. Žinoma, tokia chronologija nėra tokia tiksli kaip absoliutaus datavimo metodai, todėl interpretuojant reikia turėti omenyje, kad paleoaugalijos žemėlapiui atitinka apibendrintą viso laikotarpio vaizdą.

Kita problema, susijusi su chronostratigrafija, gali pasireikšti esant neteisingam žiedadulkių pjūvio chronostratigrafiniam suskirstymui. Nors daugeliu atvejų ši užduotis nėra sudėtinga, gali pasitaikyti ir netikslaus suskirstymo pavyzdžių. Pjūvių koreliavimas ir unifikuotos chronostratigrafijos sudarymas yra sudėtingas ir daug laiko reikalaujantis uždavinys, turintis savų trūkumų ir paklaidų šaltinių. Todėl šiame darbe modeliuojant pasikliaujama autorių pateiktu chronostratigrafiniu suskirstymu. Tikėtina, kad klaidos gali pasitaikyti tik pavieniais atvejais ir gali būti eliminuotos vėliau atlikus papildomus žiedadulkių tyrimus.

### **Baseino dydžio nustatymas**

Naudojant LRA modelius labai svarbus yra baseino dydis. Kuo didesnis baseinas (šio darbo atveju – žiedadulkių negaminanti teritorija – ežeras, pelkė, miško aikštelė ir pan.), tuo didesnę dalį jame sudaro regioninės,

atneštos ir atokių teritorijų, žiedadulkės. LRA modeliuose baseino dydis yra nusakomas baseino spinduliu. Tačiau realybėje baseinų forma retai būna artima apvaliai, todėl apytikriam baseino spindulio nustatymui buvo naudojama speciali metodika, aprašyta skyriuje „Paleoaugalijos žemėlapių sudarymo metodika“. Reiktų pažymėti, kad ši metodika nėra universali ir tam tikrais atvejais, ypač kai baseinas yra sudėtingos formos arba tiriamasis taškas yra netoli baseino ribos, galimos reikšmingos baseino spindulio nustatymo paklaidos ir tuo pačiu didesnės paklaidos atkuriant praeities augaliją.

Vistik, paviršinių žiedadulkių spektrų prognozės parodė, kad net ir turint netaisyklingos formos baseinus bei tiriamajam taškui esant ne baseino centre (kaip reikalauja LRA modeliai), modeliavimo rezultatai gali būti patenkinami.

### **LRA modelių paklaidos**

LRA naudojami modeliai yra sudėtingos matematinės išraiškos, atsižvelgiančios į eilę įvairių faktorių, įtakojančių žiedadulkių sklaidą ir nusėdimą. Tačiau šie modeliai turi tam tikras modeliavimo paklaidas. Vienas pagrindinių galutinį rezultatą įtakojančių rodiklių – tai taksonų produktyvumo rodikliai (PPE). Šiame darbe buvo naudojami artimiausios Lietuvos teritorijos su nustatytais PPE rodikliais – pietų Švedijos (Broström et al., 2004) vertės. Taip pat galutiniam rezultatui įtakos turi ir tokie parametrai kaip žiedadulkių nusėdimo greitis, vėjo greitis ir įvairios konstantos, matematiškai ar eksperimentiškai nustatytos modelių autorių (Prentice, 1985; Sugita, 1994).

### **Modelių prielaidos ir neįvertinami parametrai**

Kiekviena realias sąlygas modeliuojanti funkcija turi tam tikras prielaidas, kurias tenkinant modelis veikia nepriekaištingai. Pavyzdžiui LRA modelių prielaidos yra tai, kad vėjas yra tolygus visomis kryptimis, kad ežeras

neturi intakų ar ištakų ir pan. Realiose sąlygose šių prielaidų dažnai nepavyksta užtikrinti, dėl ko galutinis rezultatas gali būti klaidingas.

Paviršinių žiedadulkių prognozės parodė, kad nors kai kuriais pavieniais atvejais žiedadulkių modeliavimas davė nepatenkinamus rezultatus, esant didesniai tiriamųjų taškų skaičiui, gaunami rezultatai yra pakankamai tikslūs, t.y. patenkinami, o LRA modeliai yra taikytini realiose Lietuvos sąlygose su tam tikromis paklaidomis.

## **2.12. Tolimesnio žiedadulkių duomenų bazės taikymo, žiedadulkių spektrų prognozių ir praeities augalijos Lietuvoje modeliavimo galimybės**

Geoinformacinių sistemų pagalba įmanoma efektyviai saugoti, apdoroti, analizuoti ir pateikti erdvinis duomenis. Būtent tokie duomenys iš esmės ir yra žiedadulkių spektrai. Geoinformacinėje duomenų bazėje sukaupta informacija apie visus Lietuvos teritorijoje atliktus žiedadulkių tyrimus, kiek tik buvo įmanoma. Kiekvienas tiriamasis taškas turi koordinacių sistemoje apibrėžtą vietą, saugomi taško metaduomenys, litologinė, grafinė ir kita svarbi informacija. Nors pagrindinis žiedadulkių duomenų bazės sudarymo tikslas buvo augalijos atkūrimas šios studijos rėmuose, galimi ir kiti jos taikymo būdai, apžvelgiami žemiau šiame skyriuje.

### **Teritorijos ištirtumo informacija**

Planuojant naujus paleoekologinius ar kitus lauko tyrimus, dažnai yra svarbu atsižvelgti į teritorijos ištirtumą. Kadangi žiedadulkių duomenų bazėje sukaupti pilniausi duomenys apie Lietuvos teritorijoje seniau atliktus žiedadulkių tyrimus, erdvinių ir atributinių užklausų pagalba yra paprasta pasirinkti reikiamus pjūvius (pavyzdžiui, esančius nurodytu atstumu nuo pasirinkto objekto, priklausančius tam tikrai žinomai teritorijai, išanalizuotus tam tikro autoriaus ar tam tikrais metais ir pan.). Per nuorodas duomenų bazėje galima pasiekti originalius skenuotus šaltinius, susipažinti su jais ir



esant reikalui tinkamai pacituoti. GIS programinėje įrangoje realizuotos visos priemonės duomenų kokybės ir detalumo įvertinimui, pavyzdžiui, pavyzdžių su reikiama žiedadulkių suma ar taksonų skaičiumi atrinkimas, gerai ar prastai ištirtų teritorijų įvertinimas, naujos tyrimų vietos parinkimas pagal nurodytus kriterijus ir t.t.

Taigi, žiedadulkių duomenų bazė suteikia galimybę greitai ir efektyviai atlikti naujos tyrimų vietos parinkimą ir gauti visą reikalingą informaciją apie teritorijoje atliktus žiedadulkių tyrimus. Taip pat GIS programinėje įrangoje egzistuoja priemonės analizuoti, apibendrinti, lyginti naujų tyrimų rezultatus su senesniais tyrimais.

### **Stratigrafija, pjūvių koreliacija ir statistinė analizė**

Sukauptus žiedadulkių duomenis galima panaudoti ir stratigrafijai. Analizuojant duomenis galima ieškoti vieniems ar kitiems laikotarpiams būdingų dėsningumų ar išskirtinių savybių, esant poreikiui – atlikti duomenų statistinę (klasterinę, faktorinę, regresinę analizę ir t.t.).

Žinoma, duomenis naudojant stratigrafijai labai svarbi chronologinė informacija. Geoduomenų bazėje sukurtos priemonės išnaudoti esamą datavimo informaciją. Taip pat galima ir statistinė pjūvių koreliacija.

### **Praeities augalijos sudėties atkūrimas**

Nemaža dalis praeities augalijos atkūrimo galimybių išnaudota šioje studijoje – duomenų vizualizavimas izožiedadulkių žemėlapių pagalba, jų paruošimas atkūrimui naudojant žiedadulkių – augalijos priklausomybės modelius, žmogaus veiklos tyrimai. Sukauptos informacijos pagrindu galima taikyti kitas šių metodų variacijas bei kitus skaitmeninius augalijos atkūrimo metodus, pvz. analogų metodą (Birks, Gordon, 1985; Overpeck et al., 1985; Schweitzer, 1999).

## **Praeities klimato tyrimai**

Atkurtos praeities augalijos pagrindu galima daryti išvadas apie praeities klimatą. Tai galima daryti tiek vizualiai, subjektyviai įvertinant atkūrimo rezultatus, tiek pritaikyti skaitmeninius klimato modelius. Be to, yra galimybė išnaudoti modelius, kuriuose žiedadulkių spektrų informacija siejama tiesiogiai su klimatu – žiedadulkių – klimato priklausomybės modeliais (Birks, Seppä, 2004; Seppä et al., 2004; Ohlwein, Wahl, 2012).

## **Modeliavimas ir žiedadulkių spektrų prognozės**

Žiedadulkių – augalijos priklausomybės funkcijos gali būti naudojamos ne tik augalijos atkūrimui, bet ir atvirkštiniam funkcijos taikymui – žiedadulkių spektrų prognozėms. Prognozės atliekamos teritorijoje žinomos augalijos pagrindu. Paviršinių spektrų prognozavimui gali būti panaudota dabartinės augalijos duomenų bazė, o praeities spektrų – sudaryti paleoaugalijos žemėlapiai. Prognozėmis paremti tyrimai gali būti naudingi tiek įvairių modelių ir hipotezių tikrinimui, tiek pačio atkūrimo kokybės įvertinimui.

Taip pat sukaupti žiedadulkių ir augalijos duomenys gali būti panaudoti kaip pagrindas naujų modelių sudarymui arba esamų modelių tobulinimui. Kadangi sukaupti itin detalūs duomenys apie dabartinę augaliją, leidžiantys apytikriai apskaičiuoti net atskirų individų skaičių pasirinktoje teritorijoje (panaudojant medynų tankio, tūrio, aukščio, pločio, skalsumo duomenis ir pan.), gana perspektyvus galėtų būti modeliavimas, paremtas ne procentiniais kiekiais (kas šiuo metu sukelia nemažą dalį interpretavimo problemų), o absoliučiais. Žinoma, šiam tikslui reikalingas ir absoliutinis žiedadulkių lietaus įvertinimas, kuris gali būti gautas nustatant žiedadulkių koncentraciją nuosėdų tūryje ar masėje (Hicks et al., 1996; Koff, 2001; Pardoe et al., 2010). Tačiau tai tik viena iš galimų modeliavimo krypčių.

## Duomenų bazės plėtimas ir informacijos viešinimas

Dabartinėje duomenų bazės versijoje sukaupti žiedadulkių spektrai tik iš autorių pateiktų skaitmeninių ar rankraštinių lentelių bei panašių šaltinių literatūroje. Tačiau nemaža dalis ištirtų žiedadulkių pjūvių šios informacijos neturėjo, o duomenų bazėje pateikiamos tik skenuotos šių pjūvių žiedadulkių diagramos. Esant poreikiui, šios diagramos gali būti konvertuojamos į atributinę spektrų informaciją. Tai gali būti atliekama tiek pusiau automatinėmis GIS, tiek paprastomis priemonėmis. Konvertavimo esmę sudaro grafinis diagramų vektorizavimas bei vektorinės informacijos konvertavimas į atributinę. Tokiu būdu galima būtų išplėsti turimų vertingų žiedadulkių pjūvių skaičių prarandant labai nedidelę dalį jų kokybės.

Metainformacija, litologinė ir kita informacija gali būti plečiama paprasčiausiai pridedant ir užpildant naujus lentelės laukus. Greičiausiai tai bus atliekama literatūros šaltinių, kurie taip pat saugomi duomenų bazėje, pagrindu.

Naujų žiedadulkių pjūvių įkėlimas į duomenų bazę gali būti vykdomas bet kurio vartotojo, turinčio duomenų bazės kopiją. Be tradicinės redagavimo eigos, egzistuoja galimybė duomenis pritaikyti daugiavartotojiškai redagavimo aplinkai, taip pat teikti duomenis bei žemėlapius kaip GIS paslaugas vidiniame bendraautorių tinkle, viešai internete arba naudojantis debesų (angl. *Cloud*) technologijomis, pavyzdžiui ArcGIS.com ar lietuvišku LGII portalu. Tokiu būdu gali būti užtikrintas tiek informacijos viešinimas, tiek komandinis žiedadulkių duomenų bazės bendraautorių darbas.

### 3. TYRIMŲ REZULTATAI

#### 3.1. Naujai ištirti nuosėdų pjūviai

Nauji žiedadulkių pjūviai buvo ištirti Šnieriškių pelkėje, Dubičių atodangoje, Kaciušių, Perūno ir Amalvo ežeruose.

**Dubičių atodangoje** (3.1.1 pav.) nuosėdų pavyzdžiai buvo renkami lauko ekspedicijoje, surengtoje kartu su Gamtos tyrimų centro Geologijos ir geografijos instituto darbuotojais prof. Algimantu Česnulevičium, dr. Julium Taminsku ir dr. Kazimieru Diliu. Atodanga yra dešiniajame Ūlos upės krante, Dubičių kaimo (Varėnos raj.) pakraštyje (546910; 5987491), nusausintoje pelkėje, plytinčioje tarp Dubičių, Karaviškių kaimų ir Baltarusijos sienos. Pavyzdžiai žiedadulkių analizei buvo imami kas 5 cm. Septyni nuosėdų pavyzdžiai buvo paimti radioaktyviosios anglies datavimui.

Tos pačios ekspedicijos metu buvo išgręžtas gręžinys **Kaciušių ežere** (3.1.2 pav.). Tai nedidelis (1,3 ha) ežeras, slūgsantis 2 km į šiaurę nuo Dubičių kaimo, uždūrpėjusiais krantais, apaugusiais pušynu. Gręžinys buvo gręžiamas užpelkėjusiam ežero krante (548796; 5989650). Pavyzdžiai žiedadulkių analizei buvo imami kas 5-10 cm. Penki pavyzdžiai iš giliausios gręžinio dalies paimti radioaktyviosios anglies datavimui.

**Šnieriškių pelkė** - nedidelė (apie 1,3 ha) pelkė rytiniame Molėtų rajono pakraštyje, dešiniojoje kelio Padumblė – Labanoras kelio pakraštyje, 750 m į rytus nuo Šnieriškių kaimo. Pelkės krantai gana statūs, tačiau zonduojamasis gręžimas, atliktas padedant dr. Sigitui Radzevičiui ir Linai Macijauskaitei, parodė, kad organinių nuosėdų sluoksnių storis pelkėje neviršija 270 cm. Nuosėdos žiedadulkių analizei buvo imamos iš giliausio gręžinio (608610; 6128655). Iš viso surinkti 54 nuosėdų pavyzdžiai (kas 5 cm).



**3.1.1 pav.** Dubičių atodanga.

**3.1.1 lentelė.** Dubičių atodangos nuosėdų litologijos aprašymas.

<b>Gylis, cm</b>	<b>Litologijos aprašymas</b>
0-10	Augalinė danga
10-20	Juodas dirvožemis
20-100	Balta gėlavandenė klintis
100-105	Šviesiai pilkas smėlis su organinės medžiagos įtarpais
105-160	Šviesiai pilka ežerinė kreida
160-170	Tamsiai pilkas smėlis su organinės medžiagos įtarpais
170-220	Gelsvas stambiagrūdis smėlis
220-310	Gruntinis vanduo



**3.1.2 pav.** Kaciūšių ežero vaizdas iš grėžimo vietos.

**3.1.2 lentelė.** Kaciūšių ežero grėžinio nuosėdų litologijos aprašymas.

Gylis, cm	Litologijos aprašymas
0-20	Durpė
20-100	Vanduo
100-250	Tamsiai ruda durpė
250-260	Pilkas smėlingas aleuritas

**3.1.3 lentelė.** Šnieriškių pelkės grėžinio nuosėdų litologijos aprašymas.

Gylis, cm	Litologijos aprašymas
0-270	Durpės
270-280	Pilkas smėlingas aleuritas

**Perūno ežero** (3.1.3 pav.) nuosėdos buvo grėžiamos kartu su Lietuvos istorijos instituto darbuotojais dr. Laurynu Kurila ir dr. Andra Simniškyte-Strimaitiene. Perūno ežeras yra 11 km į rytus nuo Pabradės

(Švenčionių raj.), šiauriau kelio Pabradė-Švenčionys. Pats ežeras užima 30 ha plotą, tačiau jį supanti aukštapelkė yra žymiai didesnė (220 ha). Iš Perūno ežero išteka Meros upė. Gręžiama buvo uždurpėjusiame ežero krante. Zonduojamasis gręžimas parodė, kad organinių nuosėdų sluoksnis šioje vietoje yra storiausias (365 cm). Pavyzdžiai žiedadulkių analizei ir radioaktyviosios anglies datavimui buvo imami kas 5 cm.



**3.1.3 pav.** Perūno ežero nuosėdų gręžimas.

**3.1.4 lentelė.** Perūno ežero gręžinio nuosėdų litologijos aprašymas.

Gylis, cm	Litologijos aprašymas
0-45	Nuosėdų nepaimta
45-110	Kimininės durpės
110-200	Durpinga gitija
200-250	Kimininės durpės
250-290	Nendrinės durpės
290-360	Dumblinė gitija
360-365	Molinga gitija
365-400	Pilkas juostuotas molis

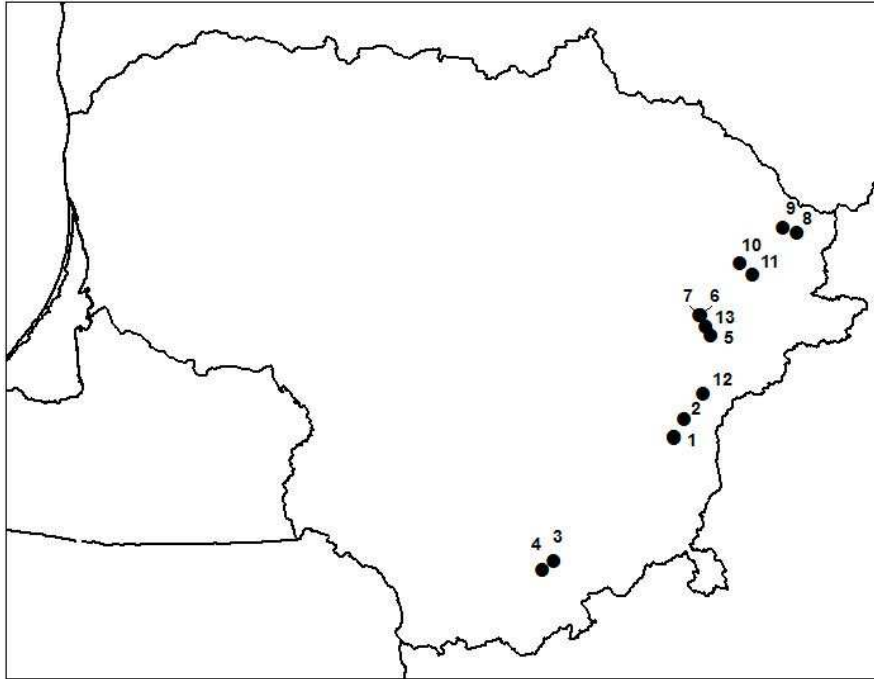
**Amalvo ežeras** slūgso Mariampolės savivaldybėje, šiauriau Daukšių kaimo, pietrytinėje ežerą supančios pelkės dalyje. Ežero užimamas plotas yra 192 ha o pelkės - 3 000 ha. Gylis - iki 2,9 m (Garunkštis, Stanaitis, 1969). Į Amalvo ežerą šiaurės vakaruose įteka nedidelis Šlavantos upelis, o vakaruose išteka Amalvė. Gręžiama buvo šiauriniame ežero krante (472900; 6044537). Nuosėdų pavyzdžiai žiedadulkių analizei buvo imami kas 1-2 cm, radioaktyviosios anglies datavimui - kas 5 cm.

**3.1.5 lentelė.** *Amalvo ežero gręžinio nuosėdų litologijos aprašymas.*

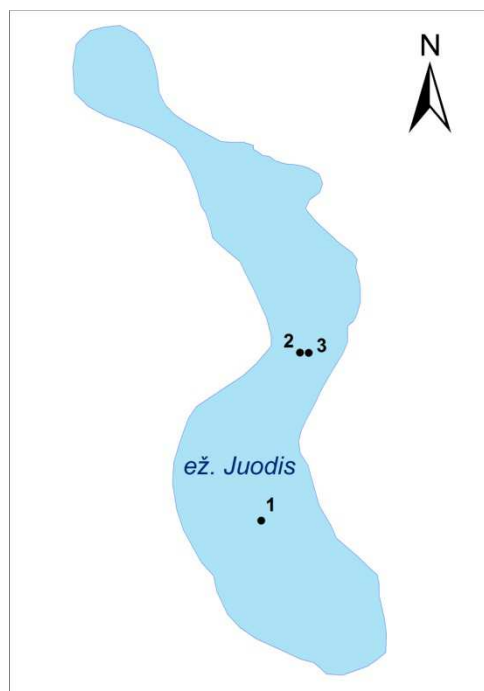
<b>Gylis, cm</b>	<b>Litologijos aprašymas</b>
0-140	Nendrinės durpės
140-220	Rudos, vidutinio susiskaldymo durpės
220-320	Dumblinė gitija
320-415	Dumblinė gitija
415-420	Pilkas molingas aleuritas
420-483	Pilkas molis
483-484	Pilkas molingas aleuritas
484-530	Pilkas molis
530-580	Persisluoksniuojantys pilkas molis ir šviesiai pilkas aleuritingas molis
580-750	Persisluoksniuojantys rusvai pilkas molis ir pilkas aleuritingas molis
750-800	Persisluoksniuojantys rusvai pilkas molis ir tamsiai pilkas molis

Be gręžinių nuosėdų šiam darbui buvo renkami paviršinių nuosėdų pavyzdžiai iš 13 Lietuvos ežerų (3.1.4 pav.). Paviršiniai pavyzdžiai buvo renkami iš ežero centro, išskyrus Juodžio ežerą, kuriame buvo surinkti 3 paviršinių nuosėdų pavyzdžiai - du pavyzdžiai iš ežero centro (1-2 m) atstumu vienas nuo kito, o trečiasis ežero pietinėje dalyje (3.1.5 pav).





**3.1.4 pav.** Paviršinių nuosėdų pavyzdžių paėmimo vietos: 1 – Juodžio ež.; 2 – Gėlaičio ež.; 3 – Gliūkaičio ež.; 4 – Glėbo ež. ; 5 – Baltelio ež.; 6 – Elniuko ež.; 7 – Žiotelių ež.; 8 – Skaidrio ež.; 9 – Davigilių ež.; 10 – Dagilėjaus ež.; 11 – Byvainio ež.; 12 – Dumblelio ež.; 13 – Ešerinio ež.



**3.1.5 pav.** Paviršinių nuosėdų pavyzdžių paėmimo vietos Juodžio ežere.

### 3.2. Naujai ištirtų nuosėdų pjūvių vietinės žiedadulkių zonos

#### Dubičių (Ūlos) atodanga

Ūlos atodangoje iš viso ištirti 33 nuosėdų pavyzdžiai (3.2.1 pav.). Išskirtos šios vietinės žiedadulkių zonos (VŽZ):

VŽZ Db-1 (*Cyperaceae-Artemisia-Alnus-Ulmus*; 175-170 cm). Šią vietinę žiedadulkių zoną sudaro tik vienas, apatinis nuosėdų pavyzdys. Ji buvo išskirta dėl reikšmingai didesnių procentinių *Alnus* (5,3 %), *Ulmus* (2,8 %), ir daugumos žolinių augalų (NAP) kiekių. Iš medžių dominuoja *Pinus* (36,8 %), *Betula* sudaro 6,1 %, *Salix* – 1,5 %, *Juniperus* – 0,8 %. Bendras žolių kiekis itin aukštas (46,3 %), iš jų vyrauja *Cyperaceae* (18,2 %), *Rumex* (7,9 %), *Ranunculus* (5,6 %), *Artemisia* (3,3 %), *Poaceae* (3,3 %). *Umbelliferae*, *Filipendula*, *Caryophyllaceae* bei *Chenopodiaceae* kiekiai taip pat reikšmingi. Sąlyginai dideli ir kai kurių sporų kiekiai - *Polypodiaceae* sudaro 2,5 %, o *Sphagnum* - 1 %. Žiedadulkių koncentracija šioje zonoje - tik 444 žiedadulkės kubiniame milimetre. Aukštas žolių kiekis rodo, kad ši zona susidarė šaltuoju vėlyvojo ledynmečio laikotarpiu, kai vyravo atviras kraštovaizdis (Kabailienė, 1990). Remiantis radioaktyviosios anglies datavimo duomenimis, tai ankstyvojo driaso arba ankstesnės nuosėdos.

VŽZ Db-2 (*Cyperaceae*; 170-165 cm). *Cyperaceae* įgauna maksimalias reikšmes (66,2 %) ir šioje zonoje dominuoja. Kitų žolių rūšių gerokai mažiau, išskyrus *Poaceae*, kuri sudaro 2,7 %. *Pinus* (23,7 %) ir *Betula* (2,3 %) yra gausiausi medžių taksonai. *Alnus*, *Ulmus* ir *Juniperus* sumažėja iki žemiau nei 1 %. Sumažėja ir sporų kiekiai – *Polypodiaceae* sudaro 0,5 %. Šio intervalo nuosėdos taip pat greičiausiai susidarė ankstyvajame driase.

VŽZ Db-3 (*Betula-Corylus*; 165-155 cm). Šioje vietinėje žiedadulkių zonoje dominuoja *Betula* (23,3-45,7 %), *Pinus* sudaro 14,9-42,4 %, *Corylus* padaugėja iki 2,2-12,3 %, *Salix* procentiniai kiekiai panašūs į aukščiau aprašytų

zonų (2,2-3,1 %). Žolių kiekiai mažesni, tačiau reikšmingi (24,3-28,3 %). Vyrauja Cyperaceae (16,5-20,2 %) ir Poaceae (2,6-4 %) žiedadulkės. Sumažėję žolių kiekiai ir didesni *Pinus* kiekiai būdingi aleriodo chronozonai (Kabailienė, 1990). Dėl reto pavyzdžių kiekio, šią vietinę žiedadulkių zoną koreliuoti su chronozonomis sudėtinga, tačiau remiantis radioaktyviosios anglies datavimu, tai aleriodo – vėlyvojo driaso laikotarpių nuosėdos.

VŽZ Db-4 (*Pinus-Artemisia-Poaceae*; 160-100 cm). *Pinus* (42,4-80,3 %) vyrauja tarp medžių, *Betula* sudaro nuo 11,6 iki 21,9 %, *Salix* ir *Corylus* – iki 2,1 %. Poaceae (iki 7,8 %), *Artemisia* (iki 5,8 %) bei Cyperaceae (iki 4,4 %) šioje zonoje yra gausiausi žolių taksonai. Chenopodiaceae (iki 1,9 %), Caryophyllaceae (apie 0,6 %) ir Rosaceae (iki 0,5 %) kiekiai taip pat reikšmingi. Sporų mažai: *Sphagnum* – iki 0,5 %, Polypodiaceae – iki 0,3 %. Remiantis radioaktyviosios anglies datavimu tai vėlyvojo driaso nuosėdos, tačiau aukštas *Pinus* kiekis ir palyginti nedidelis kiekis žolių rodo, kad vietinę žiedadulkių zoną galima būtų sieti ir su aleriodu.

VŽZ Db-5 (*Betula-Pinus*; 100-20 cm). *Pinus* kiekiai šioje zonoje mažesni (32-57 %), *Betula* padaugėja iki 32,5-65,9 %. *Corylus* bei *Ulmus* apatinėje šios zonos dalyje apibūdintos tik pavienės žiedadulkės, tačiau einant į viršų jų palaipsniui padaugėja iki atitinkamai 2,6 ir 3,4 %. *Salix* procentinė dalis kinta nuo 0,1 ir 1,6 %, *Alnus* – iki 1,2 %. Viršutinėje zonos dalyje aptiktos pavienės *Quercus* ir *Tilia* žiedadulkės. Žolių kiekis sąlyginai nedidelis (3,4-10,2 %). Poaceae (0,9-5,7 %), Cyperaceae (0,3-1,6 %), *Filipendula* (0-1,3 %) ir *Artemisia* (0,2-1 %) iš žolinių augalų aptinkamos dažniausiai. Polypodiaceae padaugėja iki 0,6-1,5 %. Šią zoną galima būtų sieti su preborealio chronozona.

VŽZ Db-6 (*Pinus-Corylus-Alnus-Cyperaceae*; 20-0 cm). *Pinus* aptinkama daugiau, nei anksčiau aprašytoje zonoje (58,9-69,5 %), *Betula*



Cyperaceae (0,3-10,7 %) ir Poaceae (2,4-6,5 %) žiedadulkės. Polypodiaceae padaugėja iki 11,7-12,6 %. Tai borealio ir vėlesnių chronozonų nuosėdos.

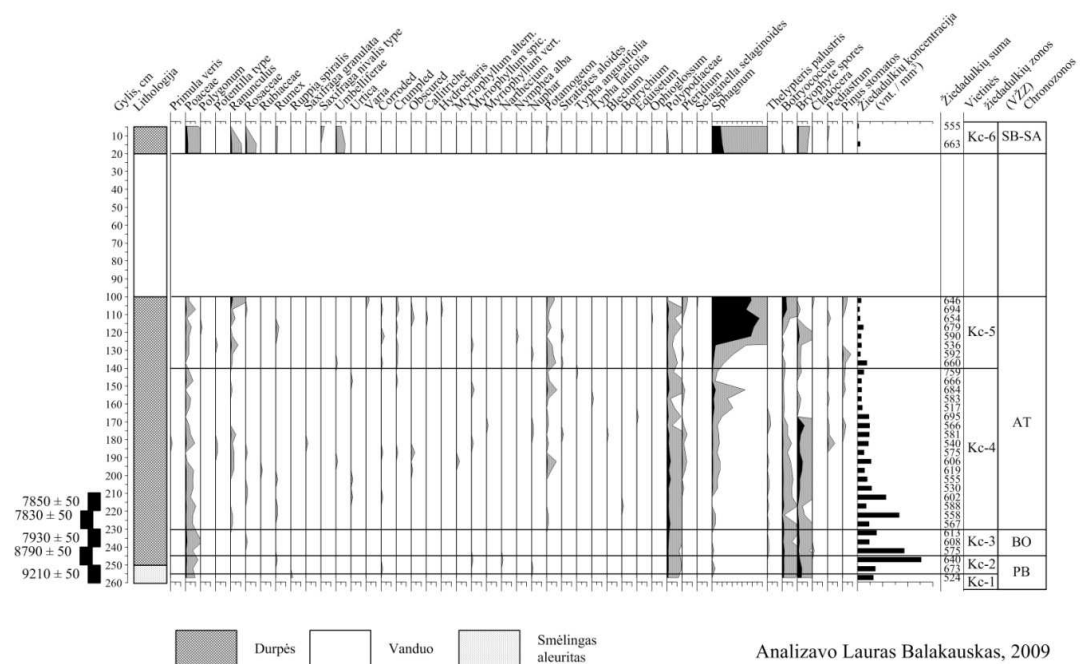
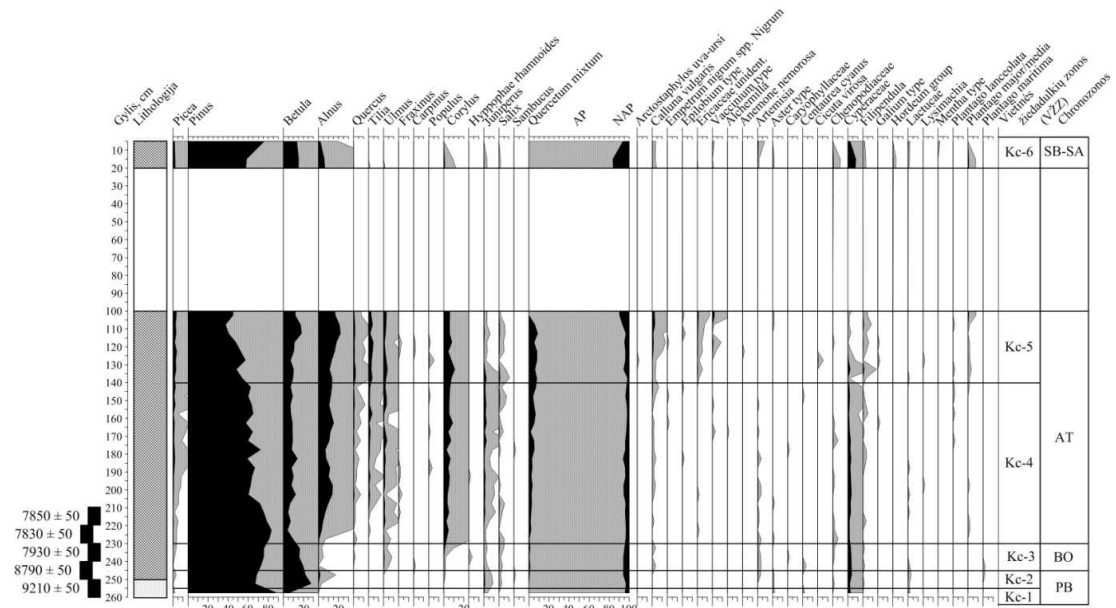
### Kaciušių ežeras

Kaciušių ežero grėžinyje ištirti 34 nuosėdų pavyzdžiai (3.2.2 pav.). Išskirtos šios vietinės žiedadulkių zonos (VŽZ):

VŽZ Kc-1 (*Pinus*-Cyperaceae; 260-255 cm). Šią zoną sudaro vienas nuosėdų pavyzdys, kurio spektre dominuoja *Pinus* (88,8 %). *Betula* sudaro tik 6,3 %, *Juniperus* – 0,4 %, kitų medžių žiedadulkių neapibūdinta. Cyperaceae vyrauja tarp žolinių augalų taksonų (2,7 %), Poaceae kiekis taip pat ganėtinais reikšmingas (1 %). Vandens augalų žiedadulkių ir sporų šioje zonoje neapibūdinta, išskyrus Polypodiaceae (1,1 %). Šiai zonai būdingas sąlyginai didelis briofitų sporų (4 %) bei *Botryococcus* (1,3 %) kiekis. Žiedadulkių koncentracija palyginti nemaža – 124 žiedadulkės kubiniame milimetre. Ši vietinė žiedadulkių zona greičiausiai koreliuotina su vėlyvojo driaso pabaiga – preborealio pradžia.

VŽZ Kc-2 (*Betula*; 255-245 cm). *Betula* kiekiai šioje zonoje maksimalūs (22,2-28 %), *Pinus* sumažėja, tačiau šis taksonas vis dar vyrauja (67,2-68,4 %). Šioje zonoje aptikta ir *Alnus* (0,3-1,7 %), *Picea* (apie 0,5 %), *Salix* (iki 0,3 %). *Juniperus* padaugėja iki 0,8-0,9 %. Žolinių augalų žiedadulkių kiekiai didesni (3,4-6,1 %), tarp jų ryškiausios Cyperaceae (1,9-3,8 %) ir Poaceae (0,7-1,3 %). Apibūdintos pavienės vandens augalų (*Myriophyllum*, *Narthecium* ir *Nuphar*) žiedadulkės. Apatiniame nuosėdų pavyzdyje aptikta 0,3 % *Sphagnum* sporų, tačiau iš sporų vis dar gausiausios Polypodiaceae (1,4-1,5 %). Briofitų (2,4-4,5 %) ir *Botryococcus* (1,5-1,8 %) kiekiai panašūs į anksčiau aprašytos zonos. Viršutiniame nuosėdų pavyzdyje žiedadulkių koncentracija yra didžiausia iš viso grėžinio pavyzdžių – 506 žiedadulkės kubiniame

milimetre. Išaukęs *Betula* kiekis rodo, kad greičiausiai tai yra preborealio chronozonos nuosėdos.



**3.2.2 pav.** Kaciūšių ežero grėžinio nuosėdų žiedadulkių diagrama.

VŽZ Kc-3 (*Pinus-Betula*; 245-230 cm). *Pinus* nežymiai padaugėja (72,7-75,9 %), *Betula* sumažėja, tačiau šis taksonas išlieka reikšmingas (16-19,8 %). *Corylus*, *Ulmus* ir *Alnus* padaugėja atitinkamai iki 1, 0,8 ir 0,5 %. Žolinių augalų taksonų kiekiai, lyginant su kaimyninėmis zonomis, didesni (4,9-

5,9 %). Cyperaceae (2,9-3,7 %), Poaceae (0,7-1,6 %), *Artemisia* (iki 0,3 %) ir *Calluna* (iki 0,3 %) – gausiausi taksonai tarp žolinių augalų. Šią zoną galima būtų koreliuoti su borealio chronozona.

VŽZ Kc-4 (230-140 cm). *Pinus* procentinės reikšmės apatinėje zonos dalyje aukštos (iki 83,3 %) tačiau einant į viršų palaipsniui mažėja iki 57,8-72,5 %. *Betula* sudaro 4,5-14,3 %. *Alnus* (0,7-15,3 %), *Corylus* (2,6-8,9 %), *Ulmus* (0,2-3,4 %), *Tilia* (0-3,6 %), *Quercus* (0-1,2 %) ir *Juniperus* (0,2-2,5 %) žiedadulkių reikšmingai padaugėja. Žolinių augalų žiedadulkės sudaro 2,2-5,8 %. Cyperaceae (1-3,3 %) ir Poaceae (0-1 %) iš žolinių augalų yra reikšmingiausios. *Sphagnum* sporų laipsniškai daugėja link zonos viršaus (iki 3,3 %). *Botryococcus* (0,1-1,5 %) bei briofitų (0-7,1 %) staigiai padaugėja 170 cm gylyje (prieš pat *Sphagnum* piką). Didėjantys *Alnus*, *Corylus* ir *Quercetum mixtum* kiekiai rodo, kad tai yra atlančio laikotarpio nuosėdos.

VŽZ Kc-5 (*Pinus-Alnus-Corylus-Ulmus-Juniperus*; 140-100 cm). Ši vietinė žiedadulkių zona charakterizuojama didžiausiais plačialapių medžių procentiniais kiekiais (iki 8,5 %). *Tilia* sudaro 1,7-4,7 %, *Ulmus* – 1-3,9 %, *Quercus* – 0,8-2 %, *Fraxinus* – iki 0,3 %. *Alnus* (11,1-22 %) ir *Corylus* (4,6-11 %) reikšmės maksimalios. *Pinus* ir *Betula* yra tarp vyraujančių taksonų, tačiau, jų yra mažiau nei kitose zonose (atitinkamai 37,5-54,2 ir 7,5-18,3 %). *Picea* reikšmės kinta tarp 1,7 ir 3,7 %. Cyperaceae sumažėja iki 0-2,4 %, Poaceae kiekiai panašūs į aukščiau aprašytos zonos – 0-1 %. Sumažėję daugumos žolinių augalų taksonų kiekiai kompensuojami *Calluna vulgaris* (0,3-2,7 %), Ericaceae (0,2- 4 %), *Filipendula* (iki 1,4 %) ir *Ranunculus* (iki 1,9 %) padaugėjimo. Reikšmingai padaugėja *Sphagnum* – nuo 1,2-3,4 % zonos apatinėje dalyje iki 33,9-47 % viršutinėje dalyje. *Botryococcus* ir briofitų (atitinkamai iki 4,4 ir 2,2 %) taip pat šiek tiek daugiau viršutinėje zonos dalyje. Šią zoną taip pat atitinka atlančio chronozona.

VŽZ Kc-6 (*Alnus-Tilia-Ulmus-Quercus-Corylus*; 20-0 cm). Šią vietinę žiedadulkių zoną sudaro durpinga augalinė danga plūduriuojanti ant vandens, kuris šiame gręžinyje apima 100-20 cm intervalą. *Pinus* dominuoja (58,5-76,2 %), nemažą spektro dalį sudaro *Betula* (13,7-15,5 %) ir *Alnus* (2-5,9 %) žiedadulkės. Kiti medžių taksonai palyginti nereikšmingi. Žolinių augalų šioje zonoje yra apie 16,6 %. Toks žolių kiekis yra aukščiausias visoje žiedadulkių diagramoje. Cyperaceae (2,3-8 %), Poaceae (1,3-2,6 %), *Ranunculus* (iki 1,1 %), Rosaceae (iki 1,1 %), *Plantago* (iki 0,8 %) bei *Umbelliferae* (0,6-0,9 %) tarp žolinių augalų žiedadulkių yra gausiausios. *Sphagnum* (8,4-10,1 %) vyrauja tarp sporų, tačiau kiekiai yra mažesni, nei aukščiau aprašytoje zonoje. Tai subborealia – subatlančio laikotarpių nuosėdos.

### Šnieriškių pelkė

Šnieriškių pelkės gręžinyje ištirtas 51 nuosėdų pavyzdys (3.2.3 pav.). Išskirtos šios vietinės žiedadulkių zonos (VŽZ):

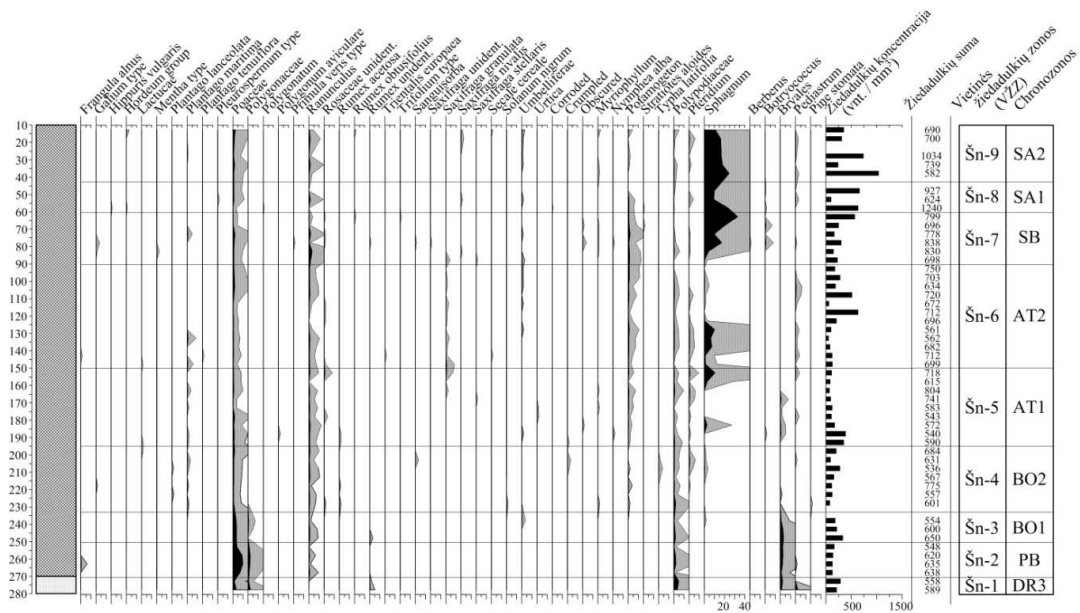
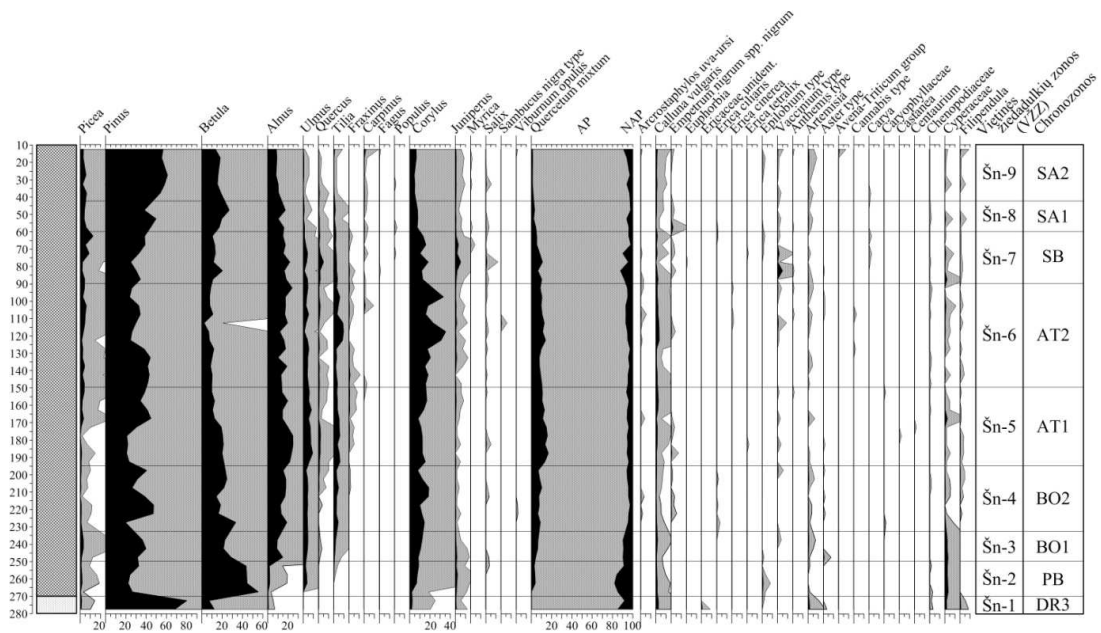
VŽZ Šn-1 (*Pinus-Artemisia*; 280-270 cm). Ši vietinė žiedadulkių zona atitinka pilko smėlingo aleurito sluoksnį gręžinio apatinėje dalyje. Abiejų šios zonos nuosėdų pavyzdžių žiedadulkių spektruose dominuoja *Pinus* (68,4-80,1 %), *Betula* (7-12 %) – mažiau reikšminga. Kitų medžių taksonų procentiniai kiekiai neviršija 3 %. *Quercetum mixtum* žiedadulkių apskritai neapibūdinta. Poaceae (1,3-3,6 %), *Calluna vulgaris* (2,3-2,4 %), Polygonaceae (0,5-2,2 %) ir Cyperaceae (1,6-1,9 %) žiedadulkės gausiausios tarp žolių ir žemaūgių krūmokšnių. *Artemisia* žiedadulkių mažiau, tačiau jų pikas (1,1-1,7 %) nemažiau svarbus - šių žiedadulkių yra daugiau nei bet kurioje kitoje vietinėje žiedadulkių zonoje. *Filipendula*, Ericaceae ir *Rumex* kiekiai taip pat didesni, nei aukščiau slūgsančių nuosėdų pavyzdžiuose. Šioje zonoje neapibūdinta vandens augalų, o iš sporų - tik Polypodiaceae. Šių sporų kiekiai maksimalūs – 3,4-4,6 %. *Pediastrum* dumbliai apatiniame pavyzdyje taip pat aptinkami maksimaliais kiekiais (2,5 %), o briofitų sporų kiekiai panašūs į



žemiau aprašomų zonų (1,3-2,3 %). Šio intervalo nuosėdos susidarė vėlyvajame driase.

VŽZ Šn-2 (*Betula-Poaceae*; 270-250 cm). *Betula* žiedadulkės šioje zonoje gausiausios (43,6 % ir daugiau), ypač apatiniame zonos pavyzdyje (55,5 %). *Pinus* staigiai sumažėja iki 22,2-32,9 %, tačiau link zonos viršaus jų vėl laipsniškai daugėja, kaip ir *Corylus* (1,9-8,8 %) bei *Alnus* (0,3-1,9 %). *Juniperus* (0,9-1,9 %) ir *Picea* (0,3-1,9 %) kiekiai nežymiai didesni nei aukščiau aprašytoje zonoje. Šioje zonoje atsiranda *Ulmus* (iki 3,6 %) ir *Tilia* (iki 0,4 %). *Quercus* bei *Fraxinus* neaptikta. Šiai zonai būdingi maksimalūs žolinių augalų taksonų kiekiai (17,8 %). Iš žolių dominuoja *Poaceae* (3,8-10 %), kuri šioje zonoje pasiekia maksimumą. Taip pat reikšmingos *Cyperaceae* (3,3 %), *Polygonaceae* (2,1 %) bei *Epilobium* tipo (0,8 %) žiedadulkės. Sumažėja *Calluna vulgaris*, *Artemisia* bei *Filipendula*. Šioje vietinėje žiedadulkių zonoje pasirodo *Ranunculus*, jo aptinkama iki 0,9 %. Vandens augalų ir sporų kiekiai beveik nekinta – *Polypodiaceae* sudaro iki 2 %, kitų sporų ir vandens augalų neapibūdinta. Briofitų sporų viršutinėje zonos dalyje padaugėja iki 2,5 %. Padidėję *Betula* kiekiai rodo, kad tai preborelio laikotarpio nuosėdos.

VŽZ Šn-3 (*Pinus-Betula*; 250-232,5 cm). Šiai vietinei žiedadulkių zonai charakteringas *Pinus* pagausėjimas (31,5-39,8 %) bei mažėjantys, tačiau vis dar reikšmingi *Betula* kiekiai (21,2-28,8 %). *Corylus* ir *Quercetum mixtum* taksonų laipsniškai daugėja (atitinkamai iki 12,1 % ir 6,5 %), ypatingai *Ulmus* (iki 5,1 %) ir *Tilia* (iki 1,8 %). Šioje zonoje pasirodo ir *Quercus* (iki 0,3 %). *Juniperus* nežymiai sumažėja (iki 0,5 %). *Picea* kiekiai pastebimai didesni, lyginant su kaimyninėmis zonomis (1,2-3,2 %). Žolių mažiau nei aukščiau aprašytoje zonoje, tačiau jų kiekiai išlieka pakankamai reikšmingi (9-9,6 %), dominuojant *Poaceae* (3,3-3,7 %) ir *Cyperaceae* (2,3-3,1 %). *Calluna vulgaris* ir *Artemisia* pakartotinai padaugėja atitinkamai iki 1,6 ir 0,7 %, *Ranunculus*



Dūrpės
  Smėlingas aleuritas

Analizavo Lauras Balakauskas, 2009

**3.2.3 pav.** Šnieriškių pelkės grėžinio nuosėdų žiedadulkių diagrama.

kiekiai išlieka daugmaž panašūs į aukščiau aprašytos zonos (iki 0,9 %). Vandens augalų šioje zonoje neapibūdinta, kaip ir akstesnėse, Polypodiaceae kiekiai išlieka apie 0,4-1,5 %. Viršutiniame vietinės žiedadulkių zonos pavyzdyje aptikti nedideli kiekiai *Sphagnum* (0,2 %). *Bryophyta* sporos

apatinėje zonos dalyje išplitusios maksimaliai (3,1 %), o viršutinėje jų sumažėja iki 0,9 %. Ši vietinė žiedadulkių zona koreliuotina su ankstyvojo borealio chronozona.

VŽZ Šn-4 (*Pinus-Corylus*; 232,5-195 cm). *Pinus* ir toliau daugėja, tačiau kiekiai smarkiai keičiasi visoje zonoje (19,5-47,4 %), *Betula* išlieka vienu vyraujančių taksnų, tačiau šių žiedadulkių sumažėja nuo 33,3 % apatinėje zonos dalyje iki 14,1 % vidurinėje dalyje. *Corylus* (7,9-18,9 %) ir *Alnus* (12,5-18,8 %) daugėja. Šie taksonai taip pat galėtų būti priskiriami vyraujantiems. Padaugėja ir *Quercetum mixtum* (iki 10,1 %). Iš jų labiausiai išsiskiria *Tilia* (2,6-4,7 %) ir *Ulmus* (2,8-4,5 %). Tuo tarpu *Quercus* kiekiai nedideli, tačiau ir *Quercus* viršutinėje dalyje siekia 1 %, tuo pat metu pasirodo *Fraxinus* (iki 0,2 %). *Juniperus* kiekiai ganėtinai stabilūs, tačiau mažesni nei aukščiau aprašytoje zonoje (0,1-0,5 %). Žolinių augalų ir žemaūgių krūmokšnių kiekiai pastebimai mažesni (2,7-5,7 %). Šis sumažėjimas nulemtas Poaceae (0,7-1,9 %), *Calluna vulgaris* (0,4-0,8 %), ir Cyperaceae (0-0,8 %), kurie aukščiau aprašytose zonose buvo gausiausi. Tačiau kai kurių žolinių taksonų padaugėja, pavyzdžiui, *Ranunculus* (0,3-1,1 %) ir *Filipendula* (iki 0,5 %). Apibūdintos ir pavienės vandens augalų žiedadulkės (*Potamogeton*, *Typha latifolia*, *Myriophyllum*). Polypodiaceae šiek tiek mažiau (0,2-1,8 %). Viršutinėje zonos dalyje aptikti nedideli kiekiai *Pteridium* bei *Sphagnum* sporų. *Bryophyta* sporos beveik išnyksta. Apatinėje zonos dalyje aptiktos kelios *Pinus* stomatos. Šią vietinę žiedadulkių zoną atitinka vėlyvojo borealio chronozona.

VŽZ Šn-5 (*Alnus-Quercus-Ulmus*; 195-150 cm). Nors šioje zonoje vyrauja *Pinus*, šio taksono kiekiai apatinėje dalyje yra mažiausi visoje diagramoje (20,7-23,2 %). Viršutinėje zonos dalyje *Pinus* padaugėja iki 30,4-44,7 %. Priešingai, *Betula* sumažėja nuo 19,2-21,5 % apatinėje zonos dalyje, iki 9,8-12,6 % viršutinėje. Vyraujantiems šios zonos taksonams galima priskirti ir maksimalias savo reikšmes įgyjančius *Alnus* (24,8 %) bei *Ulmus* (9,3 %).

Sąlyginai reikšmingi ir *Tilia* (6,3 %) bei *Quercus* (2 %) kiekiai, *Fraxinus* padaugėja iki 0,8 %. Visi *Quercetum mixtum* taksonai kartu paėmus sudaro net 10,4-16,5 %. *Picea* sudaro 0,2-3,8 %. Žolinių augalų ir žemaūgių krūmokšnių žiedadulkių kiekiai išlieka panašūs (3,7-6 %), vyraujant *Calluna vulgaris* (0,5-2,4 %), Poaceae (0,3-1,8 %), *Ranunculus* (0-1,2 %), ir Cyperaceae (0,1-2,3 %). Cyperaceae pasiekia 2,3 % piką iš karto po ryškaus Poaceae sumažėjimo. Kituose pavyzdžiuose Cyperaceae neviršija 0,6 %. *Potamogeton* žiedadulkių palaipsniui daugėja visoje zonoje (iki 0,8 %), Polypodiaceae ir *Pteridium* kiekiai išlieka panašūs (atitinkamai iki 0,8 ir 1 %), *Sphagnum* daugumoje pavyzdžių neapibūdinta, tačiau fiksuojami 2,7 % ir 10,4 % šio taksono pikai. *Bryophyta* sporų nedaug (iki 0,8 %). Daugiausia – apatinėje dalyje. Žiedadulkių koncentracijos kinta 84-384 / mm<sup>3</sup> intervale. Apatiniuose pavyzdžiuose koncentracija ženkliai didesnė, nei viršutiniuose. Tai ankstyvojo atlančio laikotarpio nuosėdos.

VŽZ Šn-6 (*Quercus-Ulmus-Corylus*; 150-90 cm). *Pinus* palyginti mažai reikšminga (23,8-43 %), kaip ir *Betula* (2,1-11,8 %). Tuo tarpu *Corylus* pasiekia maksimumą – fiksuojami du 35,4 % ir 33,1 % pikai. *Alnus* (10,1-24 %) bei *Quercetum mixtum* (7,6-13,8 %) žiedadulkių kiekiai reikšmingi. *Ulmus* sudaro 1,1-5,5 %, *Quercus* – 0,1-1,7 %, *Fraxinus* – iki 1,1 %. *Tilia* (2,1-9,7 %) vidurinėje šios zonos dalyje pasiekia savo maksimalias reikšmes. Žiedadulkių zonos apatinėje dalyje randamos pavienės *Carpinus* žiedadulkės, kurios vidurinėje zonos dalyje išnyksta ir vėliau pasirodo vėl. *Carpinus* šioje zonoje sudaro iki 1 %. *Juniperus* reikšmės pakankamai stabilios (iki 1,2 %). Žolių ir žemaūgių krūmokšnių žiedadulkės sudaro 2,7-6,8 %. *Calluna vulgaris* (0,5-3,3 %), Poaceae (0,4-1,9 %), *Ranunculus* (0-1,1 %) ir Cyperaceae (0-1,1 %) šioje augalų grupėje dominuoja. *Vaccinium* tipo, *Artemisia*, *Filipendula*, *Saxifraga* bei Umbelliferae žiedadulkių mažiau, nei aukščiau aprašytoje zonoje. Apatinėje zonos dalyje matomas *Plantago maritima* 0,9 % pikas. *Potamogeton* (0,3-1,1 %) procentinė dalis laipsniškai didėja iš apačios į viršų, *Polypodiaceae*

ir *Pteridium* lyginant su aukščiau aprašyta zona yra šiek tiek mažiau (iki 0,6 %). Apatinėje zonos dalyje *Sphagnum* sudaro reikšmingą 6,3-10,1 % piką. *Pediastrum* sudaro iki 0,5 % visoje zonoje. Žiedadulkių koncentracija (50-634 / mm<sup>3</sup>) apatinėje dalyje yra žemesnė, o einant į viršų didėja, kartu mažėjant *Pinus* kiekiams. Ši zona koreliuotina su vėlyvojo atlantio chronozona.

VŽZ Šn-7 (*Picea-Poaceae*; 90-60 cm). Daugėja *Pinus* (24,8-39 %), *Betula* (10,3-20,2 %) ir *Picea* (1,8-12,8 %). Pastarasis taksonas viršutinėje zonos dalyje pasiekia maksimalias reikšmes. *Alnus* (15-21,7 %), *Corylus* (10,2-18,3 %) ir *Quercetum mixtum* (5,1-10,9 %) mažėja. *Quercus* viename šios zonos pavyzdyje sudaro 4,9 % piką. Du *Juniperus* (5,3 % ir 2,8 %) ir vienas *Salix* pikas (1,2 %) matomi žiedadulkių zonos viduryje. Apatinėje zonos dalyje matomi du (11,9 % ir 9,8 %) žolinių augalų ir žemaūgių krūmokšnių žiedadulkių pikai, prie kurių daugiausiai prisideda *Vaccinium* tipo (iki 4,8 %), *Ranunculus* (0,4-3,1 %), *Poaceae* (0,4-2,1 %), *Calluna vulgaris* (0,2-2 %), ir *Cyperaceae* (0-2 %) žiedadulkės. *Plantago maritima* kiekiai - iki 0,5 %. *Potamogeton* pasiekia aukščiausias reikšmes visoje diagramoje (0,6-2 %), *Sphagnum* ženkliai padaugėja (0,3-33 %) ir viršutiniame pavyzdyje pasiekiamas šio taksono maksimumas. *Botryococcus* šioje zonoje siekia 0,8 %. Žiedadulkių koncentracijos sąlyginai didelės (148-569 / mm<sup>3</sup>). Tai subborealiai laikotarpio nuosėdos.

VŽZ Šn-8 (*Pinus-Betula-Alnus*; 60-42,5 cm). *Pinus* (38,2-49,7 %) ir *Betula* (17-27 %) padaugėja, kitų medžių mažėja – *Alnus* (10,3-17,4 %), *Corylus* (7,4-7,9 %), *Picea* (3,9-5,8 %), *Tilia* (0,8-1,9 %), *Ulmus* (0,3-1,3 %), *Quercus* (0,4-1 %), *Juniperus* (0,3-0,6 %). Mažiau ir žolinių augalų ir žemaūgių krūmokšnių. Gausiausi jų taksonai – *Empetrum nigrum* (0,2-1,9 %), *Ranunculus* (0-1,8 %), *Poaceae* (0,3-1,1 %), ir *Calluna vulgaris* (0,3-0,8 %). *Potamogeton* sumažėja nuo 0,6 % zonos apatinėje dalyje iki nulio viršutinėje dalyje. Šioje zonoje apidūdintos tik pavienės sporos, išskyrus *Sphagnum*, kurių

kiekiai, nors ir sumažėję, yra gana reikšmingi (9,4-23,5 %). Ši vietinė žiedadulkių zona atitinka ankstyvojo subatlančio chronozoną.

VŽZ *Picea-Pinus* (42,5-0 cm). Ši zona charakterizuojama tolimesniu *Pinus* (54,1-61 %) daugėjimu ir sąlyginai dideliais *Picea* kiekiais (2,4-6,2 %). *Betula* (13,3-18,6 %), *Alnus* (8,1-10,7 %) ir *Corylus* (4,6-6,4 %) toliau mažėja, kaip ir *Ulmus* bei *Quercus* (atitinkamai iki 0,1 % ir 0 % viršutiniame pavyzdyje). *Tilia* ir *Carpinus* kiekiai yra mažesni, tačiau viršutiniame pavyzdyje išauja iki atitinkamai 1,5 % ir 0,9 %. *Juniperus* sudaro 0,6-1 % visoje zonoje. Žemaūgių krūmokšnių ir žolinių augalų žiedadulkių, lyginant su ankstesne zona, padaugėja (2,8-9 %), ypač viršutinėje zonos dalyje. Poaceae (0,8-2,5 %), *Calluna vulgaris* (0,7-1,5 %) ir *Ranunculus* (0,2-1,5 %) – gausiausiai paplitę žolinių augalų taksonai. Viršutiniame pavyzdyje aptikta ir pavienių kultivuojamų augalų žiedadulkių – *Avena-Triticum* (0,7 %), *Hordeum* (0,3 %) bei *Secale* (0,1 %). Taip pat buvo apibūdinti nedideli kiekiai vandens augalų (*Potamogeton* ir *Myriophyllum*). Polypodiaceae ir *Pteridium* palyginti mažai (atitinkamai iki 0,5 % ir 0,6 %), o *Sphagnum* padaugėja iki 10,8-24,4 %. Žiedadulkių koncentracijos šioje zonoje yra aukščiausios. Jos siekia 1036 / mm<sup>3</sup>. Tai vėlyvojo subatlančio nuosėdos.

### **Perūno ežeras**

Perūno ežero gręžinyje ištirti 38 nuosėdų pavyzdžiai (3.2.4 pav.). Išskirtoms zonoms (VŽZ) suteikti pavadinimai nuo Pr-1 iki Pr-5 (iš apačios į viršų):

VŽZ Pr-1 (375-357,5 cm). Šioje zonoje dominuoja *Pinus* (49,9-84,8%) ir *Betula* (12,9-31,6%) žiedadulkės, ganėtinai reikšmingi ir *Picea* (1,2-18%) kiekiai, ypač viršutiniame zonos pavyzdyje. Žolių ir žemaūgių krūmokšnių žiedadulkių (NAP) ganėtinai gausu (15,1-18,5%). *Artemisia* (6,3-10,9%), Cyperaceae (3,5-5,8%) ir Poaceae (3,3-3,8%) sutinkamos dažniausiai,

*Saxifraga*, *Chenopodiaceae*, *Aster* ir *Rosaceae* kiekiai taip pat santykinai dideli. Iš sporų apibūdintos tik pavienės *Sphagnum* bei *Dryopteris*. Didelis žolinių augalų, ypač *Artemisia*, kiekis būdingas vėlyvojo driaso nuosėdoms (Kabailienė 2006a, 2006b). Zonos viršutinėje dalyje matomas *Picea* pikas galėtų būti siejamas su ankstyvu eglės išplitimu holoceno pradžioje, užfiksuotu kituose Lietuvos bei kaimyninių šalių nuosėdų pjūviuose (Latałowa, van der Knaap 2006; Heikkilä et al. 2009; Stančikaitė et al. 2009b). Šios vietinės žiedadulkių zonos nuosėdos greičiausiai atitinka vėlyvojo driaso bei preborealio chronozonas. Zonos viršutinėje dalyje, 360-355 cm gylyje, slūgsančios nuosėdos buvo datuotos 8 140 – 7 810 m. pr. Kr.

VŽZ Pr-2 (357,5-337,5 cm). *Betula* žiedadulkių ryškiai gausiausia (53,4-68,8%), tačiau *Pinus* procentiniai kiekiai taip pat reikšmingi (29,9-42,2%). Zonos viršutinėje dalyje *Ulmus* padaugėja iki 2,7%, *Corylus* – iki 1,1%, kitų medžių aptiktos tik pavienės žiedadulkės. *Poaceae* (1,6-1,9%), *Cyperaceae* (1-1,5%) ir *Artemisia* (0,3-0,7%) – gausiausiai identifikuotos žolės, tačiau bendras žolių kiekis palyginti nedidelis (3-4,8%). *Betula* žiedadulkių pagausėjimas, remiantis ankstesniais žiedadulkių tyrimais Rytų Lietuvoje (Kabailienė 1990; 1993; 2006a), atitinka preborealio laikotarpį.

VŽZ Pr-3 (337,5-307,5 cm). Ši zona charakterizuojama didesniais *Pinus* (40-51%) bei mažesniais *Betula* (27-36,1%) kiekiais. Apibūdinta daugiau *Corylus* (7,7-20%), *Alnus* (iki 10,7%), *Ulmus* (3,3-4,3%), *Tilia* (iki 2,5%) ir *Quercus* (iki 0,4%). Žolių mažiau nei aukščiau aprašytoje zonoje (2,6-3,8%). *Ranunculus* spektro dalis zonos viršuje išauga iki 0,6%. Ši vietinė žiedadulkių zona galėtų būti tapatinama su borealio chronozona.





*Sphagnum* sporų smarkiai padaugėja 242,5 cm gylyje (iki 24,8%). Gausiai iki šiol aptiktų briofitų sporų (iki 30,6%) tame pačiame gylyje sumažėja iki 0-0,3%. Plačialapių maksimalaus išplitimo laikotarpis atitinka atlančio (7 000 – 4 000 m. pr. Kr.) chronozoną (Kabailienė 2006a). Apatinėje šios zonos dalyje grėžinio vietoje pradeda kauptis durpės, t.y. ši vieta užpelkėja. Radioaktyviosios anglies datavimu nustatyta, kad uždurpėjimas grėžinio vietoje įvyko iki 3 900 m. pr. Kr.

VŽZ Pr-5 (107,5-0 cm). Šioje zonoje dominuoja *Pinus*, kurios apatinėje zonos dalyje sudaro 53,7%, o viršutinėje dalyje jų padaugėja net iki 89,2%. Tuo tarpu, visų kitų medžių žiedadulkių sumažėja. Žolių žiedadulkės 52,5 cm gylyje pasiekia maksimumą (19,9%). Labiausiai žolių žiedadulkių kiekio padidėjimą įtakoja *Cyperaceae* (0,7-15,5%), *Poaceae* (0,5-3,3%), *Artemisia* (iki 1,2%), *Ranunculus* (iki 1,2%), *Rumex* (iki 1,1%), ir *Chenopodiaceae* (iki 0,5%). Beveik visuose šios zonos nuosėdų pavyzdžiuose buvo apibūdintos *Avena-Triticum* grupės bei *Secale cereale* žiedadulkės. Pastarųjų didžiausi kiekiai (1,4%) aptikti 67,5-47,5 cm intervale. *Hordeum* grupės žiedadulkių kiekiai mažesni, tačiau jų aptikta beveik visuose pavyzdžiuose nuo 92,5 cm gylio. *Sphagnum* procentiniai kiekiai kinta nuo 0,3 iki 54,2. Ši vietinė žiedadulkių zona atitinka subborealio-subatlančio chronozonas. Pirmosios augalų kultivavimo indikacijos buvo datuotos 1350–500 m. pr. Kr. (ryškesni pėdsakai – maždaug nuo I–II tūkstantmečių pr. Kr. sandūros).

### **Amalvo ežeras**

Amalvo ežero grėžinyje ištirta 119 nuosėdų pavyzdžių (3.2.5 pav.). Ištirtame Amalvo ežero nuosėdų žiedadulkių pjūvyje buvo išskirtos 8 vietinės žiedadulkių zonos (VŽZ). Šioms zonoms suteikti pavadinimai nuo Am-1 iki Am-8 (iš apačios į viršų):

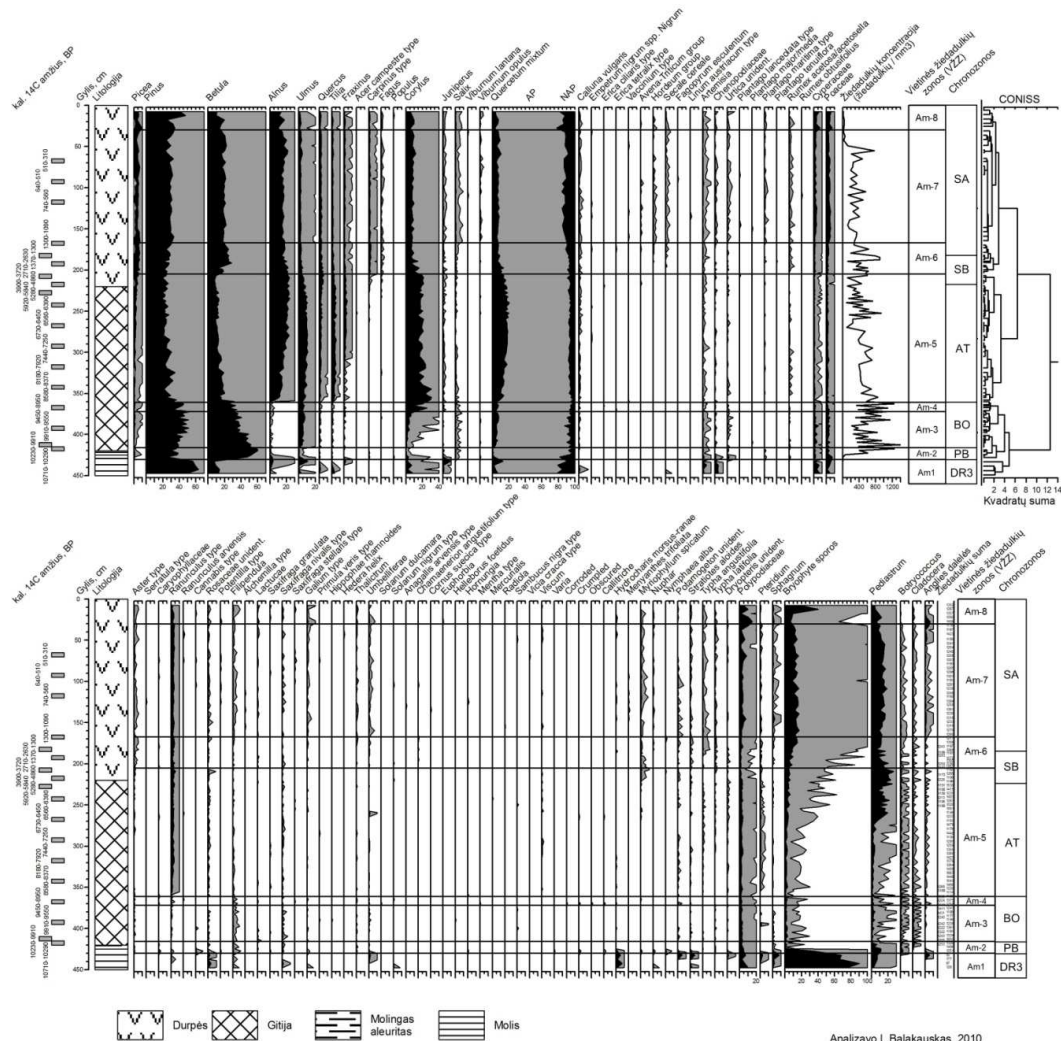
VŽZ Am-1 (450-430 cm). Ši vietinė žiedadulkių zona, atitinkanti ankstyvojo driaso chronozoną, charakterizuojama dominuojančiomis *Pinus* žiedadulkėmis (49,2-63,2 %) ir aukštomis žolių žiedadulkių procentinėmis reikšmėmis (Cyperaceae – iki 7 %, Poaceae – iki 5,5 %, *Artemisia* – iki 4,5 %, Chenopodiaceae – iki 4 %). *Betula* (7,3-13,8 %) ir *Corylus* (1,8-8,6 %) kiekiai santykinai maži. Kitų medžių kiekiai nėra reikšmingi, tačiau *Ulmus*, *Juniperus* ir *Fraxinus* viršutiniame zonos pavyzdyje padaugėja iki atitinkamai 10,9, 9,1 ir 1,8 procentų. Lygiai taip pat viršutiniame pavyzdyje pagausėja ir anglies dalelių (iki 5,2 %). Polypodiaceae (2,7-10,3 %), *Sphagnum* (iki 8,2 %) bei kitos sporos identifikuotos pakankamai gausiai. Itin dideli briofitų sporų kiekiai (66,2-90,2 %) matomi visuose zonos pavyzdžiuose. Žiedadulkių koncentracijos sudaro mažiau nei 100 žiedadulkių kubiniame centimetre, todėl šiuose pavyzdžiuose apibūdintos mažesnės žiedadulkių sumos.

VŽZ Am-2 (430-416 cm). *Betula* padaugėja iki 47,6-60,3 procentų, šios žiedadulkės ima vyrauti, tuo tarpu kai daugumos kitų taksonų kiekiai sumažėja. Tokia žiedadulkių spektro sudėtis būdinga preborealiai chronozonai (Kabailienė, 2006). *Pinus* žiedadulkės sudaro 24,9-38,6 procentus, atsiranda pavienės *Picea* žiedadulkės (iki 0,9 %). Poaceae (1,5-7,3 %), Cyperaceae (0,7-2 %) ir *Artemisia* (0,2-1,9 %) labiausiai paplitusios iš žolių. Žiedadulkių koncentracijos kubiniame centimetre staigiai pakyla iki kelių milijonų.

VŽZ Am-3 (416-373,5 cm). *Betula* kiekiai mažėja (30-52 %), *Pinus* žiedadulkių daugėja (33,1-51,6 %). *Ulmus* reišmės padidėja iki 2,1-7,5, *Corylus* – iki 0,7-6,3, *Salix* – iki 0,2-0,8 procentų. Žolių kiekiai šiek tiek mažesni, negu aukščiau aprašytoje zonoje. Cyperaceae sudaro 0,6-5,3, Poaceae – 1,1-4,5, *Artemisia* – 0,2-1,3 procentus. Ši vietinė žiedadulkių zona prilyginta ankstyvojo borealiai chronozonai.

VŽZ Am-4 (373,5-361 cm). Ši zona atitinka vėlyvojo borealiai chronozoną. *Pinus* sudaro 36,8-52,4, *Betula* – 24,7-34,8 procentus. *Corylus*

padaugėja iki 8-25,5 procentų. Kitų taksonų kiekiai žiedadulkių spektruose kinta mažai.



**3.2.5 pav.** Amalvo ežero nusėdų procentinė žiedadulkių diagrama.

VŽZ Am-5 (361-205 cm). *Pinus* (19,6-36,6 %) ir *Betula* (8,5-31,5 %) sumažėja, tuo tarpu padaugėja *Alnus* (iki 24,2 %), *Corylus* (14,4-31 %), *Ulmus* (4,1-11,1 %), *Tilia* (iki 5,5 %) ir *Fraxinus* (iki 3,4 %). *Picea* apatinėje zonos dalyje sudaro 0,4-0,6 procentus, bet jos kiekiai laipsniškai didėja ir zonos viršuje jau sudaro 5,1 %. Žolių sudaroma spektrų dalis panaši į ankstesnės zonos (Poaceae – 0,3-3,3 %, Cyperaceae – 0,1-1,5 %), *Ranunculus* žiedadulkės

gausiausios iš žolių (iki 5,2 %). 216,5 cm gylyje apibūdinta viena *Avena-Triticum* grupės žiedadulkė. *Pediastrum* staigiai padaugėja 275-265 cm gylyje nuo 0,3-5,3 % iki 8,8-25,2 %. Didžioji šios vietinės žiedadulkių zonos dalis atitinka atlančio chronozoną. Vietinės zonos pabaiga galėtų būti koreliuojama su subborealio chronozonos pradžia.

VŽZ Am-6 (205-167 cm). *Pinus* (20,2-29,7 %) ir *Betula* (12,2-28,3 %) vėl vyrauja, *Picea* padaugėja iki 3,8-7 procentų. *Alnus* (14,2-22,1 %), *Corylus* (6,1-14,7 %), *Ulmus* (2-5,1 %), *Tilia* (1-2,8 %) ir *Fraxinus* (0,4-1,8 %) mažėja. *Carpinus* (0,8-2,4 %) ir *Fagus* (iki 0,4 %) sudaro santykinai reikšmingus kiekius. Link zonos viršutinės dalies palaipsniui mažėja žolių (*Ranunculus* – 1,6-4,2 %, Poaceae – 1,2-2,9 %, Cyperaceae – 0,8-2,1 %). Zonos viduryje (195-190 cm depth) pasirodo pavienės kultivuojamų augalų žiedadulkės, kurių daugėja zonos viršutinėje dalyje. Ši vietinė žiedadulkių zona atitinka subborealio pabaigą – ankstyvojo subatlančio pradžia.

VŽZ Am-7 (167-30 cm). Ši zona apima ankstyvojo subatlančio pabaigą ir didžiąją vėlyvojo subatlančio dalį. *Pinus* ryškiai dominuoja tarp medžių (23,1-33,2 %), *Betula* procentiniai kiekiai mažesni, nei ankstesnėje zonoje (16,1-22,3 %). Plačialapių medžių (*Ulmus* – 1,6-4,1 %, *Quercus* – 1,3-3,2 %, *Tilia* – 0,8-1,9 %, *Fraxinus* – 0,3-1,6 %), o taip pat *Alnus* (14-21,7 %) bei *Corylus* (6-11,9%) procentinės spektro dalys išlieka panašios. *Salix* (0,2-0,9 %) ir *Juniperus* (0,1-0,4 %) žiedadulkės išplitusios šiek tiek daugiau, nei ankstesnėje zonoje. Žolių kiekiai akivaizdžiai didesni (8,1-15,4 %). Be dominuojančių Poaceae, *Ranunculus* ir Cyperaceae, išryškėja ir kultivuojamų augalų kreivės (ypač *Secale cereale* ir *Hordeum* grupės žiedadulkių). Pastarųjų zonos viršuje (65-30 cm gylyje) šiek tiek sumažėja. Polypodiaceae (iki 1,3-10,3 %), *Sphagnum* (iki 2,5 %), briofitų sporų (8,7-17 %) ir anglies dalelių (0,1-4,6 %) kiekiai santykinai dideli.

VŽZ Am-8 (30-0 cm). Ši zona atitinka pačią vėlyvojo subatlančio pabaigą (remiantis radioaktyviosios anglies datavimo rezultatais – ne daugiau, nei kelis pastaruosius šimtmečius). Dar labiau išryškėja *Pinus* dominavimas (24,5-47,5 %), *Picea* pasiekia savo paplitimo maksimumą (4,3-9,7 %), *Betula* sumažėja iki 9,9-16,3 procentų. Kitų medžių kiekiai panašūs į anksčiau aprašytos zonos. Žolių smarkiai padaugėja – iki 11,8-22 %. Šį padaugėjimą labiausiai įtakoja Poaceae (3,6-7,3 %) bei Cyperaceae (3,1-7,5 %). Kultivuojamų augalų reikšmė spektruose sumažėja, ypatingai dvejuose viršutiniuose pavyzdžiuose. *Secale cereale* lieka vyraujančia tarp kultivuojamų augalų taksonų. Polypodiaceae sporos paplitusios maksimaliai (4,2-15,3 %), briofitų sporų smarkiai padaugėja dviejuose viršutiniuose pavyzdžiuose – net iki 17,5-40,5 procentų. Anglies dalelės maksimaliai išplitusios šios zonos apatinėje dalyje, kur jos sudaro 1,6-5,9 % procentus, bet zonos viršuje jų sumažėja iki 0,4-0,8 procentų. Visiems tirtiems šios zonos pavyzdžiams būdingos žemos žiedadulkių koncentracijos, sudarančios mažiau nei 20 000 žiedadulkių kubiniame centimetre.

### **3.3. Radioaktyviosios anglies datavimas ir chronologija**

Šiame skyriuje aptariami ištirtų gręžinių nuosėdų radioaktyviosios anglies datavimo rezultatai ir šių pjūvių chronologija. Nusakant chronologiją ir interpretuojant duomenis naudojamas kalibruotas nuosėdų amžius (cal BP).

#### **Dubičių (Ūlos) atodanga**

Ūlos atodangoje datuoti buvo aštuoni nuosėdų pavyzdžiai (3.3.1 lentelė). Datavimo rezultatai parodė, kad atodangos nuosėdos formavosi 6 930 – 13 750 cal BP laiko intervale.

Seniausia Ūlos atodangoje data atitinka 13 750 – 13 100 cal BP amžių, t.y. Aleriodo interstadialą. Aukščiau (163-165 cm gylyje) slūgsančios nuosėdos buvo datuotos 12 000 – 11 400 cal BP, t.y. ankstyvuoju driasu. Šie

chronologiniai duomenys koreliuoja ir su žiedadulkių tyrimais bei litologiniais duomenimis, kurie rodo retą augalinę dangą bei smėlingą aplinką ir intensyvius eolinius procesus, vykusius tuo metu atodangos apylinkėse (Blažauskas et al., 1998; Stančikaitė et al., 2002).

**3.3.1 lentelė.** *Dubičių atodangos nuosėdų radioaktyviosios anglies datos.*

Gylis, cm	Laboratorijos kodas	Nuosėdos	Nekalibruotas amžius, BP	Kalibruotas amžius, BP
8-10	Vs-1921	Smėlingos durpės	6150±90	7170-6930
10-12	Vs-1926	Smėlingos durpės	7940±90	8980-8640
12-14	Vs-1924	Smėlingos durpės	8260±90	9410-9120
14-16	Vs-1930	Smėlingos durpės	7810±140	8860-8420
16-18	Vs-1925	Smėlingos durpės	8390±100	9520-9290
18-19	Vs-1929	Mediena	8790±100	10120-11400
163-165	Vs-1927	Tamsiai pilkas smėlis su organika	10100±130	12000-11400
165-167	Vs-1928	Tamsiai pilkas smėlis su organika	11530±160	13750-13100

Po 11 400 cal BP atodangoje kaupėsi ežerinė klintis, kuri dabar slūgso 161-20 cm gylyje. Šis sluoksnis formavosi maždaug iki 9 520 – 9 290 cal BP (16-18 cm gylis), kai pradėjo kauptis smėlingos durpės.

Viršutinė pjūvio dalis formavosi 9 520 – 6 930 cal BP, t.y. holocene. Datavimo neatitikimas 14-16cm gylyje (Vs-1930) galėjo būti sąlygotas žmogaus veiklos atodangos vietoje arba data galėjo būti pajauninta dėl šiuolaikinės medžigos (augalų šaknų) prasiskverbimo į nuosėdas. Dėl šių priežasčių datos interpretavimo galimybės yra ribotos.

### **Kaciušių ežeras**

Kaciušių grėžinio nuosėdose datuoti penki nuosėdų pavyzdžiai apatinėje grėžinio dalyje (3.3.2 lentelė). Radioaktyviosios anglies datavimas rodo, kad nuosėdos grėžinio vietoje pradėjo formuotis iki 10 480 – 10 270 cal

BP, t.y. holoceno pradžioje. 9 910 – 9 690 cal BP gręžinio vieta uždurpėjo ir iki 8 420 – 8 350 cal BP susikaupė 40 cm storio durpių sluoksnis.

**3.3.2 lentelė.** *Kaciušių ežero nuosėdų radioaktyviosios anglies datos.*

Gylis, cm	Laboratorijos kodas	Nuosėdos	Nekalibruotas amžius, BP	Kalibruotas amžius, BP
210-220	Vs-1789	Tamsiai rudos durpės	7580±50	8420-8350
220-230	Vs-1790	Tamsiai rudos durpės	7830±50	8700-8540
230-240	Vs-1791	Tamsiai rudos durpės	7930±50	8980-8640
240-250	Vs-1792	Tamsiai rudos durpės	8790±50	9910-9690
250-260	Vs-1792	Smėlingas aleuritas	9210±50	10480-10270

#### **Perūno ežeras**

Perūno ežere buvo datuoti keturi nuosėdų pavyzdžiai (3.3.3 lentelė). Radioaktyviosios anglies datavimo rezultatai rodo, kad organogeninės nuosėdos (gitija) Perūno ežero gręžinio vietoje pradėjo kauptis holoceno pradžioje (10 190 – 9 860 cal BP). 5 900 – 5 650 cal BP laikotarpiu (subborealio pradžioje) gręžinio vieta jau buvo užpelkėjusi ir joje kaupėsi durpės. Sedimentacija turėjo būti gana greita – 50 cm aukščiau slūgsančios nuosėdos datuotos 5 480 – 5 280 cal BP, t.y. vos keliais šimtmečiais jaunesnės. 110-105 cm gylyje slūgsančių nuosėdų amžius – 3 350 – 2 500 cal BP.

#### **Amalvo ežeras**

Datuota buvo net 20 Amalvo ežero nuosėdų pavyzdžių (3.3.4 lentelė). Nuosėdų pavyzdžiuose, esančiuose 50-0 cm gylyje aptiktas itin didelis šiuolaikinių augalų šaknų kiekis. Šio intervalo nuosėdos nebuvo datuojamos,

**3.3.3 lentelė.** Perūno ežero nuosėdų radioaktyviosios anglies datos.

Gylis, cm	Laboratorijos kodas	Nuosėdos	Nekalibruotas amžius, BP	Kalibruotas amžius, BP
110–105	Vs-2002	Durpės	2790±300	3350–2500
210–205	Vs-1998	Durpės	4640±90	5480–5280
260–255	Vs-1995	Durpės	5010±110	5900–5650
360–355	Vs-1997	Gitija	8890±100	10190–9860

**3.3.4 lentelė.** Amalvo ežero nuosėdų radioaktyviosios anglies datos.

Gylis, cm	Laboratorijos kodas	Nuosėdos	Nekalibruotas amžius, BP	Kalibruotas amžius, BP
70-65	Vs-1941	Durpės	390±90	510-310
95-90	Vs-1934	Durpės	530±60	640-510
120-115	Vs-1942	Durpės	730±80	740-560
140-135	Vs-1996	Durpės	Šiuolaikinis	AD 1955 - 1956
145-140	Vs-1975	Durpės	400±60	520-420
170-165	Vs-1933	Durpės	1280±80	1300-1090
185-180	Vs-1994	Durpės	1440±45	1370-1300
195-190	Vs-1979	Durpės	2470±70	2620-2450
210-205	Vs-1993	Durpės	3540±60	3900-3720
220-215	Vs-1935	Durpės	4410±100	5280-4860
230-225	Vs-1992	Gitija	5100±70	5830-5740
245-240	Vs-1973	Gitija	5665±90	6560-6390
270-265	Vs-1940	Gitija	5790±120	6730-6450
295-290	Vs-1977	Gitija	6440±105	7440-7250
320-315	Vs-1938	Gitija	7200±140	8180-7920
345-340	Vs-1974	Gitija	7665±110	8560-8370
370-365	Vs-1937	Gitija	8170±150	9450-8950
395-390	Vs-1980	Gitija	8740±120	9910-9550
415-410	Vs-1976	Gitija	8940±110	10230-9910
420-415	Vs-1932	Gitija	9330±140	10710-10290

siekiant išvengti pavyzdžių užteršimo šiuolaikine medžiaga. Vistik, šiuolaikinės medžiagos infiltracija į senesnius sluoksnius galėjo vykti viso durpių kaupimosi metu (220-0 cm gylis), todėl negalima atmesti pavyzdžių užteršimo jaunesne medžiaga visame durpių slūgsojimo intervale ir tuo sąlygoto datavimo

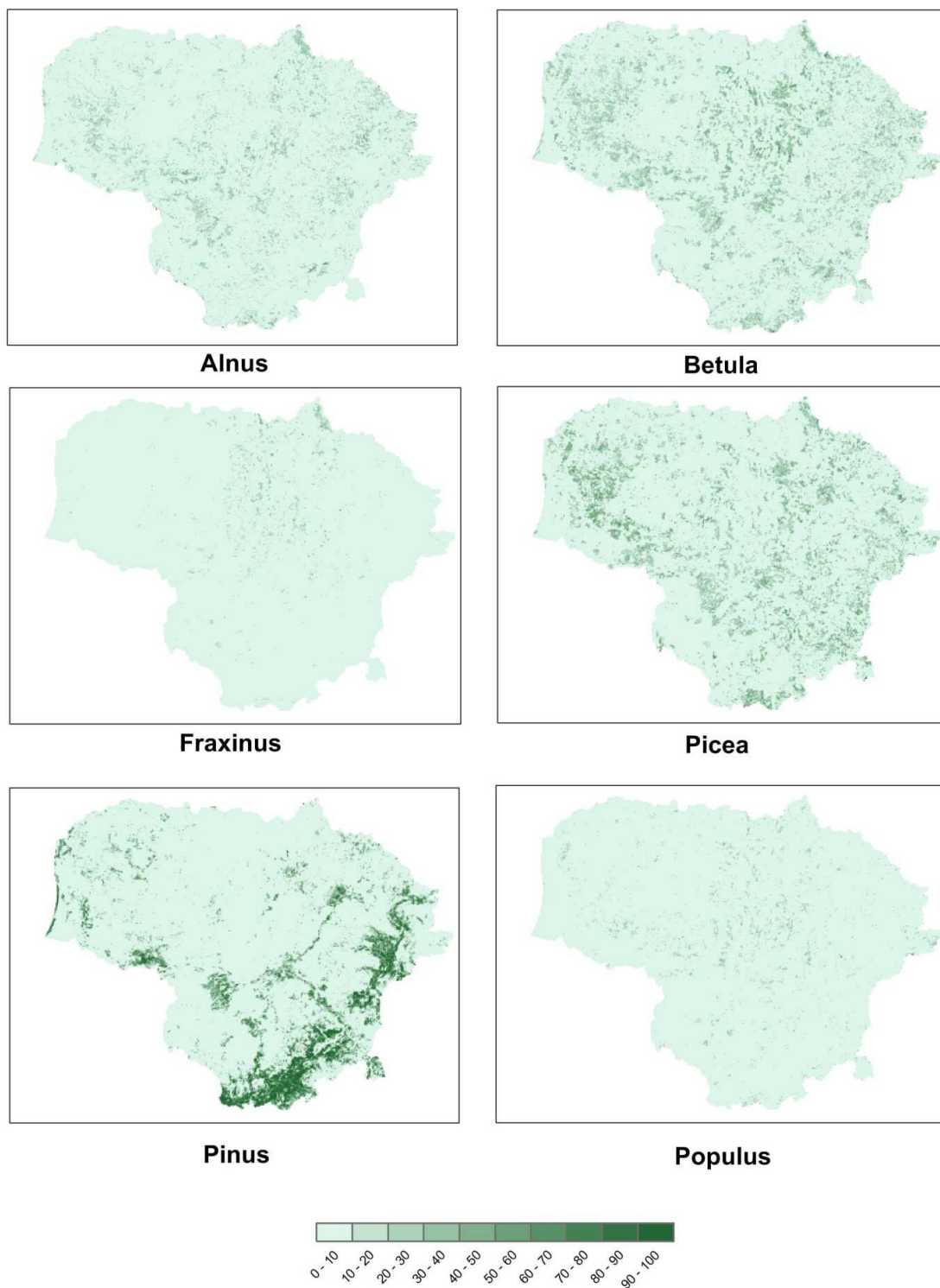


rezultatų pajauninimo. Dvi radioaktyviosios anglies datos (Vs-1975 and Vs-1996) yra akivaizdžiai klaidingos ir visiškai nesutampa su kitų datų chronologija, greičiausiai dėl minėtos šiuolaikinės medžiagos infiltracijos. Interpretuojant žiedadulkių duomenis į šias dvi datas atsižvelgiama nebuvo.

### 3.4. Dabartinės augalijos žemėlapiai

Kiekvienam iš MKIIS duomenų bazėje saugomų miško medžių taksonų buvo sudaryti dabartinės augalijos paplitimo žemėlapiai (3.4.1 pav.). MKIIS duomenų bazėje medynų rūšinė sudėtis apibūdinama apvalinant iki 10 %, todėl atitinkamo tikslumo yra ir sudaryti augalijos skaitmeniniai žemėlapiai. Kadangi didžiausia skaitmeninių žemėlapių raiška – 10 m, mažesnių miškų su mažesniu taksono paplitimu plotai žemėlapiuose sunkiai įžiūrimi. Tačiau sudaryti žemėlapiai naudojami ne tiek dabartinės augalijos paplitimo vizualizavimui, kiek tolimesnei GIS analizei, kuria siekiama atlikti paviršinių žiedadulkių spektrų prognozes.

Sudarytuose augalijos žemėlapiuose matyti, kad Lietuvos miškuose vyrauja pušynai (*Pinus*), ypač pietryčių Lietuvoje, Kazlų Rūdos ir Tauragės raj. savivaldybių teritorijoje. Eglynų (*Picea*) pasiskirstymas Lietuvoje gerokai tolygesnis – reikšmingi eglės kiekiai randami beveik visoje Lietuvoje. Daugiausia eglynų būdinga Žemaitijos ir šiaurės Lietuvos miškams. Vienas reikšmingiausių taksonų Lietuvos miškuose – beržas (*Betula*). Daugiausia beržynų yra vidurio Lietuvoje bei Žemaitijoje, tačiau sutinkami beveik visoje Lietuvoje. Alksnynų (*Alnus*) daugiausia pietvakarių ir šiaurės rytų Lietuvoje. Pietryčių Lietuvoje, šiaurės Žemaitijoje jų pastebimai mažiau. Kitų tipų miškų Lietuvoje nėra daug – ąžuolynai (*Quercus*), uosynai (*Fraxinus*), drebulynai (*Populus*) sutinkami labai ribotose teritorijose, o dažniausiai šie taksonai sudaro neįžymią dalį medynų rūšinės sudėties. Liepynų (*Tilia*) ir skroblynų (*Carpinus*) randama dar mažiau. Labiausiai šie taksonai būdingi Suvalkijos miškams. Guoba (*Ulmus*), gluosnis (*Salix*) ir bukas (*Fagus*) didžiojoje



**3.4.1 pav.** *Alnus, Betula, Fraxinus, Picea Pinus ir Populus* paplitimas šiuolaikiniuose Lietuvos miškuose (kitų taksonų paplitimas yra ženkliai mažesnis, todėl jų žemėlapiai neatvaizduojami).

daugumoje Lietuvos miškų paplitę itin fragmentiškai ir žemėlapiuose praktiškai nematomi.

Sudaryti taksonų paplitimo žemėlapiai buvo naudojami kaip tiriamųjų taškų, kuriuose buvo prognozuojami paviršiniai žiedadulkių spektrai, apylinkių augalijos duomenų šaltinis.

### **3.5. Šiuolaikinių žiedadulkių spektrų prognozės ir žiedadulkių analizės rezultatai bei jų palyginimas**

Remiantis sudarytais augalijos grafinais žemėlapiams, paviršinių žiedadulkių pavyzdžių rinkimo vietose skirtingais modeliais buvo prognozuojami medžių žiedadulkių spektrai. Prognozuojami buvo penkių labiausiai paplitusių Lietuvos taksonų (*Pinus*, *Betula*, *Alnus*, *Picea* ir *Quercus*) procentiniai kiekiai. Šių taksonų prognozių rezultatai pateikiami procentinėmis išraiškomis nuo jų bendros sumos, t.y. šių taksonų procentinių kiekių suma visuomet lygi 100.

Bendram konkretaus modelio prognozės suliginimui su žiedadulkių analizės rezultatais tiriamajame taške buvo naudojama vidutinė paklaida vienam taksonui, t.y. visų taksonų paklaidų suma padalinta iš 5 (prognozuojamų taksonų skaičiaus). Atsitiktinės prognozės (atsitiktinai parinkto žiedadulkių spektro) vidutinė paklaida lyginant su žiedadulkių analizės rezultatais yra 20 %.

Žemiau aprašomi kiekvieno ežero žiedadulkių analizės ir žiedadulkių spektrų prognozių rezultatai. Skyriaus pabaigoje pateikiamas rezultatų apibendrinimas.

### Baltelio ežeras

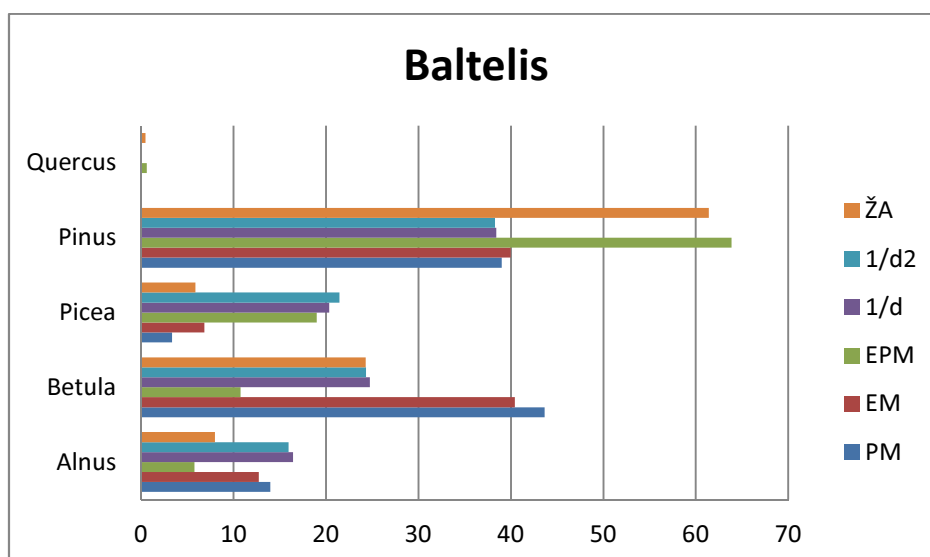
Šio ežero ištirtame paviršiniame žiedadulkių pavyzdyje (ŽA; 3.5.1 pav.) dominuoja *Pinus* (61,4 %) ir *Betula* (24,3 %), gana reikšmingus kiekius sudaro *Alnus* (8 %) ir *Picea* (5,9 %) žiedadulkės. *Quercus* aptikta iki 0,5 %. Panašiausi *Pinus* kiekiai (63,9 %) prognozuoti efektyvaus produktyvumo modeliu (*EPM*), tuo tarpu kitais modeliais nustatyti 38,2-40 % *Pinus* kiekiai. Tikruosius *Betula* kiekius geriausiai atitiko  $1/d$  ir  $1/d^2$  prognozės (24,3-24,8 %), tuo tarpu *EPM* modeliu nustatyti mažesni (10,8 %) o ežerinio (*EM*) ir pelkinio (*PM*) modelių – didesni (40,4-43,6 %). *Alnus* kiekiai geriausiai prognozuoti *EPM* (5,8 %), o visais kitais modeliais – padidinti (12,7-15,4 %). Panašiausi *Picea* kiekiai nustatyti *EM* ir *PM* modeliais (3,4-6,9 %), o visais kitais – padidinti (19-21,5 %). Visais modeliais nustatyti *Quercus* procentiniai kiekiai labai nedideli, todėl panašūs į nustatytus žiedadulkių analizės metodu. Vistik, tiksliausiai jie buvo prognozuoti *EPM* (0,6 %). Kitais modeliais apskaičiuoti *Quercus* kiekiai nesiekia 0,1 %.

Tiksliausios prognozės Baltelio ežere buvo *EPM* (6,3 % vidutinė paklaida vienam taksonui). Prognozuojant kitais modeliais paklaidos siekė 8,7-10,1 %.

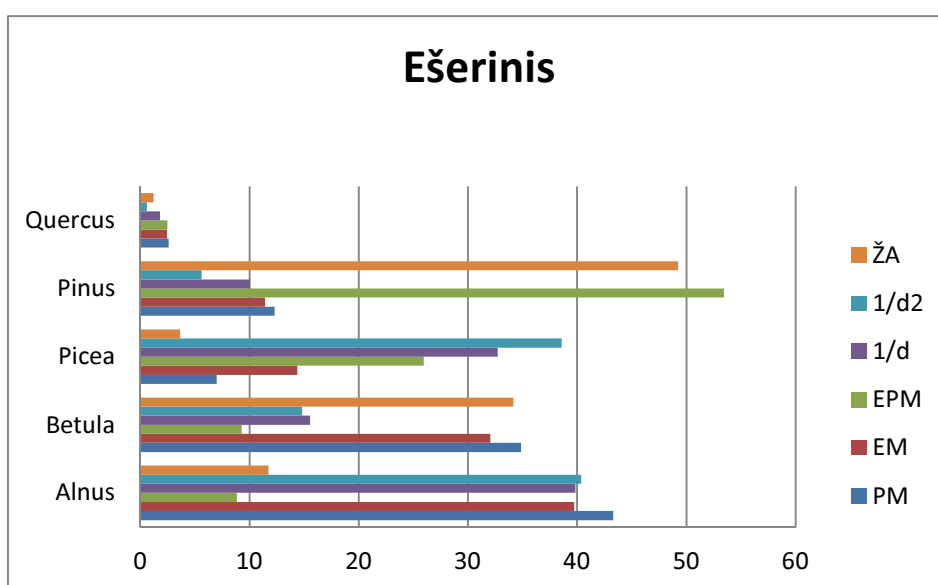
### Ežerinio ežeras

Ežerinio ežero paviršinėse nuosėdose (3.5.2 pav.) daugiausiai aptikta *Pinus* (49,2 %) ir *Betula* (34,1 %) žiedadulkių. Gana reikšmingi ir *Alnus* kiekiai (11,7 %). *Picea* (3,7 %) ir *Quercus* (1,2 %) žiedadulkių mažiau. *EPM* modeliu pavyko palyginti tiksliai nustatyti *Pinus* (53,44 %) ir *Alnus* (8,8 %) kiekius, tuo tarpu kitais modeliais nustatyti *Pinus* kiekiai gerokai sumažinti (5,6-12,3 %), o *Alnus* – padidinti (39,7-43,3 %). *Betula* kiekiai tiksliausiai prognozuoti *EM* ir *PM* modeliais (32-34,8 %). Kitais modeliais nustatyti *Betula* kiekiai (9,3-15,5 %) gerokai mažesni už nustatytus žiedadulkių analizės

metodu. *Picea* tiksliausiai nustatyta *PM* (7 %), tačiau iš šis kiekis yra per didelis. Kitais modeliais prognozuotos dar didesnės reikšmės: *EM* – 14,3 %, *EPM* – 26 %,  $1/d$  – 32,7 %, o  $1/d^2$  – net 38,6 %. *Quercus* kiekiai visais modeliais prognozuoti sąlyginai panašiai – 0,6-2,6 %. Tiksliausi *Quercus* modeliavimo rezultatai pasiekti naudojant  $1/d$  ir  $1/d^2$  modelius.



**3.5.1 pav.** Baltelio ežero paviršinių žiedadulkių spektro prognozavimo rezultatai ir jų palyginimas su žiedadulkių analizės rezultatais.



**3.5.2 pav.** Ešerinio ežero paviršinių žiedadulkių spektro prognozavimo rezultatai ir jų palyginimas su žiedadulkių analizės rezultatais.

Visi modeliai, naudoti Ešerinio ežero žiedadulkių sprektų prognozėms buvo ganėtinai netikslūs, lyginant su kitais tiriamaisiais taškais. Geriausi rezultatai – *EPM* modelio, kurio vidutinė paklaida vienam taksonui siekė 11,1 %.  $1/d$  ir  $1/d^2$  paklaidos – 23,1-25,4 % vienam taksonui, t.y. net didesnės nei atsitiktinė prognozė.

### **Dumblelio ežeras**

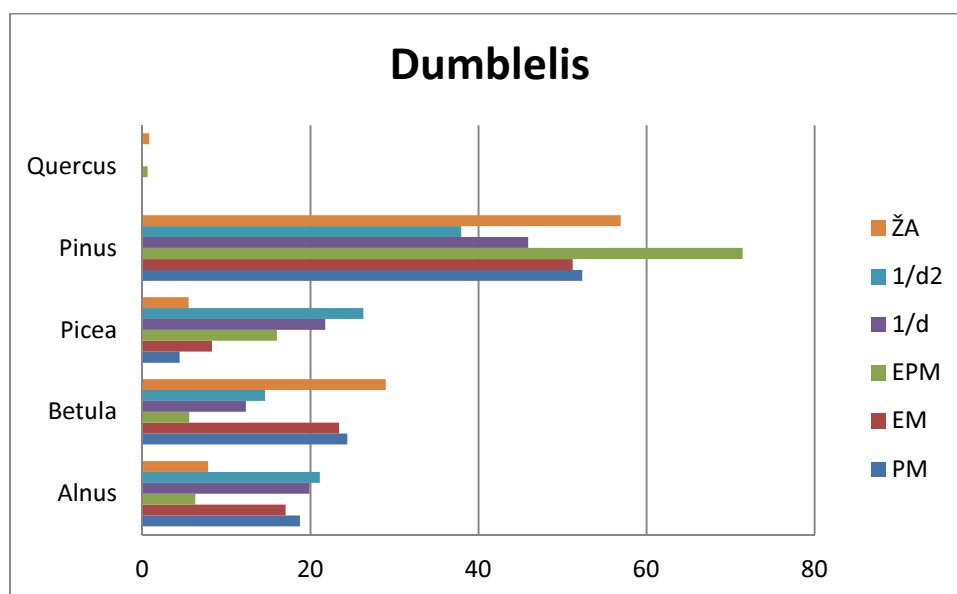
Šio ežero paviršiniame nuosėdų sluoksnyje (3.5.3 pav.) apibūdinta 56,9 % *Pinus*, 29 % *Betula*, 7,8 % *Alnus*, 5,5 % *Picea* ir 0,8 % *Quercus* žiedadulkių. Tiksliausia *Pinus* kiekio prognozė buvo atlikta *EM* ir *PM* modeliais (51,2-52,3 %). *EPM* modeliu prognozuoti didesni (71,4 %), o  $1/d$  ir  $1/d^2$  modeliais – mažesni (38-45,9 %) *Pinus* kiekiai. *EM* ir *PM* modelių *Betula* prognozavimo rezultatai taip pat geriausi – 23,4-24,4 %, tuo tarpu kitais modeliais *Betula* nustatyta žymiai mažiau (5,6-14,6 %). *Alnus* kiekius geriausiai atitiko *EPM* (6,32 %). Kitais modeliais nustatyti žymiai didesni *Alnus* kiekiai (17-21,1 %). *Picea* visais modeliais buvo prognozuojama daugiau, nei nustatyta žiedadulkių analizės pagalba, tačiau tiksliausi rezultatai *PM* (4,4 %) ir *EM* (8,3 %) modeliais. *Quercus* kiekiai visose prognozėse neviršija 0,1 %.

Labiausiai žiedadulkių analizę atitinkančius rezultatus davė *PM* (4,4 % vidutinė paklaida vienam taksonui) ir *EM* (4,8 % paklaida). Kitų modelių paklaidos siekia 10-13,7 %.

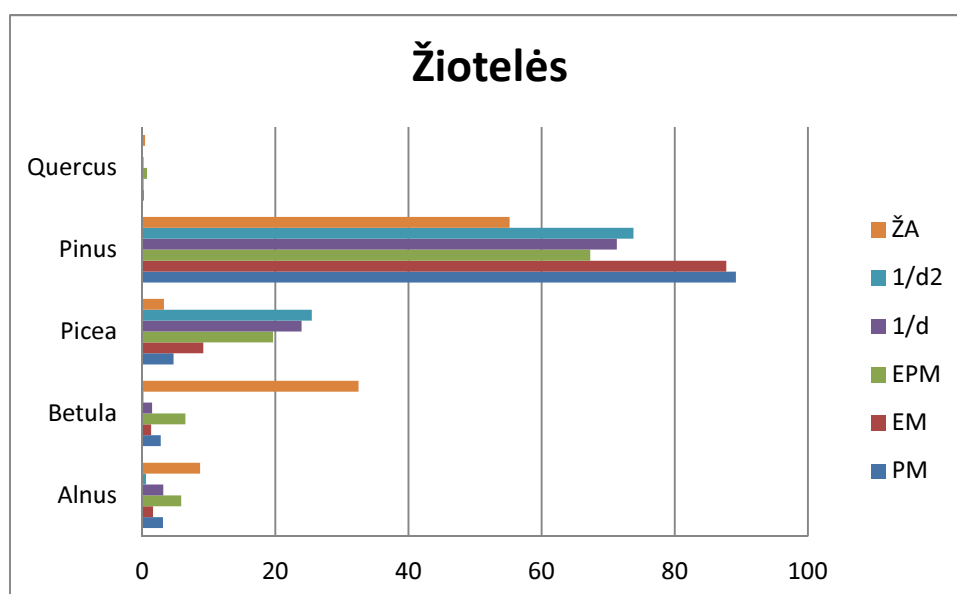
### **Žiotelių ežeras**

Žiotelių ežere (3.5.4 pav.) daugiausia apibūdinta *Pinus* (55,2 %) ir *Betula* (32,5 %) žiedadulkių. *Alnus* sprektre sudaro 8,7 %, *Picea* – 3,3 %, *Quercus* – 0,4 %. Visais modeliais prognozuoti *Pinus* kiekiai buvo per dideli. Tiksliausius rezultatus davė *EPM* modelis – 67,3 %. Taip pat visais modeliais padidinti ir *Picea* kiekiai (4,7-25,5 %). Arčiausiai empiriškai nustatyto *Picea* kiekio buvo *PM* prognozė (4,7 %). Tuo tarpu *Betula* (0,2-6,5 %) ir *Alnus* (0,6-

5,8 %) procentinės reikšmės visais modeliais smarkiai sumažintos. Tiksliausios prognozės čia taip pat buvo EPM – atitinkamai 6,5 ir 5,8 %. *Quercus* reikšmės EPM modeliu yra šiek tiek padidintos (0,7 %), kitais modeliais – sumažintos (iki 0,2 %).



**3.5.3 pav.** Dumblelio ežero paviršinių žiedadulkių spektro prognozavimo rezultatai ir jų palyginimas su žiedadulkių analizės rezultatais.

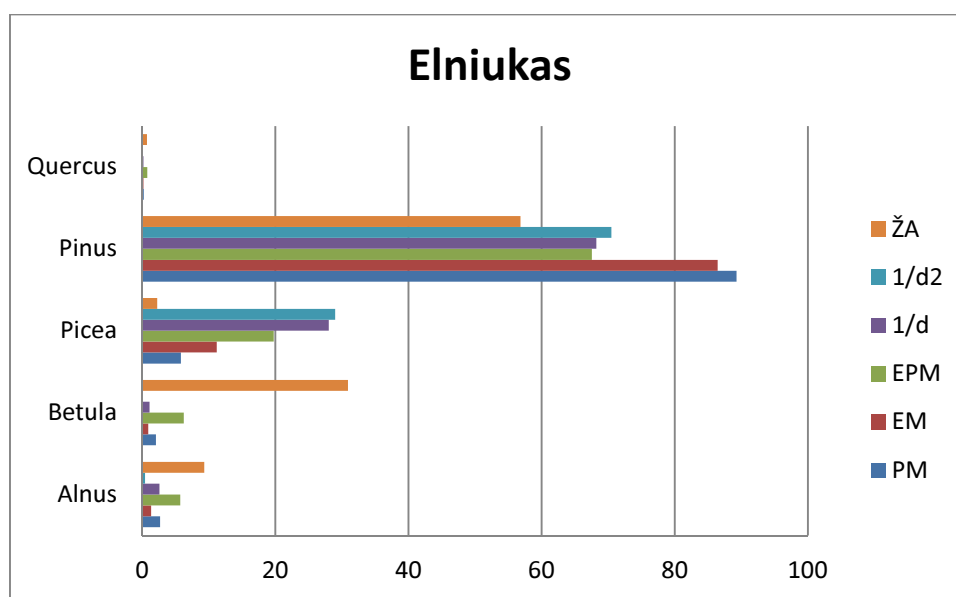


**3.5.4 pav.** Žiotelių ežero paviršinių žiedadulkių spektro prognozavimo rezultatai ir jų palyginimas su žiedadulkių analizės rezultatais.

Žiotelių ežero nuosėdų prognozavimo rezultatai gana netikslūs (11,5-16,3 % vidutinė paklaida vienam taksonui). Tiksliausi rezultatai – *EPM* prognozių.

### Elniuko ežeras

Elniuko ežero (3.5.5 pav.) paviršinių nuosėdų sluoksnyje apibūdinta 56,8 % *Pinus*, 30,9 % *Betula*, 9,3 % *Alnus*, 2,3 % *Picea*, 0,7 % *Quercus*. Visais modeliais buvo prognozuojami per dideli *Pinus* kiekiai. Panašiausias buvo *EPM* modelio rezultatas – 67,6 %. Taip pat visais modeliais padidinti ir *Picea* kiekiai (5,8-29 %). Arčiausiai empiriškai nustatyto *Picea* kiekio buvo *PM* prognozė (5,8 %). *Betula* (iki 6,2 %) ir *Alnus* (0,4-5,7 %) kiekiai visais modeliais smarkiai sumažinti. Tiksliausios prognozės čia taip pat buvo *EPM* – atitinkamai 6,2 ir 5,7 %. *Quercus* reikšmės *EMP* modeliu yra nežymiai padidintos (0,8 %), kitais modeliais – sumažintos (iki 0,2 %).



**3.5.5 pav.** Elniuko ežero paviršinių žieddulkių spektro prognozavimo rezultatai ir jų palyginimas su žieddulkių analizės rezultatais.

Šio tiriamojo taško prognozavimo rezultatai labai panašūs į aukščiau aprašyto Žiotelių ežero rezultatus. Tai sąlygota šių ežerų geografinio



artumo ir kartu panašios apylinkių augalijos sudėties. Panašūs ir šių ežerų žiedadulkių analizės metodu nustatyti žiedadulkių spektrai.

Tiksliausius rezultatus šiame tiriamajame taške davė *EPM* prognozės (11,3 % vidutinė paklaida vienam taksonui), kitų modelių paklaidos siekia 16,1 %.

### **Byvainio ežeras**

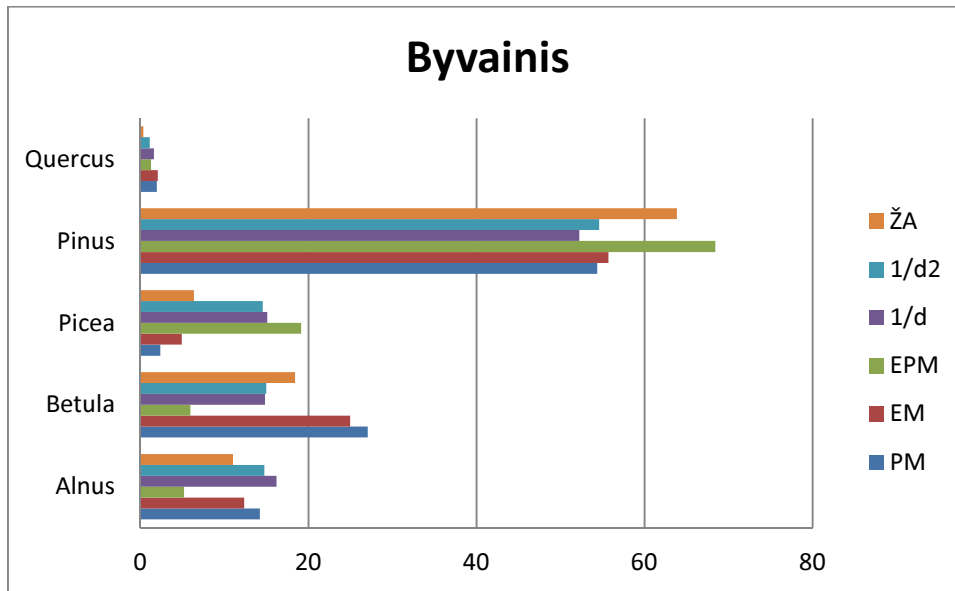
Byvainio ežero ištirtame žiedadulkių spektre (3.5.6 pav.) aiškiai dominuoja *Pinus* (63,9 %). Reikšmingi *Betula* (18,4 %), *Alnus* (11 %) bei *Picea* (6,4 %) kiekiai. *Quercus* tesudaro 0,3 %. Tiksliausia, nors ir šiek tiek padidinta, *Pinus* kiekio prognozė (68,4 %) buvo atlikta *EPM* modeliu, kitais modeliais nustatytos mažesnės reikšmės, nei žiedadulkių analizės metodu (52,2-54,6 %). Arčiausi empiriniu metodu nustatytiems *Betula* procentiniams kiekiams yra  $1/d$  ir  $1/d^2$  modelių rezultatai (14,8-14,9 %). *EM* ir *PM* modeliais buvo prognozuoti didesni (25-27 %), o *EPM* modeliu – mažesni kiekiai (6 %). *EPM* nustatytas *Alnus* kiekis yra gerokai sumažintas (5,2 %), o kitas modeliais prognozuotas *Alnus* kiekis yra sąlyginai artimas (12,3-16,2 %) nustatytam žiedadulkių analizės metodu. *Picea* kiekius geriausiai atitiko *EM* ir *PM* rezultatai (2,4-4,9 %), kitais metodais prognozuoti gerokai didesni (14,6-19,1 %). *Quercus* kiekiai visais modeliais buvo padidinti (1,1-2,1 %).

Byvainio ežero prognozių paklaidos, lyginant su žiedadulkių analizės metodu nustatytu spektru sąlyginai nedidelės. *EM* gauta mažiausia paklaida vienam taksonui – 3,8 %. Didžiausios paklaidos *EPM* – 7,3 %.

### **Dagilėjaus ežeras**

Šio ežero paviršinėse nuosėdose (3.5.7 pav.) *Pinus* dominavimas nėra aiškiai išreikštas (45,6 %), beveik tiek pat apibūdinta ir *Betula* (38,6 %) žiedadulkių. *Alnus* sudaro 11,6 %, *Picea* – 4 %, *Quercus* – 0,2 %. Visais

modeliais spygliuočių *Pinus* (62,2-78 %) ir *Picea* (4,8-24,9 %) kiekiai yra padidinti, o *Betula* (1,5-6,8 %) ir *Alnus* (5,9-11,6 %) – sumažinti, tuo tarpu visų modelių prognozės sąlyginai panašios ir nesiskiria taip smarkiai, kaip daugelyje kitų tiriamųjų ežerų. *Quercus* kiekiai visais modeliais nustatyti iki 1,1 %.

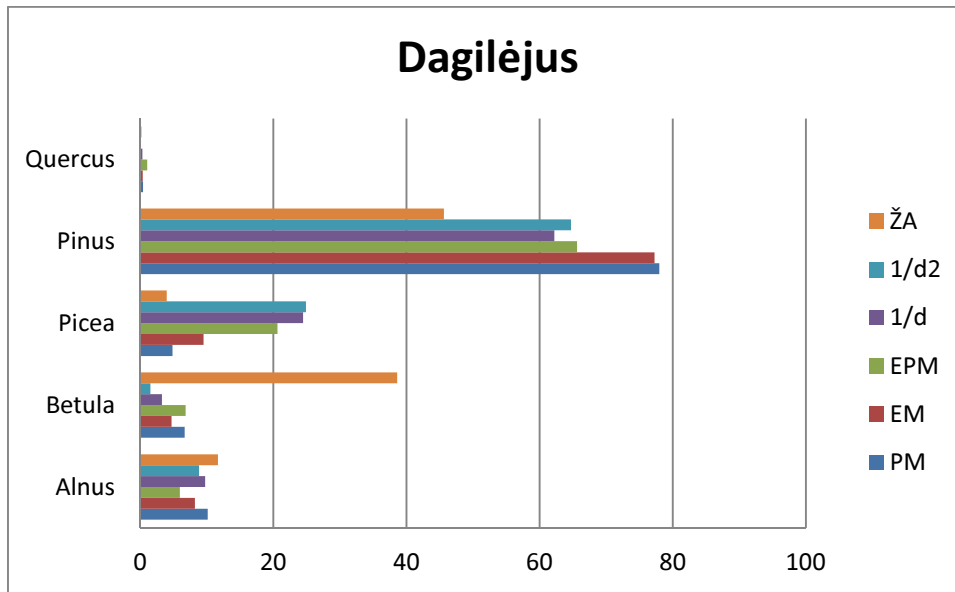


**3.5.6 pav.** Byvainio ežero paviršinių žiedadulkių spektro prognozavimo rezultatai ir jų palyginimas su žiedadulkių analizės rezultatais.

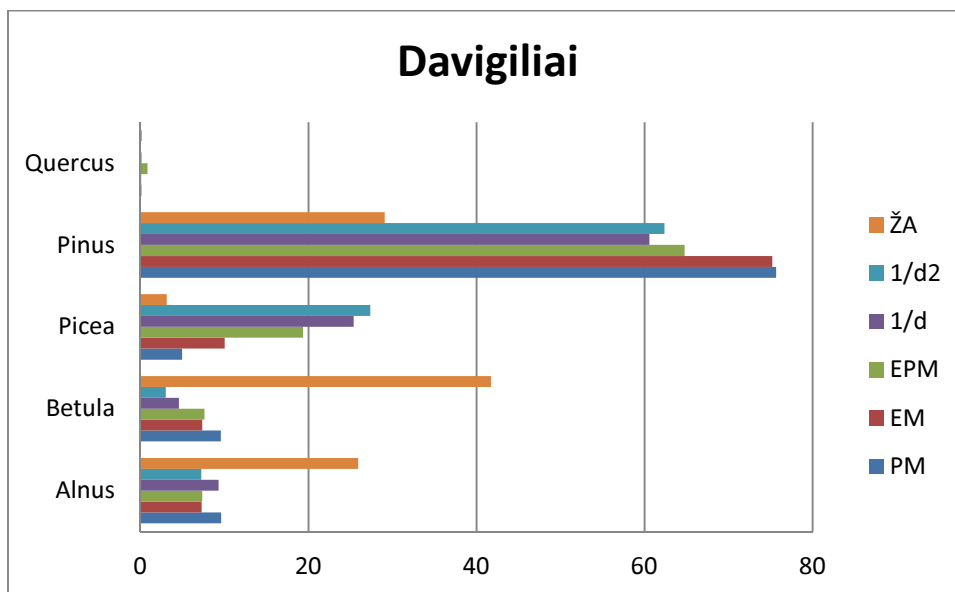
Dagilėjaus ežero žiedadulkių spektrų prognozių vidutinės paklaidos vienam taksonui yra 13,4-16 %. Geriausi rezultatai – *PM* modelio, prasčiausi –  $1/d^2$ .

### Davigilių ežeras

Davigilių ežero (3.5.8 pav.) paviršinėse nuosėdose vyrauja *Betula* (41,7 %), *Pinus* (29,1 %) ir *Alnus* (25,9 %) žiedadulkės. *Picea* sudaro 3,2 %, *Quercus* – iki 0,2 %. Visais modeliais buvo prognozuojamos gerokai aukštesnės *Pinus* (60,6-75,7 %) ir *Picea* (5-27,4 %) bei gerokai žemesnės *Betula* (3-9,6 %) ir *Alnus* (7,2-9,6 %) reikšmės. *EPM* buvo prognozuojami 0,9 % *Quercus* kiekiai, kitais modeliais – apie 0,1 %.



**3.5.7 pav.** *Dagilėjaus ežero paviršinių žiedadulkių spektro prognozavimo rezultatai ir jų palyginimas su žiedadulkių analizės rezultatais.*



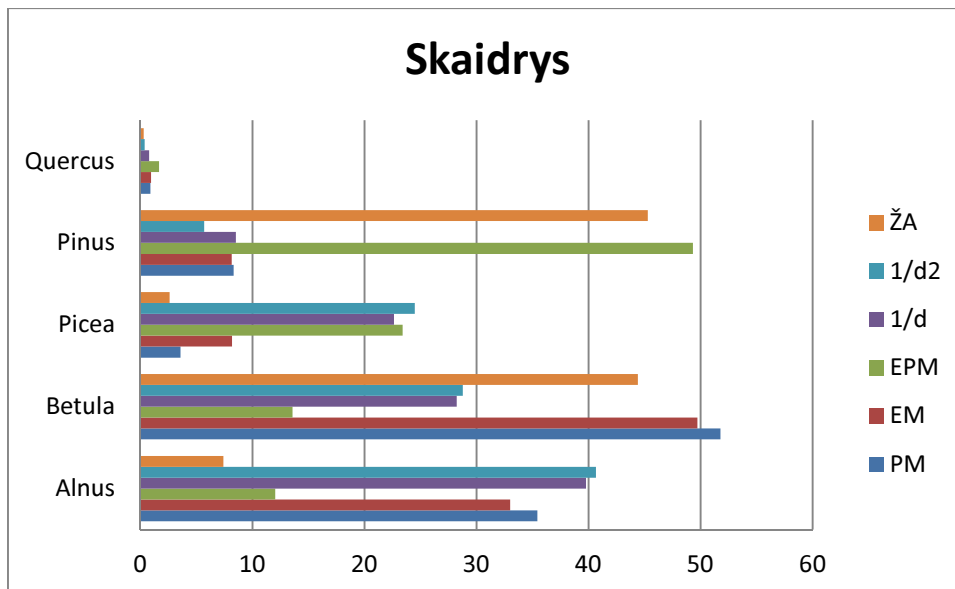
**3.5.8 pav.** *Davigilių ežero paviršinių žiedadulkių spektro prognozavimo rezultatai ir jų palyginimas su žiedadulkių analizės rezultatais.*

Šiame tiriamajame taške būdingos didelės visų modelių prognozavimo paklaidos. Tiksliausi buvo *PM* modelio rezultatai (19,4 % vidutinė paklaida vienam taksonui), kitų modelių – net 21-23 % paklaidos, t.y. didesnės nei atsitiktinės prognozės.

## Skaidrio ežeras

Skaidrio ežere *Pinus* (45,3 %) ir *Betula* (44,4 %) žiedadulkių apibūdinta beveik vienodai (3.5.9 pav.). *Alnus* sudaro 7,4 %, *Picea* – 2,6 %, *Quercus* – 0,3 %. Sąlyginai panašus *Pinus* kiekis (49,3 %) buvo gautas EPM prognozėmis. Kitais modeliais – gerokai mažesnis (5,7-8,5 %). Tuo tarpu EM ir PM prognozės palyginti neblogai atitiko *Betula* kiekį (49,7-51,8 %),  $1/d$  bei  $1/d^2$  modeliais gautos mažesnės reikšmės (28,2-28,7 %), o mažiausios – naudojant EPM (13,6 %). *Alnus* bei *Picea* reikšmės visais modeliais buvo padidintos, tačiau tiksliausios *Alnus* prognozės buvo EPM modelio (12,05 %), o *Picea* – PM modelio (3,6 %). EPM nustatytas *Quercus* kiekis – 1,7 %, kitais modeliais – 0,4-1 %.

Šiame tiriamajame taške tiksliausia buvo EPM prognozė (12,3 % vidutinė paklaida vienam taksonui). Nedaug skiriasi EM ir PM prognozės (14,7-14,8 %). Tuo tarpu  $1/d$  ir  $1/d^2$  viršija atsitiktinės paklaidos vidurkį (21,2-22,1 %).

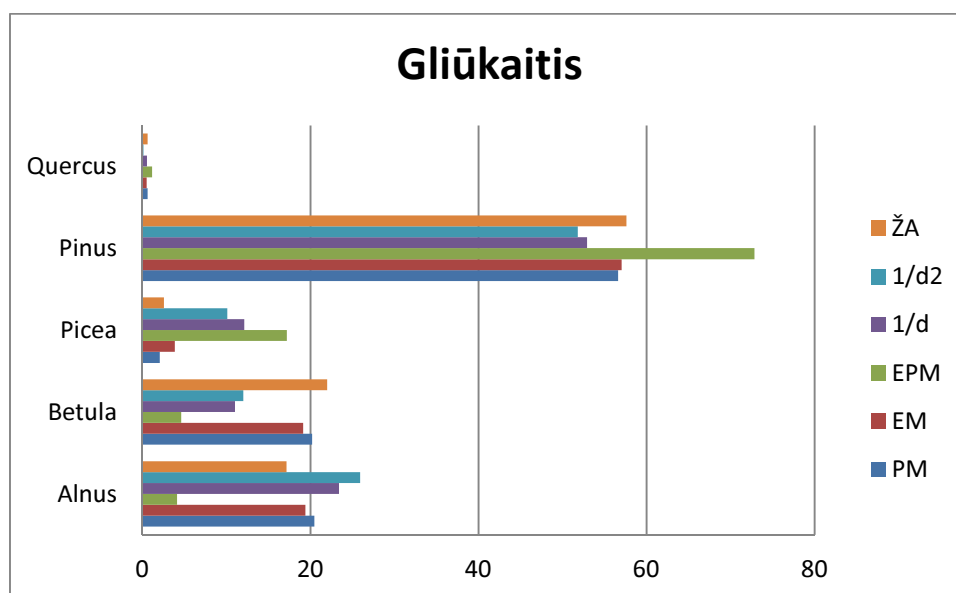


**3.5.9 pav.** Skaidrio ežero paviršinių žiedadulkių spektro prognozavimo rezultatai ir jų palyginimas su žiedadulkių analizės rezultatais.

## Gliūkaičio ežeras

Šiame ežere vyrauja *Pinus* (57,6 %), reikšmingos *Betula* (22 %) ir *Alnus* (17,2 %) žiedadulkės (3.5.10 pav.). *Picea* sudaro 2,6 %, *Quercus* – 0,7 %. Visais modeliais gana tiksliai nustatyti *Pinus* kiekiai (51,8-72,8 %). Tiksliausiai – EM ir PM modeliais (56,6-57 %). Šiais modeliais gana neblogai prognozuotos ir kitų taksonų reikšmės. *Betula* kiekiai, prognozuoti šiais modeliais sudarė 19,2-20,2 %, tuo tarpu kitais modeliais nustatytos per mažos reikšmės (4,6-12 %). *Alnus* EM ir PM reikšmės sudaro 19,4-20,5 %, kitų modelių – 4,1-25,9 %. *Picea* EM ir PM modeliais nustatyta 2,1-3,9 %, kitais modeliais – 10,1-12,1 %. Gana tiksliai EM ir PM nustatyti *Quercus* kiekiai – 0,5-0,6 %. Kitais modeliais – 0,1-1,2 %.

Gliūkaičio ežere prognozavimo vidutinės paklaidos vienam taksonui vienos iš mažiausių, ypač PM (1,3 %) ir EM (1,4 %) modelių. EPM paklaida sudaro 12,2 % ir šiame taške yra didžiausia.

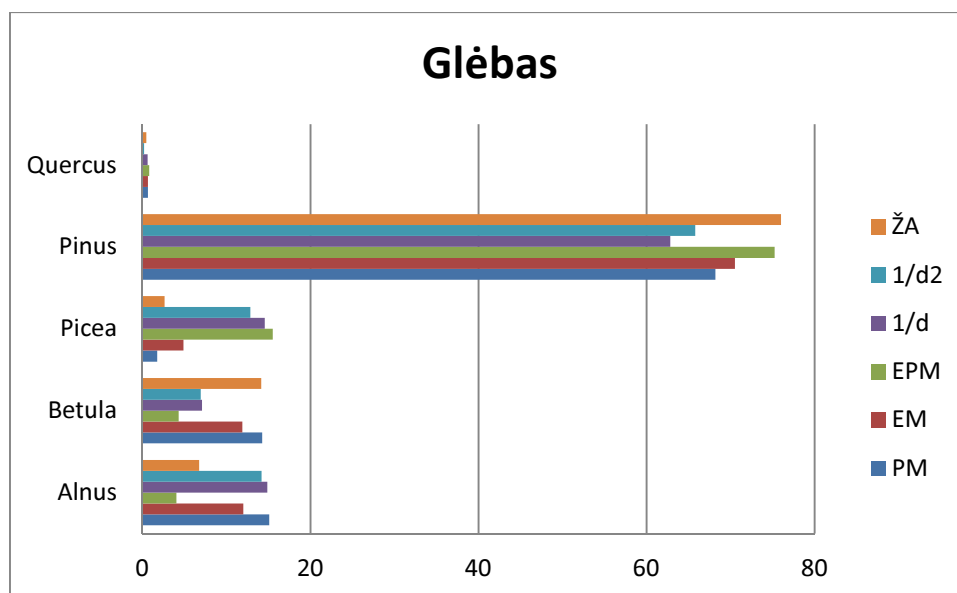


**3.5.10 pav.** Gliūkaičio ežero paviršinių žiedadulkių spektro prognozavimo rezultatai ir jų palyginimas su žiedadulkių analizės rezultatais.

## Glėbo ežeras

Glėbo ežero paviršinėse nuosėdose vyrauja *Pinus* (76 %) žiedadulkės. *Betula* (14,1 %), *Alnus* (6,7 %), *Picea* (2,6 %) ir *Quercus* (0,5 %) sudaro palyginti nedidelę spektro dalį (3.5.11 pav.). *Pinus* kiekiai EPM modeliu nustatyti gana patikimai (75,3 %), kitais modeliais – šiek tiek mažesni (62,8-70,5 %). *Betula* tiksliausiai buvo prognozuota EM ir PM modeliais (11,9-14,2 %), kitais modeliais nustatytos mažesnės reikšmės (4,3-7 %). Tiksliausiai nustatyti *Alnus* kiekiai buvo gauti naudojant EPM (4,1 %), kitais modeliais jie nustatyti gerokai didesni (12-15,1 %). Tuo tarpu geriausi *Picea* prognozavimo rezultatai pasiekti EM ir PM modeliais (1,8-4,9 %), kitais modeliais nustatyti kiekiai didesni (12,8-15,5 %). *Quercus* visais modeliais apskaičiuoti sąlyginai panašūs kiekiai (0,2-0,8 %).

Šiame tiriamajame taške prognozių vidutinės paklaidos vienam taksonui nėra didelės. EM sudaro 3,1 %, PM – 3,5 %. Didžiausia paklaida gauta  $1/d$  ir  $1/d^2$  modeliais (7,1-8,1 %).



**3.5.11 pav.** Glėbo ežero paviršinių žiedadulkių spektro prognozavimo rezultatai ir jų palyginimas su žiedadulkių analizės rezultatais.

### Juodžio ežeras

Gausiausiai Juodžio ežero paviršinėse nuosėdose apibūdinta *Pinus* (48 %) ir *Betula* (38,2 %) žiedadulkių (3.5.12 pav.). *Alnus* sudaro 10,1 %, *Picea* – 2,6 %, *Quercus* – 1,1 %. *Pinus* kiekiai gana patikimai nustatyti tiek *EM* ir *PM* modeliais (46,1-49,3 %), tiek  $1/d$  ir  $1/d^2$  (51-55,3 %). Tuo tarpu *EPM* prognozuota net 70,4 % *Pinus*. Panašiausi *Betula* kiekiai nustatyti taip pat *EM* ir *PM* (33,6-35,4 %), kitais modeliais – mažesni (8,1-22,6 %). *Alnus* kiekiai tiksliausiai nustatyti *EPM* modeliu (6,7 %), kitais modeliais – 16,4-23,8 %. *Picea* spektro dalį geriausiai atitinka  $1/d$  prognozė (2,3 %), tuo tarpu *EPM* kiekiai per dideli (13,9 %), o kitų modelių – per maži (iki 0,6 %). *Quercus* prognozuoti kiekiai panašiausi *EPM* (0,9 %) kitų modelių prognozuotuose spektruose *Quercus* nesiekia 0,3 %.

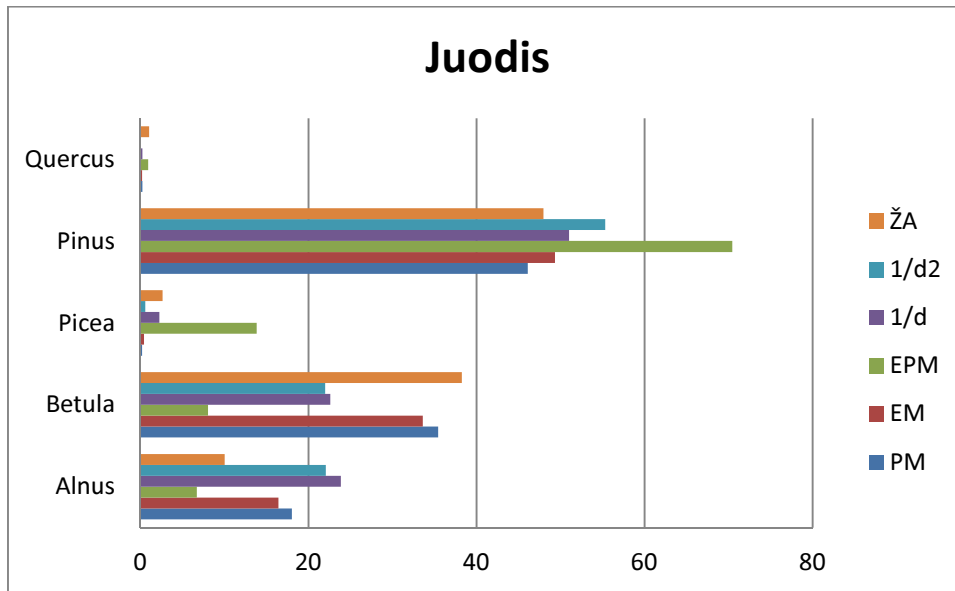
Juodžio ežere vidutinė paklaida vienam taksonui *EM* modeliu tėra 3,1 %, *PM* – 3,2 %. Didžiausia paklaida gauta *EPM* modeliu (13,5 %).

### Perūno ežeras

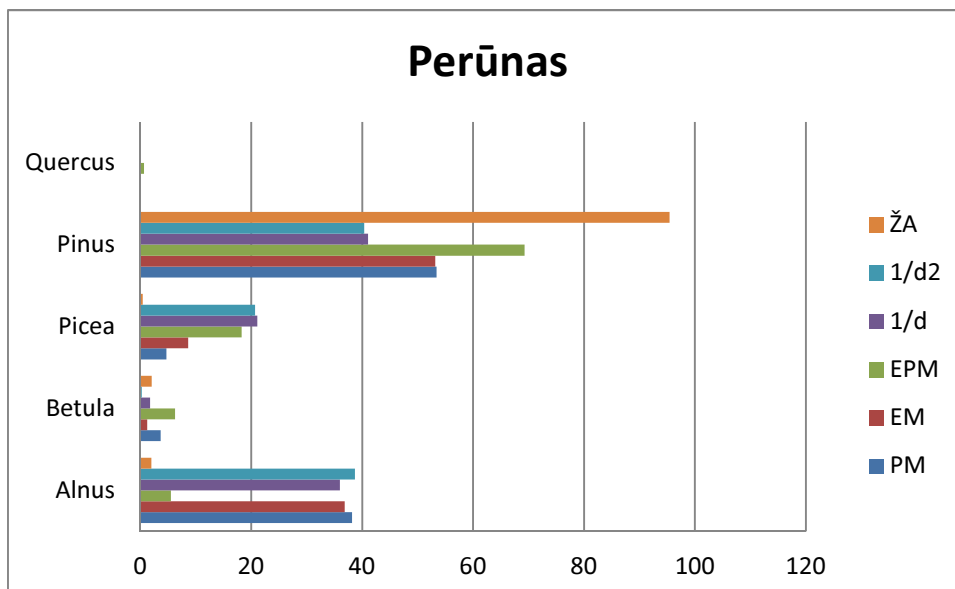
Perūno ežero (3.5.13 pav.) pakrantės paviršinėse nuosėdose didžiausią dalį žiedadulkių spektro sudaro *Pinus* (95,4 %). *Betula* ir *Alnus* palyginti nedaug (atitinkamai 2,1 ir 2 %). *Picea* žiedadulkių apibūdinta tik 0,4 %, *Quercus* – iki 0,1 %. Visais modeliais nustatyti žymiai mažesni *Pinus* (53,2-69,3 %) ir žymiai didesni *Alnus* (5,5-38,7 %) bei *Picea* (4,7-21,1 %) kiekiai. Apskaičiuoti *Betula* kiekiai palyginti nedaug skiriasi nuo žiedadulkių analizės metodu nustatytų kiekių – *EPM* modeliu apskaičiuotas 6,3 %, kitais modeliais 0,3-3,6 % *Betula* kiekis. *Quercus* *EPM* modeliu prognozuotas kiekis sudaro 0,7 %, kitais modeliais – iki 0,1 %.

Perūno ežere žiedadulkių spektrų prognozės vienos prasčiausių – *EPM* modeliu gauta 10,5 % paklaida, *EM* ir *PM* modeliais – 16,8-17,2 %, o  $1/d$  ir  $1/d^2$  – net 21,9-22,8 %, t.y. viršija vidurkinę atsitiktinės prognozės paklaidą.

Reiktų paminėti, kad šis tiriamasis taškas pilnai neatitinka tokių tyrimų reikalavimų, kadangi yra ne baseino centre, o pakraštyje. Atstumas iki artimiausių medžių (pušų) kamienų šiame taške – vos keli metrai, todėl per maži prognozėmis nustatyti *Pinus* kiekiai nestebina.



**3.5.12 pav.** Juodžio ežero paviršinių žiedadulkių spektro prognozavimo rezultatai ir jų palyginimas su žiedadulkių analizės rezultatais.



**3.5.13 pav.** Perūno ežero pakrantės paviršinių žiedadulkių spektro prognozavimo rezultatai ir jų palyginimas su žiedadulkių analizės rezultatais.



### Kaciušių ežeras

Šio ežero pakrantėje paimto mėginio (3.5.14 pav.) žiedadulkių spektre dominuoja *Pinus* (70,8 %), nemažai ir *Betula* (20,5 %) žiedadulkių. *Alnus* sudaro 5,3 %, *Picea* – 3,4 %, *Quercus* žiedadulkių neapibūdinta. *Pinus* kiekis gana patikimai nustatytas *EPM* modeliu (69,2 %), kitų modelių prognozavimo rezultatuose *Pinus* kiekiai mažesni (53,9-60,9 %). *Betula* kiekiai geriausiai atitinka *EM* ir *PM* prognozavimo rezultatus (19,9-20,7 %), o kitais modeliais nustatytos mažesnės reikšmės (5,8-12,1 %). *Alnus* gana tiksliai apskaičiuotas *EPM* modeliu (5,4 %), kitų modelių reikšmės sudaro 13,5-17,2 %. Tiksliausi *Picea* kiekiai nustatyti *EM* ir *PM* (3,3-5,7 %), kitais modeliais – didesni (15,4-18,6 %). *Quercus* kiekiai prognozuojant dauguma modelių gauti 0,1 % arba mažesni, o *EPM* modeliu 1,1 %.

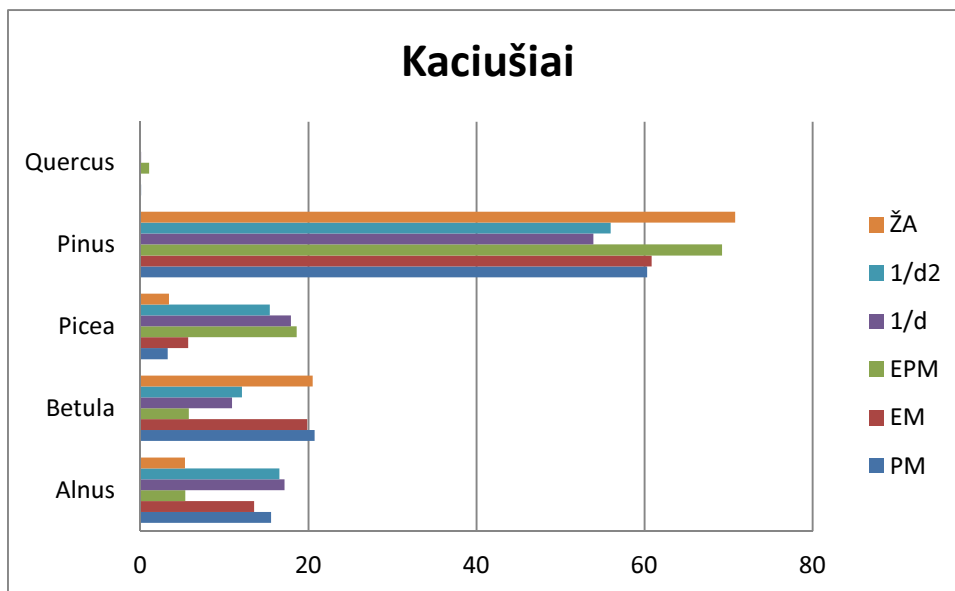
Nors Kaciušių ežero mėginys imtas ežero pakrantėje ir atstumas iki artimiausių medžių nėra didelis, vistiek jis siekia keliolika metrų. Greičiausiai dėl to, paviršinių žiedadulkių spektras nebuvo taip smarkiai įtakotas šios augalijos. Rezultatai šiame tiriamajame taške gana neblogi. *EM* ir *PM* vidutinės paklaidos vienam taksonui sudaro 4,2 %. Didžiausios –  $1/d$  ir  $1/d^2$  paklaidos – 9,3-10,6 %.

### Kazimieriškės žiedadulkių monitoringo aikštelė

Vienų metų (2006-2007 m. žydėjimo sezono) žiedadulkių, nusėdusių Kazimieriškės žiedadulkių monitoringo aikštelėje esančioje gaudyklėje, spektre vyrauja *Pinus* (63,9 %) žiedadulkės, reikšmingi *Betula* (19,1 %) ir *Alnus* (12,8 %) kiekiai (3.5.15 pav.). *Picea* sudaro 3,6 %, *Quercus* 0,7 %. *Pinus* kiekiai visais modeliais nustatyti palyginti patikimai (70-78,5 %). *Betula* visais modeliais buvo prognozuoti mažesni kiekiai (4,6-12,8 %), tačiau tiksliausi buvo *EM* ir *PM* prognozavimo rezultatai (10,4-12,8 %). *EPM* modeliu nustatyti *Alnus* (5,8 %) kiekiai mažesni, nei nustatyti žiedadulkių analizės

metodu, tuo tarpu kitų metodų rezultatai gana panašūs (12,1-16,4 %). *Picea* prognozuotos *EM* ir *PM* reikšmės yra per mažos (0,7-1,5 %), o *EPM* – per didelės (15 %). Tiksliausi rezultatai  $1/d^2$  modelio (2,9 %). *EPM* nustatytas *Quercus* kiekis 0,7 %, kitais modeliais – iki 0,4 %.

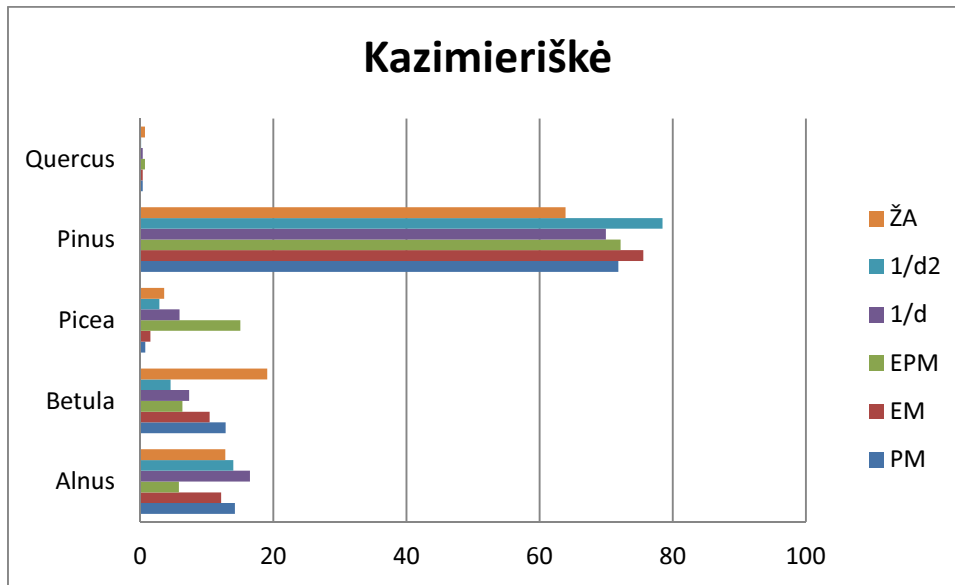
Kazimieriškės monitoringo aikštelės duomenys atspindi tik vienu metų žiedadulkių sudėtį. Patikimai augalijos sudėtį atspindi kelių metų vidurkiai (Hicks et al., 1996), todėl interpretuoti šio tiriamojo taško duomenis reiktų atsargiai. Tačiau vidutinės paklaidos vienam taksonui šiame taške nėra didelės. *PM* modeliu gauta paklaida – 3,8 %, *EM* – 4,7 %. Didžiausia – *EPM* paklaida – 7,9 %.



**3.5.14 pav.** Kaciušių ežero pakrantės paviršinių žiedadulkių spektro prognozavimo rezultatai ir jų palyginimas su žiedadulkių analizės rezultatais.

#### Žiedadulkių spektrų prognozių rezultatų apibendrinimas

Gauti prognozių rezultatai labai skirtingi įvairiuose tiriamuosiuose taškuose. Vienuose (Gliūkaitis, Juodis, Glėbas, Kazimieriškė) vidutinės paklaidos vienam taksonui yra vos keli procentai, kituose (Davigiliai, Perūnas)



**3.5.15 pav.** Kazimieriškės žiedadulkių monitoringo aikštelės žiedadulkių spektro prognozavimo rezultatai ir jų palyginimas su žiedadulkių analizės rezultatais.

prognozės labai netikslios, t.y. artimos vidutinei atsitiktinės prognozės paklaidai arba net viršijančios atsitiktinę paklaidą. Pastebima, kad dažniausiai tame pačiame tiriamajame taške įvairiais modeliais atliktos prognozės visos yra panašaus sąlyginio tikslumo, t.y. jei sąlyginai tikslesnė prognozė atlikta vienu modeliu (lyginant su kitais tiriamaisiais taškais), sąlyginai tikslesnės yra ir kitų modelių prognozės. Todėl galima daryti išvadą, kad didesnės paklaidos dažniausiai yra sąlygotos ne žiedadulkių – augalijos priklausomybės modelių, bet nepakankamo aplinkos sąlygų įvertinimo.

Siekiant įvertinti prognozių įvairiais modeliais rezultatus, buvo išvesti kiekvieno modelio prognozių paklaidų vidurkiai kiekvienam taksonui (3.5.1 lentelė). Lentelėje matyti, kad prognozuojant visais modeliais nustatyti gerokai mažesni *Betula* kiekiai, nei apibūdinta žiedadulkių analizės metodu. *EPM* prognozėse *Betula* kiekiai vidutiniškai 20,14 % mažesni, nei žiedadulkių analizės rezultatuose. *Picea* kiekiai – priešingai – visais modeliais prognozuoti per dideli. Tačiau *PM* ir *EM* prognozės davė labai nedideles paklaidas (0,12-

3,71 %), tuo tarpu *EPM*,  $1/d$  ir  $1/d^2$  modelių paklaidos sudaro 15,29-16,17 %. Gausiausio taksono, *Pinus*, kiekio prognozės *EM* ir *PM* modeliais taip pat gana tikslios (1,03-1,35 %). *EPM* *Pinus* kiekiai prognozuoti 8,39 % didesni, o  $1/d$  ir  $1/d^2$  modeliais – 7,59-8,4 % mažesni, nei nustatyti žiedadulkių analizės metodu. *Alnus* kiekiai *EPM* modeliu nustatyti mažesni (4,06 %), kitais modeliais – didesni (5,87-8,87 %), nei žiedadulkių analizės pagalba. Tiksliausi šio taksono kiekiai nustatyti *EPM* ir *EM* prognozėms. *Quercus* procentinės reikšmės gana tiksliai nustatytos  $1/d$ , *EM* ir *PM* modeliais, tuo tarpu  $1/d^2$  modelis davė reikšmingesnę neigiamą paklaidą (0,31 %), o *EPM* modelis – teigiamą paklaidą (0,53 %).

**3.5.1 lentelė.** Prognozių rezultatų skirtingais žiedadulkių – augalijos priklausomybės modeliais paklaidų vidurkiai.

Vidurkis	PM	EM	EPM	$1/d$	$1/d^2$
Alnus	7,81	5,87	-4,06	8,87	8,38
Betula	-6,67	-8,60	-20,14	-16,20	-16,65
Picea	0,12	3,71	15,29	15,75	16,17
Pinus	-1,35	-1,03	8,39	-8,40	-7,59
Quercus	0,08	0,05	0,53	-0,02	-0,31
Paklaidų vidurkis	9,57	9,92	10,78	13,03	13,79

Bendra prognozių kokybė buvo vertinama vidutinių paklaidų vienam taksonui pagrindu. Geriausius rezultatus davė *PM* (vidutiniškai 9,57 %) ir *EM* (9,92 %) prognozės. *EPM* paklaidų vidurkis yra 10,78 %. Didžiausias paklaidas davė  $1/d$  ir  $1/d^2$  modeliai (atitinkamai 13,03 % ir 13,79 %). *PM* ir *EM* modelių prognozės tarpusavyje gana panašios, kaip ir  $1/d$  bei  $1/d^2$  modelių, kadangi ir patys modeliai yra panašūs.

Apskritai, visų modelių paklaidos yra gana didelės, ir nors pavieniais atvejais žiedadulkių sudėtis nustatoma gana patikimai, kai kuriuose tiriamuosiuose taškuose prognozių rezultatai panašesni į atsitiktinio spėjimo. Panašu, kad daugeliu atveju paklaidoms įtakos turėjo vietinės sąlygos ir jų

įvertinimas. Vienas iš galimų paklaidų šaltinių – nepakankamai detalus pakrančių augalijos įvertinimas. Nors pakrantėse augantys augalai žiedadulkių spektrus turėtų įtakoti žymiai smarkiau nei keliolika metrų nuo kranto nutolę medžiai (Tauber, 1965), tai niekaip neatsispindi nei augalijos duomenyse (kadangi juos sudaro 10 m dydžio celės, t.y. didesnės nei pakrantės zona), nei nė viename iš žiedadulkių – augalijos priklausomybės modelių. Tačiau tirtųjų Lietuvos ežerų pakrantėse auganti augalija neretai skiriasi nuo apylinkių fono. Dažniausiai ežerus supa pušynai, o pakrantėje auga pavieniai *Alnus* bei *Betula* medžiai. Būtent pastarųjų taksonų prognozių rezultatai buvo gana netikslūs.

Taip pat reiktų turėti omenyje, kad paviršinių ežerų nuosėdų žiedadulkių spektrai atspindi paskutinių 100-200 metų augaliją, o naudoti MKIIS augalijos duomenys atitinka 2006-2007 m. situaciją. Nors daugeliu atveju apylinkių augalija greičiausiai keitėsi nesmarkiai, esant ryškesniems pasikeitimams, galima tikėtis prastesnių modeliavimo rezultatų.

Vistik, daugeliu atveju žiedadulkių – augalijos priklausomybės modeliai yra pakankamai patikimas kiekybinės informacijos šaltinis. Sudėtingesni modeliai davė geresnius rezultatus, išskyrus *PM* ir *EM* atvejį. Nors *EM* yra sudėtingiausias modelis, jo paklaidos yra šiek tiek didesnės, nei paprastesnio *PM*. Iš esmės, *EM* ir *PM* skiriasi tik žiedadulkių sklaidos funkcija. *PM* modeliuoja žiedadulkes, nusėdusias baseino paviršiuje ir todėl laikomas tinkamu tyrimams pelkėse bei miško aikštelėse, tuo tarpu *EM* papildomai atsižvelgia ir į turbulenciją baseine, todėl naudojamas ežerams. Atlikus žiedadulkių spektrų prognozes nepastebėta, kad *EM* duotų žymiai geresnius nei *PM*, tačiau naudotas tiriamųjų taškų skaičius buvo nepakankamai didelis, kad paneigti *EM* modelio efektyvumą ežerinėse sąlygose. Todėl augalijos atkūrimui Lietuvoje buvo pasirinkti abu – *EM* ir *PM* modeliai, kaip davę geriausius prognozių rezultatus. Sekant modelių autorių rekomendacijomis,

*EM* buvo naudojamas ežerinėms aplinkoms, *PM* – pelkinėms aplinkoms bei monitoringo aikštelėms.

### **3.6. Žiedadulkių teritorinis pasiskirstymas vėlyvajame ledynmetyje ir holocene**

Izožiedadulkių žemėlapiai parodo vienalaikių gręžinių nuosėdų žiedadulkių taksonų sudėties pasiskirstymą plote. Kadangi šie žemėlapiai sudaryti interpoliuojant žiedadulkių spektrus tarp tirtųjų taškų, o realybėje žiedadulkių spektrai gali smarkiai skirtis net kelių šimtų metrų atstumu vienas nuo kito nutolusiuose pjūviuose, šiais žemėlapiais nėra siekiama prognozuoti žiedadulkių spektrų reikšmes tarpiniuose taškuose. Jais tiesiog išryškintos skirtingų žiedadulkių paplitimo tendencijos.

Izožiedadulkių žemėlapiai tiesiogiai neatspindi ir buvusios augalijos, kadangi juose nėra įvertinami tokie svarbūs faktoriai kaip žiedadulkių produktyvumas, baseino dydis ir pan. Tačiau šie žemėlapiai gali būti sėkmingai naudojami augalijos atkūrimui (Ralska-Jasiewiczewa et al., 2004). Kadangi šiame darbe buvo sudaryti ir paleoaugalijos žemėlapiai, išvados apie praeities augaliją yra paremtos būtent jų pagrindu. Tuo tarpu koreliavimui su kitų tyrinėtojų duomenimis buvo naudojami izožiedadulkių žemėlapiai, kadangi didžiosios daugumos darbų rezultatuose pateikiami žiedadulkių, o ne kiekybiškai atkurtos augalijos sudėties duomenys. Taip pat izožiedadulkių žemėlapiams buvo vizualizuojami žiedadulkių duomenų bazėje sukaupti duomenys, nagrinėjami žiedadulkių paplitimą įtakoję faktoriai, galimi paklaidų šaltiniai.

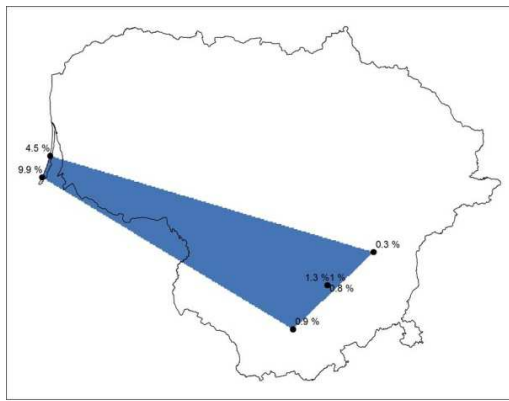
Iš viso sudaryti 156 izožiedadulkių žemėlapiai (13-ai labiausiai paplitusių Lietuvoje medžių ir krūmų rūšių, 12-ai holoceno ir vėlyvojo ledynmečio laikotarpių). Gausiau aptinkamiems taksonams naudojama 10 procentų intervalų spalvų skalė, retesniems taksonams – 1 procento intervalų

skalė. Žemėlapiuose pateikiami tirtieji taškai su taksono procentinėmis reikšmėmis tuose taškuose. Interpoliavimas buvo vykdomas tik plote, apribotame ištirtų taškų, todėl informacija Lietuvos pakraščiuose yra nepilna, o senesnių vėlyvojo ledynmečio laikotarpių (14700 BP, 14000 BP), kuriuos siekia tik keli ar keliolika pjūvių, žemėlapiai sudaryti palyginti nedideliame plotui.

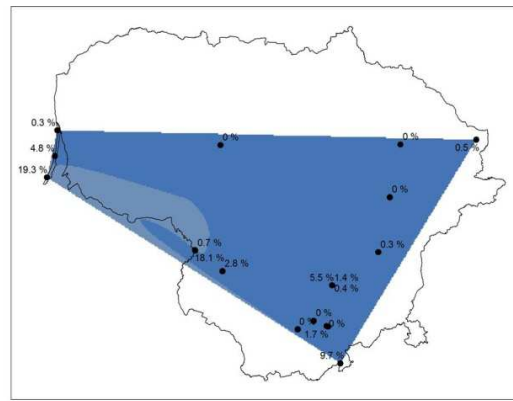
***Alnus* (alksnis)** – viena iš labiausiai paplitusių medžių rūšių Lietuvoje (3.6.1, 3.6.2 pav.). 14 700 BP, 14 000 BP, 13 300 BP, 12 100 BP (vėlyvojo ledynmečio) ir 10 800 BP (preborealia) žiedadulkių spektruose šis taksonas gana retas, nors kai kurios Lietuvos vietos (Kuršių Nerija, Nemuno delta, Trakų raj. teritorija) aiškiai išsiskiria didesniais *Alnus* kiekiais visuose minėtuose laikotarpiuose.

14 700 BP (biolingo) laikotarpiu didžiojoje interpoliuotos teritorijos dalyje *Alnus* žiedadulkių kiekiai neviršija 2 %. Nors biolingui būdingas klimato pašiltėjimas, augalija tuo metu dar nebuvo smarkiai išplitusi, ypač šiltesnį klimatą mėgstantis alksnis. Todėl identifikuotos šiuo laikotarpiu *Alnus* žiedadulkės greičiausiai buvo perklostytos iš tarpledynmečių nuosėdų. Gana reikšmingi *Alnus* kiekiai Kuršių Nerijos pjūviuose (4,5 – 9,9 %) nestebina. Esant skurdžiai augalijai, dominuojant žolėms, palyginti nedideli perklostytų žiedadulkių kiekiai gali įgauti reikšmingas procentines išraiškas.

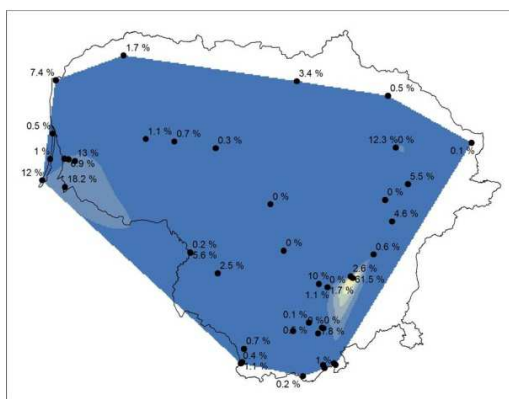
14 000 BP (ankstyvojo driaso) žiedadulkių spektrai panašūs į aukščiau aprašyto laikotarpio. Didžiojoje Lietuvos teritorijoje *Alnus* kiekiai neviršija 2-3 %, daugelyje pjūvių neaptikta nė vienos *Alnus* žiedadulkės. Didesniais kiekiais išsiskiria tie patys Kuršių Nerijos pjūviai (4,8 – 19,3 %), Nopaičio pelkė pietvakarių Lietuvoje (18,1 %), Ūlos atodanga (9,7 %), Bebruko ežeras Trakų rajone (5,5 %). Tokie kiekiai taip pat greičiausiai yra sąlygoti nuosėdų perklostymo.



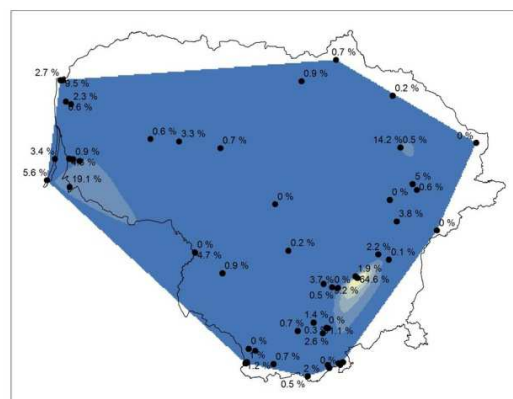
14700 BP



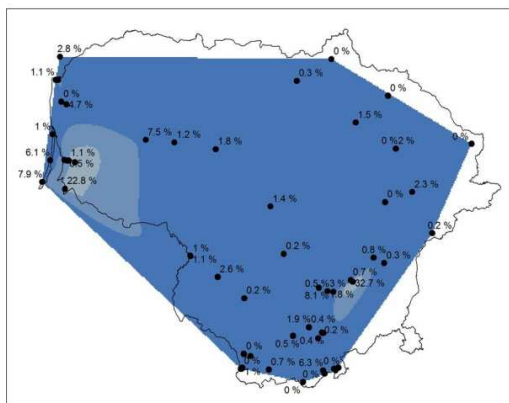
14000 BP



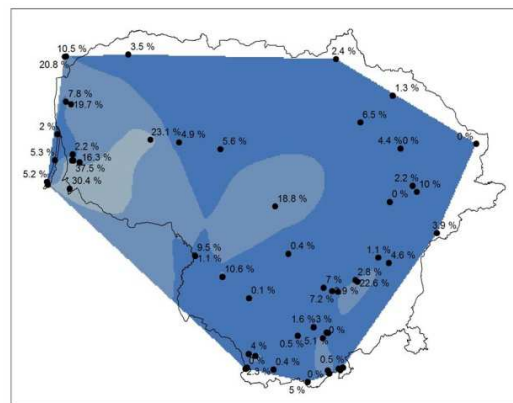
13300 BP



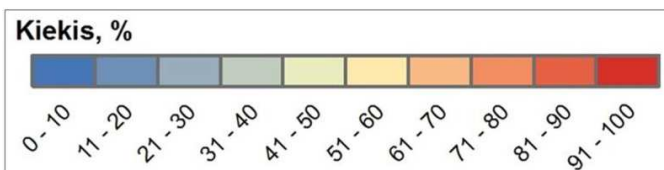
12100 BP



10800 BP



9500 BP



**3.6.1 pav.** *Alnus* izožadudulkių žemėlapiai 14 700 – 12 100 BP (vēlyvajame ledynmetyje), 10 800 BP (preborealyje) ir 9 500 BP (borealyje).

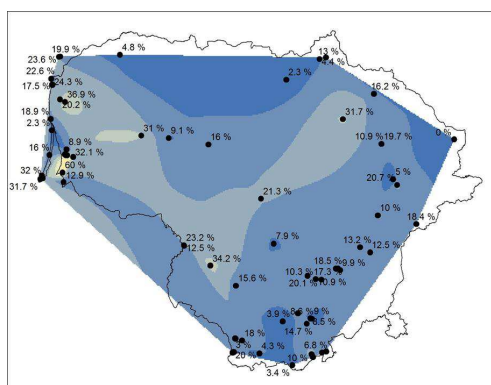


Labai panašūs yra 13 300 BP (aleriodo) ir 12 100 BP (vėlyvojo driaso) izožiedadulkių žemėlapiai. Juose aiškiai išsiskiria pikai Galvės ežero 4-ame grėžinyje (iki 61,5-64,6 %), Kuršių Nerijos – Nemuno deltos rajone (iki 18,2-19,1 %) bei Balčio ežero 30-ame grėžinyje (iki 12,3-14,2 %). Įdomu, kad netoli dideliais *Alnus* kiekiais išsiskiriančių pjūvių, pvz. Galvė-2 ir Baltys-34 grėžiniuose *Alnus* kiekiai neviršija 2 %, kaip ir didžiojoje dalyje Lietuvos teritorijos. Tai patvirtina, kad pikai yra sąlygoti vietinių sąlygų (galimai – perklostymo).

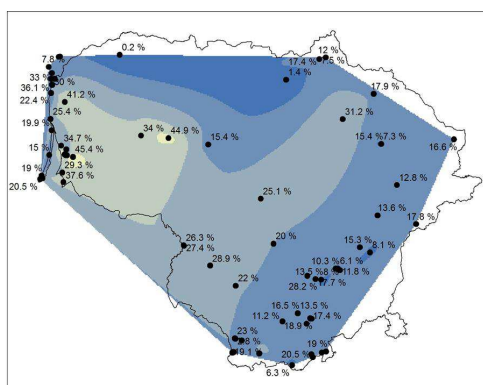
10 800 BP (preborealyje) *Alnus* pikai matomi Galvė-4 grėžinyje 32,7 %, Nemuno deltoje bei Kuršių Nerijoje – iki 6,1-22,8 %. Šios anomalijos greičiausiai taip pat nulemtos vietinių sąlygų. Tačiau daugelyje vakarų Lietuvos pjūvių, kuriuose ankstesniais laikotarpiais *Alnus* žiedadulkių apibūdinta nebuvo, procentinės išraiškos dabar siekia 1-2 %, tuo tarpu likusioje Lietuvos dalyje tokie kiekiai stebimi tik pavieniuose taškuose. Didesni *Alnus* kiekiai vakarinėje Lietuvos dalyje galėjo būti nulemti *Alnus* ekspansijos pradžios. Tačiau likusioje Lietuvos dalyje *Alnus* žiedadulkių kiekiai palyginti nedideli ir greičiausiai dauguma šių žiedadulkių yra antrinės kilmės.

9 500 BP (borealio laikotarpiu) aiškiai matomas staigus *Alnus* žiedadulkių išplitimas Lietuvos teritorijoje, ypač vakarinėje jos dalyje. Čia *Alnus* kiekiai siekia 2-37,5 %, daugumoje Mažosios Lietuvos tiriamųjų taškų – virš 10 %. Pietryčių Lietuvoje daugumoje žiedadulkių pjūvių *Alnus* kiekis dar vis yra mažesnis nei 2 %, tačiau kai kuriose vietovėse siekia 10 %. Anomalijomis pasižyminčiame Galvė-4 grėžinyje *Alnus* dalis sudaro 22,6 %.

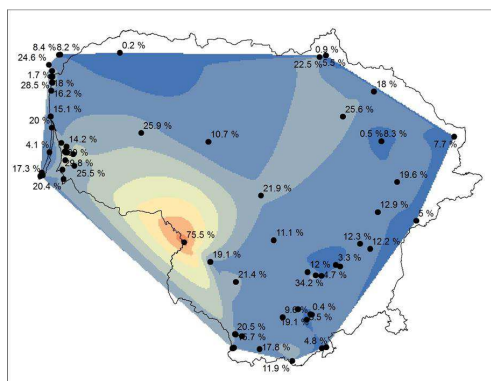
8 000 BP ir 6 500 BP (atlantyje) bei 5 300 BP (ankstvajame subborealyje) *Alnus* kiekiai yra maksimalūs. Didžiausias išplitimas būdingas vakarų ir vidurio Lietuvai. Čia vidurkis siekia 20-30 %, pavieniuose pjūviuose – iki 45-75,5 %. 6 500 BP (vėlyvajame atlantyje) didžiajai daliai Žemaitijos



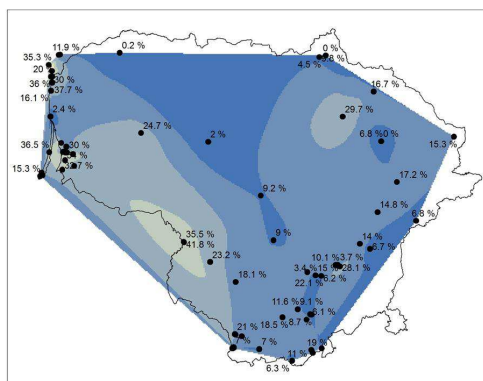
8000 BP



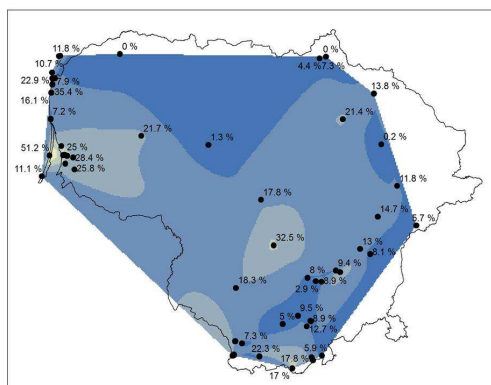
6500 BP



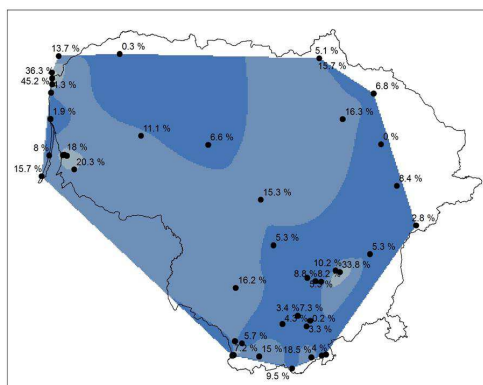
5300 BP



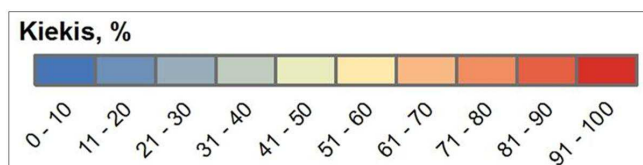
3300 BP



1800 BP



500 BP



**3.6.2 pav.** *Alnus* izožiedadulkių žemėlapiai 8 000 BP, 6 500 BP (atlantyje), 5 300 BP, 3 300 BP (subborealyje) ir 1 800 BP, 500 BP (subatlantyje).

būdingi didesni nei 30 % *Alnus* kiekiai. 5 300 BP (ankstyvajame subborealyje) matomos net 50-60 %, 60-70 % ir 70-80 % izolinijos, tačiau jos yra nulemtos vieno – Nopaičio pelkės gręžinio ir todėl gali šiek tiek klaidinti interpretuotoją. Bendras *Alnus* paplitimas 5 300 BP yra mažesnis nei 6 500 BP. Mažesni *Alnus* kiekiai šiais laikotarpiais būdingi pietryčių bei šiaurės Lietuvai, kur daugelyje pjūvių jie neviršija 20 %.

Vėlesniais holoceno laikotarpiais *Alnus* kiekiai palaipsniui mažėja, skirtumas tarp vakarų ir pietryčių Lietuvos tampa mažiau ryškus. 3 300 BP (vėlyvajame subborealyje) didžiąją dalį Lietuvos teritorijos dengia 10-20 % *Alnus* paplitimo plotas. Nemuno deltoje, Palangos miesto apylinkėse bei pavieniuose pjūviuose likusioje Lietuvos dalyje procentiniai kiekiai siekia 30-41,8 %. 1 800 BP (ankstyvajame subatlantyje) pikinių plotų dar labiau sumažėja, nors Nemuno deltos apylinkėse dar vis viršija 20 %, Kuršių Nerijoje siekia net 51,2 %. 500 BP (vėlyvajame subatlantyje) virš 20 % *Alnus* kiekiai būdingi tik pavienėms ribotoms teritorijoms, o didžiojoje dalyje Žemaitijos ir pietryčių Lietuvos nesiekia 10 %.

***Betula* (beržo)** žiedadulkės aptinkamos visuose tiriamuosiuose laikotarpiuose (3.6.3, 3.6.4 pav.). 14 700 BP (biolingo) bei 14 000 BP (ankstyvojo driaso) laikotarpiams dėl ganėtinai šalto klimato, tik besiformuojančios augalijos ir intensyvios erozijos, išvadas dėl beržo žiedadulkių paplitimo daryti sunku, tačiau net ir šiuose žemėlapiuose galima pastebėti, kad *Betula* šiais laikotarpiais buvo vienas dominuojančių taksonų. 14 700 BP laikotarpiu įvairiuose pjūviuose aptikta 8,7-49,4 %, 14 000 BP laikotarpiu iki 64,3 % *Betula* žiedadulkių. Nors šie laikotarpiai tiriamųjų taškų gausa nepasižymi, net ir iš esamų taškų galima pastebėti, kad pietryčių Lietuvai būdingi gerokai didesni *Betula* kiekiai, nei likusiai Lietuvos daliai.

13 300 BP (aleriode) daugiausia *Betula* žiedadulkių randama šiaurės-vidurio Lietuvoje (virš 30 %). Pietryčių Lietuvoje ir Žemaitijoje –

mažiau. Didžiojoje šio ploto dalyje aptinkama iki 20 %, vietomis – iki 30 % *Betula* žiedadulkių.

12 100 BP (vėlyvojo driaso) žemėlapis gana fragmentiškas – keliasdešimties kilometrų atstumu nutolusiuose vienas nuo kito pjūviuose *Betula* kiekiai neretai skiriasi dešimtimis procentų. Tai galėjo būti nulemta vietinių sąlygų, ypač erozijos, kuri itin būdinga šiam laikotarpiui. Vistik, gana aiškiai didesniais kiekiais išsiskiria šiaurės ir vidurio Lietuva, kur daugumoje pjūvių aptikta virš 30 % *Betula* žiedadulkių, o kai kuriuose randama net iki 53-62 %. Mažesni kiekiai būdingi pietryčių Lietuvai (iki 30 %) ir vakarų Žemaitijai (14,2-41 %).

10 800 BP (preborealyje) *Betula* pasiekia maksimumą beveik visuose pjūviuose. Nemuno deltoje ir Kuršių Nerijoje (iki 31 %), šiaurės Lietuvoje (iki 40 %, išskyrus pavienius pjūvius, kuriuose aptinkama iki 67,4 %) ir pietryčių Lietuvoje (didžiojoje jos dalyje – iki 40 %) *Betula* procentinės išraiškos žemesnės. Pavieniuose šių teritorijų pjūviuose nesiekia net 10 %. Tuo tarpu likusioje Lietuvos dalyje viršija 40-50 %. Gudelių ežere (Vilniaus raj.) aptikta 74,9 %, pajūryje – iki 82,5 % *Betula* žiedadulkių.

9 500 BP (borealyje) *Betula* žiedadulkių sumažėja. Šiuo laikotarpiu jų daugiausia siauroje teritorijoje tarp pietryčių ir vakarų-vidurio Lietuvos (iki 41,3-47,4 %) bei Nemuno deltoje (iki 57 %). Tuo tarpu didžiojoje dalyje Lietuvos teritorijos *Betula* žiedadulkės sudaro nuo 11 iki 20 %.

8 000 BP, 6 500 BP (atlantuje) *Betula* ir toliau mažėja. Didesni kiekiai išlieka pietvakarių (iki 25,1-40,7 %) ir Mažojoje Lietuvoje (iki 15,8-45,6 %). 8 000 BP (ankstyvajame atlantuje) *Betula* žiedadulkės neviršija 10 % tik vidurio Lietuvoje ir pajūryje, o 6 500 BP (vėlyvajame atlantuje) ši teritorija išsiplėčia ir apima didžiąją dalį Lietuvos.

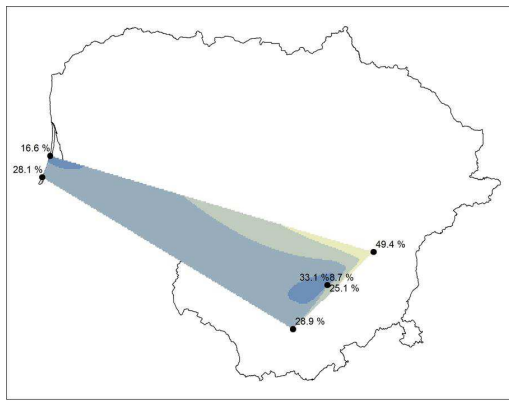
5 300 BP, 3 300 BP (subborealyje) beržo žiedadulkių šiek tiek daugiau nei atlantyje, tačiau išskyrus pavienius pjūvius, siekiančius 30-50 %, *Betula* sudaro iki 20 %. Abiejų šių chronozonų laikotarpiu didesni *Betula* kiekiai būdingi pietryčių Lietuvai ir Nemuno deltos apylinkėse.

1 800 BP, 500 BP (subatlantyje) *Betula* ir vėl padaugėja, ypač 1 800 BP. Iki 10 % kiekiai būdingi tik šiaurinei Lietuvos daliai, o pietryčiuose ir Nemuno deltoje nemažiams plotams būdingos virš 20 % procentinės išraiškos.

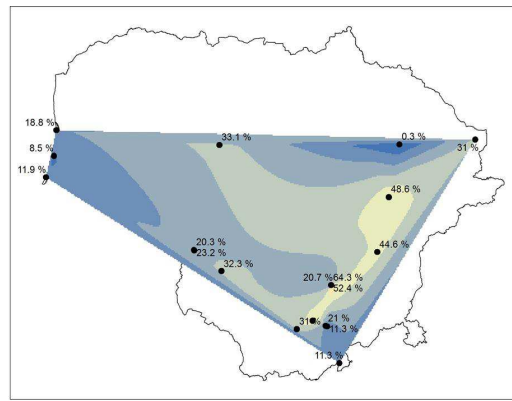
***Carpinus* (skroblas)** Lietuvoje paplitęs gana ribotai (3.6.5 pav.). Iki 8000 BP šios žiedadulkės aptinkamos tik pavieniuose pjūviuose. Greičiausiai tai perklostytos arba iš šiltesnių Europos kraštų atneštos žiedadulkės. 6500 BP (vėlyvajame atlantyje) jų atsiranda didesniame kiekyje pjūvių tačiau labai mažais kiekiais – iki 1 %.

5 300 BP, 3 300 BP (subborealyje) *Carpinus* reikšmingesniais kiekiais (iki kelių procentų) išplinta pietvakarinėje Lietuvos dalyje, tuo tarpu likusioje Lietuvos teritorijoje neviršija 1 %. Didžiausias *Carpinus* išplitimas pasiektas 1 800 BP (ankstyvajame subatlantyje), bet ir šiuo laikotarpiu didesnės nei 1 % reikšmės aptinkamos tik pietvakarinėje Lietuvos dalyje. 500 BP (vėlyvajame subatlantyje) daugiau nei 1 % siekia tik pavieniai žiedadulkių pjūviai Nemuno deltoje ir pietų Lietuvoje. Į šiaurinę Lietuvos dalį skroblas reikšmingesniais kiekiais taip ir neišplito.

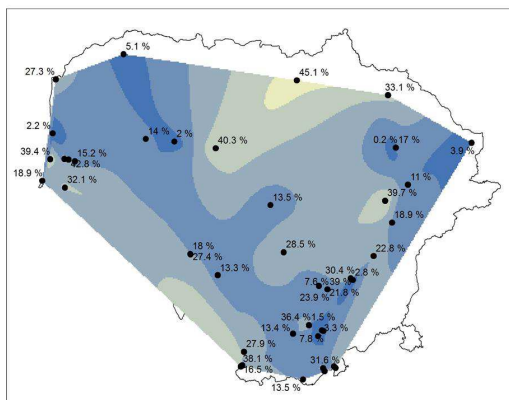
***Corylus* (lazdyno)** žiedadulkės aptinkamos visuose tiriamuosiuose laikotarpiuose (3.6.6, 3.6.7 pav.). Daugumoje pjūvių vėlyvajame ledynmetyje *Corylus* sudaro iki 1 %, kai kur siekia 20 % ir daugiau, bet tai tėra pavieniai pjūviai. Šiek tiek didesniais *Corylus* kiekiais išsiskiria 13 300 BP (aleriodas). Šiuo laikotarpiu nemažai pjūvių (ypač pietvakarių Lietuvoje) randama iki kelių procentų lazdyno žiedadulkių. Tačiau greičiausiai dauguma aptiktų vėlyvojo ledynmečio *Corylus* žiedadulkių yra perklostytos.



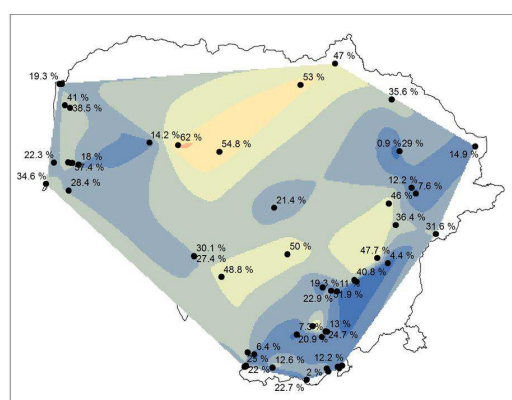
**14700 BP**



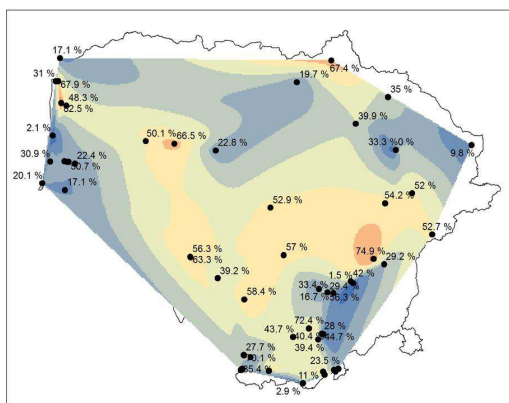
**14000 BP**



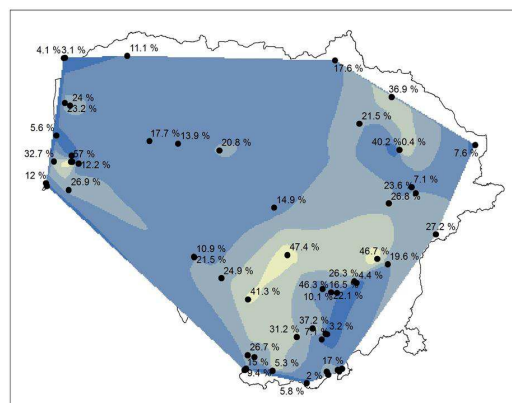
**13300 BP**



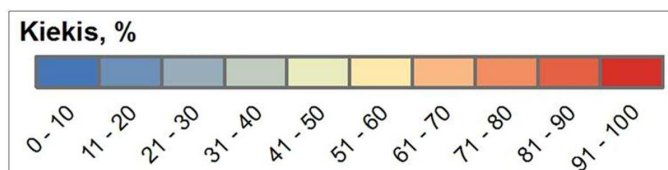
**12100 BP**



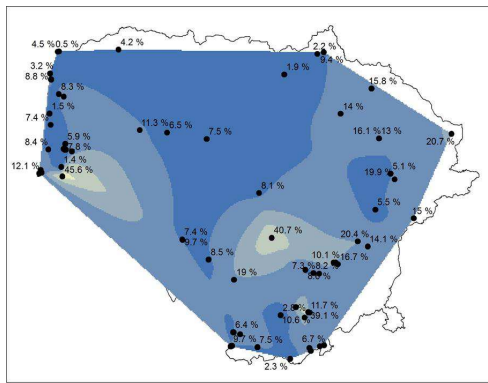
**10800 BP**



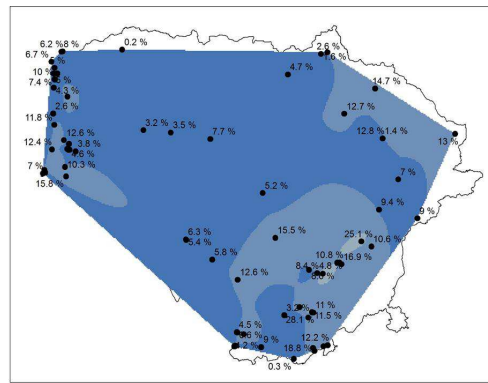
**9500 BP**



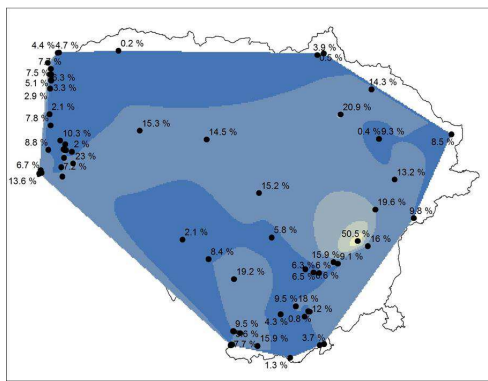
**3.6.3 pav.** *Betula* izožiedadulkių žemėlapiai 14 700 - 12 100 BP (vėlyvajame ledynmetyje), 10 800 BP (preborealyje) ir 9 500 BP (borealyje).



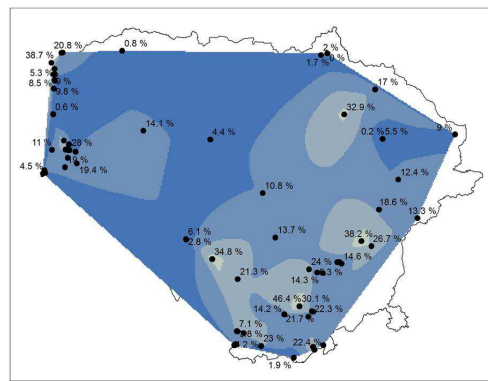
8000 BP



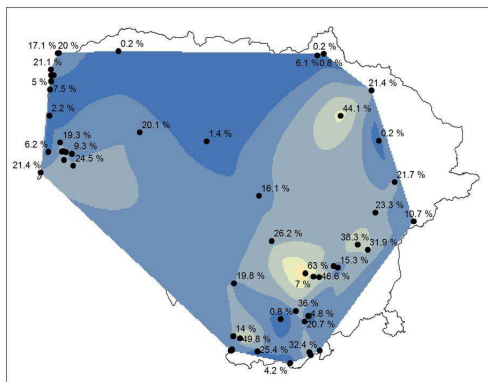
6500 BP



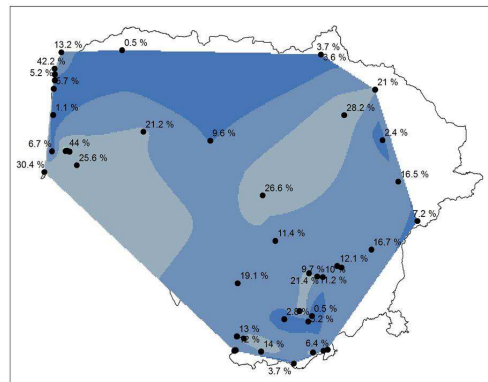
5300 BP



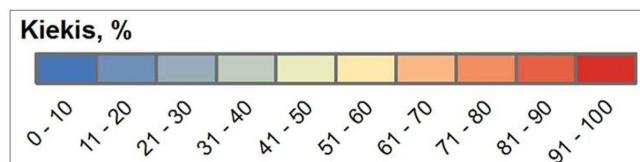
3300 BP



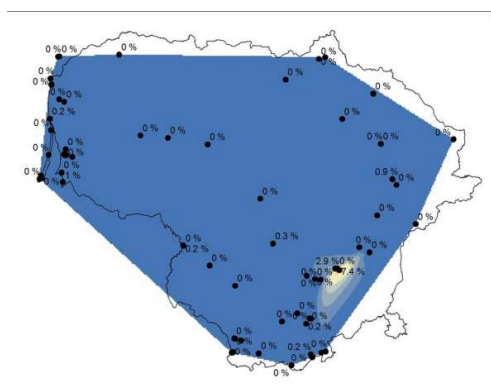
1800 BP



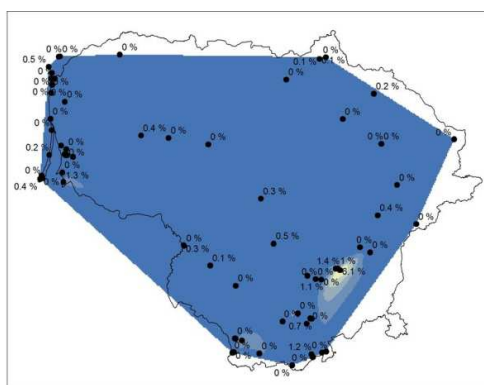
500 BP



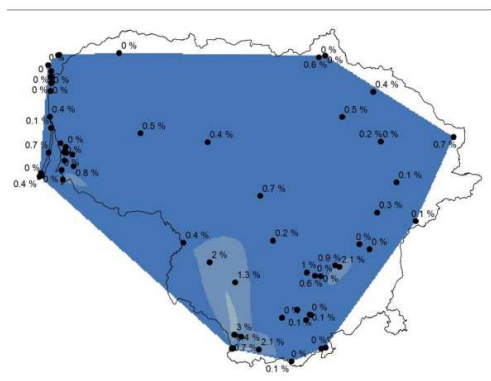
**3.6.4 pav.** *Betula* izožiedadulkių žemėlapiai 8 000 BP, 6 500 BP (atlantiyje), 5 300 BP, 3 300 BP (subborealyje) ir 1 800 BP, 500 BP (subatlantiyje).



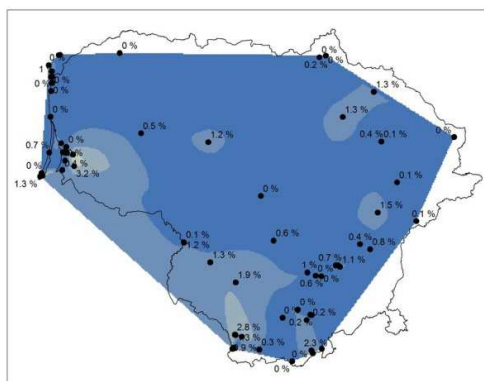
8000 BP



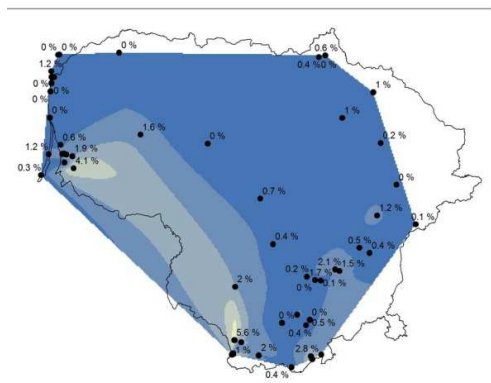
6500 BP



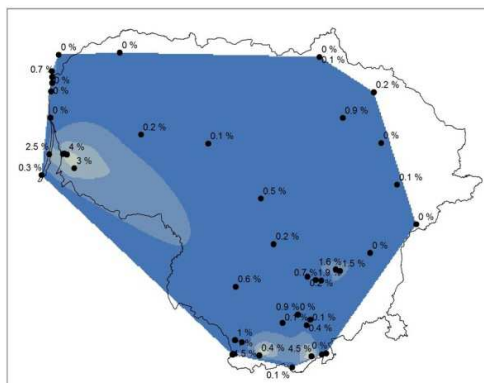
5300 BP



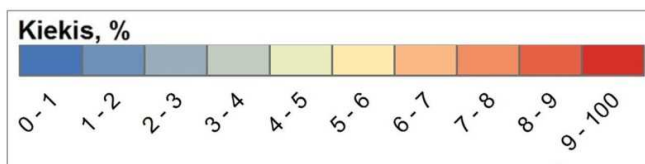
3300 BP



1800 BP



500 BP



**3.6.5 pav.** *Carpinus* izožiedadulkių žemėlapiai 8 000 BP, 6 500 BP (atlantyje), 5 300 BP, 3 300 BP (subborealyje) ir 1 800 BP, 500 BP (subatlantyje).

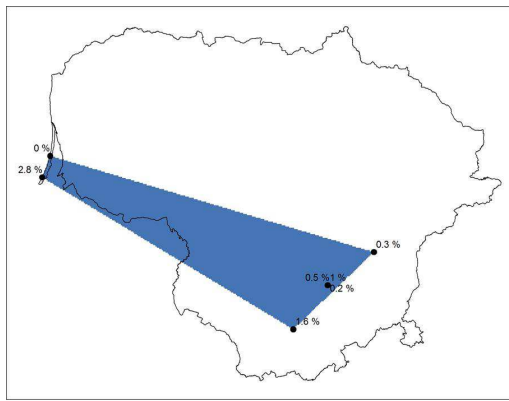


10 800 BP (preborealyje) pastebimas *Corylus* padaugėjimas – pietvakarių Lietuvoje reikšmės siekia 7,4 %, šiaurės rytų Lietuvoje – 8,8 %, tačiau šiaurės rytuose gausu pjūvių kuriuose lazdyno žiedadulkių apskritai neapibūdinta. Velnio duobės ir Strėvos įgriuvos grėžiniuose *Corylus* siekia 10,5-25,5 %, tačiau abiem šioms įgriuvoms preborealyje buvo būdinga erozija ir čia *Corylus* žiedadulkės greičiausiai yra perklostytos. Daugumoje Lietuvos pjūvių *Corylus* sudaro iki kelių procentų. Tai daugiau nei bet kuriuo vėlyvojo ledynmečio laikotarpiu, tačiau greičiausiai ir 10 800 BP vyravo atneštinės bei perklostytos žiedadulkės.

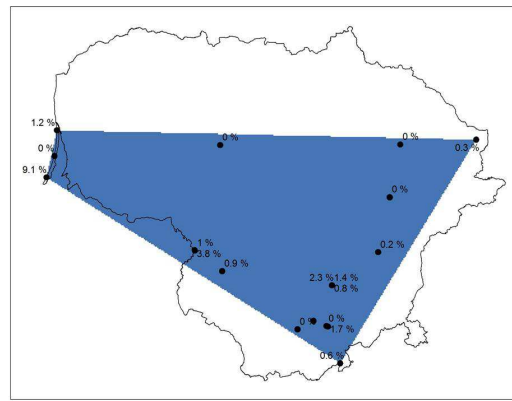
9 500 BP (borealyje) *Corylus* išplinta reikšmingesniais kiekiais. Pietvakarių (išskyrus Nemuno deltos ir Kuršių Nerijos apylinkes), vidurio bei kai kuriuose pietryčių Lietuvos pjūviuose *Corylus* viršija 10 %, Nopaičio pelkėje (Šakių raj.) siekia net 34,5-38,7 %. Tuo tarpu Nemuno deltos bei Kuršių Nerijos apylinkėse, šiaurės Lietuvoje bei didesnėje dalyje pietryčių Lietuvos *Corylus* dažniausiai nesiekia 10 %. Vistik, procentiniai kiekiai gerokai didesni nei 10 800 BP spektruose.

8 000 BP, 6 500 BP (atlantyje) *Corylus* pasiekia išplitimo maksimumą. Didžiausi kiekiai vis dar būdingi pietvakarių ir vidurio Lietuvai. Čia *Corylus* daugiausiai aptinkama nuo 10 iki 30 procentų, vietomis – net iki 40,5 %. 10 % *Corylus* vis dar neviršija šiaurės vakarų ir pietryčių Lietuvos žiedadulkių pjūviuose. Abiejų laikotarpių *Corylus* paplitimas panašus, tačiau 6 500 BP jis yra šiek tiek didesnis.

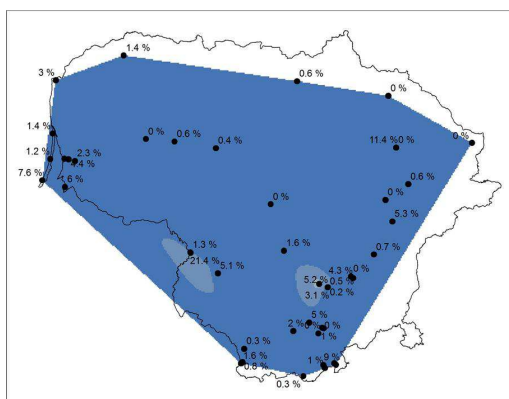
5 300 BP, 3 300 BP (subborealyje) lazdyno žiedadulkių sumažėja. Tik vidurio Lietuvoje ir keliuose pavieniuose pjūviuose kitose Lietuvos vietose *Corylus* viršija 10 %. 1 800 BP, 500 BP (subatlantyje) *Corylus* dar mažiau – beveik visoje Lietuvoje vyrauja iki 10 % procentinės reikšmės. Pasiskirstymas daugmaž tolygus. Šiek tiek daugiau lazdyno žiedadulkių būdinga pietryčių Lietuvos ir pajūrio pjūviams.



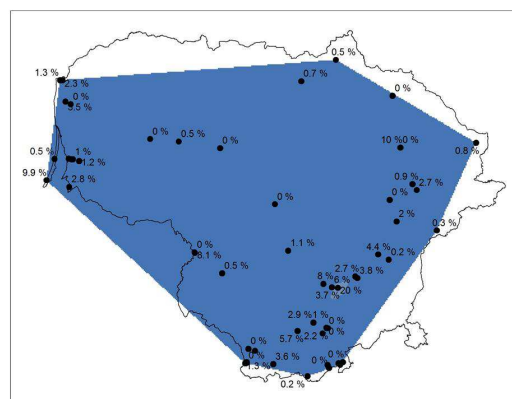
14700 BP



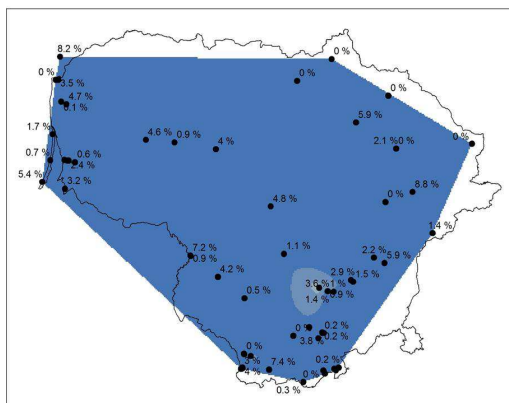
14000 BP



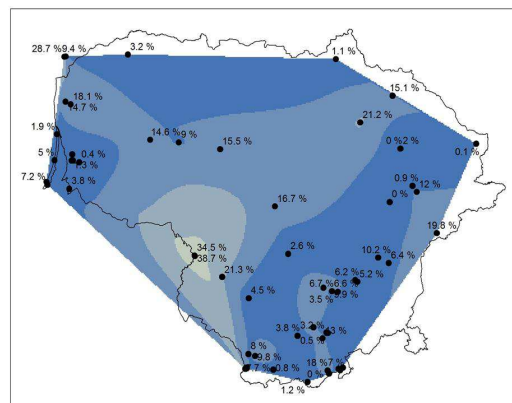
13300 BP



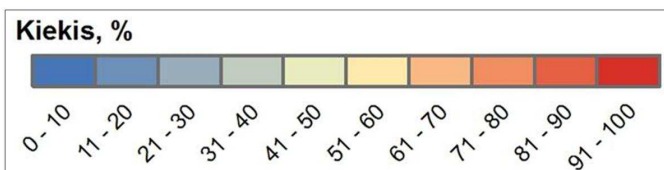
12100 BP



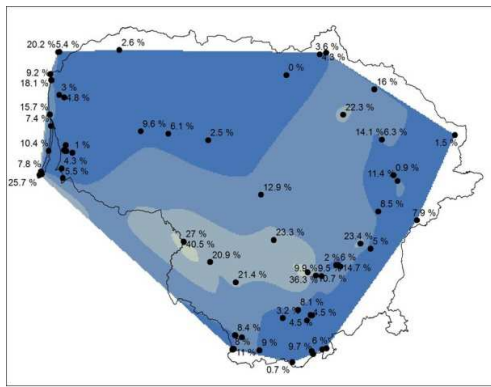
10800 BP



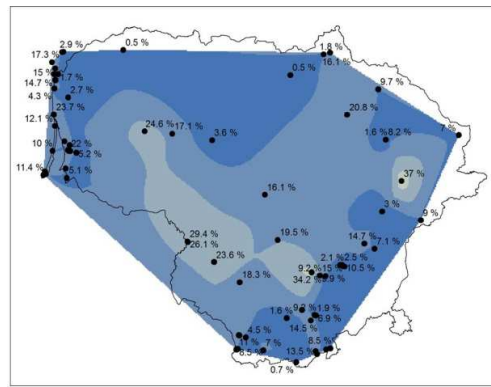
9500 BP



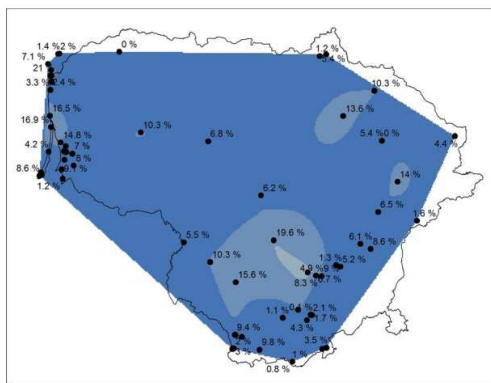
3.6.6 pav. *Corylus* izožiedadulkių žemėlapiai 14 700 - 12 100 BP (vėlyvajame ledynmetyje), 10 800 BP (preborealyje) ir 9 500 BP (borealyje).



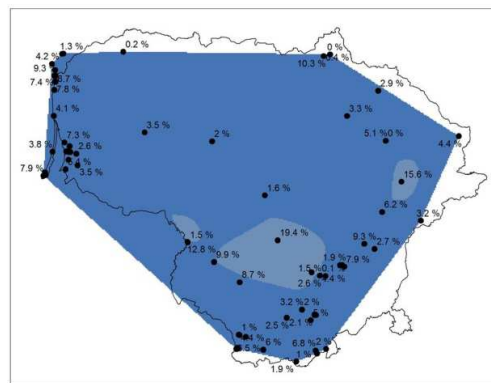
8000 BP



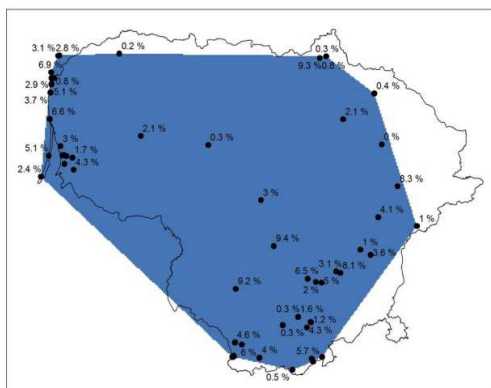
6500 BP



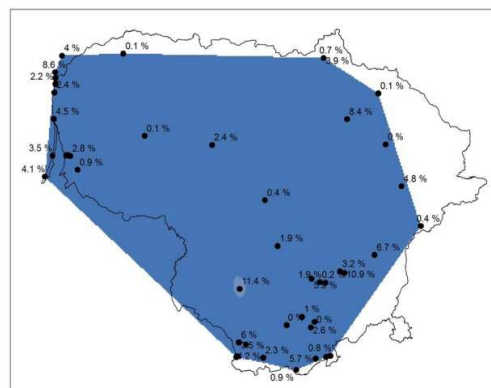
5300 BP



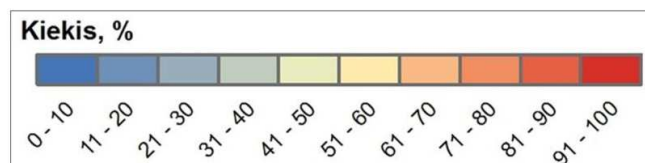
3300 BP



1800 BP



500 BP



**3.6.7 pav.** *Corylus* izožiedadulkių žemėlapiai 8 000 BP, 6 500 BP (atlantyje), 5 300 BP, 3 300 BP (subborealyje) ir 1 800 BP, 500 BP (subatlantyje).

**Fagus (buko)** žiedadulkės daugelyje chronozonų išvis neaptiktos, kitose aptinkamos itin nedideliais kiekiais, daugiausiai – pietų Lietuvoje (3.6.8 pav.). Pavienės žiedadulkės aptiktos Glėbo ežere (Varėnos raj.) 9 500 BP, Akmenos (Trakų raj.) ir Gudelių ežeruose (Vilniaus raj.) 8 000 BP, tačiau šių atsitiktinių žiedadulkių su šio taksono paplitimu Lietuvos teritorijoje to sieti negalima. 6 500 BP (vėlyvojo atlantčio) ir 5 300 BP, 3 300 BP (subborealia) žemėlapiuose *Fagus* žiedadulkės matomos dažniau, tačiau labai epizodiškai ir nedideliais kiekiais (iki 1-1,2 %). Panašu, kad šiais laikotarpiais *Fagus* Lietuvoje buvo daugiausiai. 1 800 BP (ankstyvajame subatlantyje) jų pastebimai sumažėja (iki 0,4 % ir mažiau), o 500 BP (vėlyvajame subatlantyje) *Fagus* pastebimas tik keliuose pietų Lietuvos pūviuose kiekiais iki 0,3 %.

**Fraxinus (uosis)** taip pat išplitęs pakankamai negausiai (3.6.9 pav.). Pirmosios pavienės žiedadulkės apibūdintos 10 800 BP (preborealia) nuosėdose. 9 500 BP (borealyje) pūvių, kuriuose aptiktos *Fraxinus* žiedadulkės, yra daugiau, tačiau kiekiai labai nedideli (iki 0,5 %). Visi šie pūviai išsidėstę vidurio Lietuvoje. 8 000 BP (ankstyvojo atlantčio) pavieniuose pūviuose visoje Lietuvoje aptinkami kiekiai iki 1 %, viename iš Čepkelių raisto grėžinių – 2,2 %. 6 500 BP (vėlyvajame atlantyje) bendri kiekiai panašūs, atskiruose grėžiniuose siekia 3-3,2 %. 5 300 BP, 3 300 BP (subborealyje) sumažėja tiek pūvių, kuriuose aptikta *Fraxinus*, tiek pačios procentinės išraiškos (iki 1-1,2 %). 1800 BP, 500 BP tik Amalvo ežeras išsiskiria reikšmingesniais *Fraxinus* kiekiais (1,3-1,7 %), likusioje Lietuvos dalyje *Fraxinus* gerokai mažiau nei 1 %.

**Juniperus (kadagio)** žiedadulkės visose chronozonose pasiskirsčiusios gana chaotiškai (3.6.10, 3.6.11 pav.) – bendri *Juniperus* kiekiai nėra dideli, tačiau labai stipriai dideliais kiekiais išsiskiria pavieniai pūviai.

*Juniperus* žiedadulkių aptinkama jau 14 700 BP (biolingo) ir 14 000 BP (ankstyvojo driaso) nuosėdose – atitinkamai iki 2,1 % ir 1,7 %. Visais

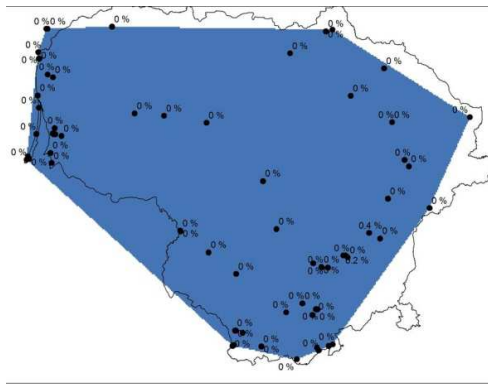
vėlesniais kiekiais bendri *Juniperus* kiekiai gerokai mažesni – iki 1 %, tačiau dideliais kiekiais išsiskiria pavieniai pjūviai. 13 300 BP (alериode), 12 100 BP (vėlyvajame driase) ir 10 800 BP (preborealyje) nemaži kiekiai (3,4-7,2 %) aptinkami Ežero pelkėje, esančioje Kauno rajone. 8 000 BP, 6 500 BP (atlantyje), 5 300 BP, 3 300 BP (subborealyje) ir 1 800 BP, 500 BP (subatlantyje) dideli kiekiai (net iki 24,1 %) būdingi Šiaurės Lietuvos karstinių įgriuvų gręžiniams.

***Picea* (eglė)** yra vienas labiausiai Lietuvoje paplitusių taksonų (3.6.12, 2.6.13 pav.). Nedideli kiekiai šių žiedadulkių (iki kelių procentų) aptinkami jau 14 700 BP (biolinge). 14 000 BP (ankstyvajame driase) didžiojoje Lietuvos dalyje kiekiai panašūs, tačiau šiaurės rytinėje Lietuvos dalyje *Picea* randama gerokai daugiau – iki 15,6 %. Panašus pasiskirstymas išlieka ir 13 300 BP (alериode) bei 12 100 BP (vėlyvajame driase), tačiau kiekiai palaipsniui didėja visoje Lietuvoje. Vėlyvajame ledynmetyje *Picea* šiaurės rytų Lietuvoje sudaro iki 23,6 %, likusioje Lietuvos teritorijoje – iki 7,5 %.

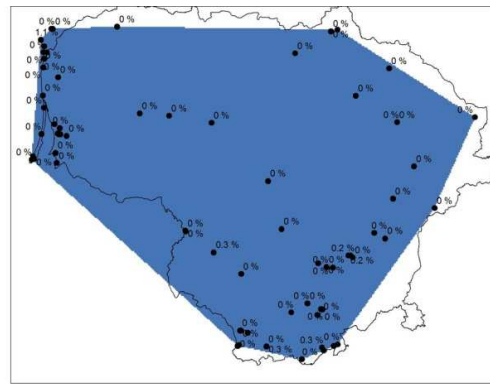
10 800 BP (holoceno pradžioje) *Picea* reikšmingai sumažėja, ypač šiaurės rytų Lietuvoje. Šiuo laikotarpiu *Picea* pasiskirstymas pakankamai tolygus visoje šalyje. Procentinės reikšmės siekia 7,5 %, tačiau vyrauja pjūviai, kuriuose *Picea* sudaro iki 3 %.

Pradedant 9 500 BP (borealiu) *Picea* vėl ima daugėti. Iš pradžių virš 10 % reikšmės aptinkamos tik pavieniuose pjūviuose. 8 000 BP, 6 500 BP (atlančio laikotarpiu) šiaurinėje Lietuvos dalyje daugumai pjūvių būdingi 20-30 % siekiantys *Picea* kiekiai, tuo tarpu pietų Lietuvoje – iki 10 %.

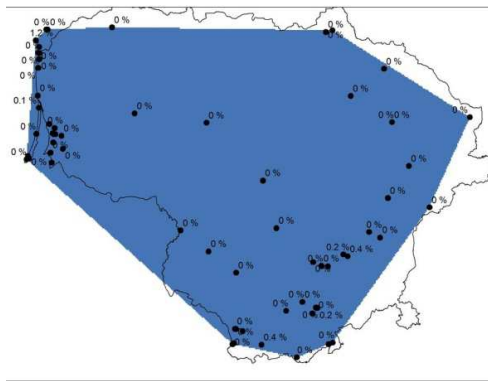
5 300 BP, 3 300 BP (subborealyje) *Picea* tampa vienu iš dominuojančių taksonų Lietuvos žiedadulkių spektruose, tačiau skirtumai šiaurės-pietų kryptimi dar labiau išryškėja – daugumoje pietryčių Lietuvos, Panemunės, pajūrio pjūvių *Picea* nesudaro nė 10 %, tuo tarpu šiaurės Lietuvos



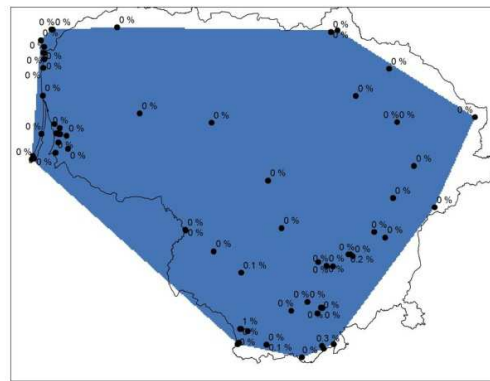
**8000 BP**



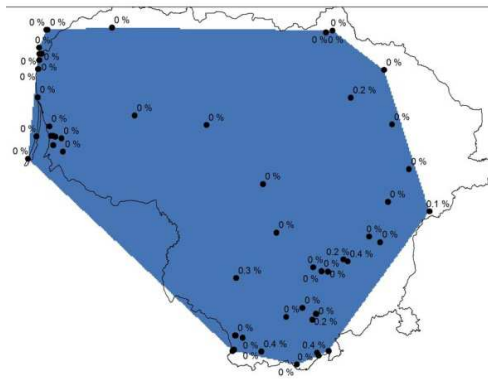
**6500 BP**



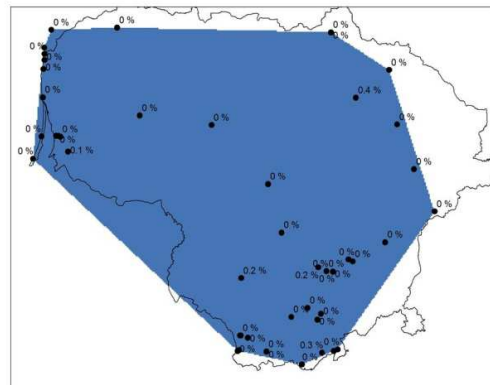
**5300 BP**



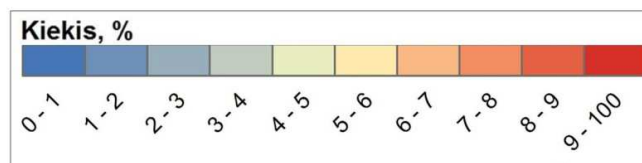
**3300 BP**



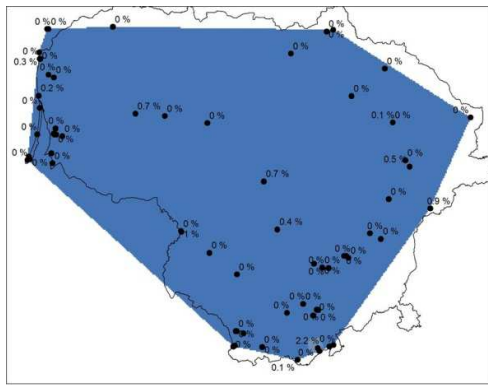
**1800 BP**



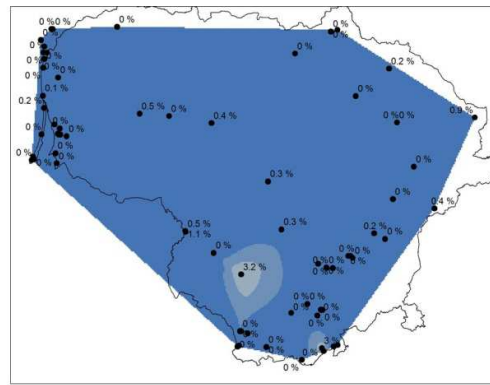
**500 BP**



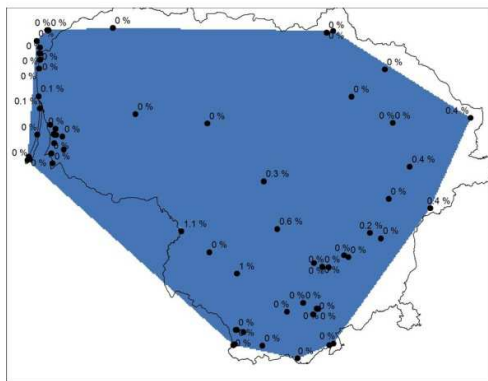
**3.6.8 pav.** *Fagus* izožiedadulkių žemėlapiai 8 000 BP, 6 500 BP (atlantyje), 5 300 BP, 3 300 BP (subborealyje) ir 1 800 BP, 500 BP (subatlantyje).



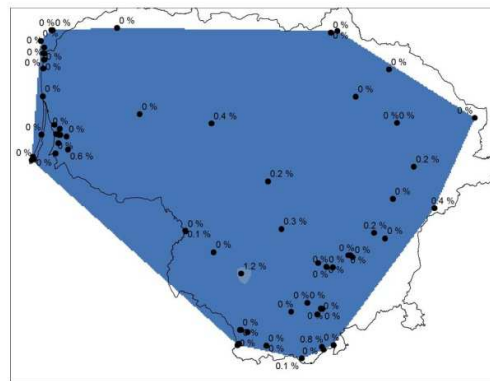
8000 BP



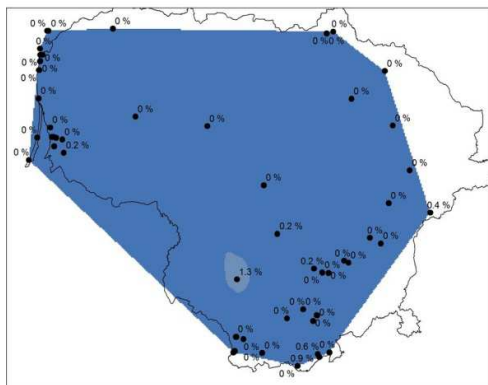
6500 BP



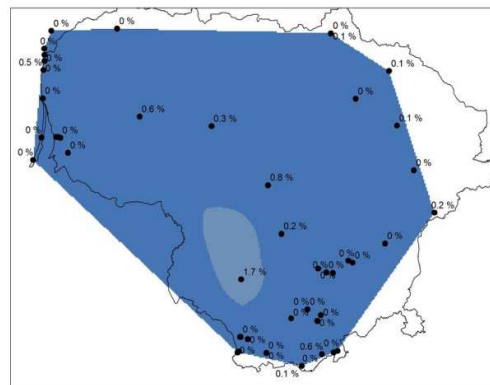
5300 BP



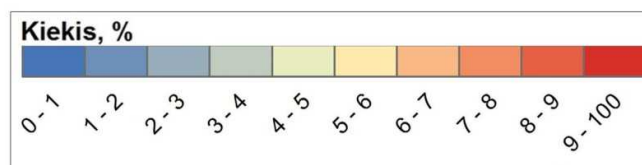
3300 BP



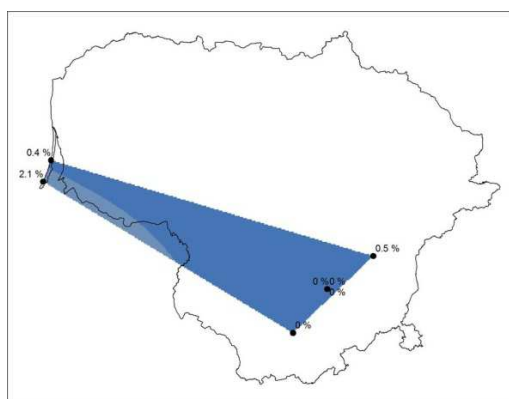
1800 BP



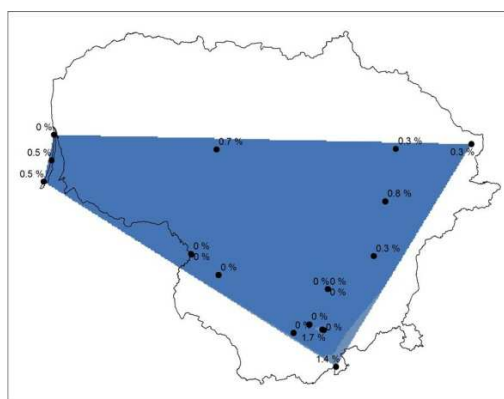
500 BP



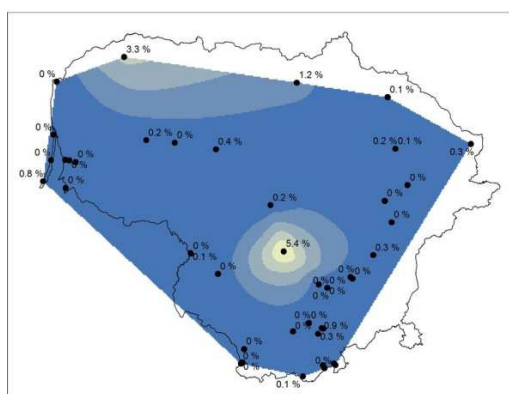
**3.6.9 pav.** *Fraxinus* izožadadulkių žemėlapiai 8 000 BP, 6 500 BP (atlantyje), 5 300 BP, 3 300 BP (subborealyje) ir 1 800 BP, 500 BP (subatlantyje).



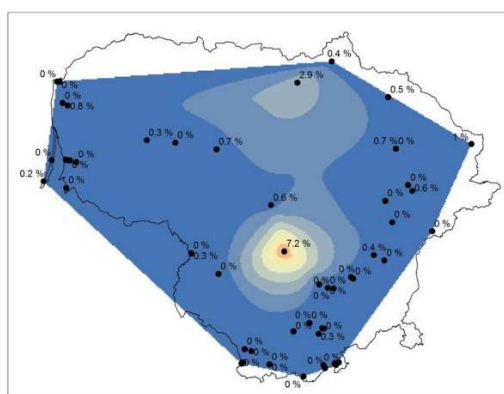
14700 BP



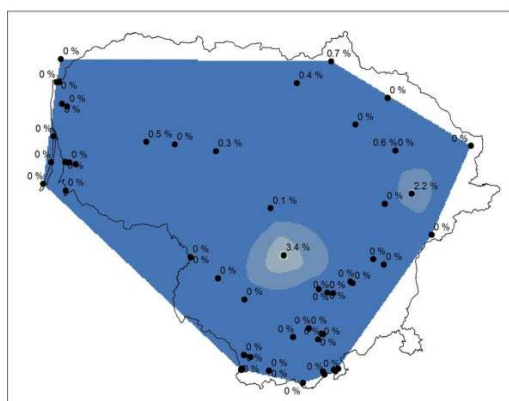
14000 BP



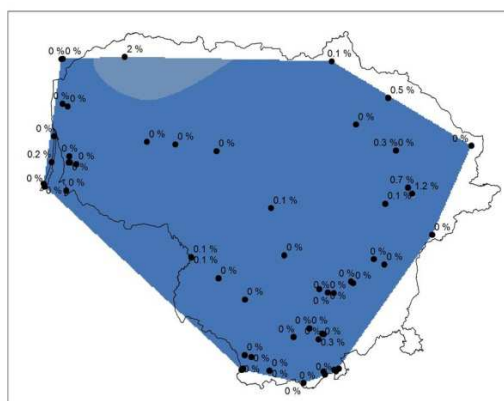
13300 BP



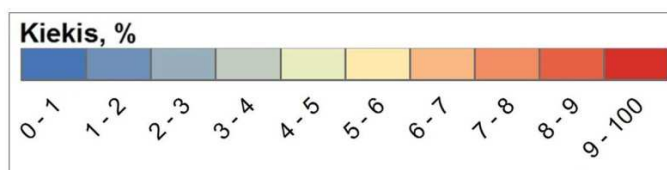
12100 BP



10800 BP

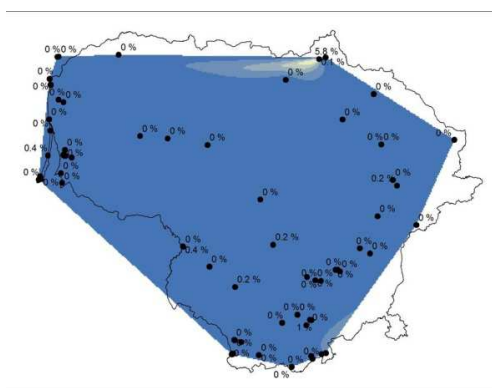


9500 BP

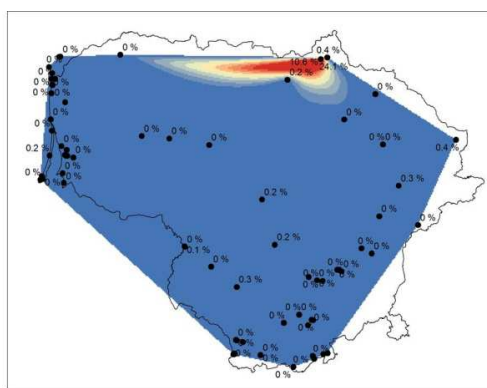


**3.6.10 pav.** *Juniperus* izožiedadulkių žemėlapiai 14 700 - 12 100 BP (vėlyvajame ledynmetyje), 10 800 BP (preborealyje) ir 9 500 BP (borealyje).

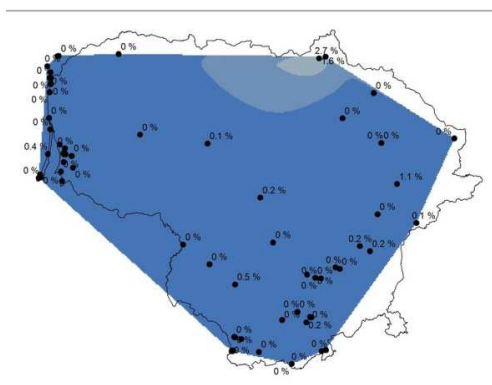




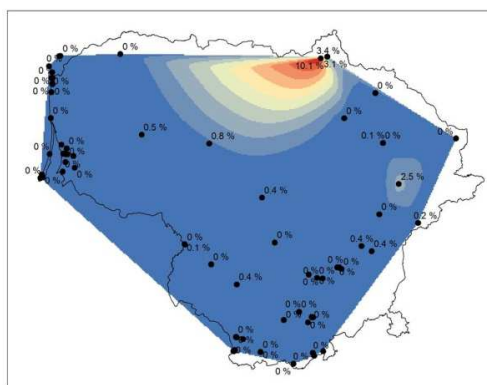
**8000 BP**



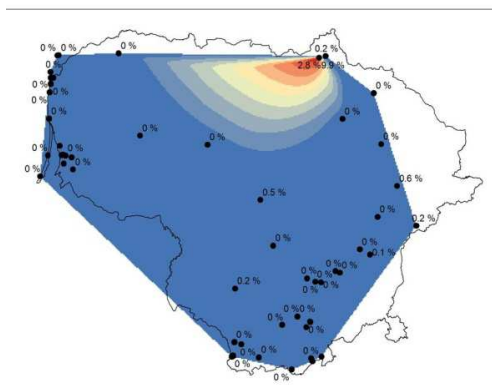
**6500 BP**



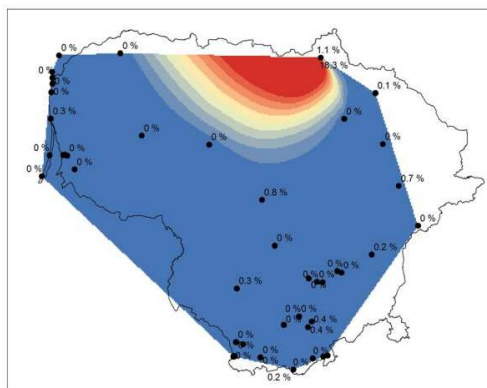
**5300 BP**



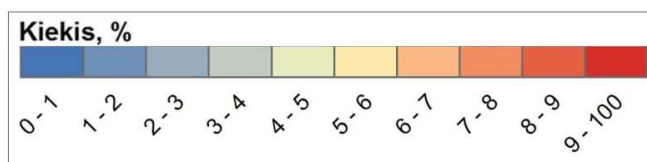
**3300 BP**



**1800 BP**



**500 BP**



**3.6.11 pav.** *Juniperus isozedardulkių* žemėlapiai 8 000 BP, 6 500 BP (atlantėje), 5 300 BP, 3 300 BP (subborealyje) ir 1 800 BP, 500 BP (subatlantėje).

pjūviams būdingi iki 43,7-50,2 % kiekiai. Žemėlapiuose aiškiai matomas laipsniškas *Picea* kiekių didėjimas iš pietų į šiaurę.

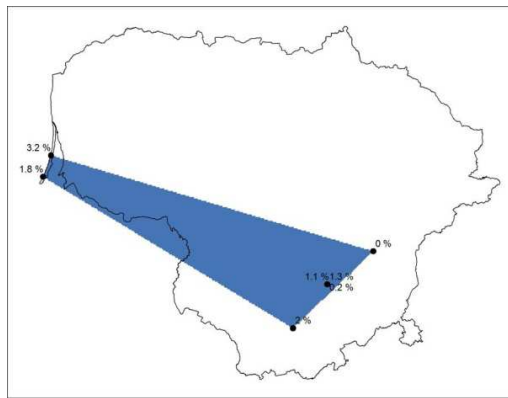
1 800 BP (ankstyvajame subatlantyje) reikšmingo *Picea* paplitimo zona nežymiai sumažėja, tačiau šiek tiek padidėja maksimalūs kiekiai pjūviuose (iki 60,1 %). 500 BP (vėlyvajame subatlantyje) *Picea* sumažėjimas gana ryškus, ypač šiaurinėje ir vidurio Lietuvoje, kur *Picea* kiekiai didžiausi. Šiuo laikotarpiu didžiausi *Picea* kiekiai siekia 21,2-21,5 % (Žemaitijoje), pavieniuose pjūviuose – iki 40,6 %.

***Pinus* (pušies)** žiedadulkės Lietuvoje dominavo visais tiriamaisiais laikotarpiais (3.6.14, 3.6.15 pav.). 14 700 BP (biolingo laikotarpio) pjūviuose *Pinus* sudaro 49,3-86,7 %, tačiau pjūvių per mažai, kad galima būtų daryti patikimas išvadas apie šio taksono žiedadulkių pasiskirstymą Lietuvos teritorijoje. 14 000 BP (ankstyvajame driase) mažesniais kiekiais aiškiai išsiskiria pietryčių Lietuva (26,3-53,1 %), tuo tarpu šiaurinėje Lietuvos dalyje *Pinus* dalis spektruose siekia net 82,7 %.

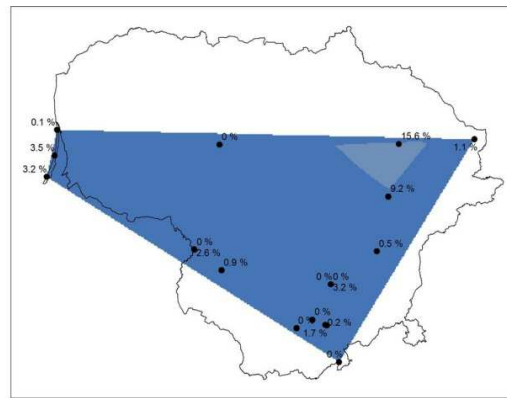
13 300 BP (aleriode) *Pinus* paplitimas gana netolygus, tačiau bendri kiekiai didžiausi iš visų tiriamųjų laikotarpių. Drūkšių ežere, Varėnos raj. pjūviuose, Smiltynės grėžinyje *Pinus* sudaro net 90,4-95,6 %. Tuo tarpu Nemuno deltoje, šiaurės Lietuvoje, Trakų rajone yra pjūvių, kuriuose *Pinus* neviršija 30-40 %.

12 100 BP (vėlyvajame driase) pušies sumažėja, tačiau pietryčių Lietuvoje, pajūryje, bei ribotose Žemaitijos ir vidurio Lietuvos teritorijose išlieka gana dideli (70-90 %, vietomis net daugiau).

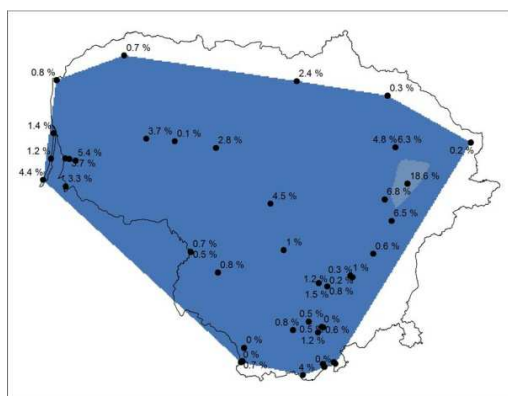
10 800 BP (preborealyje) ir 9 500 BP (borealyje) *Pinus* ir toliau mažėja, pasiskirstymas Lietuvos teritorijoje netolygus. Jis kinta nuo 9,4-9,8 % iki 95,7-96 %. Mažesniais kiekiais išsiskiria centrinė Lietuvos dalis, didesniais – pietryčių, šiaurės Lietuva bei pajūris.



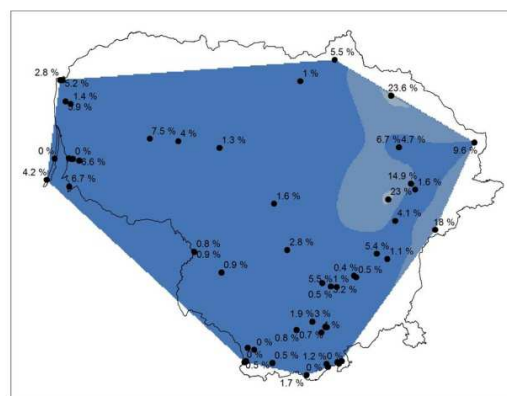
14700 BP



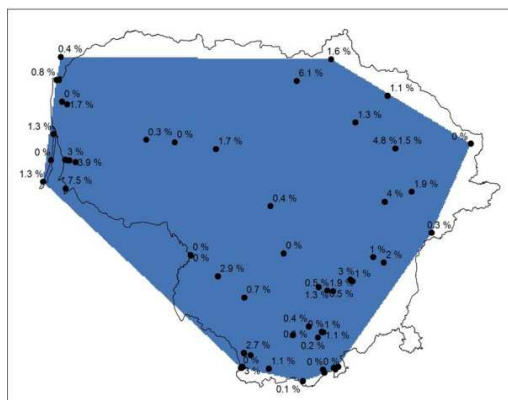
14000 BP



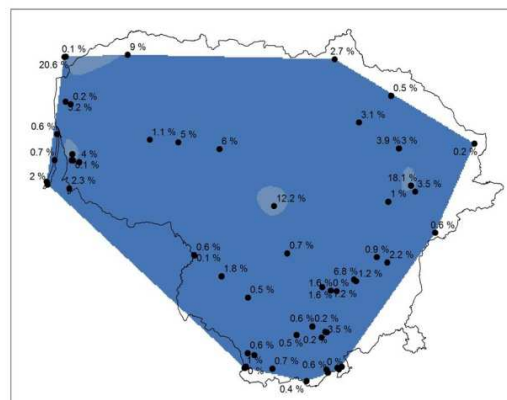
13300 BP



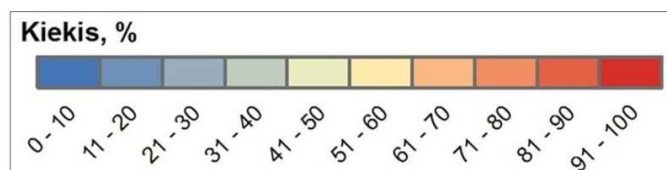
12100 BP



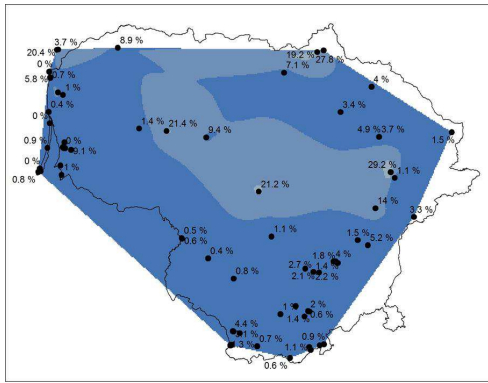
10800 BP



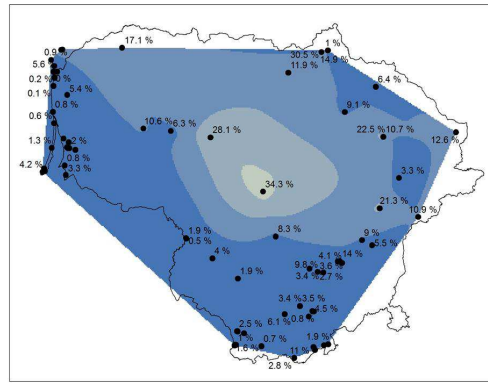
9500 BP



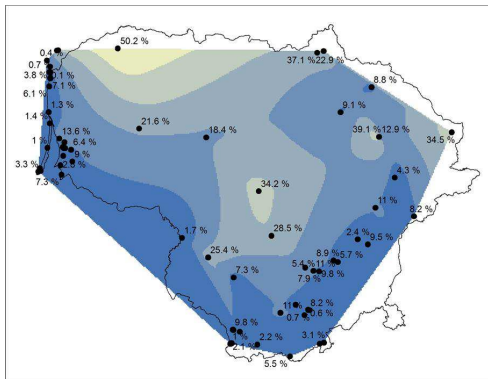
**3.6.12 pav.** *Picea* izožiedadulkių žemėlapiai 14 700 - 12 100 BP (vėlyvajame ledynmetyje), 10 800 BP (preborealyje) ir 9 500 BP (borealyje).



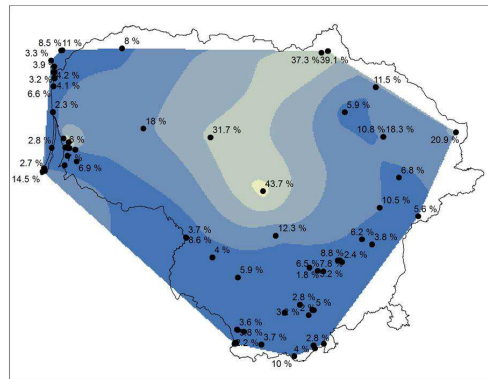
8000 BP



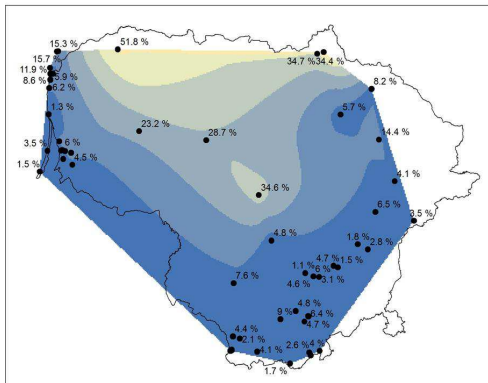
6500 BP



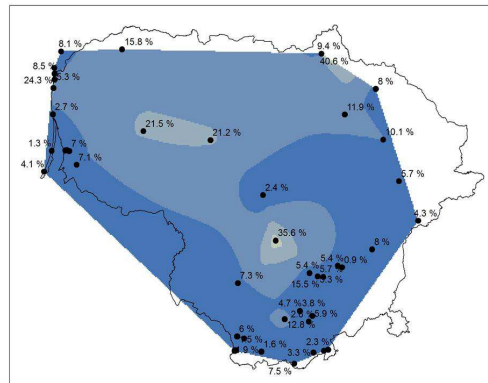
5300 BP



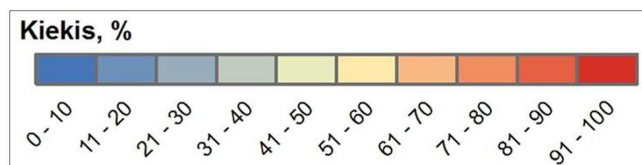
3300 BP



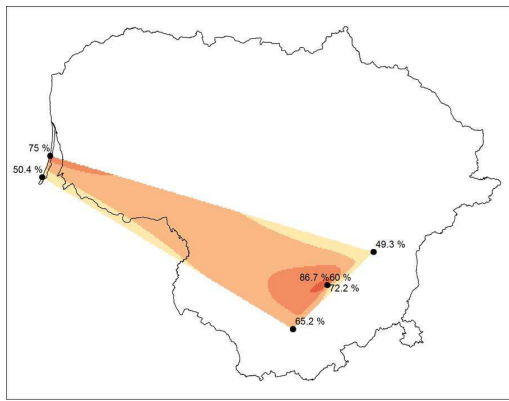
1800 BP



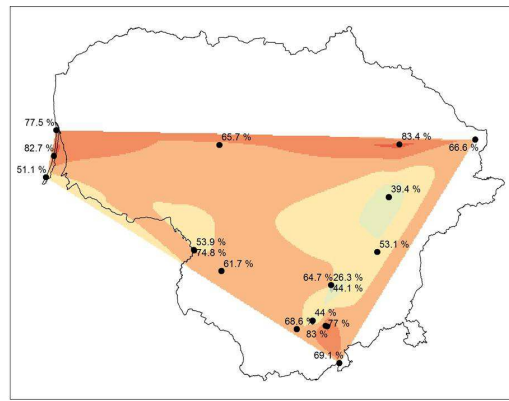
500 BP



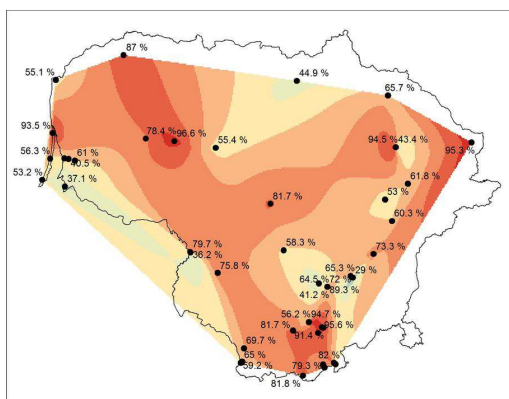
**3.6.13 pav.** *Picea isoetadulkių* žemėlapiai 8 000 BP, 6 500 BP (atlantyje), 5 300 BP, 3 300 BP (subborealyje) ir 1 800 BP, 500 BP (subatlantyje).



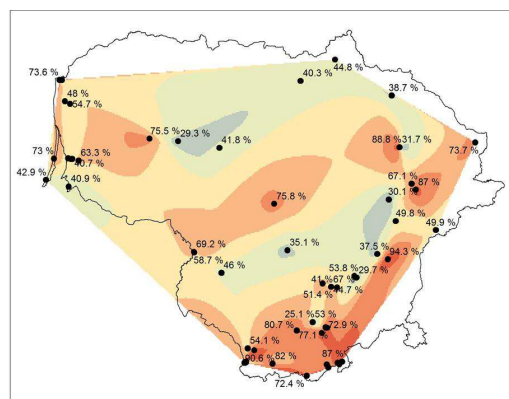
14700 BP



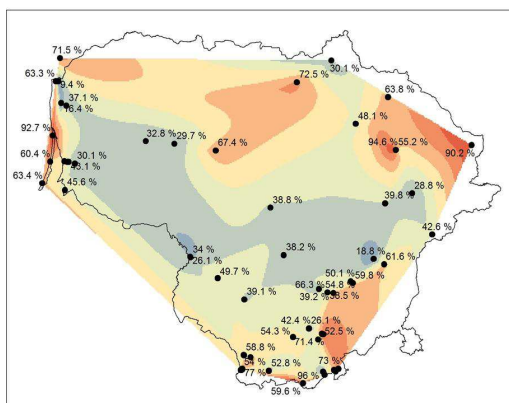
14000 BP



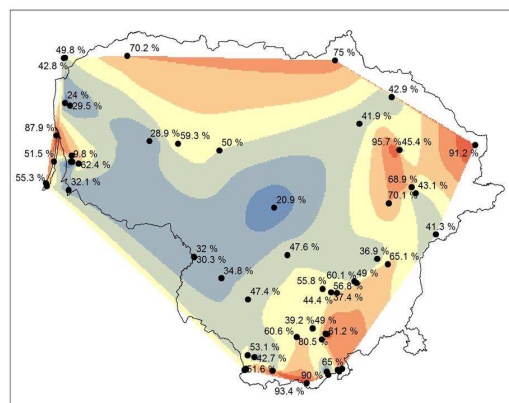
13300 BP



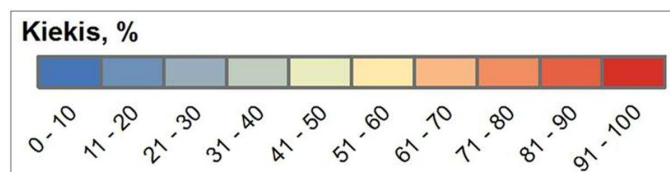
12100 BP



10800 BP



9500 BP



**3.6.14 pav.** *Pinus izeoides* žemėlapiai 14 700 - 12 100 BP (vėlyvajame ledynmetyje), 10 800 BP (preborealyje) ir 9 500 BP (borealyje).

Iki 6 500 BP (vėlyvojo atlantio) *Pinus* kiekiai palaipsniui mažėja ir šiuo laikotarpiu pasiekia mažiausias reikšmes. Didžiojoje dalyje Lietuvos teritorijos *Pinus* neviršija 30 %, tačiau link pietrytinio, šiaurinio Lietuvos pakraščio bei pajūrio *Pinus* laipsniškai daugėja. Kai kur *Pinus* procentiniai kiekiai siekia iki 71,2-80,8 %.

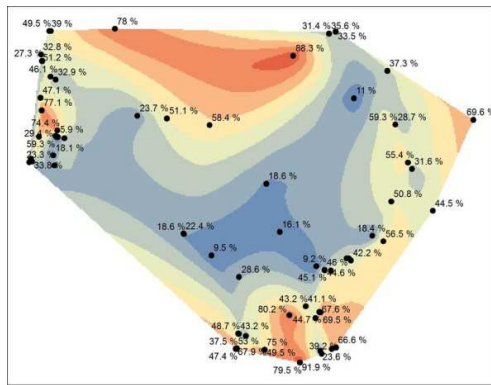
5 300 BP, 3 300 BP (subborealyje) *Pinus* daugėja, tačiau nežymiai. 3 300 BP (vėlyvajame subborealyje) vidurio Lietuvos pjūviuose *Pinus* sudaro iki 40 % spektrų, Lietuvos pakraščiuose – iki 77,2-90,9 %.

1 800 BP (ankstyvajame subatlantuje) pasiskirstymas išlieka labai panašus, tik ženkliai sumažėja *Pinus* žiedadulkių šalies šiaurėje (iki 39,9-66,9 %). 500 BP (vėlyvajame subatlantuje) *Pinus* ir vėl padaugėja. Didžiausi kiekiai taip pat būdingi pajūriui, šiaurės ir pietryčių Lietuvai, kur *Pinus* siekia iki 92,9 %.

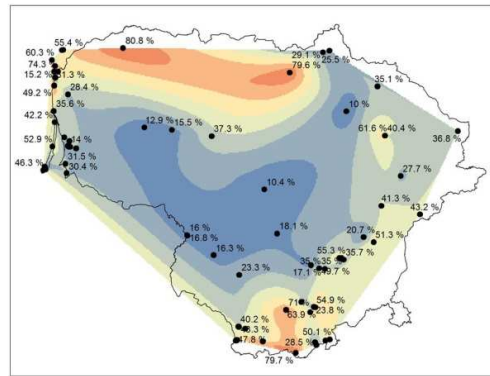
Pavienės ***Quercus* (ąžuolo)** žiedadulkės aptinkamos jau 14 700 BP (biolingo) ir 14 000 BP (ankstyvojo driaso) nuosėdose (3.6.16, 3.6.17 pav.). 13 300 BP (aleriode) aptinkami reikšmingesni kiekiai – pajūryje iki 2,4 %, likusioje Lietuvos dalyje – iki 1,1 %. 12 100 BP (vėlyvajame driase) aptinkamos tik pavienės ąžuolo žiedadulkės.

10 800 BP (preborealyje) pastebimas *Quercus* padaugėjimas, tačiau kiekiai nedideli – iki 1 %. Tik Šilutės-45 gręžinys išsiskiria 5,3 % *Quercus* kiekiu. 9 500 BP (borealyje) *Quercus* padaugėja gana ženkliai, ypač pietvakarinėje Lietuvos dalyje (iki 4-8 %). Tuo tarpu, šiaurės rytuose *Quercus* kiekiai dar vis nesiekia 1 %.

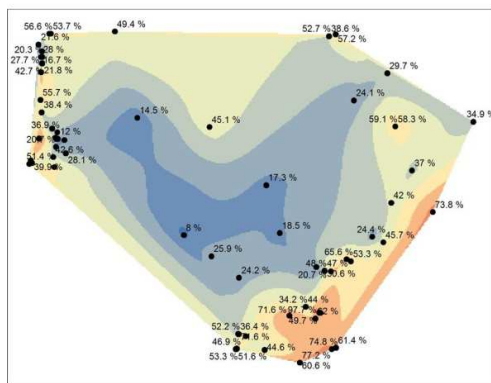
8 000 BP, 6 500 BP (atlantuje) *Quercus* kiekiai dar labiau padidėja ir 6 500 BP (vėlyvajame atlantuje) pasiekia maksimumą. Tačiau pasiskirstymas gana netolygus – dalyje šiaurės ir pietryčių Lietuvos *Quercus* neviršija 1 %, kai kuriuose pjūviuose, ypač pietų ir vakarų Lietuvoje, siekia iki 6,2-12,2 %.



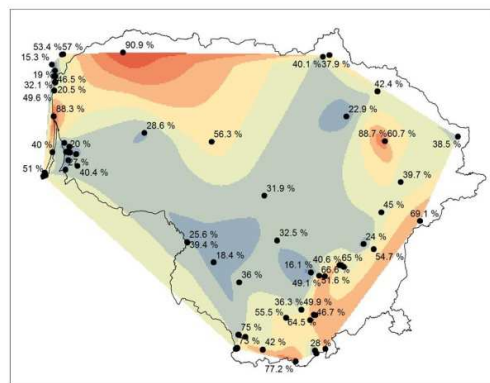
8000 BP



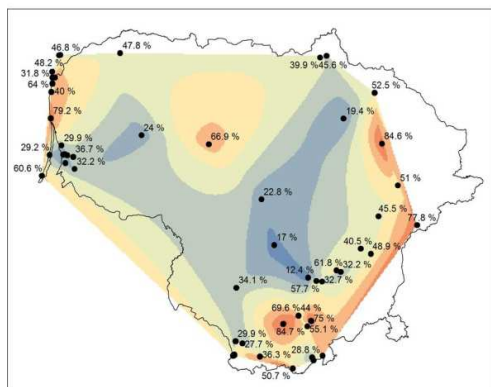
6500 BP



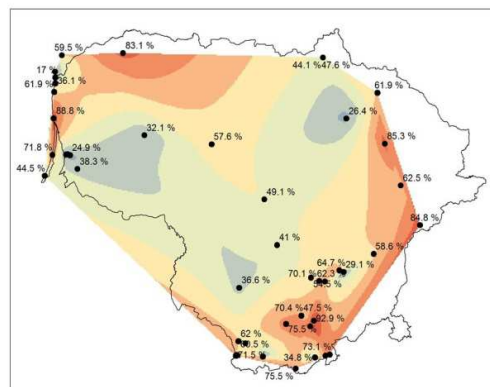
5300 BP



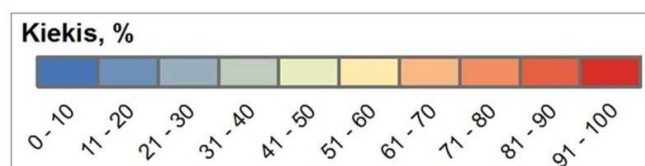
3300 BP



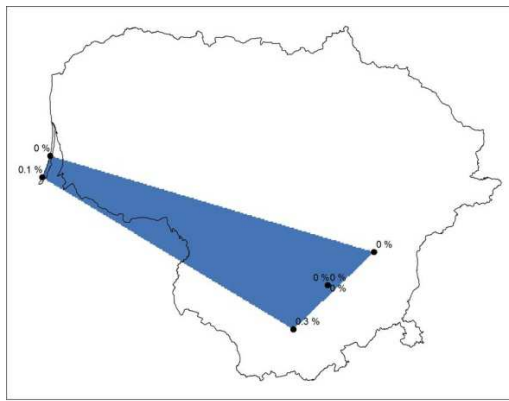
1800 BP



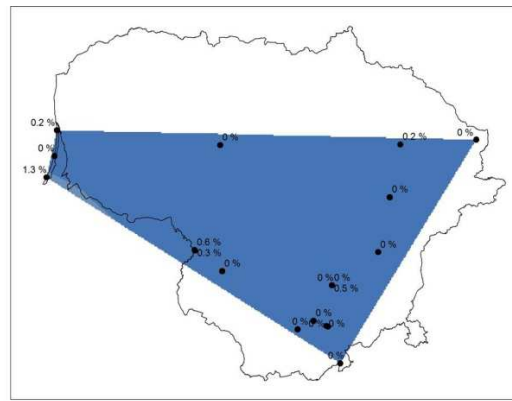
500 BP



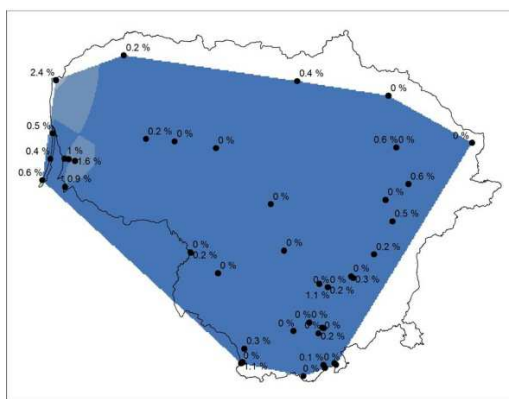
**3.6.15 pav.** *Pinus isozedardulkių* žemėlapiai 8 000 BP, 6 500 BP (atlantyje), 5 300 BP, 3 300 BP (subborealyje) ir 1 800 BP, 500 BP (subatlantyje).



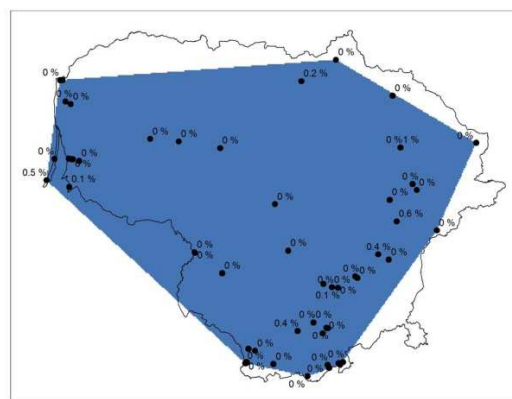
14700 BP



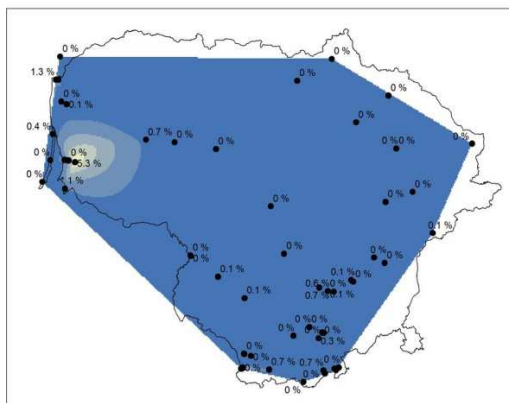
14000 BP



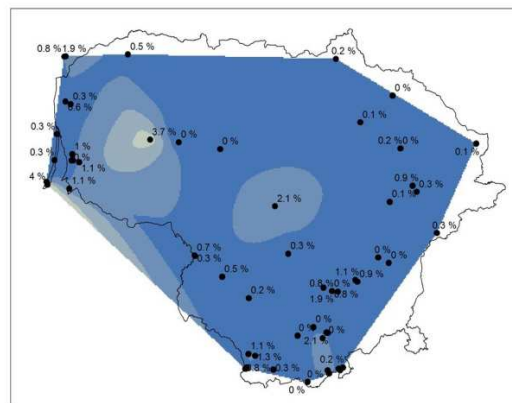
13300 BP



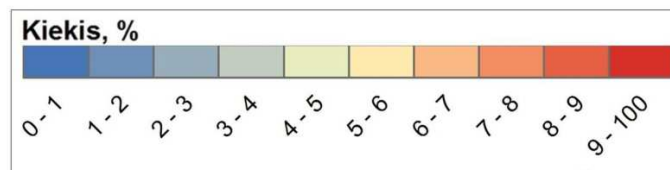
12100 BP



10800 BP

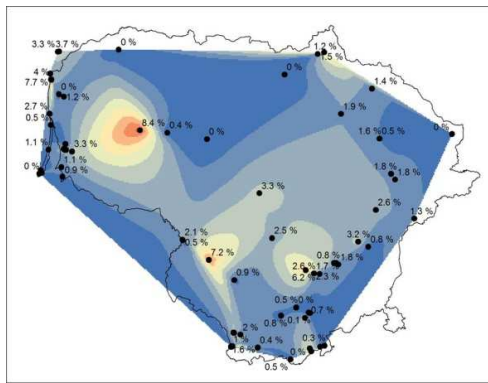


9500 BP

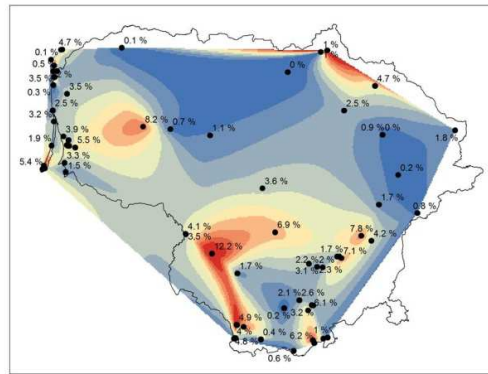


**3.6.16 pav.** *Quercus* izožiedadulkių žemėlapiai 14 700 - 12 100 BP (vėlyvajame ledynmetyje), 10 800 BP (preborealyje) ir 9 500 BP (borealyje).

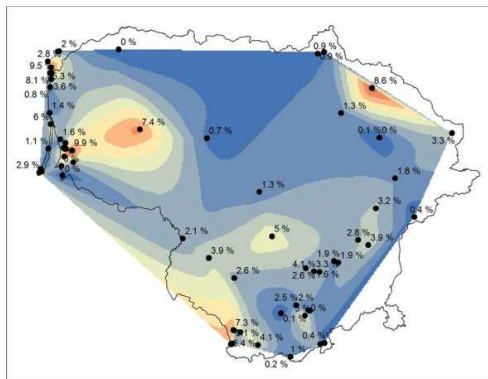




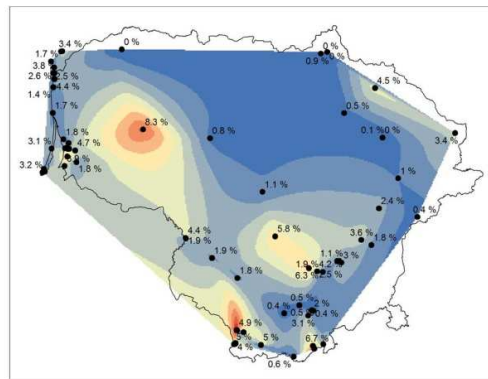
**8000 BP**



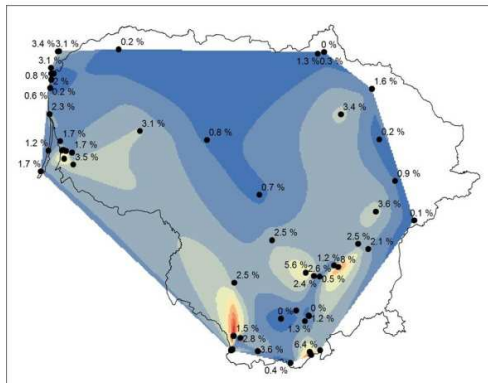
**6500 BP**



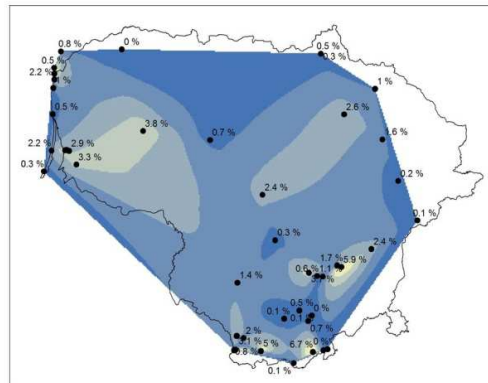
**5300 BP**



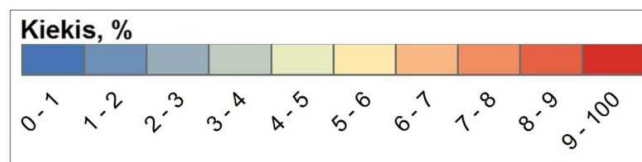
**3300 BP**



**1800 BP**



**500 BP**



**3.6.17 pav.** *Quercus isoëdadulkių* žemėlapiai 8 000 BP, 6 500 BP (atlantyje), 5 300 BP, 3 300 BP (subborealyje) ir 1 800 BP, 500 BP (subatlantyje).

5 300 BP, 3 300 BP (subborealyje) *Quercus* mažiau, tačiau kiekiai išlieka pakankamai reikšmingi. Didžiausi kiekiai būdingi pietų ir vakarų Lietuvai (iki 8,3-9,9 %), o šiaurėje ir pietryčiuose retai siekia 1-2 %. 1 800 BP, 500 BP (subatlantyje) *Quercus* žiedadulkių dar labiau sumažėja. Tik pavieniuose pjūviuose jų yra daugiau nei 4 %, o daugelyje šiaurės ir pietryčių Lietuvos pjūvių nesiekia 1 %.

***Salix (gluosnio)*** žiedadulkės reikšmingai buvo išplitusios vėlyvajame ledynmetyje (3.6.18, 3.6.19 pav.). 14 700 BP (biolingo) nuosėdose jų randama iki 3,4 %, 14 000 BP (ankstyvajame driase) – iki 4,7 %. Didžiausi kiekiai būdingi pietryčių Lietuvai. 13 300 BP (aleriode) bei 12 100 BP (vėlyvajame driase) *Salix* aptinkamas visoje Lietuvoje, tačiau dažnesnis pietryčių Lietuvoje. Kiekiai – atitinkamai iki 5,2 ir 3,5 %. Holoceno pirmojoje dalyje, iki 3 300 BP (subborealo) *Salix* žiedadulkės apibūdintos tik pavieniuose pjūviuose labai nedideliais kiekiais (daugiausia – iki 1 %). 1 800 BP, 500 BP (subatlančio laikotarpyje) pasireiškė maksimalus *Salix* paplitimas. Kai kuriuose pietų Lietuvos pjūviuose *Salix* sudaro 6,7-8 %. Šiaurės Lietuvoje – nesiekia 1 %.

***Tilia (liepos)*** žiedadulkės iki 13 300 BP (aleriodo) aptinkamos tik pavieniuose pjūviuose (3.6.20, 3.6.21 pav.). Aleriode iki kelių procentų sudaro atkiruose pjūviuose rytų, pietų Lietuvoje ir Panemunėje. 12 100 BP (vėlyvajame driase) kiekiai sumažėja, tačiau pietryčių Lietuvoje vis dar aptinkamos iki kelių procentų.

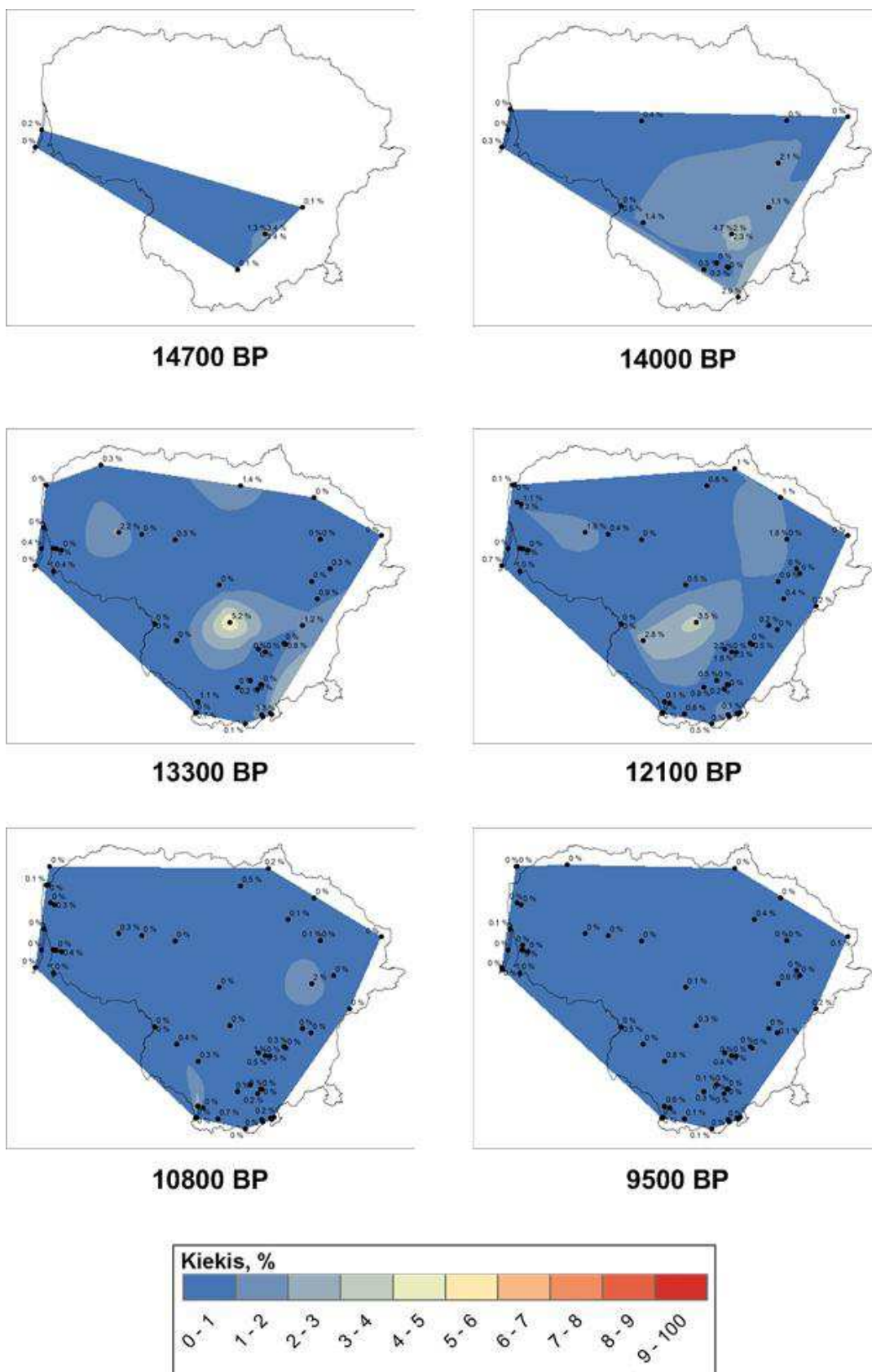
10 800 BP (preborealyje) *Tilia* žiedadulkės randamos visoje Lietuvoje, tačiau daugumoje tiriamųjų taškų neviršija 1-2 %. 9 500 BP (borealyje) *Tilia* reikšmingai padaugėja. Daugumoje vakarų ir vidurio Lietuvos pjūvių aptinkama nuo 1 iki 5 % *Tilia* žiedadulkių. Šiaurinėje ir pietryčių Lietuvoje jų mažiau, tačiau pavieniuose pjūviuose jos neretai sudaro iki 2 %.

8 000 BP, 6 500 BP (atlantėje) *Tilia* išplinta visoje Lietuvos teritorijoje sudarydama iki 12,2-18,8 %, tačiau paplitimas gana netolygus – netoliese esančių pjūvių spektrai dažnai skiriasi keliais ar net keliolika procentų. Nuo 5 300 BP (subborealiu) *Tilia* žiedadulkių palaipsniui mažėja. 5 300 BP (ankstyvajame subborealyje) didžiojoje dalyje žiedadulkių pjūvių *Tilia* sudaro bent 1 % ar daugiau. 3 300 BP (vėlyvajame subborealyje) ši teritorija susitraukia iki pietų, rytų Lietuvos ir pajūrio.

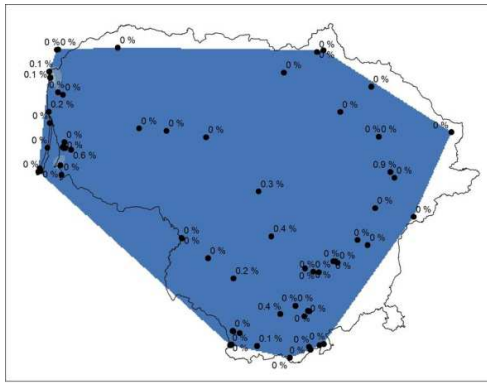
1 800 BP (ankstyvajame subatlantėje) didesnė (iki 4,5 %) *Tilia* žiedadulkių koncentracija būdinga vidurio Lietuvai, kitur dažniausiai nesiekia 1 %. 500 BP (vėlyvajame subatlantėje) išsiskiria vidurio ir šiaurės Lietuva, kur *Tilia* sudaro iki 2,9 -3,5 %. Kitur nesiekia 1 %, nemažoje dalyje pjūvių apskritai neaptiktos.

14 700 BP (biolingo) ir 14 000 BP (ankstyvojo driaso) laikotarpiais ***Ulmus (guobos)*** žiedadulkės apibūdintos tik pavieniuose pjūviuose (3.6.22, 3.6.23 pav.). 13 300 BP (aleriode) *Ulmus* padaugėja. Kai kuriuose pjūviuose aptikta iki 4-7,1 % šių žiedadulkių. 12 100 BP (vėlyvojo driaso laikotarpiu) daugumoje tiriamųjų taškų *Ulmus* neaptikta arba aptikta iki 1 %.

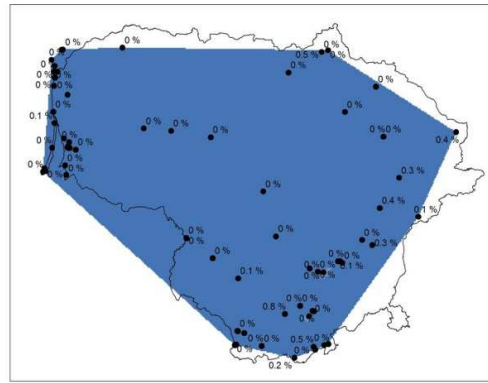
Pradedant 10 800 BP (preborealiu) *Ulmus* palaipsniui daugėja, ypač pietvakarių Lietuvoje. 10 800 BP randama iki 8,9 %, 9 500 BP (borealyje) iki 25,7 % *Ulmus* žiedadulkių. 8 000 BP (ankstyvajame atlantėje) *Ulmus* daugumoje pjūvių pasiekia maksimumą. Šiaurinės Suvalkijos ir kai kuriems šiaurės vakarų Lietuvos pjūviams būdingi didesni nei 10 % *Ulmus* kiekiai. 6 500 BP (vėlyvajame atlantėje) *Ulmus* mažiau, tačiau kiekiai sąlyginai dideli – iki keliolikos procentų. Vėliau *Ulmus* dar labiau mažėja. 5 300 BP (ankstyvajame subborealyje) didžiąją dalį Lietuvos dar dengia didesnio, nei 1 % paplitimo zona, 3 300 BP (vėlyvajame subborealyje) ši zona sumažėja iki pietvakarių ir pietryčių Lietuvos.



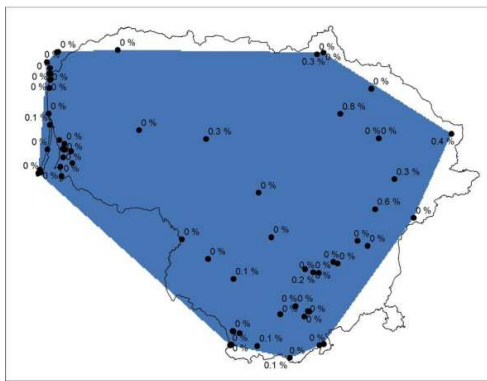
**3.6.18 pav.** *Salix* izožiedadulkių žemėlapiai 14 700 - 12 100 BP (vėlyvajame ledynmetyje), 10 800 BP (preborealyje) ir 9 500 BP (borealyje).



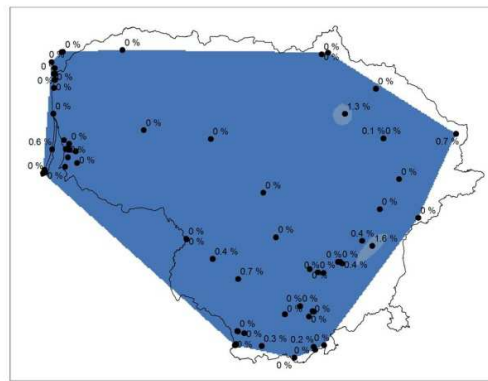
8000 BP



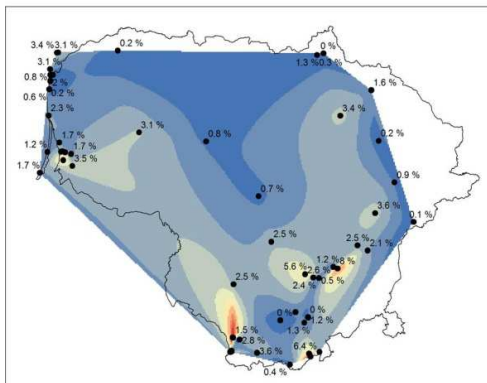
6500 BP



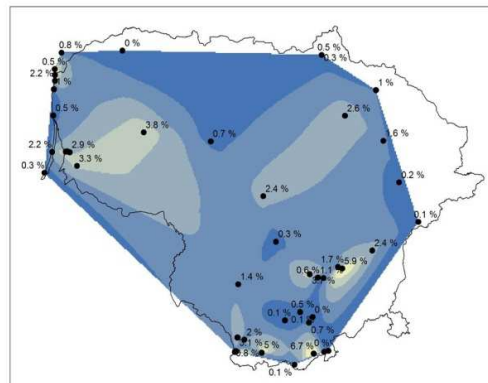
5300 BP



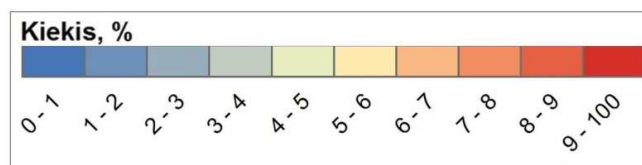
3300 BP



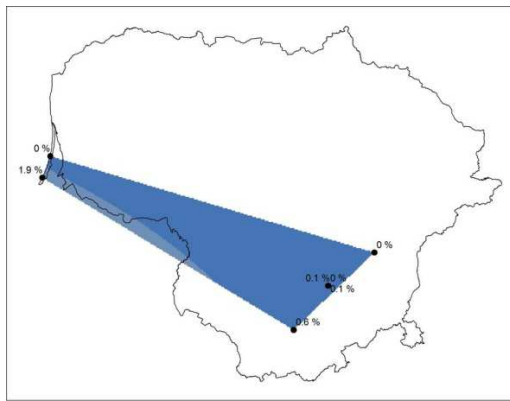
1800 BP



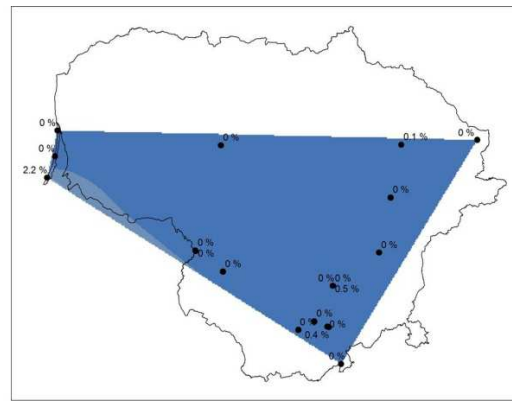
500 BP



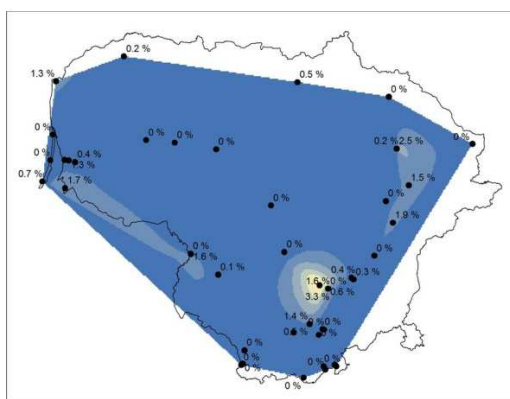
3.6.19 pav. *Salix* izožiedadulkių žemėlapiai 8 000 BP, 6 500 BP (atlantyje), 5 300 BP, 3 300 BP (subborealyje) ir 1 800 BP, 500 BP (subatlantyje).



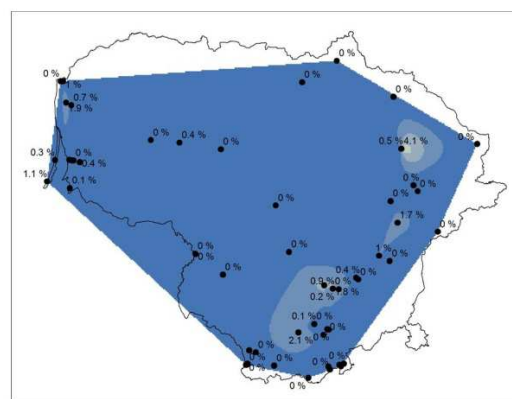
14700 BP



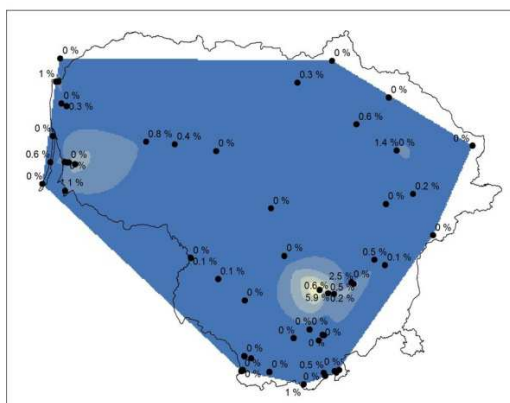
14000 BP



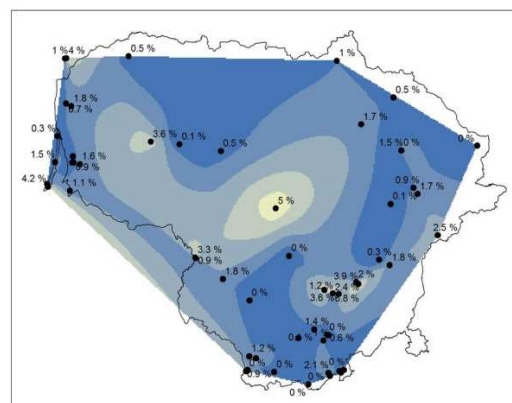
13300 BP



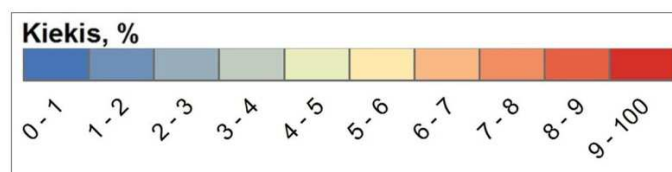
12100 BP



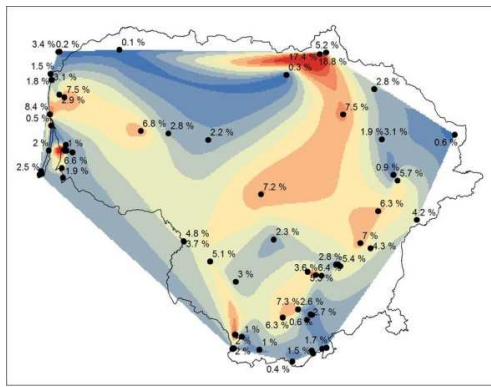
10800 BP



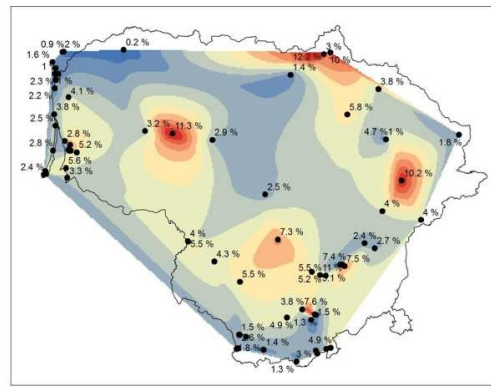
9500 BP



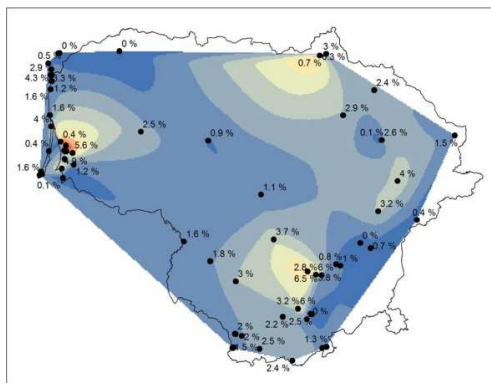
**3.6.20 pav.** Tilia izožadadulkių žemėlapiai 14 700 - 12 100 BP (vėlyvajame ledynmetyje), 10 800 BP (preborealyje) ir 9 500 BP (borealyje).



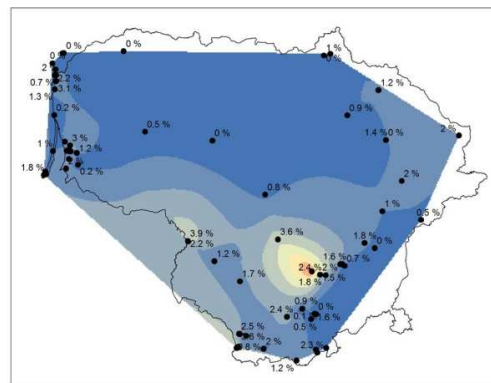
8000 BP



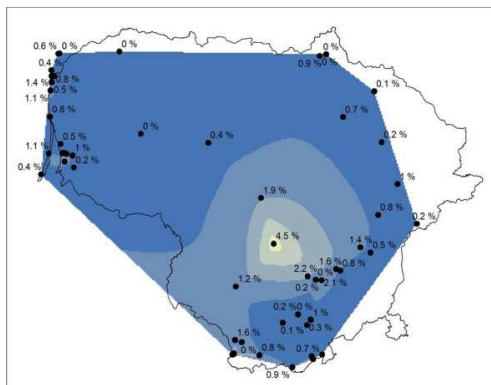
6500 BP



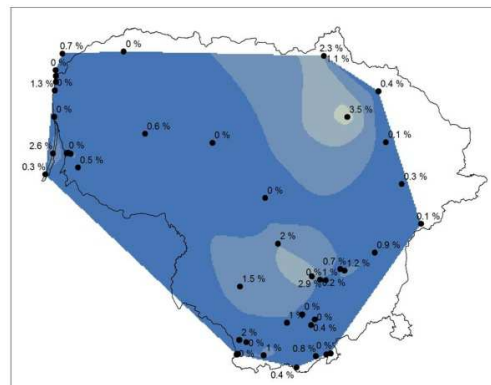
5300 BP



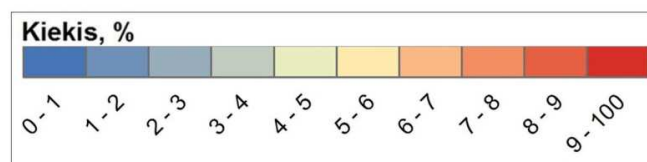
3300 BP



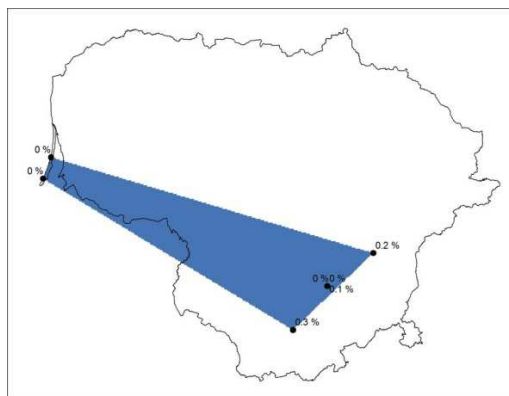
1800 BP



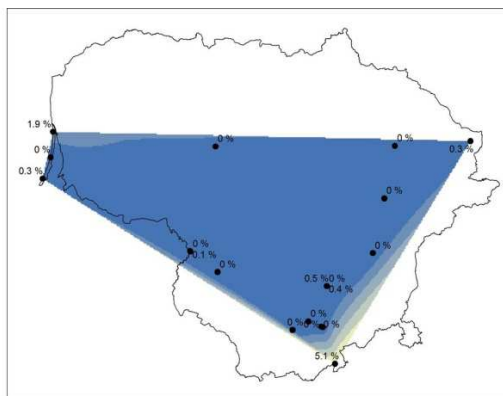
500 BP



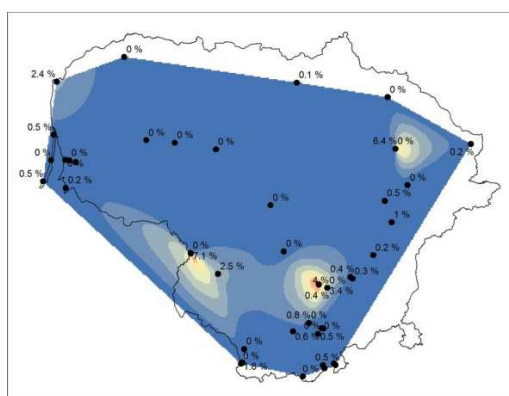
**3.6.21 pav.** Tilia izožadadulkių žemėlapiai 8 000 BP, 6 500 BP (atlantyje), 5 300 BP, 3 300 BP (subborealyje) ir 1 800 BP, 500 BP (subatlantyje).



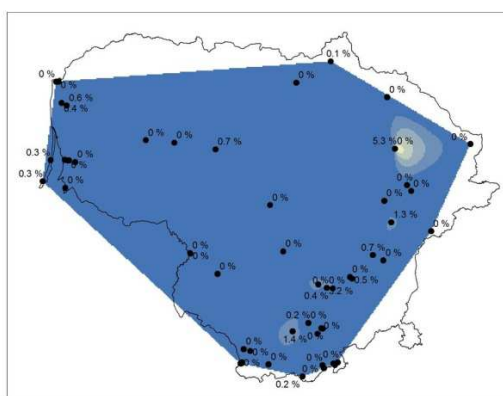
14700 BP



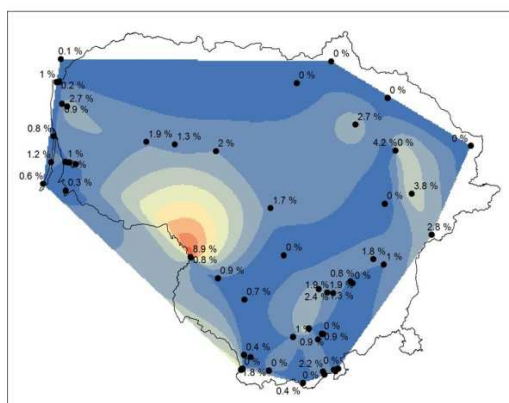
14000 BP



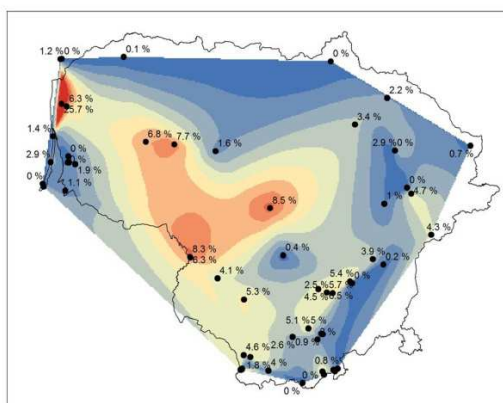
13300 BP



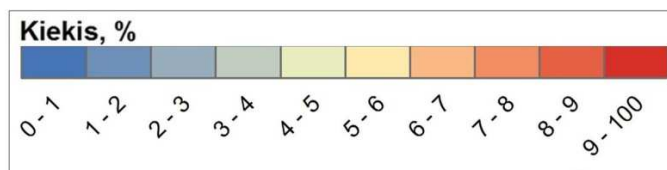
12100 BP



10800 BP

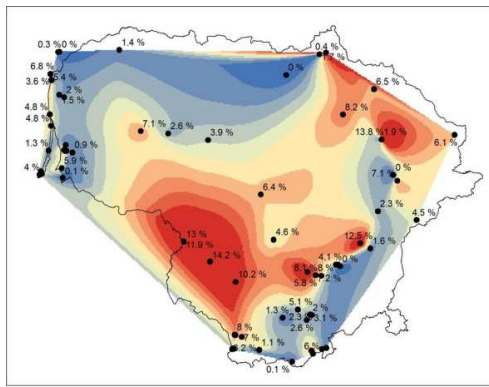


9500 BP

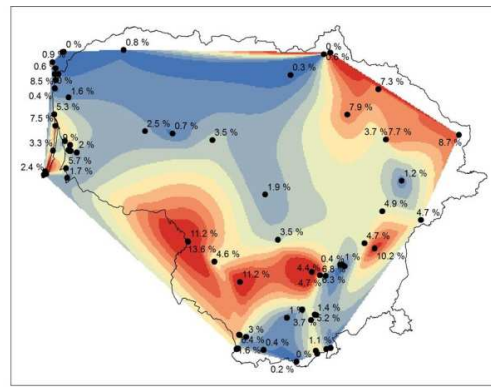


**3.6.22 pav.** *Ulmus* izožiedadulkių žemėlapiai 14 700 - 12 100 BP (vėlyvajame ledynmetyje), 10 800 BP (preborealyje) ir 9 500 BP (borealyje).

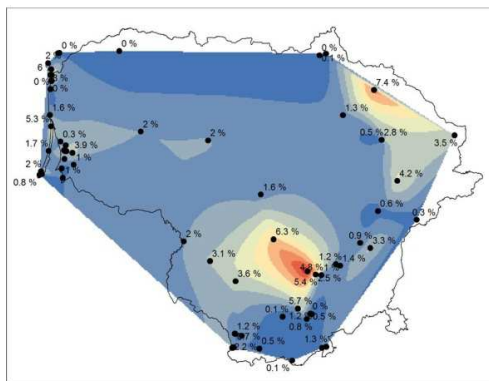




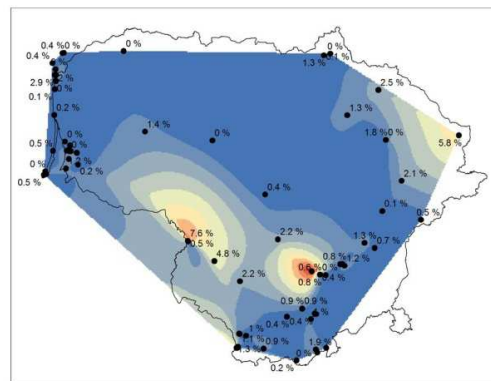
8000 BP



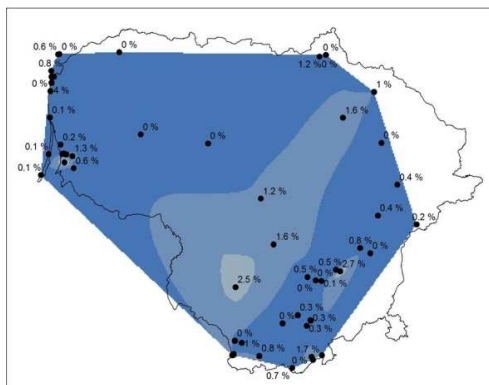
6500 BP



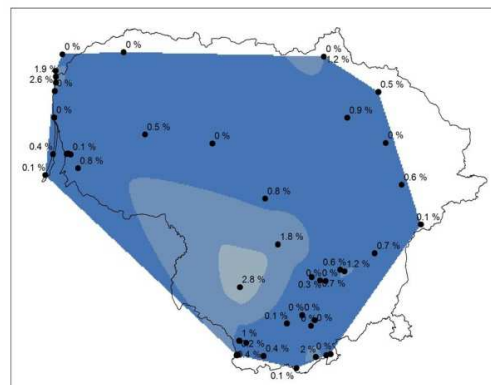
5300 BP



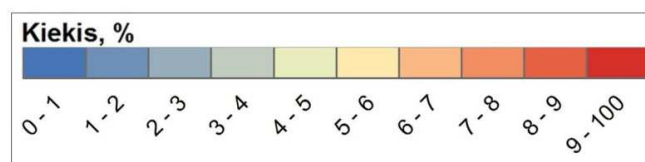
3300 BP



1800 BP



500 BP



**3.6.23 pav.** *Ulmus isoëdadulkių* žemėlapiai 8 000 BP, 6 500 BP (atlantyje), 5 300 BP, 3 300 BP (subborealyje) ir 1 800 BP, 500 BP (subatlantyje).

1 800 BP, 500 BP (subatlantėje) *Ulmus* daugumoje Lietuvos pjūvių neviršija 1 %. Didžiausi kiekiai (2,5-2,8 %) kiekiai apibūdinti Amalvo ežero nuosėdose.

### **3.7. Augalijos teritorinis pasiskirstymas vėlyvajame ledynmetyje ir holocene**

Skirtingai, negu izožiedadulkių žemėlapiai, paleoaugalijos žemėlapiai parodo praeities augalijos sudėtį, nustatytą kiekybinio atkūrimo pagrindu. Vienas iš galimų šių žemėlapių paklaidų šaltinių – tai paties kiekybinio augalijos atkūrimo paklaidos. Be to, šie žemėlapiai sudaryti interpoliuojant taškinius duomenis, todėl atstumuose tarp tiriamųjų taškų duomenys gali būti mažiau tikslūs, ypač kai tie atstumai yra didesni, o augalijos pasiskirstymas netolygus. Į šiuos paklaidų šaltinius būtina atsižvelgti interpretuojant duomenis. Vistik, paleoaugalijos žemėlapiai objektyviai atspindi praeities augaliją, o juose sukauptos informacijos tikslumas yra maksimalus, turint omenyje teritorijos ištirtumą ir žiedadulkių duomenų autorių naudotus tyrimo metodus. Todėl įvertinus ir eliminavus galimas paklaidas šiais žemėlapiais galima vadovautis sprendžiant apie praeities augaliją.

Iš viso sudaryti 143 paleoaugalijos žemėlapiai (13-ai labiausiai paplitusių Lietuvoje medžių ir krūmų rūšių, 11-ai holoceno ir vėlyvojo ledynmečio laikotarpių). Gausiau aptinkamiems taksonams naudojama 10 procentų intervalų spalvų skalė, retesniems taksonams – 1 procento spalvų skalė. Žemėlapiuose pateikiami tirtieji taškai su sumodeliuotomis taksono procentinėmis reikšmėmis tuose taškuose. Interpoliavimas buvo vykdomas tik plote, apribotame ištirtų taškų, todėl informacija Lietuvos pakraščiuose yra nepilna, o senesniuose, nei 13 300 BP (aleriodo) laikotarpiuose, kuriuos siekia tik keliolika pjūvių, paleoaugalijos žemėlapiuose interpoliavimo plotas apima tik dalį Lietuvos teritorijos.

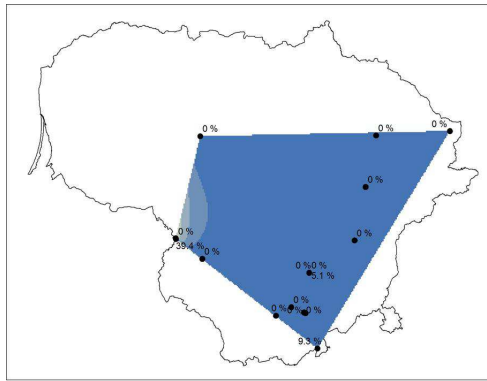
***Alnus* (alksnio)** vėlyvajame ledynmetyje Lietuvoje greičiausiai nebuvo arba buvo labai nedaug (3.7.1, 3.7.2 pav.). Kiek didesniu alksnio paplitimu išsiskiria 13 300 BP (aleriodas), tačiau ir šiuo laikotarpiu alksnis galėjo sudaryti tik iki kelių procentų ribotose teritorijose. Pavieniuose pjūviuose, kuriuose vėlyvajame ledynmetyje aptinkami didesni kiekiai *Alnus* žiedadulkių, lemiamą vaidmenį vaidino žiedadulkių perklostymas.

Daugiau *Alnus* aptinkama 10 800 BP (preborealio) ir 9 500 BP (borealio) laikotarpiais. Kai kuriuose pjūviuose – iki kelių procentų ir daugiau. Didesni nei 10 % kiekiai rytinėje šalies dalyje paplitę tik ribotose teritorijose, todėl greičiausiai susiję su perklostymu, o ne realiu augalijos paplitimu. Tačiau vakarų Lietuvoje borealyje *Alnus* jau galėjo sudaryti reikšmingą augalijos sudėties dalį – iki 23,3 %.

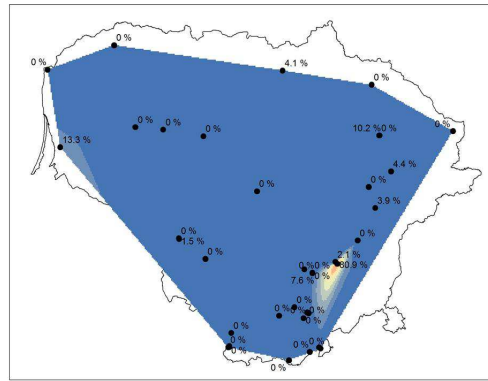
8 000 BP, 6 500 BP (atlantuje) *Alnus* išplinta visoje Lietuvoje. Mažiausiai *Alnus* yra šiaurės Lietuvoje (iki kelių procentų), o reikšmingiausi kiekiai (iki 50,6-63 %) – vakarų Lietuvoje. 5 300 BP, 3 300 BP (subborealyje) ir 1 800 BP (ankstyvajame subatlantuje) *Alnus* palaipsniui išplinta ne tik pietvakarių, bet ir šiaurės rytų Lietuvoje, tuo tarpu pietryčiuose *Alnus* mažiau, o šiaurinėje Lietuvos dalyje greičiausiai buvo išplitę labai ribotai ir tik vietomis sudarė iki kelių procentų miško augalijos.

500 BP (vėlyvajame subatlantuje) *Alnus* atsitraukia iš beveik visos Lietuvos teritorijos ir sudaro pakankamai nedidelę dalį (iki 5-10 %) augalijos. Tik vietomis, daugiausia pietų Lietuvoje ir pajūryje alksnis galėjo sudaryti iki 10-20%.

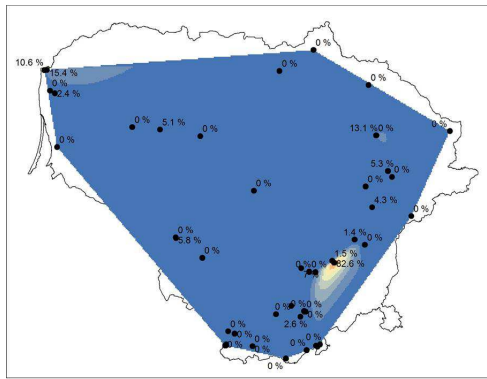
***Betula* (beržas)** Lietuvoje pasirodė ir buvo viena svarbiausių rūšių dar vėlyvojo ledymečio pradžioje (3.7.3, 3.7.4 pav.). Jau 14 000 BP (ankstyvojo driaso) paleoaugalijos žemėlapyje galima pamatyti, kad *Betula* Lietuvoje greičiausiai išplito iš pietryčių. Čia beržas galėjo sudaryti net iki 64,4 %. 13 300



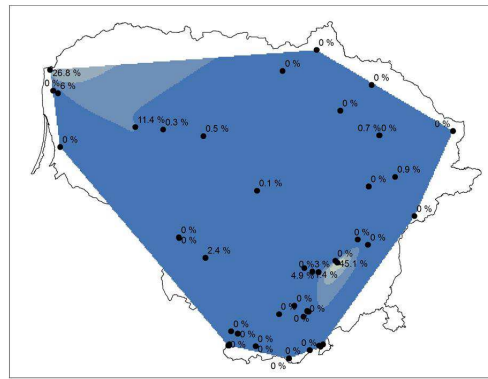
14000 BP



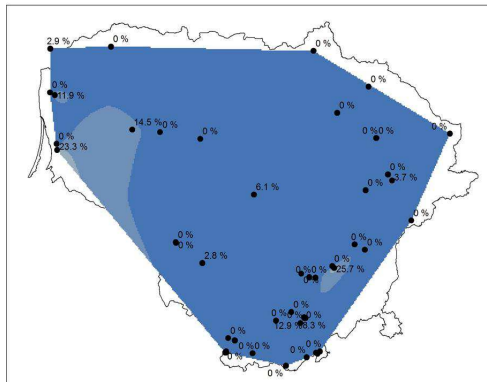
13300 BP



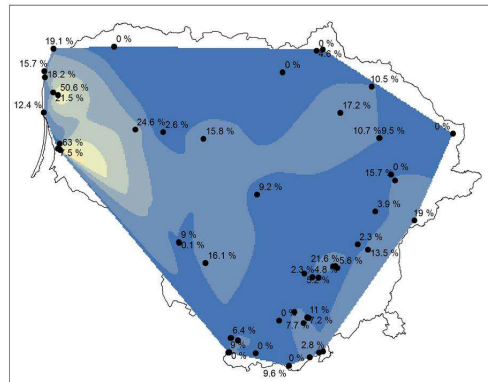
12100 BP



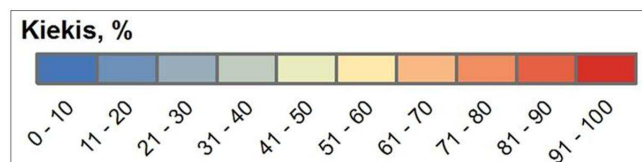
10800 BP



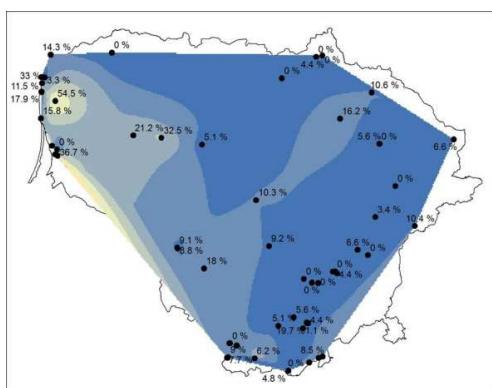
9500 BP



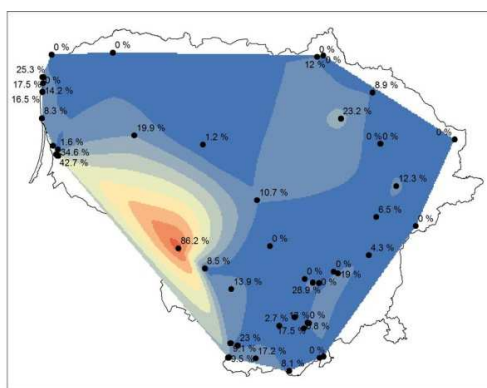
8000 BP



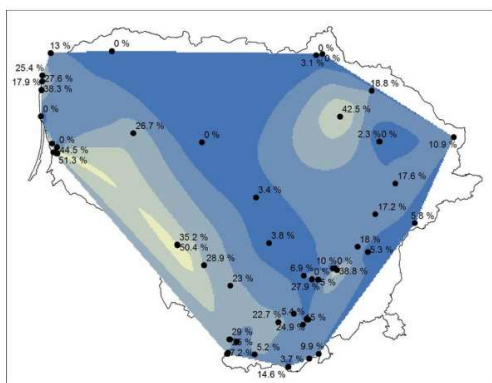
**3.7.1 pav.** *Alnus* paleoauglijos žemėlapiai 14 000 - 12 100 BP (vēlyvajame ledynmetyje), 10 800 BP (preborealyje), 9 500 BP (borealyje) ir 8000 BP (ankstyvajame atlantyje).



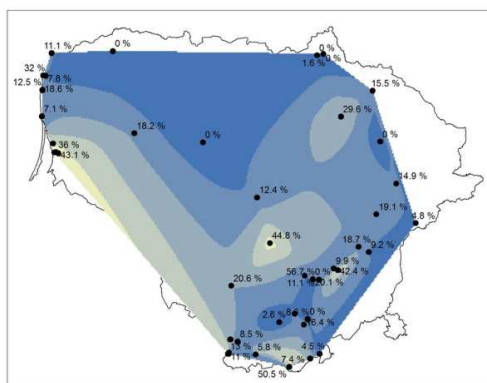
6500 BP



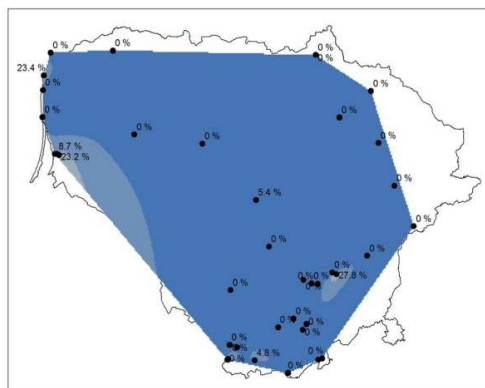
5300 BP



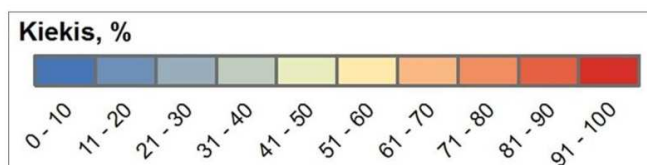
3300 BP



1800 BP



500 BP



**3.7.2 pav.** *Alnus* paleoaugalijos žemėlapiai 6 500 BP (vėlyvajame atlantyje), 5 300 BP, 3 300 BP (subborealyje) ir 1 800 BP, 500 BP (subatlantyje).

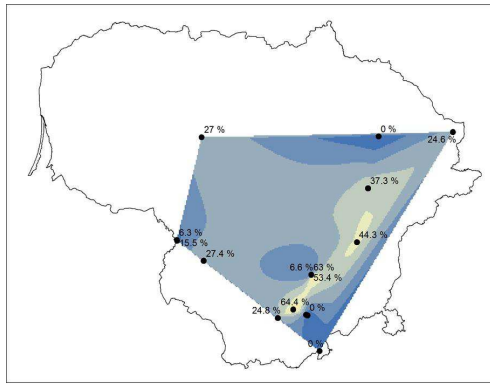
BP (alėriode) daugiausiai berų augo Ŗiaurės ir pietvakarių Lietuvoje (iki 30-38 %). Tuo tarpu pietryčiuose išplito kitos medųių rūšys, todėl *Betula* čia nedaug (iki 10 %). Panašus pasiskirstymas išliko ir vėlyvajame driase – pietryčių Lietuvoje *Betula* retai kur sudarė virš 10 % miško augalijos, tačiau likusioje Lietuvos teritorijoje beržas dominavo, sudarydamas iki 60 % augalijos.

10 800 BP (preborealyje) *Betula* išplinta visoje Lietuvoje net iki 70 %. Tiesa, dideli beržo kiekiai būdingi ne visur. Visoje Lietuvoje yra ribotų teritorijų, kuriose *Betula* požymių apskritai neaptinkta. 9 500 BP (borealyje) *Betula* atsitraukia iš Lietuvos ir dominavimą užleidžia kitoms rūšims. Didžiojoje dalyje Lietuvos beržas tuo metu apskritai neaugo, kitur – augo tik nedideliais kiekiais (iki 10 %). Panašus pasiskirstymas būdingas ir 8 000 BP, 6 500 BP laikotarpiams.

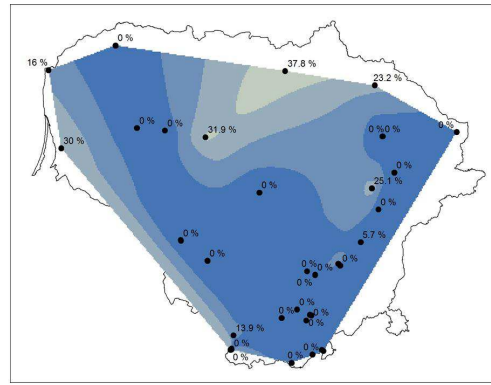
5 300 BP (ankstyvajame subborealyje) beržo vėl ima daugėti, ypač pietryčių Lietuvoje, tačiau net ir čia beržynai retai kur viršija 10 %. 3 300 BP (vėlyvajame subborealyje) ir 1 800 BP (ankstyvajame subatlantėje) beržo vis daugėjo, tačiau didžiausias paplitimas (iki 30 %) vis dar būdingas pietryčių Lietuvai. Palaipsniui beržas išplinta ir vakarinėje Lietuvos dalyje (iki 15 %). Šiaurės Lietuvoje beržas šiais laikotarpiais beveik neaugo.

500 BP (vėlyvojo subatlantės) miškuose *Betula* išsliėka svarbi, tačiau šių medųių gerokai sumažėja ir tik labai ribotose teritorijose viršija 10 %.

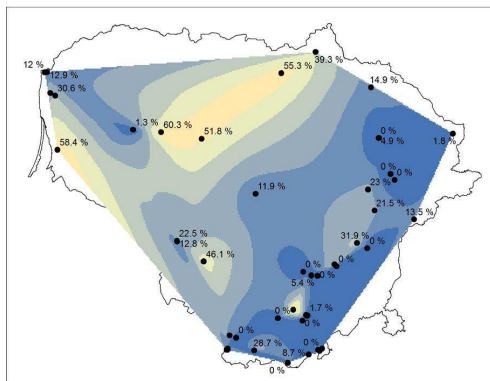
***Carpinus* (skroblas)** Lietuvoje greičiausiai neaugo iki atlantės. Pirmosios *Carpinus* žiedadulkės pasirodo 8 000 BP (ankstyvajame atlantėje). Šiuo laikotarpiu pietų Lietuvoje ribotose teritorijose galėjo būti nedideli kiekiai skroblo, tačiau didelė dalis apibūdintų skroblo žiedadulkių galėjo būti ir atneštinės. 6 500 BP (vėlyvajame atlantėje) skroblas buvo išplitęs visoje



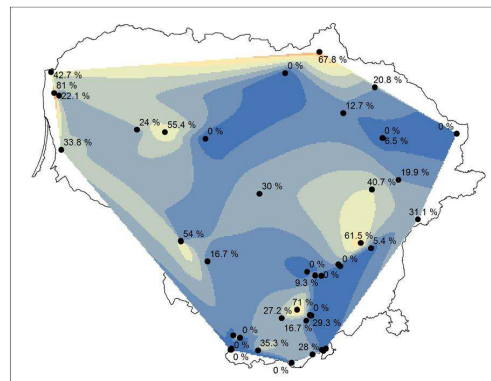
14000 BP



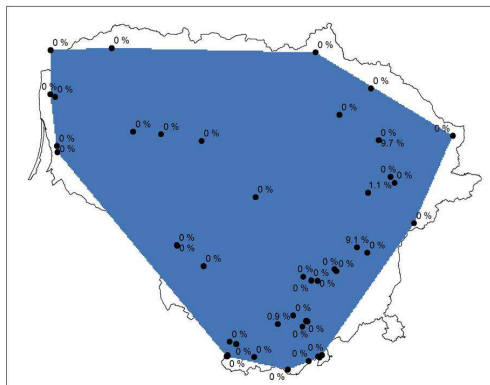
13300 BP



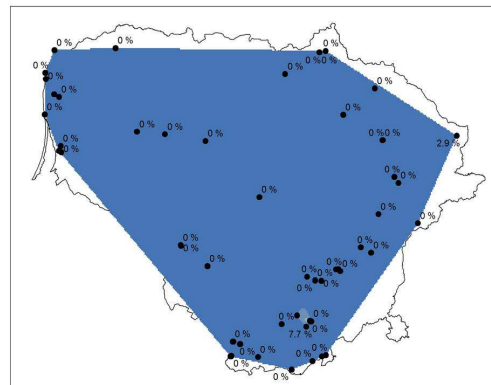
12100 BP



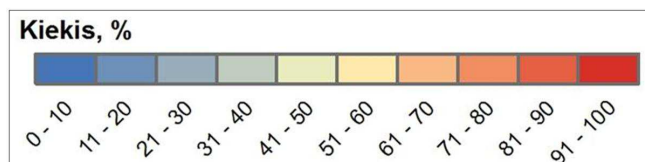
10800 BP



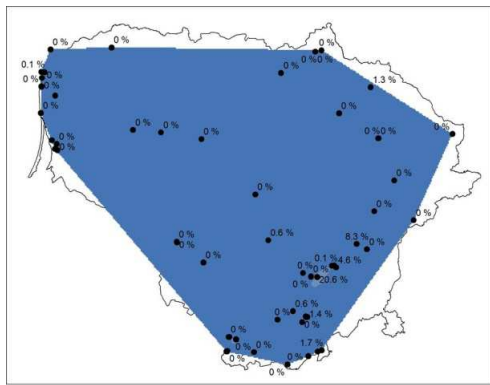
9500 BP



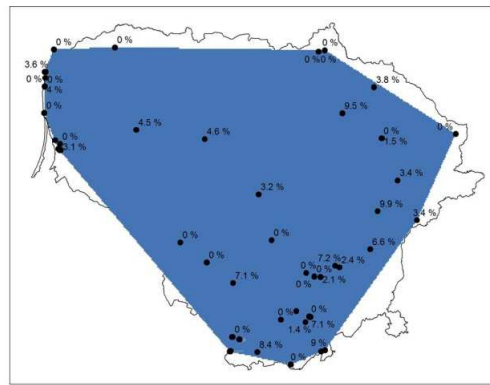
8000 BP



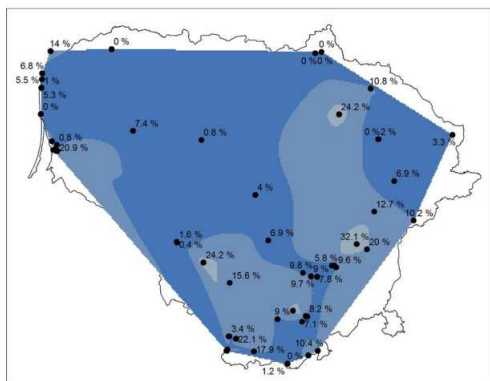
**3.7.3 pav.** *Betula* paleoaugalijs žemėlapiai 14 000 - 12 100 BP (vēlyvajame ledynmetyje), 10 800 BP (preborealyje), 9 500 BP (borealyje) ir 8000 BP (ankstyvajame atlantyje).



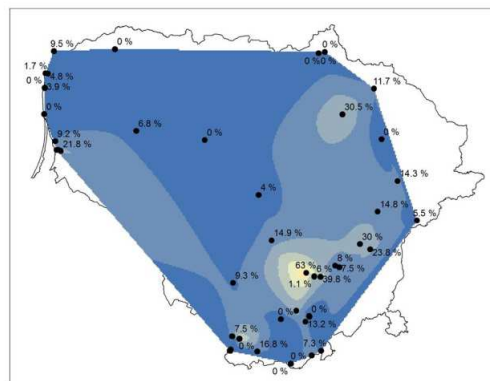
6500 BP



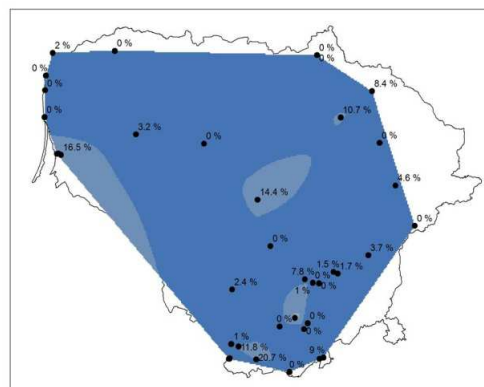
5300 BP



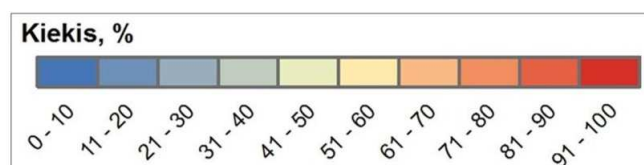
3300 BP



1800 BP

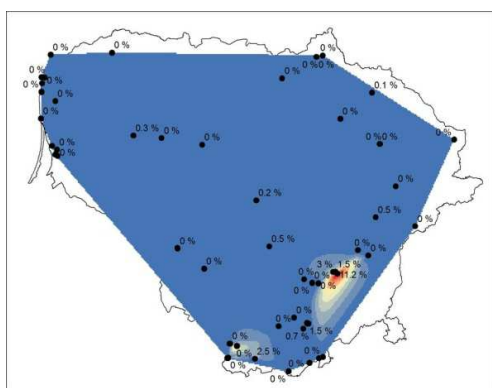


500 BP

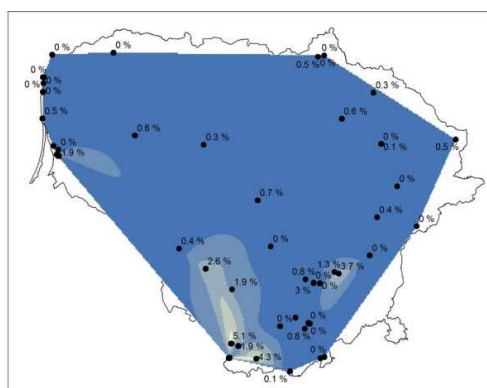


**3.7.4 pav.** *Betula* paleoauglijos žemėlapiai 6 500 BP (vēlyvajame atlantijē), 5 300 BP, 3 300 BP (subborealyjē) ir 1 800 BP, 500 BP (subatlantijē).

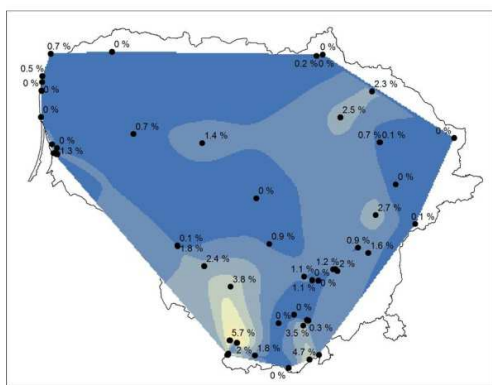




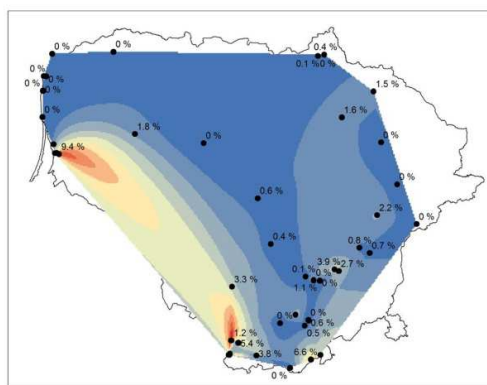
6500 BP



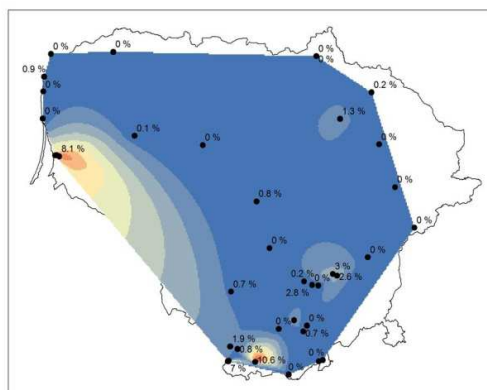
5300 BP



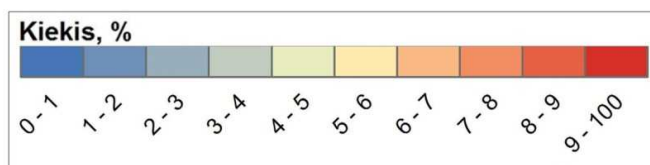
3300 BP



1800 BP



500 BP



**3.7.5 pav.** *Carpinus paleoaugalijs* žemėlapiai 6 500 BP (vėlyvajame atlantyje), 5 300 BP, 3 300 BP (subborealyje) ir 1 800 BP, 500 BP (subatlantyje).

pietryčių Lietuvoje (3.7.5 pav.), tačiau jo kiekiai daržniausiai neviršijo kelių procentų.

Subborealyje (5 300 BP, 3 300 BP) *Carpinus* sutinkamas visoje Lietuvoje, išskyrus pajūrį. Jo kiekiai vietomis siekia 5-10 %, daugiausiai – pietų Lietuvoje. Vėlyvajame subborealyje (3 300 BP) *Carpinus* pasiekia paplitimo maksimumą. Ankstyvajame subatlantuje (1 800 BP) *Carpinus* sumažėja, didžiausi kiekiai būdingi pietryčių Lietuvai. Vėlyvajame atlantuje (500 BP) *Carpinus* susitelkia pietų Lietuvoje, o likusioje šalies teritorijoje retai siekia 1 %, išskyrus labai ribotas teritorijas.

Reikšmingi ***Corylus* (lazdyno)** kiekiai (3.7.6, 3.7.7 pav.) paleoaugalijos žemėlapiuose aptinkami jau 13 300 BP (alieriode), tačiau toks ankstyvas jo paplitimas vargu ar įmanomas ir greičiausiai modeliavimo rezultatai yra nulemti perklostytų žiedadulkių. Lietuvoje augti lazdynas pradėjo 10 800 BP (preborealyje), ganėtinai greitai išplisdamas iš pietvakarių. Šiuo laikotarpiu lazdynas reikšmingais kiekiais sutinkamas visoje Lietuvoje, išskyrus jos šiaurės rytus. 9 500 BP (borealyje) lazdynas išplinta maksimaliai – vietomis jo dalis augalijoje siekia virš 60 %. Mažiau lazdyno šiuo laikotarpiu augo pietryčių ir šiaurės Lietuvoje. 8 000 BP, 6 500 BP (atlantuje) lazdyno sumažėja, taksono dominuojami plotai pasislenka iš Lietuvos pietvakarių link. Tačiau ir atlantuje lazdynas išlieka labai reikšmingas ir nemažoje dalyje Lietuvos teritorijos dominuoja. 5 300 BP (ankstyvajame subborealyje) lazdyno ima smarkiai mažėti. Tik ribotose teritorijose pietryčių Lietuvoje ir pajūryje šis taksonas sudaro daugiau nei 10 % augalijos. Lazdyno mažėjimas trunka iki 1 800 BP (ankstyvojo subatlantio), kuomet jis apkritai galėjo būti aptinkamas tik ribotose teritorijose. 500 BP (vėlyvajame subatlantuje) lazdyno kiekiai dalinai atsistato – paplitimo teritorijos ir mastas panašūs į 5 300 BP.

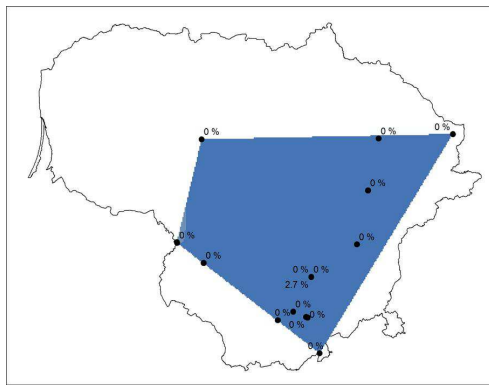
Nedideli kiekiai (iki 1 %) ***Fagus* (buko)** pasirodo tik 6 500 BP (vėlyvajame atlantuje), pietų Lietuvoje (3.7.8 pav.). Panašus pasiskirstymas

išlieka iki 3 300 BP (vėlyvojo subborealio). Šiuo laikotarpiu *Fagus* sutinkamas platesnėje teritorijoje pietrytinėje šalies dalyje, tačiau jo kiekiai neviršija 1 %. 500 BP (vėlyvajame subatlantyje) *Fagus* galėjo būti aptinkamas itin ribotai, tik pietryčių Lietuvoje.

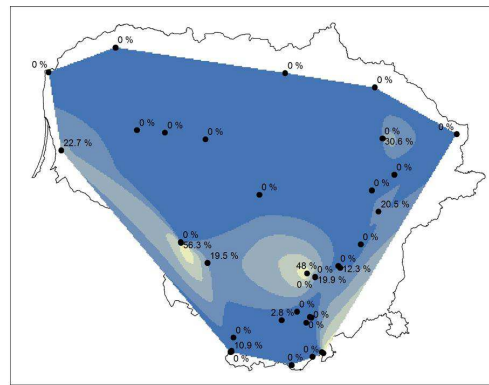
***Fraxinus* (uosis)** Lietuvoje išplinta ankstyvajame 8 000 BP (atlantyje). Iki šio laikotarpio Lietuvoje galėjo būti tik pavienės nedidelės šio medžio populiacijos (3.7.9 pav.). 8000 BP uosis miškuose neretai sudaro iki 2 %, vietomis – iki 10 %. Vėlesniais laikotarpiais uosio mažėja ir 3 300 BP (vėlyvajame subborealyje) jis beveik išnyksta. 1 800 BP (ankstyvajame subatlantyje) uosio reikšmė padidėja, o 500 BP pasiekia maksimumą. Šiuo laikotarpiu vidurio Lietuvoje uosis galėjo sudaryti net iki 12 %, tačiau šiaurėje ir pietuose buvo greičiausiai paplitęs labai ribotai.

Sprendžiant iš paleoaugalijos žemėlapių, ***Juniperus* (kadagio)** paplitimas matomai buvo stipriai įtakojamas vietinių sąlygų, kadangi šie krūmai išplitę labai netolygiai (3.7.10, 3.7.11 pav.). Palyginti reikšmingi kadagio kiekiai (iki 10 %) galėjo būti aptinkami ribotose teritorijose 14 000 BP (ankstyvojo driaso) bei 13 300 BP (aleriodo) nuosėdose, tačiau negalima atmesti ir to, kad šių augalų žiedadulkės buvo perklostytos iš tarpledynmečių sluoksnių.

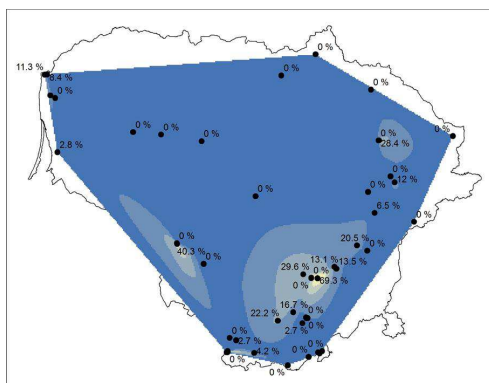
Keliais vėlesniais laikotarpiais kadagio buvimo Lietuvoje pėdsakų neaptinkama. Reikšmingesniais kiekiais (iki kelių procentų) *Juniperus* išplinta 8 000 BP (ankstyvajame atlantyje), beveik išimtinai rytinėje Lietuvos dalyje. Panašus išplitimas išsilaiko iki pat 500 BP (vėlyvojo subatlantio). Paleoaugalijos žemėlapuose dideliais *Juniperus* kiekiais (siekiančiais 40 % ir daugiau) smarkiai išsiskiria teritorijos šiaurės Lietuvoje. Tačiau tokie kiekiai yra įtakoti vien šiaurės Lietuvos karstinių įgriuvų, kurioms buvo būdinga smarki erozija, grėžinių duomenų. Todėl greičiausiai dideli kadagio žiedadulkių kiekiai šiaurės Lietuvoje nėra sąlygoti apylinkių augalijos.



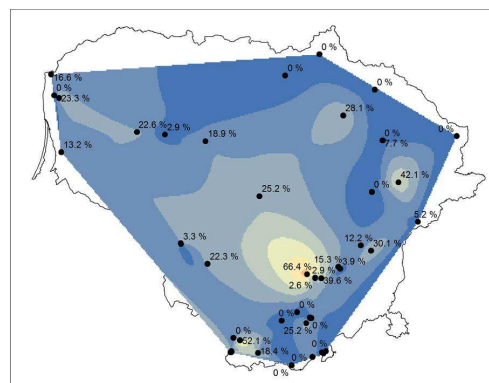
14000 BP



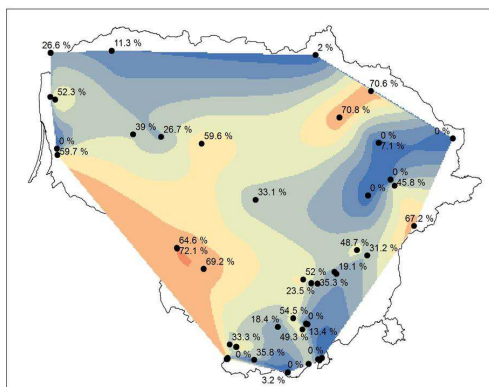
13300 BP



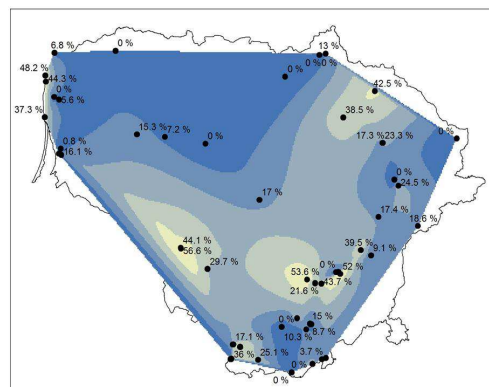
12100 BP



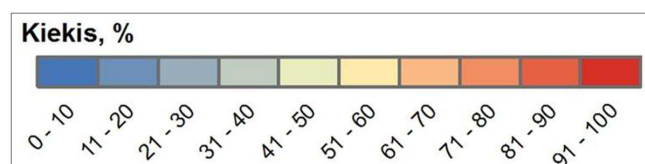
10800 BP



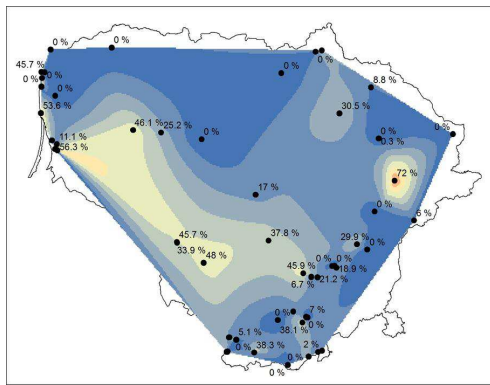
9500 BP



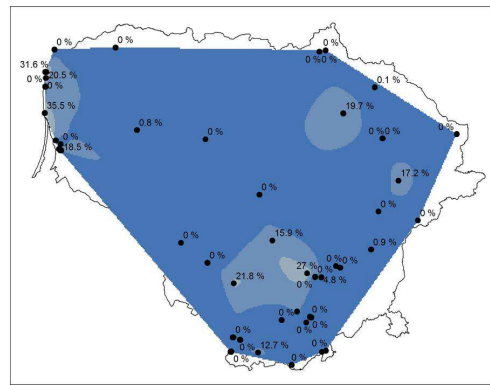
8000 BP



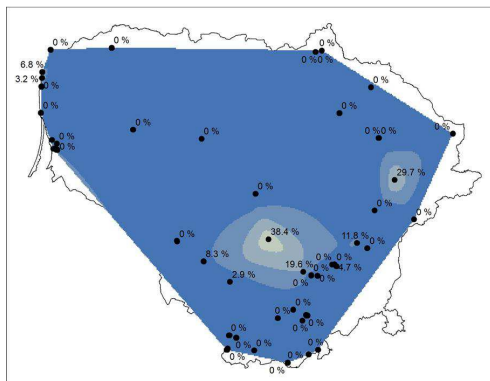
**3.7.6 pav.** *Corylus paleoaliquis* žemėlapiai 14 000 - 12 100 BP (vēlyvajame ledynmetyje), 10 800 BP (preborealyje), 9 500 BP (borealyje) ir 8000 BP (ankstyvajame atlantyje).



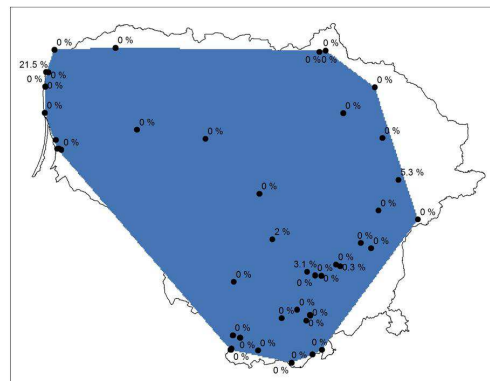
6500 BP



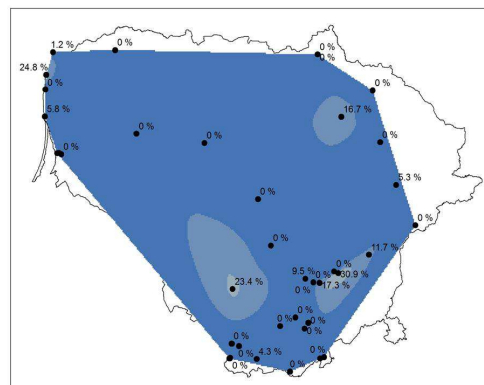
5300 BP



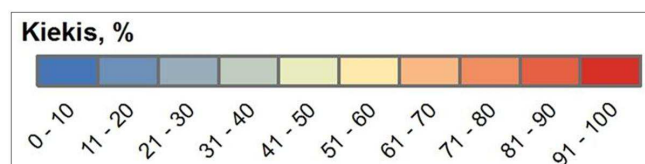
3300 BP



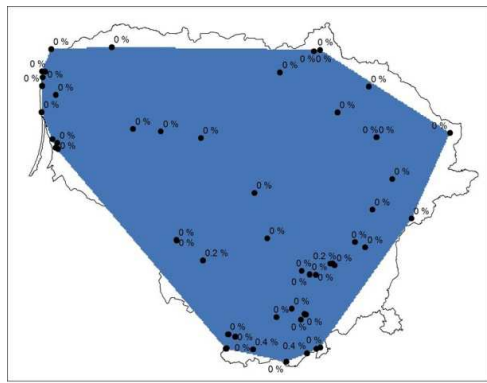
1800 BP



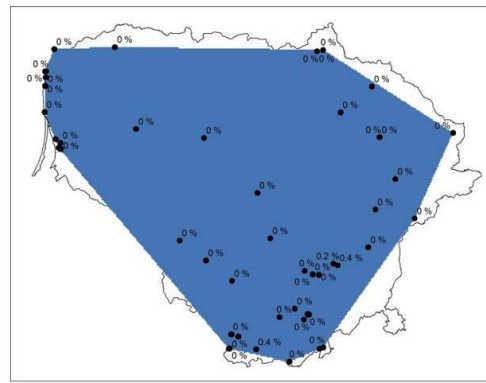
500 BP



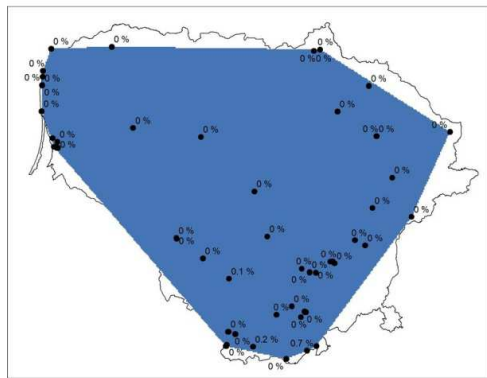
**3.7.7 pav.** *Corylus paleoalijios* žemėlapiai 6 500 BP (vėlyvajame atlantyje), 5 300 BP, 3 300 BP (subborealyje) ir 1 800 BP, 500 BP (subatlantyje).



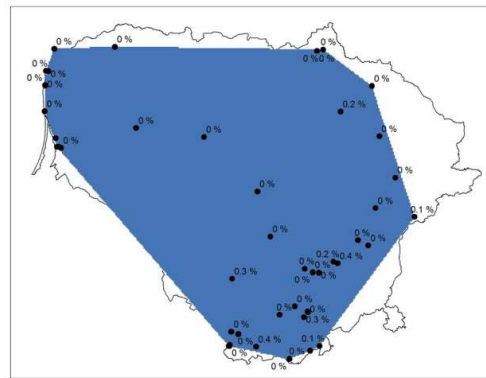
6500 BP



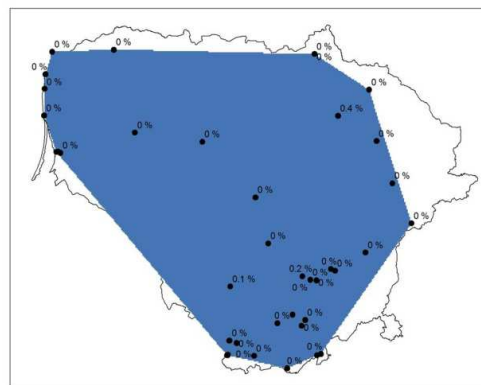
5300 BP



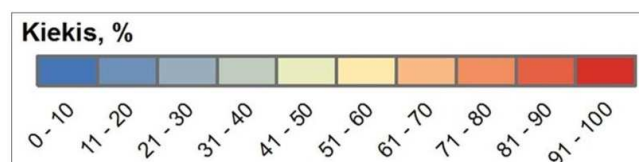
3300 BP



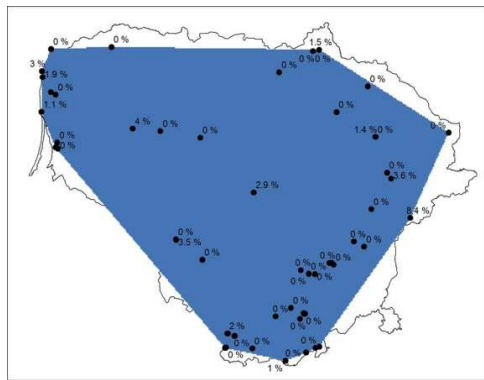
1800 BP



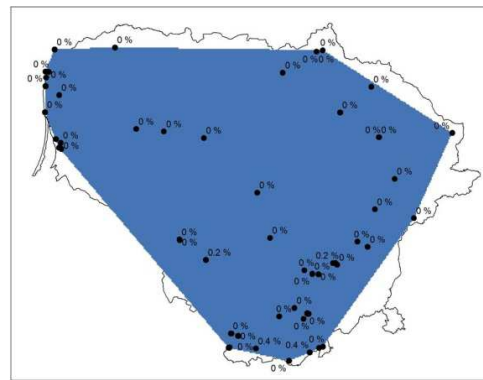
500 BP



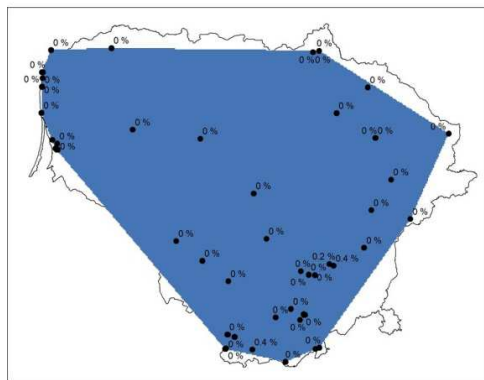
**3.7.8 pav.** *Fagus paleoabundancijos žemėlapiai 6 500 BP (vėlyvajame atlantyje), 5 300 BP, 3 300 BP (subborealyje) ir 1 800 BP, 500 BP (subatlantyje).*



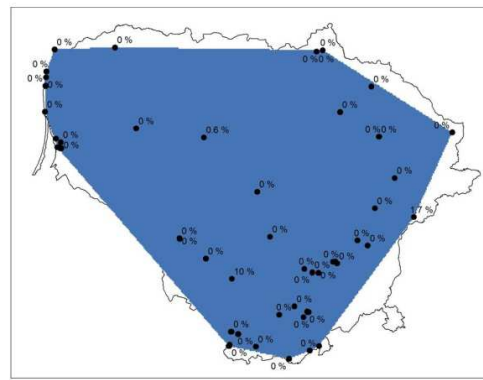
**8000 BP**



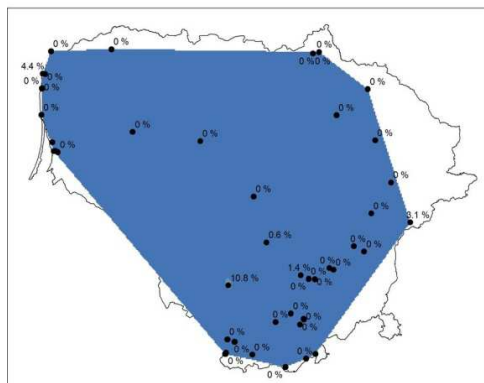
**6500 BP**



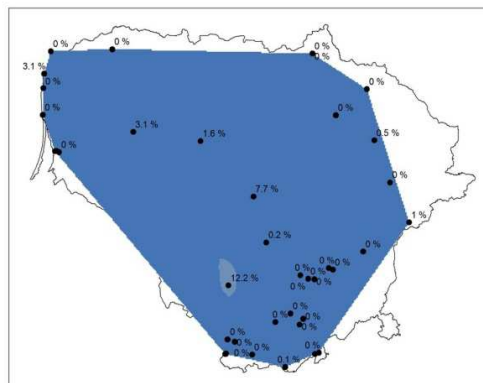
**5300 BP**



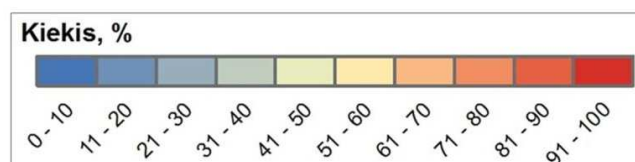
**3300 BP**



**1800 BP**



**500 BP**



**3.7.9 pav.** *Fraxinus paleoangulijos* žemėlapiai 8 000, 6 500 BP (atlantuje), 5 300 BP, 3 300 BP (subborealyje) ir 1 800 BP, 500 BP (subatlantuje).

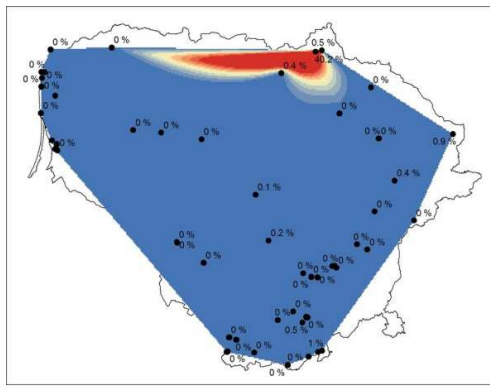
Paleoaugalijos žemėlapiai rodo, kad **Picea (eglė)** vėlyvajame ledynmetyje, ypač 13 300 BP (aleriode) ir 12 800 BP (vėlyvajame driase) buvo išplitusi šiaurės rytų Lietuvoje (3.7.12, 3.7.13 pav.). Pastaruoju laikotarpiu šiaurės rytų Lietuvoje eglė dominavo, vietomis sudarydama net iki 60-80 % miško augalijos. Tuo pat metu pietinėje Lietuvos dalyje eglė sudarė ne daugiau 10 %.

10 800 BP (preborealyje) eglės ženkliai sumažėja, ypač šiaurės rytų Lietuvoje. Beveik visoje Lietuvoje eglė sudaro mažiau kaip 10 % miškų augalijos. 9 500 BP (borealyje) eglės vėl daugėja, tačiau dabar didžiausi kiekiai (10-50 %) būdingi šiaurės Lietuvai. 8 000 BP, 6 500 BP (atlantuje) eglės kiekiai didėja ir toliau, didžiausio paplitimo teritorija pasislenka į Lietuvos centrą. Didžiausi eglės kiekiai vidurio Lietuvoje siekia iki 70 %. 5 300 BP (ankstyvajame subborealyje) didžiojoje dalyje Lietuvos teritorijos eglė sudaro virš 50 % miškų augalijos. Mažiau eglės (iki 20-30 %) sutinkama pietryčių Lietuvoje ir pajūryje. 3 300 BP (vėlyvajame subborealyje) eglės mažėja, didžiausio paplitimo plotai traukiasi į šiaurę. 1 800 BP (ankstyvajame subatlantuje) eglės vėl padaugėja, didžiausio paplitimo plotai dar labiau pasislenka į šiaurę, kur eglė sudaro iki 70-80 %. Tuo pat metu, pietinėje Lietuvos dalyje eglynų beveik nėra. 500 BP (vėlyvajame subatlantuje) eglės ženkliai sumažėja, tačiau šiaurėje dar vis sudaro 30-60 %, pietų Lietuvoje – iki 30 %.

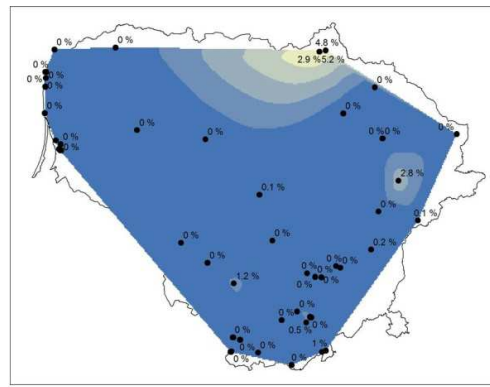
**Pinus (pušis)** 14 000 BP (ankstyvojo driaso laikotarpiu) vyravo didžiojoje dalyje vidurio Lietuvos (iš kitų regionų nėra duomenų), sudarydama virš 50 % miškų sudėties (3.7.14, 3.7.15 pav.). 13 300 BP (aleriode) pušies paplitimas dar labiau padidėja, tačiau yra gana netolygus. Pušies sudaroma dalis miško augalijos sudėtyje skirtingose vietose yra nuo 0 iki 100 %. Vistik vyrauja teritorijos, kuriose pušis dominuoja. 12 100 BP (vėlyvajame driase)



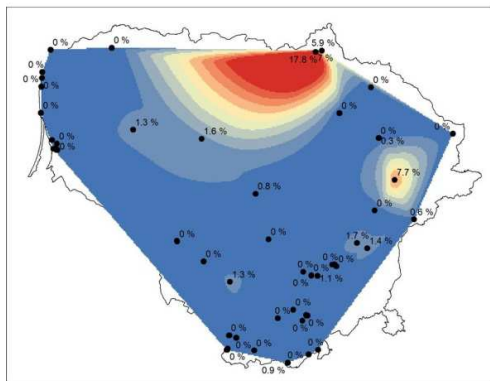




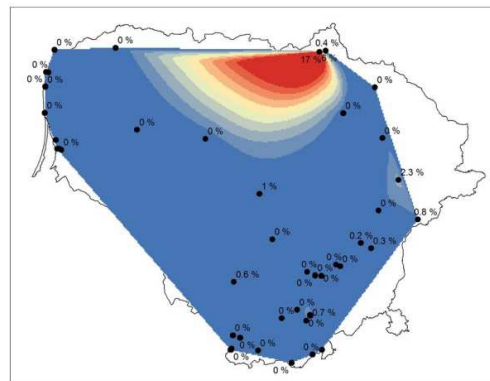
**6500 BP**



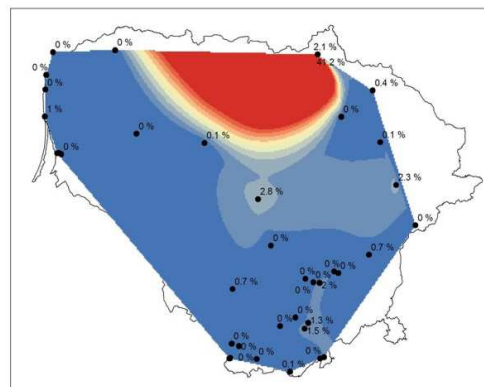
**5300 BP**



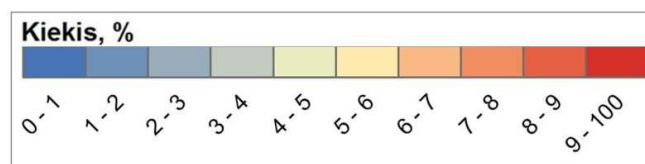
**3300 BP**



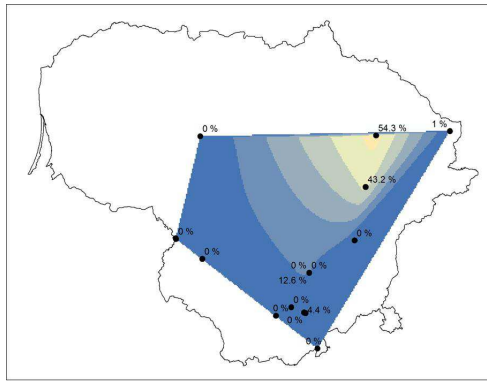
**1800 BP**



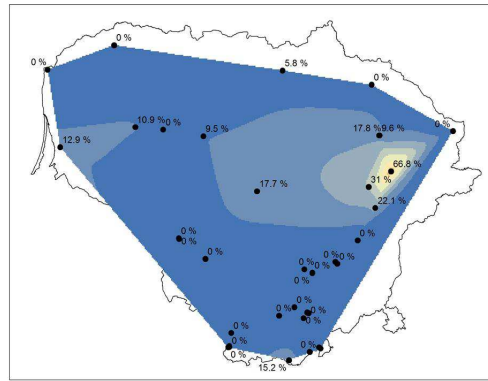
**500 BP**



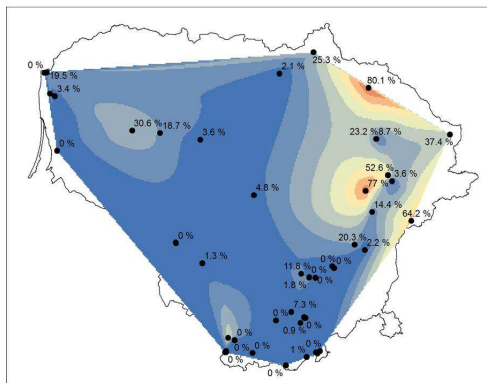
**3.7.11 pav.** *Juniperus* paleoaugalijos žemėlapiai 6 500 BP (vėlyvajame atlantyje), 5 300 BP, 3 300 BP (subborealyje) ir 1 800 BP, 500 BP (subatlantyje).



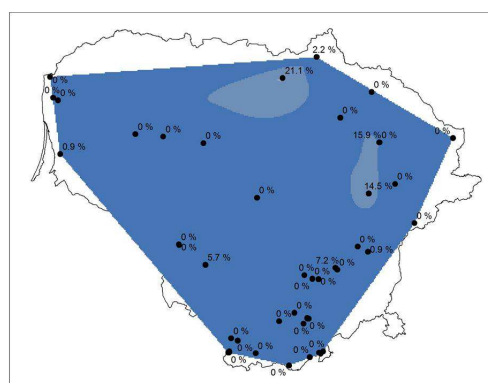
14000 BP



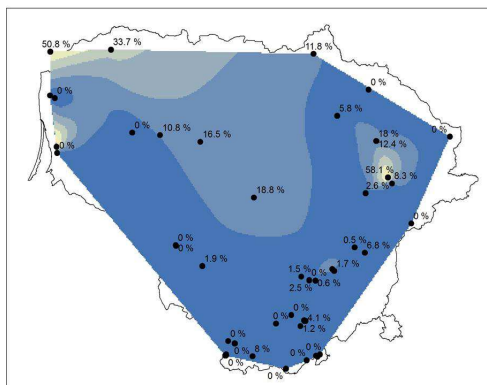
13300 BP



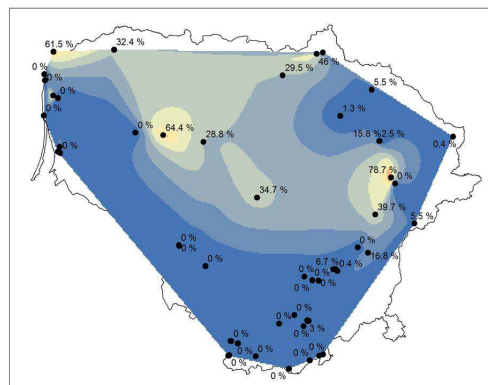
12100 BP



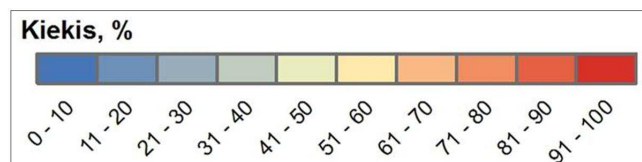
10800 BP



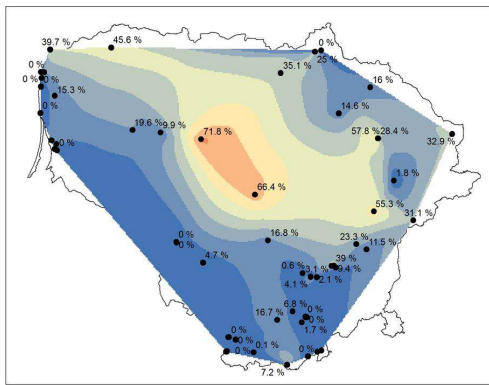
9500 BP



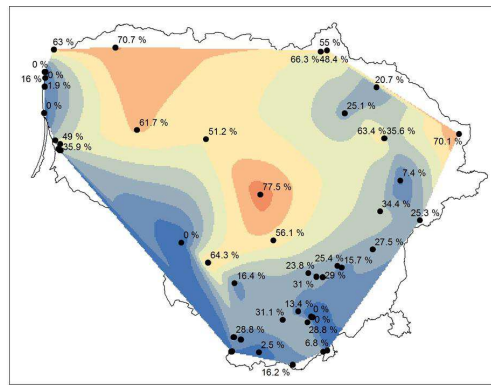
8000 BP



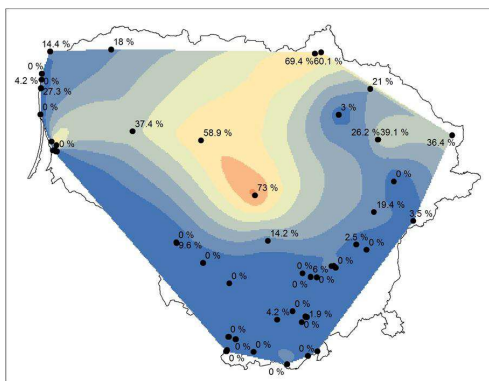
**3.7.12 pav.** *Picea* paleoaugalijos žemėlapiai 14 000 - 12 100 BP (vēlyvajame ledynmetyje), 10 800 BP (preborealyje), 9 500 BP (borealyje) ir 8000 BP (ankstyvajame atlantijē).



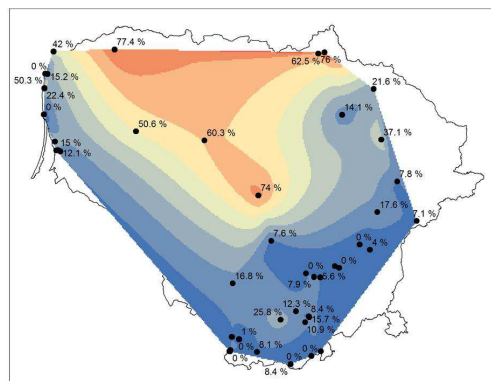
**6500 BP**



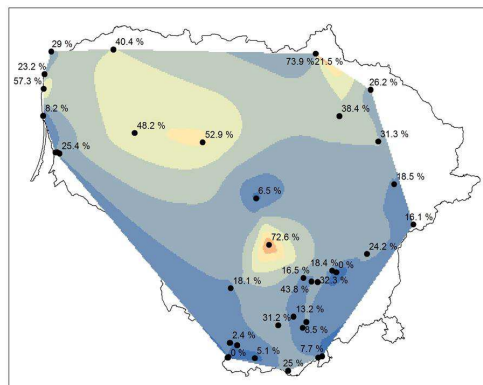
**5300 BP**



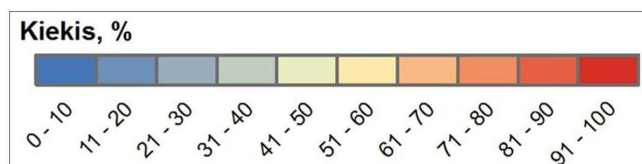
**3300 BP**



**1800 BP**



**500 BP**



**3.7.13 pav.** *Picea paleoabundances* žemėlapis 6 500 BP (vėlyvajame atlantyje), 5 300 BP, 3 300 BP (subborealyje) ir 1 800 BP, 500 BP (subatlantyje).

pušies mažiau, šie medžiai susikoncentruoja pietryčių ir vidurio Lietuvoje, kur sudaro 50-90 %.

10 800 BP (preborealyje) ir 9 500 BP (borealyje) pušų dominuojami miškai dar labiau pasislenka į pietryčius. 9 500 BP pietvakarių Lietuvoje pušies beveik nėra. 8 000 BP, 6 500 BP (atlantuje) pušies toliau mažėja – didžiojoje dalyje vidurio Lietuvos nesiekia net 10 %. Tuo tarpu pietryčių ir šiaurės Lietuvoje būdingi 30-60 % kiekiai.

5 300 BP ir 3 300 BP (subborealyje) pušies vėl padaugėja. 5 300 BP (ankstyvajame subborealyje) pušis sudaro nuo 10 % vidurio Lietuvoje iki 70 % pietryčiuose, 3 300 BP (vėlyvajame subborealyje) šie skaičiai padidėja atitinkamai iki 20 % ir 80 %. 1 800 BP (ankstyvajame subatlantuje) pušies šiek tiek sumažėja, tačiau 500 BP (vėlyvajame subatlantuje) vėl matomas pušies išplitimo pikas. Šiuo laikotarpiu tik sąlyginai nedidelėse vidurio Lietuvos teritorijose pušis nesiekia 40 %, o pietų Lietuvoje sudaro net iki 90 %.

**Quercus (ąžuolas)** Lietuvoje galėjo augti jau vėlyvajame ledynmetyje (3.7.16, 3.7.17 pav.), tačiau labai nedideliais kiekiais (iki kelių procentų). Reikšmingas išplitimas pastebimas 8 000 BP (ankstyvajame atlantuje), ypač pietryčių Lietuvoje, kur ąžuolas sudaro iki kelių procentų vietinės miško augalijos. Gana reikšmingi kiekiai (iki 5 %) matomi ir pajūryje. 6 500 BP (vėlyvajame atlantuje) ąžuolo išplitimas pasiekia maksimumą – pietryčių Lietuvoje jo galėjo augti iki 5-10 %.

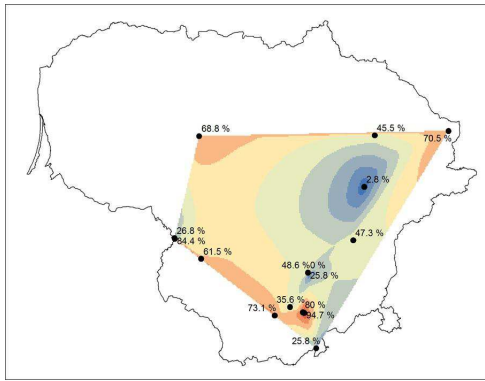
5 300 BP (ankstyvajame subborealyje) daugiausiai ąžuolų būdinga toms pačioms pajūrio ir pietryčių Lietuvos teritorijoms, tačiau kiekiai pastebimai mažesni – iki 5 %. 3 300 BP (vėlyvajame subborealyje) panašiais kiekiais ąžuolas išplitęs beveik visoje Lietuvos teritorijoje (išskyrus šiaurės Lietuvą). Panašus paplitimas ir kiekiai išlieka ir 1 800 BP, 500 BP (subatlantuje).

**Salix (gluosnis)** gana reikšmingai buvo išplitęs dar 14 000 BP (ankstyvajame driase). Pietryčių Lietuvoje jo kiekiai sudarė virš 10 % medžių augalijos (3.7.18, 3.7.19 pav.). 13 300 BP (aleriode) jo paplitimas buvo fragmentiškesnis, tačiau ribotose teritorijose gluosnio kiekiai siekė 10 %. Vėliau gluosnis beveik išnyko. Palyginti nedideli kiekiai (iki 6-10 %) gluosnio matomi 9 500 BP (borealyje) bei 6 500 BP (vėlyvajame atlantyje). 5 300 BP, 3 300 BP (subborealyje) ir 1 800 BP, 500 BP (subatlantyje) gluosnis išplinta visoje Lietuvoje, tačiau gana fragmentiškai ir nedideliais kiekiais (dažniausiai, iki 5 %).

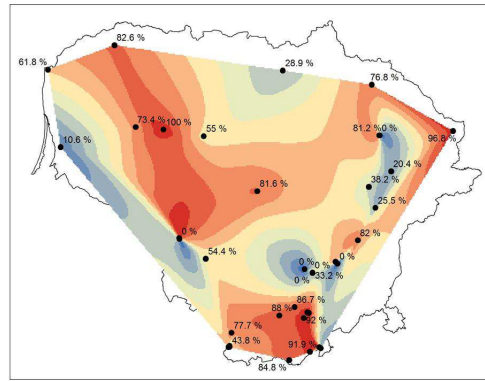
**Tilia (liepos)** žiedadulkių Lietuvoje aptinkama jau vėlyvajame ledynmetyje (3.7.20, 3.7.21 pav.), tačiau sunku pasakyti kokia jų dalis yra randamos dėl perklostymo. Sprendžiant iš paleoaugalijos žemėlapių, liepa Lietuvoje galėjo augti dar 13 300 BP (aleriode), sudarydama iki 10 %, daugiausiai pietryčių Lietuvoje. Tačiau tai galėjo būti ir perklostytos žiedadulkės. Iš 12 100 BP (vėlyvojo driaso) paleoaugalijos žemėlapių galima būtų spręsti, kad panašus kiekiai galėjo būti išplitę ir šiame laikotarpyje. Tačiau jis buvo šaltas ir ganėtinai nepalankus liepai, todėl greičiausiai didesni liepos kiekiai yra nulemti perklostytų žiedadulkių ir negali būti vertinami kaip atspindintys tuo metu buvusią augaliją.

Ryškesnis liepos išplitimas matomas 9 500 BP (borealyje), kai liepa sutinkama beveik visoje Lietuvoje ir sudaro iki 10 % vietinėje augalijoje. 8 000 BP ir 6 500 BP (atlantyje) liepos dar labiau daugėja. 8 000 BP (ankstyvajame atlantyje) liepa pasiekia savo išplitimo maksimumą. Šiuo laikotarpiu beveik visoje Lietuvos teritorijoje liepa sudaro virš 10 %, o kai kuriose pietryčių Lietuvos vietose – iki 20-35 %. 6 500 BP (vėlyvajame atlantyje) maksimalūs kiekiai iš jų lokalizacija panaši, tačiau beveik visoje vakarų ir vidurio Lietuvoje liepa sudaro tik iki 10 %.

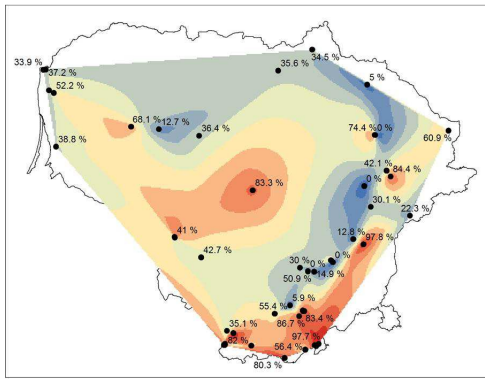
5 300 BP (ankstyvajame subborealyje) liepos Lietuvoje beveik nebelieka, išskyrus ribotas teritorijas pietų Lietuvoje. 3 300 BP (vėlyvajame



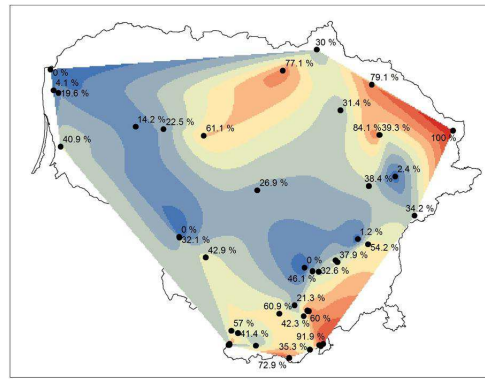
14000 BP



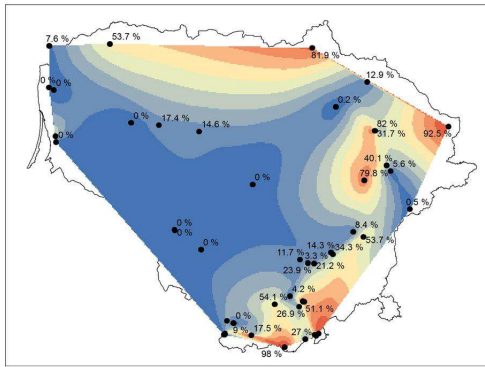
13300 BP



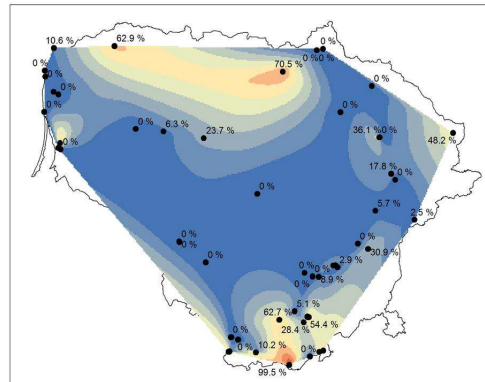
12100 BP



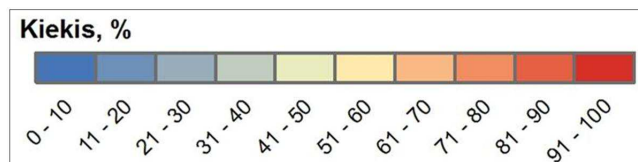
10800 BP



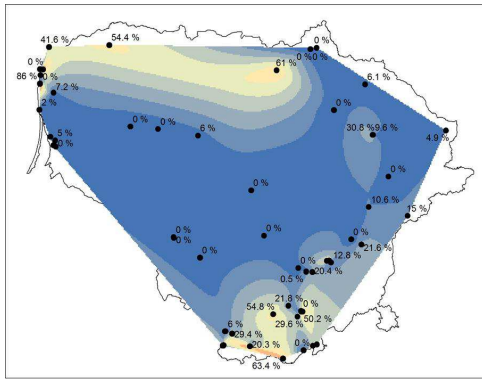
9500 BP



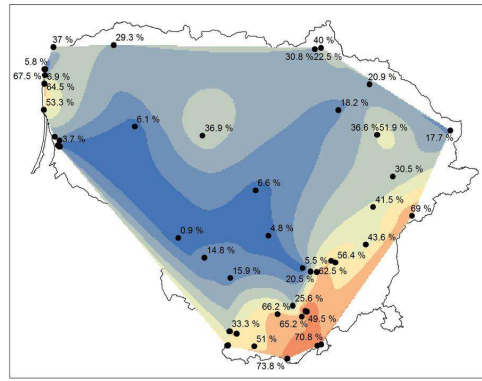
8000 BP



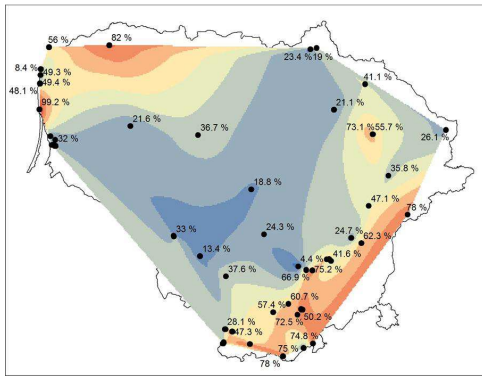
**3.7.14 pav.** *Pinus paleoalgilijus* žemėlapiai 14 000 - 12 100 BP (vėlyvajame ledynmetyje), 10 800 BP (preborealyje), 9 500 BP (borealyje) ir 8000 BP (ankstyvajame atlantyje).



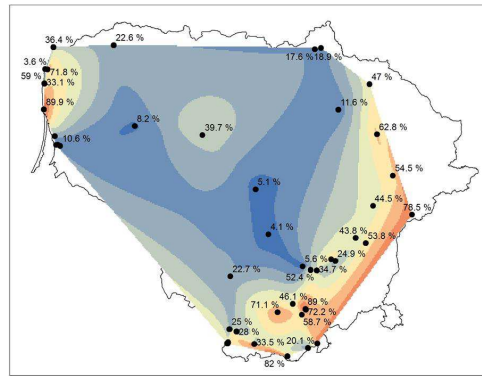
6500 BP



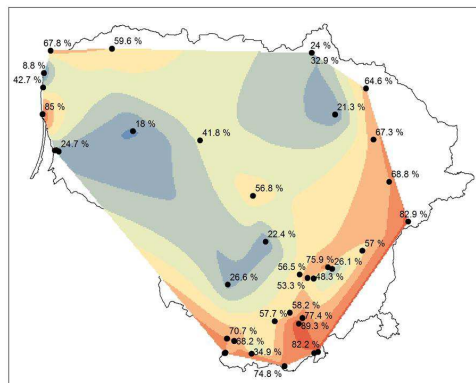
5300 BP



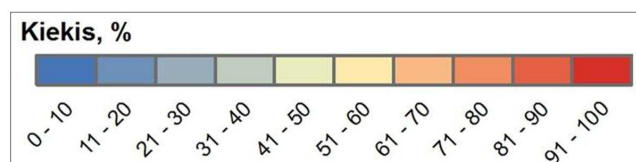
3300 BP



1800 BP

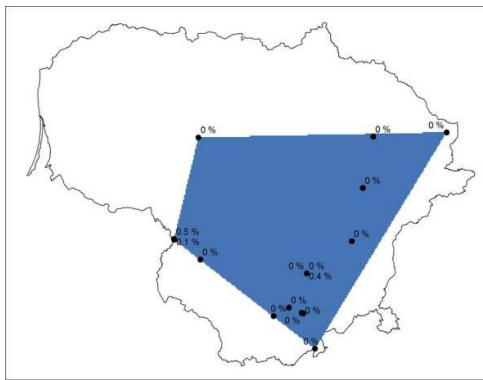


500 BP

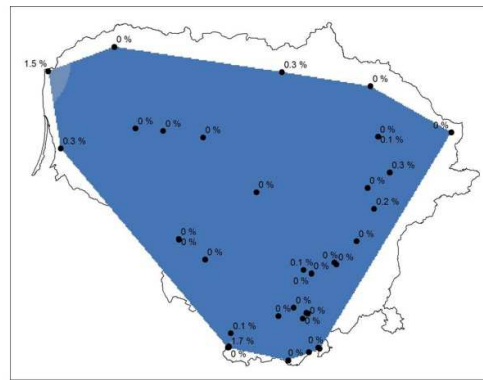


**3.7.15 pav.** *Pinus paleoaugalijos* žemėlapiai 6 500 BP (vėlyvajame atlantyje), 5 300 BP, 3 300 BP (subborealyje) ir 1 800 BP, 500 BP (subatlantyje).

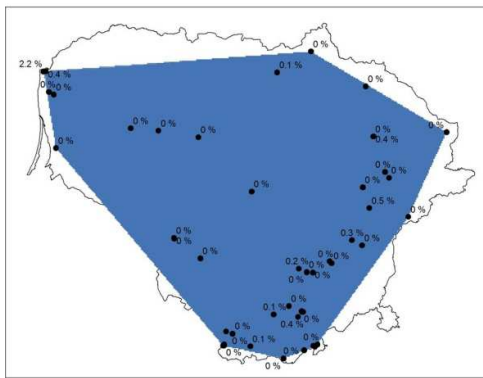




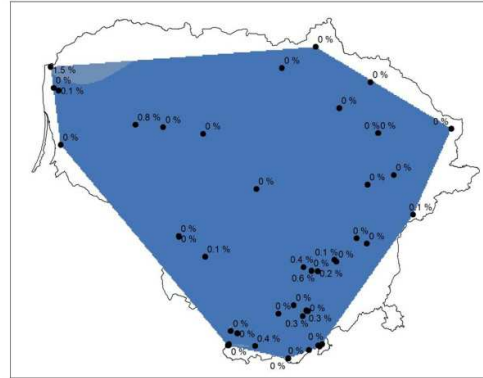
14000 BP



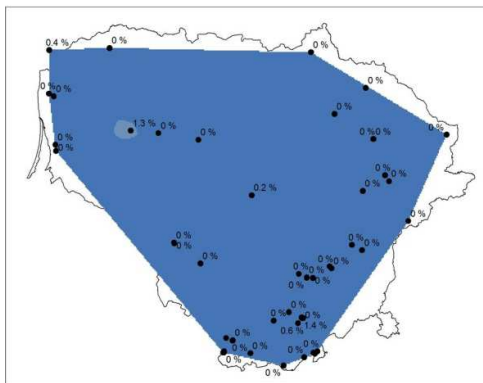
13300 BP



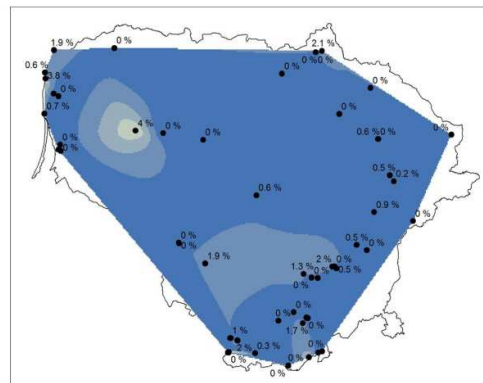
12100 BP



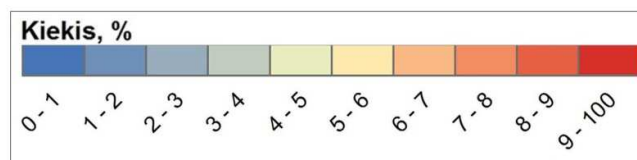
10800 BP



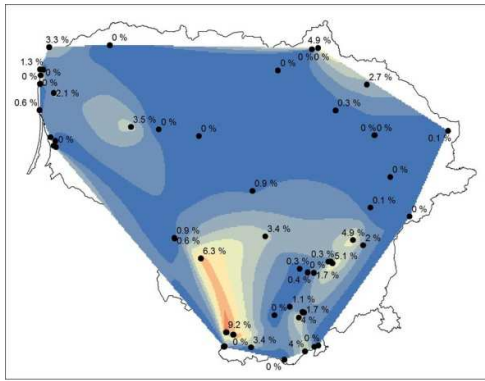
9500 BP



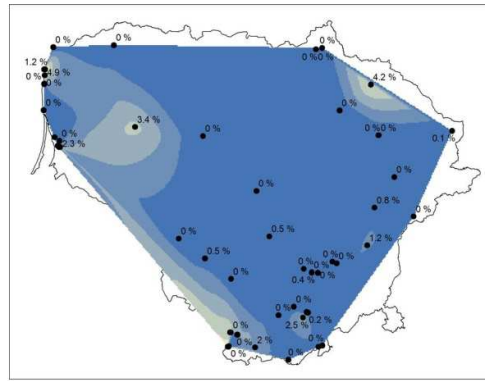
8000 BP



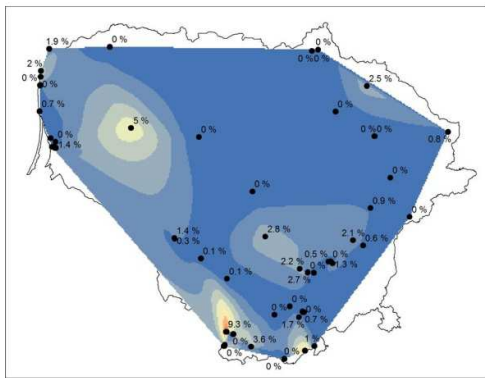
**3.7.16 pav.** *Quercus paleoaugalijos* žemėlapiai 14 000 - 12 100 BP (vēlyvajame ledynmetyje), 10 800 BP (preborealyje), 9 500 BP (borealyje) ir 8000 BP (ankstyvajame atlantyje).



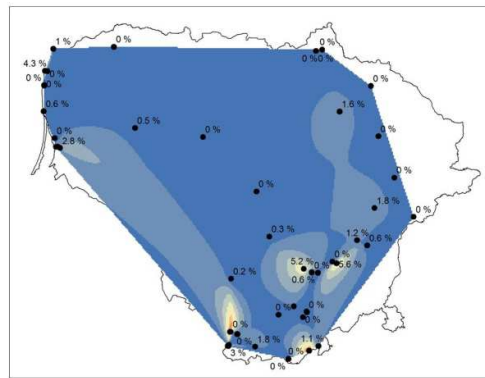
6500 BP



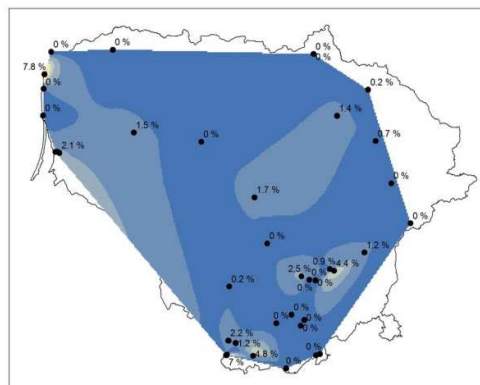
5300 BP



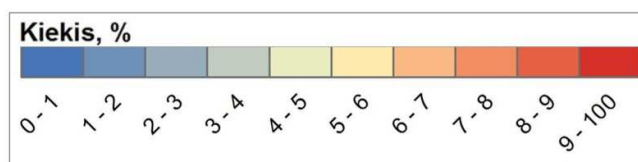
3300 BP



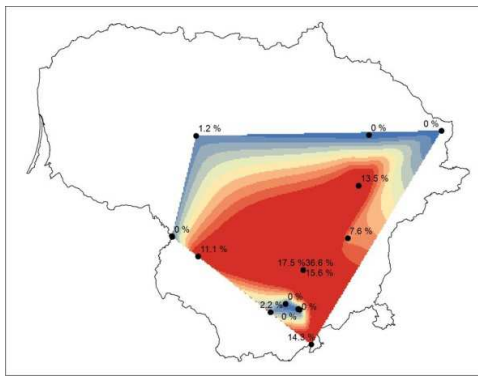
1800 BP



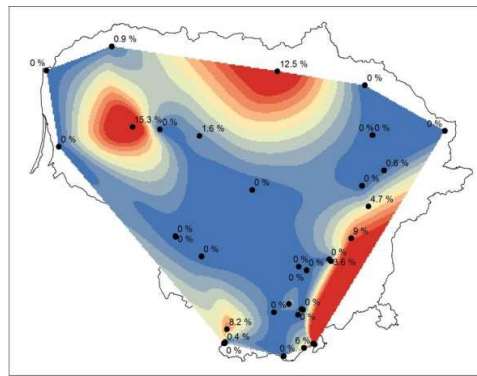
500 BP



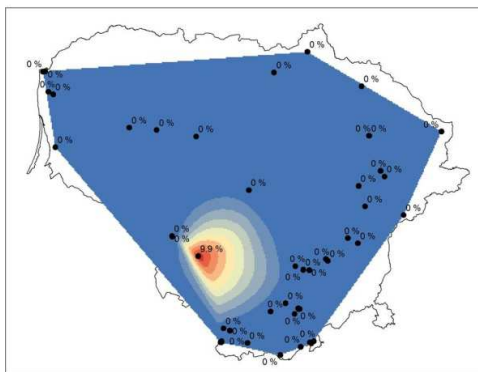
**3.7.17 pav.** *Quercus paleoabundancijos žemėlapiai vėlyvajame 6 500 BP (atlantėje), 5 300 BP, 3 300 BP (subborealyje) ir 1 800 BP, 500 BP (subatlantėje).*



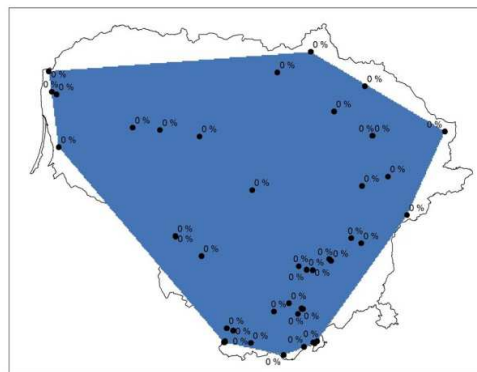
14000 BP



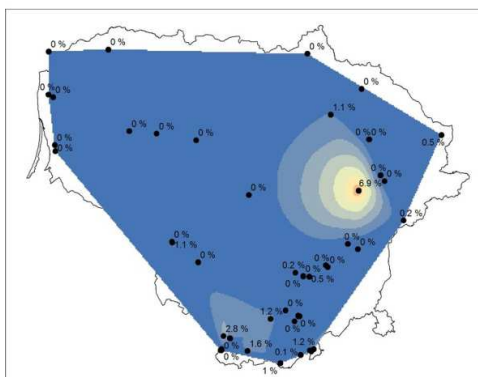
13300 BP



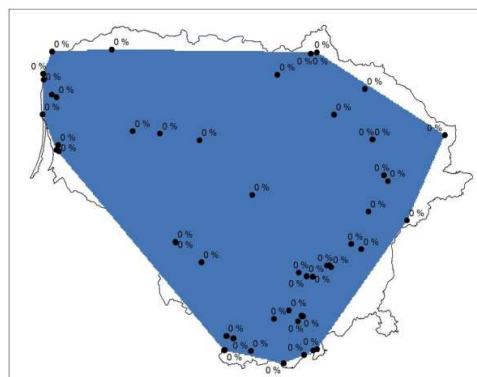
12100 BP



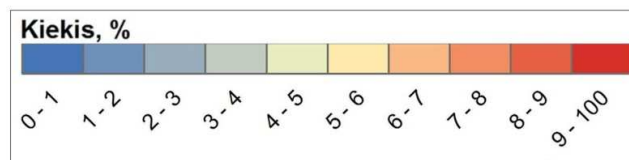
10800 BP



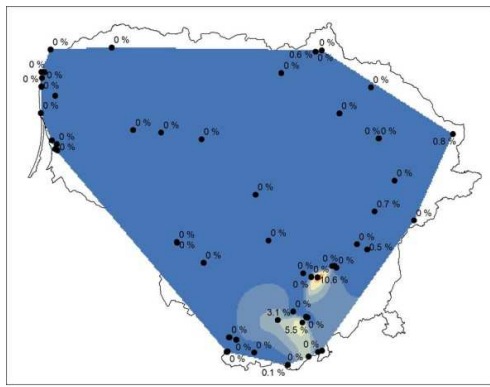
9500 BP



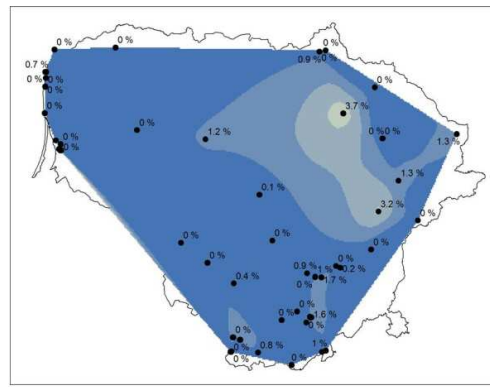
8000 BP



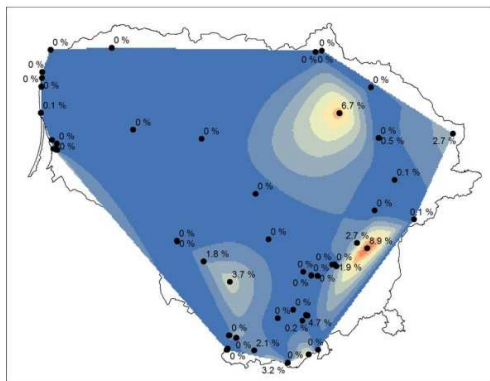
**3.7.18 pav.** *Salix* paleoaugalijas žemėlapis 14 000 - 12 100 BP (vēlyvajame ledynmetyje), 10 800 BP (preborealyje), 9 500 BP (borealyje) ir 8000 BP (ankstyvajame atlantyje).



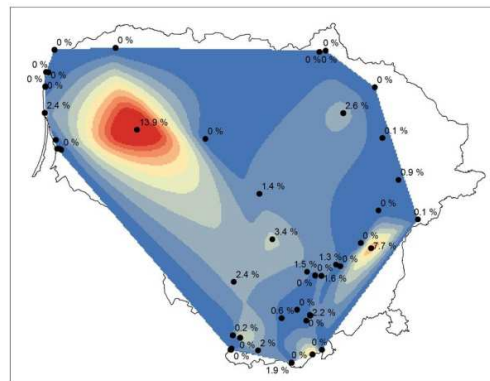
6500 BP



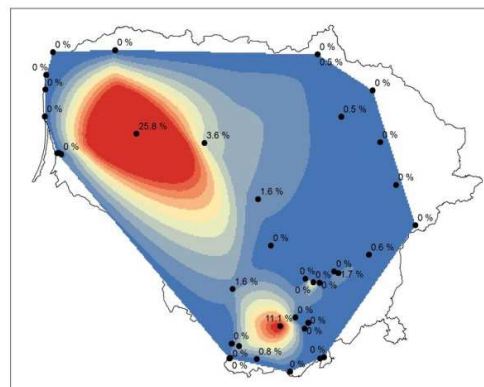
5300 BP



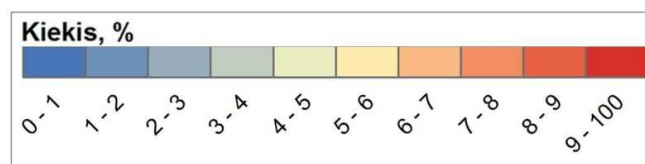
3300 BP



1800 BP



500 BP



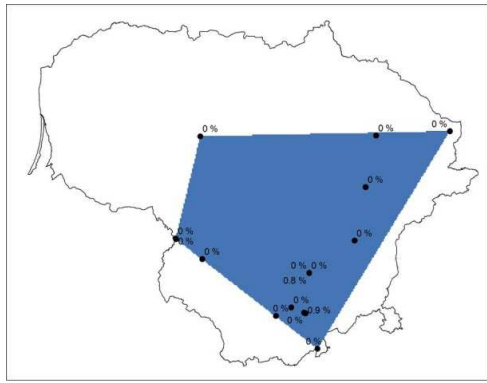
**3.7.19 pav.** *Salix* paleoaugalijos žemėlapiai 6 500 BP (vėlyvajame atlantyje), 5 300 BP, 3 300 BP (subborealyje) ir 1 800 BP, 500 BP (subatlantyje).

subborealyje) bei 1 800 BP (ankstyvajame subatlantyje) liepa vėl išplinta iki 10 %, vietomis – iki 20 %, tačiau šis išplitimas būdingas tik pietinei Lietuvos daliai. Šiaurinėje Lietuvos dalyje liepa beveik neauga. 500 BP (vėlyvajame subatlantyje) liepa išplitusi tik labai ribotose teritorijose, kur sudaro iki kelių procentų vietinės augalijos.

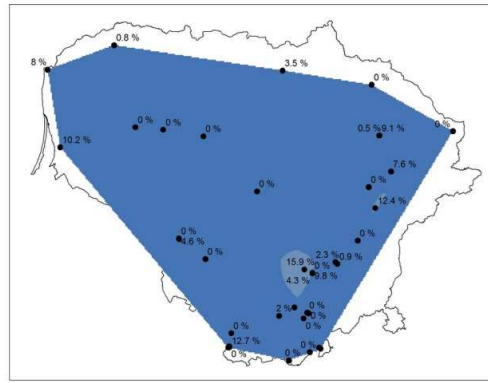
***Ulmus (guoba)*** galėjo būti reikšminga dar 13 300 BP (alериode). Šiuo laikotarpiu paleoaugalijos žemėlapyje matomi 40 % siekiantys kiekiai (3.7.22, 3.7.23 pav.). 12 100 BP (vėlyvojo driaso) laikotarpiu kiekiai taip pat reikšmingi – iki 10 %, vietomis net iki 20-30 %. Tačiau greičiausiai vėlyvojo ledynmečio spektrai buvo stipriai įtakoti perklostytų žiedadulkių, o realūs guobos kiekiai buvo labai nedideli.

10 800 BP (preborealyje) guoba išplinta gana reikšmingai. Beveik visoje šalies teritorijoje guoba sudaro daugiau kaip 10 %. 9 500 BP (borealyje) guobos dar labiau padaugėja – pietvakarių Lietuvoje guoba sudaro daugiau kaip 20 %. Maksimumą guoba pasiekia 8 000 BP (ankstyvajame atlantyje). Šiuo laikotarpiu guoba itin dideliais kiekiais matoma ne tik pietvakarių (iki 20-30 %), bet ir rytų Lietuvoje (iki 40-50 %). 6 500 BP (vėlyvajame atlantyje) iš šiaurės ir vidurio Lietuvos guoba atsitraukia, tačiau pietryčiuose dar vis yra reikšminga ir vietomis sudaro iki 40-50 %.

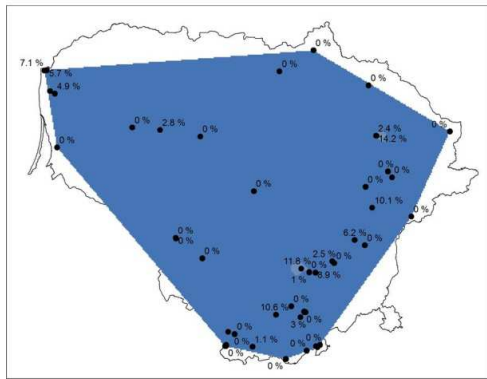
Pradedant 5 300 BP (ankstyvuojų subborealiu), guobos palaipsniui mažėja. Nors šiame laikotarpyje daugelyje vietų guoba greičiausiai apskritai neaugo, pietryčių Lietuvoje kai kuriose teritorijose ji siekia 30-40 %. 500 BP (vėlyvajame subatlantyje) didžiausi guobos kiekiai siekia kelis ar keliolika procentų, jos paplitimas dar fragmentiškesnis.



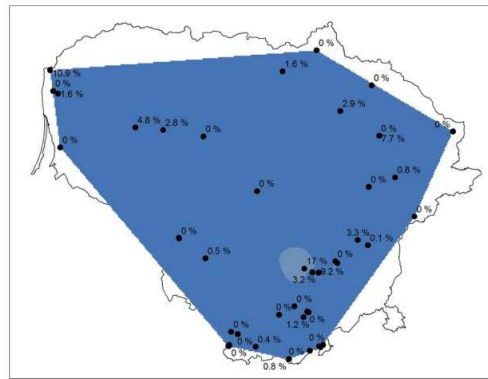
14000 BP



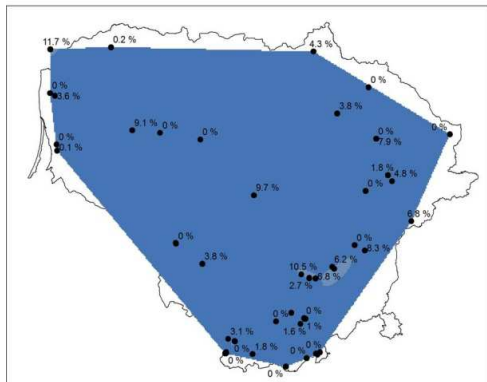
13300 BP



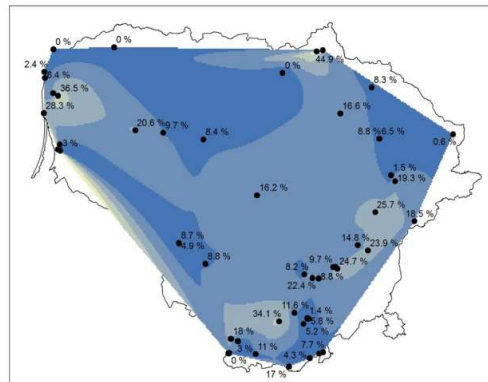
12100 BP



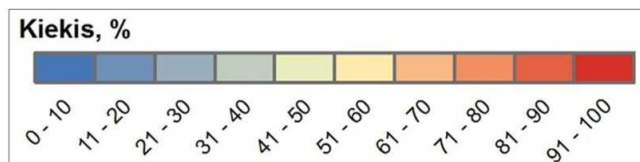
10800 BP



9500 BP

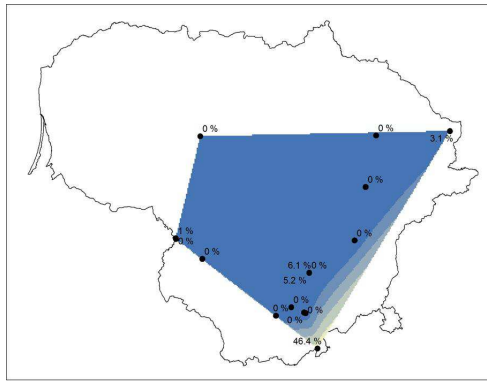


8000 BP

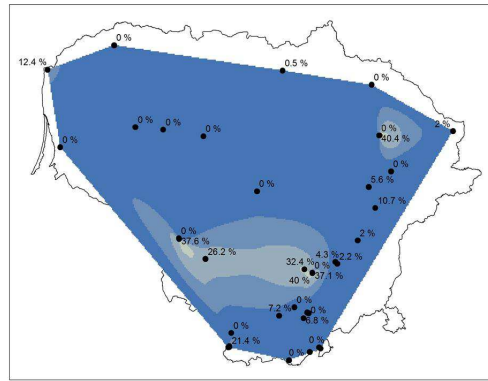


**3.7.20 pav.** Tilia paleoauglijos žemėlapiai 14 000 - 12 100 BP (vēlyvajame ledynmetyje), 10 800 BP (preborealyje), 9 500 BP (borealyje) ir 8000 BP (ankstyvajame atlantyje).

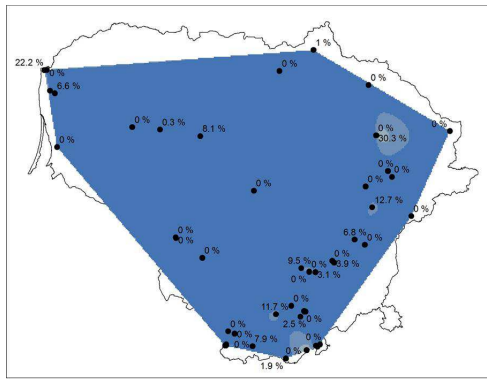




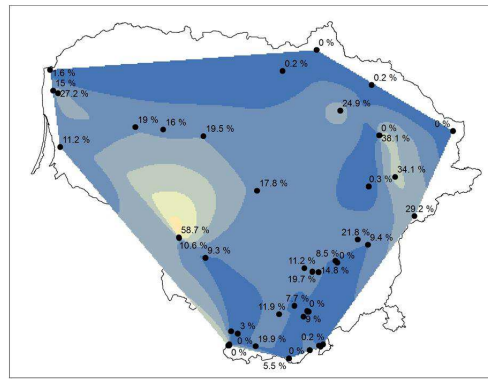
14000 BP



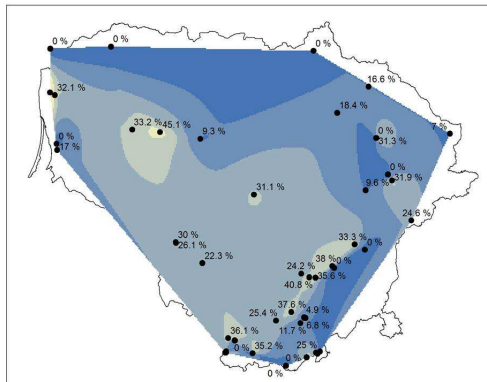
13300 BP



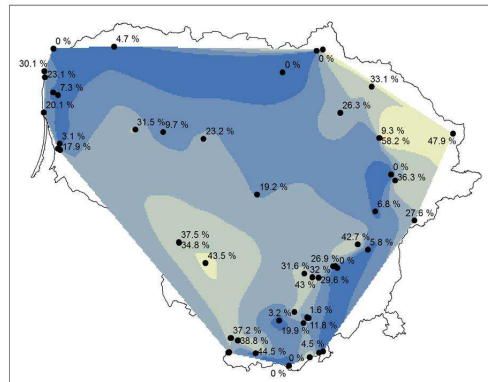
12100 BP



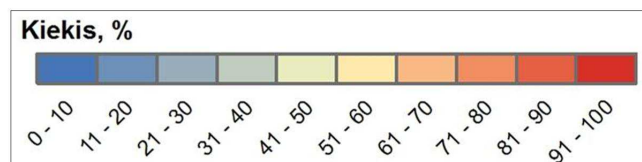
10800 BP



9500 BP



8000 BP



**3.7.22 pav.** *Ulmus paleoalgaijas* žemėlapiai 14 000 - 12 100 BP (vēlyvajame ledynmetyje), 10 800 BP (preborealyje), 9 500 BP (borealyje) ir 8000 BP (ankstyvajame atlantyje).





## 4. AUGALIJOS RAIDA VĒLYVAJAME LEDYNMETYJE IR HOLOCENE

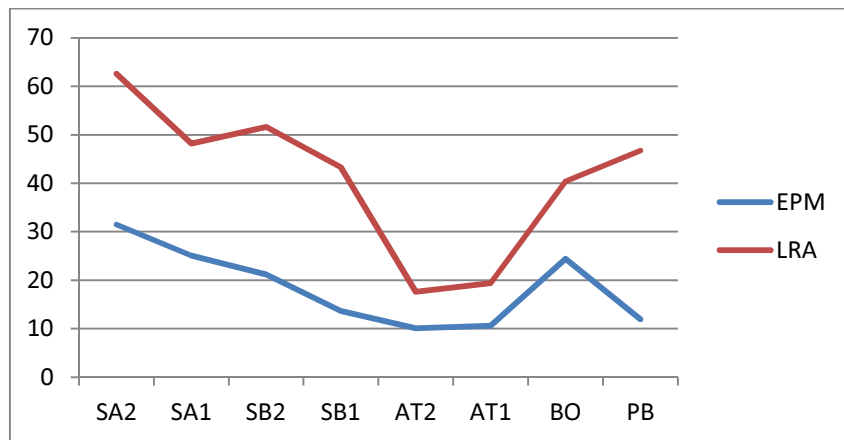
### 4.1. Atkurto augalijos sudėties palyginimas su ankstesnių tyrimų duomenimis ir šiuolaikine augalija

Šiuo darbu buvo gauta daug naujų žinių apie Lietuvos teritorijos vėlyvojo ledynmečio ir holoceno augalijos raidą, tokiu būdu smarkiai detalizuojant anksčiau turėtus duomenis. Iki šiol detaliausi kiekybinio augalijos sudėties atkūrimo rezultatai buvo pateikti penkių Lietuvos regionų lygyje (Кабайлене, 1973). Šiame darbe rezultatai pateikiami 1 km<sup>2</sup> detalumu. Siekiant sugretinti šio ir ankstesnių tyrimų rezultatus, paleoaugalijos žemėlapiuose saugoma informacija buvo generalizuota iki regionų, analogiškų M. Kabailienės (Кабайлене, 1973) darbe pateikiamiems regionams.

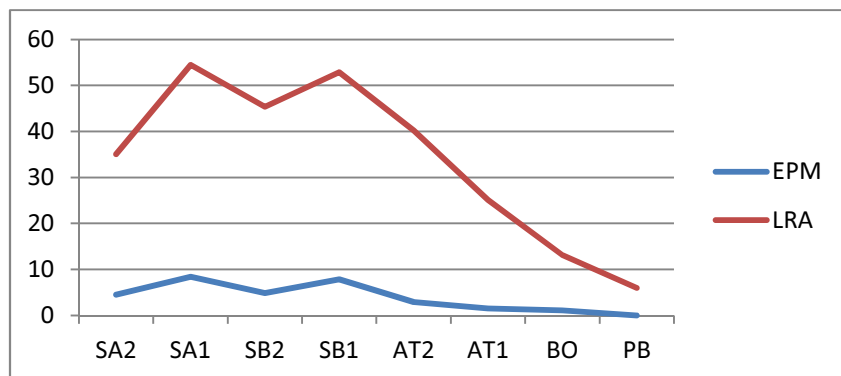
Nors bendros augalijos kaitos tendencijos modeliuojant LRA ir EPM modeliais sutampa, beveik visais laikotarpiais, visuose regionuose LRA modeliu nustatyti didesni pušies (4.1.1. pav.) ir eglės (4.1.2. pav.) kiekiai, nei EPM modeliu. Tuo tarpu beržo (4.1.3. pav.) ir alksnio (4.1.4. pav.) kiekiai EPM modeliu nustatyti didesni, nei LRA modeliu. Didesni lazdyno kiekiai nustatyti LRA modeliu holoceno pradžioje, o holoceno viduryje ir pabaigoje didesni lazdyno kiekiai gauti EPM modeliavimu. Kitų taksonų nesutapimai yra mažesni, kadangi ir patys taksonai nėra gausūs, tačiau santykiniai skirtumai yra gana reikšmingi. Didesni guobos ir liepos kiekiai buvo gauti LRA modeliavimu, o ąžuolo kiekiai – EPM modeliavimu.

Abejais modeliais vėliausiojo laikotarpio (vėlyvojo subatlančio; 500 BP) gautus rezultatus sulyginus su šiuolaikinės augalijos sudėtimi (nustatyta, remiantis MKIIS duomenimis), matome, kad LRA modeliu nustatyti pušies kiekiai neblogai atitinka šiuolaikinės augalijos duomenis (4.1.5 – 4.1.9 pav.). Didžiausi skirtumai (apie 12,1 %) būdingi Šiaurės Vakarų Lietuvos

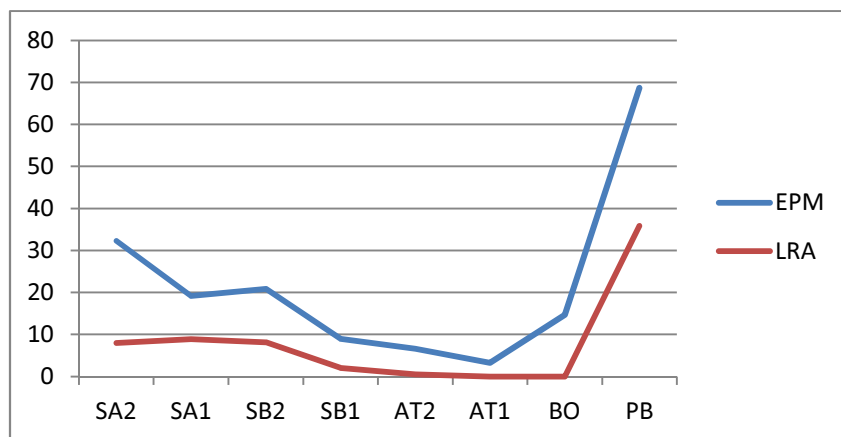
regionui, tuo tarpu neatitikimai Vakarų ir Pietryčių Lietuvoje neviršija 0,8-2 %.



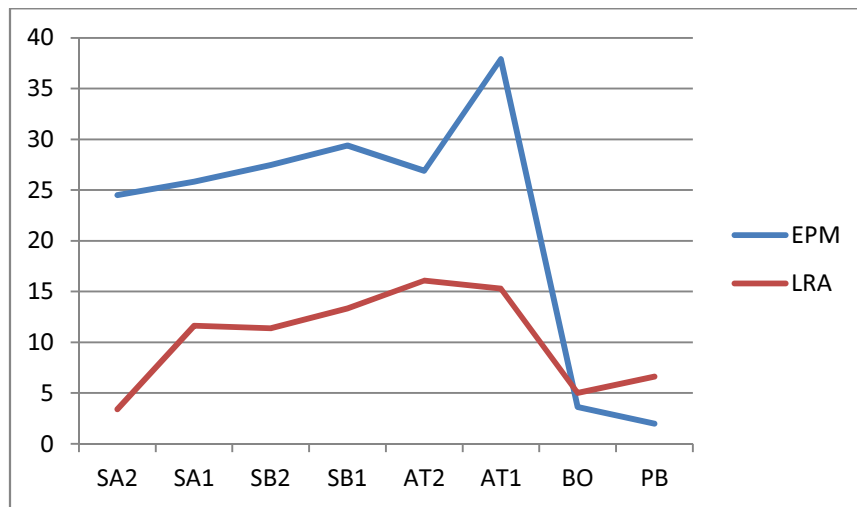
**4.1.1 pav.** Pušies procentiniai kiekiai, nustatyti Pietryčių Lietuvos regione EPM ir LRA modeliais.



**4.1.2 pav.** Eglės procentiniai kiekiai, nustatyti Vidurio Lietuvos regione EPM ir LRA modeliais.



**4.1.3 pav.** Beržo procentiniai kiekiai, nustatyti Vakarų Lietuvos regione EPM ir LRA modeliais.



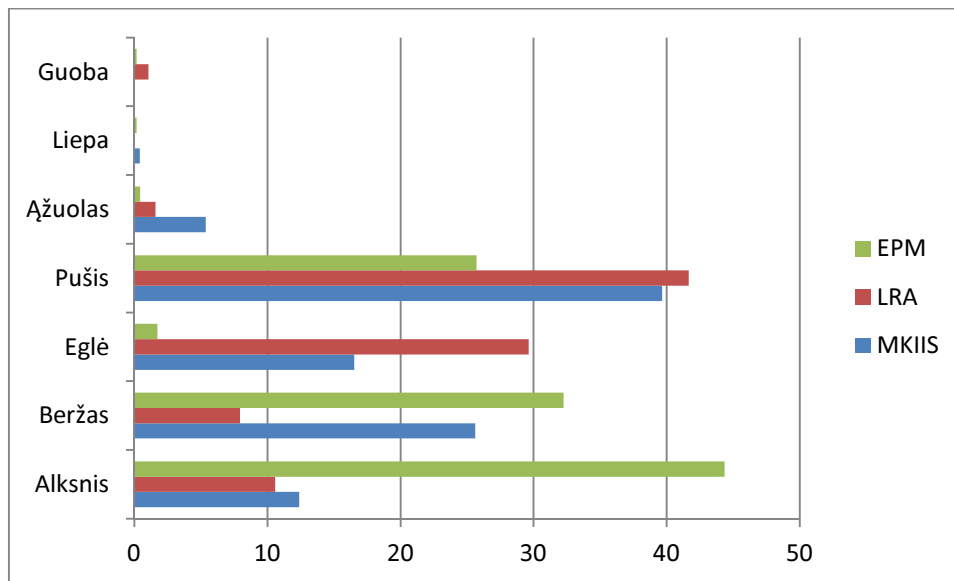
**4.1.4 pav.** Alksnio procentiniai kiekiai, nustatyti Šiaurės Vakarų Lietuvos regione EPM ir LRA modeliais.

EPM modeliu nustatyto kiekio neatitikimas su augalijos duomenimis Pietryčių Lietuvoje yra net 23,9 %, o vidutinis neatitikimas Lietuvoje sudaro apie 11,1 %.

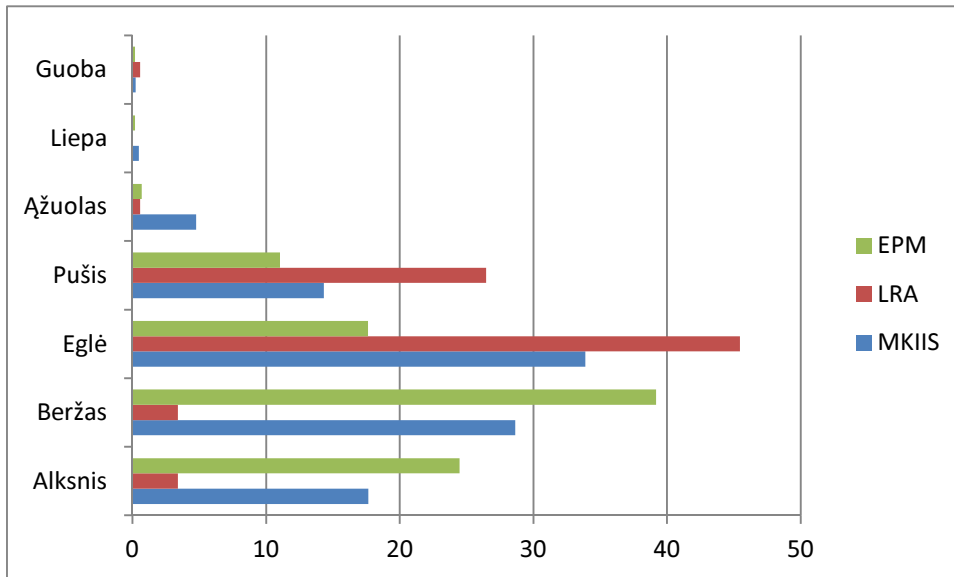
500 BP laikotarpio eglės procentiniai kiekiai, nustatyti LRA modeliavimu Pietryčių Lietuvoje tik maždaug 2,4 % didesni už šiame regione šiuo metu augančius eglės kiekius. Didžiausias neatitikimas – Vakarų Lietuvoje (13,1 %). EMP modeliu atkurti eglės procentiniai kiekiai 10,3-22 % mažesni, nei dabartinėje augalijoje.

Beržo kiekiai LRA modeliu nustatyti vidutiniškai 20,4 % mažesni, o EPM modeliu 8,3 % didesni. Alksnynų neatitikimai beveik vienodo masto – LRA modeliu nustatyti 12 % mažesni, o EPM modeliu 11,8 % didesni. Ažuolo kiekiai abejais modeliais nustatyti labai panašūs – 3,2-3,3 % mažesni nei šiuolaikinėje augalijoje. Liepos LRA modeliuoti kiekiai neatitinka šiuolaikinės augalijos mažiau nei 0,1 %, EPM kiekiai vidutiniškai 0,2 % didesni. Guobos kiekiai LRA modeliu apskaičiuoti vidutiniškai 2 % didesni, o EPM modeliu – 0,2 % mažesni.

Lyginant modeliavimo rezultatus su šiuolaikinės augalijos duomenimis, reikia turėti omenyje, kad miškų augalija pastaruoju metu buvo

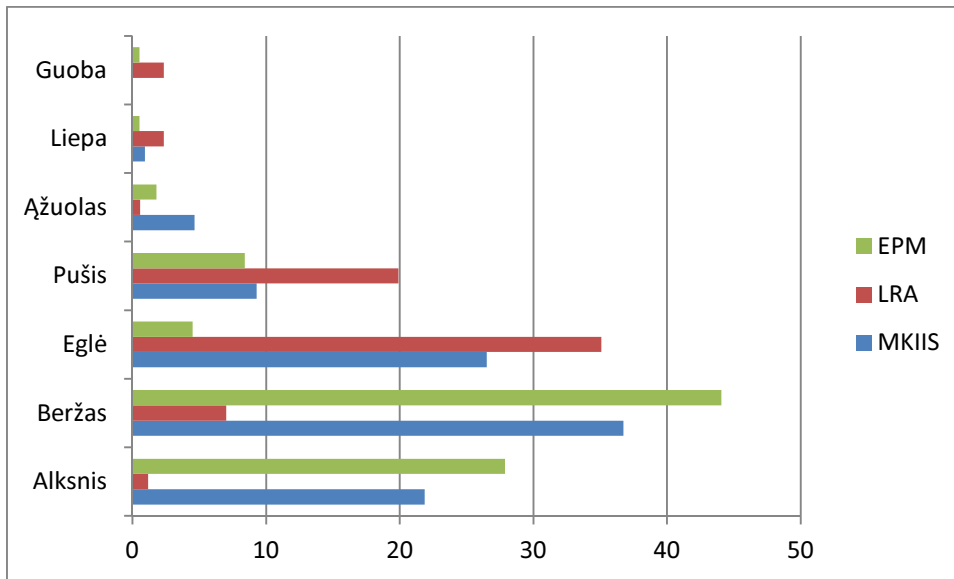


**4.1.5 pav.** EPM ir LRA modeliuotų procentinių kiekių palyginimas su MKIIS šiuolaikinės augalijos procentiniais kiekiais Vakarų Lietuvoje.

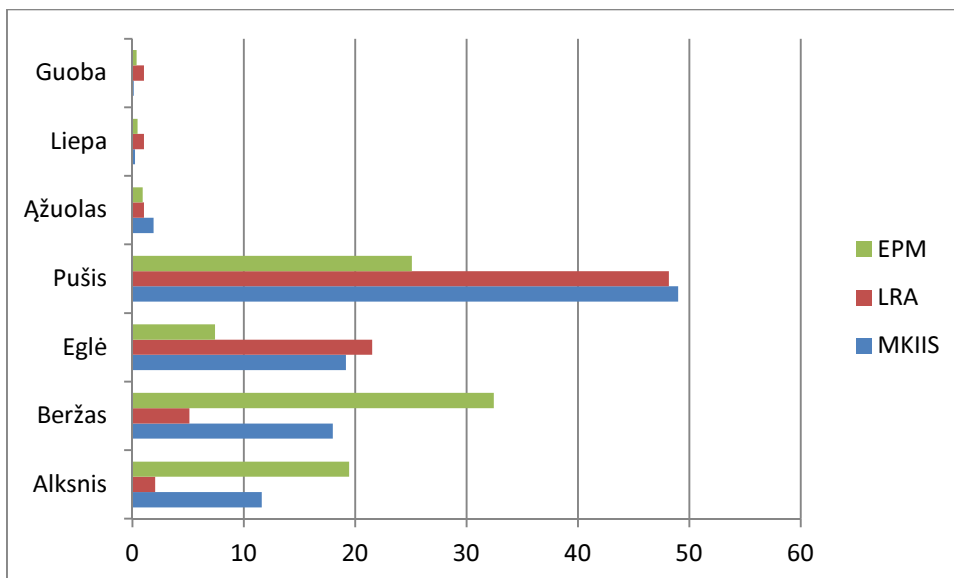


**4.1.6 pav.** EPM ir LRA modeliuotų procentinių kiekių palyginimas su MKIIS šiuolaikinės augalijos procentiniais kiekiais Šiaurės Vakarų Lietuvoje.

labai veikiama žmogaus veiklos (Kabailienė et al., 2001), todėl jos kaita buvo nenatūrali. Didelė dalis miškų šiuo metu yra sodinti, o juose augantys taksonai

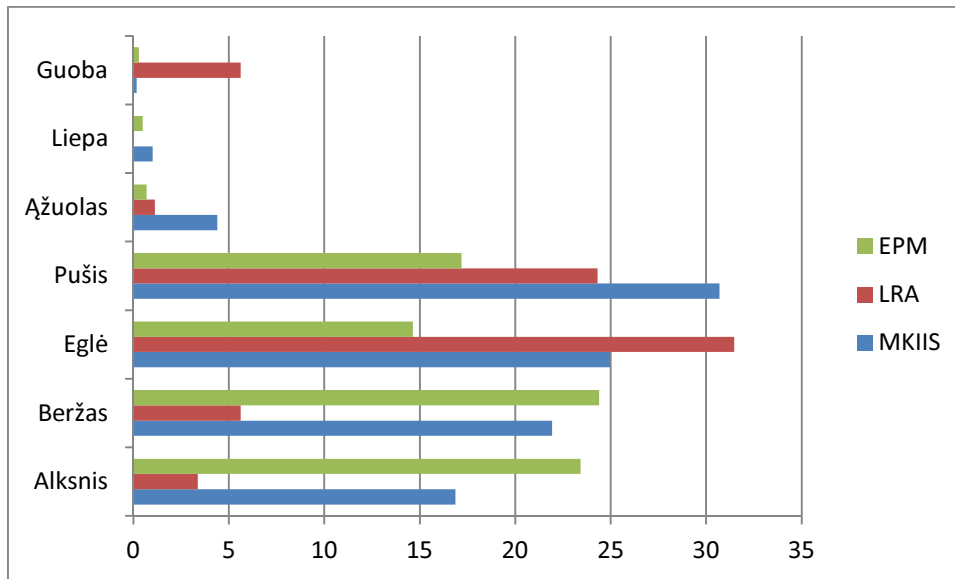


**4.1.7 pav.** EPM ir LRA modeliutų procentinių kiekių palyginimas su MKIIS šiuolaikinės augalijos procentiniais kiekiais Vidurio Lietuvoje.



**4.1.8 pav.** EPM ir LRA modeliutų procentinių kiekių palyginimas su MKIIS šiuolaikinės augalijos procentiniais kiekiais Pietryčių Lietuvoje.

nebūtinai atitinka natūraliai viso paskutiniojo tūkstantmečio augaliją, todėl kai kurių natūraliai nebūdingų Lietuvai taksonų gali būti daugiau, nei praeityje. Kai kurių taksonų, ypač būdingų derlingoms teritorijoms, priešingai – galėjo smarkiai sumažėti dėl žmogaus veiklos, ir tuo pačiu padidėti nederlingus



**4.1.9 pav.** EPM ir LRA modeliutų procentinių kiekių palyginimas su MKIIS šiuolaikinės augalijos procentiniais kiekiais Pietvakarių Lietuvoje.

dirvožemius geriau toleruojančių taksonų procentiniai kiekiai. Todėl šiuolaikinė augalija nevysiškai tiksliai atspindi paskutiniojo tūkstantmečio augaliją. Tačiau darant prielaidą, kad augalija viso paskutiniojo tūkstantmečio laikotarpiu smarkiai nekito, galima būtų teigti, kad tikslesnius rezultatus davė LRA modeliavimas.

#### **4.2. Vėlyvojo ledynmečio ir holoceno miškų augalijos raida Lietuvoje LRA modeliavimo duomenimis ir jos sugretinimas su kitų tyrinėtojų duomenimis**

Šiame skyriuje pateikiama Lietuvos vėlyvojo ledynmečio ir holoceno miškų augalijos raida, remiantis paleoaugalijos bei izožiedadulkių žemėlapių interpretavimu bei kitų Lietuvos ir užsienio tyrinėtojų duomenimis. Atskirai aprašomi laikotarpiai, apytikriai atitinkantys Lietuvoje išskirtas chronozonas (Kabailienė, 2006a; Damušytė, 2011).

##### **17 000 – 15 850 cal BP (ankstyviausiasis drisias)**

Šio laikotarpio patikimų, kiekybinio augalijos atkūrimo reikalavimus tenkinančių pjūvių Lietuvoje yra tik keli – žiedadulkių duomenų

bazėje sukaupti duomenys apie Bebruko ežero 5-ojo, Juodkrantės 29-ojo ir Nidos 27-ojo grėžinių nuosėdas (iš viso – 14 šio laikotarpio pavyzdžių). Dėl mažo tiriamųjų taškų skaičiaus nei žiedadulkių, nei paleoaugalijos žemėlapiai šiai chronozonai nebuvo sudaromi. Ankstyviausiąjį driasą siekia ir Šilutė-8a grėžinio pavyzdžiai, tačiau jame nebuvo apibūdinta reikiamos žiedadulkių sumos, todėl augalijos atkūrimui šio grėžinio duomenys nebuvo naudojami.

Dalį Lietuvos teritorijos šiuo laikotarpiu dar vis dengė ledynas. Vieni tyrinėtojai (Gaigalas et al., 2001) teigia, kad maždaug prieš 14 000 <sup>14</sup>C metų (apie 17 000 cal BP) ledynas buvo Vidurio Lietuvos fazėje, t.y. jo dengiamos buvo tik šiaurės, vidurio Lietuvos ir pajūrio žemumos. Nagrinėjamojo laikotarpio antroje pusėje (prieš 13 000 <sup>14</sup>C) ledynas atsitaukė iki Šiaurės Lietuvos fazės ribos ir užėmė, palyginti, nedidelę teritoriją Lietuvos šiaurėje ir siaurame pajūrio ruože. Iš kitų darbų (Rinterknecht et al., 2008) galima spręsti, kad ankstyviausiojo driaso laikotarpiu po ledynu dar vis buvo didžioji dalis Lietuvos, išskyrus pietrytinę jos dalį (Baltijos stadijoje). Bet kuriuo atveju, reikšminga Lietuvos teritorijos dalis nagrinėjamu laikotarpiu dar vis buvo ilgalaikio įšalo sąlygose, o likusioje teritorijoje dirvožemiai ir augalija dar tik formavosi.

Yra duomenų, kad pušynai (*Pinus*) viso paskutiniojo ledynmečio metu buvo išplitę pietų Lenkijoje – Karpatų ir Sudetų kalnuose (Staszkiwicz, 1993). Tačiau nėra jokių prielaidų teigti, kad ankstyviausiajame driase pušynai būtų smarkiai išplitę į šiaurę (Ralska-Jasiewiczowa et al., 2004). Tas pat pasakytina ir apie eglės (*Picea*) paplitimą ankstyviausiojo driaso laikotarpiu. Nors pietryčių Lenkijos (Krysowska-Iwaszkiewicz, Wójcik, 1990), Moravijos (Damblon et al., 1996; Haesaerts et al., 1996; Damblon, 1997) ir net Vakarų Rusijos (Huntley, Birks, 1983; Väliranta et al., 2011) ribotose teritorijose eglėms galėjo išsilaikyti visą ledynmetį, vargu ar ankstyviausiajame driase jie

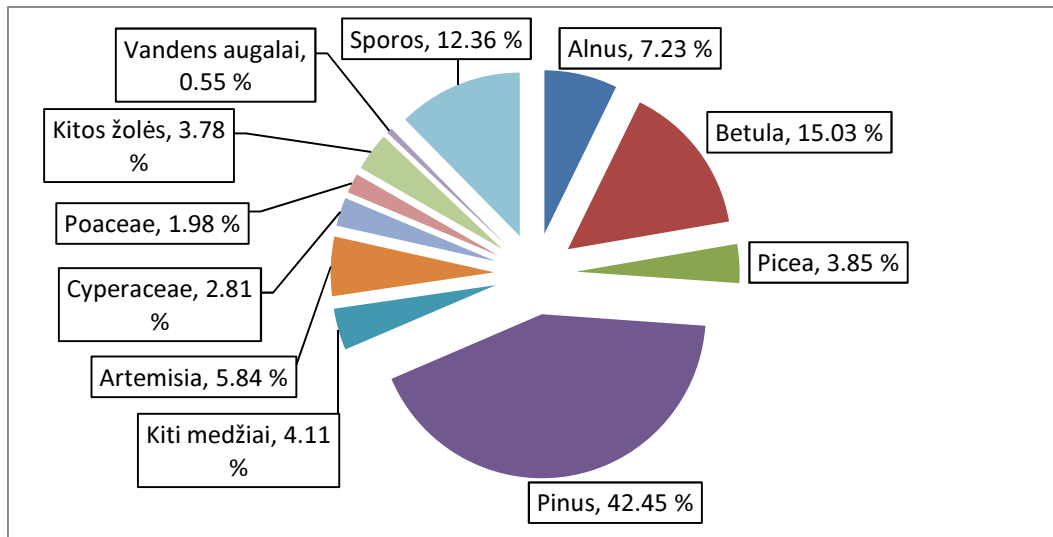


pasiekė Lietuvos teritoriją. Juo labiau Lietuvoje tuo metu negalėjo augti alksniai (*Alnus*) ar kiti šiltesnį klimatą mėgstantys medžiai.

Tuo tarpu pionieriniams augalams priskiriamų beržų (*Betula*) šiuo laikotarpiu Lietuvoje jau galėjo būti. Neabejotina, kad beržas keružis (*Betula* sect. *Nanae*), o galimai ir medieninės rūšys (*Betula* sect. *Albae*) viso paskutiniojo ledynmečio metu buvo išplitusios pietų Lenkijoje (Środoń, 1968; Mamakowa, Starkel, 1974; Mamakowa, Środoń, 1977; Ralska-Jasiewiczowa, 1980). Ankstyviausiojo driaso nuosėdose *Betula* žiedadulkės, nors fragmentiškai ir nedideliais kiekiais, yra aptinkamos visoje Lenkijoje. Mažojoje Lenkijoje (Latałowa, Nalepka, 1987), centrinėje Lenkijoje (Wasilykowa, 1967), rytų Latvijoje (Heikkilä et al., 2009) aptikta *Betula nana* makroliekanų. Remiantis kaimyninių valstybių bei Lietuvos tyrinėtojų (Кабайлене, 1973) duomenimis, beržas keružis galėjo būti sutinkamas visoje Lietuvoje nedideliais kiekiais. Medieninio beržo paplitimas Lietuvoje taip pat įmanomas, tačiau mažiau tikėtinas. Jokių jo buvimą Lietuvoje ankstyviausiojo driaso laikotarpiu patvirtinančių duomenų kol kas nėra.

Nagrinėjamojo 17 000 – 15 850 BP laikotarpio nuosėdose Lietuvoje gausiai aptinkamos medžių žiedadulkės (4.2.1 pav.). Ypatingai daug *Pinus*, *Betula*, *Alnus* ir *Picea*. Apibūdinta net ir šilumamėgių medžių žiedadulkių. Tačiau šiuo laikotarpiu ne tik Lietuvoje, bet ir visoje Šiaurės Europoje vyravo šaltas klimatas, dirvožemiai dar buvo nesusiformavę (Iversen, 1973; Ralska-Jasiewiczowa et al., 2004; Kabailienė, 2006b), todėl medžių išplitimas Lietuvoje mažai tikėtinas. Remiantis Lietuvos palinologų tyrimais (Кабайлене, 1973; Stančikaitė, 2000; Kabailienė, 2006a), ankstyviausiajame driase Lietuvoje vyravo skurdi tundros augalija ir dominavo žoliniai taksonai, medžiai vargu ar galėjo augti.

Faktoriai, nulėmę medžių dominavimą šio laikotarpio žiedadulkių spektruose nėra visiškai aiškūs. Galimas jų pernešimas iš tolimesnių teritorijų, tačiau jis tik nedidele dalimi galėjo nulėmti reikšmingus medžių žiedadulkių kiekius spektruose. Medžiams dėl taksonominio klasifikavimo kai kuriais atvejais priskiriami žemaūgių krūmokšnių taksonai (apibūdinant tik iki genties



**4.2.1 pav.** 17 000 – 15 850 cal BP laikotarpio pjūvių suminė žiedadulkių spektrų sudėtis (kaip bazinė suma naudojama visų medžių, žolinių ir vandens augalų žiedadulkių bei sporų suma).

lygio), tokie kaip beržas kerušis (*Betula nana*) ar poliarinis gluosnis (*Salix poliaris*), augę tuo metu Lietuvoje (Кабайлене, 1973) galėjo būti kita medžių dalies spektruose padidėjimo priežastis. Tačiau tai būdinga tik *Betula* ir *Salix*, o kiti nagrinėti taksonai krūmokšnių rūšių neturi.

Labiausiai tikėtinas paaiškinimas, minimas ir kitų autorių (Кабайлене, 1973; Kabailienė, 2006a), galėtų būti žiedadulkių perklostymas, vykęs dėl intensyvių erozinių reiškinių šiuo laikotarpiu. Perklostymo įtaką patvirtina ir žiedadulkių spektrų fragmentiškumas – skirtinguose gręžiniuose žiedadulkių spektrų sudėtis smarkiai skiriasi. Todėl galima teigti, kad didžioji dauguma medžių žiedadulkių buvo perklostytos. Tuo tarpu dominuojančios

žolių žiedadulkės (*Artemisia*, Cyperaceae, Poaceae ir kt.) greičiausiai atspindėjo apylinkių augaliją.

Dėl itin negausių duomenų, vyravusio tuo metu atviro kraštovaizdžio ir galimos erozijos įtakos, apie ankstyviausiojo driaso augaliją spręsti sunku. Tačiau įvertinus turimus ankstyviausiojo driaso žiedadulkių spektrus bei kitų Lietuvos ir kaimyninių šalių tyrinėtojų duomenis, galima teigti, kad medžiai Lietuvoje šiuo laikotarpiu neaugo arba beveik neaugo. Ribotose teritorijose galėjo būti išplitę medieniniai beržai, tačiau žymiai labiau tikėtinas beržo keružio paplitimas. Visoje Lietuvos teritorijoje greičiausiai vyravo atviras kraštovaizdis ir žoliniai taksonai – kietis (*Artemisia*), viksvuoliniai (Cyperaceae) ir migliniai (Poaceae).

#### **15 850-14 600 cal BP (biolingas)**

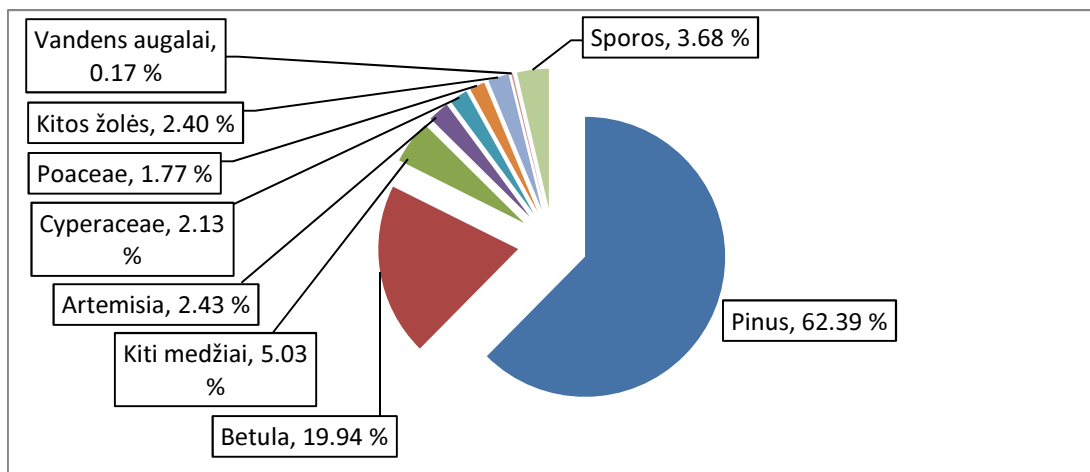
Be aukščiau minėtų gręžinių, siekiančių ankstyviausiąjį driasą, biolingo chronozoną siekia dar ir Ilgio-3, Gudelių, Bebruko 3a ir 3b gręžiniai (iš viso 19 nuosėdų pavyzdžių). Paleoaugalijos žemėlapiai šiam laikotarpiui taip pat nebuvo sudaromi.

Nors nagrinėjamoju laikotarpiu, ypač jo pabaigoje, klimatas šilo (Björck et al., 1998; Rasmussen et al., 2006), ir intensyviai vyko teritorijos nuledėjimas, dalį Lietuvos teritorijos vis dar dengė ledynas (Gaigalas et al., 2001; Rinterknecht et al., 2008), o likusioje jos dalyje klimatinės sąlygos tebebuvo pakankamai atšiaurios (Kabailienė, 1990).

15 850 – 14 600 BP laikotarpio Lietuvos žiedadulkių spektruose (4.2.2 pav.) dominuoja *Pinus*, nemažai *Betula* žiedadulkių. Nors šiuo laikotarpiu tiek beržas (*Betula*), tiek galimai ir pušis (*Pinus*) buvo sutinkami Lietuvos teritorijoje, dominavo atviras kraštovaizdis (Kabailienė, 2006a) ir panašu, kad didžioji dalis žiedadulkių yra perklostytos. Pušies plitimui sąlygos biolinge dar nebuvo itin palankios (Kabailienė, 1973), ir šis taksonas negalėjo

vyrauti Lietuvos teritorijoje. Apibūdinta nemažai ir šiltesniam klimatui būdingų taksonų, tame tarpe ir šilumamėgių medžių. Pastarųjų paplitimas nagrinėjamoju laikotarpiu yra itin mažai tikėtinas.

Šiuo laikotarpiu medieninio beržo makroliekanos aptinkamos šiaurės rytų Lenkijoje (Wasilykowa, 1964) bei Lietuvoje (Stančikaitė et al., 2008), reikšmingas buvo ir beržas keružis (Wacnik, 2003). Pušies makroliekanų



**4.2.2 pav.** 15 850 – 14 600 cal BP laikotarpio pjūvių suminė žiedadulkių spektrų sudėtis (kaip bazinė suma naudojama visų medžių, žolinių ir vandens augalų žiedadulkių bei sporų suma).

randama pietinėje ir centrinėje Lenkijoje, tuo tarpu šiaurės ir rytų Lenkijoje pušynų egzistavimo įrodymų neaptinkama (Ralska-Jasiewiczewa et al., 2004). Visoje Lenkijoje aptinkamos *Salix* (gluosnio) žiedadulkės, sudarančios iki kelių procentų, panašiai kaip ir Lietuvoje. Apie eglės (*Picea*), alksnio (*Alnus*) ir kitų šiltesniam klimatui būdingų medžių paplitimą Lietuvai gretimose teritorijose duomenų nėra.

15 850 – 14 600 cal BP laikotarpiu Lietuvos teritorijoje greičiausiai dar vis vyravo atviras kraštovaizdis, tačiau augo ir medžių. Atvirose teritorijose vyravo kiečiai (*Artemisia*), viksvuoliniai (*Cyperaceae*) bei migliniai (*Poaceae*) augalai, miškuose – sprendžiant iš turimų žiedadulkių duomenų, klimatinių bei

Lietuvai kaimyninių valstybių augalijos istorijos tyrimų – medieniniai beržai ir gluosniai. Dar vis reikšmingi turėjo būti ir krūmokšniniai beržai keružiai bei poliariniai gluosniai.

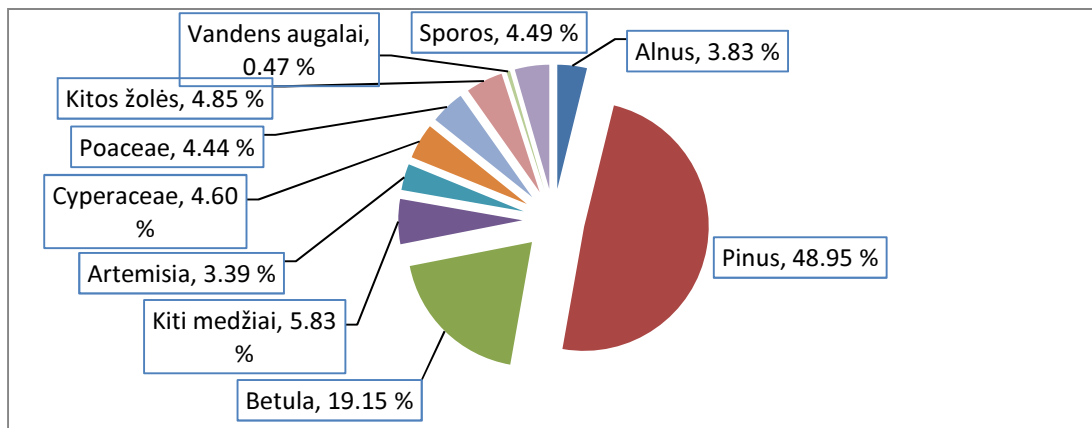
#### **14 600 – 13 600 cal BP (ankstyvasis drietas)**

Žiedadulkių tyrimo duomenų apie ankstyvąjį drietą yra daugiau, nei ankstesnių laikotarpių – 21 gręžinys siekia šio laikotarpio nuosėdas (iš viso 75 nuosėdų pavyzdžiai).

Kadangi šio darbo tikslas yra medžių augalijos atkūrimas, sudaryti paleoaugalijos žemėlapiai atspindi medžių taksonų procentinę sudėtį nuo bendros atkūriamų taksonų sumos. Iš jų galime spręsti apie medžių kiekius, tačiau sunku pasakyti, kokią ploto dalį užėmė patys medžiai, lyginant su žoliniais taksonais. Kitų autorių nustatyta, kad ankstyvajame driete vis dar dominavo atviras kraštovaizdis (Kabailienė, 2006a), todėl šio laikotarpio paleoaugalijos žemėlapiai greičiausiai atspindi labai negausios medžių augalijos procentinę sudėtį. Greičiausiai todėl paleoaugalijos žemėlapiai yra gana netolygūs. Be to, ankstyvajame driete vykę intensyvūs eroziniai procesai (Kabailienė, 1990; Stančikaitė et al., 2002), o maždaug tris ketvirtadalius šio laikotarpio žiedadulkių spektrų sudarančios medžių žiedadulkės (4.2.3 pav.) nurodo, kad perklostytų žiedadulkių dalis galėjo būti gana didelė ir ankstyvajame driete.

Tyrimai Lenkijoje (Ralska-Jasiewiczowa et al., 2004) rodo, kad šiuo laikotarpiu pušis ne tik neplito, bet jos arealai traukėsi į pietus. Tuo tarpu Rytų Latvijoje nuo maždaug 14 400 cal BP ne tik gausiai randamos *Pinus* (pušies) žiedadulkės, bet ir makroliekanos (Heikkilä et al., 2009). Pušies makroliekanų, datuotų 14 050 – 13 400 cal BP aptikta ir Pietų Lietuvoje (Stančikaitė et al., 2008). Tai rodo, kad šiuo laikotarpiu pušis augo reikšmingoje dalyje Lietuvos teritorijos, nors greičiausiai ir nedideliais kiekiais.

*Betula* (beržas) šiaurės rytų Lenkijoje sudarė iki 50 % žiedadulkių spektrų (Ralska-Jasiewiczowa et al., 2004), t.y. gerokai daugiau nei tuo pačiu laikotarpiu Lietuvoje. Tačiau tiek medieninio, tiek krūmokšninio beržo buvimas Lietuvoje patvirtintas makroliekanų datavimais (Stančikaitė et al., 2008). *Salix* (gluosnis) Lenkijoje šiuo laikotarpiu pasiekia maksimumą, jos šiaurės rytuose sudarydamas iki 10 % (Ralska-Jasiewiczowa et al., 2004). Panašūs *Salix* kiekiai aptinkami ir Lietuvoje. Šiaurės vakarų Lenkijoje



**4.2.3 pav.** Ankstyvojo driaso pjūvių suminė žiedadulkių spektrų sudėtis (kaip bazinė suma naudojama visų medžių, žolinių ir vandens augalų žiedadulkių bei sporų suma).

aptinkama iki kelių procentų *Juniperus* (kadagio). Lietuvoje *Juniperus* žiedadulkių gausiai aptikta tik šiaurinėje dalyje. *Picea* (eglės) žiedadulkės Lenkijoje sutinkamos labai mažais kiekiais. Šie medžiai galėjo augti tik Pietų Lenkijos kalnuotose teritorijose (Ralska-Jasiewiczowa et al., 2004).

Sprendžiant iš sudarytų paleoaugalijos žemėlapių, nagrinėjamoju laikotarpiu pietryčių Lietuvoje beržai galėjo sudaryti ištisus miškus. Sąlyginai dideli eglės kiekiai šiaurės rytų Lietuvoje yra gerokai per ankstyvi. Eglės paplitimo įrodymai Lietuvoje ir jai gretimose teritorijose aptinkami tik nuo aleriodo – ankstyvojo driaso (Makhnach et al., 2004; Stančikaitė et al., 2008; Heikkilä et al., 2009). Turint omenyje reišmingą

perklostymo įtaką nagrinėjamojo laikotarpio spektruose, galima daryti išvadą, kad eglės kiekiai Lietuvos paleoaugalijos žemėlapiuose yra smarkiai padidinti. Labai tikėtina, kad eglė šiuo laikotarpiu Lietuvoje apskritai neaugo.

Panašu, kad didžiojoje interpoliuoto ploto dalyje gana reikšmingas buvo gluosnis. Greičiausiai gausesnė buvo krūmokšninė šio taksono rūšis – poliarinis gluosnis. Pušies, ir juo labiau šilumamėgės guobos gausa, matoma paleoaugalijos žemėlapiuose, yra abejotina ir greičiausiai yra susijusi su senesnių nuosėdų perklostymu į ankstyvojo driaso nuosėdas. Greičiausiai šiose teritorijose dominavo apskritai ne medžiai, bet žoliniai augalai – viksvuoliniai (Cyperaceae), migliniai (Poaceae), kiečiai (*Artemisia*) ir kt.

### **13 600 – 12 800 cal BP (alėriodas)**

Nagrinėjamoju laikotarpiu Lietuvoje išplito medžiai ir įsivyravo miškingas kraštovaizdis (Kabailienė, 2006a), todėl šio laikotarpio ir vėlesni paleoaugalijos žemėlapiai (išskyrus vėlyvojo driaso) yra žymiai paprasčiau interpretuojami. Daugiau surinkta ir šio laikotarpio duomenų – 55 gręžiniai su alėriodo nuosėdomis (iš viso 175 palinologiškai ištirti nuosėdų pavyzdžiai). Dar vis pastebima, tačiau gerokai sumažėjusi perklostytų žiedadulkių dalis spektruose.

Neabejotina, kad svarbiausias medžių taksonas alėriode buvo pušis (4.2.4 pav.). LRA modeliavimo duomenimis, pušis (*Pinus*) dominavo beveik visoje Lietuvos teritorijoje. Pietų Lietuvoje pušies apskaičiuota iki 92 %, rytinėje Lietuvos dalyje – iki 96,8 %, o Žemaitijoje net iki 100 %. Tokie skaičiai atitinka ir kitų Lietuvos tyrėjų duomenis (Kabailienė, 2006a). Tačiau LRA modeliavimas rodo, kad pušies paplitimas alėriode buvo labai netolygus. Nemažoje dalyje tiriamųjų taškų (daugiausia pietvakarių ir rytų Lietuvoje) pušis neviršija 10 %, o kai kuriuose taškuose nustatyta 0 % pušies. Iš dalies tai galėjo būti nulemta ir nuosėdų užteršimo senesne medžiaga, tačiau iš esmės

pušies fragmentiškumas aleriodė pakankamai tikėtinas, kadangi miškai tuo metu dar tik formavosi. *Pinus* žiedadulkės dominuoja ir visos Lenkijos žiedadulkių spektruose (Ralska-Jasiewiczowa et al., 2004), gausiai randamos pušies makroliekanos. Šiaurės rytų Lenkijos žiedadulkių spektruose *Pinus* žiedadulkės sudaro maždaug 50-60 %, t.y. mažiau nei didžiojoje dalyje Lietuvos teritorijos. Nuo 13 300 BP *Pinus* makroliekanos aptinkamos ir Estijoje (Kihno et al., 2011), gausiai randama *Pinus* žiedadulkių.

Nedideliuose plotuose šiaurės ir vakarų Lietuvoje dominuoja beržas. Nemaža procentinė šio taksono dalis aleriodė būdinga visai vakarų ir šiaurės Lietuvai. Panašu, kad pietryčių Lietuvoje ankstyvajame driase išplitęs beržas, aleriodė pirmasis išsiplėtė visoje Lietuvos teritorijoje (Stančikaitė et al., 2004). Vėliau beržas pasitraukė į šiaurės vakarus, o pietryčiuose, kur sąlygos atšilus klimatui tapo palankesnės, jo vietą užėmė pušis. *Betula* žiedadulkių Lenkijoje (Ralska-Jasiewiczowa et al., 2004) randama daugiau nei Lietuvoje ir Latvijoje (Heikkilä et al., 2009) – iki 30-40 %. Nagrinėjamojo laikotarpio pabaigoje *Betula* žiedadulkių šiaurės Lenkijoje sumažėja (iki 10-30 %).

Gluosnio (*Salix*) sumažėja, tačiau šiaurės ir pietryčių Lietuvoje šis taksonas vis dar išlieka svarbus. Gluosnio bei kadagio (*Juniperus*) visoje Lenkijoje taip pat pastebimai sumažėja, tačiau šie taksonai išlieka reikšmingi (Ralska-Jasiewiczowa et al., 2004).

Šiaurės rytų Lietuvoje gausu eglės (*Picea*). Nedideliame plote šis taksonas net dominuoja. Šiuo laikotarpiu šiaurės rytų Lietuvoje aptiktos ir eglės makroliekanos (Stančikaitė et al., 1998).

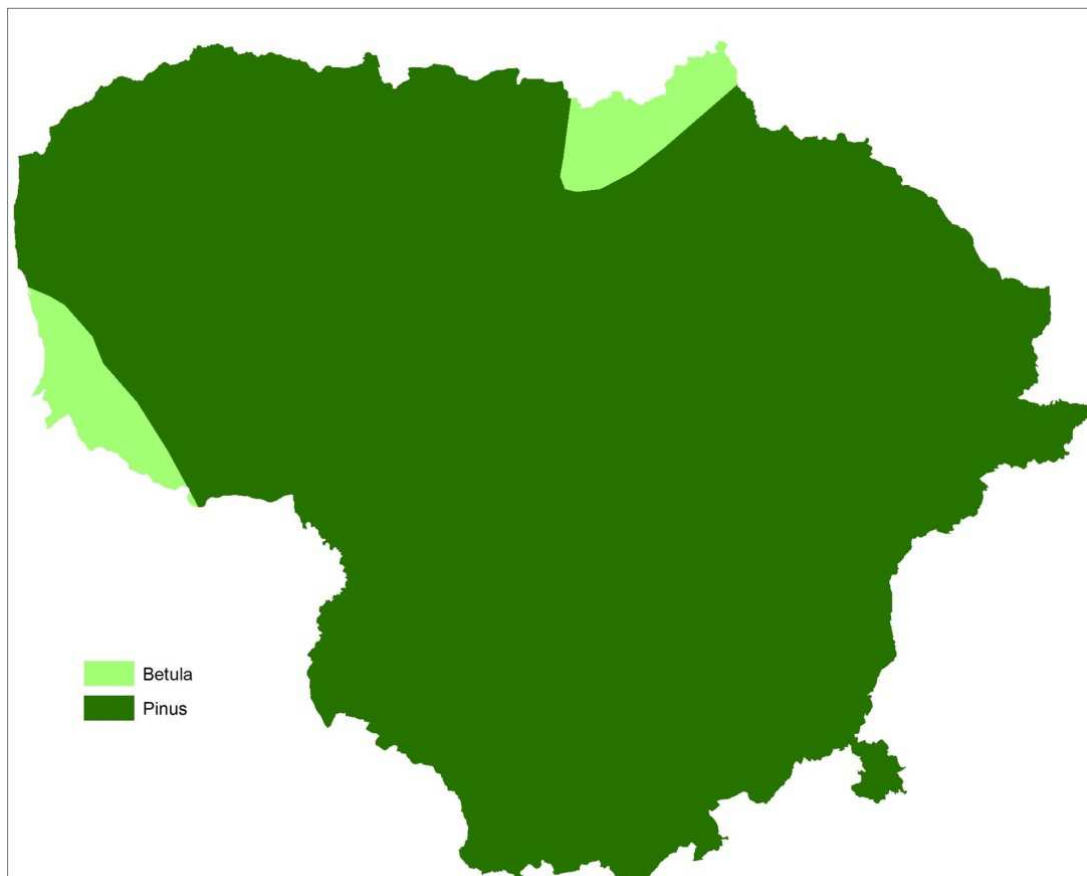
Duomenų apie reikšmingą kitų taksonų išplitimą artimose Lietuvai teritorijose nėra. *Alnus*, *Corylus* ir *Ulmus* buvimas, o juo labiau dominavimas pietryčių Lietuvos augalijoje mažai tikėtinas. Greičiausiai šių medžių Lietuvoje dar nebuvo, o paleoaugalijos žemėlapiuose matomi jų dominuojami plotai yra



sąlygoti pavienių taškų, paveiktų nuosėdų peklostymo aleriodė. Dėl intensyvių šiuo laikotarpiu vykusių erozinių ir termokarstinių procesų (Kabailienė, 1990; Stančikaitė et al., 2002; Kabailienė, 2006a) tam sąlygos buvo palankios.

#### **12 800 – 11 500 cal BP (vėlyvasis drietas)**

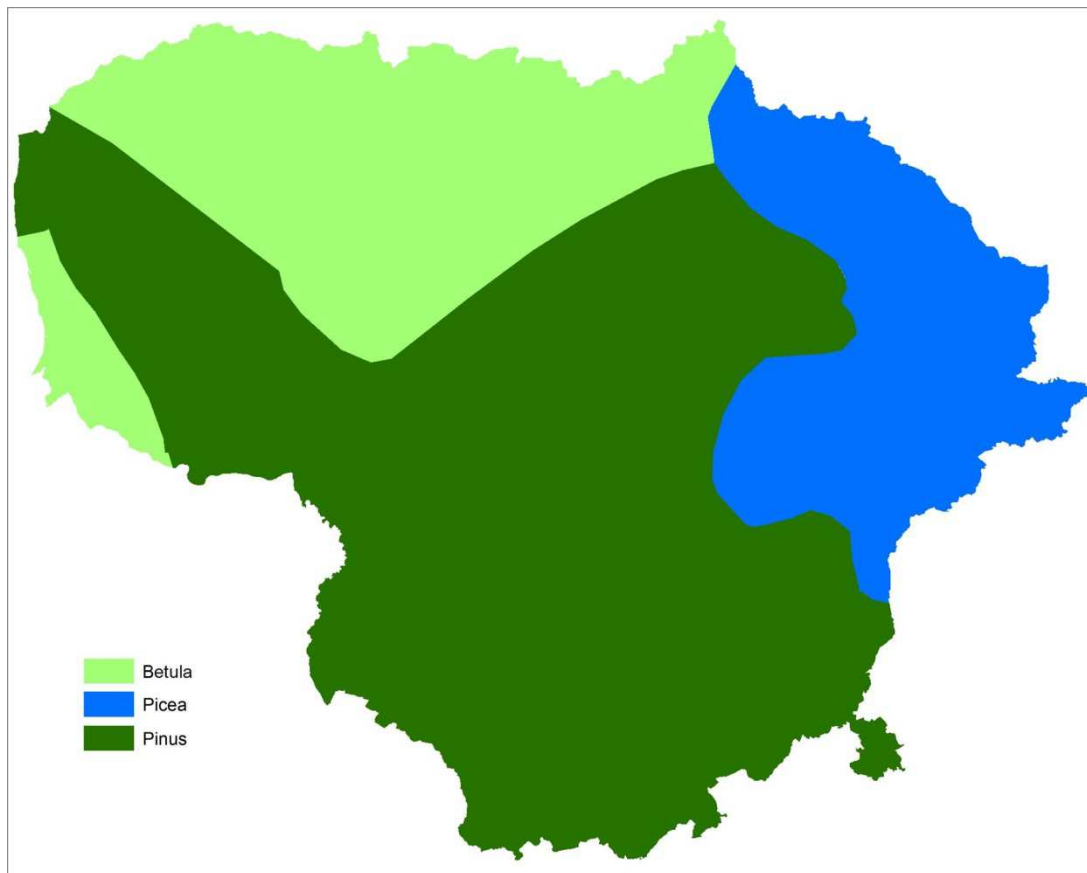
Vėlyvajame driete miškų sumažėjo, vėl įsivyravo žolinė augalija (Kabailienė, 2006a). Pagrindinių to meto medžių taksonų – beržo, pušies, gluosnio dėl šaltesnio klimato turėjo sumažėti, tačiau panašu, kad visiškai jie neišnyko (4.2.5 pav.).



**4.2.4 pav.** Vyraujantys medžių taksonai Lietuvos teritorijoje 13 600 – 12 800 cal BP laikotarpiu, LRA modeliavimo duomenimis.

Dėl didelio žolinių augalų kiekio paleoaugalijos žemėlapius interpretuoti sudėtinga, tačiau atrodo, kad šiaurės ir vakarų Lietuvoje tarp medžių vyravo beržas, dėl atšalusio klimato išplėtęs savo arealą į pietus.

Tačiau pietryčių Lietuvoje neabejotinai buvo daugiau *Pinus*, nei likusioje Lietuvos dalyje. Panašūs duomenys gauti ir kaimyninėse teritorijose. Šiaurės rytų Lenkijoje (Ralska-Jasiewiczowa et al., 2004) šiuo laikotarpiu sumažėja *Pinus* žiedadulkių (iki maždaug 40 %) ir padaugėja *Betula* (iki 25-40 %), t.y. tendencijos panašios į Lietuvos, ir net ryškesnės. Estijoje *Betula* taip pat buvo išplitusi, tačiau pušynai greičiausiai iš Estijos šiuo laikotarpiu atsitraukė į pietus (Kihno et al., 2011).



**4.2.5 pav.** Vyraujantys medžių taksonai Lietuvos teritorijoje 12 800 – 11 500 cal BP laikotarpiu, LRA modeliavimo duomenimis.

Šiaurės-rytų Lenkijoje *Picea* žiedadulkių kiekiai padidėja iki 1-2 %, tačiau gerokai šiauriau tirtuose pjuviuose Latvijoje (Heikkilä et al., 2009), Pietryčių Estijoje (Ilves, Mäemets, 1996; Saarse, Rajamäe, 1997), Baltarusijoje (Makhnach et al., 2004) *Picea* sudaro reikšmingą spektrų dalį. Šie duomenys koreliuoja ir su šiame darbe sudarytais paleoaugalijos žemėlapiais, kuriuose

taip pat matomi didesni eglynų kiekiai ir net dominavimas šiaurės rytų Lietuvoje. Be to, šiuo laikotarpiu Lietuvoje aptikta ir eglės makroliekanų (Stančikaitė et al., 2008).

Dauguma aptiktų *Alnus* žiedadulkių Lietuvoje greičiausiai atneštinės arba perklostytos, nors yra duomenų, kad šiuo laikotarpiu buvo aptinkamos alksnio makroliekanos Šiaurės Lenkijoje (Środoń, 1981; Latałowa, Borówka, 2006) bei Lietuvoje (Stančikaitė et al., 2008). Makroliekanų radiniai nėra patvirtinti dideliais žiedadulkių kiekiais – tiek Lietuvoje, tiek kaimyninėje Lenkijoje *Alnus* žiedadulkės retai kur sudaro daugiau nei 1 %. Todėl stambesnių masyvų alksnis nagrinėjamoju laikotarpiu Lietuvoje sudaryti negalėjo. Jei Lietuvoje ir augo alksniai, jų arealai turėjo būti labai riboti.

Gluosnio paleoaugalijos žemėlapyje matomas šio taksono išplitimas Suvalkijos teritorijoje. Lenkijoje, ypač jos šiaurės rytuose taip pat padaugėja *Salix* žiedadulkių (Ralska-Jasiewiczowa et al., 2004). Tačiau likusioje Lietuvos dalyje *Salix* kiekiai labai maži. Šias teritorijas pionieriniai gluosniai greičiausiai jau buvo užleidę kitoms rūšims. Panašiai iš Lietuvos teritorijos traukėsi ir kadagiai (*Juniperus*).

Pavieniuose pjūviuose gausiai randamos *Alnus*, *Corylus* ir *Ulmus* žiedadulkės greičiausiai buvo perklostytos iš tarpledynmečių sluoksnių, ir šie medžiai Lietuvoje vėlyvajame driase neaugo.

### **11 500 – 10 200 cal BP (preborealis)**

Preborealyje Lietuvoje vėl įsivyrąja miškai (Kabailienė, 1990). Atvirame kraštovaizdyje pirmiausiai turėjo išplisti pionierinis beržas (*Betula*), o šylant klimatui iš pietryčių į šiaurės rytus plėtėsi pušies (*Pinus*) arealai. Nederlinguose Lietuvos pietryčiuose ir net vidurio Lietuvoje pušis buvo dominuojantis taksonas (4.2.6 pav.). Greitas beržo išplitimas šio laikotarpio pradžioje ir pušies dominavimas antroje šio laikotarpio pusėje pastebėtas

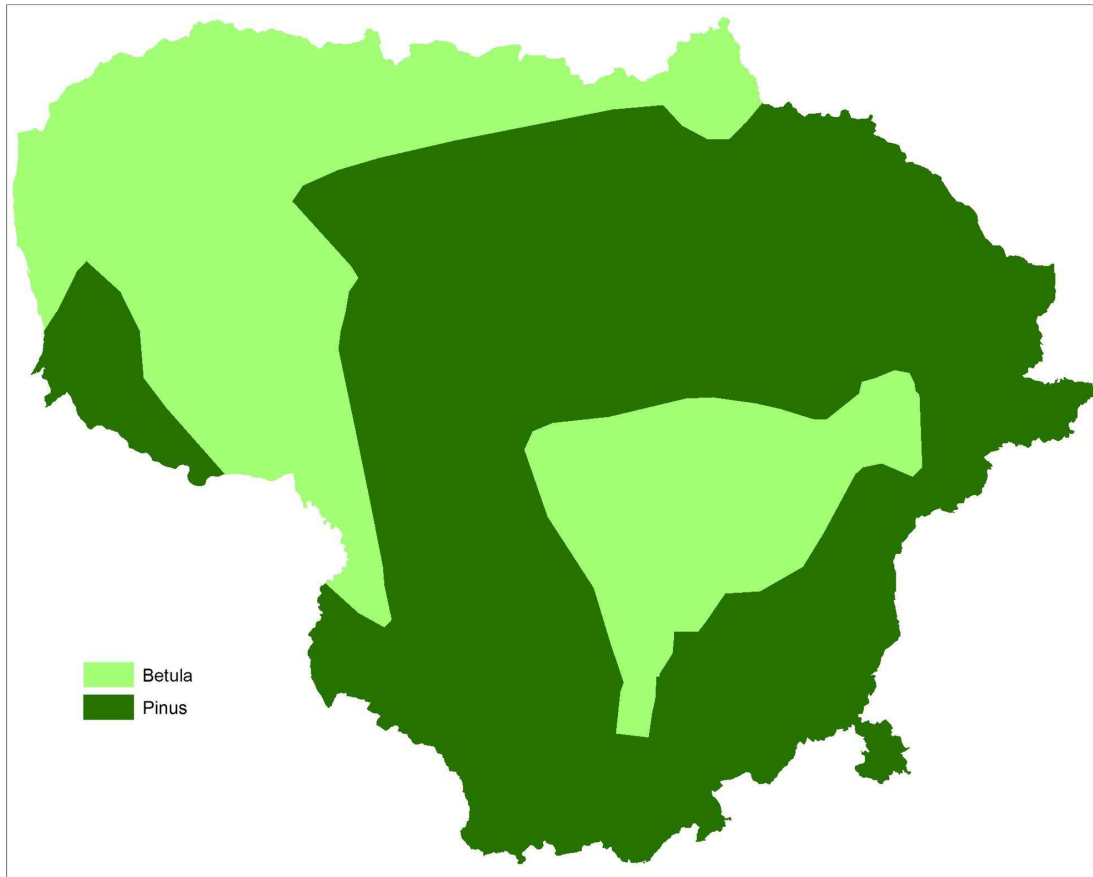
kitų tyrinėtojų (Kabailienė, 1998; Stančikaitė et al, 2002; 2003). Sprendžiant iš Lenkijos izožiedadulkių žemėlapių (Ralska-Jasiewiczowa et al., 2004), panaši augalija vyravo ir šiaurės rytų Lenkijoje, tik beržo ten šiek tiek daugiau, o pušies šiek tiek mažiau nei Lietuvoje.

Eglės šiaurės rytų Lietuvoje gerokai sumažėja ir tik ribotose teritorijose ji viršija 10 %. Tačiau minėtame regione buvo aptiktos eglės makroliekanos (Stančikaitė et al., 2004; 2009a), datuotos 9 400 <sup>14</sup>C BP (maždaug 10 650 cal BP), o rytinėje Latvijoje gauti duomenys (Seglinš et al., 1999; Heikkilä et al., 2009) rodo, kad eglė ir šiame regione dar vis buvo gana reikšminga.

Iš pietvakarių pusės Lietuvoje plinta lazdynas. Vakarų ir vidurio Lietuvoje lazdynas galėjo sudaryti iki 10-30 %. Didesni kiekiai nulemti pavienių gręžinių duomenų ir todėl nėra pakankamai patikimi. *Corylus* žiedadulkių kiekiai vakarų ir vidurio Lietuvoje panašūs į šiaurės rytų Lenkijos (Ralska-Jasiewiczowa et al., 2004), kur *Corylus* žiedadulkių ištisinė kreivė susiformuoja 9 300 <sup>14</sup>C BP (maždaug 10 500 cal BP; Ralska-Jasiewiczowa, 1983, 1989; Kupryjanowicz, 2007), t.y. nagrinėjamojo laikotarpio pabaigoje. Rytinę Lietuvos dalį lazdynas pasiekia maždaug 10 200 – 10 000 cal BP (Gaidamavičius et al., 2011). Panašiu metu, apie 10 200 cal BP, ištisinė *Corylus* kreivė susiformuoja ir rytų Latvijoje (Heikkilä et al., 2009). Vėliausiai nuo 10 000 cal BP lazdynas buvo pasiekęs net Estiją (Saarse, 2004; Niinemets, Saarse, 2009), Baltarusijoje jis aptinkamas šiek tiek vėliau – nuo 9 700 cal BP (Zernitskaya, Kolkovskij, 2003; Novik et al., 2010). Sudaryti paleoaugalijos žemėlapiai patvirtina lazdyno migracijos iš vakarų-pietvakarių į rytus-šiaurės rytus hipotezę (Saarse, 2004).

Guoba didžiojoje Lietuvos dalyje (išskyrus jos šiaurę ir pietus) sudaro iki 10-20 %. Šiuo laikotarpiu guoba buvo pasiekusi Estiją, kur jos atsiradimas datuojamas 10 800 – 10 700 cal BP (Veski, 1998). Tuo pat metu ištisinė *Ulmus* kreivė fiksuojama ir Latvijoje (Heikkilä et al., 2009) bei

centrinėje Lenkijoje (Ralska-Jasiewiczowa et al., 1998). Iš paleoaugalijos žemėlapių guobos migravimo kryptį Lietuvoje nustatyti sudėtinga, kadangi guobos plitimas buvo pakankamai greitas ir kiekiai skirtinguose Lietuvos pakraščiuose buvo panašūs.



**4.2.6 pav.** Vyraujantys medžių taksonai Lietuvos teritorijoje 11 500 – 10 200 cal BP laikotarpiu, LRA modeliavimo duomenimis.

Alksnis Lietuvoje greičiausiai dar nebuvo išplitęs. Jo žiedadulkių aptinkama tik pavieniuose pūviuose ir didesni kiekiai gali būti nulemti vietinių sąlygų – pavyzdžiui, perklostymo. Alksnio žiedadulkių nedaug ir Lenkijoje – tik pietinei jos daliai būdingi kelis procentus siekiantys *Alnus* kiekiai (Ralska-Jasiewiczowa et al., 2004).

Gluosnio ir kadagio Lietuvoje pratiškai nebelieka. Panašu, kad šie šviesai reiklūs taksonai buvo išstumti padidėjus Lietuvos teritorijos miškingumui.

Kai kurie tyrinėtojai (Ralska-Jasiewiczowa, 1999; Wacnik, 2008; Heikkilä et al., 2009) šiuo laikotarpiu aptinka ir drebulės (*Populus*) žiedadulkių, tačiau jos pasižymi prastomis išlikimo savybėmis, aptinkamos itin retai ir jų kiekiai šiame disertaciniame darbe nebuvo atkuriami. Tačiau negalima atmesti prielaidos, kad pionieriniams augalams priskiriama drebulė galėjo sudaryti reikšmingą augalijos dalį Lietuvos teritorijoje.

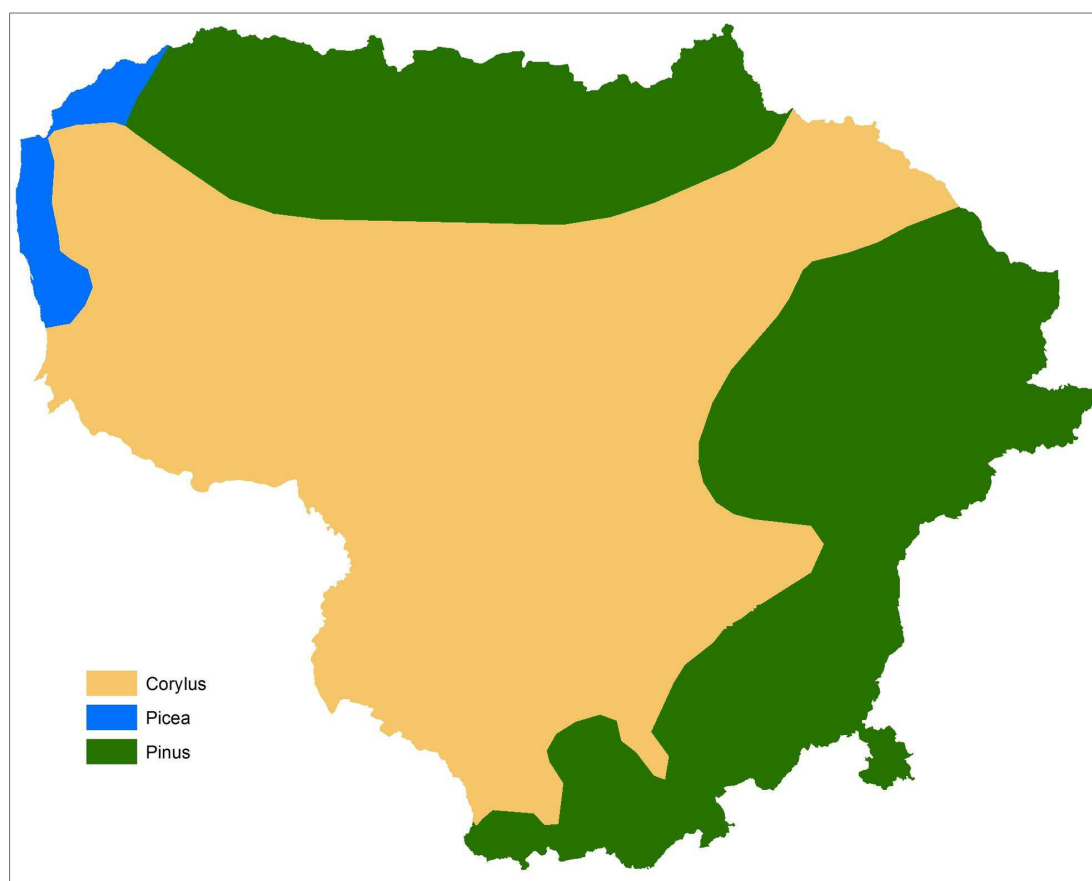
### **10 200 – 8 600 cal BP (borealis)**

Šiuo laikotarpiu beržynų vyraujamos teritorijos pasitraukia šiauriau Lietuvos, o Lietuvoje beržo beveik nelieka. Šiaurės Lietuvoje beržo (*Betula*) atsitraukimas datuojamas jau 10 050 cal BP (Stančikaitė et al., 2006), t.y. ankstesniojo laikotarpio pabaigoje. Toliau plinta ir Lietuvos šiaurėje įsitvirtina pušis (4.2.7 pav.). Šiaurės rytų Lenkijoje *Betula* žiedadulkių mažėja viso laikotarpio metu. Laikotarpio pradžioje *Betula* čia sudaro iki 40 %, laikotarpio pabaigoje – iki 20 %. Panašūs kiekiai matomi ir vakarinėje Lietuvos dalyje, kur beržą išstumia kiti taksonai. Tačiau tai daugiausia atneštinės žiedadulkės.

Tuo tarpu iš pietvakarių plintantis lazdynas pasiekia maksimumą ir vyrauja tiek pietvakarių, tiek vidurio Lietuvoje. Panašu, kad į šiaurinę Lietuvos dalį lazdynas neišsiplėtė dėl nepalankių konkurencinių sąlygų, o pietryčiuose pušynai vyrauja dėl nederlingų dirvožemių.

Guoba visoje vakarų Lietuvoje sudaro reikšmingą miškų augalijos dalį (virš 20 %), tačiau vyrauja tik ribotose teritorijose. Šiaurinėje Lietuvoje ir pajūryje išplinta eglynai. Nagrinėjamojo laikotarpio pabaigoje (8 800 cal BP) eglynų daugėjimas atsekamas ir Baltarusijoje (Novik et al., 2010).

Pietvakarių Lietuvoje atsiranda alksnynų (iki 10-20 %), nors likusioje Lietuvos dalyje šis taksonas dar nėra išplitęs. Šiaurės rytų Lenkijoje *Alnus* žiedadulkės nagrinėjamojo laikotarpio pabaigoje sudaro iki 15-20 % (Ralska-Jasiewiczowa et al., 1998; 2004; Kupryjanowicz, 2007). Panašūs kiekiai būdingi ir vakarų Lietuvai, tačiau Nemuno deltos apylinkėse jie net didesni (iki 30 %). Tai rodo, kad Nemuno deltos apylinkėse alksnynai galėjo būti reikšmingesni, nei pietvakarinėje Lietuvos kaimynėje. Tai greičiausiai lėmė alksniui palankūs drėgni bei durpingi šios teritorijos dirvožemiai. Estijoje alksnis aptinkamas nuo 9 500 – 9 350 cal BP (Poska, Saarse, 1999; Veski, 1998; Saarse et al., 1999), Žemaitijoje nuo 9 250 – 8 850 cal BP (Stančikaitė et al., 2006), šiaurės-rytų Baltarusijoje – nuo 8 600 cal BP (Novik et al., 2010). Taigi panašu, kad alksnis visame regione plito iš vakarų į rytus.



**4.2.7 pav.** Vyraujantys medžių taksonai Lietuvos teritorijoje 10 200 – 8 600 cal BP laikotarpiu, LRA modeliavimo duomenimis.

Pietų Lietuvoje pasirodo palyginti nedideli kiekiai liepos (daugiausia – iki 10 %). 9 600 – 9 200 cal BP laikotarpiu liepos aptinkama ir šiaurės-vakarų Baltarusijoje (Novik et al., 2010). Apie liepos paplitimą šiauriau patikimų duomenų kol kas nėra.

Kai kuriose teritorijose, ypač pietinėje Lietuvos dalyje, nustatyti nedideli (daugiausia iki 1 %) ąžuolo kiekiai. Kitų tyrinėtojų duomenimis (Stančikaitė et al., 2002) pietų Lietuvoje šie taksonai atsiranda tik nagrinėjamojo laikotarpio pabaigoje. Nagrinėjamojo laikotarpio antroje pusėje ąžuolo aptinkama ir Baltarusijos teritorijoje (Yelovitcheva, Bogdel, 1985; Novik et al., 2010).

### **8 600 – 7 400 cal BP (ankstyvasis atlantis)**

Visoje Lietuvoje mažėja pušynų (4.2.8 pav.). Net ir smėlinguose pietryčių Lietuvos dirvožemiuose juos dalinai išstumia lapuočių (guobos, lazdyno, liepos) miškai bei eglynai, pušies dominuojamas plotas traukiasi į pietus. Šiaurinėje Lietuvos dalyje, greičiausiai dėl mažiau palankių lapuočiams sąlygų, pušynai išlaiko panašius į ankstesnio laikotarpio kiekius. Tuo tarpu vidurio Lietuvoje pušynų greičiausiai visai nebebuvo.

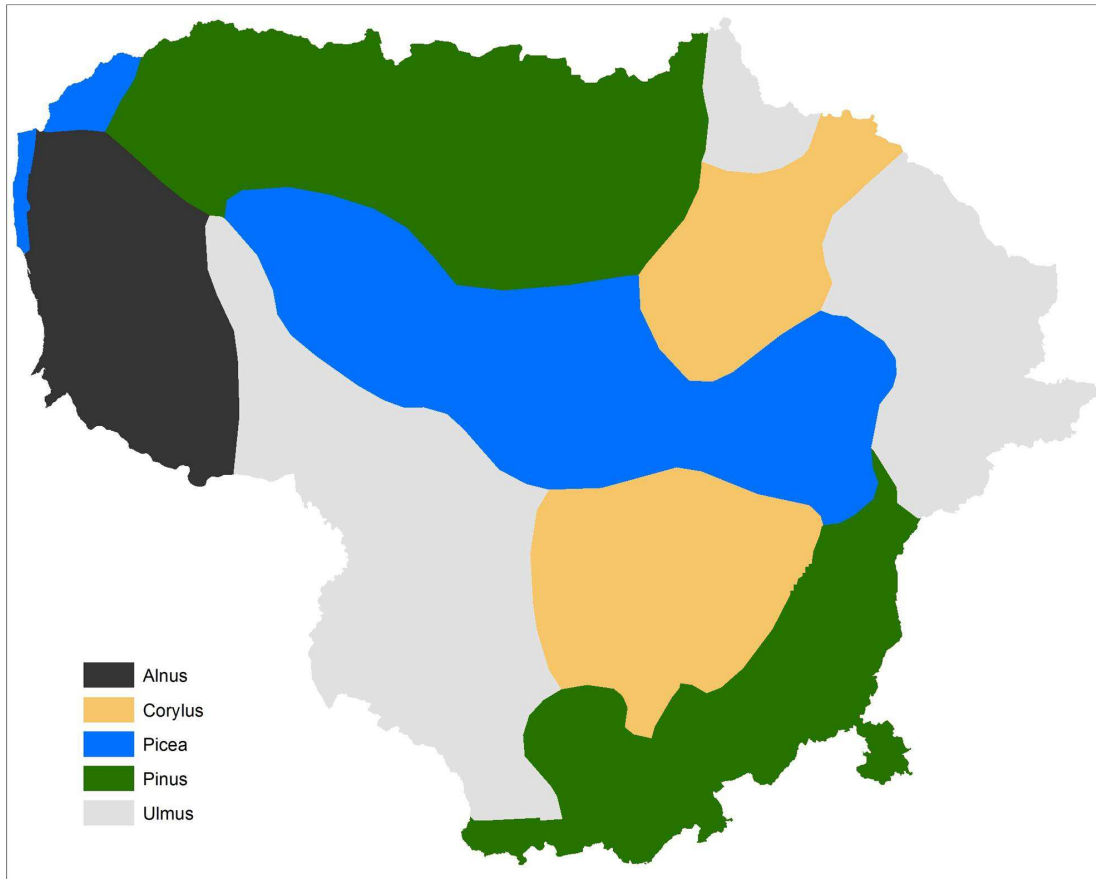
Didžiojoje Lietuvos dalyje vyravo guoba ir lazdynas, nors pastarojo reikšmingai sumažėjo, lyginant su ankstesniu laikotarpiu. Guoba reikšmingesnė buvo derlinguose dirvožemiuose, o drėgnuose – lazdynas ir alksnis (Stančikaitė et al., 2002).

Alksnynai ir toliau klestėjo vakarų Lietuvoje, ypač pajūryje, sudarydami 20-50 % augalijos. Likusioje Lietuvos dalyje, kur jiems sąlygos augti mažiau palankios, alksnynai sudarė iki 10-20 %.

Iš šiaurės ir toliau plito eglė. Nagrinėjamoju laikotarpiu eglynai buvo išplitę šiaurinėje Lietuvos dalyje, kai kur net dominavo. Laikoma



(Stančikaitė et al., 2003), kad eglė tapo reikšminga šiaurės Lietuvoje nuo 7 200 <sup>14</sup>C BP (8 000 cal BP), Estijoje ir Latvijoje – dar anksčiau – nuo maždaug 8 400 cal BP (Ilves, Medne, 1979; Saarse, 2004). Tačiau Lietuvos pietuose eglė šiuo laikotarpiu beveik neaugo.



**4.2.8 pav.** Vyraujantys medžių taksonai Lietuvos teritorijoje 8 600 – 7 400 cal BP laikotarpiu, LRA modeliavimo duomenimis.

Liepa nagrinėjamoju laikotarpiu išplinta beveik visoje Lietuvoje ir daug kur viršija 10 %. Šiaurės vakarų Lietuvoje liepos išplitimas datuojamas 8 350 – 7 850 cal BP (Stančikaitė et al., 2006), Latvijoje ir Estijoje liepos aptinkama nuo 8 500 – 7 550 cal BP (Ilves, Medne, 1979; Poska, Saarse, 1999; Niinemets, Saarse, 2009).

Beveik visoje Lietuvoje buvo išplitęs ir uosis, tačiau jo kiekiai labai netolygūs (net ir gretimose teritorijose – kinta nuo 0 iki 8,4 %). Tai galėjo būti

nulemta prastomis šio taksono žiedadulkių išlikimo savybėmis. Dėl fragmentiško pasiskirstymo uosio migracijos kelią atsekti sudėtinga, tačiau remiantis kitų tyrinėtojų duomenimis tikėtina migracija iš pietų į šiaurę (Niinemets, Saarse, 2009).

Ažuolynų gerokai daugiau nei ankstesniu laikotarpiu (iki kelių procentų), tačiau plotai, kuriuose ąžuolas reikšmingesnis apsiriboja nedidelėmis teritorijomis pietų ir vakarų Lietuvoje. Pastarajame regione ąžuolo išplitimas datuojamas 7 850 – 7 650 cal BP (Stančikatė et al., 2006). Tačiau yra duomenų, kad ąžuolas jau nagrinėjamojo laikotarpio pradžioje (8 500 – 8 000 cal BP) buvo pasiekęs ir pietryčių Estiją (Niinemets, Saarse, 2009), o jo pabaigoje (apie 7 550 cal BP) – šiaurės Estiją (Poska, Saarse, 1999).

#### **7 400 – 5 700 cal BP (vėlyvasis atlantis)**

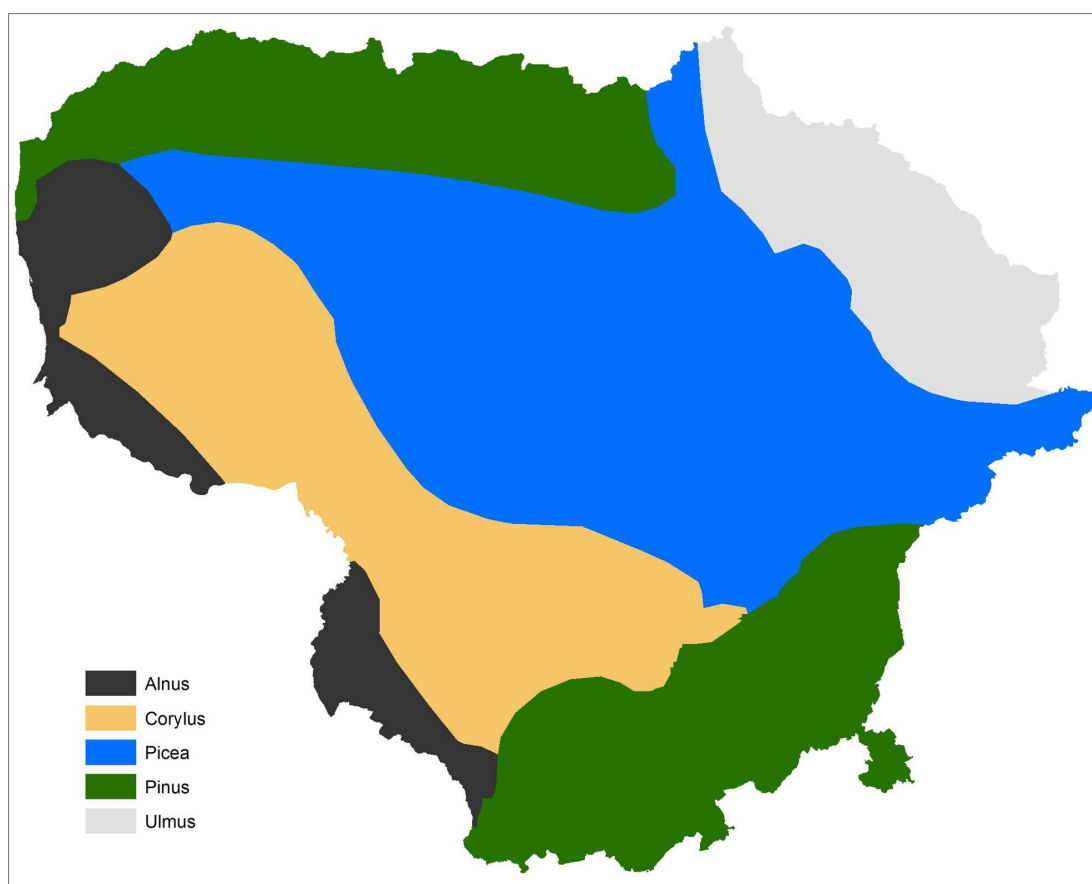
Vėlyvajame atlantyje vyravo šilčiausias klimatas viso holoceno metu (Kabailienė, 1990). Šiuo laikotarpiu šiaurinis pušies arealas dar labiau susitraukia, tuo tarpu eglės reikšmė šiaurės ir vidurio Lietuvoje dar labiau padidėja (4.2.9 pav.).

Alksnis ir toliau vyrauja pajūryje, tačiau reikšmingas išlieka visoje vakarinėje Lietuvos dalyje. Likusioje Lietuvos dalyje alksnio šiek tiek sumažėja, tačiau daug kur jis išlieka reikšmingas ir sudaro iki 10-15 %.

Lazdyno dominuojama teritorija pasislenka į pietvakarius, didžiojoje Lietuvos dalyje (išskyrus šiaurinę dalį) gausu guobos, liepos ir ąžuolo. Liepa, lyginant su ankstesniu laikotarpiu, sudaro panašius kiekius, tačiau jos didžiausio paplitimo teritorija (virš 10 %) apsiriboja pietryčių Lietuva, ribotomis teritorijomis Žemaitijoje ir šiaurės Lietuvoje.

Guobos pastebimai sumažėja, didžiausio paplitimo teritorija pasislenka į rytus. Guobos mažėjimas šio laikotarpio pabaigoje atsekamas tiek

visoje Lietuvoje, tiek ir visoje šiaurės Europoje. Pietų Lietuvoje (Stančikaitė et al., 2002) jis datuojamas apie 5 700-5 500 <sup>14</sup>C BP (6 600 – 6 400 cal BP), Estijoje – apie 6 500 – 5 700 cal BP (Poska, Saarse, 1999; Saarse, Veski, 2001; Niinemets, Saarse, 2009), Vakarų Lietuvoje (Stančikaitė et al., 2006) – 6 250 – 5 650 cal BP, Baltarusijoje, Lenkijoje bei likusioje šiaurės Europoje – apie 5 700 cal BP (Huntley, Birks, 1983; Peglar, 1993; Ralska-Jasiewiczowa et al., 2004; Novik et al, 2010).



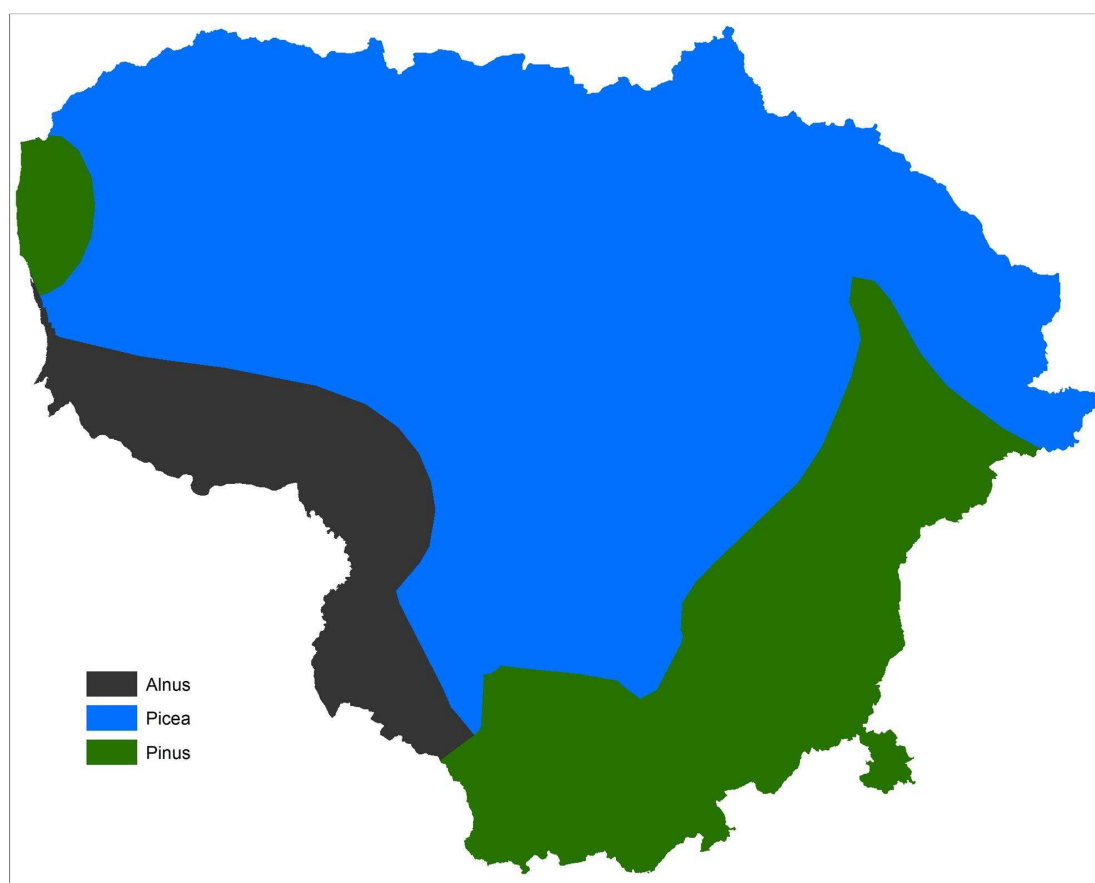
**4.2.9 pav.** Vyraujantys medžių taksonai Lietuvos teritorijoje 7 400 – 5 700 cal BP laikotarpiu, LRA modeliavimo duomenimis.

Uosis išplinta maksimalioje teritorijoje – daugiausiai pietvakarių ir rytų Lietuvoje, tačiau jo dalis tik labai ribotose teritorijose viršija 5 %. Ažuolas pietų Lietuvoje sudaro iki 6 % augalijos.

LRA modeliavimu nustatyti dideli kadagio kiekiai šiaurės Lietuvoje greičiausiai yra nulemti vietinių sąlygų. Greičiausiai jų kiekiai tiek šiaurės Lietuvoje, tiek ir likusioje Lietuvos teritorijoje buvo nežymūs (iki 1-2 %). Vėlyvojo ledynmečio pabaigoje iš Lietuvos teritorijos pasitraukęs gluosnis vėl aptinkamas pietinėje Lietuvos dalyje. Kadagio ir gluosnio daugėjimas rodo atviresnį kraštovaizdį nagrinėjamojo laikotarpio pabaigoje.

#### **5 700 – 4 000 cal BP (ankstyvasis subborealis)**

Klimatas šiuo laikotarpiu atšąla (Kabailienė, 1990; Seppä, Birks, 2002; Davis et al., 2003), šilumamėgių medžių reikšmė Lietuvoje sumažėja (4.2.10 pav.), jų vietą užima spygliuočiai ir beržas.



**4.2.10 pav.** Vyraujantys medžių taksonai Lietuvos teritorijoje 5 700 – 4 000 cal BP laikotarpiu, LRA modeliavimo duomenimis.

Guobos ir lazdyno gerokai mažiau nei ankstesniame laikotarpyje. Jie vyrauja tik labai ribotose teritorijose, tuo tarpu didžiojoje Lietuvos dalyje dominuoja eglynai. Šis taksonas pasiekia savo maksimalų išplitimą. Intensyvus eglės plitimas į pietus kitų tyrinėtojų (Stančikaitė et al., 2002) fiksuojamas maždaug 4 700 – 4 500 <sup>14</sup>C BP (5 400 – 5200 cal BP).

Pietvakarių Lietuvoje svarbiausias taksonas yra alksnis, o pietryčių Lietuvoje ir pajūryje – pušis. Ypač reikšmingai pušies padaugėja pietryčių Lietuvoje.

Uosio ir ąžuolo išplitimo teritorijos traukiasi į pietvakarius, tačiau kai kuriose teritorijose jų kiekiai siekia atitinkamai 8 ir 4 %. Liepa Lietuvoje beveik išnyksta. Estijoje liepa išlieka reikšminga iki 3 300 – 2 700 cal BP (Niinemets, Saarse, 2009).

Pietų Lietuvoje pasirodo nedideli kiekiai (iki 5 %) skroblo. Laikoma, kad sroblas čia pasirodė prieš pat nagrinėjamojo laikotarpio pradžią (Кабайлене, 1965; Stančikaitė, 2000) – 5 100 <sup>14</sup>C BP (5 800 cal BP). Šiaurės rytų Lenkijoje skroblas aptinkamas nuo maždaug 4 850 – 4 000 cal BP (Kupryjanowicz, 2007; Wacnik, 2009), Kaliningrado srityje – tik nuo maždaug 2 800 cal BP (Arslanov et al., 2011).

Ribotose pietryčių ir vidurio Lietuvos teritorijose nežymiai padaugėja beržynų. Gluosnis išplinta visoje pietryčių Lietuvoje, tačiau palyginti nedideliais kiekiais (iki kelių procentų). Vistik, tai rodo tam tikrą teritorijos miškingumo sumažėjimą, kadangi gluosniui reikalinga atvira saulės šviesa.

#### **4 000 – 2 600 cal BP (vėlyvasis subborealis)**

Vis didesnę reikšmę įgauna pušynai. Jų dominuojami plotai reikšmingai išsiplečia, o eglynų – susitraukia (4.2.11 pav.). Eglynų mažėjimas šiuo laikotarpiu (nuo maždaug 2 800 - 3 000 cal BP) atsekamas ir Estijoje,

šiaurės rytų Lenkijoje, Kaliningrado srityje (Obidowicz et al., 2004; Kupryjanowicz, 2007; Niinemets, Saarse, 2007; 2009; Arslanov et al., 2011).

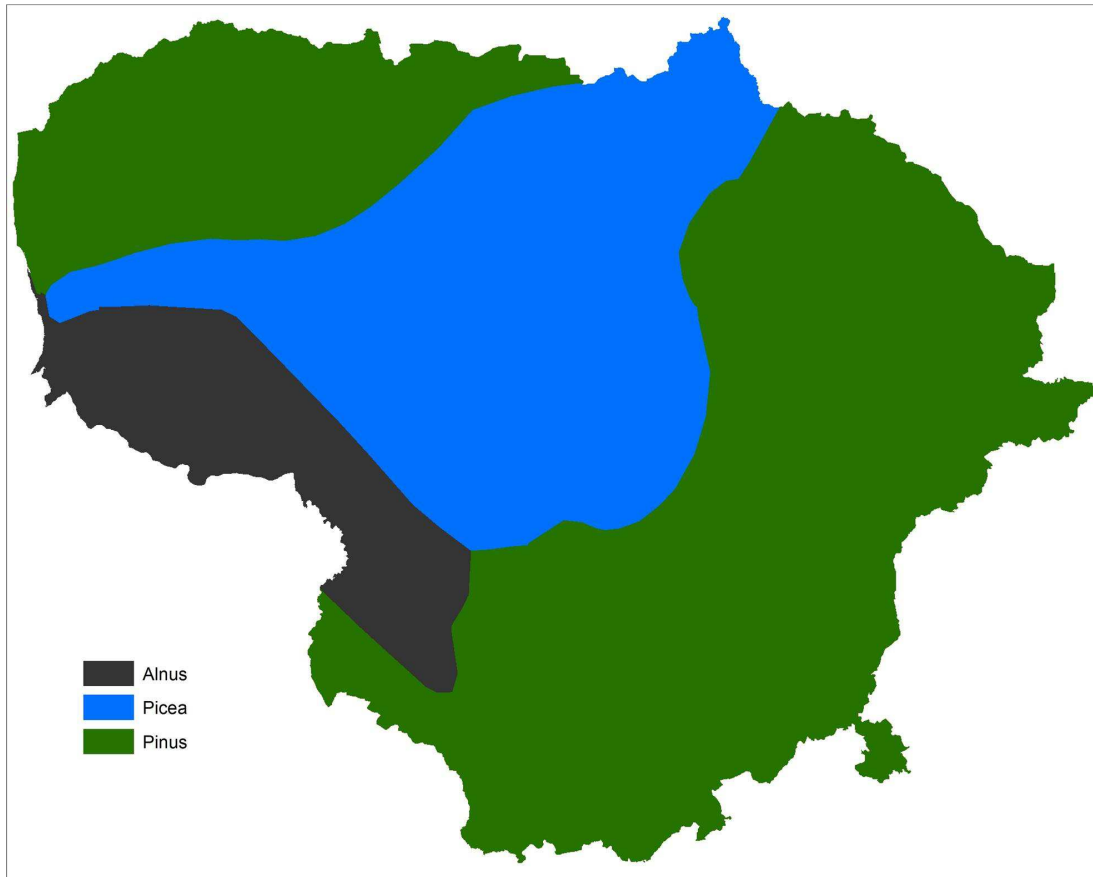
Pietvakarių Lietuvoje vis dar reikšmingas alksnis. Keliuose pavieniuose taškuose vyrauja lazdynas ir beržas. Guobos vyravimas pietinėje Lietuvos dalyje nulemtas vieno gręžinio duomenų, tačiau sprendžiant iš paleoaugalijos žemėlapių, guoba šiuo laikotarpiu Lietuvoje beveik neaugo, ypač jo pabaigoje. Guoba šiuo laikotarpiu beveik išnyksta ir Estijoje, Latvijoje bei šiaurės rytų Lenkijoje (Ralska-Jasiewiczowa et al., 2004; Heikkilä et al., 2009; Niinemets, Saarse, 2009). Beržynai, ankstesniu laikotarpiu sudarę nereikšmingą Lietuvos augalijos dalį, gana smarkiai išplinta pietryčių Lietuvoje, kur neretai sudaro 10-20 % augalijos. Uosis visoje Lietuvoje taip pat beveik išnyksta. Aptinkamas jis galėjo būti tik ribotose teritorijose pietinėje šalies dalyje. Tuo tarpu ąžuolo ir liepos šiek tiek padaugėja. Daugiausia ąžuolas dar vis išplitęs pietvakarių Lietuvoje. Skroblas paplinta visoje pietryčių Lietuvoje ir Nemuno deltoje, tačiau jo kiekiai retai kur viršija 5 %. Gluosnio daugėja (aptinkama iki 9 %), bet jo paplitimas dar vis apsiriboja daugiausia pietryčių Lietuva.

### **2 600 – 1 000 cal BP (ankstyvasis subatlantis)**

Vėl išsiplečia eglės dominuojama teritorija (4.2.12 pav.). Būtent pakartotinu eglės žiedadulkių pagausėjimu charakterizuojama nagrinėjamąjį laikotarpį atitinkančios chronozonos pradžia (Kabailienė, 1993).

Pušynų reikšmė nežymiai sumažėja. Pietryčių Lietuvoje šis taksonas dominuoja kartu su beržu, kuris vietomis sudaro virš 30 % augalijos. Pietvakarių Lietuvoje svarbiausiu taksonu išlieka alksnis. Lazdyno maksimaliai sumažėja ir šis taksonas aptinkamas tik labai ribotose teritorijose. Skroblo reikšmė pietryčių Lietuvoje taip pat sumažėja, tačiau pietvakariuose šis taksonas sudaro iki 10 % augalijos. ąžuolo ir liepos šiek tiek mažiau nei

ankstesniu laikotarpiu, jų paplitimo teritorija lokalizuojasi daugiausiai iki pietų Lietuvos. Kaliningrado srityje apie 2 250 cal BP ąžuolas išnyksta (Arslanov et al., 2011). Gluosnis šiuo laikotarpiu išplitęs gana fragmentiškai, tačiau galėjo būti aptinkamas visoje Lietuvoje.

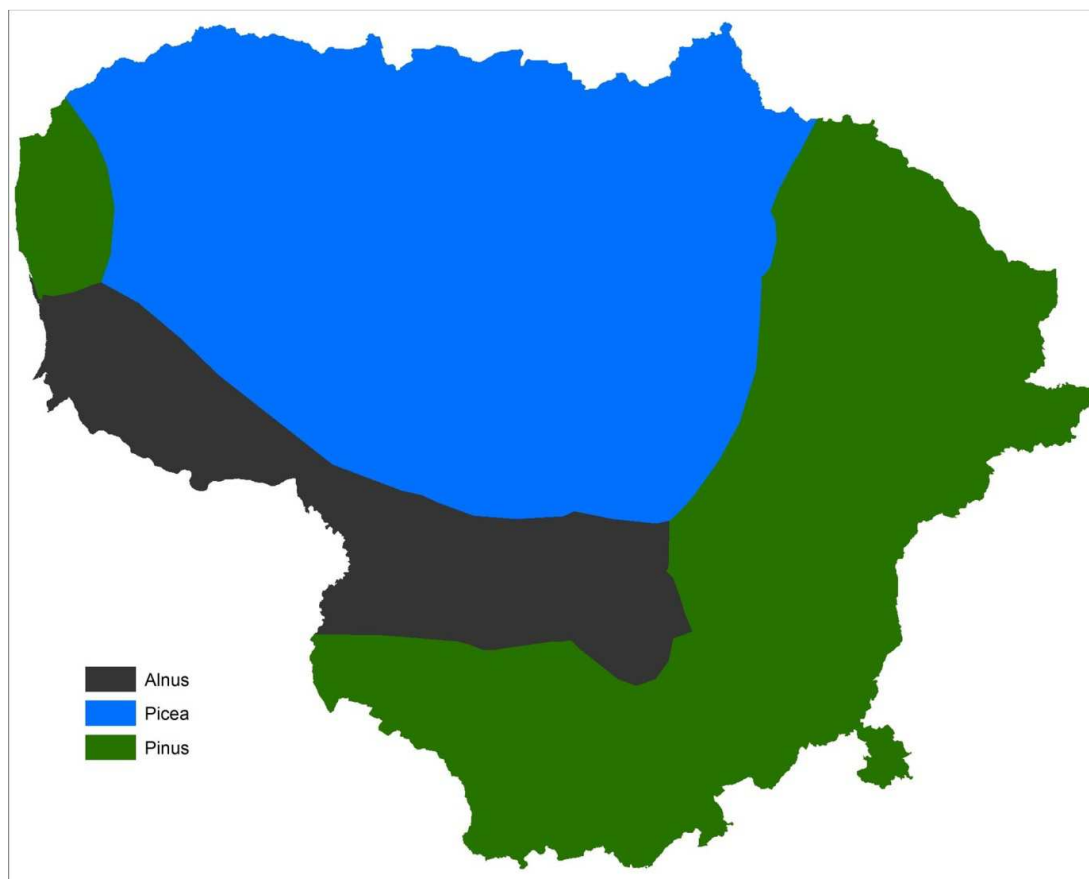


**4.2.11 pav.** Vyraujantys medžių taksonai Lietuvos teritorijoje 4 000 – 2 600 cal BP laikotarpiu, LRA modeliavimo duomenimis.

#### **1000 - 0 cal BP (vėlyvasis subatlantis)**

Šiuo laikotarpiu miškų vyraujančios augalijos įvairovė mažiausia per visą holoceną (4.2.13 pav.) – beveik visoje Lietuvoje dominuoja pušynai. Eglynų sumažėja, tačiau jie išplitę beveik visoje Lietuvoje, ypač šiaurėje ir vakaruose. Palyginti nedideliuose plotuose (Žemaitijoje, šiaurės ir vidurio Lietuvoje) jie net dominuoja. Beržas atsitraukia iš Lietuvos ir vėlyvajame subatlantyje retai kur viršija 10 %. Lazdyno padaugėja, tačiau tik ribotose

teritorijose šis taksonas sudaro 10 % ar daugiau. Pietvakarių Lietuvoje palyginti reikšmingai (iki 3-12 %) išplinta uosis, tačiau likusioje Lietuvos dalyje jo labai mažai. Ažuolynai iki kelių procentų sudaro pietų ir vakarų Lietuvoje.

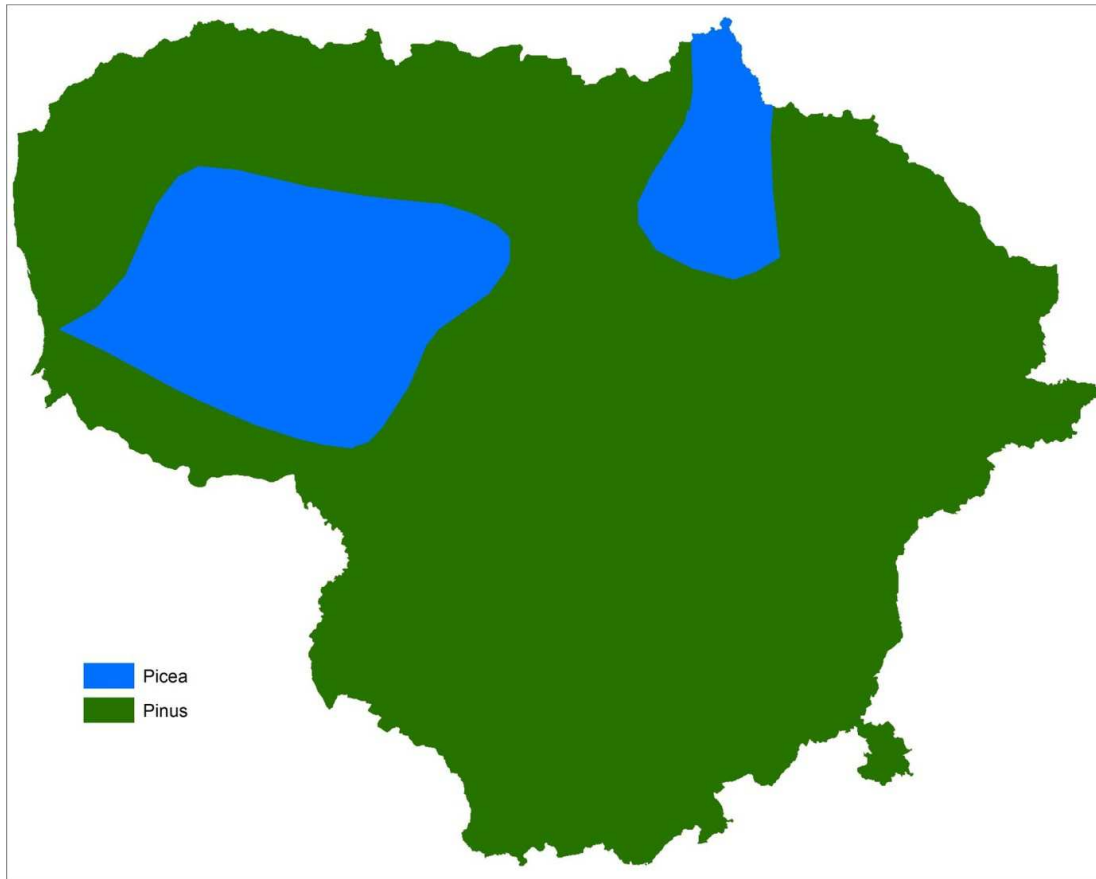


**4.2.12 pav.** Vyraujantys medžių taksonai Lietuvos teritorijoje 2600 – 1000 cal BP laikotarpiu, LRA modeliavimo duomenimis.

Šiaurės Lietuvoje ažuolo beveik nėra. Liepa visoje Lietuvoje aptinkama itin nedideliais kiekiais (iki 1 %). Kadagio dominuojamas plotas, matomas paleoaugalijos žemėlapiuose Biržų rajono teritorijoje, greičiausiai neatitinka realios šio laikotarpio situacijos. Kadagys čia augo, tačiau jo kiekiai greičiausiai buvo artimi kiekiams, nustatytiems kitoms šiaurės rytų Lietuvos teritorijoms (iki kelių procentų). Alksnynų smarkiai sumažėja visoje Lietuvoje. Nemuno deltoje pajūryje ir kitose ribotose teritorijose alksnis išlieka vienu reikšmingiausių taksonų, tačiau didžiojoje dalyje Lietuvos teritorijoje jo reikšmė nėra didelė. Skroblo smarkiai sumažėja, tačiau šis taksonas išlieka



palyginti reikšmingas pietų Lietuvoje ir Nemuno deltoje, kur sudaro iki 10 %. Gluosnio didžiausio paplitimo plotai pasislenka iš pietryčių į pietvakarius. Ribotose teritorijose Žemaitijoje gluosnis galėjo sudaryti net iki 26 % augalijos, tačiau rytų Lietuvoje buvo gana retas (iki kelių procentų).



**4.2.13 pav.** Vyraujantys medžių taksonai Lietuvos teritorijoje 10000 – 0 cal BP laikotarpiu, LRA modeliavimo duomenimis.

### 4.3. Žmogaus ūkinės veiklos požymiai Lietuvos žiedadulkių diagramose

Žiedadulkių duomenų bazėje sukaupta informacija leidžia analizuoti didelį kiekį žiedadulkių spektrų ir pateikti tam tikrus apibendrinimus, susijusius su žmogaus veikla ir jos poveikiu aplinkai vėlyvajame ledynmetyje ir holocene. Šiame skyriuje bus apžvelgiami žiedadulkių duomenų bazėje saugomų duomenų dėsninumu žmogaus poveikio aplinkai aspektu.

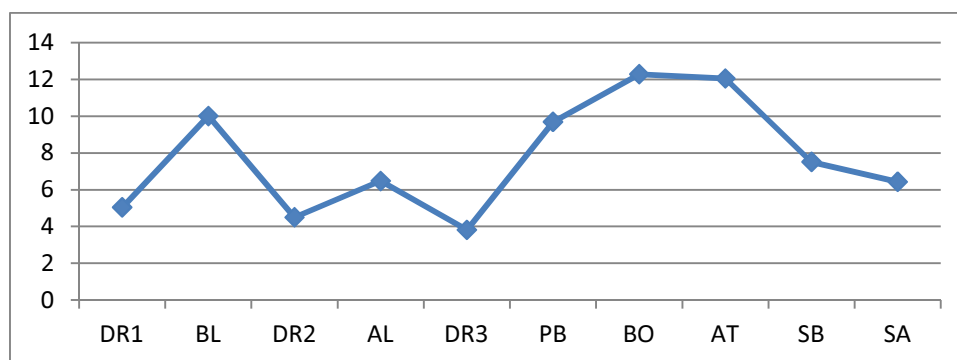
## **Medžių ir krūmų žiedadulkių santykis su žolinių augalų ir žemaūgių krūmokšnių žiedadulkėmis**

Žiedadulkių duomenų bazės pagrindu buvo sudarytos svarbių žmogaus veiklos indikatorių kitimo kreivės. Medžių bei krūmų (AP) žiedadulkių santykis su žolinių augalų (NAP) žiedadulkių skaičiumi – vienas paprasčiausių ir plačiausiai naudojamų rodiklių, susijusių su žmogaus veikla (Aario, 1944; Faegri, Iversen, 1964; Aaby, 1986; Berglund et al., 1996). Šį santykį galima sieti su teritorijos atvirumu – juo mažesnis šis rodiklis, tuo teritorija buvo atviresnė. Kadangi šios studijos rėmuose teritorijos atvirumo atkūrimas nebuvo atliekamas, nustatytos augalijos duomenys čia negali būti naudojami, todėl yra remiamasi tiesiogiai žiedadulkių spektrų informacija.

Įvairūs autoriai apskaičiavo, kokias šio santykio reikšmes galima interpretuoti kaip atitinkančias miškingas sąlygas, atviras ar pusiau atviras teritorijas. Miškingai teritorijai būdingi AP kiekiai nuo bendro žiedadulkių kiekio skirtingų autorių duomenimis kinta nuo 55 % (Frenzel, 1968) iki 90 % (de Beaulieu, 1977). Tai atitinkamai 1,22 ir 9 AP/NAP išraiškos. Tokių didelių skirtumų priežastys galėtų būti baseino dydžio bei žiedadulkių produktyvumo įtaka (Sugita et al., 1999).

Turint omenyje minėtą AP/NAP santykio priklausomybę nuo aplinkos faktorių, jį interpretuoti galime santykinai. Sukaupti žiedadulkių duomenys rodo (4.3.1 pav.), kad atviriausias kraštovaizdis buvo būdingas vėlyvojo ledynmečio pašaltėjimų fazėmis (DR1, DR2, DR3). Tai visiškai sutampa su kitų Lietuvos ir Europos tyrinėtojų duomenimis (Кабайлене, 1973; Kabailienė, 2006a; Kuneš et al., 2008; Heikkilä et al., 2009) bei su ankstesniame skyriuje pateiktais augalijos istorijos duomenimis – šiais itin šalto klimato laikotarpiais vyravo žolinė augalija.

Šiek tiek stebina reikšmingas santykio padidėjimas biolingo laikotarpiu. Medžių ir krūmų žiedadulkės sudaro net 90,9 % biolingo žiedadulkių spektrų. Šiuo laikotarpiu kraštovaizdyje turėjo vyrauti žoliniai augalai (Kabailienė, 1990; 2006a). Dalį žiedadulkių, priskirtų medžiams, galėjo sudaryti žemaūgiai krūmokšniai, pvz. *Betula nana* ar *Salix polaris* (sudarantys atitinkamai 19,3 % ir 0,3 % žiedadulkių spektrų), analitikų apibūdinti iki genties lygio. Darant prielaidą, kad visos šios žiedadulkės – žemaūgių krūmokšnių, AP/NAP santykis sumažėtų iki maždaug 2,5. Tai tik teorinė prielaida, tačiau tai aiškiai parodo, kad AP/NAP santykis galėjo būti ženkliai padidintas dėl netikslaus taksonominio apibūdinimo. Greičiausiai šiuo laikotarpiu teritorijos atvirumas buvo panašus į ankstyviausiojo ir ankstyvojo drieso.



**4.3.1 pav.** Medžių ir krūmų žiedadulkių santykio su žolinių augalų žiedadulkėmis kaita vėlyvajame ledynmetyje ir holocene.

Tuo tarpu AP/NAP santykio padidėjimas aleriodė daugiausiai yra nulemtas pušies, neturinčios atstovų tarp žemaūgių krūmokšnių, ekspansijos ir atspindi realiai įvykusį tuo laikotarpiu miškingumo padidėjimą. Reikšmingiausiai miškingumas padidėja holoceno pradžioje. Borealyje rodiklis pasiekia aukščiausią – 12,3 reikšmę, panašus išlieka ir atlantyje (12,0). Nežymus miškingumo sumažėjimas galėtų būti sietinas ir su žmogaus veikla. Remiantis archeologiniais duomenimis (Stančikaitė, 2000; Kabailienė, Stančikaitė, 2001) šiuo laikotarpiu Lietuvoje buvo deginami miškai, siekiant padidinti teritorijos produktyvumą.

Subborealyje AP/NAP reikšmės krenta, o subatlantyje pasiekia vėlyvojo ledynmečio pašiltėjimų lygį. Tai neabejotinai turėtų būti siejama su žmogaus veikla. Subborealo laikotarpiu Lietuvoje plito ir įsigalėjo gyvulininkystė, subatlantyje – žemdirbystė (Stančikaitė, 2000; Kabailienė, Stančikaitė, 2001).

### **Medžio anglies dalelės**

Medžio anglies dalelės paprastai siejamos su miškų gaisringumu (MacDonald et al., 1991; Clark et al., 1998). Holocene viena dažniausių miškų gaisrų priežasčių buvo žmogaus veikla, pavyzdžiui miško deginimas (Birks, 1997).

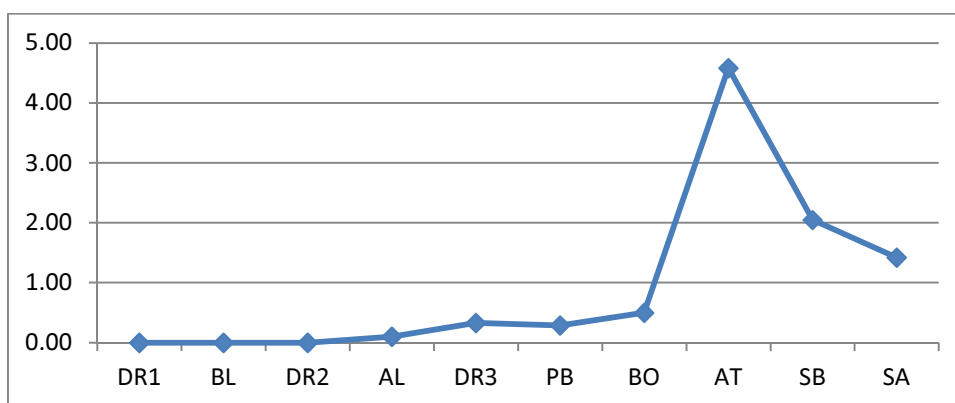
Reiktų pažymėti, kad daugelis Lietuvos žiedadulkių duomenų autorių neapibūdino anglies dalelių, todėl interpretuoti šiuos duomenis reiktų atsargiai. Tačiau net ir turimi negausūs duomenys gerai koreliuoja su archeologinių metodų duomenimis (Ostrauskas, 1999; Rimantienė, 1999; Girininkas, 2009).

Žiedadulkių duomenų bazės pagrindu sudaryta medžio anglies dalelių kitimo kreivė (4.3.2 pav.) rodo, kad nuosėdose iki borealo imtinai randami mažai reikšmingi anglies dalelių kiekiai. Vistik, pradėdant aleriodu, žiedadulkių spektruose jų nežymiai daugėja. Tai gali atspindėti ir žmogaus veiklą. Didžiausias anglies dalelių kiekio padidėjimas stebimas atlantyje. Būtent šiuo laikotarpiu prasidėjo miškingumo mažėjimas Lietuvoje.

Subborealyje ir subatlantyje medžio anglies kiekiai mažėja, tačiau išlieka pakankamai dideli. Įsigalėjus gyvulininkystei ir žemdirbystei, svarbesni tampa kiti žmogaus ūkinės veiklos indikatoriai.

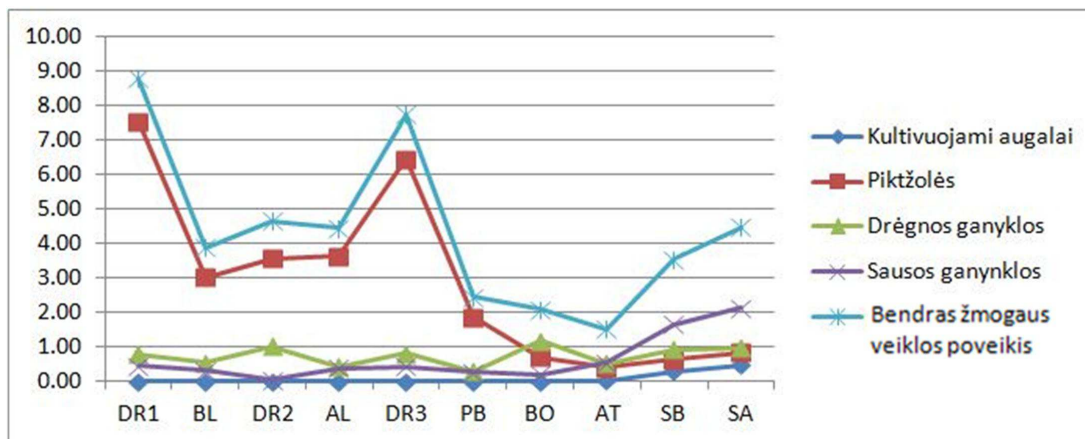
## Indikatoriniai taksonai

Žmogaus veiklos įtaka buvo vertinama ir indikatorinių taksonų metodu (Behre 1981; Berglund, Ralska-Jasiewiczowa 1986). Buvo išskirtos kultivuojamų augalų (*Avena-Triticum* grupė, *Hordeum* grupė, *Secale cereale*), piktžolių (*Artemisia*, *Chenopodiaceae*, *Urtica*), drėgnų ganyklų (*Rumex acetosa/acetosella*, *Ranunculus* tipas, *Potentilla* tipas, *Asteraceae*, *Plantaginaceae*, *Caryophyllaceae*) bei sausų ganyklų (*Calluna vulgaris*, *Pteridium*, *Juniperus*) indikatorinių grupės, suminė jų kaita vėlyvojo ledynmečio ir holoceno laikotarpiu pavaizduota grafike (4.3.3 pav.).



**4.3.2 pav.** Medžio anglies dalelių žiedadulkių preparatuose kitimo kreivė.

Vėlyvojo ledynmečio nuosėdose apibūdinti dideli kiekiai augalų, kurie žmogaus paveiktoje aplinkoje neretai plinta kaip piktžolės. Tačiau vėlyvajame ledynmetyje dėl atviro kraštovaizdžio šie augalai buvo išplitę natūraliai (Кабайлене, 1973; Kabailienė, 2006a), todėl čia sąsają su žmogaus veikla galima atmesti. Holoceno pradžioje piktžolių indikatorinių taksonų smarkiai sumažėja, o minimumą jie pasiekia atlantyje. Subborealyje ir subaltantyje jų vėl ima daugėti, tačiau dabar tai jau yra sąlygota tiek žmogaus ūkinės veiklos tiesiogiai, tiek ir miškų ploto mažėjimo, kuris buvo sąlygotas tos pačios žmogaus veiklos.



**4.3.3 pav.** Indikatorių taksonų procentiniai kiekiai vėlyvojo ledynmečio ir holoceno žiedadulkių spektruose.

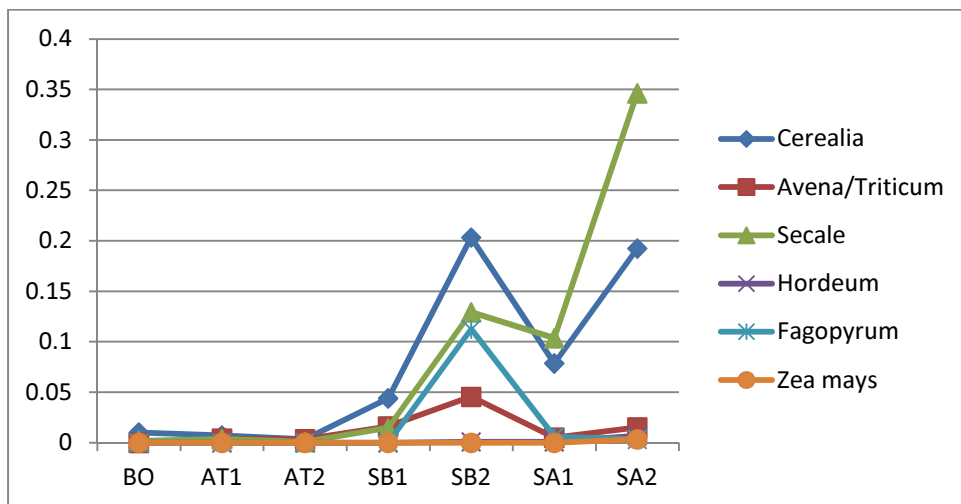
Kitos indikatorių grupės, drėgnoms ganykloms būdingų augalų, didesnius kiekius vėlyvajame ledynmetyje taip pat sąlygojo natūralus paplitimas. Šiuo laikotarpiu pastebimos jų kreivės fluktuacijos – šaltesniais laikotarpiais šių augalų padaugėjo, o šiltesniais – sumažėjo. Mažiausi kiekiai būdingi preborealiui ir atlančiui. Subborealyje ir subatlantyje šios grupės augalų daugėja dėl žmogaus ūkinės veiklos (Stančikaitė, 2000; Kabailienė, Stančikaitė, 2001).

Sausų ganyklų indikatorių vėlyvajame ledynmetyje ir holoceno pradžioje palyginti nedaug. Daugėti jų pradeda atlantyje, o ypač – subborealyje ir subatlantyje. Galima daryti išvadą, kad sausos ganyklos pradėjo rasti jau atlantyje, o vėliau išplito dar labiau.

Kultivuojamų augalų grupę sudaro žmogaus auginamos kultūros, natūralioje gamtoje visiškai nesutinkamos, išskyrus retas išimtis (Stančikaitė, 2000). Iš jų kreivės (4.3.4 pav.) matyti, kad augalų kultivavimas Lietuvoje prasidėjo subborealyje, o dar didesnę reikšmę įgavo subatlantyje. Borealyje matomi didesni *Cerealia* kiekiai greičiausiai buvo sąlygoti natūraliai išplitusių Poaceae šeimos augalų. Kai kurių autorių išskirtos ir atskirai apibūdintos

didesnės nei 40  $\mu\text{m}$  Poaceae žiedadulkės, sudarant kultivuojamų augalų kreivės buvo priskirtos *Cerealia* taksonui.

Pirmosios augalų kultivavimą rodančios žiedadulkės priklauso *Avena/Triticum* grupei. Jų žiedadulkės aptinkamos ankstyvajame subborealyje, o maksimumą pasiekia vėlyvajame subborealyje. Pavienės *Avena/Triticum* žiedadulkės aptinkamos ir atlančio nuosėdose, todėl įmanoma, kad šie augalai buvo kultivuojami jau ir šiuo laikotarpiu. Tačiau jų paplitimas turėjo būti labai ribotas. Subatlantėje *Avena/Triticum* žiedadulkių sumažėja, ir vietą užleidžia kitoms kultūroms.



**4.3.4 pav.** Žmogaus kultivuojamų augalų taksonų išplitimas Lietuvoje borealio – vėlyvojo subatlantio žiedadulkių spektruose.

Palyginti nemažai *Secale* žiedadulkių apibūdinta jau ankstyvajame subborealyje. Ypač jų padaugėja vėlyvajame subborealyje, o vėlyvajame subatlantėje pasiekia piką ir sudaro didžiąją dalį visų kultivuojamų augalų žiedadulkių. Pavienės *Secale* žiedadulkės apibūdintos ir atlančio bei borealio nuosėdose, tačiau mūsų regione tokio ankstyvo kultivavimo požymių seniau nebuvo pastebėta ir šie pavieniai atvejai greičiausiai yra susiję su identifikavimo arba datavimo klaidomis.

Pradedant vėlyvuuju subborealiu Lietuvos žiedadulkių spektruose aptinkamos *Hordeum* žiedadulkės, tačiau jų kiekiai labai nedideli.

Tuo pačiu laikotarpiu apibūdinta ir *Fagopyrum* žiedadulkių. Didesniais jų kiekiais ypač išsiskiria vėlyvasis subborealis.

Vėlyvajame subatlantyje apibūdintos pavienės *Zea mays* žiedadulkės.

**Duomenys apie žmogaus veiklos įtaką aplinkai vėlyvajame ledynmetyje ir holocene, žiedadulkių duomenų bazėje sukauptos medžiagos interpretavimo pagrindu**

**17 000 – 10 000 cal BP (vėlyvasis paleolitas)**

Šis laikotarpis atitinka vėlyvąjį ledynmetį ir preborealio chronozoną (Girininkas, 2009). Žmogaus pėdsakai Pietų Lietuvoje aptinkami jau netrukus po ledyno atsitraukimo (Rimantienė, 1971; 1984; 1996; Ostrauskas, 1999), tačiau vėlyvuuju ledynmečiu vyravusi augalija neleidžia atkurti žmogaus veiklos įtakos pagal žiedadulkių duomenis (Stančikaitė, 2000; Kabailienė, Stančikaitė, 2001; Stančikaitė et al., 2002). Žmogaus veiklos požymiu galėtų būti laikomas nebent nuo aleriodo nežymiai didėjantis medžio anglies dalelių kiekis (Tolonen, 1986). Kita vertus, nedidelius medžio anglies kiekius galėjo sąlygoti ir dėl natūralių priežasčių kilę gaisrai (Stančikaitė, 2000). Bet kuriuo atveju, sąlygos Lietuvoje buvo pakankamai atšiaurios (Kabailienė, 1990), žmonių tuo metu Lietuvoje buvo palyginti nedaug (Kaplan et al., 2009), o kadangi žmonės vertėsi rinkimu ir medžiokle (Rimantienė, 1996), jų įtaka aplinkai turėjo būti minimali.

**10 000 – 7 400 cal BP (mezolitas)**

Šis laikotarpis maždaug atitinka borealio ir ankstyvojo atlančio chronozonas (Girininkas, 2009). Vyravusi tuo metu augalija leidžia atkurti



žmogaus veiklos pėdsakus. Jų aptinkama Pietų Lietuvoje esančiuose Grūdosių (Kabailienė et al., 1997), Pelesos (Stančikaitė et al., 2002), Kabelių (Ostrauskas, 1999; Stančikaitė, 2000), Glūko, Glėbo (Kabailienė et al., 2001) pjuvenuose. Mezolito laikotarpio nuosėdose juose apibūdinti didesni kiekiai prie takų ir gyvenamųjų būstų augančių taksonų (kiečio, dilgėlės, balandinių) žiedadulkių. Tačiau vertinant indikatorinius taksonus visos Lietuvos mastu, jų kiekis atvirkščiai mažėja (4.3.3 pav.). Tai greičiausiai susiję su miškingumo Lietuvoje didėjimu ir natūraliai augančių žolinių taksonų mažėjimu, o su žmogaus veikla siejamų indikatorinių taksonų daugėjimas šiuo laikotarpiu apsiribojo atskirais Pietų Lietuvos pjuvenais.

Tyrimai Europoje (Zvelebil, 1994) ir Lietuvoje (Stančikaitė, 2000) rodo, kad mezolito žmonės degino miškus, siekdami padidinti teritorijos maisto išteklius. Tai atsispindi ir augančioje medžio anglies kreivėje (4.3.2 pav.) – mezolito laikotarpiu anglies dalelių kiekis, padidėja. AP/NAP santykio kreivė (4.3.1 pav.) šiuo laikotarpiu rodo didžiausią miškingumą viso holoceno metu. Panašu, kad mezolite vykęs miškų kirtimas bei deginimas buvo daugiau lokalaus masto, o visos Lietuvos teritorijos kraštovaizdžiui didesnės įtakos jis neturėjo.

Šiuo laikotarpiu Lietuvoje randami nedideli kiekiai javų (*Cerealia*) žiedadulkių (4.3.4 pav.), tačiau greičiausiai tai natūraliai išplitusių augalų žiedadulkės.

#### **7 400 – 4 100 cal BP (neolitas)**

Šis laikotarpis galėtų būti prilygintas vėlyvojo atlantio ir ankstyvojo subborealo chronozonomams (Girininkas, 2009). Atlantio laikotarpiu medžio anglies dalelių kiekis maksimalus (4.3.2 pav.). Prasidėjus ankstyvajam subborealui reikšmingai sumažėja Lietuvos teritorijos miškingumas ir padaugėja visų indikatorinių taksonų grupių žiedadulkių (4.3.3 pav.).

Jau ankstyvojo ir viduriniojo neolito metu Lietuvoje plito gyvulininkystė (Seibutis, Savukynienė, 1998; Stančikaitė, 2000; Kabailienė, Stančikaitė, 2001). Tai koreliuoja ir su ganyklų indikatorių padaugėjimu Lietuvos žiedadulkių spektruose (4.3.3 pav.).

Prieš maždaug 5 700 metų beveik tuo pačiu metu didžiojoje Europos dalyje sumažėjo guobos. Kaip šio sumažėjimo priežastys nurodomas ne tik klimatinių sąlygų pasikeitimas (Iversen, 1941; Smith, 1981) bei augalų ligos (Peglar, Birks, 1993), bet ir žmogaus veikla (Iversen, 1973). Guobos sumažėjimas atsekamas ir Lietuvoje. Pietų Lietuvoje jis datuojamas 5 800 – 5 500 cal BP (Stančikaitė, 2000; Kabailienė, Stančikaitė, 2001).

Nuo maždaug 5 100 cal BP Pietų Lietuvoje aptinkamos kviečio (*Avena-Triticum*) žiedadulkės (Stančikaitė, 2000), tačiau tai galėjo būti ir natūraliai išplitusių augalų žiedadulkės. Įrodymų, kad tokiu laiku žmonės jau galėjo verstis žemdirbyste seniau nei Lietuvoje, nei kaimyninėse valstybėse nėra (Ralska-Jasiewiczowa, Latałowa, 1996; Kabailienė, Stančikaitė, 2001).

Kultivuojamų augalų žiedadulkių pietų Lietuvoje aptinkama pradant 6 700 – 6 500 cal BP, tačiau abejojama ar tai galima sieti su žemdirbystės plėtra (Kabailienė, Stančikaitė, 2001). Vėlyvojo neolito laikotarpiu (maždaug nuo 5 000 cal BP) jų kiekis smarkiai išauga bei apskritai padidėja žolių žiedadulkių (didėja teritorijos atvirumas). Vidutinis indikatorių taksonų kiekis diagramose viršija 3 %. Ypač daug sausų ganyklų indikatorių. Sausos ganyklos paprastai yra siejamos būtent su išdegintais miško plotais (Latałowa, 1982; 1992; Behre, 1988). Šiuo laikotarpiu jau aptinkama ir kviečių (*Avena-Triticum*) žiedadulkių, nors ir palyginti nedideliais kiekiais. Apibūdintos pavienės rugio (*Secale*) žiedadulkės galėjo būti apibūdintos neteisingai arba priskirtos ankstesniam laikotarpiui. Rugio auginimas Lietuvoje ir gretimose teritorijose paplito tik geležies amžiuje (Kabailienė, Stančikaitė, 2001; Ralska-Jasiewiczowa, Latałowa, 1996). Šie smarkūs pokyčiai sietini su žemdirbystės

pradžią. Tuo tarpu gyvulininkystė jau buvo plačiai įsigalėjusi ir pakankamai svarbi to meto ūkio šaka (Kabailienė, Stančikaitė, 2001).

#### **4 100 – 2 600 cal BP (žalvario amžius)**

Žalvario amžius maždaug atitinka vėlyvojo subborealo chronozoną (Girininkas, 2009). Šiuo laikotarpiu aptinkama žymiai daugiau kultivuojamų augalų žiedadulkių. Daugiau nei vėlyvajame neolite randama kviečio žiedadulkių, tačiau įsivyrėja rugio žiedadulkės. Vis tik, rugio auginimas greičiausiai labiau buvo būdingas žalvario amžiaus pabaigai. Lietuvoje vystėsi žemdirbystė, tačiau gyvulininkystė dar vis buvo gerokai svarbesnė. Vyko dar intensyvesnis miškų plotų išdeginimas bei kirtimas (Kabailienė, Stančikaitė, 2001).

#### **2 600 – 700 cal BP (geležies amžius)**

Geležies amžius galėtų būti gretinamas su ankstyvojo subatlantico chronozona ir vėlyvojo subatlantico chronozonos pradžia (Girininkas, 2009). Šiuo laikotarpiu miškų ir toliau mažėja. Tai rodo padidėjęs žolių žiedadulkių skaičius, nors ir ne taip smarkiai kaip vėlyvojo neolito – žalvario amžiaus laikotarpiu. Miškų deginimo mastai sumažėja, greičiausiai laikotarpio pabaigoje. Padaugėja visų indikatorinių grupių taksonų, išskyrus kultivuojamų augalų. Svarbiausias iš jų lieka rugys. Rugio padaugėjimas subatlantijoje atsekamas beveik visoje Europoje (Behre, 1992). Rugys yra geriau prisitaikęs prie atšiaurių sąlygų ir pradėtas auginti dėl patobulėjusių žemės ūkio įrankių. Bendras kultivuojamų taksonų kiekio sumažėjimas galėtų būti siejamas su žmogaus ūkinės veiklos sumažėjimu dėl klimato atšalimo apie 2 600 cal BP (Савукинене, Сейбутис, 1974; Kabailienė, 1990; Stančikaitė, 2000). Po kelių šimtmečių žmogaus veiklos mastas vėl išaugo ir dar labiau suintensyvėjo nei ankstesniais laikotarpiais.

## 700 – 0 cal BP (istoriniai laikai)

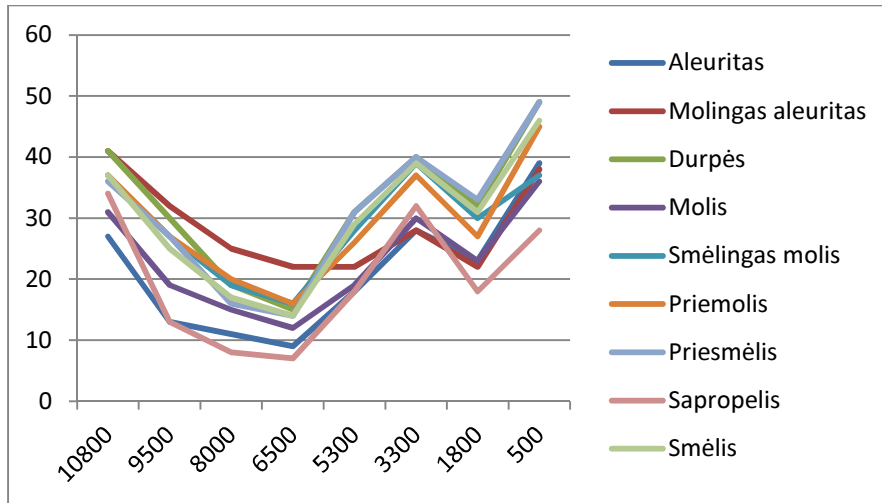
Istoriniai laikai Lietuvoje apima vėlyvojo subatlančio chronozonos antrąją pusę (Girininkas, 2009). Šiuo laikotarpiu smarkiai padaugėja rugio žiedadulkių (vidutiniškai iki beveik 0,35 %), mažiau randama kviečio (apie 0,02 %). Per paskutinius 700-800 metų Lietuvoje žmogaus įtaka gamtai buvo itin reikšminga. Būtent šiuo laikotarpiu žemdirbystė tampa pagrindine žemės ūkio šaka (Kabailienė, Stančikaitė, 2001).

### 4.4. Augalijos sudėties priklausomybė nuo kvartero nuogulų litologijos

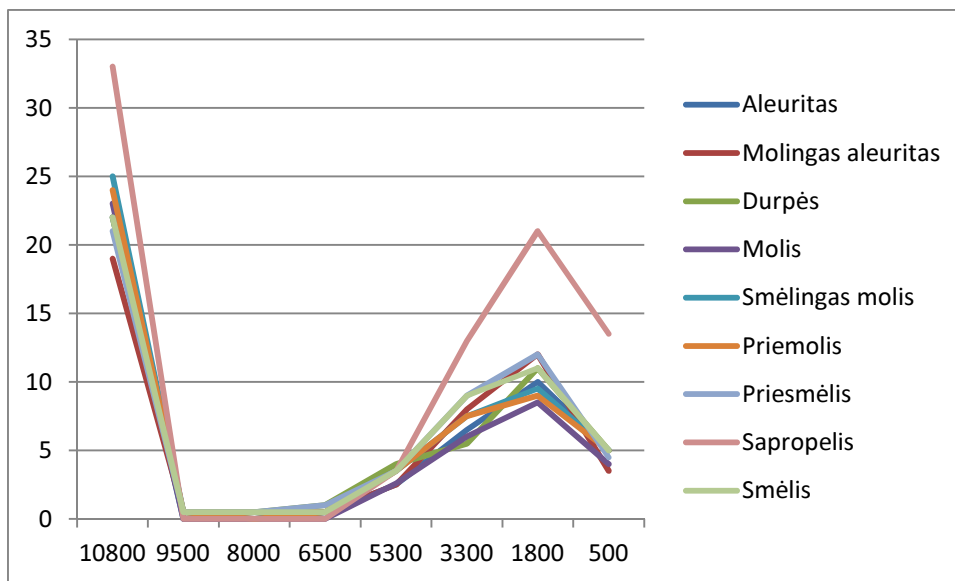
Siekiant įvertinti augalijos priklausomybę nuo litologijos, sudaryti paleoaugalijos žemėlapiai *ArcGIS* priemonėmis buvo sulyginami su vyraujančių kvartero nuogulų litologijos žemėlapiu (pateiktu Lietuvos geologinės tarnybos), ir kiekvieno litologijos tipo plotui buvo apskaičiuoti bendri kiekvieno taksono kiekiai. Kadangi paleoaugalijos žemėlapiai buvo sudaromi interpoliuojant taškinis duomenis, duomenys tarp taškų yra suniveliuoti. Pavyzdžiui, aliuvinės smėlio nuogulos dažniausiai būna išplitusios siauromis juostomis. Interpoliuoti augalijos kiekiai šiose teritorijose paprastai būna nulemti ant plačiau paplitusių nuogulų tipų (pvz., moreninio priesmėlio) išsidėsčiusių taškų. Todėl net ir nedideli procentinių išraiškų skirtumai rodo reikšmingus skirtumus tarp skirtingų litologijos tipų.

Iš skirtingų litologijos tipų kreivių matyti, kad pušis (4.4.1 pav.) yra, ir viso holoceno metu buvo, labiau būdinga smėlingų ir durpingų nuogulų paplitimo teritorijoms, mažiau būdinga – sapropelio, molio ir aleurito vyraujamose teritorijose. Beržo (4.4.2 pav.) procentinių išraiškų skirtumai, sąlygojami litologijos, ne tokie ryškūs. Didesniais beržynų kiekiais stipriai išsiskiria tik sapropelis (ypač holoceno pradžioje ir per paskutinius 4000 metų). Šiek tiek didesniais beržo kiekiais pasižymi priesmėliai, mažesniais – molingos nuogulos. Eglynai (4.4.3 pav.) labiausiai būdingi priemoliams, aleuritingoms

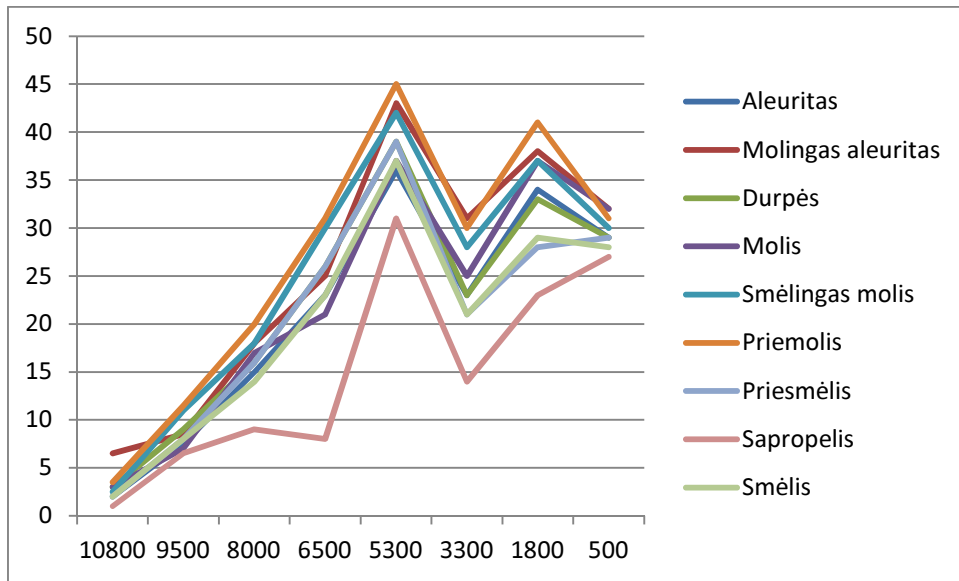
nuoguloms, mažiau būdingi – sapropeliui. Alksnis (4.4.4 pav.) didžiausius kiekius sudaro sapropelio, molio ar aleurito aslojamuose dirvožemiuose. Lazdyno, guobos ir liepos (4.4.5 – 4.4.7 pav.) diferenciacija pagal kvartero nuogulų litologiją sąlyginai nedidelė. Lazdynas ir guoba mažiau būdingi sapropelio, molio ir aleurito vyraujamoms teritorijoms. Liepos atveju skirtumai dar mažiau ryškūs.



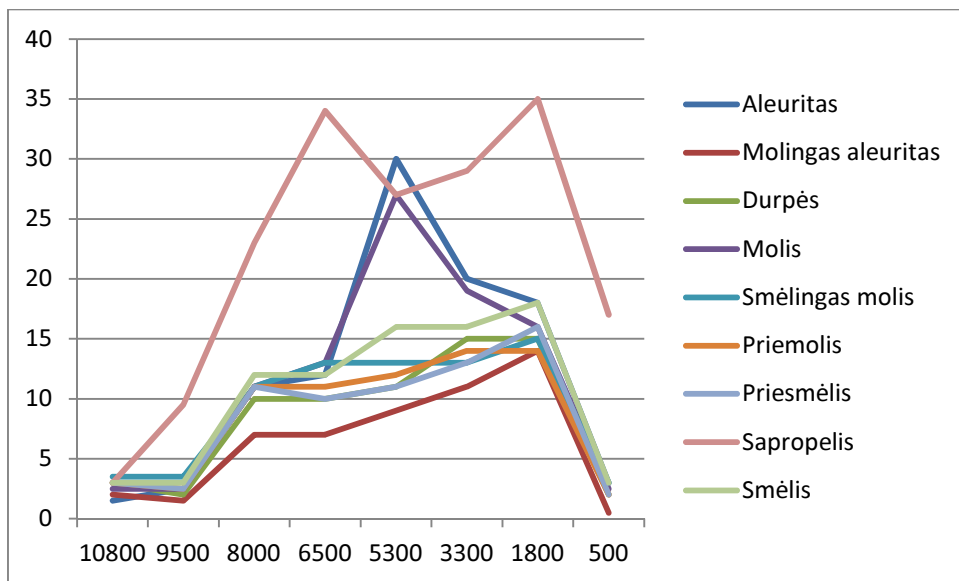
**4.4.1. pav.** Atkurti pušies procentiniai kiekiai holocene skirtinguose kvartero nuogulų litologijos tipuose.



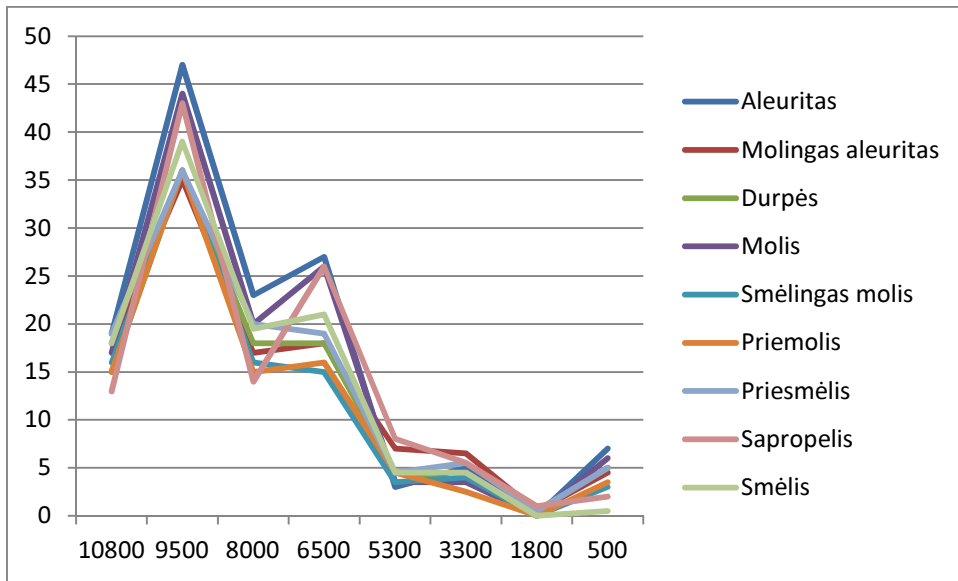
**4.4.2. pav.** Atkurti beržo procentiniai kiekiai holocene skirtinguose kvartero nuogulų litologijos tipuose.



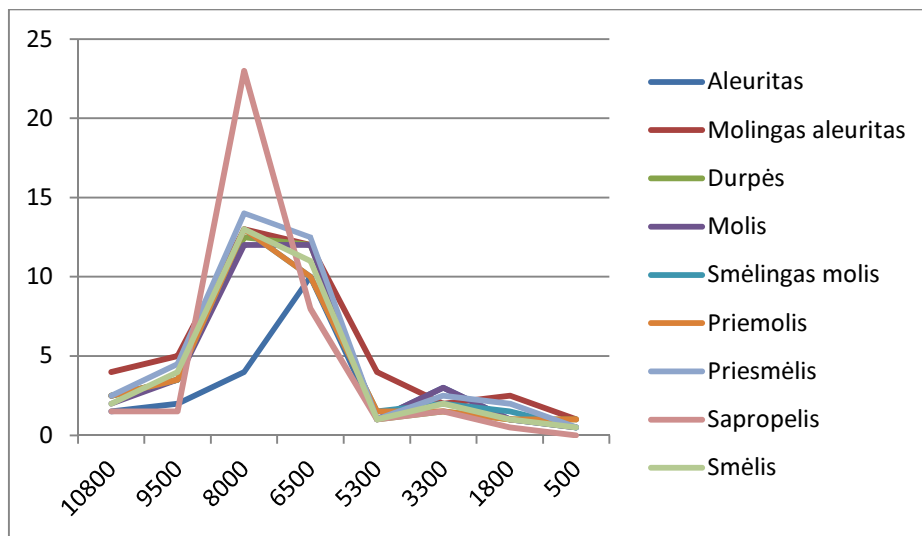
**4.4.3. pav.** Atkurti eglės procentiniai kiekiai holocene skirtinguose kvartero nuogulų litologijos tipuose.



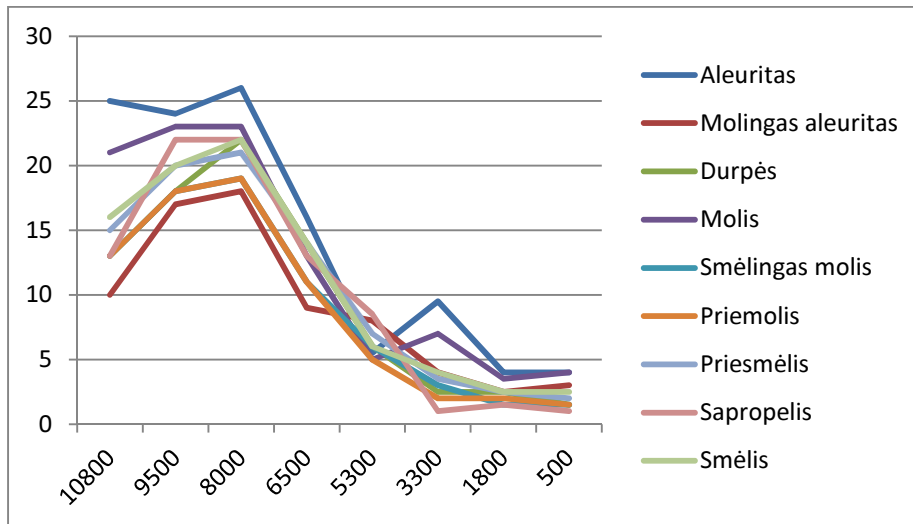
**4.4.4. pav.** Atkurti alksnio procentiniai kiekiai holocene skirtinguose kvartero nuogulų litologijos tipuose.



**4.4.5. pav.** Atkurti lazdyno procentiniai kiekiai holocene skirtinguose kvartero nuogulų litologijos tipuose.



**4.4.6. pav.** Atkurti liepos procentiniai kiekiai holocene skirtinguose kvartero nuogulų litologijos tipuose.



**4.4.7. pav.** Atkurti guobos procentiniai kiekiai holocene skirtinguose kvartero nuogulų litologijos tipuose.

Iš sudarytų augalijos priklausomybės nuo litologijos kreivių matyti, kad labiausiai nuo teritorijoje vyraujančio kvartero nuogulų tipo priklauso alksnio, eglės, pušies, iš dalies guobos paplitimas. Kiti taksonai, kurių procentinės reikšmės atkuriamos šiame darbe, yra išplitę beveik tolygiai ir litologijos įtakojami mažiau.

Holoceno pirmojoje pusėje daugumos taksonų procentinių išraiškų skirtumai tarp skirtingų nuosėdų vyraujamų teritorijų yra didesni. Tai reiškia, kad pirmojoje holoceno pusėje didesnę įtaką augalijos paplitimui turėjo nuosėdų litologija. Antrojoje holoceno pusėje, plintant žmogaus veiklai Lietuvos teritorijoje, litologijos reikšmė sumažėja, kadangi augaliją vis labiau ima įtakoti žmogus.



## IŠVADOS

- Geoinformacinės žiedadulkių duomenų bazės panaudojimas kartu su automatizuotos GIS analizės priemonėmis bei žiedadulkių – augalijos priklausomybės funkcijomis įgalina detalų praeities augalijos taksonominės sudėties atkūrimą.
- Šiuolaikinių žiedadulkių spektrų prognozės pagal skirtingas žiedadulkių – augalijos priklausomybės funkcijas parodė, kad geriausi rezultatai pasiekiami I. C. Prentice (1985, 1988) bei S. Sugita (1993, 1994) sukurtais modeliais, todėl Lietuvos praeities augalijos taksonominės sudėties atkūrimui taikytinas LRA algoritmas (Sugita, 2007a; 2007b), kurio pagrindą sudaro šios priklausomybės funkcijos.
- Sudaryti izožiedadulkių žemėlapiai koreliuoja su panašių studijų kaimyninėse šalyse rezultatais, todėl turimi žiedadulkių duomenys yra tinkami augalijos sudėties atkūrimui.
- Prieš 17 000 – 11 500 metų (vėlyvajame ledynmetyje) dėl atšiauraus klimato medžiai Lietuvoje beveik neaugo, išskyrus didesnį pašiltėjimo laikotarpį prieš 13 600 – 12 800 metų.
- Pirmojo nedidelio pašiltėjimo metu prieš 15 850 – 14 600 metų Lietuvoje reikšmingais kiekiais buvo išplitę krūmokšniai beržas keružis (*Betula nana*) ir poliarinis gluosnis (*Salix polaris*), pradėjo plisti medieninis beržas (*Betula*).
- Prieš 13 600 – 12 800 metų buvusio pašiltėjimo metu Lietuvos miškuose vyravo pušis (*Pinus*; kai kuriose teritorijose net iki 90-100 %) ir beržas. Šiaurės rytų Lietuvoje galėjo augti iki 20-40 % eglės (*Picea*).
- Prieš 12 800 – 11 500 metų Lietuvoje dominavo atviras kraštovaizdis. Šiaurės rytų Lietuvoje iš medžių greičiausiai vyravo eglė.
- Prieš 11 500 – 10 200 metų įsivyravo miškingas kraštovaizdis. Pirmaisiais šio laikotarpio šimtmečiais įsivyravo beržas, vėliau jį ėmė keisti pušis. Beveik visoje Lietuvoje išplito lazdynas ir guoba. Pastarieji taksonai

Lietuvoje greičiausiai pasklido iš vakarų-pietvakarių ir kiekvienas jų sudarė iki 10-20 % medžių augalijos. Tuo tarpu eglė beveik atsitraukė iš Lietuvos.

- Laikotarpiu prieš 10 200 – 8 500 metų pušis ir beržas traukėsi, didžiojoje Lietuvos dalyje dominuojančiu taksonu tapo lazdynas (iki 50-70 %). Pietryčių Lietuvoje vyraujančiu taksonu išliko pušis dėl šioje teritorijoje plytinčių smėlingų dirvožemių. Iš šiaurės vakarų pusės Lietuvoje plito eglė, iš pietvakarių – alksnis.
- Šilčiausio holoceno laikotarpiu (prieš 8 500 – 5 700 metų) iš šiaurės į pietus ir toliau plito eglė (iki 50-70 %), mažėjo pušies ir beržo. Vidurio ir šiaurės rytų Lietuvoje vyravo guoba ir lazdynas, pietvakarių Lietuvoje – alksnis.
- Apytikriai nuo 5 700 cal BP Lietuvoje pradeda nykti plačialapiai medžiai ir plisti spygliuočiai. Beveik visoje Lietuvoje dominavo eglė (iki 60-70 %), išskyrus alksnio dominuojamus pietvakarius ir smėlingus pietryčius, kuriuose vyravo pušis (iki 60-70 %). Šiuo laikotarpiu Lietuvoje pasirodo ir skroblas (iki 5 %).
- Prieš 4 000 – 2 600 metų eglės dominuojami plotai atsitraukia į šiaurę, o laikotarpiu prieš 2 600 – 1 000 m. eglė pakartotinai išplinta į pietus.
- Paskutinio tūkstantmečio augalija panaši į dabartinę – beveik visoje Lietuvoje vyrauja pušis. Pietryčių Lietuvoje ji sudarė 60-90 % medžių augalijos. Vakarinėje Lietuvos dalyje reikšmingesnė eglė (iki 40-50 %).
- Gautų augalijos raidos atkūrimo rezultatų bendros tendencijos atitinka ankstesnius panašius tyrimus Lietuvoje, tačiau skiriasi kiekybinės išraiškos. Gautų vėliausio atkuriamo laikotarpio rezultatų palyginimas su dabartine augalija leidžia manyti, kad šiame darbe pristatomi rezultatai yra tikslesni, nei ankstesnių tyrimų.
- Žiedadulkių duomenų bazėje sukaupti duomenys rodo palyginti nežymų žmogaus ūkinės veiklos (daugiausia – miškų deginimo) poveikį aplinkai mezolite. Neolito laikotarpiu Lietuvoje įsigali gyvulininkystė, o žemdirbystė pagrindine ūkio šaka tampa jau istoriniais laikais.

- Nuo nuosėdų litologijos labiausiai iš atkuriamų medžių taksonų priklausė alksnio, eglės ir pušies paplitimas. Kiti taksonai visais laikotarpiais buvo išplitę tolygiau.
- Pirmojoje holoceno pusėje augalijos paplitimą labiausiai įtakojo kvartero nuogulų litologija bei klimato kaita. Antrojoje holoceno pusėje vis stiprėjo antropogeninio faktoriaus įtaka ir galiausiai jis tapo svarbiausiu augalijos paplitimą lemiančiu veiksniu.

## LITERATŪROS SĄRAŠAS

**Aaby B., 1986.** Palaeoecological studies of mires. Ed. Berglund B. E., Handbook of Holocene palaeoecology and palaeohydrology. New York, John Wiley & Sons. 145-164.

**Aario, 1944.** Die spatglaziale Entwicklung der Vegetation und des Klima in Finnland. Geol. Rundschau, **34**. 695 p.

**Andersen S. T., 1970.** The relative pollen productivity and pollen representation of north European trees, and correction factors for tree pollen spectra. *Danmarks Geologiske Undersøgelse*. **96**. 99 p.

**Arslanov K., Druzhinina O., Savelieva L., Subetto D., Skhodnov I., Dolukhanov P., Kuzmin G., Chernov S., Maksimov F., Kovalenkov S., 2011.** Geochronology of vegetation stages of south-east Baltic coast (Kaliningrad region) during the middle and Late Holocene. *Geochronometria* **38(2)**. 172-181.

**Balakauskas L., 2003.** Formation and evolution of Skrebiškiai karst peat-bog (Northern Lithuania) according to pollen data. *Geologija* **43**. Vilnius, Lithuania. 34-42.

**Balakauskas L., Mažeika J., 2003.** Formation of Kirkilai karst sink-hole (Northern Lithuania) and the palaeoecology of the surroundings during the Late Glacial and the Holocene. *Geologija* **46**. Vilnius, Lithuania. 41-48.

**de Beaulieu, J. L. 1977.** Contribution pollenanalytique à l'histoire tardiglaciaire et holocène de la végétation des Alpes méridionales françaises. *Thèse ès sciences Université d'Aix-Marseille III*. France.

**Behre K. E., 1981.** The interpretation of anthropogenic indicators in pollen diagrams. *Pollen et Spores* **23**. 223–245.

**Behre K. E., 1986.** Anthropogenic indicators in pollen diagrams. Balkema, Rotterdam, Boston.

**Behre K. E., 1986.** The role of man in European vegetation history. Ed. *Huntley B., Webb III T. Vegetation history*. Kluwer, Dordrecht. 633-672.

**Behre K. E., 1986.** The history of rye cultivation in Europe. *Vegetation History and Archaeobotany* **1**. 141-156.

**Berglund B. E. 1986.** The cultural landscape in a long-term perspective: Methods and theories behind the research on land-use and landscape dynamics. *Striae* **24**. 455–479.

**Berglund B. E., Ralska-Jasiewiczowa M., 1986.** Pollen analysis and pollen diagrams. In: *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology* (ed. *B. E. Berglund*). Chichester, 1986. 455–479.

**Berglund B. E., Birks H. J. B., Ralska-Jasiewiczowa M., Wright, H. E., 1996.** Palaeoecological events during the last 15000 years: regional synthesis of palaeoecological studies of lakes and mires in Europe. John Wiley & Sons Ltd.

**Birks H. J. B., 1989.** Holocene isochrone maps and patterns of treespreading in the British Isles. *Journal of Biogeography* **16**. 503-540.

**Birks H. J. B., 1997.** Modelling modern pollen-climate relationships in Norway. *Geonytt* **24 (1)**. 102.

**Birks H. J. B., Gordon, A. D., 1985.** Numerical methods in Quaternary pollen analysis. Academic Press, London.

**Birks H. J. B., Seppä H., 2004.** Pollen-based reconstructions of lateQuaternary climate in Europe - progress, problems, and pitfalls. *Acta Palaeobotanica*, **44**. 317-334.

**Björck S., Walker M. J. C., Cwynar L. C., Johnsen S., Knudsen K. L., Lowe J. J., Wohlfarth B., INTIMATE Members, 1998.** An event stratigraphy for the last termination in the North Atlantic region based on the Greenland ice-core record: a proposal by the INTIMATE group. *Journal of Quaternary Science* **13**. 283–292.

**Blažauskas N., Kisielienė D., Kučinskaitė V., Stančikaitė M., Šeirienė V., Šinkūnas P., 1998.** Late Glacial and Holocene sedimentary environment in the region of the Ūla River. *Geologija* **25**. 20-30.

**Bronk Ramsey C., 2001.** Development of the radiocarbon program OxCal. *Radiocarbon*, **43 (2A)**. 355–363.

**Broström A., Sugita S., Gaillard M. J., 2004.** Pollen productivity estimates for the reconstruction of past vegetation cover in the cultural landscape of southern Sweden. *The Holocene* **14**. 368-381.

**Brubaker L. B., Anderson P. M., Edwards M. E., Lozhkin A.V., 2005.** Beringia as a glacial refugium for boreal trees and shrubs: new perspectives from mapped pollen data. *Journal of Biogeography* **32**. 833-848.

**Brundza K., 1934.** Lietuvos miškų istorijos pradmenys. *Mūsų girios* **1-2**. 9-24.

**Brundza K., 1936.** Kamanos. *Žemės ūkio akademijos metraštis* **10** (3-4). 411 p.

**Brundza K., 1940.** Šepeta. *Žemės ūkio akademijos metraštis* **13** (4). 208 p.

**Bunting M. J., 2003.** Pollen-based reconstruction of cultural landscapes: an investigation of pollen source area for non-arboreal taxa. *Review of Palaeobotany and Palynology* **125**. 285-298.

**Bunting M. J., Middleton R., 2005.** Modelling pollen dispersal and deposition using HUMPOL software: simulating wind roses and irregular lakes. *Review of Palaeobotany and Palynology* **134**. 185-196.

**Calcote R., 1995.** Pollen source area and pollen productivity: evidence from forest hollows. *Journal of Ecology* **83**. 591–602.

**Caseldine C. J., Fyfe R. M., Langdon C. T., Thompson G., 2006.** Simulating the nature of vegetation communities at the opening of the Neolithic on Achill Island, Co. Mayo, Ireland—the potential role of models of pollen dispersal. *Review of Palaeobotany and Palynology* **144 (3-4)**. 135-144.

**Clark J. S., Lynch J., Stocks B. J., Goldammer J. G., 1998.** Relationships between charcoal particles in air and sediments in west-central Siberia. *The Holocene* **8**. 19-29.

**Colwell R. 1951.** The use of radioactive isotopes in determining spore distribution patterns. *American Journal of Botany* **38**. 511-523.

**Damblon F., 1997.** Palaeobotanical study of representative Upper Palaeolithic sites in the central European Plaina contribution to the SC-004 project. *Préhistoire Européenne*, **11**. 245–253.

**Damblon F., Haesaerts P., Van der Plicht J., 1996.** New datings and considerations on the chronology of Upper Palaeolithic sites in the Great Eurasian Plain. *Préhistoire Européenne*, **9**. 177–231.

**Damušytė A., 2011.** Lietuvos pajūrio geologinė raida poledynmečiu. *Daktaro disertacija*. Vilniaus universitetas, Vilnius. 163 p.

**Davis M. B., 1963.** On the theory of pollen analysis. *American Journal of Science* **261**. 897-912.

**Davis B. A. S., Brewer S., Stevenson A. C., Guiot J., 2003.** The temperature of Europe during the Holocene reconstructed from pollen data. *Quaternary Science Reviews* **22**. 1701-1716.

**Erdtman G., 1936** – New methods in pollen analysis. *Svensk Botanisk Tidskrift* **30**. 154–164.

**Fægri K., Iversen J., 1964.** Textbook of pollen analysis. II<sup>nd</sup> ed. *Hafner Pub. Co., New York*. 237 p.

**Fægri K., Iversen J., 1989.** Textbook of pollen analysis. IV<sup>th</sup> ed. *Alden press, London*. 323 p.

**Fægri K., Ottestad P., 1948.** Statistical problems in pollen analysis. *Universtetet i Bergen Årbok*. Naturvitenskapelig Rekke No. 3, 27 p.

**Fagerlind F., 1952.** The real significance of pollen diagrams. *Botaniska Notiser* **105**. 185–224.

**Firbas F., 1935.** Über die wirksamkeit der natürlichen verbretungsmittel der Waldbäume. *Natur u. Heimat* 6. 65 - 73.

**Flantua S. G. A., van Boxel J. H., Hooghiemstra H., van Smaalen J., 2007.** Application of GIS and logistic regression to fossil pollen data in modelling present and past spatial distribution of the Colombian savanna. *Climate Dynamics* **29**. 697–712.

**Frenzel B., 1968.** Grundzüge der pleistozänen Vegetationsgeschichte Nord-Eurasiens. *Erdwissenschaftliche Forschung* **1**. 1 – 326.



**Fyfe R. M., 2006.** Sustainable conservation and management of the historic environment record in upland peat: a view from Exmoor. *International Journal of Biodiversity Science and Management* **2**. 146-149.

**Gaidamavičius A., Stančikaitė M., Kiseliene D., Mažeika J., Gryguic G., 2011.** Post-glacial vegetation and environment of the Labanoras Region, East Lithuania: implications for regional history. *Geological Quarterly* **55** (3). 269-284.

**Gaigalas A., Pazdur A., Hałas S., Pawlyta J., Kazakauskas V., 2001.** Stable isotopes as records of climatic changes of daniglacial in Lithuania. *Geochronometria* **20**. 81-86.

**Gaillard M. J., Sugita S., Bunting M. J., Dearing J. A., Bittmann F., 2008a.** Human impact on terrestrial ecosystems, pollen calibration and quantitative reconstruction of past land-cover. *Vegetation History and Archaeobotany* **17**. 415–418.

**Gaillard M.-J., Sugita S., Bunting J.M., Middleton R., Broström A., Caseldine C., Giesecke T., Hellman S.E.V., Hicks S., Hjelle K., Langdon C., Nielsen A.-B., Poska A., von Stedingk H., Veski S., POLLANDCAL members, 2008b.** The use of modelling and simulation approach in reconstructing past landscapes from fossil pollen data: a review and results from the POLLANDCAL network. *Vegetation History and Archaeobotany* **17**. 419-443.

**Gaillard M.-J., Sugita S., Mazier F., Trondman A.-K., A. Broström A., Hickler T., Kaplan J.O., Kjellström E., Kokfelt U., Kuneš P., Lemmen C., Miller P., Olofsson J., Poska A., Rundgren M., Smith B., Strandberg G., Fyfe R., Nielsen A.-B., Alenius T., Balakauskas L., Barnekow L., Birks H.J.B., Bjune A., Björkman L., Giesecke T., Hjelle K., Kalnina L., Kangur M., van der Knaap W.O., Koff T., Lagerås P., Latałowa M., Leydet M., Lechterbeck J., Lindbladh M., Odgaard B., Peglar S., Segerström U., von Stedingk H., Seppä H., 2010.**

Holocene land-cover reconstructions for studies on landcover-climate feedbacks. *Climate of the Past* **6**. 483-499.

**Galdingaitė B., 1973.** Kai kurių vidurio Lietuvos pelkių stratigrafijos ir paleogeografijos bruožai holocene. *Geografinis metraštis* **12**. 109-116.

**Garunkštis A., Stanaitis A., 1969.** Ežerai gimsta, bręsta ir miršta. Mintis. Vilnius. 158 p.

**Girininkas A., 2009.** Lietuvos archeologija. Akmens amžius. **t. 1.** Versus aureus, Vilnius. 328 p.

**Grimm E., C., 1987.** CONISS. A Fortran 77 program for stratigraphically constrained cluster analysis by the method of incremental sum of squares. *Computers & Geosciences* **13**. 13–35.

**Grimm E. C., 1990.** TILIA and TILIA-GRAPH: PC spreadsheet and graphics software for pollen data. *INQUA Commission for the Study of the Holocene, Working Group on Data-Handling Methods. Newsletter* **4**, 5–7.

**Grimm E. C., 1992.** TILIA and TILIA-GRAPH: PC spreadsheet and graphics program. *8<sup>th</sup> International Palynological Congress. Program and Abstracts*. 56 p.

**Gudelis V., Kabailienė M. 1958.** Aleriodinis ir priešalieriodinis laikotarpiai Lietuvoje Nopaičio pelkės palinologinių tyrimų šviesoje. *Lietuvos MA Geologijos ir geografijos moksliniai pranešimai* **6**. 104–122.

**Gupta, S. H., Polach, H. A., 1985.** *Radiocarbon Dating Practices at ANU. Handbook*. Canberra: ANU.

**Hasesaerts P., Damblon F., Bachner M., Trinkka G., 1996.** Revised stratigraphy and chronology of the Willendorf II sequence, Lower Austria. *Archaeologia Austriaca* **80**. Wien. 25-42.

**Harder, C., Ormsby, T., Balstrøm, T., 2011.** Understanding GIS. *ESRI press, Redlands, California*. 378 p.

**Heikkilä M., Fontana S. L., Seppä H., 2009.** Rapid Lateglacial tree population dynamics and ecosystem changes in the eastern Baltic region. *Journal of Quaternary Science* **24**. 802-815.

**Hicks S., Ammann B., Latałowa M., Pardoe H., Tinsley H. (red.), 1996.** European Pollen Monitoring Programme: Project description and guidelines. 28 p.

**Hooghiemstra H., Bechler A., Beug. H.J., 1987.** Isopollen maps for 18,000 years B.P. of the Atlantic offshore of northwest Africa: Evidence for paleowind circulation. *Paleoceanography*, **2**(6). 561-582.

**Huntley B., Birks, H. J. B., 1983.** An Atlas of Past and Present Pollen Maps for Europe: 0-13000 years ago. *Cambridge University Press*. 667 p.

**Ilves E. O., Medne L., 1979.** Chronostratigraphy of Holocene sediments in the western areas of the Lubana Plain 1. *Geologia* **28**, 1. 26–32

**Ilves E., Mäemets H., 1996.** Estonia: type region E-g, upper Devonian plateau. *Red. Berglund B. E., Birks H. J. B., Ralska-Jasiewiczowa M., Wright H. E., 1996. Palaeoecological Events during the Last 15 000 years: Regional Syntheses of Palaeoecological Studies of Lakes and Mires in Europe.* Wiley, Chichester. 386–392.

**Iversen J., 1941.** Landnam i Danmarks Stenalder. *Danmarks Geologiske Undersøgelse II*. Række, 66. 68 p.

**Iversen J., 1973.** The development of Denmark's nature since the last glacial. *Danmarks Geologiske Undersøgelse V.række 7C*. 1-126.

**Jacobson G., Bradshaw R., 1981.** The selection of sites for palaeovegetational studies. *Quaternary Research*. **16**. 80-96.

**Kabailienė M., 1958.** Kai kurie nauji duomenys apie Gabiauriškio alerodinius darinius. *Lietuvos TSR MA Geologijos ir geografijos instituto moksliniai pranešimai* **8**. 5-14.

**Kabailienė M., 1959a.** Augalijos raida vėlyvajame ledynmetyje ir poledynmetyje Lietuvos ir pietinės Latvijos pajūrio zonoje. *Geografinis metraštis* **2**. 476-505.

**Kabailienė M., 1959b.** Lietuvos ir pietinės Latvijos Baltijos pajūrio raida vėlyvajame ledynmetyje ir poledynmetyje diatomėjų floros tyrimo duomenimis. *Lietuvos TSR MA Geologijos ir geografijos instituto moksliniai pranešimai* **10(2)**. 175-214.

**Kabailienė M., 1962.** Žuvinto ežero nuosėdų stratigrafija. *Lietuvos TSR MA Geologijos ir geografijos instituto moksliniai pranešimai* **14(2)**. 117-125.

**Kabailienė M., 1963.** Kai kurie Riešės upės baseino ežerų bruožai. *Lietuvos TSR MA Geologijos ir geografijos instituto moksliniai pranešimai* **15(2)**. 277-294.

**Kabailiene M., 1985.** Restoration of Holocene forest history in Lithuania by net-like method. *Ecologia Mediterranea*. **9**.

**Kabailienė M., 1987.** Correlation in diatom analysis data and stratigraphy of deposits in small lakes with the application of mathematical methods. *Methods for the investigation of lake deposits: paleoecological and paleoclimatological aspects*. Vilnius. 91–97.

**Kabailienė M., 1990.** Lietuvos holocenas. *Mokslas, Vilnius*. 176 p.

**Kabailienė M. 1993.** Stratigrafijos problemos bei gamtinės aplinkos raida vėlyvajame ledynmetyje ir Holocene Lietuvoje. *Geologija* **14**. 208–220.

**Kabailienė M., 1998.** Vegetation history and climate changes in Lithuania during the Late Glacial and Holocene, according to pollen and diatom data. Iš: **Kabailienė M., Miller U., Moe D., Hackens T.** *Environmental history and Quaternary stratigraphy of Lithuania. PACT*. **54**. 13-30.

**Kabailienė M., 2006a.** Gamtinės aplinkos raida Lietuvoje per 14000 metų. Vilniaus universiteto leidykla. 471 p.

**Kabailienė M., 2006b.** Late Glacial and Holocene stratigraphy of Lithuania based on pollen and diatom data. *Geologija* **54**, 42–48.

**Kabailienė M., Grigienė A., 1997.** Vegetation and signs of human economic activities in the environs of Lake Kretuonas during middle and late Holocene. *Geologija* **21**, 44–52.

**Kabailienė M., Naujalis J., 1999.** Modern pollen deposition and vegetation in east Lithuania. *The environmental background to Hominid evolution in Africa. XV International INQUA Congress, 3–11 August, Durban, South Africa*. Book of abstracts, Durban.

**Kabailienė M., Rimantienė R., 1996.** Holocene Changes in the Palaeoecological Conditions of the Lithuanian Coast around the Šventoji Settlement. *PACT* **50. Landscapes and Life**, 185–195.

**Kabailienė M., Stančikaitė M., 2001.** Akmens amžiaus žemdirbystės ir gyvulininkystės raida pagal paleobotaninių tyrimų duomenis. *Akmens amžius Pietų Lietuvoje* (geologijos, paleogeografijos ir archeologijos duomenimis). (red. Baltrūnas V.) Vilnius, p. 218-225.

**Kabailienė M., Stančikaitė M., Ostrauskas T., 1997.** Living conditions and activity of man in the environs of Lake Grūda in the end of Late Glacial and Holocene. *Geologija* **21**, 32–43.

**Kabailienė M., Stančikaitė M., Ūsaitytė D., 2001.** Paleoekologinių tyrimų rezultatai. *Akmens amžius Pietų Lietuvoje* (geologijos, paleogeografijos ir archeologijos duomenimis). (red. Baltrūnas V.) Vilnius, p. 146 - 167.

**Kaplan J. O., Krumhardt K. M., Zimmermann N., 2009.** The prehistoric and preindustrial deforestation of Europe. *Quaternary Science Reviews* **28**, 3016-3034.

**Kihno K., Saarse L., Amon L., 2011.** Late Glacial vegetation, sedimentation and ice recession chronology in the surroundings of Lake Prossa, central Estonia. *Estonian Journal of Earth Sciences* **60(3)**, 147-158.

**Koff T., 2001.** Pollen influx into Tauber traps in Estonia in 1997-1998. *Review of Palaeobotany and Palynology* **117**, 53-62.

**Kovaliukh, N. N., Skripkin, V. V., 1994.** An universal technology for oxidation of carbon-containing materials for radiocarbon dating. In: *Abstract and Papers of Conference on Geochronology and Dendrochronology of Old Town's and Radiocarbon Dating of Archaeological Findings, Oct. 31–Nov. 4, Lithuania, Vilnius*. Vilnius: Vilnius University Press. 37–42.

**Krivoruchko, K., 2011.** Spatial statistical data analysis for GIS users. *ESRI press, Redlands, California*. 894 p.

**Krysowska-Iwaszkiewicz M., Wójcik A., 1990.** Wyniki badań późnoplejstoceńskich stokowych pokryw gliniastych w Jedliczach (Doły Jasielsko-Sanockie) *Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica* **24**, 63–85.

**Kuneš P., Pelánková B., Chytrý M., Jankovská V., Pokorný P., Petr L., 2008.** Interpretation of the last-glacial vegetation of eastern-central Europe using modern analogues from southern Siberia. *Journal of Biogeography* **35(12)**, 2223-2236.

**Kuneš P., Abraham V., Kovářik O., Kopecký M., PALYCZ contributors, 2009.** Czech Quaternary Palynological Database – PALYCZ: review and basic statistics of the data. *Preslia* **81**, 209–238.

**Kunskas R., 1963-1964.** Poledynmečio ivykių pėdsakai Nemuno slėnio pelkėse ties Merkine. *Geografinis metraštis* **6-7**, 317-324.

**Kunskas R., 1974.** Nemuno deltos šiaurinio pelkyno sandaros raidos klausimu. *Geografijos metraštis* **3**, 37–44.

**Kupryjanowicz M., 2007.** Postglacial development of vegetation in the vicinity of the Wigry Lake. *Geochronometria* **27**, 53-66.

**Latałowa M., 1982.** Postglacial vegetational changes in the eastern Baltic coastal zone of Poland. *Acta Palaeobotanica* **22**, 179–249.

**Latałowa M., 1992.** Man and vegetation in the pollen diagrams from Wolin island (NW Poland). *Acta Palaeobotanica* **32**, 123-249.

**Latałowa M., Borówka K., 2006.** The Allerød/Younger Dryas transition in Wolin Island, northwest Poland, as reflected by pollen, macrofossils, and chemical content of an organic layer separating two aeolian series. *Vegetation History and Archaeobotany* **15**, 321-331.

**Latałowa M., van der Knaap W. O., 2006.** Late Quaternary expansion of Norway spruce *Picea abies* (L.) Karst in Europe according to pollen data. *Quaternary Science Reviews* **25**, 2780-2805.

**Latałowa M., Nalepka D., 1987.** A study of the Late-Glacial and Holocene vegetational history of the Wolbrom area (Silesian-Cracovian Upland - S. Poland). *Acta Palaeobotanica* **27(1)**, 75-115.

**Lowe J. J., Walker M. J. C., 1997.** Reconstructing Quaternary environments. Longmans, London. 446 p.

**MacDonald G. M., Larsen C. P. S., Szeicz J. M., Moser K. A., 1991.** The reconstruction of boreal forest fire history from lake sediments: a comparison of charcoal, pollen, sedimentological, and geochemical indices. *Quaternary Science Reviews* **10**, 53–71.

**Maguire D., Batty M., Goodchild M., 2005.** GIS, spatial analysis and modelling. *ESRI press, Redlands, California*. 504 p.

**Makhnach N., Zernitskaja V., Kolosov I., Simakova G., 2004.** Stable oxygen and carbon isotopes in Late Glacial–Holocene freshwater carbonates from Belarus and their palaeoclimatic implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **209**, 73–101.

**Malelienė J., 2000.** Aukštadvario regioninio parko Strėvos įgriuvos nuosėdų storumės stratigrafija ir gamtinės aplinkos raida vėlyvajame ledynmetyje ir holocene pagal žiedadulkių analizės duomenis. Vilniaus Universitetas, Bakalauro darbas. 41 p.

**Mamakowa K., Starkel L., 1974.** New data about the profile of Young Quaternary deposits at Brzeźnica in Wisłoka valley, Sandomierz Basin. *Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica* **8**, 47–59.



**Mamakowa K., Środoń A., 1977.** On the pleniglacial flora from Nowa Huta and Quaternary deposits of the Vistula valley near Cracow. *Roczniki Polskiego Towarzystwa Geologicznego* **47**, 485–511.

**Mazier F., Kuneš P., Sugita S., Trondman A.-K., Broström A., Gaillard M.-J., 2010.** Pollen- inferred quantitative reconstructions of Holocene land-cover in NW Europe for the evaluation of past climate-vegetation feedbacks – Evaluation of the REVEALSbased reconstruction using the Czech Republic database, EGU General Assembly. *Geophys. Res. Abstr.* **12**.

**Middleton R., Bunting M. J., 2004.** Mosaic v1.1: landscape scenario creation software for simulation of pollen dispersal and deposition. *Review of Palaeobotany and Palynology* **132 (1–2)**, 61–66.

**Moore P. D., Webb J. A., Collinson M. E., 1991** – Pollen Analysis (2<sup>nd</sup> ed.). Oxford, 1991. 216 p.

**Nielsen A. B., 2003.** Pollen based quantitative estimation of land cover - Relationships between pollen sedimentation in lakes and land cover as seen on historical maps in Denmark AD 1800. *Ph.D. thesis, Institute of Geography, Faculty of Science, University of Copenhagen, and Geological Survey of Denmark and Greenland. Danmarks og Grønlands geologiske undersøgelse rapport 2003/57.* 135 p.

**Nielsen A. B., Odgaard B. V., 2005.** Reconstructing land-cover from pollen assemblages from small lakes in Denmark. *Review of Palaeobotany and Palynology* **133**, 1-21.

**Niinemets E., Saarse L., 2007.** Mid- and late-Holocene land-use changes inferred from pollen records, in a south-eastern Estonian upland area. *Review of Palaeobotany and Palynology* **146**, 51 - 73.

**Niinemets E., Saarse L., 2009.** Holocene vegetation and land-use dynamics of south-eastern Estonia. *Quaternary International* **207**, 104 - 116.

**Novik A., Punning J. M., Zernitskaya V., 2010.** The development of Belarusian lakes during the Late Glacial and Holocene. *Estonian Journal of Earth Sciences* **59(1)**, 63–79.

**Obidowicz A., Ralska-Jasiewiczowa M., Kupryjanowicz M., Szczepanek K., Nalepka D., 2004.** Piceae abies (L.) H. — Spruce. *M. Ralska-Jasiewiczowa, M. Latałowa, K. Wasylikowa, K. Tobolski, E. Madeyska, H.E. Wright, Jr., C. Turner (Red.). Late Glacial and Holocene history of vegetation in Poland based on isopollen maps.* W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków, 147–158.

**Ohlwein C., Wahl E., 2012.** Review of probabilistic pollen-climate transfer methods. *Quaternary Science Reviews* **31**, 17–29.

**Ostrauskas T., 1999.** Pietų Lietuvos paleolitas ir mezolitas, *Lietuvos archeologija* **16**, 7 - 17.

**Overpeck J. T., Webb III T., Prentice I. C., 1985.** Quantitative Interpretation of Fossil Pollen Spectra: Dissimilarity Coefficients and the Method of Modern Analogs. *Quaternary Research* **23**, 87-108.

**Pardoe H. S., Giesecke T., van der Knaap W. O., Svitavská-Svobodová H., Kvavadze E. V., Panajiotidis S., Gerasimidis A., Pidek I. A., Zimny M., Święta-Musznicka J., Latałowa M., Noryśkiewicz A. M., Bozilova E., Tonkov S., Filipova-Marinova M. V., van Leeuwen L. F. N., Kalnina L., 2010.** Comparing pollen spectra from modified Tauber traps and moss samples: examples from a selection of woodlands across Europe. *Vegetation History and Archaeobotany* **19**, 271-283.

**Parsons R. W., Prentice I. C., 1981.** Statistical approaches to R-values and the pollen-vegetation relationship. *Review of Palaeobotany and Palynology*. **32**. P. 127-152.

**Peglar S. M., 1993.** The Mid-Holocene *Ulmus* decline at Diss Mere, Norfolk, UK: a year-by-year pollen stratigraphy from annual laminations. *Holocene* **3**, 1–13.

**Peglar S. M., Birks, H. J. B., 1993.** The midHolocene *Ulmus* fall at Diss Mere, south-east England – disease and human impact? *Vegetation History and Archaeobotany* **2**, 61–68.

**Pohl F., 1933.** Freilandversuche zur Bestäubungsökologie der Stieleiche.

**Pohl F., 1937.** Die Pollenerzeugung der Windbluter. *Beihefte zum Botanischen Centralblatt* **56**, 365–470.

**Poska A., Saarse L., 1999.** Holocene vegetation and land-use history in the environs of Lake Kahala, northern Estonia. *Vegetation History and Archaeobotany* **3**, 185–97.

**von Post L., 1916.** Forest tree pollen in south Sweden peatbog strata sequences. *Pollen et Spores*. **9**. P. 375-401. [translation from Swedish by Davis M. B., 1967]

**Prentice I. C., 1985.** Pollen representation, source area, and basin size: toward a unified theory of pollen analysis. *Quaternary Research* **23**. P. 76-86.

**Prentice I. C., 1988.** Records of vegetation in time and space: the principles of pollen analysis. Iš: **Huntley B., Webb T.** *Vegetation history*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers. P. 17-42.

**Prentice I. C., Parsons R. W., 1983.** Maximum likelihood linear calibration of pollen spectra in terms of forest composition. *Biometrics*. **39**. P. 1051-1059.

**Prentice I. C., Webb III T., 1986.** Pollen percentages, tree abundances and the Fagerlind effect. *Journal of Quaternary Science* **1**. P. 35–43.

**Ralska-Jasiewiczowa M., 1980.** Late-glacial and Holocene vegetation of the Bieszczady Mts. (Polish Eastern Carpathians). PWN, Warszawa.

**Ralska-Jasiewiczowa M., 1983.** Isopollen maps for Poland: 0–11,000 years BP. *New Phytologist* **94**, 133–175.

**Ralska-Jasiewiczowa M., 1989.** Type region P-x: Masurian Great Lakes District. *Ralska-Jasiewiczowa M., (Red.) Environmental changes recorded in lakes and mires of Poland during the last 13 000 years. Acta Palaeobotanica* **29(2)**, 95-100.

**Ralska-Jasiewiczowa M., 1999.** Ewolucja szaty roślinnej. Starkel L. (Red.), 1999. *Geografia Polski. Środowisko przyrodnicze*, 105-127. Wyd. Nauk. PWD, Warszawa.

**Ralska-Jasiewiczowa M., van Geel B., Demske D., 1998.** Holocene regional vegetation history recorded in the Lake Gościąg sediments. *Ralska-Jasiewiczowa M., Goslar T., Madeyska T., Starkel L. (Red.). Lake Gościąg, central Poland. A monographic study.* W Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków: 202-218.

**Ralska-Jasiewiczowa M., Latałowa M., 1996.** Poland. *Berglund B. E., Birks H. J. B., Ralska-Jasiewiczowa M., Wright H. E. (Red.) Palaeohydrological events during the last 15,000 years. Regional Syntheses of*

*Palaeoecological Studies of Lakes and Mires in Europe*. Wiley, Chichester, 403–472.

**Ralska-Jasiewiczowa M., Latałowa M., Wasylikowa K., Tobolski K., Madeyska E., Wright H.E., Turner C., 2004.** Late Glacial and Holocene history of vegetation in Poland based on isopollen maps. Krakow, Poland: W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, 444 pp.

**Rasmussen S., Andersen K., Svensson A., Steffensen J., Vinther B., Clausen H., Andersen M., Johnsen S., Larsen L., Bigler M., Röthlisberger R., Fischer H., Goto-Azuma K., Hansson M., Ruth U., 2006.** A new Greenland ice core chronology for the last glacial termination. *Journal of geophysical research-atmospheres* 111.

**Reimer P. J., Baillie M. G. L., Bard E., Bayliss A., Beck J. W., Blackwell P. G., Bronk Ramsey C., Buck C. E., Burr G. S., Edwards R. L., Friedrich M., Grootes P. M., Guilderson T. P., Hajdas I., Heaton T. J., Hogg A. G., Hughen K. A., Kaiser K. F., Kromer B., McCormac F. G., Manning S. W., Reimer R. W., Richards D. A., Southon J. R., Talamo S., Turney C. S. M., van der Plicht J., Weyhenmeyer C. E., 2009.** IntCal09 and Marine09 radiocarbon age calibration curves, 0–50,000 years cal BP. *Radiocarbon*, **51** (4), 1111–1150.

**Rempe H., 1937.** Untersuchungen über die Verbreitung des Blütenstaubens durch die Luftströmungen. *Planta* 27, 93-147.

**Ren G., Beug. H.J., 1999.** The mapping of Holocene pollen data in China. *Vegetation History and Archaeobotany*, **8**, 231-232.

**Rimantienė R., 1971.** Палеолит и мезолит Литвы. Mintis, Vilnius.

**Rimantienė R., 1984.** Akmens amžius Lietuvoje. Vilnius.

**Rimantienė R., 1996.** Akmens amžius Lietuvoje. Vilnius (antrasis papildytas leidimas).

**Rimantienė R. 1999.** Barzdžio miško gyvenvietė. *Lietuvos Archeologija* **16**, 171-208.

**Rinterknecht V., Bitinas A., Clark P. U., Raisbeck G. M., Yiou F. Brook E. J., 2008.** Timing of the last deglaciation in Lithuania. *Boreas* **37**, 426-433.

**Saarse L., 2004.** Holocene isochrone maps and patterns of tree spreading in Estonia. *Proceedings of the International Symposium on Earth System Sciences*. Kelebek and Gragika Group. Istanbul.

**Saarse L., Rajamäe R., 1997.** Holocene vegetation and climatic change on the Haanja Heights, SE Estonia. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences. Geology* **46**, 75–92.

**Saarse L., Veski S., 2001.** Spread of broad-leaved trees in Estonia. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences. Geology* **50(1)**, 51 – 65.

**Saarse L., Poska A., Veski S., 1999.** Spread of *Alnus* and *Picea* in Estonia. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences. Geology* **48**, 170–186.

**Savukynienė N., 1974.** Sinantropinės augalijos raida prietryčių Lietuvoje. *Geografinis metraštis*. **13**. P. 37-43.

**Savukynienė N., 1976.** Žemdirbystės plėtotės bruožai Čepkelių raisto apylinkėse. *Geografinis metraštis* **14**, 169–175.

**Savukynienė N., 1979.** Kalotės ežero augalijos raida holocene. *Geografinis metraštis* **16**, 145-149.

**Schweitzer P. N., 1999.** ANALOG: A program for estimating paleoclimate parameters using the method of modern analogs. *U.S. Geological Survey Open-File Report*. United States Geological Survey, Reston, VA, 94–645.

**Seglinš V., Kalnina L., Lacis A., 1999.** The Lubans Plain, Latvia, as a Reference Area for Long Term Studies of Human Impact in the Environment. *PACT* **57**, 105–129

**Seibutis A., 1963–1964.** Borealinio ledo luistų tirpimo pėdsakai pelkių sluoksnyje. *Geografinis metraštis* **6–7**, 317–324.

**Seibutis A., 1974.** Ūlos interstadialinių sluoksnių susidarymo mįslė. *Geografinis metraštis* **13**, 23–36.

**Seibutis A., Savukynienė N., 1998.** A review of major turning points in the agricultural history of the area inhabited by the Baltic people, based on palynological, historical and linguistic data. *PACT* **54**, 51-59.

**Seibutis A., Sudnikavičienė F., 1960.** Apie holoceninių pelkių susidarymo pradžią Lietuvos TSR teritorijoje. *Geografinis metraštis* **3**, 299–358.

**Seppä H., Birks H. J. B., 2002.** Holocene climate reconstructions from the Fennoscandian tree-line area based on pollen data from Toskaljavri. *Quaternary Research* **57**, 191–199.

**Seppä H., Birks H. J. B., Odland A., Poska A., Veski S., 2004.** A modern pollen-climate calibration set from Northern Europe: testing and developing a tool for palaeoclimatological reconstructions. *Journal of Biogeography* **31**, 251–267.

**Sjögren P., 2006.** The development of pasture woodland in SW Swiss Jura Mountains over 2000 years, based on three adjacent peat profiles. *The Holocene* **16**, 210-223.

**Smith C. C., 1981.** The facultative adjustment of sex ratio in Lodgepole pine. *American Naturalist* **118**, 297-305.

**Soepboer W., Lotter A. F., 2009.** Estimating past vegetation openness using pollen–vegetation relationships: A modelling approach. *Review of Palaeobotany and Palynology* **153**. P. 102-107.

**Soepboer W., Vervoort J. M., Sugita S., Lotter A. F., 2008.** Evaluating Swiss pollen productivity estimates using a simulation approach. *Vegetation History and Archaeobotany* **17** (5).

**Spikins P., 2000.** GIS models of last vegetation: an example from Northern England, 10000-5000 BP. *Journal of Archaeological Science* **17**, 219-234.

**Stančikaitė M., 2000.** Gamtiniai ir žmogaus veiklos sąlygoti aplinkos pokyčiai Lietuvos teritorijoje vėlyvajame ledynmetyje ir holocene. *Daktaro disertacija*. Vilnius. 222 p.

**Stančikaitė M., Baltrūnas V., Kisilienė D., Ostrauskas T., 2006.** Human response to the Holocene environmental changes in the Biržulis Lake region, NW Lithuania. *Quaternary International* **150** (1), 113–129.

**Stančikaitė M., Daugnora L., Hjelle K., Hufthammer A. K., 2009c.** The environment of the Neolithic archaeological sites in Šventoji, Western Lithuania. *Quaternary international* **207** (1-2), 117-129.

**Stančikaitė M., Kabailienė M., Ostrauskas T., Guobytė R. 2002.** Environment and man in the vicinity of the Lakes Dūba and Pelesa, SE



Lithuania, during the Late Glacial and Holocene. *Geological Quarterly* **46 (4)**. P. 391–409.

**Stančikaitė M., Kiselienė D., Strimaitienė A., 2004.** Vegetation response to the climatic and human impact changes during the Late Glacial and Holocene: case study of the marginal area of Baltija Upland, NE Lithuania. *Baltica* **17 (1)**, 17–33.

**Stančikaitė M., Milkevičius M., Kiselienė D., 2003.** Palaeoenvironmental changes in the environs of Žadeikiai bog, NW Lithuania, during Late Glacial and the Holocene, according to palaeobotanical and 14C data. *Geologija* **43 (3)**, 47 - 60.

**Stančikaitė M., Šeirienė V., Šinkūnas P., 1998.** New results of the Pamerkys outcrop, southern Lithuania, investigations. *Geologija* **23**, 77 – 88.

**Stančikaitė M., Šinkūnas P., Šeirienė V., Kiselienė D., 2008.** Patterns and chronology of the Late Glacial environmental development at Pamerkiai and Kašučiai, Lithuania. *Quaternary Science Reviews* **27**, 127–147.

**Stančikaitė M., Šinkūnas P., Risberg J., Šeirienė V., Blažauskas N., Jarockis R., Karlsson S., Miller U., 2009b.** Human activity and the environment during the Late Iron Age and Middle Ages at the Impiltis archaeological site, NW Lithuania. *Quaternary International* **203 (1–2)**, 74–90.

**Stančikaitė M., Kiselienė D., Moe D., Vaikutienė G., 2009a.** Lateglacial and early Holocene environmental changes in northeastern Lithuania. *Quaternary International* **207**, 80–92.

**Staszkiwicz, J. 1993.** Morphological variation of leaves, cones and seeds. *Białobok S., Boratyński A., Bugała, W. (Red.) Scots pine Biology*. PAN, Inst. Dendrology, Poznań-Kórnik, 33-44.

**von Stedingk H., Fyfe R. M., 2009.** The use of pollen analyses to reveal Holocene tree line dynamics – a modelling approach. *The Holocene* **19**, 273-283.

**Stockmarr J., 1971** – Tablets with spores used in absolute pollen analysis. *Pollen et Spores* **13**. P. 615–621.

**Sudnikavičienė F., 1963-1964.** Dviejų Žemaičių aukštumos aukštapelkių raidos bruožai. *Geografinis metraštis* **6-7**, 399-407.

**Sugita S., 1993.** A Model of Pollen Source Area for an Entire Lake Surface. *Quaternary research*. **39**(2). P. 239-244.

**Sugita S., 1994.** Pollen representation of vegetation in Quaternary sediments: theory and method in patchy vegetation. *Journal of Ecology*. **82**. P. 157-164.

**Sugita S., 2007a.** Theory of quantitative reconstruction of vegetation. I. Pollen from large sites REVEALS regional vegetation. *Holocene* **17**. P. 229–241.

**Sugita S., 2007b.** Theory of quantitative reconstruction of vegetation. II. All you need is LOVE. *Holocene* **17**. P. 243–257.

**Sugita S., Andersen S. T., Gaillard M.-J., Mateus J., Odgaard B. V., Prentice I. C., Vorren K. D., 1998.** Modelling and data analysis for the quantification of forest clearance signals in pollen records. *Gaillard M.-J., Berglund B. E., Frenzel B., Huckriede U. (Red.). Quantification of land surfaces cleared of forests during the Holocene, Palaeoklimaforschung/Palaeoclimate Research* **27**, Stuttgart: Gustav Fisher Verlag, 125–31.

**Sugita S., Gaillard M.-J., Broström A., 1999.** Landscape openness and pollen records: a simulation approach. *Holocene* **9**. P. 409–421.

**Sugita S., Hicks S., Sormunen H., 2010.** Absolute pollen productivity and pollen–vegetation relationships in northern Finland. *Journal of Quaternary Science* **25**, 724–736.

**Sutton O. G., 1953.** Micrometeorology. McGraw-Hill, New York.

**Szafer W., 1935.** The significance of isopollen lines for the investigation of the geographic distribution of trees in the Post-Glacial period. *Bulletin de l'Academie Polonaise des Sciences*. P. 235-239.

**Środoń A., 1968.** On the vegetation of the Paudorf Interstadial in the Western Carpathians. *Acta Palaeobotanica* **9 (1)**, 3-27.

**Środoń A., 1981.** Palaeohistory of alder in Poland. *S. Białobok (Red.) Olsze. Alnus Mill. Nasze drzewa leśne, Monografie popularnonaukowe* **3**, 7-33.

**Tauber H., 1965.** Differential pollen dispersion and the interpretation of pollen diagrams. *Danmarks Geologiske Undersøgelse, II.* **89**. P. 1-69.

**Tauber H., 1974.** A static non-overload pollen collector. *New Phytologist*. **73**. P. 359-369.

**Thomson P. W., 1931.** Beitrag zur Stratigraphie der Moor und zur Waldgeschichte S. W. Litauen. *Geol. Fören. Förhandl.* **53(3)**, 239-250.

**Tolonen K., 1986.** Charred particle analysis. *Berglund B. E. (Red.). Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*. Wiley & Sons, Chichester, 485–496.

**Trimonis E., Savukynienė N. 2000.** Sedimentation in the Northern Baltic Sea Basin. *Baltica* **13**. 77–83.

**Trondman A.-K., Gaillard M.-J., Sugita S., Mazier F., Fyfe R., Nielsen A.-B., Leydet M., Landclim Members Team, 2010.** Pollen-inferred quantitative reconstructions of Holocene land-cover in NW Europe for the evaluation of past climate-vegetation feedbacks : methods and first maps of the cover of plant functional types at 6000, 3000, 600, 200 and 0 BP. *Geophysical Research Abstracts* **12**, 2 p.

**Vaičvilienė B., 1974.** Kertuojų ir Juodųjų Lakajų ežerų raida holocene. *Geografinis metraštis* **13**, 57-65.

**Vaičvilienė B., 1979a.** Trijų rytų Žemaičių plynaukštės pelkių stratigrafija ir paleogeografija holocene. *Geografinis metraštis* **16**, 151-160.

**Vaičvilienė B., 1979b.** Ilgų ežero ir jo baseino raida. *Geografinis metraštis* **16**, 135-144.

**Väliranta M., Kaakinen A., Kuhry P., Kultti S., Salonen J. S., Seppä H., 2011.** Scattered late-glacial and early-Holocene tree populations as dispersal nuclei for forest development in NE European Russia. *Journal of Biogeography* **38**, 922–932.

**Veski S., 1998.** Vegetation history , human impact and palaeo-geography of West Estonia. Pollen analytical studies of lake and bog sediments. *Striae* **38**, 1-119.

**Veski S. , Heinsalu A. , Klassen V. , Kriiska A. , Lõugas L. , Poska A., Saluäär U., 2005.** Early Holocene coastal settlements and palaeoenvironment on the shore of the Baltic Sea at Pärnu, southwestern Estonia. *Quaternary International* **130**, 75-85.

**Wacnik A., 2003.** Późnoglacialne i wczesnoholoceńskie przemiany szaty roślinnej na podstawie analizy pyłkowej osadów laminowanych jeziora

Miłkowskiego na Pojezierzu Mazurskim. W Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków. 135 p.

**Wacnik A., 2009.** From foraging to farming in the Great Mazurian Lake District: palynological studies on Lake Miłkowskie sediments, northeast Poland. *Vegetation History and Archaeobotany* **18(3)**, 187-203.

**Wasylikowa, K . 1964.** Vegetation and climate of the late-glacial in central Poland, based on investigations made at Witow, near Leczyea. *Biul. Peryglacjalny* **13**, 262-417.

**Wasylikowa, K . 1967.** Late Quaternary plant macrofossils from Lake Zeribar, western Iran. *Review of Palaeobotany and Palynology* **2**. P. 313-318

**Webb III T., Howe S. E., Bradshaw R., Heide K. M., 1981.** Estimating plant abundances from pollen percentages: the use of regression analysis. *Review of Palaeobotany and Palynology* **34**. P. 269–300.

**Wright J. W., 1952.** Pollen dispersion of some forest trees. Northeast forest experiment station. *Station Paper* **46**, 42 p.

**Yelovicheva Ya., Bogdel Y., 1985.** Новый голоценовый разрез из Белорусии. Наука и техника, Минск.

**Yu G., Tang L. Y., Yang X. D., Ke X. K., Harrison S. P., 2001.** Modern pollen samples from alpine vegetation on the Tibetan Plateau. *Global Ecology and Biogeography* **10**, 503–519

**Zernitskaya V. P., Kolkovskij V. M., 2003.** History of development of Lake Mezhuhol and stages of vegetation change in plain Verhneberezinskaya in the Late Glacial and Holocene. *Yakushko O. F., Vlasov B. P. (Red.) Теоритические и прикладные проблемы современной лимнологии.* Belarusian State University , Minsk. 155–158.

**Zvelebil M., 1994.** Plant use in the Mesolithic and its role in the transition to farming. *Proceedings of the Prehistoric Society* **60**, 35–74.

**Арсланов, Х.А., 1985.** Радиоуглерод: геохимия и геохронология. Ленинград: Издательство ЛГУ.

**Битвинскас Т., Григелите М., Савукинене Н., 1978.** Стратиграфия и развитие болота „Ужпелкю Тирялис“. Условия среды и радиальный прирост деревьев. Каунас. Р. 56–61.

**Битвинскас Т., Савукинене Н., Григелите М., 1981.** Развитие болота „Аукштойи Плиня“ и растительного покрова его окрестностей и дендрохронологический материал торфяника. *Пространственные изменения климата и годовые кольца деревьев.* Каунас. Р. 14–20.

**Вайчвилене Б., Кунскас Р., Савукинене Н., 1978.** Стратиграфия отложений больших озер Южной Литвы и основные этапы их развития. *Лимнологическая характеристика озер Дуся, Обялия, Галстас и Шлавантас.* Вильнюс. 170–190.

**Гальдингайте Б.** О развитии залежей нескольких озер южной Литвы на основе данных спорово-пыльцевого анализа. *Отдел географии АН Литовской ССР.* Vilnius.

**Гричук В. П., 1940.** Методика обработки осадочных пород бедных органическими остатками, для целей пыльцевого анализа. *Проблемы физической географии* **8**. Р. 53–58.

**Гуделис, В.К., 1955.** К вопросу о неотектонической активности Литовского побережья Балтийского моря. *Труды АН Литовской ССР Б 3*. Р. 81–98.

**Гуделис В. 1957.** Основные черты стратиграфии и палеогеографии голоцена Литвы. *Научные сообщения Института геологии и географии АН Литовской ССР.* Р. 153–175.

**Гуделис В., Климавичене В., Савукинене Н., 1985.** Физико-географические исследования дельты р. Нямунас. *Отчет о научно-исследовательской работе.* LGT, Vilnius.

**Гуделис В., Кирилис В., Пустельников О., 1990.** Вопросы динамики берегов и палеогеографии Балтийского моря. Сборник статей. LGT, Vilnius.

**Кабайлене М. 1965.** Некоторые вопросы стратиграфии и палеогеографии голоцена. Стратиграфия четвертичных отложений и палеогеография антропогена ЮВ Литвы. *Труды Института геологии* **2.** Вильнюс. Р. 302–335.

**Кабайлене М., 1967.** Развитие косы Куршю нярия и залива Куршю марес. *Вопросы геологии и палеогеографии четвертичного периода Литвы* (отв. ред. М. Кабайлене). Вильнюс, Минтис. Р. 181–207.

**Кабайлене М., 1969.** Формирование пыльцевых спектров и методы восстановления палеорастительности. *Mintis, Vilnius.* 147 р.

**Кабайлене М., 1973.** Формирование пыльцевых спектров и методы их интерпретации к стратиграфии и истории лесов голоцена Литвы. *Vilnius.* 390 р.

**Кабайлене М., 1987.** Стратиграфическое разчленение и сопоставление палинологически изученных разрезов голоценовых отложений Литвы с использованием математических методов. *Научные труды высших учебных заведений Литовской ССР. Геология* **8.** Р. 123-135.

**Кабайлене М., Кондратене О., Лукошявичюс Л., Блажчишин А., Гайгалас А., 1978.** Палеоботанические и литологические характеристики позднечетвертичных отложений глубоководных впадин Средней и Южной Балтики. *Тр. АН Лит ССР. Сер. Б.* **6(109)**, 111–122.

**Клейменова Г., 1988.** Палинологические критерии расчленения и корреляции субаквальных отложений Балтики для палеогеографических реконструкций. *География и современность* **4**, 154–188.

**Клейменова Г., Вишневская Н., Латышева М. 1984.** История развития Арконской котловины Балтийского моря в послеледниковое время (по палинологическим и диатомовым данным). *Вестник ЛГУ* **18**, 46–56.

**Кунскас Р., 1970.** О гидрографических регрессиях озер среднего и позднего голоцен. *История озер. Труды Всесоюзного симпозиума по основным проблемам пресноводных озер* **2**. Вильнюс. 378–390.

**Кунскас Р., Савукинене Н., Вайчвилене Б., 1975.** Зависимость седиментации от изменения котловины и сточности озер в голоцене. *Накопление веществ в малых озерах ЮВ Литвы.* Вильнюс. 459–475.

**Савукинене Н., 1970.** Некоторые данные о палинологии и палеогеографии озер южной Литвы. *История озер. Труды Всесоюзного симпозиума по основным проблемам пресноводных озер* **2**, 431-443.

**Савукинене Н., Сейбутис А., 1974.** Влияние субатлантического ухудшения климата на развитие земледелия в Литве в свете палинологических исследований. *Первобытный человек, его*



*материальная культура и природная среда в плейстоцене и голоцене.*  
Москва, 247-251.

**Савукинене Н., Сейбутис А., 1975.** Начальный этап антропогенного воздействия на развитие озер Литвы. История озер в голоцене. *IV Всесоюзный симпозиум по истории озер* **3**, 102-107.

**Сейбутис А., 1962.** О стратиграфическом значении двухслойных торфянистых подсапропелевых образований. *Труды АН Литвы* **Б 3**, 173–178.

**Шулия К., 1969.** Абсолютная хронология голоцена Литвы. *Геохимия* **12**, 130-138.

**Шулия К., Луянас В., Кибилда З., Генутене И., 1967.** Датирование по радиоуглероду террас р. Ула Литовской ССР. *Доклады АН СССР. сер. геологич.* **175(1)**.

[resources.arcgis.com](http://resources.arcgis.com)

## AUTORIAUS PUBLIKACIJŲ SĄRAŠAS

**L. Balakauskas, 2003.** Formation and evolution of the Skrebiškiai karst peat-bog (Northern Lithuania) according to pollen data. *Geologija* **43**. 36-42.

**L. Balakauskas, J. Mažeika, 2004.** Formation of Kirkilai karst sink-hole (Northern Lithuania) and the palaeoecology of its surroundings during Late Glacial and Holocene. *Geologija* **46**. 40-47.

**M.-J. Gaillard, S. Sugita, F. Mazier, A.-K. Trondman, A. Broström, T. Hickler, J. O. Kaplan, E. Kjellström, U. Kokfelt, P. Kuneš, C. Lemmen, P. Miller, J. Olofsson, A. Poska, M. Rundgren, B. Smith, G. Strandberg, R. Fyfe, A. B. Nielsen, T. Alenius, L. Balakauskas, L. Barnekow, H. J. B. Birks, A. Bjune, L. Björkman, T. Giesecke, K. Hjelle, L. Kalnina, M. Kangur, W. O. van der Knaap, T. Koff, P. Lagerås, M. Latałowa, M. Leydet, J. Lechterbeck, M. Lindbladh, B. Odgaard, S. Peglar, U. Segerström, H. von Stedingk, and H. Seppä, 2010.** Holocene land-cover reconstructions for studies on land cover-climate feedbacks. *Climate of the Past* **6**. 483-499.

**L. Kurila, L. Balakauskas, 2012 (priimta).** Aplinka ir žmogus holocene Baliulių–Perūno mikroregione (Švenčionių r.): tarpdisciplininis tyrimas. *Lietuvos archeologija*.

**L. Kurila, V. Juodagalvis, 2012 (priimta).** Gamtos ir kultūros raidos tyrinėjimai Amalvo ir Žuvinto tarpežeryje. *Lietuvos archeologija*.

**L. Balakauskas, J. Taminskas, J. Mažeika, M. Stančikaitė (priimta).** Lateglacial and Early Holocene palaeohydrological changes in the upper reaches of Ūla River: an example from south-eastern Lithuania. *The Holocene*.