



VILNIAUS UNIVERSITETAS
GYVYBĖS MOKSLŲ CENTRAS

Vasarė Tamaškauskaitė

Erdviniai pievų augalijos pasiskirstymo dėsningumai Nemuno, Nevėžio ir Šventosios upių slėniuose

Magistro baigiamasis darbas

Biologinės įvairovės studijų programa

Darbo vadovas

Dr. Domas Uogintas

Darbas atliktas

Vilniaus universitete ir Valstybinio mokslinių tyrimų instituto Gamtos tyrimų centro Floros ir geobotanikos laboratorijoje

Turinys

Santrumpos	3
Įvadas	4
1. Literatūros apžvalga	7
1.1. Upių slėnių pievų augalijos erdvinį pasiskirstymą lemiantys veiksniai	7
1.2. Pievų augalijos erdvinė struktūra upių slėniuose	12
1.3. Erdvinės analizės metodai upių slėnių pievų augalijos tyrimuose	18
2. Medžiaga ir metodai	23
2.1. Tyrimo vieta	24
2.2. Metodai.....	25
2.2.1 Pasiruošimas lauko darbams.....	25
2.2.2 Lauko tyrimai.....	26
2.2.3 Duomenų analizė.....	28
2.2.4 Modeliavimas.....	29
3. Rezultatai	31
3.1. Pievų bendrųjų klasifikavimas	31
3.2. Ekologinių veiksnių įvertinimas buveinėse	37
3.3. Pievų buveinių prognozavimas.....	39
3.4. Rūšinės sudėties prognozavimas	42
3.5. Erdvinis pasiskirstymas.....	45
4. Rezultatų aptarimas	50
Išvados	54
Padėka	55
Santrauka	56
Literatūros sąrašas	58
Priedai	67

Santrumpos

GMC – Gyvybės mokslų centras

GRPK – Georeferencinio pagrindo kadastras

RF – atsitiktinių miškų modeliavimo metodas (angl. *Random forest*)

VMS – vandens matavimo stotis

VU – Vilniaus universitetas

EUNIS pievų buveinių tipai:

- Q53 – aukštųjų viksvų sąžalynai;
- R1A – stepinės pievos;
- R22 – ilgalaikės šienaujamos pievos;
- R22t – panaši buveinė į ilgalaikės šienaujamas pievas (*išskirta šio tyrimo metu*);
- R35 – drėgnos ir šlapios, mezotrofinės ir eutrofinės pievos;
- R36 – drėgnos ir šlapios mezotrofinės ir eutrofinės ganyklos;
- R55 – drėgni aukštųjų žolynų pakraščiai ir sąžalynai.

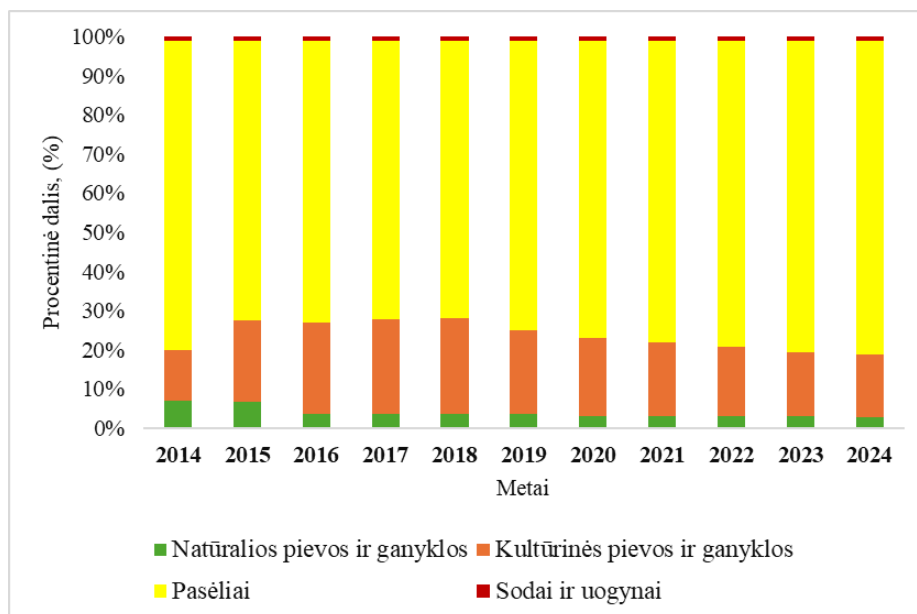
Įvadas

Siaurės pusrutulyje pievų ekosistemos dažniausiai apibūdinamos kaip daugiamečiais žolynais apaugę plotai, susiformavę dėl žmogaus ūkinės veiklos (Dengler et al., 2014). Pačios natūraliausios yra išlikusios ten, kur ūkininkavimas apsunkintas gamtinių sąlygų, pavyzdžiui, siauruose stačiašlaitčiuose upių slėniuose, nederlinguose smėlinguose dirvožemiuose, potvynių ir poplūdžių užliejamose teritorijose, kalnuotame reljefe ar vietovėse, kur nepalankios klimatinės sąlygos. Biologinės įvairovės požiūriu pievos svarbios ne tik kaip pasižyminčios didele augalų įvairove ir gausa, tačiau tai ir svarbios buveinės kitoms organizmų grupėms – vabzdžiams apdulkintojams, paukščiams, smulkiems žinduoliams (Looy et al., 2006; Petermann & Buzhdygan, 2021).

2022 m. duomenimis Europos Sąjungoje (ES) pievos ir ganyklos užima apie 17 % bendro ploto (EuroStat, 2026), tačiau jų plotai per pastaruosius dešimtmečius nyksta, didžiąja dalimi, dėl suintensyvėjusio žemės ūkio ir su tuo atėjusiais pievoms nepalankiais žemėnaudos pokyčiais (Schils et al., 2022). Prasta buveinių būklė verčia sunerimti, todėl naujai parengtas ir įsigaliojęs Gamtos atkūrimo reglamentas (2024 m.) įpareigoja šalis nares paruošti Nacionalinius gamtos atkūrimo planus ekosistemoms ir nusimatyti atkūrimo bei ekosistemų palaikymo priemones konkrečiose teritorijose (European Commission, 2026). Tarp svarstomų atkūrimo priemonių, pateikiamas suartų natūralių pievų atkūrimas, jų ploto didinimas, geresnė teisinė apsauga, kurie taptų keliu link biologinės įvairovės užtikrinimo bei ekologinio stabilumo (LR Aplinkos ministerija, 2025).

Dabartinė Lietuvos pievų buveinių būklė kelia susirūpinimą, 2019-2024 m. Europos bendrijos svarbos buveinių ataskaita atskleidė, jog 75 % pievų ir joms artimų buveinių yra blogos būklės, o 25 % vertinama kaip nepalankios būklės. Lyginant su 2013-2018 m. ataskaita blogos būklės buveinėse situacija dar labiau prastėja (Valstybinė saugomų teritorijų tarnyba, 2025a). Bendras pievų buveinių plotas nuo paskutinės nacionalinės pievų buveinių inventorizacijos sumažėjo 23 % (2010-2014 m. – 77,2 tūkst. ha, o 2024 m. – 59,9 tūkst. ha) (Valstybinė saugomų teritorijų tarnyba, 2025b). Tam įtaką daro besikeičiančios žemės ūkio praktikos, kai kurios buveinės apleidžiamos jose nutraukus šienavimą ir ganyką, menkos pašarinės vertės pievos yra sukultūrinamos arba suariamios taip jas paverčiant pasėlių plotais. Pavyzdžiui, per pastarąjį dešimtmetį atsižvelgiant į naudojamų žemės ūkio naudmenų plotų kaitą (1 pav.) stebima tendencija, kad drastiškai sumažėjo natūralių pievų ir ganyklų plotų (– 61 %), o pasėlių plotų 2018-2024 m. padidėjo apie 12 % (Oficialios statistikos portalas, 2026). Tokia situacija lemia didėjančią neigiamą aplinkos spaudimą specializuotoms pievų rūšims, nes mažėjančiam tinkamų buveinių plotams ir blogėjančią jų kokybę siaurėja rūšių ekologinės nišos bei ilgalaikio išlikimo galimybės.

Lietuvoje didelė dalis natūraliausių pievų susikoncentravusios Nemuno ir jo intakų slėniuose (Rašomavičius, 1998). Upių slėniuose formuojasi savitas pievų tipas – užliejamos pievos, kurioms



1 pav. Naudojamų žemės ūkio naudmenų plotų kaita 2014-2024 m. Sudaryta pagal Oficialios statistikos portalo (2026) duomenis.

ypatingai svarbus nesutrikdytas potvynių režimas, prisidedantis prie kompleksinių aplinkos sąlygų bei skirtingų pievų augalijos bendrijų susiformavimo. Šio tipo pievų tyrimai Lietuvoje pradėti XX a. 4 dešimtmetyje, aktyviausiai buvo vykdomi 6–8 dešimtmetyje siekiant sukaupti informaciją, aprašyti ir išsiaiškinti floristinius ir geobotaninius aspektus, bendrijų ekologiją, pievų derlingumą ir ūkinę vertę, atlikti pievų bendrijų kartografavimą (Rašomavičius, 1998). Dabartiniai tyrimai atneša naują požiūrį į upių slėnių tyrimus ir įtraukia įvairesnius analizės, klasifikavimo, modeliavimo metodus, bando atsižvelgti į įvairius aplinkos veiksnius, kurie lemia mozaikišką augalijos struktūrą (Uogintas, 2021), tačiau tokių tyrimų – vis dar mažuma.

Modeliavimas tampa svarbiu įrankiu siekiant suprasti sudėtingus ekologinius procesus slėniuose, nes integruoja aplinkos veiksnius, įvertina tarpusavio sąveiką (Shen et al., 2025). Skirtingai nei aprašomieji tyrimai, modeliavimas suteikia galimybes atlikti prognozes, vertinti scenarijus, kurie būtini tiek fundamentaliems ekologijos tyrimams, tiek ir gamtotvarkos priemonėms, kuriomis siekiama atkurti prarastas buveines, vykdyti (Gomes et al., 2018). Kombinuojant su kitais tyrimų metodais sumažinamos darbo sąnaudos ir lauko tyrimų apimtys, procesas tampa daug spartesnis kartografuojant ir inventorizuojant buveines, nes užtenka surinkti reprezentatyvią lauko aprašymų imtį ir atrinkti aplinkos kintamuosius arba juos susigeneruoti patiems (Rapinel et al., 2021; Marcinkowska-Ochtyra et al., 2023).

Tyrimo tikslas – ištirti pievų augalijos erdvinius ryšius Nemuno, Nevėžio ir Šventosios upių slėniuose.

Darbo uždaviniai:

1. Išsiaiškinti tirtų upių slėnių atkarpų hidrologines charakteristikas;
2. Įvertinti pievų augalijos bendrijų įvairovę, rūšinę sudėtį ir ekologinę diferenciaciją;

3. Nustatyti užliejimo bei kitų aplinkos veiksnių įtaką pievų augalijos pasiskirstymo dėsninumoams;
4. Sukurti ir įvertinti pievų buveinių tipų bei rūšinės sudėties prognozinčius modelius;
5. Sudaryti pievų augalijos paplitimo modelinius žemėlapius.

1. Literatūros apžvalga

1.1. Upių slėnių pievų augalijos erdvinį pasiskirstymą lemiantys veiksniai

Įvairiuose šaltiniuose pastebima išskirtinė upių slėnių ekologinė reikšmė, ypatingas dėmesys skiriamas periodiškai potvynių užliejamoms salpoms, kurios tyrimuose gan dažnai įvardijamos kaip rūšių turtingi regioniniai biologinės įvairovės „karštieji taškai“ (angl. *Biodiversity hotspots*) (Nobis et al., 2017; Fisher et al., 2019; Kaiser & Ahlborn, 2021). Upių slėniai – sudėtingos kompleksinės sistemos, kuriose tarpusavyje sąveikaujantys biotiniai ir abiotiniai veiksniai bei įvairaus intensyvumo žmogaus ūkinė veikla, formuoja savitas pievų augalijos bendrijas. Naujausiuose atliktuose tyrimuose pastebima tendencija, kad analizuojant erdvinius upių slėnių augalijos aspektus bandoma atsižvelgti į bent kelių veiksnių sąveiką ieškant tikslesnio atsakymo, kas lemia pievų bendrijų struktūrą ir jų rūšių įvairovę.

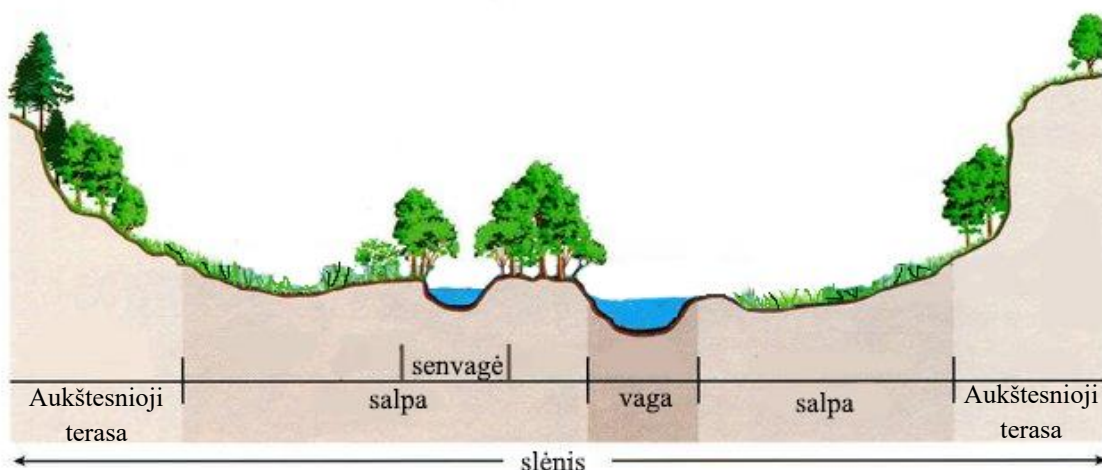
Iki šiol yra žinoma, kad upių slėniuose didžiausią įtaką natūraliose ir pusiau natūraliose pievose augalijos pasiskirstymui daro tokie aplinkos veiksniai kaip reljefas, dirvožemio sudėtis, hidrologinis režimas, mikroklimatas, taip pat žemėnaudos poveikis ir iš to atsirandanti buveinių fragmentacija (Ludewig et al., 2014; Holešтова & Douda, 2021; Ignatavičius ir Ložytė, 2010). Intensyviai ekonomiškai besivystančiuose regionuose žalą pievų ekosistemoms daro urbanizacija, inžinerinių tinklų statyba, hidroenergetika (Cao & Natuhara, 2020).

Tyrimuose pabrėžiama, kad vieni iš pagrindinių ekologinių faktorių, sąlygojančių augalijos pasiskirstymą upių slėniuose yra įvairūs hidrologiniai procesai: drėgmės pokyčiai, besiformuojantys nuo periodiškai užliejamų salpų iki rečiau užmirkstančių aukštesniųjų terasų, potvynių dažnis ir užliejimo trukmė, gruntinio vandens lygio įtaka, vagos nuolydis (Beumer et al., 2008; Gattringer et al., 2019; Xu et al., 2019; Appledorn et al., 2019).

Užliejimo trukmė (angl. *flooding duration*) yra aiškiai apibrėžiamas ir kiekybiškai įvertinamas rodiklis, leidžiantis palyginti skirtingus upių slėnių ruožus ir įvertinti augalijos atsaką į hidrologinio režimo pokyčius. Taip pat tarp hidrologinių kintamųjų užliejimo trukmė išsiskiria išsamumu, nes tiesiogiai atspindi slėnio topografiją ir vandens lygį tam tikru sezonu, apibrėžia vegetacijos laikotarpio ribas bei dirvožemio užmirkimo sąlygas, todėl gali būti siejama su augalų bendrijų sudėties skirtumais skirtingose salpos zonose. Skirtingi užliejimo laikotarpiai turi įtakos ir dirvožemio geocheminei sudėčiai bei dirvožemio derlingumui, kadangi potvynio metu suklostomos skirtingų frakcijų aliuvinės nuosėdos (Erzfeld et al., 2025). Taip pat ilgas užliejimo laikotarpis lemia redukcines sąlygas dirvožemyje (Beumer et al., 2008). Patys užliejimo trukmės laikotarpiai gali būti skirstomi į žieminis ir pavasarinis. Rytų Europoje metinio pavasario užliejimo trukmė kartu su dirvožemio sudėtimi daro didelę įtaką pievų augalijos vystymuisi (Ermakova et al., 2024). Centrinės ir Vakarų Europos upių

slėniuose užliejimo trukmė yra vienas iš faktorių, diferencijuojančių augalų rūšių bendrijas ir skatinančių sukcesinius procesus (Hardtle et al, 2006; Beumer et al., 2008; Ochs, 2021). Tyrimai Minijos salpoje parodė, kad ilgėjant užliejimo trukmei (nuo ~100 iki 130 dienų per metus), reikšmingai trumpėja vegetacijos laikotarpis, silpnėja produktyvios varpinės ir ankštinės žolės, o augalijos struktūroje vis labiau dominuoja ilgą užliejimą toleruojančios, mažesnės ūkinės vertės rūšys. Trumpėjant užliejimo trukmei ir gerėjant dirvožemio aeracijai, didėjo varpinių žolių dalis, augalija tapo struktūriškai stabilesnė ir produktyvesnė, o rūšinė sudėtis – įvairesnė (Gipiškis, 2005). Priešingai – per ilgą užliejimo trukmę, ypač jei ji pasireiškia vegetacijos laikotarpiu galinti drastiškai sumažinti rūšių įvairovę ir sunaikinti retų augalų populiacijas (Kaiser & Ahlborn, 2021; Gipiškis, 2005). Nors dabartiniai hidrologiniai procesai klimato kaitos ir intensyvios žmogaus ūkinės veiklos kontekste lemia negrįžtamus procesus pievų ekosistemoje, tačiau nepaisant to nustatyta, kad net ir stiprios antropogeninės veiklos pažeistuose slėniuose, hidrologinės sąlygos vis tiek išlieka svarbiausiu ekologiniu veiksnium, lemiančiu pievų augalijos rūšinę sudėtį (Xu et al., 2019).

Šių hidrologinių procesų erdvinė raiška pirmiausia atsispindi slėnio reljefo struktūroje, yra išskiriamos tokios reljefo formos: sekumos, upių salos, terasos, salpos, senvagės, kurios taip pat prisideda prie skirtingų augalijos bendrijų formavimo (Loučkova, 2012) (1.1.1 pav.). Salpa – dinamiškiausia upės slėnio vieta, nuolat veikiama potvynių ir poplūdžių (Česnulevičius, 2010). Net ir nedideli reljefo aukščio skirtumai salpoje lemia skirtingas dirvožemio drėgmės ir sudėties sąlygas, todėl čia atsiranda buveinių heterogeniškumas (Appledorn et al., 2019).

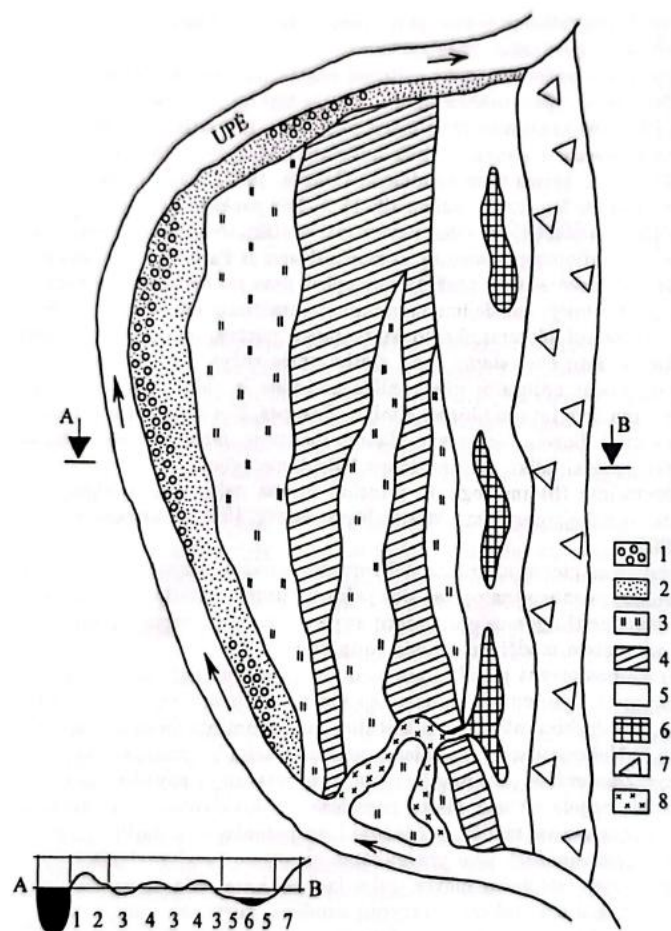


1.1.1 pav. Slėnio skersinis pjūvis. Schema adaptuota iš Milhous et al (2012).

Lygumų upėse, yra išskiriamos smulkesnės salpos morfologinės struktūros dar kitaip vadinamos ekologinėmis juostomis: prievaginė, centrinė, priežemyninė juostos, kiekvienoje iš juostų dar išskiriami žemesni ir aukštesni lygmenys (1.1.2 pav.) (Rašomavičius, 1998). Ne kiekviena salpa gali turėti

visas juostas, tai priklauso nuo upės ruožo dalies, vagos nuolydžio ir pačios upės dinamikos. Pagrindinis skirtumas tarp juostų – potvynio metu nusėdančios, skirtingos granulimetrinės sudėties aliuvinės sąnašos. Prievaginėje juostoje randamos stambiausios smėlio ar žvyro nuosėdos, centrinėje – smulkesnės, o priežemyninėje, esančiai arčiausiai aukštesniosios terasos, tik aukštų potvynių metu gali klostytis aliuvinės sąnašos, įprastai jų tenka mažiausiai. Žemesnėse slėnio vietose (įdubose, senvagėse) vanduo užsilaiko ilgiau, todėl čia vyrauja drėgmę mėgstantys hidrofitai ir higrofitai. Aukštesnės vietos yra geriau drenuojamos, todėl jose įsikuria mezofitai, mezo-kserofitai, prisitaikę prie sausringesnių sąlygų (Gattringer et al., 2019; Erzfeld et al, 2025).

Augalijos pasiskirstymui svarbi upių slėnių šlaitų ekspozicija, kuri lemia saulės spinduliuotės kiekį, patenkančią į dirvos paviršių. Pietinės ir pietvakarinės ekspozicijos šlaitai gauna daugiau šilumos,



1.1.2 pav. Salpos morfologinės struktūros schema. 1 – aukštesnio lygmens prievaginė juosta, 2 – žemesnio lygmens prievaginė juosta, 3 – žemesnio lygmens centrinė juosta, 4 – aukštesnio lygmens centrinė juosta, 5 – žemesnio lygmens priežemyninė juosta, 6 – priežemyninės pievų balos, 7 – I viršsalpinė terasa, 8 – senvagė. (Rašomavičius et al., 1998).

todėl susidaro šiltesnės ir sausesnės mikroklimatinės sąlygos, priešingai, šiaurinės ekspozicijos šlaituose, kuriuose susidaro vėsesnės, drėgesnės sąlygos (Zeleny & Chytry, 2007). Tačiau ekspozicijos poveikis nėra vienodas visame slėnyje, salpoje tai neturi jokios reikšmės, kadangi ji labiau veikiama

hidrologinių procesų, tačiau kylant nuo salpos link terasų, maždaug vidurinėje šlaitų dalyje ekspozicijos įtaka augalijos rūšinei sudėčiai yra stipriausia.

Hidrologiniai procesai upių slėniuose ne tik tiesiogiai veikia augalų bendrijų pasiskirstymą, bet ir prisideda prie dirvožemio savybių formavimo, kurios ilgainiui tampa svarbiais augalijos struktūrą ir rūšinę sudėtį lemiančiais veiksniais. Remiantis Tarptautine dirvožemių klasifikacija (WRB), upių slėniuose vyrauja salpžemiai (Fluvisols), kuriuos žemose, ilgai užmirkstančiose vietose papildo šlynžemiai (Gleysols) ir durpžemiai (Histosols), o aukštesnėse terasose – išplautžemiai (Luvisols) ir rudžemiai (Cambisols) (FAO, 2015; Vaičys, 2026). Šie dirvožemio tipai pasižymi skirtingomis fizinėmis ir cheminėmis savybėmis, kurios lemia augalų augimo sąlygas ir bendrijų formavimąsi skirtingose upės slėnio dalyse. Tyrimai linkę išskirti dirvožemio pH ir pabrėžti jį kaip vieną svarbiausių edafinių veiksnių, reguliuojančių maistinių medžiagų prieinamumą ir augalų konkurencinius santykius, dėl ko neutralios ar silpnai šarminės reakcijos salpžemiai sudaro palankias sąlygas upių slėnių augalų bendrijoms (Dubuis et al., 2013; Nobis et al., 2022). Tokių maistinių medžiagų, kaip fosforo ir azoto, kiekis dirvožemyje lemia pievų produktyvumą ir rūšinę sudėtį: padidėję fosforo kiekiai skatina aukštų, konkurencingų varpinių žolių dominavimą ir mažina rūšių įvairovę, tuo tarpu azoto mineralizacijos intensyvumas, glaudžiai susijęs su dirvožemio aeracija ir gruntinio vandens lygiu, lemia bendrijų kaitą eutrofinių tipų link (Härdtle et al., 2006; Beumer et al., 2008; Kaiser & Ahlborn, 2021). Dirvožemyje esančios drėgmės kiekis svarbus *Molinio-Arrhenatheretea* ir *Festuco-Brometea* klasių bendrijų formavimuisi, rūšinei įvairovei (Uogintas, 2021). Vakarų Lietuvos upių slėnių salpų pievų tyrimai parodė, kad augalų bendrijų erdvinį pasiskirstymą reikšmingiausiai lemia dirvožemio drėgmės režimas, net ir esant tam pačiam salpžemių tipui (Nekrošienė ir Skuodienė, 2012). Skirtingi dirvožemio pH bei fosforo ir kalio kiekiai sąlygoja ekologinių augalų grupių dominavimą ir bendrijų struktūros skirtumus Minijos ir Veiviržo salpose. Taip pat nustatyta, kad hidrologiniai pokyčiai ir atsiradę svyravimai sausros periode, didina sausrai atsparesnių rūšių dalį (Nekrošienė ir Skuodienė, 2012). Tuo pačiu dirvožemio fizinės savybės, tokios kaip mechaninė sudėtis ir aliuvinio molio sluoksnio storis, daro reikšmingą įtaką drėgmės režimui ir augalijos zoniškumui, nes smėlingi dirvožemiai pasižymi mažesne vandens ir maisto medžiagų sulaikymu, o smulkesnės frakcijos lemia ilgalaikį užmirkimą ir higrofilinių bendrijų formavimąsi net ir hidrologiškai reguliuojamuose slėniuose (Loučková, 2011; Erzfeld et al., 2024; Raduła et al., 2022). Organinės medžiagos kiekis ir su juo susijęs mikrobiologinis bei fermentinis aktyvumas taip pat prisideda prie augalijos struktūros diferenciacijos, didindami dirvožemio buferinę talpą, stabilizuodami pH (Didukh et al., 2015; Vynokurov et al., 2023; Mencil et al., 2025).

Žmogaus veiklos pėdsakai, kaip antraeiliai veiksniai, prisideda prie pievų bendrijų pokyčiai. Dauguma upių slėnių pievų Europoje yra pusiau natūralios buveinės, kurių išlikimas ir struktūra neatsiejami nuo ilgalaikės ūkinės veiklos: šienavimo, ganymo (Sendžikaitė et al., 2007). Didžiausia

biologine įvairove pasižymi pievos, kuriose palaikomas tradicinis ekstensyvus ūkininkavimas: vėlyvas šienavimas, mažo intensyvumo ganymas arba šių priemonių derinys, tuo tarpu intensyvus pievų naudojimas, pasižymintis dažnu šienavimu, mineralinių trąšų ar skysto mėšlo naudojimu, skatina didelį biomasės prieaugį, konkurencingų varpinių žolių dominavimą ir lemia retų, žemažolių pievų rūšių nykimą (Knozowski et al., 2023). Vertingų rūšių atsikūrimas dažnai yra labai lėtas intensyviai naudotose pievose, nes ankstesnė ūkinė veikla išsekina natūralų dirvožemio sėklų banką (Bischoff et al., 2009). Nevienodas agrarinės veiklos intensyvumas paveikia augalijos struktūrą: tradicinis šienavimas palaiko rūšių turtingas pievas, o intensyvus ganymas upių slėniuose gali skatinti rūšimis skurdžių bendrijų formavimąsi ar dirvožemio degradaciją, nors tausojamas ganymas padeda slopinti agresyvių nitrofilinių rūšių plitimą ir palaikyti bendrijų mozaikiškumą (Seer et al., 2018). Svarbus ir istorinės žemėnaudos aspektas – senosios pievos pasižymi didesniu specializuotų pievų rūšių gausumu, tuo tarpu buvusiose dirbamose žemėse susiformavusiose pievose dažniau vyrauja plačiai paplitusios ruderalinės rūšys (Raduła et al., 2022; Reger et al., 2009). Nutraukus tradicinę ūkinę veiklą, upių slėniuose prasideda sėkmingi procesai, kurių metu pievas palaipsniui pakeičia krūmynai ir miškai, o atvirose buveinėse plinta azotą mėgstančios, invazinės ar konkurencingesnės rūšys (Plancher et al., 2022; Nobis et al., 2016, 2017; Uogintas & Rašomavičius, 2020). Apleidimas sudaro sąlygas plisti aukštaūgėms rūšims, tokioms kaip *Anthriscus sylvestris*, *Elymus repens*, *Filipendula ulmaria*, taip pat rūšims rodančioms eutrofikacijos ar degradacijos požymius, pavyzdžiui: *Glechoma hederacea* ir *Rumex thyrsiflorus* (Uogintas & Rašomavičius, 2020). Urbanizacija, infrastruktūros plėtra, melioracija ir su tuo susiję žemėnaudos pokyčiai prisideda prie spartėjančios buveinių fragmentacijos, dirvožemio erozijos ir specializuotų salpų augalų nykimo, ypač ten, kur kartu vyksta drastiška hidrologinio režimo kaita (Raatikainen et al., 2018; Vynokurov et al., 2023; Erzfeld et al., 2024).

Ankstyvųjų Lietuvos upių slėnių pievų tyrimų metu buvo tyrinėjamos ir aprašomos bendrijos, dėmesį kreipiant ne tik į floristinius aspektus, tačiau nagrinėjant geobotaninius ypatumus, labiausiai koncentruojantis ties dirvožemio cheminių savybių tyrimais bei akcentuojant padėtį salpos ekologinėse zonose (Rašomavičius, 1998). Dabartiniu metu Lietuvoje nėra atlikta daug tyrimų, kurie analizuotų upių slėnių pievų augalijos pasiskirstymą lemiančius veiksnius, tuo labiau detaliau analizuojančių užliejimo trukmės įtaką. Naujausiuose tyrimuose analizuota dirvožemio biocheminės savybės (Nekrošienė & Skuodienė, 2012; Skuodienė et al., 2016), kažkiek bandyta lauko bandymų metu tirti užliejimo trukmės poveikį durpžemių pievose (Gipiškis, 2005). Kompleksinė ekologinių veiksnių analizė atlikta mezofitų ir stepinių pievų augalijai (Uogintas, 2021), be to ekologinių veiksnių pokyčiai analizuoti pievose, kuriose naudoti skirtingi ūkininkavimo metodai (Ložytė, 2014).

1.2. Pievų augalijos erdvinė struktūra upių slėniuose

Upių slėnių pievų mozaikinė augalijos struktūra suformuota aplinkos sąlygų ir ūkinės veiklos (Holešтова & Douda, 2021). Yra įvairių klasifikacijų kaip skirstoma upių slėnių pievų augalija. Vieną įdomesnių pateikia Didukh et al (2015), kurie išskiria augalų bendrijas specifiskai pagal užliejimo trukmę į trumpalaikio, vidutinio ir ilgalaikio užliejimo grupes, nurodydami, kad kiekvienai jų būdingos specifinės indikatorinės rūšys.

Kita vertus, analizuojant Europoje egzistuojančias klasifikacijas – viena populiariesnių yra EU-NIS (*European Nature Information System*) buveinių klasifikacija. Remiantis ja, Lietuvos upių slėniuose išskiriamos tokios buveinės: (1) sausų pievų buveinės: nesusivėrusi pionierinė kontinentinių smėlynų augalija pasitaiko didžiųjų upių šlaituose ir salpose, išskiriamos kalkingų stepinių pievų buveinės, rūgščios ir neutralios sauspievės nedideliais plotais stebimos upių terasose; (2) mezofitų buveinės: visame slėnyje sutinkamos šienaujamos ir ganomos mezofitų pievos, sukultūrintos, persėtos ir tręšiamos pievos (3) laikinai pašlapusios ir šlapios pievų buveinės: salpoje aptinkamos drėgnos ir šlapios eutrofinės, mezotrofinės, oligotrofinės pievos; (4) pamiškės ir miško aikštelės bei aukštųjų žolių buveinės: paupiuose – drėgni ir šlapi aukštieji žolynai (Ulevičius & Tupčiauskaitė, 2013; European Environment Agency, 2019).

Lietuvoje pievų sintaksonominė įvairovė (2 lentelė) išskiriama remiantis pievų augalijos bendrųjų floristiniu-fitosociologiniu klasifikavimu, kuris susietas su salpų ekologinėmis juostomis. Papildomai aprašymuose nurodoma atstumas nuo vagos iki juostų, plotis bei išsivystymo lygis. Atskirai salpoms nurodoma užliejimo trukmė ir užliejimo padariniai (aprašyta ne visose užliejamose pievose), aprašomos dirvožemio charakteristikos, gruntinio vandens lygis ir ūkinė veikla (Rašomavičius et al, 1998).

Remiantis fitosociologine klasifikacija Lietuvos upių slėniuose sutinkamos 4 klasių pievų bendrijos: trąšios pievos (*Molinio-Arrhenatheretea*), stepinės pievos (*Festuco-Brometea*), tyrulinės pievos (*Nardetea strictae*), šlaitų pievos (*Trifolio-Geranietea*) (2 lentelė) (Rašomavičius, 1998; Chytry et al., 2024).

Europos augalijos duomenų bazėje (1 lentelė) nurodoma, jog *Festuco-Brometea* klasė, pasižymi kaip sausų ir pusiau sausų pievų kompleksas, susiformuojantis karbonatinguose, gerai drenuojamuose dirvožemiuose (Chytry et al., 2024). *Brachypodietalia pinnati* eilei priklausančios sąjungos *Cirsio-Brachypodion* bei *Filipendulo vulgaris-Helictotrichion pratensis* sąjungos siejamos su sausais arba vidutinio drėgnumo dirvožemiais neutraliu ar šarminiu pH, vyrauja mezotrofinės, rečiau oligotrofinės augalų bendrijos (Preislerova et al., 2024). *Festucetalia valesiacae* eilei priskiriama *Koelerio-Phleion phleoidis* sąjunga gali būti aptinkama ir sausuose silpnai rūgščiuose, dažnai smėlinguose ar silikatinuose substratuose (Preislerova et al., 2024). *Cirsio-Brachypodion pinnati* sudaro pagrindinę Centrinės ir Rytų Europos arealo dalį, *Filipendulo vulgaris-Helictotrichion*

pratensis būdinga Šiaurės ir Baltijos regionams, o *Festucetalia valesiaca* eilės bendrijos siejamos su kontinentinėmis Rytų ir Pietryčių Europos teritorijomis. *Koelerio-Phleion phleoides* paplitimas apima subatlantinius ir subkontinentinius regionus, tačiau jos buvimas Lietuvoje išlieka nepatvirtintas (*uncertain occurrence*), todėl šios sąjungos priskyrimas šalies augalijai turėtų būti vertinamas atsargiai (Preislerova et al., 2022). EUNIS klasifikacijoje abi eilės priskiriamos prie kalkingų stepinių pievų buveinių (Chytry et al., 2020). Lietuvos pievų klasifikacijoje *Festuco-Brometea* klasėje išskiriama *Bromion* sąjunga, kurios asociacijos yra sutinkamos Nemuno, Nevėžio, Šventosios ir jų intakų centrinės ir prievaginės salpos juostos aukštesniajame lygmenyje, slėnių šlaituose (Rašomavičius et al., 1998; Uogintas, 2021).

1 lentelė. Lietuvoje sutinkamų upių slėnių pievų sintaksominė struktūra. Sudaryta remiantis Europos augalijos duomenų baze (Chytry et al., 2024).

Klasė	Eilė	Sąjungos	Ekologinės savybės			EUNIS buveinė
			Dirvožemio drėgmės tipas	Dirvožemio pH	Maisto medžiagų kiekio tipas	
<i>Festuco-Brometea</i>	<i>Brachypodieta pinnati</i>	<i>Cirsio-Brachypodion</i>	Sausas ir vidutinio drėgnumo	Neutralus	Mezotrofinis	Kalkingos stepinės pievos
		<i>Filipendulo vulgaris-Helictotrichion pratensis</i>		Šarminis Gali būti šiek tiek rūgštinis		
	<i>Festucetalia valesiaca</i>	<i>Koelerio-Phleion phleoidis</i>	Sausas	Rūgštinis Neutralus Šarminis	Oligotrofinis Mezotrofinis	
<i>Trifolio-Geranieta</i>	<i>Origanetalia vulgaris</i>	<i>Trifolion</i>	Sausas ir vidutinio drėgnumo	Rūgštinis Neutralus	Oligotrofinis Mezotrofinis	Šilumamėg iai, šarminių dirvožemių miško pakraščiai
	<i>Antherico ramosi – Geranietalia sanguinei</i>	<i>Geranion</i>	Sausas ir vidutinio drėgnumo	Neutralus Šarminis Gali būti šiek tiek rūgštinis	Mezotrofinis	
		<i>Galio littoralis – Geranion sanguinei</i>	Sausas	Neutralus Šarminis Gali būti šiek tiek rūgštinis	Oligotrofinis Mezotrofinis	
	<i>Melampyro-Holcetalia mollis</i>	<i>Melampyrion</i>	Sausas ir vidutinio drėgnumo	Rūgštinis	Oligotrofinis Mezotrofinis	Skurdūs, rūgščių dirvožemių miško pakraščiai
		<i>Viola riviniana-Stellarion holostea</i>	Vidutinio drėgnumo	Neutralus Šarminis Gali būti šiek tiek rūgštinis	Mezotrofinis Eutrofinis	
	<i>Arrhenatheretalia elatioris</i>	<i>Arrhenatherion</i>	Vidutinio drėgnumo	Neutralus Šarminis Gali būti	Mezotrofinis Eutrofinis	Šienaujamos ir ganomos

Molinio-Arrhenathe retea			šiek tiek rūgštinis			mezofitų pievos	
		Cynosurion	Vidutinio drėgnumo	Rūgštinis Neutralus	Mezotrofinis Eutrofinis	Sukultūrintos persėtos ir tręšiamos pievos	
		Alchemillo-Ranunculion	Vidutinio drėgnumo, drėgnas arba šlapias		Mezotrofinis		
	Molinietalia caeruleae	Molinion	Periodiškai užmirkstantis	Rūgštinis Neutralus	Oligotrofinis Mezotrofinis	Drėgnos arba šlapios oligotrofinės pievos	
		Calthion	Drėgnas arba šlapias	Šiek tiek rūgštinis, neutralus	Mezotrofinis Eutrofinis	Drėgnos arba šlapios mezotrofinės ar eutrofinės šienaujamos pievos	
		Deschampsion	Periodiškai užmirkstantis	Rūgštinis Neutralus Gali būti šiek tiek rūgštinis			
	Filipendulo ulmariae-Lotetalia uliginosi	Filipendulo-Petasition	Drėgnas arba šlapias	Neutralus Šarminis, Gali būti šiek tiek rūgštinis	Mezotrofinis	Drėgni ir šlapie aukštieji žolynai pamiškėse, pakrantėse, pievose	
		Veronico longifoliae-Lysimachion vulgaris	Periodiškai užmirkstantis	Šiek tiek rūgštinis, neutralus	Mezotrofinis Eutrofinis		
		Filipendulion	Drėgnas arba šlapias	Rūgštinis			
		Mentho longifoliae-Juncion inflexi	Periodiškai užmirkstantis	Neutralus Šarminis, Gali būti šiek tiek rūgštinis		Drėgnos arba šlapios mezotrofinės ar eutrofinės ganyklos	
	Potentillo-Polygonetalia avicularis	Potentillion	Periodiškai užmirkstantis Drėgnas, Šlapias	Neutralus Šarminis Gali būti šiek tiek rūgštinis	Mezotrofinis Eutrofinis	Drėgnos arba šlapios mezotrofinės ar eutrofinės ganyklos	
	Nardetea strictae	Nardetalia strictae	Violion	Vidutinio drėgnumo	Rūgštinis Neutralus	Oligotrofinis Mezotrofinis	Šienaujamos ir ganomos mezofitų pievos, kuriose dominuoja stačioji briedgaurė (Narduus stricta)
			Nardo-Juncion	Drėgnas arba šlapias	Rūgštinis	Oligotrofinis	

Molinio-Arrhenatheretea klasė – plačiausiai Europoje paplitęs pusiau natūralių, produktyvių pievų kompleksas, susijęs su vidutinio drėgnumo, drėgnomis ir šlapiomis buveinėmis bei derlingesniais, gerai išsivysčiusiais mineraliniais ar organiniais dirvožemiais (Chytry et al., 2024). Šios klasės pievos formuojasi nuo mezotrofinių iki užmirkstančių substratų, kurių pH dažniausiai yra neutralus arba silpnai rūgštus, o trofiškumas – mezotrofinis ar eutrofinis (Preislerova et al., 2024). Lietuvos teritorijai priskiriamos 4 eilės: *Arrhenatheretalia elatioris*, *Molinietalia caeruleae*, *Filipendulo ulmariae*–*Lotetalia uliginosi* *Potentillo-Polygonetalia avicularis*. *Arrhenatheretalia elatioris* apima vidutinio drėgnumo, daugiausia mezotrofines pievas (*Arrhenatherion*, *Cynosurion*, *Alchemillo-Ranunculion* sąjungos), o *Molinietalia caeruleae*, *Filipendulo ulmariae*–*Lotetalia uliginosi*, *Potentillo-Polygonetalia avicularis* – drėgnas ir periodiškai užmirkstančias pievas, pasižyminčias mezotrofiniu/eutrofiniu maisto medžiagų kiekiu. Šio tipo pievos paplitusios visoje Europoje – nuo borealinės, hemiborealinės zonos iki nemoralinės, submediteraninės ir net Viduržemio jūros regiono, apimdama tiek subatlantines, tiek kontinentines teritorijas (Preislerova et al., 2022). Pagal EUNIS klasifikaciją, sąjungos priskiriamos prie mezofitų, laikinai pašlapusių ir šlapių, pamiškių ir miško aikštelių bei aukštųjų žolių pievų bendrijų (Chytry et al., 2020). Lietuvos pievų sintaksonominėje klasifikacijoje (2 lentelė) šios klasės pievose išskiriamos 5 sąjungos, kurios koncentruojasi salpos centrinės zonos įvairiuose lygmenyse, priežemyninėje juostoje ir plačiai sutinkamos bene visuose Lietuvos upių slėniuose (Rašomavičius et al., 1998).

2 lentelė. Lietuvos upių slėnių pievų sintaksominė įvairovė. Lentelė sudaryta remiantis Rašomavičius et al. (1998) knyga. Sąjungos patikslintos iš Mucina et al (2016).

Klasė	Sąjunga	Asociacija	Padėtis upės slėnyje/ ekologinėje salpos juostoje	Paplitimas Lietuvoje
<i>Molinio-Arrhenatheretea</i>	<i>Arrhenatherion</i>	<i>Festucetum pratensis</i>	Centrinės salpos juostos vidutiniai lygmenys	Visoje Lietuvos teritorijoje; Nemuno žemupio pievos
		<i>Arrhenatheretum elatioris</i>	Centrinės salpos juostos aukštesnieji lygmenys	Nemuno, Jūros, Šešupės žemupių salpos
		<i>Helictotricho pubescentis-Filipenduletum vulgaris</i>	Salpų aukštesniuose lygmenyse, viršsalpinėse terasose	Vakarinė Lietuvos dalis; Jūros, Minijos, Mituvos, Šaltuonos, Ventos upių salpos
	<i>Calthion</i>	<i>Carisetum cespitosae</i>	Šaltiniuotos upių salpos	Apaščios vidurupys, Nevėžio žemupys, Merkio baseino upių

				slėniai, Jūros žemupys
		<i>Iridetum sibiricae</i>	Senvaginių ežerų pakrantės	Mituvos, Šventosios upių slėniai
		<i>Cirsietum rivularis</i>	Priežemyninė juosta	Pietvakarinė ir rytinės Lietuvos dalis
		<i>Glycerietum striatae</i>	Salpų pažemėjimai	Šiaurės rytinė, pietrytinėje Lietuvos dalyje
		<i>Scirpetum sylvatici</i>	Priežemyninė juosta	Visoje Lietuvos teritorijoje
		<i>Aegopodio-Petasitetum hybridi</i>	Upių, upelių šaltiniuotos vietos	Visoje Lietuvos teritorijoje
		<i>Filipendulo-Geranium palustris</i>	Upių, upelių pakrantės	Visoje Lietuvos teritorijoje
		<i>Deschampsietum cespitosae</i>	Upių upelių slėniai	Nemuno, Merkio, Jūros, Mituvos upių slėniuose
	<i>Cynosurion</i>	<i>Anthoxantho-Agrostietum tenuis</i>	Viršsalpinės terasos	Visoje Lietuvos teritorijoje
		<i>Festuco-cynosuretum cristati</i>	Viršsalpinės terasos	Rytinėje ir pietinėje Lietuvos dalyje
	<i>Deschampsion (Alopecurion)</i>	<i>Poo palustris-Alopecuretum pratensis</i>	Centrinė salpos juosta	Nemuno, Šatekšnos, Merkio, Jūros, Minijos, Nevėžio vidurupiuose
		<i>Alopecuretum pratensis</i>	Centrinės salpos juostos įslėnesnės vietos	Vakarų Lietuvos upių žemupių salpos
	<i>Molinion</i>	<i>Molinietum caeruleae</i>	Upelių, upių aukštųjų salpose	Visoje Lietuvos teritorijoje; Jūros, Musės slėniuose
<i>Festuco-Brometea</i>	<i>Bromion</i>	<i>Pulsatillo-Phleetum phleoides</i>	Centrinės salpos juostos aukštasis lygmuo, viršsalpinės terasos šlaitai	Nemuno, Nevėžio slėniai, Šventosios ir jos intakų slėniai
		<i>Mesobrometum erecti</i>	Centrinės salpos juostos aukštasis lygmuo, prievaginės aukštasis lygmuo	Nemuno, Nevėžio žemupių salpos

		<i>Aveno-Medicageturum falcatae</i>	Centrinės salpos juostos aukštasis lygmuo, prievaginės aukštasis lygmuo, viršsalpinės terasos šlaitai	Nemuno, Nevėžio slėniai, retos Pietryčių Lietuvos upių salpose
		<i>Anthyllidi-Trifolietum montani</i>	Viršsalpinių terasų šlaitai	Šventosios vidurupio ir žemupio viršsalpinės terasos
		<i>Agrostietum vinealis</i>	Centrinės salpos juostos aukštasis lygmuo	Merkio, Šventosios, Virintos upių salpose
<i>Nardetea strictae</i>	<i>Nardo-Juncion</i>	<i>Carici-Nardetum strictae</i>	Priežemyninis salpos lygmuo	Merkio salpa
	<i>Violion</i>	<i>Polygalo-Nardetum strictae</i>	Viršsalpinių terasų šlaitai	Upių aukštupiai
<i>Trifolio-Geranietea</i>	<i>Geranion</i>	<i>Geranio-Anemonetum sylvestris</i>	Pakilios vietos, šlaitai	Dažnesnės pietų ir rytų Lietuvoje, retos vakarinėje ir šiaurinėje dalyje
		<i>Geranio-Trifolietum</i>	Viršsalpinių terasų bemiškiai šlaitai	Pietinė ir rytinė Lietuvos dalys
	<i>Trifolion</i>	<i>Stachio-Melampyretum nemorosi</i>	Sausi užių šlaitai	Nemuno ir Vilnelės šlaitai

Taip pat, Europos augalijos duomenų bazės duomenimis *Nardetea strictae* klasei priskiriamos 2 sąjungos: *Violion* ir *Nardo-Juncion*, kurios skiriasi drėgmės režimu: pirmoji siejama su vidutinio drėgnumo, rūgštaus/neutralios dirvožemio pH pievomis, antroji – su drėgnesnėmis, rūgštinės reakcijos dirvožemio pievomis (Chytry et al., 2024; Preislerova et al., 2024). EUNIS priskiria prie šienaujamų ir ganomų mezofitų pievų, kuriose dominuoja stačioji briedgaurė (*Nardus stricta*) bendrijų. Tiek *Violion caninae*, tiek yra viena plačiausiai paplitusių sąjungų, aptinkama Vakarų, Centrinėje ir dalyje Šiaurės Europos, apimanti tiek hemiborealinę, tiek nemoralinę ir submediteraninę zonas. Jos paplitimo žemėlapis rodo beveik ištisinį arealą per didžiąją Europos dalį, išskyrus Pietų Europą o *Nardo-Juncion* susijusi su subatlantinėmis Vakarų ir Centrinės Europos teritorijomis bei siekia Šiaurės Europą (Chytry et al., 2020). Lietuvoje išskirtos asociacijos (2 lentelė) randamos upių aukštupių priežemyniniuose salpos lygmenyse Merkio salpoje (*Carici-Nardetum strictae*) bei terasų šlaituose upių aukštupiuose (*Polygalo-Nardetum strictae*) (Rašomavičius et al., 1998).

Trifolio-Geranietea klasė apima skurdžias šilumamėgių miškų pakraščius, pamiškių, šlaitų ir kitų ekotoninių buveinių žolynų bendrijas Europos subtropinėse ir subborealinėse zonose (Chytry et

al., 2024; Preislerova et al., 2024). Šios klasės bendrijos dažniausiai siejamos su sausomis arba vidutinio drėgnumo augavietėmis ir įvairios reakcijos dirvožemiais. *Viola riviniana*–*Stellarion Holostea* sąjungos paplitusios Vakarų ir Vidurio Europoje, o likusiose Europos dalyse, tuo pačiu ir Lietuvoje, jos buvimas išlieka nepatvirtintas (Chytry et al., 2024; Preislerova et al., 2024). Lietuvoje išskirtos sąjungos aptinkamos pietų ir vakarų Lietuvoje sausuose, bemiškiuose slėnių šlaituose (Rašomavičius et al., 1998).

Taigi, upių slėnių pievų augalija išsiskiria ir ekologine, ir sintaksonomine įvairove. Analizuojant šias pievas pagal EUNIS ir naujausią fitosociologinę klasifikaciją nustatyta, kad jos apima kelias pagrindines klases, kurių bendrijos pasiskirsto skirtingose salpos ir terasų dalyse bei susiformuoja dėl skirtingo užliejimo režimo, dirvožemio drėgnumo ir cheminės sudėties. EUNIS ir fitosociologinė klasifikacija leidžia šią įvairovę sistemiškai apibūdinti, išskiriant pagrindines pievų bendrijas bei jų ekologinius ypatumus. Todėl upių slėnių pievų analizėje svarbu vertinti ne tik rūšinę sudėtį, bet ir aplinkos sąlygų visumą, lemiančią bendrijų pasiskirstymo dėsningumus.

1.3. Erdvinės analizės metodai upių slėnių pievų augalijos tyrimuose

Iki XX a. pabaigos visi ekologinių tyrimų pagrindą sudarė lokalūs lauko stebėjimai su aprašymais, rankiniu būdu sudaromi fitosociologiniai žemėlapiai. Erdvinių analizės metodų proveržis ekologiniuose tyrimuose siejamas su Geografinių informacinių sistemų (GIS) plėtra – galimybe apdoroti didelius duomenų rinkinius ir geriau analizuoti ekologinių kintamųjų svarbą augalijos pasiskirstyme (Legendre & Legendre, 1998; Guisan & Zimmermann, 2000). Legendre ir Legendre (1998) pastebi, jog iš esmės visi ekologiniai procesai yra erdviškai struktūruoti, todėl tam reikia atitinkamų metodų leidžiančių tirti gradientus, buveinių ir rūšių pasiskirstymą ir vien tik lauko tyrimų nepakanka.

Buveinių kartografavimas ir jų pasiskirstymo analizės per pastaruosius pora dešimtmečių, kai kuriose Europos valstybėse tapo patikimu informacijos šaltiniu planuojant gamtos saugos priemones (Preislerova et al., 2022). Dera pabrėžti, jog erdvinės analizės metodai nėra visiškai pakaitalas lauko tyrimams, o veikiau papildymas, leidžiantis geriau apibendrinti lauko duomenis ir integruojantis skirtingo mastelio analizės metodus (Halabuk & Halada, 2006).

Erdvinės analizės metodų taikymas turi privalumų, kurie pasireiškia per: (1) laiko ir finansinių sąnaudų taupymą, (2) didelių ir sunkiai pasiekiamų teritorijų tyrimus, (3) galimybę testuoti hipotetinius scenarijus, (4) praeities sąlygų rekonstrukcijas, (5) lauko tyrimų papildymą (6) kiekybinius ir objektyvesnius vertinimus. Tačiau nepaisant to, dažnai kyla diskusijų dėl: (1) priklausomybės nuo duomenų kokybės, (2) ne iki galo atspindimų ekosisteminių ryšių sudėtingumo, (3) techninio ir metodinio sudėtingumo, (4) rizikos „permokėti“ (angl. *overtraining*) modelius (Raduła et al., 2022; Simone et al., 2021; Gattringer et al., 2019; Legendre & Legendre, 1998; Guisan & Zimmermann, 2000).

Nepaisant trūkumų, šiuolaikiniuose tyrimuose šie metodai yra ganėtinai plačiai naudojami siekiant suprasti hidrologinių procesų įtaką upės slėnio augalijos procesams, nes suvokti tokių procesų mastą neužtenka vien tik lauko tyrimų metu surinktų duomenų analizės (Peters et al., 2007). Egzistuoja daugybė skirtingų erdvinės analizės metodų, pradedant geostatistiniais, daugiamatės statistinės analizės metodais, pasitelkiami nuotoliniai palydovinių duomenų analizės metodai, kurie apdoroja aplinkos kintamuosius ir paruošia juos tiesinės regresijos, algoritminių modelių ir buveinių tinkamumo modelių kūrimui (angl. *habitat distribution models* (HDM)).

Geostatistiniai metodai aprėpia erdvinių indeksų ir rodiklių skaičiavimą bei archyvinių duomenų analizę. Siekiant netiesiogiai aprašyti hidrologines sąlygas, upių slėnių pievų tyrimuose naudojami specializuoti topografiniai indeksai, kurie išvedami iš skaitmeninio aukščių modelio (angl. *Digital elevation model*, sutrumpintai DEM) arba skaitmeninio reljefo modelio (angl. *Digital terrain model* DTM). Nustatyta, kad buveinių heterogeniškumas tiesiogiai siejasi su reljefo pagrindu apskaičiuotais drėgmės rodikliais, pastebėta teigiama koreliacija su rūšių gausumu (Appledorn et al., 2019; Erzfeld et al., 2025; Svitkova et al., 2024; Simone et al., 2021). Vieni iš labiausiai tinkamų ir naudojamų tyrimuose – topografinis drėgmės indeksas (TWI) apibūdina potencialią dirvožemio drėgmės kaupimosi tikimybę vietovėje, atsižvelgiant į reljefo formą ir vandens nutekėjimo sąlygas, srovės galios indeksas (SPI) – potvynių metu tekančio vandens erozinės jėgos matas, svarbus išskiriant erozines ir sedimentacines zonas salpoje, topografinės padėties indeksas (TPI) – klasifikuoja reljefo formas, pagal kurias galima išskirti skirtingus augalijos tipus bei topografinio šiurkštumo indeksas (TRI) – išryškina aukščio skirtumų nevienodumą, kuris parodo ekologinių nišų įvairovę (Chowdhury, 2023).

Didelių, sunkiai prieinamų teritorijų kartografavimui ir būklės stebėsenai pasitelkiami nuotoliniai tyrimai. Palydoviniai duomenys pasižymi aukštos rezoliucijos nuotraukomis, o specializuoti jutikliai renka informaciją visais sezonais. Dėl aukštos erdvinės raiškos ir kas penkias dienas teikiamų duomenų Sentinel-2 palydovas dažnai laikomas ypač tinkamu augalijos dinamikai stebėti ir bendrijų ar rūšių kartografavimui (Simone et al., 2021), tuo tarpu RapidEye dėl 5 m × 5 m erdvinės skyros leidžia sudaryti itin detalius augalijos produktyvumo ir rūšinės sudėties žemėlapius, aktualius mozaikiškose užliejamų pievų teritorijose (Magiera et al., 2017). Landsat palydovo duomenys, nors ir prastesnės raiškos, tačiau išlieka vertingi analizuojant ilgalaikius spektrinių indeksų pokyčius per kelis dešimtmečius (Simone et al., 2021). Upių slėniuose augalijos būklei įvertinti plačiai naudojami spektriniai indeksai, paremti spektrinių kanalų kontrastais (ypač tarp raudonosios ir artimosios infraraudonosios spinduliuotės): normalizuotas augmenijos skirtumo indeksas (angl. *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI)) taikomas produktyvumui, biomasės išėigai ir vegetacijos periodo trukmei vertinti, koreguotas dirvožemio augmenijos indeksas (angl. *Soil Adjusted Vegetation Index* (SAVI)) padeda sumažinti dirvožemio įtaką ten, kur augalų danga reta ar nevienoda, patobulintas augmenijos

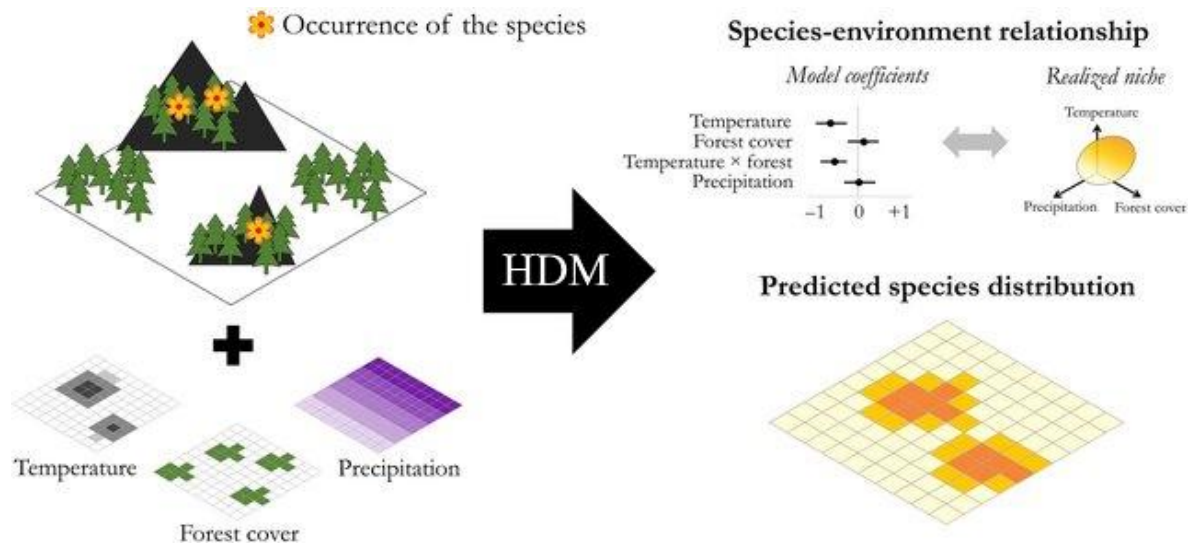
indeksas (angl. *Enhanced Vegetation Index* (EVI)) naudojamas kaip alternatyva NDVI, siekiant sumažinti atmosferos trikdžių poveikį (Magiera et al., 2017; Bradie & Leung, 2016).

Visai neseniai buvo išbandyta Lietuvos daugiamečių pievų stebėsenai pasitelkti palydovinius sintetinės apertūros radaro (SAR) duomenis, naudojant periodinius duomenis buvo gauti aukšti daugiamečių pievų identifikavimo rodikliai – bendras tikslumas siekė net 95,8 % (Metrikaitytė-Gudėlė ir Sužiedelytė-Visockienė, 2024). Šių duomenų ir indeksų integravimas leidžia tiksliau identifikuoti užliejamų pievų erdvinę struktūrą, šienavimo/ganyimo poveikį ir su potvyniais susijusius sezoninius pokyčius, taip pat vykdyti stebėseną.

Daugiamatės analizės metodai plačiai taikomi norint nustatyti rūšių pasiskirstymo dėsningumus ir paaiškinti jų ryšį su aplinkos kintamaisiais. Daugelyje pievų tyrimų plačiai taikomi netiesioginės ir tiesioginės gradientinės analizės metodai, skirtumų tarp grupių testavimas, indikatorinių rūšių analizė, klasifikavimo metodai ir kuriami modeliai (Raduła et al., 2022; Prajs & Antkowiak, 2010; Beumer et al., 2008; Kaiser & Ahlborn, 2021; Erzfeld et al., 2025; Vynokurov et al., 2023; Xu et al., 2019; Zeleny & Chytry, 2007; Knozowski et al., 2023; Uogintas, 2021). Tobulėjant technologijoms sudėtingėja ir patys modeliai. Upių slėnių augalijos tyrimuose taikomi modelių tipai: statistiniai (regresiniai) ir algoritminiai (mašininio mokymosi) modeliai, kurie leidžia susieti rūšių paplitimą ar bendrijų sudėtį su aplinkos kintamaisiais (hidrologija, topografija, dirvožemio savybės). Statistinių metodų grupėje plačiai naudojami bendrieji linijiniai modeliai (GLM) ir daugiamatė tiesinė regresija (MLR), skirti prognozuoti buvimą/nebuvimą ir vertinami dėl lengvo interpretavimo, taip pat bendrieji adityviniai modeliai (GAM/GAMM), kurie, taikydami glotninimo funkcijas, leidžia lanksčiau aprašyti netiesines ir asimetriškas augalų reakcijas į aplinkos rodiklius (Bio et al., 2002; Peters et al., 2007). Algoritminių metodų grupėje išskiriami atsitiktiniai miškai (angl. *Random Forest* (RF)), kurie sujungia sugeneruotus sprendimų medžius bei pasižyminį atsparumu duomenų asimetrijai ir mažesnę „permokymo“ riziką (Peters et al., 2007). Be RF, dažnai taikomi sustiprinti regresijos medžiai (angl. *Boosted Regression Trees* (BRT)), kuriuose modelis kuriamas etapais, nuosekliai mažinant ankstesnių žingsnių paklaidas (Simone et al., 2021), bei klasifikacijos ir regresijos medžiai (CART) – neparamestriniai, lengvai interpretuojami sprendimų medžiai, kuris pagal aplinkos kintamuosius nuosekliai suskaido duomenis į grupes ir taip prognozuoja klasę (klasifikacijos medis) arba skaitinę reikšmę (regresijos medis) (Xu et al., 2019). Dauguma šių modelių yra statiniai, t. y. darantys prielaidą, kad augalija yra pasiekusi pusiausvyrą su aplinka, todėl jų taikymas dinamiškose, besikeičiančiose sistemose turi būti vertinamas kritiškai (Ochs, 2021).

Buveinių pasiskirstymo modeliai, dar kitaip vadinami rūšių paplitimo modeliais, vienas iš daugiamatės analizės metodų, modeliavime naudojant kartu su algoritminiais, geostatistiniais ar nuotoliniais metodais leidžia sukurti prognostinius buveinių tinkamumo žemėlapius (Simone et al., 2021).

Modelio pagrindą sudaro lauko aprašymai, duomenų bazių duomenys bei įvairūs aplinkos kintamieji (1.3.1 pav.). Vis didėjantis šių modelių populiarumas yra lemiamas vis daugiau visuomenei atveriamų



1.3.1 pav. Pavyzdinė buveinių pasiskirstymo modelio sudedamųjų dalių schema (Riva et al., 2024).

pasaulinių aplinkos kintamųjų duomenų rinkinių, kurie pasižymi aukštos skiriamosios gebos rastriniais sluoksniais, todėl nagrinėti buveinių pasiskirstymą tampa įmanoma net ir stambiu masteliu (Riva et al., 2024).

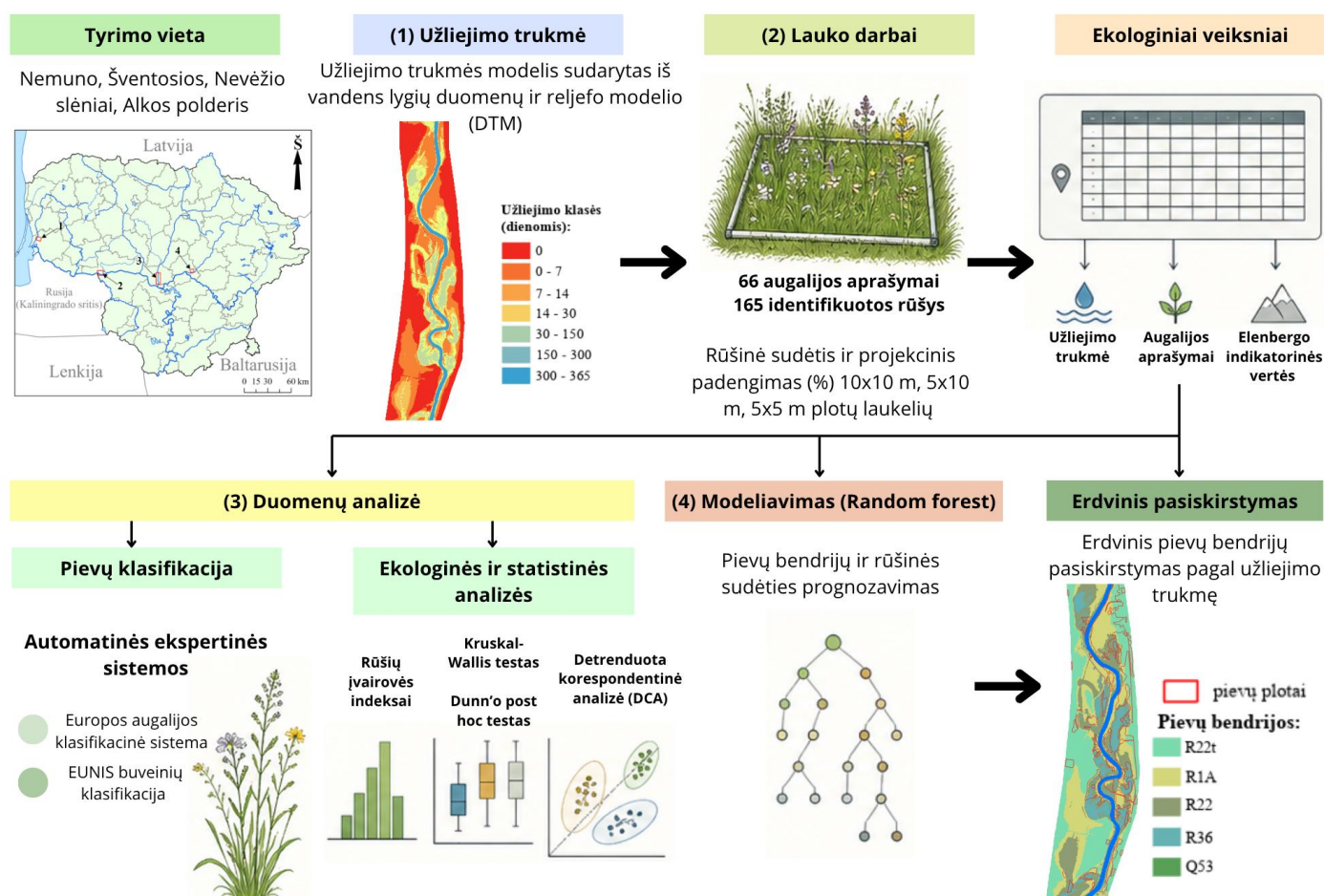
Vienas iš žinomiausių programų MaxEnt (angl. *Maximum Entropy*)– plačiai naudojama atvirojo kodo mašininio mokymosi programinė įranga, sukurta rūšių ir buveinių paplitimo modeliavimui (Phillips et al., 2006). Skirtingai nuo kitų modelių, jam pakanka tik duomenų apie rūšies buvimą (angl. *presence-only*) bei rastrinių aplinkos kintamųjų (Bio et al., 2002).

Šiuolaikiniai statistiniai ir mašininio mokymosi metodai leidžia pasiekti aukštą prognozių tikslumą tiek nustatant buveinių tipus, tiek rūšių paplitimą ar net biomasės išeigą. Geri rezultatai modeliuojant upių slėnių pievų augaliją buvo pasiekti Belgijoje, kur atliktuose tyrimuose atsitiktinių miškų (RF) modelis pasiekė 76,7 % bendrą tikslumą prognozuojant 11 augalijos tipų, o nuspėjant specifines augalų bendrijas, tikslumas buvo dar didesnis (Peters et al., 2007). Flandrijos slėniuose taikyti tiesinės regresijos (GLM/GAM) modeliai sėkmingai prognozavo augalų pasiskirstymą, o jų teisingos klasifikacijos rodiklis (CCR) svyravo tarp 65 % ir 87 % (Bio et al., 2002). Daugelyje modelių AUC (plotas po kreive) rodiklis viršijo 0,9, kas laikoma puikiu rezultatu (Bradie & Leung, 2016; Peters et al., 2007). Pavyzdžiui, Reino slėnyje retų rūšių paplitimo modelių AUC siekė 0,83 (Gattringer et al., 2019). Italijoje, naudojant palydovinius duomenis ir RF algoritmą, pasiektas itin aukštas 94,79 % bendras tikslumas nustatant specifinių rūšių (*Brachypodium genuense*) paplitimą (Simone et al., 2021).

Apibendrinant, upių slėnių pievų augalijos tyrimuose taikomus erdvinės analizės metodus tampa aišku, jog egzistuojančių metodų gausa yra neatsiejama lauko duomenų interpretavimo ir apibendrinimo dalis Europos upių slėnių tyrimuose. Analizuoti šaltiniai rodo, kad didžiausią pridėtinę vertę duoda skirtingų aplinkos duomenų integracija (reljefas/hidrologijos rodikliai, nuotoliniai tyrimai ir lauko duomenys), nes būtent tai pagerina bendrijų ir buveinių prognozių patikimumą. Vis dėlto pabrėžiama, kad modelių rezultatai tiesiogiai priklauso nuo duomenų kokybės, mastelio ir testavimo, todėl jie turi būti vertinami kritiškai ir, kiek įmanoma, tikrinami lauko duomenimis.

2. Medžiaga ir metodai

Tyrimas turėjo 4 pagrindinius etapus – (1) pasiruošimas lauko darbams, (2) lauko tyrimai, (3) duomenų analizė, (4) modeliavimas, kurie detaliau aprašyti 2.2 skyrelyje. Apibendrinamoji schema pateikiama siekiant aiškiau parodyti pagrindinius etapus ir jų tarpusavio ryšius (2 pav.). Pradiniame darbo etape buvo suformuluotas tikslas ir uždaviniai. Siekiant juos įgyvendinti, surinkti reikalingi duomenys: augalijos aprašymai, hidrologiniai, reljefo ir kiti erdviniai aplinkos duomenys. Šie duomenys buvo susisteminti ir analizuoti pagal schemeje pateiktą metodinę eigą, apimančią užliejimo trukmės įvertinimą, pievų bendrijų ir buveinių klasifikavimą, ekologinius aplinkos veiksnius ir modeliavimą. Skirtingų duomenų tipų sintezė sudaro prielaidas gauti išsamesnius ir patikimesnius rezultatus, kadangi leidžia kompleksiskai išanalizuoti pievų buveinių struktūros ypatumus. Galutinis šios metodinės sekos rezultatas – sumodeliuotas pievų buveinių erdvinio pasiskirstymo žemėlapis, leidžiantis įvertinti augalijos pasiskirstymo dėsningumus skirtingose upių slėnių dalyse bei skirtingose užliejimo trukmės zonose. Atlikus analizes, gauti rezultatai buvo išnagrinėti, o jų pagrindu suformuotos šio darbo išvados.



2 pav. Principinė magistrinio tyrimo schema

2.1. Tyrimo vieta

Tyrimų vietos pasirinktos siekiant palyginti didžiųjų Lietuvos upių slėnių pievas ir atskleisti kaip aplinkos sąlygos formuoja skirtingus pievų augalijos tipus ir erdvinį augalų rūšių pasiskirstymą. Tyrimus buvo pasirinkta atlikti 4 upių slėnių atkarpose: pirmoji – Alkos polderis, Minijos ir Tenenio santaka Šilutės rajono savivaldybėje, antroji – Nemuno slėnio atkarpa Jurbarkas-Smalininkai, patenkanti į Šakių ir Jurbarko rajonų savivaldybes, trečioji – Nevėžio slėnio atkarpa Stabaunyčius-Užliedžiai, Kauno rajono savivaldybėje, ketvirtoji – Šventosios slėnio ties Upninkėliais, Jonavos rajono savivaldybėje (2.1.1 pav.).

Nors visos tiriamos upių slėnių atkarpos pasižymi upių žemupiams būdingais bruožais, tačiau fizinė-geografinė aplinka tarpusavyje skiriasi.

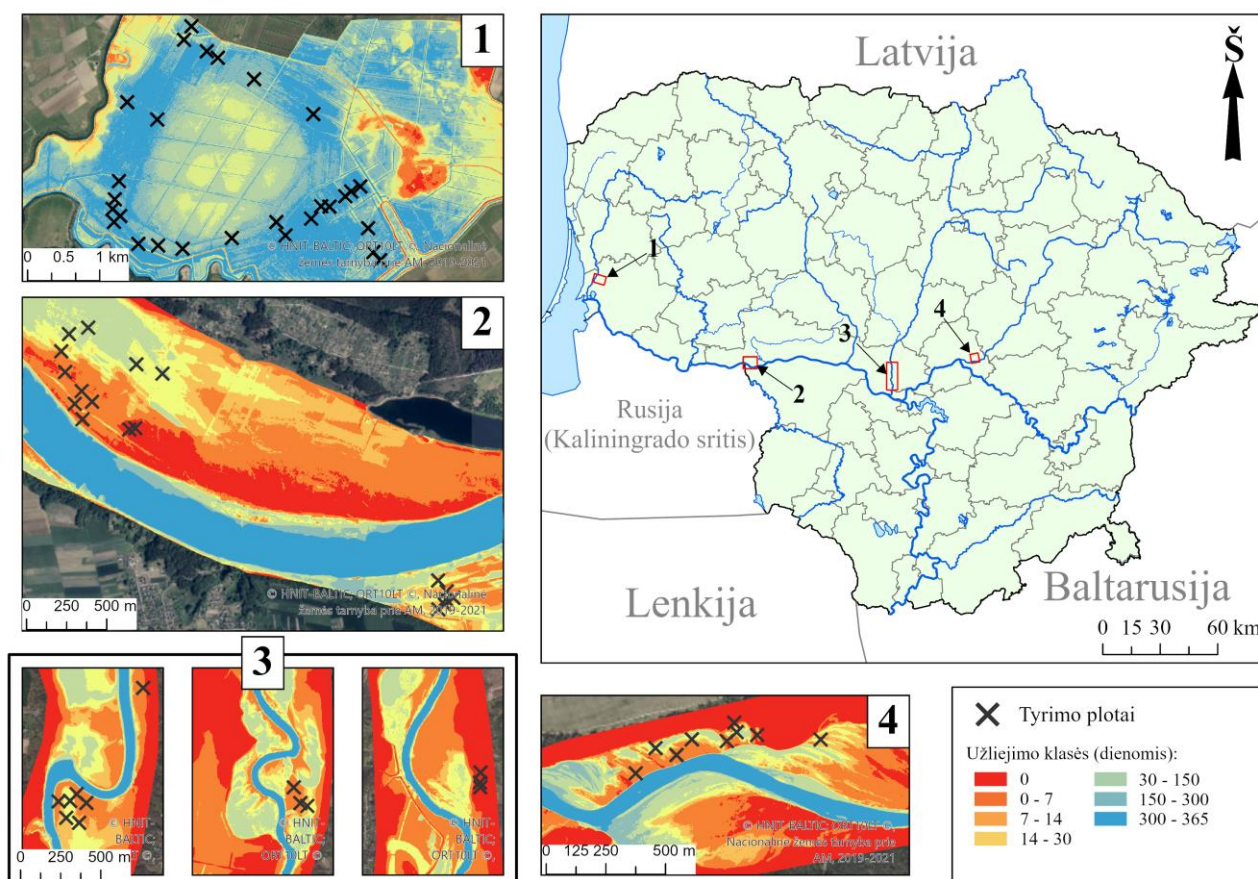
Alkos polderis patenka į Nemuno deltos žemumą. Minijos slėnis labai negilus, nuo Lankupių krantai 0,5-1 metro aukščio, todėl poplūdžių ir potvynių vanduo išsiliedamas iš vagos užlieja gretimas pievas, žemupyje upės vaga vingiuota, vietomis tiesinta ir turinti senvagių (Rainys, 2026; Gailiušis et al., 2001). Teritorijoje suformuotas tankus melioracijos kanalų tinklas, Tenenio krantuose įrengti pylimai, ties Alka polderis su siurbline, taip bandant išvengti staigių teritorijos užliejimų.

Nemuno slėnio atkarpa patenka į Nemuno žemupio žemumą. Nuo Gelgaudiškio upės slėnis lėkštėja ir praplatėja iki 2 km pločio. Slėnio šlaitai iki 25–30, ties Sudargu siekia 50 m aukštį, salpos plotis slėnyje praplatėja ir pasiekia 1 km, yra keli senvaginiai ežerėliai (Rainys, 2026; Gailiušis et al., 2001). Tiriamoje atkarpoje Nemuno ruožas reguliuojamas bunomis. Smalininkų VMS duomenimis, 1959 m. Kauno marių suformavimas ir hidroelektrinės pastatymas turi neigiamos įtakos hidrologiniam režimui – sumažinama staigių ir aukštų potvynių tikimybė.

Į Nevėžio žemumą patenkanti Juodonių-Užliedžių Nevėžio slėnio atkarpa, pasižymi plačiu ir giliu senslėniu, kurio plotis tiriamojoje teritorijoje apie 1 km, o šlaitų aukštis 15–20 m., vaga vingiuota, gausu senvagėlių, salpos plotis 300-500 m. (Rainys, 2026; Gailiušis et al., 2001).

Taip pat į Nevėžio žemumą patenka ir Šventosios slėnio atkarpa. Slėnis visai netoli žiočių išplatėjęs, tiriamoje slėnio vietoje slėnio plotis virš 1 km., pasižymi keliomis viršsalpinėmis terasomis, slėnio šlaitų aukštis apie 20 m. (Rainys, 2026; Gailiušis et al., 2001).

Slėniuose tirtos pievos patenka į Europos Bendrijos svarbos natūralių buveinių sąrašą: į šienaujamų mezofitų pievų (6510), aliuvinių pievų (6450), stepinių pievų (6210) buveinių teritorijas. Nevėžio slėnio atkarpa patenka į Nevėžio kraštovaizdžio draustinį, Šventosios slėnio atkarpa – į Upninkų botaninį draustinį. (Saugomų teritorijų valstybės kadastras, 2025). Vyraujantis dirvožemio tipas visose atkarpose yra salpžemiai (Žemės ūkio duomenų centras, 2026).



2.1.1 pav. Tyrimo vietos. Įkarpose vaizduojami užliejimo modelio rezultatai ir tyrimo plotai. Skaičiais žymima 1. Alkos polderis. 2. Nemuno slėnio atkarpa. 3. Nevėžio slėnio atkarpa. 4. Šventosios slėnio atkarpa. Kartografinio pagrindo duomenys: GRPK ir GDR250 geoduomenų bazės.

2.2. Metodai

2.2.1 Pasiruošimas lauko darbams

Pasiruošimo lauko darbams etapą dar galima skaidyti į smulkesnius poetapius: (1) duomenų paruošimo, (2) duomenų analizės ir modeliavimo.

1. Pasiruošimo etapo metu buvo renkami ir tinkamai apdorojami duomenys vandens matavimo stočių (toliau VMS) vandens lygių kasdieniniai duomenis, skirti slėnių užliejimo modeliams. Tam naudojama MS Excel skaičiuoklės programinė įranga. Dalis viešai prieinamų istorinių hidrologinių duomenų buvo surinkti iš Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos prie Aplinkos ministerijos API sistemos, kurioje duomenys prieinami nuo 2000 metų, o dalis, nuo 1991–2000 metų, buvo gauti iš Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos (Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba, 2025). Vandens lygių duomenų eilutės atrinktos tik tos, kurios yra nepertrauktos ir neturi kurio nors mėnesio duomenų trūkumo. Duomenų eilutes sudarė 30 metų matavimo duomenys, tik išimtinu atveju, Babtų VMS duomenų eilutes sudarė 17 metų laikotarpis (imtas 2007–2023 m. laikotarpis), kadangi stotis buvo įkurta tik 2006 metais (Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba, 2025). Pasirinktas 30 metų laikotarpis (1991–2020 m.), kuris yra aktualiausias tarptautinis standartas klimato ir hidrologiniams tyrimams,

šis periodas pakankamai ilgas, jog natūralūs kasmetiniai svyravimai nedarytų įtakos modelio rezultatams ir leistų išryškėti hidrologinėms tendencijoms (World Meteorological Organization, 2021). Taigi, buvo atrinkta 1991–2020 m. Ukmergės VMS prie Šventosios, 1991–2020 m. Smalininkų VMS prie Nemuno ir 2007–2023 m. Babtų VMS prie Nevėžio, 1991–1996 m., 1998–2000 m., 2004–2024 m. Lankupių prie Minijos vandens lygių kasdieniniai duomenys. Duomenys buvo perskaičiuojami ir apdorojami *MS Excel* programoje, atsižvelgiant į „*Floodplain inundation calculator*“ užliejimo modelių kūrimui naudojamo įskiepio (angl. *plugin*) autorės rekomendacijas (Kaden, 2022). Pataisos veiksniai įskiepyje (angl. *correction factor*) buvo įvedami esant atsižvelgiant į upės vagos topografiją. Galutiname apdorojimo etape, Ukmergės, Smalininkų, Lankupių VMS duomenų masyve buvo po 10950 eilutės, o Babtų VMS 6205 eilutės.

2. Duomenų analizės ir modeliavimo etapo metu buvo sukurti upių slėnių užliejimo modeliai bei išskirtos skirtingos trukmės užliejimo zonos. Modelio kūrimui naudojama QGIS 3.42.1 programinės įrangos įskiepis „*Floodplain inundation calculator*“ bei ArcGIS Pro 3.4.3 programinė įranga. Modeliavimui reikalingi jau apdoroti hidrologiniai duomenys bei rastrinė topografinė informacija, kuri yra paimama iš DTM (angl. *Digital Terrain Model*) modelio. Šiame tyrime buvo panaudotas Aplinkos apsaugos agentūros sukurtas skaitmeninis upių slėnių reljefo modelis (Geoportal, 2014), kurio rastro gardelės dydis 1x1 m. Norint toliau analizuoti modelio rezultatus reikia atsižvelgti į įskiepio autorės pateikiamus įskiepio funkcionalumo apribojimus bei prielaidas (Kaden, 2022):

- Vandens matavimo stotis turi būti kuo arčiau tyrimo vietos;
- Atliekant modeliavimą įskiepiu daroma prielaida, kad visi rastro elementai, kurių altitudė yra žemesnė už modeliuojamą upės vandens lygį, laikomi užliejamais. Ši prielaida grindžiama tuo, kad potvynių metu slėnyje kylantys požeminio vandens lygiai yra glaudžiai susiję su upės vandens lygio kitimu, todėl paviršinių ir požeminių vandenų dinamika vertinama kaip tarpusavyje susieta;
- Apskaiciuota vidutinė užliejimo trukmė (dienomis per metus) priklauso nuo modeliavimui pasirinkto duomenų laikotarpio trukmės, todėl skirtingų laikotarpių analizė gali lemti skirtingus rezultatus.

Gautų rezultatų atvaizdavimui buvo pasirinkta įskiepio kūrėjos siūlomi metodai ir parinkty (Kaden, 2022). Šiuo atveju, yra išskiriama 9 užliejimo trukmės zonos: 0 dienų, 0–3 dienų, 3–7 dienų, 7–14 dienų, 14–30 dienų, 30–80 dienų, 80–150 dienų, 150–300 dienų, 300–365 dienų. Atvaizdavimas buvo sutvarkytas naudojantis ArcGIS Pro 3.4.3 programine įranga.

2.2.2 Lauko tyrimai

Lauko tyrimų etapo metu buvo atlikti pievų augalijos aprašymai 10 x 10 m (100 m²) dydžio tiriamuosiuose laukeliuose. Jeigu užliejimo klasė užimdavo mažą plotą, aprašymai buvo atliekami

mažesniuose tiriamuosiuose laukeliuose, 5 x 10 m (50 m²), 5 x 5 m (25 m²) dydžio plotuose. Kiekvieno tyrimo laukelio dydis paremtas standartizuota „*Eurasian dry grassland group*“ suformuota lauko tyrimų metodika (Dengler et al., 2016), 100 m² dydžio plotas naudotas ir kituose Lietuvoje atliktuose pievų augalijos tyrimuose (Uogintas, 2021; Ložytė, 2014).

Tyrimai vykdyti 1,5 savaites 2025 m. birželio-liepos mėnesiais. Bendrai buvo aprašyti 66 tyrimų plotai: 40 aprašymų atlikta darbo autorės, 26 aprašymai atlikti darbo vadovo. Tyrimo plotų pasiskirstymas per tyrimo vietas: Nemuno slėnyje 18, Nevėžio slėnyje 13 ir Šventosios slėnyje 9 laukeliai, Alkos polderyje 26. Pievos, kuriose buvo atliekami aprašymai, buvo atrinktos remiantis Europos Bendrijos svarbos natūralių buveinių kartografiniais duomenimis ir upių slėnių užliejimo modeliais. Aprašomuosiuose plotuose įvertintas kiekvienos identifikuotos augalo rūšies projekcinis padengimas procentais (%), ūkinis naudojimo tipas (naudojama ar nenaudojama), skirtingų ardu – krūmų (B), žolių ir krūmokšnių (C), samanų ir kerpių (D) – projekcinis padengimas (%), aukščiausių žolinių augalų aukštis (cm), atviras plotas (%) bei žymimasi pastabos. Kiekvienoje užliejimo zonoje buvo atlikta 2-13 augalijos aprašymai. Nemuno ir Nevėžio slėniuose aprašymai buvo atlikti šienau-



2.2.2.1 pav. Pievų buveinės: A – Nevėžio slėnio šienaujamos mezofitų pievos, B – Nemuno slėnio aliuvinės pievos, C – Šventosios slėnio stepinės pievos (autorės nuotraukos).

jamų mezofitų ir aliuvinėse, o Šventosios slėnyje šienaujamų mezofitų, aliuvinėse bei stepinėse pievų buveinėse (2.2.2.1 pav.).

Augalų identifikavimui naudoti augalų rūšių apibūdinimo vadovai (Lekavičius, 1989; Rothmaler & Jäger, 2017) bei mobilioji programėlė „*Flora Incognita*“, o nepavykus identifikuoti vietoje, augalo individas herbarizuojamas. Naujausi augalų rūšių moksliniai pavadinimai sutikrinti KEW Karališkųjų botanikos sodų internetinėje platformoje *Plants of the World online* (KEW, 2026).

Lauko darbų metu orientavimuisi tarp užliejimo modelio klasių bei tiriamųjų plotų koordinatų žymėjimuisi naudota *ArcGIS Field Maps* programėlėje telefone. Užrašai buvo pildomi popieriniame lauko darbų žurnale. Iš viso identifikuotos 165 augalų rūšys.

2.2.3 Duomenų analizė

Kadangi 0–3 d. ir 3–7 d bei 30–80 d. ir 80–150 d. klasėse aprašymų skaičius buvo mažas (2–4 aprašymai), šios klasės buvo apjungtos ir tapo 0-7 d. ir 30-150 d.. Prognoziniuose modeliuose dėl patogumo ir supaprastinimo, vertės buvo paverstos į skalę, panašią į naudojamą Elenbergo indikatorinėms vertėms, vertės buvo nuo 1-7.

Elenbergo indikatorinės reikšmės (poreikis šviesai, temperatūra, dirvožemio drėgmė, dirvožemio pH, maisto medžiagų prieinamumas) buvo panaudotos išskaičiuoti kiekvieno laukelio augalų rūšių atsaką į aplinkos veiksnius (Tichy et al, 2023; Ellenberg et al., 1992).

Pievų buveinių išskyrimui pasitelkta EUNIS buveinių automatinė ekspertinė klasifikavimo sistema (Chytry et al., 2020). Sistemos nesuklasifikuoti aprašymai buvo peržiūrimi ir remiantis jų rūšių sudėtimi, jie buvo išskirti į atskirą grupę - ilgalaikių šienaujamų pievų buveinė (R22t).

Pievų klasių klasifikavimui naudota ekspertinė sistema EuroVegChecklist, skirta klasifikuoti Europos augalijos sintaksonus (Mucina et al., 2016). Tam naudota programinė įranga JUICE 7.1, kuri leidžia atlikti augalų bendrijų automatinį duomenų grupavimą, naudojant tam tikras pasirinktas tikslines rūšis (Tichy, 2025). Ekspertinės sistemos yra taisyklėmis grįsti automatinio klasifikavimo įrankiai, kurie tiriamuosius plotus priskiria iš anksto apibrėžtiems buveinių tipams ar sintaksonams pagal formalizuotas logines taisykles, paremtas diagnostinių rūšių deriniais, jų gausumu ir prireikus papildomais aplinkos ar geografiniais požymiais (Chytry et al., 2020).

Rūšių padengimo (%) duomenys buvo standartizuojami taikant kvadratinės šaknies transformaciją, taip siekiant sumažinti dominuojančių rūšių įtaką tolimesnėse analizėse.

Prieraišumo koeficientas (ϕ) naudotas išskirti diagnostinėms rūšims. Didesnės prieraišumo koeficiento reikšmės rodo stipresnį rūšies prieraišumą konkrečiai buveinei (Tichy et al., 2010). Mažiau nei 10 % dažnumą turinčios rūšys nebuvo įtrauktos.

Rūšių įvairovei buveinėse įvertinti buvo taikyti 2 indeksai: Shannon'o įvairovės indeksas:

$$H = \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

S – rūšių kiekis bendrijoje; p_i – rūšies santykinis padengimas.

Tolygumo (*Evenness*) indeksas:

$$J = \frac{H}{\ln(S)}$$

H – Shannon'o indeksas; S – bendras rūšių skaičius.

Indeksai apskaičiuoti su JUICE 7.1 programine įranga.

Rūšių įvairovės ir ekologinių veiksnių statistiniam įvertinimui pasirinktas neparametrinis Kruskal-Wallis testas. Nustačius bendrą statistiškai reikšmingą skirtumą, poriniams grupių palyginimams atliktas Dunn'o post hoc testas, kuris yra naudojamas po Kruskal-Wallis testo.

Daugiamatei ordinacinei analizei atlikti pasirinktas detrenduotos korespondentinės analizės (angl. detrended correspondence analysis (DCA)) metodas R 4.5.1 programinės įrangos *Vegan* pakete (Posit team, 2025; Oksanen et al., 2026). DCA yra plačiai taikomas daugiamatės analizės metodas, naudojamas siekiant nustatyti pagrindinius ekologinius veiksnius ar gradientus didelėse, rūšių gausiose, tačiau paprastai retai užpildytose duomenų matricose (Hill & Gauch, 1980).

Žemėlapių kartografinio pagrindo elementai paimti iš Georeferencinio pagrindo kadastro (GRPK) bei M1:250 000 georeferencinių erdvinio duomenų vektorinių sluoksnių (Statybos sektoriaus vystymo agentūra, 2026; Nacionalinė žemės tarnyba, 2023).

2.2.4. Modeliavimas

Pievų buveinių bei rūšinės sudėties prognozavimui skirtingose užliejimo klasėse taikytas atsitiktinių miškų (angl. *Random forest (RF)*) (Breiman, 2001) mašininio mokymo metodas R 4.5.1 programinėje įrangos *Ranger* pakete (Posit team, 2025; Wright & Ziegler, 2017). Toks metodas pasirinktas todėl, nes tinka sudėtingiems ekologiniams duomenims, kuriuose ryšiai tarp bendrijų, rūšių, aplinkos veiksnių dažnai būna netiesiniai bei apima tarpusavio sąveikas (Cutler et al., 2007). Modelis pajėgus atlikti analizes ir efektyviai dirbti su mažomis imtimis, dideliu kintamųjų skaičiumi bei komplikuota duomenų struktūra (Scornet et al., 2015). Metodo praktinė nauda jau ne kartą yra įrodyta klasifikuojant įvairius augalijos tipus ir plačiai taikoma kaip duomenų analizės įrankis įvairaus pobūdžio ekologiniams uždaviniams spręsti (Peters et al., 2007; Simone et al., 2021; Cutler et al., 2007).

Modeliavimui buvo naudojamos EUNIS buveinių ekspertinės klasifikavimo metu išskirtos pievų buveinės. Pievų buveinių tipų prognozavimui pagal ekologinius veiksnius, naudotos Elenbergo indikatorinės reikšmės aplinkos veiksniams bei užliejimo klasės (bendrai vadinami aplinkos veiksniais). Duomenų rinkinys buvo padalytas į mokymo ir testavimo dalis santykiu 7:3, taikant stratifikuotą atranką (angl. *stratified split*), iš *Caret* paketo (Kuhn, 2008). Tam kad būtų išlaikytos buveinių proporcijos abejose imtyse t.y. mažesnė rizika, jog retos buveinių klasės bus neatpažintos ir būtų gaunamas patikimesnis modelio tikslumo įvertinimas. Taigi, mokymo duomenų rinkinį sudarė 49, o testavimo – 17 aprašymų. Kadangi pievų buveinių imtys nevienodos, modelyje papildomai pritaikytas skirtingas klasių disbalanso kompensavimas imtims (angl. *class weights*). Buveinių klasėms, į kurias patenka nedaug stebėjimų, suteiktas didesnis svoris nei dažnesnėms, taip siekiant modelyje išvengti šališkumo daugiau stebėjimų turinčių klasių naudai (Chen et al., 2004). Modelio tikslumas vertintas naudojant testavimo dalį. Kiekvienai pievų buveinei apskaičiuota tikimybė kiekvienam ap-

linkos veiksmui, o galutinė prognozuota buveinė parinkta pagal didžiausią tikimybę. Modelio efektyvumui įvertinti sudaryta klaidų matrica (angl. *confusion matrix*) iš kurios apskaičiuotas bendras tikslumas (angl. *accuracy*) ir subalansuotas tikslumas (angl. *balanced accuracy*) kiekvienai buveinei – bendras tikslumas parodė teisingai klasifikuotų atvejų dalį, o subalansuotas leido tiksliau įvertinti modelio veikimą esant netolygiam buveinių pasiskirstymui, kaip modelis atpažįsta skirtingas buveines (Brodersen et al., 2010).

Siekiant išsiaiškinti, kurie aplinkos veiksniai labiausiai susiję su pievų buveinių išskyrimu buvo apskaičiuota veiksmų svarba pagal permaišymo svarbos (angl. *permutation importance*) rodiklius. Didesnė reikšmė rodo, didesnę konkretaus kintamojo indėlį į klasifikavimo tikslumą, tai yra santykinis indėlis į modelio prognozinį tikslumą, iš kurio negalima daryti išvadų apie ryšio kryptį, t.y. nepa-rodo ar kintamojo didėjimas didina ar mažina konkrečios bendrijos pasireiškimo tikimybę (Altmann et al., 2009).

Analogiškas modelis buvo panaudotas augalų rūšių prognozavimui skirtingose užliejimo klasėse, tačiau modelis prognozei naudoja rūšių padengimo (%) reikšmės.

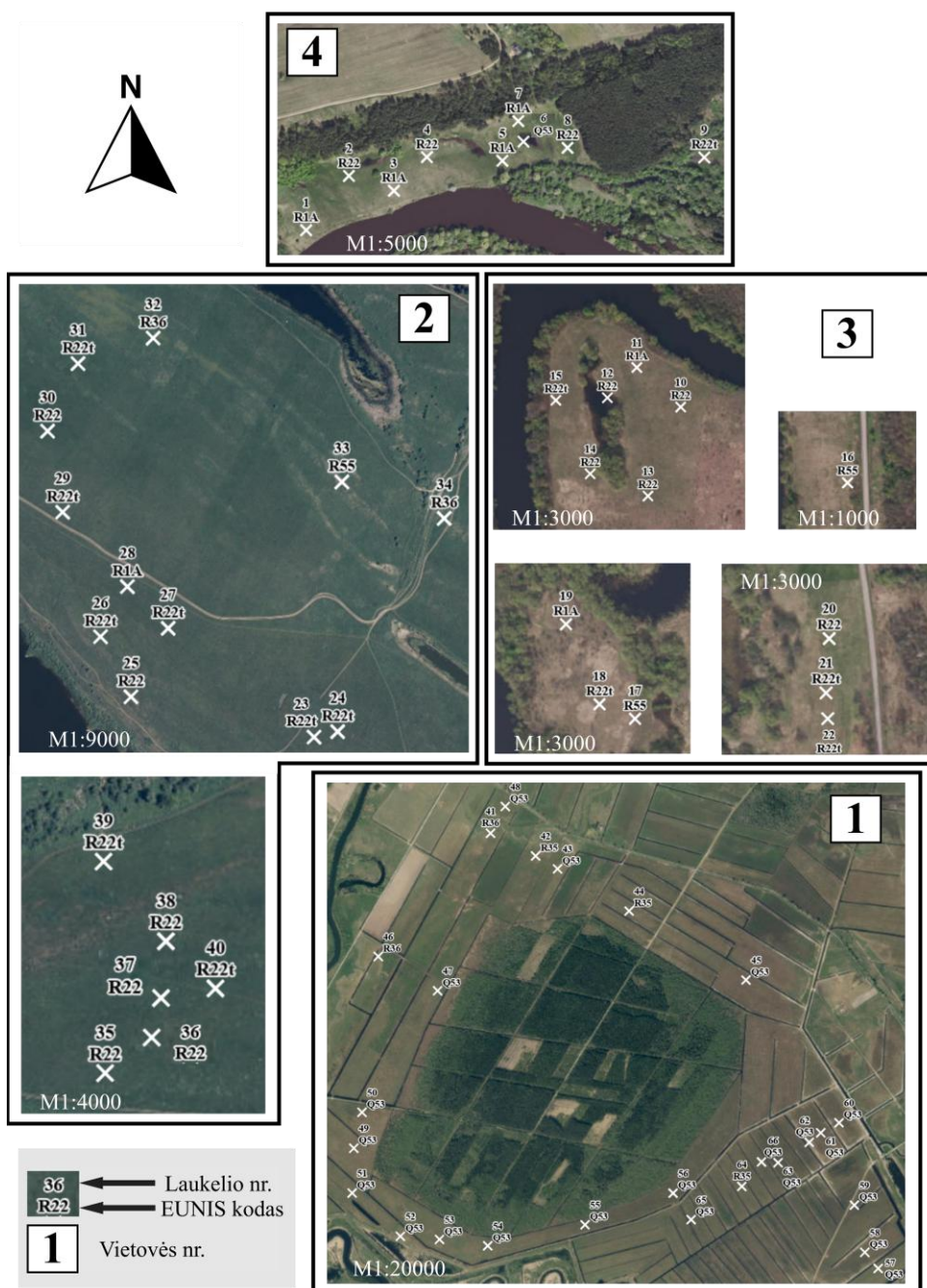
Rūšių reikšmingumui įvertinti apskaičiuota permutacinė svarba. Papildomai kiekvienai rūšiai apskaičiuotos vidutinės modelio prognozuotos priklausymo skirtingoms užliejimo klasėms tikimybės. Remiantis šiomis tikimybėmis, kiekvienai užliejimo klasei atrinkta po 20 rūšių, turinčių didžiausią prognozuotą sąsają su atitinkama klase.

Remiantis pievų buveinių prognozavimo duomenimis sugeneruotas rastrinis sluoksnis, kuriame vaizduojamas tikėtinas pievų augalijos buveinių pasiskirstymas upių slėniuose. Atvaizdavimas sutvarkytas pasitelkiant ArcGIS Pro 3.4.3 programinę įrangą.

3. Rezultatai

3.1. Pievų bendrijų klasifikavimas

Lauko darbų surinktiems 66 aprašymams suklasifikuoti pasitelktos 2 ekspertinės sistemos. EUNIS ekspertinė sistema, kuri padėjo išskirti pievų augalijos buveines, bei EuroVegChecklist, kuri pagalbėjo detalizuoti augaliją sintaksonominiu lygmeniu (Chytrý et al., 2020; Mucina et al., 2016).



3.1.1 pav. Laukeliai ir išskirtos pievų buveinės: Q53 – aukštųjų viksvų sąžalynai; R1A – stepinės pievos; R22 – ilgalaikės šienaujamos pievos; R22t – panaši buveinė į ilgalaikes šienaujamas pievas; R35 – drėgnos ir šlapios, mezotrofinės ir eutrofinės pievos; R36 – drėgnos ir šlapios mezotrofinės ir eutrofinės ganyklos; R55 – drėgni aukštųjų žolynų pakraščiai ir sąžalynai. Skaičiais žymima **1**. Alkos polderis. **2**. Nemuno slėnio atkarpa. **3**. Nevėžio slėnio atkarpa. **4**. Šventosios slėnio atkarpa.

Klasifikuojant buveines, didžiausia dalis, 31,8 % aprašymų buvo priskirta prie aukštųjų viksvų sąžalynų (Q53), kurie susikongravę Alkos polderyje. Kita didelė aprašymų grupė buvo priskirta prie ilgalaikių šienaujamų pievų (R22) 21,2 %, kiek mažiau stepinėms pievoms (R1A) 10,6 %, mažiausiai 6,1 % aprašymų pateko į drėgnų ir šlapių, mezotrofinių ir eutrofinių pievų ir ganyklų buveinei (R35, R36), 4,5 % priskirta drėgniems aukštųjų žolynų pakraščiams ir sąžalynams (R55). Taip pat, 13 aprašymų (19,7 %) liko priskirti tik bendresniam pievų (R) lygmeniui, kuris savo rūšine sudėtimi buvo panašus į ilgalaikių šienaujamų pievų buveinę, todėl buvo pavadintas R22t ir išskirtas kaip atskira pievų buveinė. Nevėžio ir Nemuno slėniuose daugiausia aprašymų buvo priskirta prie ilgalaikių šienaujamų pievų ir į ją panašių buveinių, Šventosios slėnyje – išskirtos buveinės buvo mišrios, tačiau dominavo stepinės pievos.

Europos augalijos ekspertinė sistema tyrimų plotų aprašymus išskyrė į 4 klases: *Festuco-Brometea*, *Molinio-Arrhenatheretea*, *Phragmito-Magnocaricetea* ir *Artemisietea vulgaris*. Daugiau negu pusė aprašymų priskirta *Molinio-Arrhenatheretea* klasei – 54,4 %, beveik trečdalis priskirta *Phragmito-Magnocaricetea* 27,3 %, mažiausiai teko *Festuco-Brometea* – 7,6 %, ir *Artemisietea vulgaris* (1; 1,5 %), visiškai jokiai klasei nepriskirtų aprašymų buvo 6 ir tai sudarė 9,1 % nuo bendros dalies.

3 lentelė. Pievų buveinių prierašumo koeficiento sinoptinė lentelė. Sutrumpinimai: Q53 – aukštųjų viksvų sąžalynai; R1A – stepinės pievos; R22 – ilgalaikės šienaujamos pievos; R22t – panaši buveinė į ilgalaikes šienaujamąs pievas; R35 – drėgnos ir šlapios, mezotrofinės ir eutrofinės pievos; R36 – drėgnos ir šlapios mezotrofinės ir eutrofinės ganyklos; R55 – drėgni aukštųjų žolynų pakraščiai ir sąžalynai. Didesnės nei 20 prierašumo koeficiento paryškintos.

Rūšys	Prierašumo koeficientas							
	Buveinė	R1A	R22	R22t	R35	R36	R55	Q53
	Aprašymų skaičius	7	14	13	4	4	3	21
<i>Achillea millefolium</i>		5.6	17.1	16.0				
<i>Achillea pannonica</i>		25.3						
<i>Achillea salicifolia</i>						22.0		
<i>Agrimonia eupatoria</i>		6.2						
<i>Agrostis capillaris</i>			8.4	9.0				
<i>Agrostis stolonifera</i>			3.5			14.4		
<i>Allium species</i>		23.1						
<i>Alopecurus pratensis</i>			0.5	2.8		11.8		
<i>Anthoxanthum odoratum</i>		9.0	7.9					
<i>Anthriscus sylvestris</i>			15.1	8.6				
<i>Argentina anserina</i>					4.0	48.0		
<i>Arrhenatherum elatius</i>			14.7	8.3				
<i>Astragalus danicus</i>		37.8						
<i>Astragalus glycyphyllos</i>				6.5				
<i>Avenula pubescens</i>		1.1	16.0	1.8			5.4	

<i>Bidens tripartita</i>			8.2		
<i>Briza media</i>	26.8	1.2			
<i>Bromopsis inermis</i>		17.3	11.9	0.8	
<i>Calamagrostis epigejos</i>	12.5	17.0	9.9		
<i>Calystegia sepium</i>				43.2	
<i>Campanula glomerata</i>	11.0	3.5	0.6		
<i>Cardamine pratensis</i>			6.5		
<i>Carduus crispus</i>		0.5	8.1		
<i>Carex acuta</i>			9.9		41.0
<i>Carex caryophyllea</i>	25.8	1.6			
<i>Carex disticha</i>			16.6	4.7	46.5
<i>Carex hirta</i>	2.0	11.9	4.4		
<i>Carex nigra</i>			6.6		1.5
<i>Carex praecox</i>	32.0			5.7	
<i>Carex rostrata</i>			3.0		9.2
<i>Carex spicata</i>			3.6		10.6
<i>Carex vulpina</i>				19.1	4.9
<i>Centaurea jacea</i>	1.3	20.6			
<i>Centaurea scabiosa</i>	21.6		1.0		
<i>Cirsium arvense</i>		8.4	8.6		
<i>Cirsium palustre</i>				11.4	3.1
<i>Convolvulus arvensis</i>	9.5	0.3	0.5		
<i>Crataegus monogyna</i>					11.7
<i>Crepis biennis</i>	4.6		1.9		
<i>Dactylis glomerata</i>		17.6	9.2		8.6
<i>Deschampsia cespitosa</i>		0.6		6.2	
<i>Dianthus deltoides</i>			9.3		
<i>Elymus repens</i>	3.3		17.9		11.3
<i>Equisetum arvense</i>	10.4	12.0	0.3		
<i>Erigeron acris</i>			9.3		
<i>Euonymus europaeus</i>		7.7	0.7		
<i>Festuca rubra</i>	13.8	12.3	22.8		
<i>Filipendula ulmaria</i>					67.4
<i>Filipendula vulgaris</i>	48.3	0.1	1.0		
<i>Fragaria viridis</i>	25.3		8.9		
<i>Galium album</i>		16.3	14.0		6.1
<i>Galium boreale</i>	24.5	13.3			
<i>Galium palustre</i>			30.8		
<i>Galium spurium</i>				7.4	25.3
<i>Galium verum</i>	23.8	13.4	17.6		
<i>Geranium palustre</i>					30.3
<i>Geranium pratense</i>		41.9			9.0
<i>Geum rivale</i>			0.3	0.4	12.9
<i>Gladiolus imbricatus</i>		16.0			
<i>Glechoma hederacea</i>	1.0		1.2		5.4

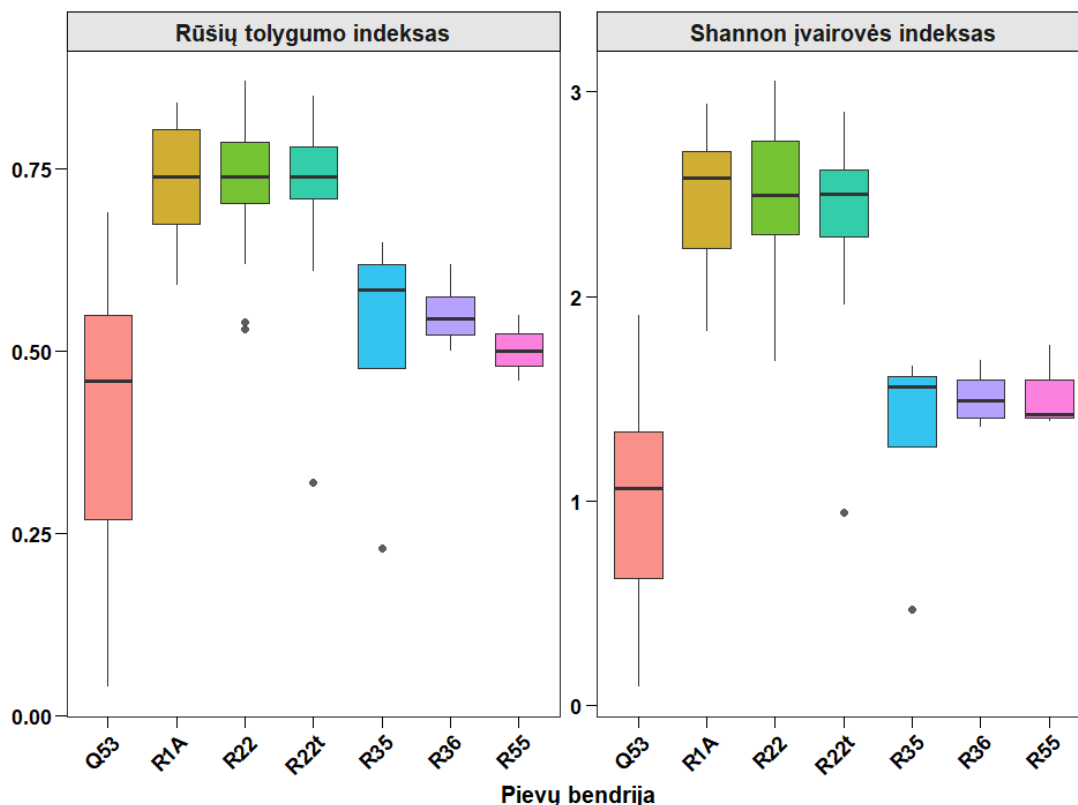
<i>Glyceria maxima</i>	20.0				
<i>Helianthemum nummularium</i>	14.6				
<i>Heracleum sibiricum</i>	3.0	7.2	17.8		
<i>Holcus lanatus</i>				16.2	
<i>Hypericum perforatum</i>		9.3			
<i>Iris pseudacorus</i>				16.9	9.4
<i>Juncus effusus</i>			19.6		
<i>Knautia arvensis</i>	17.6		3.5		
<i>Lathyrus palustris</i>			5.4		3.7
<i>Lathyrus pratensis</i>	5.8	7.7		10.3	
<i>Leontodon hispidus</i>	2.0	0.4	11.0		
<i>Leucanthemum vulgare</i>		12.8	0.8		
<i>Luzula multiflora</i>	6.5	8.0			
<i>Lycopus europaeus</i>			14.9		7.1
<i>Lysimachia vulgaris</i>			45.6		5.6
<i>Medicago falcata</i>	11.0	5.7	14.3		
<i>Mentha arvensis</i>			12.5	0.6	6.4
<i>Myosotis arvensis</i>	11.1				
<i>Myosotis scorpioides</i>			2.3	2.3	6.1
<i>Pentanema salicinum</i>		21.2	4.0		
<i>Persicaria amphibia</i>				14.3	2.0
<i>Phalaris arundinacea</i>				40.3	15.3
<i>Phleum phleoides</i>	39.8				1.9
<i>Phleum pratense</i>		5.3	7.0		14.0
<i>Picris hieracioides</i>	0.7	21.2			
<i>Pilosella caespitosa</i>	5.5	12.9			
<i>Pilosella officinarum</i>	6.2				
<i>Pimpinella saxifraga</i>	10.0				
<i>Plantago lanceolata</i>	12.1	20.0			
<i>Plantago major</i>				24.0	
<i>Plantago media</i>		13.0	6.0		
<i>Poa angustifolia</i>	15.3	10.3	20.7		
<i>Poa pratensis</i>		7.7	14.2		2.1
<i>Poa trivialis</i>	5.4	4.6	22.3		
<i>Polygala comosa</i>	20.0				
<i>Potentilla reptans</i>		0.4	14.2	15.0	
<i>Primula veris</i>	17.7				
<i>Ranunculus acris</i>		11.1	4.9	1.5	
<i>Ranunculus lingua</i>				6.6	1.5
<i>Ranunculus polyanthemus</i>	11.9	5.6	8.9		
<i>Ranunculus repens</i>				11.8	18.1
<i>Rhinanthus species</i>				8.2	16.4
<i>Rorippa palustris</i>				5.0	4.6
<i>Rumex acetosa</i>			28.4		
<i>Rumex acetosella</i>			21.6		

<i>Rumex aquaticus</i>	23.5			
<i>Rumex confertus</i>	7.1	1.3	6.6	
<i>Rumex crispus</i>			2.6	5.3
<i>Rumex obtusifolius</i>				13.2 7.2
<i>Rumex thyrsiflorus</i>	10.8	0.9	18.6	
<i>Salix caprea</i>			8.2	
<i>Salix species</i>			5.4	0.8
<i>Sedum acre</i>	6.2			
<i>Seseli libanotis</i>	35.7			
<i>Silene flos-cuculi</i>			7.6	0.2 1.4
<i>Silene latifolia</i>			9.3	
<i>Silene vulgaris</i>	0.7	12.9	4.6	
<i>Solanum dulcamara</i>			8.2	
<i>Stachys palustris</i>			8.2	
<i>Stellaria palustris</i>				7.2
<i>Symphytum officinale</i>				15.5 13.7
<i>Tanacetum vulgare</i>		9.1	0.3	
<i>Taraxacum sect. Taraxacum</i>		24.6	7.4	
<i>Thalictrum flavum</i>			60.9	
<i>Thalictrum lucidum</i>		6.8		1.0 2.4
<i>Thalictrum minus</i>	39.4	1.1	8.3	
<i>Thymus pulegioides</i>	25.3			
<i>Tragopogon pratensis</i>	14.9	5.5	5.1	
<i>Trifolium montanum</i>	32.3			
<i>Trifolium pratense</i>	6.8	12.3		
<i>Trifolium repens</i>		10.7	5.6	
<i>Urtica dioica</i>	1.7			13.8
<i>Valeriana officinalis</i>		7.0	2.1	1.9
<i>Veronica chamaedrys</i>	1.0	5.4	16.8	
<i>Veronica longifolia</i>		2.7		17.3
<i>Veronica scutellata</i>				7.2
<i>Veronica spicata</i>	24.0			
<i>Vicia cracca</i>	2.0	18.0	4.5	

Remiantis prierašumo koeficientu, didžiausia sausamėgių rūšių gausa (18 rūšių) išsiskyrė stepinės pievos, tačiau daugiau nei pusė šiai kategorijai tekusių aprašymų yra iš Šventosios slėnio, kas galėjo lemti tokį rezultatą. Po panašų skaičių prierašių rūšių teko ilgalaikėms šienaujamos pievoms ir floristiškai į ją panašiai buveinei. R22t išsiskyrė tuo, kad šiai grupei buvo charakteringiausios šios rūšys: *Festuca rubra*, *Poa angustifolia*, *Poa trivialis*, *Rumex acetosa*, *Rumex acetosella*. Didžiausios prierašumo indekso reikšmės drėgnų pievų buveinėse buvo fiksuotos 3 rūšims: *Galium palustre*, *Lysimachia vulgaris*, *Thalictrum flavum*. Prierašiausios drėgnų ganyklų rūšys buvo 4: *Argentina anserina*, *Glyceria maxima*, *Phalaris arundinacea*, *Rumex aquaticus*. Taip pat, drėgnų aukštųjų žolynų pakraščiuose ir sąžalynuose buvo fiksuojamos 4 rūšys su didžiausiomis phi koeficiento

reikšmėmis. Aukštųjų viksvų sąžalynams buveinei charakteringos buvo 2 rūšys: *Carex acuta* ir *Carex disticha*.

Kruskal-Wallis testas parodė (3.1.2 pav.) statistiškai reikšmingus rūšių įvairovės ir tolygumo skirtumus tarp pievų buveinių. Porinių palyginimų testas atskleidė, kad reikšmingi skirtumai susiję su Q53 buveine, kurios Shannon-Wiener ir rūšių tolygumo indeksų reikšmės buvo reikšmingai mažesnės nei R1A, R22 ir R22t buveinėse. Kitos buveinių poros statistiškai reikšmingai nesiskyrė.

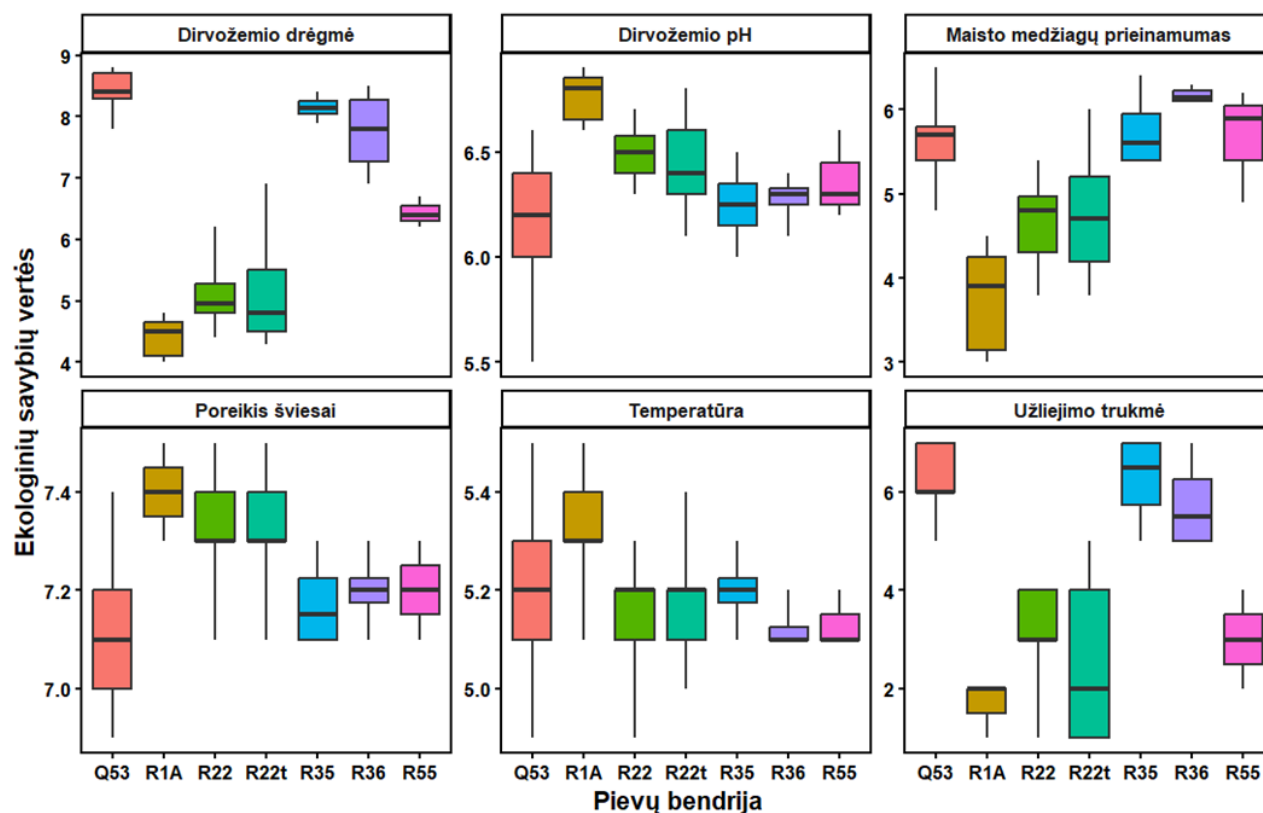


3.1.2 pav. Įvairovės indeksų palyginimas skirtinguose pievų tipuose: Q53 – aukštųjų viksvų sąžalynai; R1A – stepinės pievos; R22 – ilgalaikės šienaujamos pievos; R22t – panaši buveinė į ilgalaikės šienaujamas pievas; R35 – drėgnos ir šlapios, mezotrofinės ir eutrofinės pievos; R36 – drėgnos ir šlapios mezotrofinės ir eutrofinės ganyklos; R55 – drėgni aukštųjų žolynų pakraščiai ir sąžalynai. Statistiniam įvertinimui naudotas neparametrinis Kruskal-Wallis testas ir skirtumams tarp grupių nustatyti naudotas Dunn post hoc testas, p reikšmei pritaikyta Bonferoni korekcija.

Apibendrinant, tyrimo teritorijose dominavo skirtingi pievų tipai, kurie skyrėsi tiek rūšių gausa, tiek įvairove. Taikytos ekspertinės klasifikavimo sistemos papildė viena kitą: viena išryškino buveinių tipų įvairovę, kita jų sintaksonominę priklausomybę. EUNIS buveinių tipais paremta ekspertinė klasifikacija leido išskirti 7 buveines, o Europos augalijos klasifikacija parodė, kad dauguma aprašymų priklausė *Molinio-Arrhenatheretea* ir *Phragmito-Magnocaricetea* klasėms.

3.2. Ekologinių veiksnių įvertinimas buveinėse

Pievų bendrijų diferenciacija glaudžiai susijusi su heterogeniškomis aplinkos sąlygomis, tačiau šių sąlygų pobūdis įvairiuose regionuose atsiskleidžia skirtingai (Zelnik & Čarni, 2008). Todėl šiame

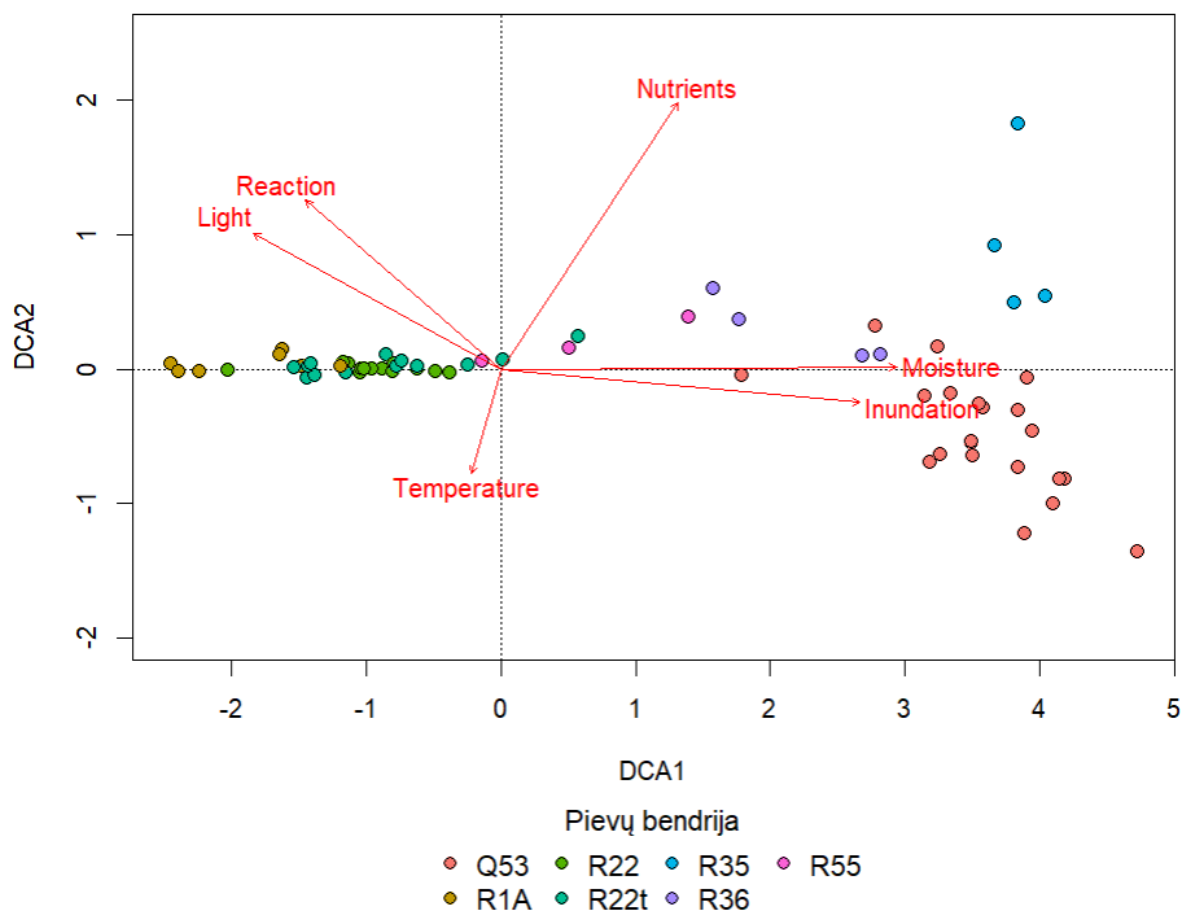


3.2.1 pav. Ekologinių veiksnių verčių pasiskirstymas skirtinguose pievų tipuose: Q53 – aukštųjų viksvų sąžalynai; R1A – stepinės pievos; R22 – ilgalaikės šienaujamos pievos; R22t – panaši buveinė į ilgalaikės šienaujamas pievas; R35 – drėgnos ir šlapios, mezotrofinės ir eutrofinės pievos; R36 – drėgnos ir šlapios mezotrofinės ir eutrofinės ganyklos; R55 – drėgni aukštųjų žolynų pakraščiai ir sąžalynai. Statistiniam įvertinimui naudotas neparametrinis Kruskal-Wallis testas ir skirtumams tarp grupių nustatyti naudotas Dunn post hoc testas, p reikšmei pritaikyta Bonferoni korekcija.

poskyryje analizuojama tirtų pievų ekologiniai skirtumai, remiantis Elenbergo indikatorinėmis vertėmis bei užliejimo trukme, nes šie rodikliai plačiai taikomi buveinių sąlygoms įvertinti.

Kruskal-Wallis testas parodė, jog statistiškai reikšmingai pievų buveinės skyrėsi pagal dirvožemio drėgmę ($\chi^2 = 53,89$; $df = 6$; $p < 0,05$), dirvožemio reakciją ($\chi^2 = 30,86$; $df = 6$; $p < 0,05$), maisto medžiagų prieinamumą ($\chi^2 = 43,54$; $df = 6$; $p < 0,05$), poreikį šviesai ($\chi^2 = 30,47$; $df = 6$; $p < 0,05$) ir užliejimo klasę ($\chi^2 = 51,21$; $df = 6$; $p < 0,05$).

Pirmoji ordinacijos ašis atspindi buveines (3.2.2 pav.), susijusias su drėgme: teigiamos reikšmės susijusios su didesne dirvožemio drėgme ir užliejimo trukme, o neigiamos reikšmės su poreikiu



3.2.2 pav. Pievų buveinių įvairovė ir ekologiniai veiksniai: Q53 – aukštųjų viksvų sąžalynai; R1A – stepinės pievos; R22 – ilgalaikės šienaujamos pievos; R22t – panaši buveinė į ilgalaikės šienaujamas pievas; R35 – drėgnos ir šlapios, mezotrofinės ir eutrofinės pievos; R36 – drėgnos ir šlapios mezotrofinės ir eutrofinės ganyklos; R55 – drėgni aukštųjų žolynų pakraščiai ir sąžalynai. Rūšių projekciniai padengimai transformuoti naudojant kvadratinės šaknies transformaciją. Ašių ilgiai DCA1 = 7,17; DCA2 = 3,19. Tikrinės vertės $\lambda_1 = 0,82$; $\lambda_2 = 0,26$. Ekologinių veiksnių patikimumas įvertintas naudojant permaišymo testą $n = 999$.

šviesai ir dirvožemio reakcija. Antroji ordinacijos ašis atskyrė buveines pagal maisto medžiagų prieinamumą. Teigiama ordinacinė kryptis yra susijusi su didesniu maisto medžiagų kiekiu, o, priešingai, neigiama kryptis siejama su aukštesnėmis temperatūros sąlygomis.

Pievų buveinių susiformavimui svarbiausias dirvožemio drėgmės veiksnys, teigiamai koreliuojantis su pirmąja ordinacijos ašimi, tačiau ne mažiau svarbūs tokie veiksniai kaip užliejimo trukmė bei maisto medžiagų prieinamumas. Mažiau reikšmingi veiksniai – poreikis šviesai ir dirvožemio reakcija. Tarp buveinių statistškai reikšmingų skirtumų nenustatyta temperatūros veiksmui ($\chi^2 = 9,86$; $df = 6$, $p = 0,78$), todėl jį galima laikyti mažiausiai reikšmingu veiksniu.

Tirtų pievų buveinių ekologinė niša turi aiškius skirtumus. Pagal išsidėstymą ordinacinėje erdvėje, labiausiai nuo kitų buveinių atsiskyrė aukštųjų viksvų sąžalynai (Q53), kurie susiję su didesne dirvožemio drėgme ir užliejimo trukme. Taip pat išsiskyrė ir drėgnos ir šlapios, mezotrofinės ir eutrofinės pievos (R35), kurios buvo siejamos ne tik su drėgnesnėmis sąlygomis, bet ir su didesniu

maisto medžiagų prieinamumu. Šiam pievų tipui gimininga R36 buveinė taip pat gali būti siejama su drėgnesnėmis ir trofiškesnėmis buveinėmis, tačiau ši sąsaja nėra tokia stipriai išreiškia kaip Q53 ar R35 atveju. Tuo tarpu, stepinių pievų, ilgalaikių šienaujamų pievų ir į ją panašių buveinių padėtis rodo ryšį su didesnio poreikio šviesai, sausesnėmis ir skurdesnį maisto medžiagų prieinamumą turinčiomis buveinėmis.

Poriniai Dunn testo palyginimai, taikant Bonferoni korekciją, patvirtino, kad labiausiai vienos nuo kitų skyrėsi drėgmės, užliejimo režimu ir maisto medžiagomis besiskiriančios buveinės (1 priedas). Pagal dirvožemio drėgmę Q53 buveinė statistiškai reikšmingai skyrėsi nuo R1A, R22 ir R22t, o R1A taip pat skyrėsi nuo R35. Pagal dirvožemio reakciją Q53 skyrėsi nuo R1A ir R22, o R1A – nuo R35 ir R36. Maisto medžiagų prieinamumo atveju reikšmingų skirtumų nustatyta daugiau: Q53 skyrėsi nuo R1A, R22 ir R22t, R1A – nuo R35 ir R36, o R22 ir R22t – nuo R36. Pagal poreikį šviesai reikšmingai išsiskyrė Q53 buveinė, kuri skyrėsi nuo R1A, R22 ir R22t. Užliejimo klasės atveju Q53 taip pat reikšmingai skyrėsi nuo R1A, R22 ir R22t, be to, skirtumai nustatyti tarp R1A ir R35 bei tarp R22t ir R35.

R22 ir R22t buveinės pagal daugumą rodiklių buvo artimos viena kitai ir ordinacinėje erdvėje išsidėstė greta, todėl jų floristinė sudėtis ir ekologinė niša buvo panašios. Vis dėlto 3.2.1 diagramoje galima pastebėti, kad R22t pasižymėjo didesne kai kurių rodiklių, ypač dirvožemio drėgmės ir užliejimo klasės, sklaida, todėl ši buveinė galėtų būti laikoma ekologiškai heterogeniškesne. Tačiau statistiškai reikšmingų skirtumų tarp R22 ir R22t pagal Dunn testo rezultatus nenustatyta.

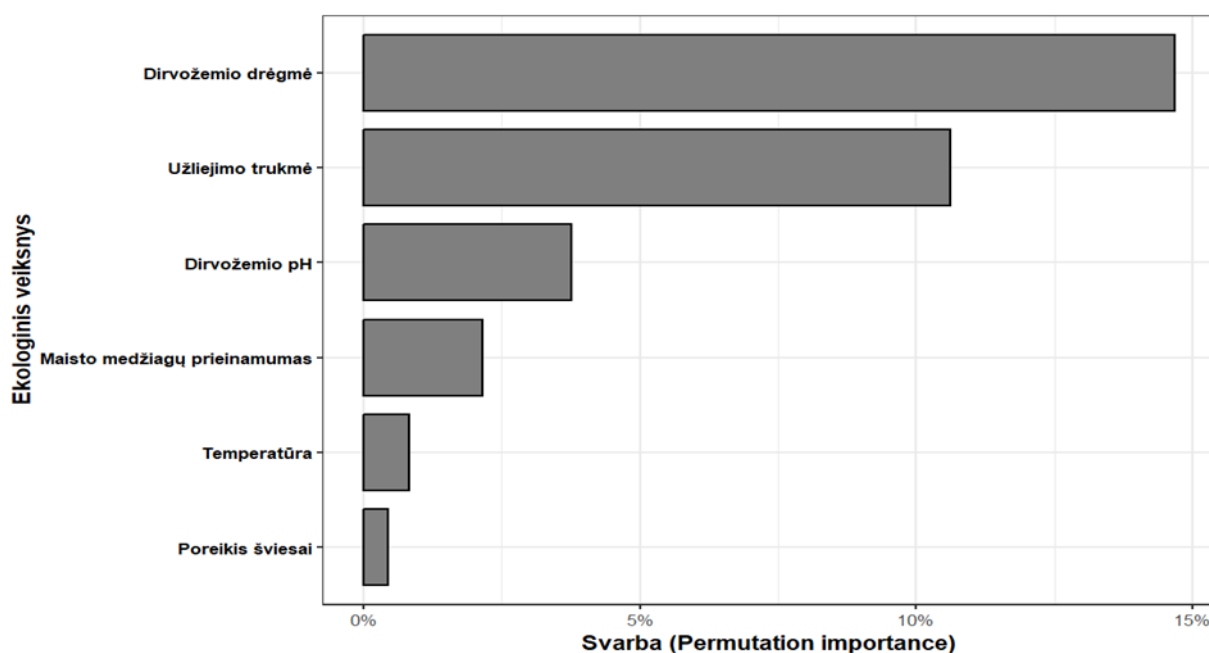
Taigi, tirtų pievų tarpusavio skirtumai buvo labiausiai susiję su drėgmės ir trofiškumo rodikliais. Kas leidžia buveinių įvairovę suskirstyti į grupes: našesnes, drėgnas ir užliejamas bei pasižyminčias trumpesne užliejimo trukme, sausesnes ir skurdesnes buveines. Tai iš dalies patvirtina ankstesniuose Lietuvos pievų augalijos tyrimuose pagrįstus teiginius dėl augalijos pasiskirstymą įtakojančių veiksnių (Uogintas, 2021, Rašomavičius et al., 1998).

3.3. Pievų buveinių prognozavimas

Sudaryto modelio bendras tikslumas, remiantis testavimo duomenis, siekė ganėtinai gerą 64,7 % rezultatą. Modelio tikslumas yra statistiškai reikšmingai didesnis ($p = 0,013$) už atsitiktinio spėjimo tikimybę (*No Information Rate* 35,3 %). Rezultatai parodė, kad geriausiai prognozuojamos stepinių pievų ir ilgalaikių šienaujamų pievų buveinės, pasiekta maksimali jautrumo reikšmė (*Sensitivity* = 1). Testavimo duomenų rinkinyje šias buveines modelis atpažino neklysdamas, jų subalansuotas tikslumas siekė 92-97 %. Neblogai atpažįstama aukštųjų viksvų sąžalynų buveinės, jautrumo reikšmė siekė 0,83, subalansuotas tikslumas 87 %, remiantis klaidų matrica tik viena šio tipo pievų buveinė klaidingai priskirta R35 tipui. Kita vertus, modelis negebėjo atpažinti R22t, R35, R36 ir R55 (*Sensitivity* = 0), drėgnesnių buveinių modelis negebėjo pažinti dėl per mažos imties, o R22t pievų buveinių plotai

buvo supainioti su į ją panašiomis stepinių pievų ir ilgalaikių šienaujamų pievų buveinėmis, kadangi šių buveinių ekologinė niša stipriai persidengia bei buveinė neturėjo pakankamai duomenų specifiniams požymiams išskirti. Dėl per mažo aprašymų skaičiaus patenkančio į drėgnų aukštųjų žolynų pakraščių ir sąžalynų buveinės tipą, todėl jos prognozavimo kokybės nebuvo galima įvertinti. Pastebėta, jog modelis turi polinkį prognozuoti gausiausias klases, nors ir buvo taikyta stratifikuota atranka ir klasių disbalanso kompensavimas, tačiau tai neišsprendė problemos ir modelis buvo linkęs prognozuoti Q53 ir R22 tipus.

Analizuojant ekologinių veiksnių svarbą RF modeliui galima pastebėti, jog klasifikuojant pievų buveines didžiausią įtaką turėjo hidrologiniai procesai: dirvožemio drėgmė ir užliejimo klasė (atitinkamai 14% ir 11%). Palyginant su kitais veiksniais, šių veiksnių svarba buvo žymiai didesnė nei kitų į modeliavimo procesą įtrauktų kintamųjų. Priešingai, duomenų rinkiniui mažiausiai svarbūs veiksniai – temperatūra (0,8%) bei poreikis šviesai (0,3%). Tokie rezultatai leidžia teigti, jog prognozuojant pievų buveines prioritetą būtina skirti hidrologinius procesus apibūdinantiems veiksniais.

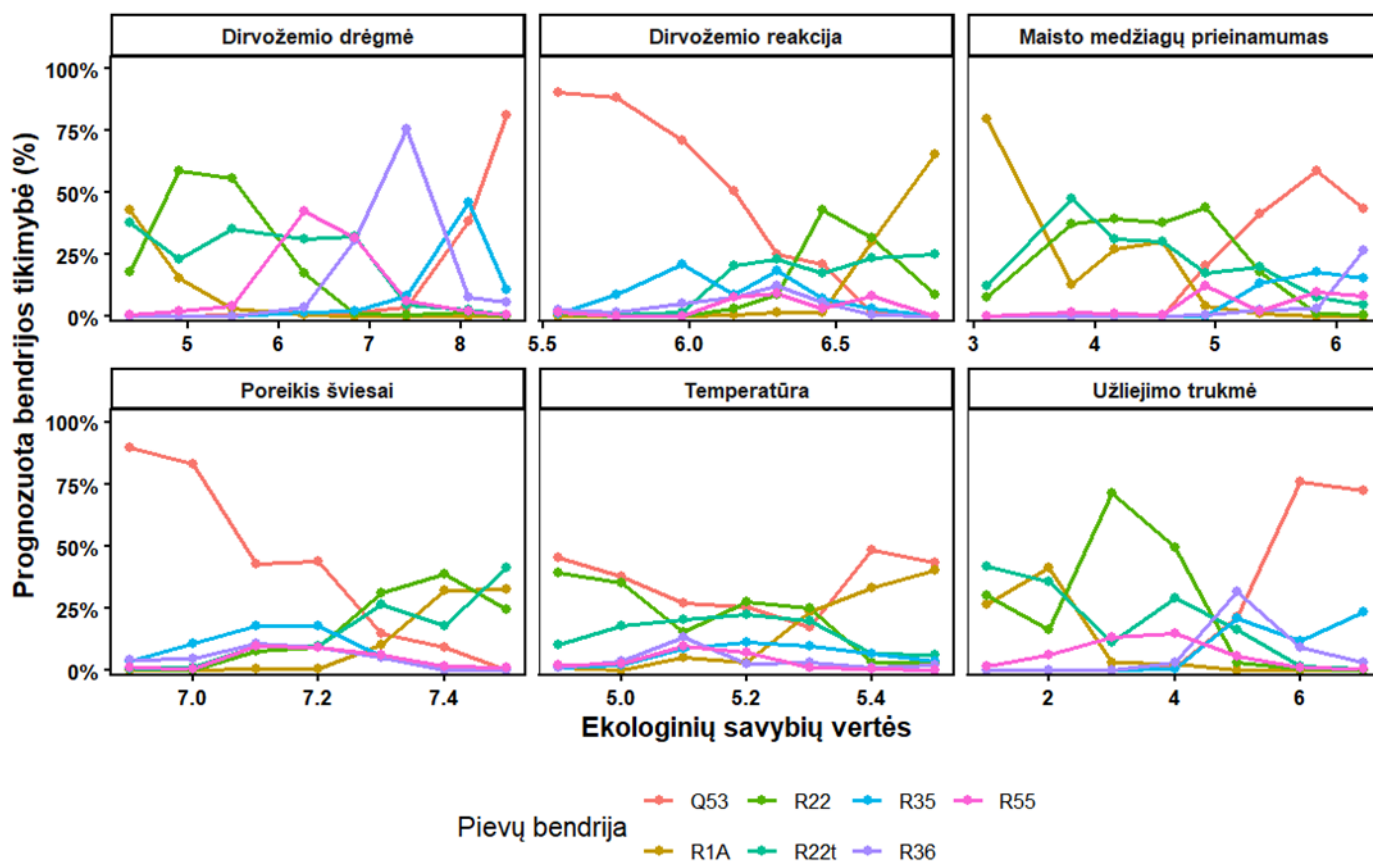


3.3.1 pav. Ekologinių veiksnių svarba pievų buveinių prognozės modelyje.

3.3.2 paveiksle pateiktos skirtingų pievų buveinių prognozuotos pasireiškimo tikimybės pagal 6 ekologinius veiksnius. Kreivės rodo, kokiose ekologinių savybių reikšmėse konkrečios buveinės tikimybė didžiausia. RF modelio prognozuotos tikimybės skirtinguose ekologiniuose veiksmuose gana nėtinai skiriasi. Modelis prasčiausiai atpažįsta tendencijas, kuriose labai maži skirtumai tarp ekologinių sąlygų (temperatūra), buveinių tikimybės persidengia, iš esmės, dėl mažos verčių sklaidos buveinės būtų galima priskirti toms pačioms sąlygoms. Taip pat, galima pastebėti, kad buveinės aiškiausiai

diferencijuojasi pagal dirvožemio drėgmę, reakciją, maisto medžiagų prieinamumą, poreikį šviesai ir užliejimo klasę.

Aptariant prognozuojamas sąlygas pievų buveinėse, galima pastebėti, jog aukštųjų viksvų sąža-



3.3.2 pav. Ekologinių veiksnių įtaka pievų buveinių pasiskirstymo tikimybei: Q53 – aukštųjų viksvų sąžalynai; R1A – stepinės pievos; R22 – ilgalaikės šienaujamos pievos; R22t – panaši buveinė į ilgalaikes šienaujamas pievas; R35 – drėgnos ir šlapios, mezotrofinės ir eutrofinės pievos; R36 – drėgnos ir šlapios mezotrofinės ir eutrofinės ganyklos; R55 – drėgni aukštųjų žolynų pakraščiai ir sąžalynai.

lynų ~80% tikimybė pasiekama aukštose dirvožemio drėgmės vertėse (>8), kas rodo, kad buveinės dominuoja linkusiuose užmirkti dirvožemiuose, tą parodo ir aukštos (>75%) tikimybės 6-7 užliejimo klasėse. Buveinę galima sieti su maisto medžiagomis turtingesnėmis buveinėmis, jos tikimybė auga didėjant maisto medžiagų prieinamumui, o tikimybės maksimumas pasiekiamas ties aukštesnėmis reikšmėmis (~6). Taip pat šis buveinės tipas ryškiausiai susijęs su žemesnėmis šviesos poreikio bei dirvožemio reakcijos reikšmėmis, kur jo tikimybė yra itin aukšta, tikėtina, kad buveinę galima aptikti santykinai mažiau šviesos poreikio sąlygomis ir rūgštesniuose dirvožemiuose.

Stepinių pievų buveinė pasižymi aukšta tikimybe (~75%) mažai derlingose, oligotrofiškesnėse sąlygose, bei menkai rūgščiuose dirvožemiuose. Šis pievų tipas būdingesnis sausesnei 2 užliejimo klasei (~50%), panašų rezultatą atspindi ir panaši prognozuojama dirvožemio drėgmės tikimybė. Tuo

tarpu, ilgalaikių šienaujamų pievų buveinės labiausiai tikėtinos (~60%) vidutinio drėgnumo 5-6 dirvožemio vertėse bei dominuoja aukštos tikimybės 3-4 užliejimo klasėse. Į ją panaši buveinė (R22t) pasižymėjo platesnėmis amplitudėmis nei kitos buveinės. Tačiau pastebima, jog lyginant su R22, buveinė prognozuotomis tikimybėmis aplenkė maisto medžiagų prieinamume (50% siekia oligotrofiškesnėse vertėse), šviesos poreikyje (~45% siekia) ir užliejimo klasėje. Vietomis kreivė buvo artimesnė stepinių pievų prognozuotoms tikimybėms, kas leidžia manyti, kad ši buveinė iš dalies ir į stepinių pievų buveines, ypač užliejimo klasėje, kai didžiausios tikimybės pasiekiamos 1-2 klasėje ir dirvožemio drėgmėje (vertės mažesnės už 5).

Likusių buveinių, R35, R36, R55 aukščiausios tikimybės pasiekiamos dirvožemio drėgmės ir užliejimo klasės veiksmuose, kituose veiksmuose prognozuotos tikimybės išlieka santykinai nedidelės ir persidengusios. R55 aukščiausią tikimybę pasiekė ne kraštutiniai drėgnose, o labiau vidutinio drėgnumo – drėgnose sąlygose bei 4 užliejimo klasėje (~20% tikimybė), todėl užėmė tarpinę padėtį tarp mezofitinių ir šlapių buveinių. Tuo tarpu, R35 ir R36 aukštesnės drėgmės tikimybės (atitinkamai ~50% ir 75%) koncentravosi link aukštesnių verčių, atitinkamai ir užliejimo klasės vertės irgi buvo aukštesnės.

3.4. Rūšinės sudėties prognozavimas

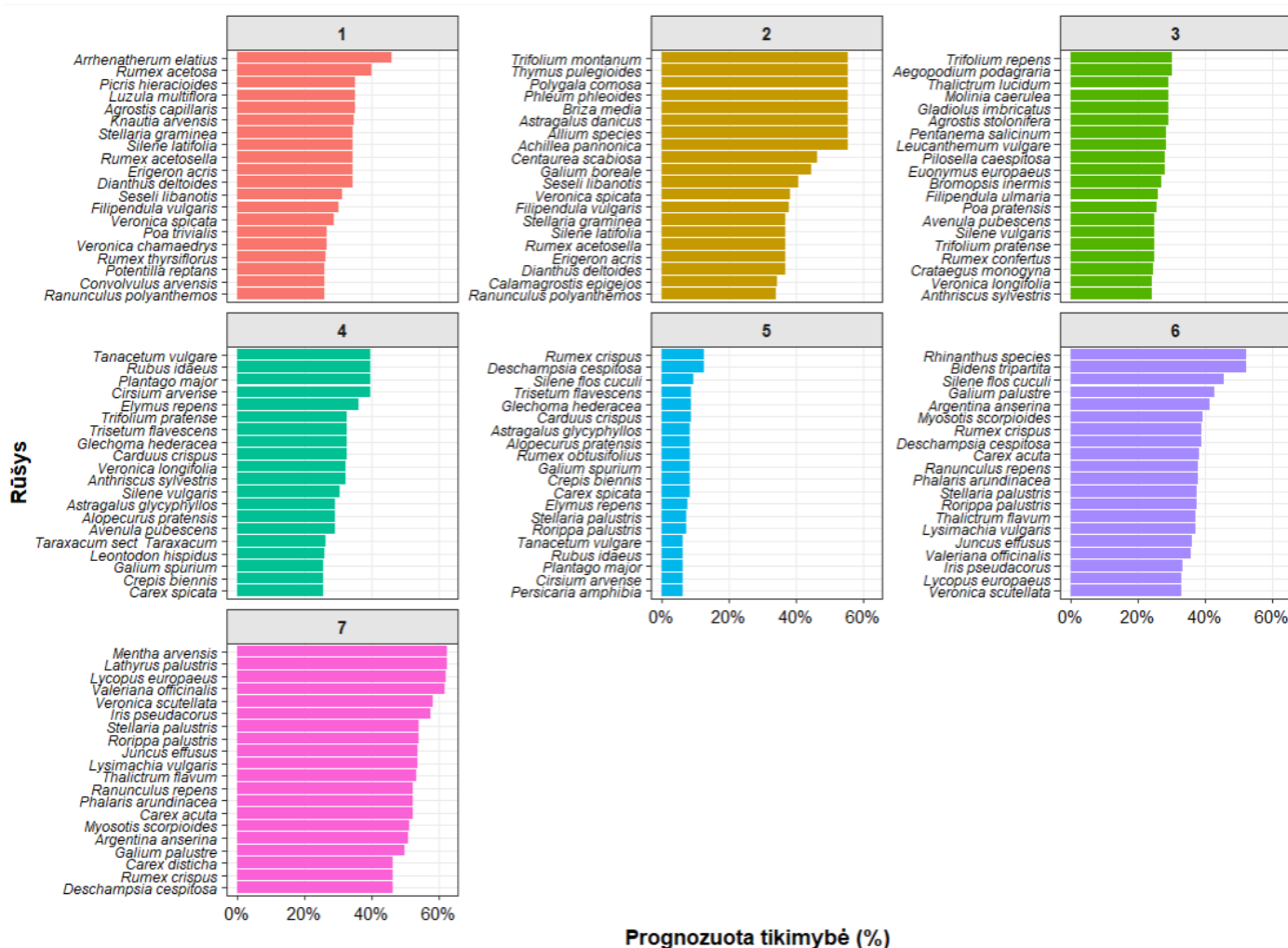
Bendras modelio tikslumas buvo nedidelis ir siekė tik 25 %. Modelio tikslumas nebuvo statistškai reikšmingai didesnis už atsitiktinio spėjimo tikimybę (*No Information Rate* 18,7 %, $p = 0,352$), todėl galima padaryti išvadą, jog modelis nepakankamai gerai sugebėjo išskirti rūšis užliejimo klasėms. Rezultatus reikėtų interpretuoti atsargiai, nes testavimo dalį sudarė nedidelė imtis, modelio vertinimui naudota tik 16 aprašymų duomenys, o atskiroms klasėms teko vos po 1–3 atvejus, dėl to klasėms apskaičiuoti rodikliai yra jautrūs pavienėms klasifikavimo klaidoms.

Klaidų matrica parodė, jog tiksliausi rezultatai gauti 7 klasei, kurios jautrumo reikšmė buvo sąlyginai aukšta (*Sensitivity* = 0,667) kiek mažesnės 3 ir 4 klasei (*Sensitivity* = 0,5). Todėl remiantis subalansuoto tikslumo rezultatais, tiksliausiai išskirtos į 3 (71,4 %), 4 (67,9%), 7 (67,9%) klases patenkančios rūšys. 1, 2, 5, 6 klasių jautrumas buvo lygus 0, modeliui sunkiai sekėsi išskirti rūšis, patenkančias į klases. Šioms klasėms subalansuotas tikslumas buvo 38,4 – 50 %, tačiau tokius rezultatus reikėtų verinti atsargiai, nes šiuo atveju tikslumas išauga dėl aukšto specifiškumo rodiklio. Aukštos specifiškumo reikšmės (*Specificity* 0,69 – 1) rodo, kad modelis vengė priskirti rūšis tam tikrai klasei, negu jas tiksliai nustatė.

Prognozuojamos rūšių tikimybės (3.4.1 pav.) kiekvienoje skirtingos užliejimo trukmės klasėje rodo tam tikrus dėsningumus. Remiantis prognozuojamomis 35-45 % tikimybės rūšimis 1 klasę atspindi mezofitinės rūšys (*Arrhenatherum elatius*, *Agrostis capillaris*, *Knautia arvensis*, *Stellaria graminea*), kurios yra vienos iš diagnostinių ilgalaikių šienaujamų pievų tipo (R22) rūšių (Chytry et al.,

2020). Kita dalis rūšių, pvz., *Rumex acetosella* ar *Picris hieracioides*, priskiriamos stepinių pievų (R1A) tipo diagnostinėms rūšims, kurios Lietuvoje auga neužliejamuose slėnių dalyse (Rašomavičius et al., 1998). Ši klasė atspindi neužliejamas ar praktiškai neužliejamas pievas, kuriose vyrauja mezofitinių pievų rūšių branduolys, vietomis pereinantį į sausesnių stepinių pievų rūšių sudėtį. Pastebima, kad tai gerai dera su buveinių tikimybių modeliu, kuriame trumpiausio užliejimo zonoje didesnę reikšmę turi šioje užliejimo trukmės klasėje išskiriamos tarpinio ilgalaikių šienaujamų pievų tipo (R22t) buveinės, pasižyminčios nevienalytėmis ekologinėmis sąlygomis.

Kita vertus, 2 klasėje aiškiai išsiskiria aukštomis prognozinėmis tikimybėmis rūšys: *Trifolium montanum*, *Thymus pulegioides*, *Polygala comosa*, *Phleum phleoides*, *Briza media*, *Centaurea scabiosa*, *Veronica spicata* ir t.t., kurios tiesiogiai sutampa su stepinių pievų (R1A) diagnostinių ir pastoviųjų rūšių kompleksu (Chytry et al., 2020). Lietuvoje šios rūšys sutinkamos epizodiškai užliejamose, aukštesnėse, gerai drenuojamu dirvožemiu pasižyminčiose slėnio vietose (Rašomavičius et al., 1998).



3.4.1 pav. Prognuozuojama rūšių tikimybė skirtingose užliejimo klasėse: 1 klasė – 0 d., 2 klasė– 0-7 d., 3 klasė – 7-14 d., 4 klasė – 14-30 d., 5 klasė – 30-150 d., 6 klasė – 150-300 d., 7 klasė – 300-365 d.

3 užliejimo klasė pasižymi mišria, labiau pereinamojo pobūdžio rūšine sudėtimi, nes joje aukščiausiomis tikimybėmis pasižymi tiek mezofilinės, tiek drėgnesnių buveinių rūšys: *Leucanthemum vulgare*, *Poa pratensis*, *Avenula pubescens*, *Trifolium pratense* rodo ryšį su ilgalaikėmis šienaujamosiomis pievomis (R22), o *Agrostis stolonifera*, *Filipendula ulmaria*, *Molinia caerulea* ir *Aegopodium podagraria* leidžia sieti šią klasę su drėgnesniais buveinių tipais – R35, R36 ir iš dalies R55.

Tuo tarpu, 4 klasė yra mažiau susijusi su vienu konkrečiu EUNIS buveinių tipu. Čia didelė aukštomis prognozinėmis tikimybėmis pasižyminčių ruderalinių rūšių gausa, aukščiausias tikimybes turėjo tokios rūšys kaip *Tanacetum vulgare*, *Rubus idaeus*, *Plantago major*, *Cirsium arvense*, *Elymus repens*, *Trisetum flavescens* ir *Glechoma hederacea*. Dalį rūšių galima sieti su R22 tipu, dalis patenka į drėgnesnių pievų tipus. Nitrofilinių rūšių gausa leidžia manyti, kad rūšinę sudėtį galėjo lemti ne vien užliejimo trukmė, pievos labiau buvo trikdomos antropogeninės veiklos.

5 klasė taip pat išsiskiria kaip pereinamojo pobūdžio, tačiau jos floristinėje sudėtyje jau daugiau drėgnas buveines indikuojančių rūšių požymių. Čia pasirodo *Deschampsia cespitosa*, *Silene flos-cuculi*, *Stellaria palustris*, *Rorippa palustris* ir *Persicaria amphibia*, kurios sutampa su R35 drėgnų mezotrofinių–eutrofinių šienaujamų pievų tipo diagnostinėmis rūšimis (Chytry et al., 2020), o *Persicaria amphibia* ir *Rorippa palustris* rodo priartėjimą prie ilgesnėje užliejimo trukmės zonoje tarpstančių buveinių tipų. Vis dėlto kartu dar išlieka nemažai mezofilinių ar nitrofilinių rūšių, pvz., *Alopecurus pratensis*, *Trisetum flavescens*, *Crepis biennis*, *Plantago major*, kas leidžia manyti, jog buveinės sutrikdytos. Be to, šioje klasėje daugumos rūšių prognozuotos tikimybės yra santykinai mažesnės nei kitose klasėse, todėl 5 klasė gali būti laikoma labiausiai nevienalyte ir floristiškai nestabilia pereinamąja zona, kurioje mezofilinių pievų rūšys jau traukiasi, bet ilgalaikį užliejimą toleruojančių rūšių kompleksas dar nėra iki galo susiformavęs.

Pastebima, jog 6 klasė jau aiškiai atspindi drėgnų ir ilgiau užliejamų buveinių rūšinę sudėtį. Didžiausiomis prognozuotomis tikimybėmis čia pasižymėjo *Bidens tripartita*, *Galium palustre*, *Myosotis scorpioides*, *Carex acuta*, *Rorippa palustris*, *Juncus effusus*, *Iris pseudacorus*, *Lycopus europaeus* ir *Veronica scutellata*. Šios rūšys labai gerai sutampa su R35 ir R36 rūšių kompleksais, o *Carex acuta*, *Iris pseudacorus*, *Lycopus europaeus* bei *Galium palustre* taip pat aiškiai artina šią klasę prie Q53 aukštųjų viksvynų (Chytry et al., 2020). *Phalaris arundinacea* ir *Lysimachia vulgaris* rodo ryšį ir su drėgnais aukštažolynais (R55), todėl 6 klasė gali būti interpretuojama kaip drėgnų pievų, drėgnų ganyklų ir viksvynų sandūros zona, kurioje jau dominuoja ilgalaikį užliejimą toleruojančios rūšys. Labiausiai prognozuojamą higrofilinę rūšinę sudėtį turi 7 klasė (300–365 d.), kuri atspindi ilgiausio užliejimo trukmės sąlygas. Didžiausiomis prognozuotomis tikimybėmis pasižymėjo *Mentha arvensis*, *Lathyrus palustris*, *Lycopus europaeus*, *Valeriana officinalis*, *Veronica scutellata*, *Iris pseudacorus*, *Stellaria palustris*, *Rorippa palustris*, *Juncus effusus*, *Lysimachia vulgaris*, *Carex acuta*, *Galium palustre* ir *Carex disticha*. Šių rūšių rinkinys labai gerai atitinka Q53 viksvynų, R35 drėgnų šienaujamų

pievų ir R36 drėgnų ganyklų rūšinį branduolį, o *Mentha arvensis*, *Lysimachia vulgaris*, *Valeriana officinalis* ir kai kurios kitos rūšys sutampa ir su R55 diagnostiniais požymiais. Skirtingai nei 6 klasėje, čia prognozuojama floristinė sudėtis yra dar aiškiau pasislinkusi link ilgalaikį užliejimą toleruojančių daugiamečių higrofitų, todėl 7 klasė gali būti laikoma drėgniausia ir labiausiai nuo ilgalaikio užliejimo priklausoma užliejimo gradiento dalimi.

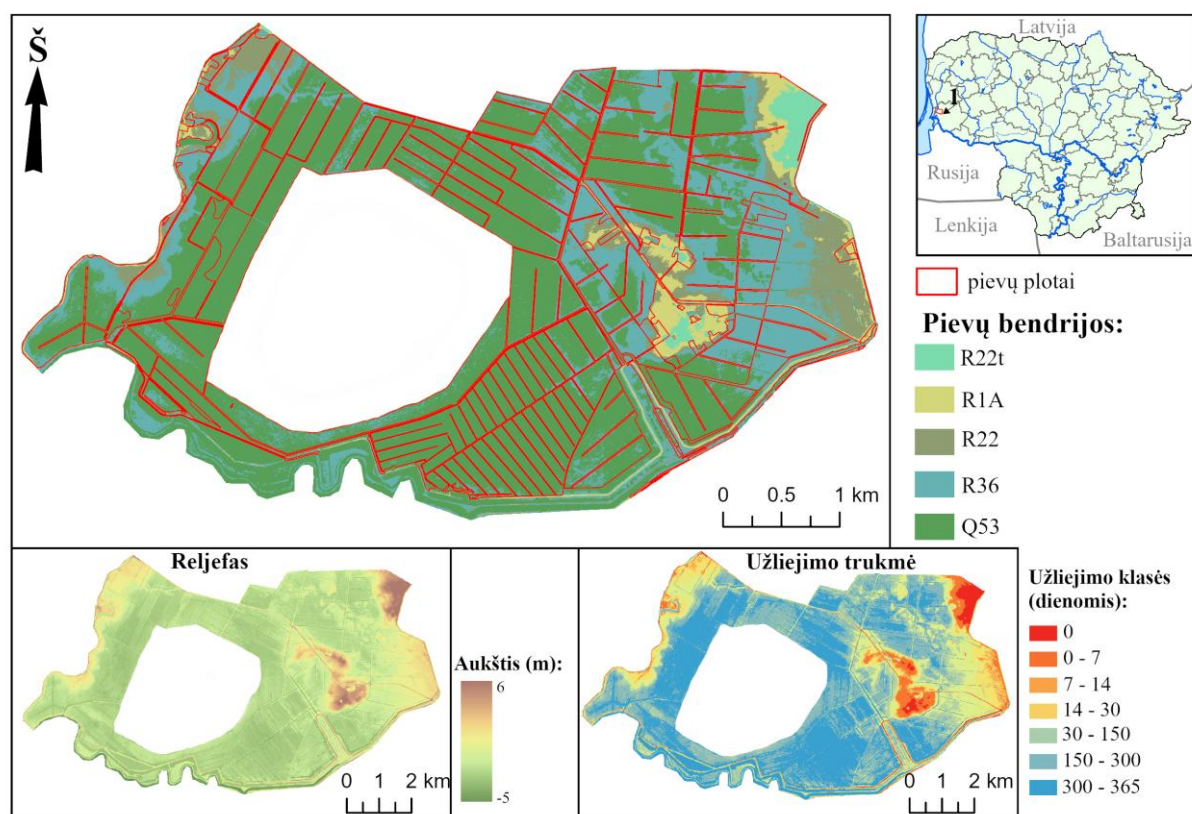
Apibendrinant galima teigti, jog 1-2 klasės aukščiausios rūšių tikimybės geriausiai atspindi neužliejamas mezofitines pievas ar stepines pievas. 3-5 klasės – žymi tarsi pereinamąją zoną, kadangi susimaišo tiek sausamėgės, tiek drėgnų pievų buveinių rūšys, o 6-7 kl. atspindi nuolatinį užmirkimą patiriančias pievų ar šlapynių augalų buveines.

3.5. Erdvinis pasiskirstymas

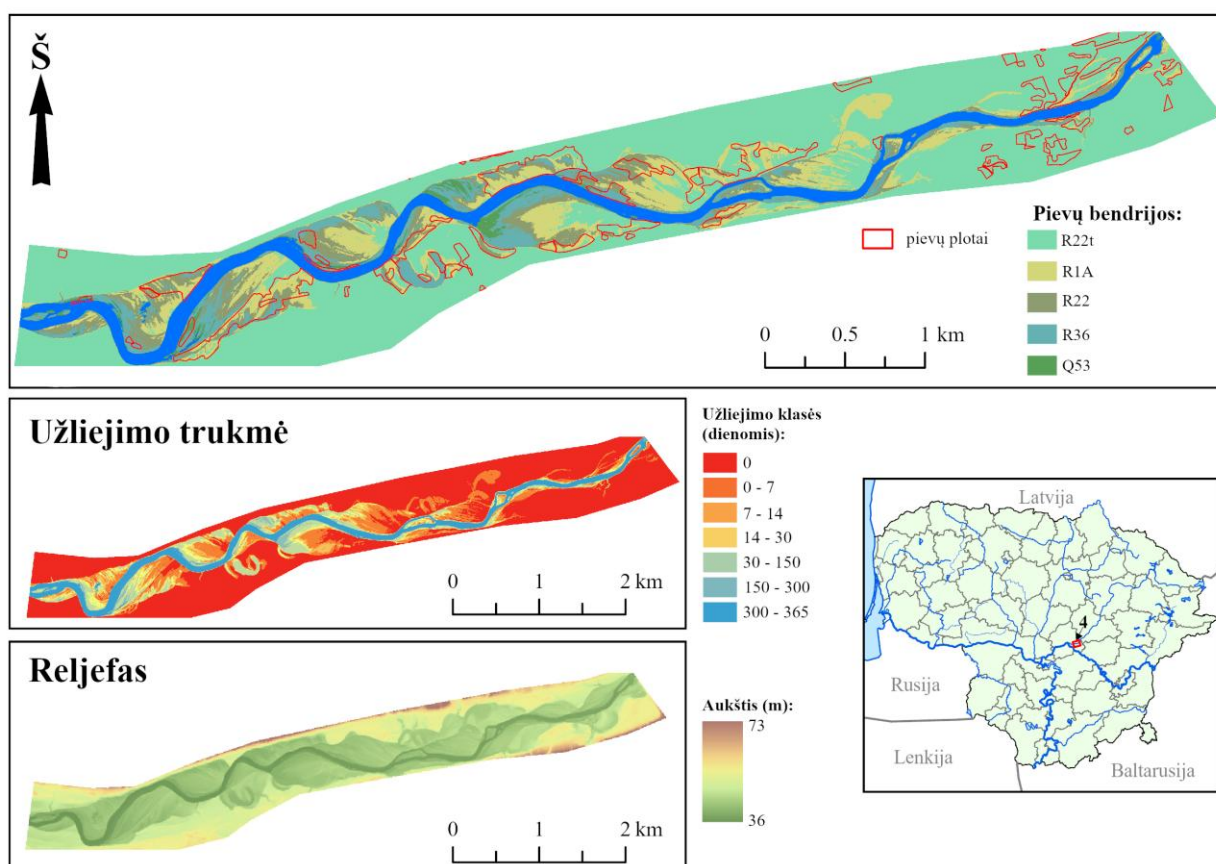
Analizuotos 4 tyrimo teritorijos hidrologiniu požiūriu jos yra šiek tiek skirtingos. Lyginant su kitomis tirtomis teritorijomis, Alkos polderis labiausiai išskiria, kadangi ši teritorija patenka ne į upės salpą, bet į Nemuno deltos žemumą didelė dalis patenka į ilgos (300-365 d.) užliejimo trukmės klasę, kas yra nulemta reljefo ypatybių, nes šioje deltos žemumos dalyje vyrauja 1-2 m aukščiai virš jūros lygio. Kitos upių slėnių atkarpos pasižymi labiau išreikštais slėniais, turinčiais įprastas reljefo morfologinės struktūras bei heterogeniškesnes užliejimo trukmės sąlygas, įtakojančias pievų buveinių struktūrą; vyravo daugiau trumpesnės užliejimo trukmės sąlygos. Minėtosios skirtingos upių slėnių gamtinės sąlygos nulėmė, jos pievų buveinių pasiskirstymas tarp tyrimo teritorijų šiek tiek skyrėsi.

Analizuojant buveinių pasiskirstymą pastebima, kad vienose teritorijose išsiskyrė aiškiai dominuojantis tipas, kitose buveinės buvo mozaikiškesnės, sudarė smulkesnius ruožus salpoje. Drėgniausių pievų buveinių gausa išsiskiria Alkos polderis (3.5.1 pav.), kur ilgiausių užliejimų klasėse (>150 d.) vienareikšmiškai dominuoja aukštųjų viksvų buveinės (Q53), užimančios centrinę poligono dalį. Aukštesnėse vietose, kur užliejimo trukmė virš 30 d., vyrauja drėgnos ir šlapios mezotrofinės ir eutrofinės ganyklų buveinės (R36), įsikūrusios rytinėje dalyje aplink Alkos gyvenvietę, ištisinį arealą galima sutikti vakarinėje dalyje ties Minijos vaga.

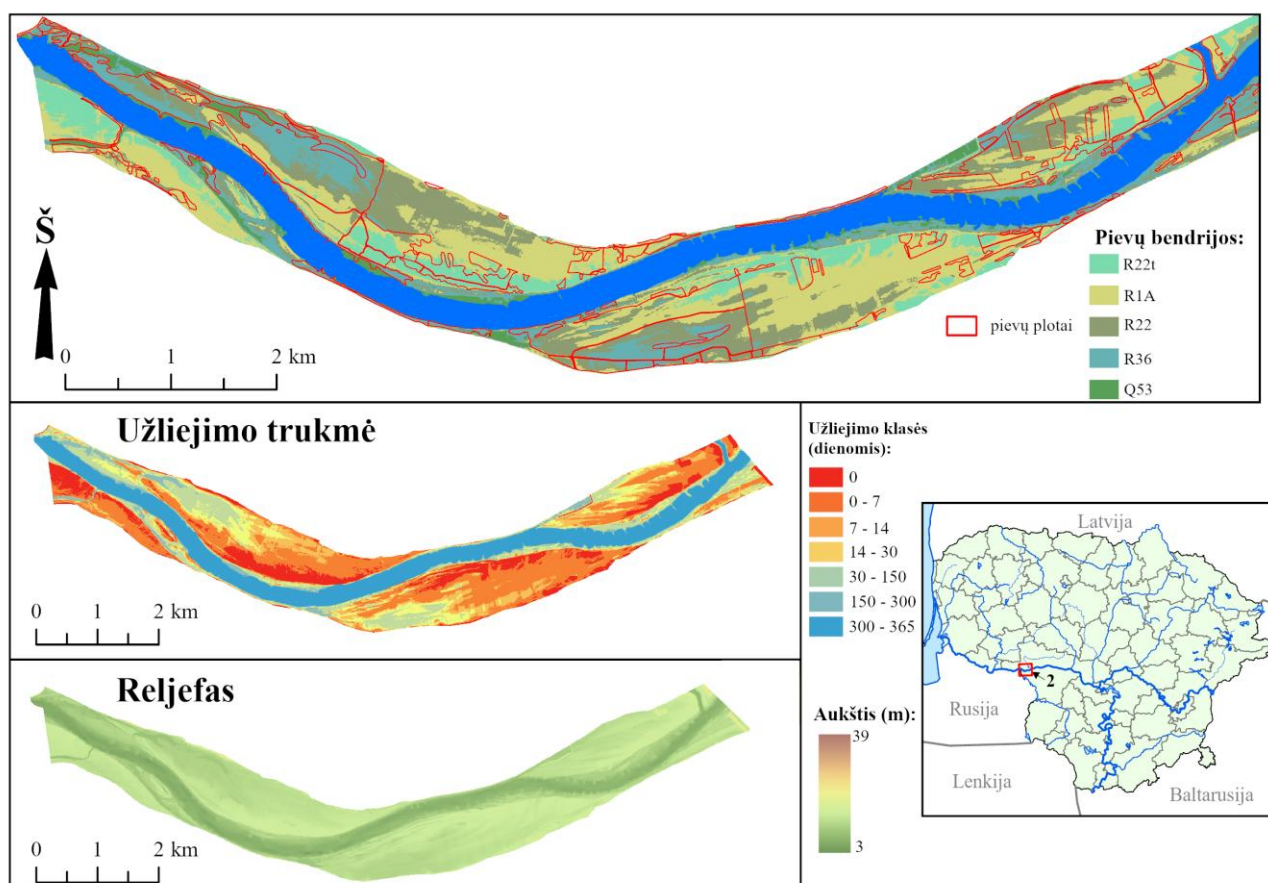
Šventosios slėnio atkarpoje esančios pievų buveinės pasižymėjo mozaikiškesne struktūra. Miškingame Šventosios upės slėnyje pievos paplitusios fragmentiškai arba sudarančios pavienius plotelius, lyginant su tyrimo vietomis Alkoje, pačių pievų plotai yra smulkūs, stambiausi masyvai išlikę ten, kur vykdoma žemės ūkio veikla. Slėnio struktūra viena iš labiausiai komplikuočių mikroliejfo atžvilgiu, dėl smulkių reljefo formų priklausomos užliejimo trukmės, čia susidarė itin nevienalytis buveinių pasiskirstymas, kuris atsispindėjo smulkiomis, fragmentuotomis ir tarpusavyje persipynusiomis pievų buveinėmis. Iškilėsnėse pavaginės ir centrinės salpos juostose dominavo stepinių pievų buveinės, trumpesnės 0-14 dienų užliejimo trukmės zonose. Žemesnėse, labiau užmirkstančiose centrinės, priežemyninės salpos juostos.



3.5.1 pav. Prognozuojamas erdvinis pievų buveinių pasiskirstymas Alkos polderyje.



3.5.2 pav. Prognozuojamas erdvinis pievų buveinių pasiskirstymas Šventosios slėnio atkarpoje ties Upninkėliais.

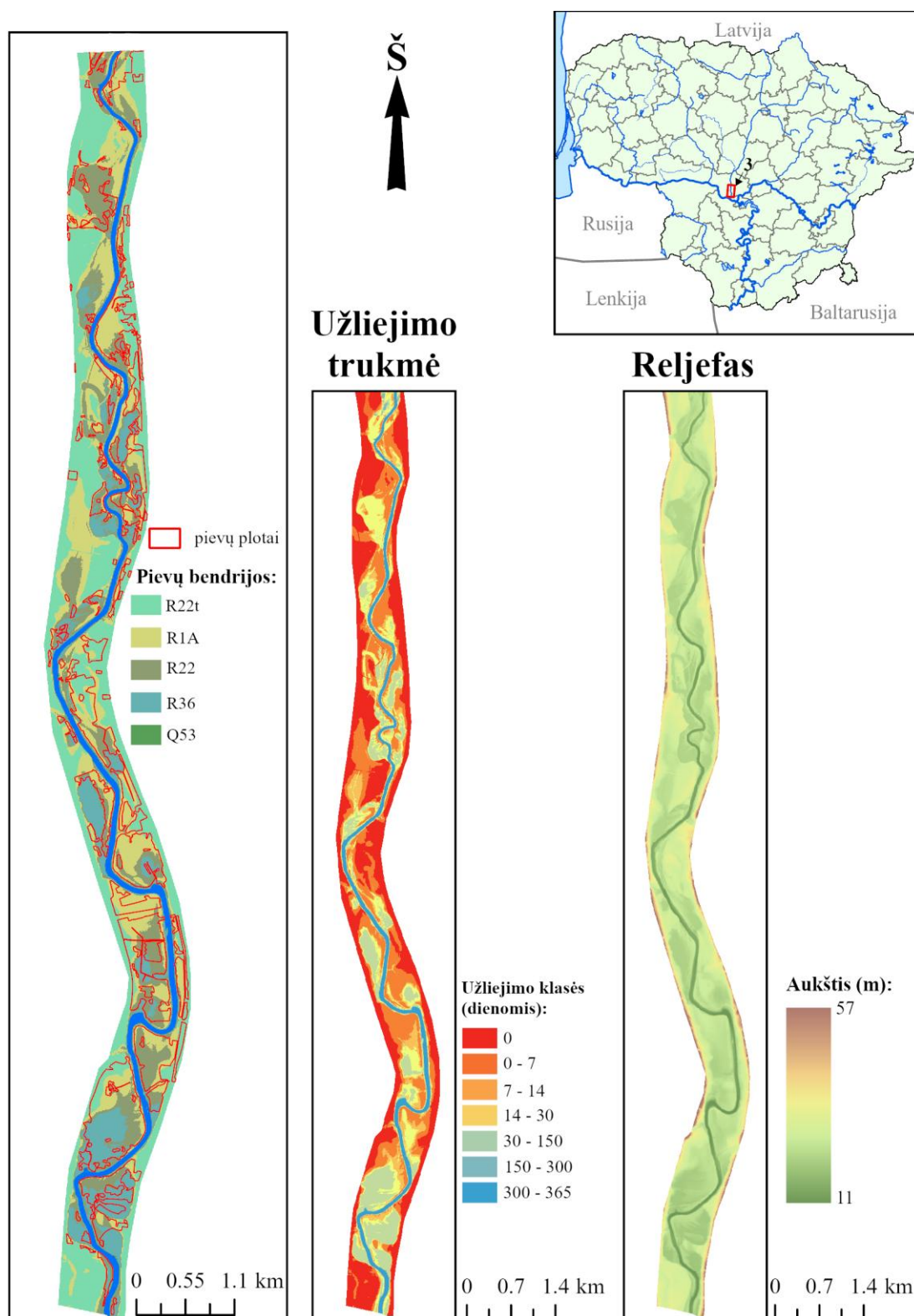


3.5.3 pav. Prognozuojamas erdvinis pievų buveinių pasiskirstymas Nemuno slėnio atkarpoje Jurbarkas-Smalininkai.

zonose vyravo R36 ir Q53 buveinės. Šiaurės rytinėje upės slėnio dalyje, pievos buvo labiau vienalytiškesnės, buvo daugiausia sutinkamos panašios į ilgalaikes šienaujamas pievas buveinės.

Nemuno slėnyje buveinės pasiskirsčiusios didesniais tarpusavyje susijusiais plotais, todėl čia aiškiausiai atsiskleidžia buveinių kaita per visą salpos profilį. Ties Greičiais, Sudargu ir Jurbarku, didesniuose pievų masyvuose ryškiausiai pasireiškė kontrastas tarp aukštesnių salpos dalių, kuriose vyravo mezo-kserofitinės, mezofitinės buveinės, ir žemesnių centrinės, priežemyninės salpos segmentų, kur daugėjo drėgnų ir šlapių pievų tipų. Aplink senvaginius ežerėlius koncentravosi R36 buveinė, kuri šiaurės vakarinėje dalyje ties Smalininkais, buvo jau labiau susitelkusi tie pavagiu. R1A ir dalį R22t buveinių daugiausia buvo galima sutikti 0-7 d. užliejimo klasėse, R22 dominavo 7-14 d. ir 14-30 d. zonose. Q53 šiame Nemuno ruože nėra labai plačiai išplitusi ir labiau susijusi su lokaliai susitelkusiomis žemiausiose 150-300 d. užliejimo trukmės zonomis.

Nevėžio slėnis išsiskyrė tuo, kad palyginus pievų plotų padėtį su kitomis teritorijomis, dauguma pievų masyvų daugiausia sutapo su trumpesnio ir vidutinio užliejimo zonomis, t. y. su 0-7 d., 7-14 d., 14-30 d. klasėmis. Tik pietinėje teritorijos dalyje keletas didesnių masyvų buvo sutinkami 30-150 d. zonoje. Dėl to visame slėnyje vyravo vidutinio drėgnumo buveinių deriniai. Stepinės pievos Nevėžio



3.5.4 pav. Prognozuojamas erdvinis pievų buveinių pasiskirstymas Nevėžio slėnio atkarpoje Stabaunyčius-Užliedžiai.

atkarpos pievų plotuose užėmė didelę plotų dalį. Jų daugiausiai aptinkama didesniais tarpais įsiterpusių į aukštesnes, nuo žemiausios salpos dalių labiau nutolusiose pievų dalyse. Ši buveinė dažniausiai nebuvo visiškai homogeniška – į stepines buveines įsiterpė R22, R22t, R36 pievų fragmentai. Ilgalaičių šienaujamų pievų buveinių santalkos vietomis sudarė kompaktiškesnius masyvus. R36 buvo

labiau susijusi su žemesniais salpos lygmenimis, dažnai išsidėstę ištįsiais fragmentais palei vagą, senvagių vietose ir pažemėjimuose.

Taigi, tos pačios buveinės skirtingose teritorijose įgijo nevienodą erdvinę raišką, kurių struktūrą nulėmė konkrečios teritorijos geomorfologinė ir hidrologinė sandara. Skyrėsi ne tik buveinių užimamas plotas, bet ir jų vaidmuo salpos lygmenyse: vienur jos buvo labiau dominuojančios, kitur labiau pereinamosios ar tik lokaliai susitelkusios buveinės.

4. Rezultatų aptarimas

Ekologinių veiksnių analizė parodė, kad tirtų pievų buveinių diferenciacija susijusi su hidrologiniais rodikliais. DCA ordinacinėje erdvėje pirmoji ašis atspindėjo drėgmės ir užliejimo trukmės įtaką, o antroji – maisto medžiagų prieinamumą. Tuo pačiu, modelyje didžiausią reikšmę turėjo dirvožemio drėgmė ir užliejimo trukmė. Todėl galima teigti, kad modeliavimo rezultatai gali būti interpretuojami kaip 3.2 skyriuje nustatytų ekologinių dėsningumų patvirtinimas. Tai sustiprina išvadą, kad tirtų upių slėnių pievų buveinių diferenciacija ir erdvinis pasiskirstymas yra priklausomi nuo hidrologinių sąlygų. Kita vertus, tai patvirtina jau seniau pagrįstas nuostatas apie drėgmės rodiklio svarbą Lietuvos bendrijų įvairovei (Rašomavičius, 1998; Uogintas, 2021). Tokios tendencijos dera su anksčiau regionuose atliktais tyrimais, kuriuose nurodoma, kad slėnių augalijos pasiskirstymą lemia pirmiausiai hidrologiniai aspektai: drėgmės gradientai, potvynių dažnis ir trukmė, gruntinio vandens lygis, o kiek mažesnė reikšmė tenka reljefui ir dirvožemio savybėms (Beumer et al., 2008; Gattringer et al., 2019; Xu et al., 2019; Appledorn et al., 2019; Erzfeld et al., 2025). Vis dėlto prognozuotos ekologinės sąlygos neturėtų būti suprantamos kaip griežtos konkrečių buveinių ekologinės ribos. Kai kurių buveinių tikimybės persidengė, ypač pagal šviesos ir temperatūros rodiklius, kurie modelyje buvo mažai svarbūs.

Vertėtų akcentuoti, kad dirvožemio drėgmė ir užliejimo klasė nėra vienas nuo kito nepriklausomi veiksniai. Upių slėniuose ilgesnė užliejimo trukmė dažniausiai susijusi su didesniu dirvožemio užmirkimu, aukštesniu gruntinio vandens lygiu ir lėtesniu vandens pasišalinimu iš žemesnių salpos dalių. Todėl šių veiksnių svarba modelyje greičiausiai atspindi bendras hidrologines tendencijas, o ne du visiškai atskirus augalijos pasiskirstymą lemiančius procesus. Panaši sąsaja nurodoma ir kituose tyrimuose, kuriuose užliejimo trukmė, dirvožemio drėgmė ir gruntinio vandens lygis vertinami kaip tarpusavyje susiję veiksniai, formuojantys upių slėnių pievų augalijos zoniškumą (Beumer et al., 2008; Gattringer et al., 2019; Appledorn et al., 2019; Erzfeld et al., 2025).

Nors panaši į ilgalaikės šienaujamas pievas buveinė (R22t) buvo išskirta kaip atskira, tačiau statistiškai reikšmingų skirtumų nebuvo nustatyta. Abi grupės ordinacinėje erdvėje išsidėstė greta todėl jų floristinė sudėtis ir ekologinės sąlygos laikytinos panašiomis. Dėl šios priežasties naujai išskirta buveinė neturėtų būti interpretuojama kaip aiškiai savarankiškas buveinės tipas, veikiau tai pereinamoji arba neapibrėžta R22 tipo pievoms artima grupė.

Šiame darbe pievų buveinių ir rūšinės sudėties prognozavimui buvo pasirinktas atsitiktinių miškų metodas (*Random forest*), kuris plačiai naudojamas ieškant įvairių dėsningumų ekologinio tipo duomenyse. Pavyzdžiui, kai ryšiai tarp augalijos ir aplinkos veiksnių yra netiesiniai, bet sąveikaujantys tarpusavyje. Pievų buveinių prognozavimo modelis pasiekė 64,7 % bendrą tikslumą. Atsižvelgiant į sąlyginai nedidelį ir nevienodą duomenų rinkinį (modelio mokymo rinkinį sudarė 49 aprašymai, o

testavimo rinkinį – 17 aprašymų), šį rezultatą galima laikyti ganėtinai geru, nors jis tikslumu nusileido kitiems tyrimams. Rezultatai yra jautrūs pavienėms klasifikavimo klaidoms, nes vienas klaidingas priskyrimas nedideliame testavimo rinkinyje gali pakeisti bendrą modelio našumą maždaug 6 procentiniais punktais. Šio tyrimo, buveinių imtys buvo nevienodos, problemos neišsprendė nei taikyta duomenų stratifikaciją nei klasių disbalanso kompensavimas, kelis aprašymus turinčios buveinės išliko sunkiau atpažįstamos. Nepaisant mažesnio bendro tikslumo, tai paaiškina, kodėl modelis geriau prognozavo aiškiau ekologiškai atsiskiriančias buveines: stepines pievas, ilgalaikes šienaujamas pievas, aukštųjų viksvų sąžalynus.

Dėl hidrologinių sąlygų ir skirtingų slėnių formų Lietuvoje susiformuoja mozaikiška bendrijų struktūra, o tai labai svarbu interpretuojant šio darbo rezultatus ir atsižvelgiant į apsunkintą modeliavimo procesą. Peters et al. (2007) modeliudami Belgijos upių slėnių augalijos tipus pastebi, kad *Random forest* prognozės buvo patikimesnės homogeniškuose augalijos plotuose, tačiau mažiau tikslios pereinamosiose zonose, izoliuotuose pievų lopinėliuose ar ekotoninėse bendrijose. Kitaip tariant, modelis galėjo klysti ten, kur ir pačioje gamtoje buveinių ribos nėra aiškios.

Lyginant su užsienio tyrimais, ypatingai svarbu atsižvelgti į naudotą mašininio mokymo algoritmą, bet ir analizėje naudojamą duomenų tipą. Rapinel et al. (2019) Prancūzijos užliejamose pievose naudodami palydovinius Sentinel-2 duomenis bei RF algoritmą 7 augalų bendrijoms klasifikuoti pasiekė 71 % modelio tikslumą. Autoriai pabrėžė, kad diferencijuojant bendrijas svarbu ne vien spektrinė informacija, tačiau prie to prisideda sezoninė spektrinio signalo dinamika, bet ir užliejimo trukmės įtaka. Šiame kontekste, 64,7 % tikslumas nedaug atsilieka nuo tyrimo, kuriame naudota dvigubai didesnė lauko aprašymų dalis ir įtraukti palydoviniai duomenys.

Panaši tendencija matoma ir kituose pievų buveinių modeliavimo tyrimuose. Lenkijoje taikant Sentinel-2 duomenis ir skirtingus mašininio mokymo algoritmus pasiekti 85,5 % ir 87,5 % tikslumo rezultatai (Marcinkowska-Ochtyra et al., 2023), tuo tarpu taikant hiperspektrinius ir LiDAR duomenis kartu su RF modelio Kappa reikšmės siekė apie 0,70–0,77, o atskirų buveinių rodikliai – apie 0,8–0,85 (Demarchi et al., 2020). Šie rezultatai rodo, kad didesnis modelių tikslumas pasiekiamas tada, kai į analizę įtraukiami papildomi erdviniai, palydoviniai nuotolinių stebėjimų duomenys ir iš jų išvestiniai kintamieji. Kadangi šiame darbe modelis buvo paremtas Elenbergo indikatorinėmis vertėmis ir užliejimo klasėmis, mažesnis tikslumas yra labai tikėtinas, nes modelis turėjo mažiau informacijos, kuria remdamasis galėjo geriau diferencijuoti smulkesnes, tarpusavyje persidengiančias buveines. Interpretuojant ekologinių veiksnių reikšmę svarbu atsižvelgti į tai, kad dalis naudotų kintamųjų buvo išvesti iš rūšių sudėties laukeliuose. Tokie rodikliai gerai apibendrina buveinių ekologinius poreikius ir leidžia palyginti skirtingus aprašymus, tačiau, visgi egzistuoja jų priklausomybė nuo rūšinės sudėties.

Rūšinės sudėties prognozavimo rezultatai gerokai silpnesni nei buveinių modelio: bendras modelio tikslumas siekė 25 %. Rūšių lygmens modeliavimas, yra sudėtingesnis, nes kelios rūšys dažnai turi platesnes ekologines amplitudes ir gali būti aptinkamos keliose užliejimo klasėse. Buveinių lygmenyje modelis vertina ekologinių veiksnių kompleksą, todėl gaunami daug stabilesni rezultatai. Priešingai, rūšių lygmenyje modelis turi atskirti daug smulkesnius skirtumus, kuriems reikia didesnės imties, tikslesnių aplinkos duomenų. Tai patvirtina Lu & He (2017) tyrimas, kuriame rūšių klasifikavimui heterogeniškose pievose naudoti labai aukštos erdvinės raiškos bepiločių orlaivių vaizdai. Šiame tyrime pievų augalų rūšys buvo naudojamos modelio apmokymui ir testavimui, o modelis jas atskyrė pagal vaizduose užfiksuotus spektrinius ir erdvinius požymius. Tyrime pabrėžiama, kad rūšinio lygmens klasifikavimui reikia aukštos skiriamosios gebos ir kitų labai detalių ekologinių duomenų (Lu & He, 2017). Atsižvelgiant į modeliavime naudotą vieną kintamąjį tampa aišku, kad to neužtenka pasiekti geriems rezultatams, o pačius rezultatus reikėtų vertinti kaip preliminarus.

Svarbu atsižvelgti į tai, kad vertinant užsienyje atliktus pievų buveinių ir jų rūšinės sudėties prognozavimo tyrimus svarbu atskirti, kokį vaidmenį juose atliko rūšinė sudėtis. Anksčiau aptartuose nuotolinių stebėjimų tyrimuose rūšinė sudėtis nebuvo ignoruojama, tačiau dažniausiai ji buvo naudojama bendrijų ar buveinių klasėms apibrėžti, mokymo duomenims sudaryti ir rezultatams patikrinti. Pats modeliavimas daugiausia rėmėsi spektriniais, daugialaikiais, hiperspektriniais, LiDAR ar SAR duomenimis. Šiame darbe rūšinė sudėtis į analizę įtraukta tiesiogiai: pievų buveinės buvo išskirtos pagal lauko augalijos aprašymus, o rūšinės sudėties prognozavimas vertino rūšių pasiskirstymą skirtingose užliejimo klasėse.

Didelė praktinė šio darbo vertė yra vieni pirmųjų žingsnių link lauko tyrimų optimizavimo. Iš praktinės pusės šio darbo rezultatai rodo, kad tokio tipo modeliai gali pasitarnauti kaip pagalbinių priemonė planuojant lauko tyrimus ir buveinių stebėseną. Modeliavimas leidžia iš anksto numatyti tikėtinas buveinių ar rūšių paplitimo zonas, todėl gali padėti tikslingiau planuoti maršrutus ir efektyviau paskirstyti lauko darbų laiką – užtektų atrinkti prioritетines patikros vietas. Pavyzdžiui, tai ypač aktualu įgyvendinant Europos Bendrijos buveinių direktyvą, vertinant buveinių monitoringo duomenis, galimus jų ekologinius pokyčius, paplitimą Natura 2000 teritorijose, esančiose upių slėniuose. Taip pat šio tyrimo rezultatai patvirtina užliejimo trukmės, kaip rodiklio, tinkamumą analizuojant augalijos pasiskirstymą slėniuose, kadangi pats rodiklis apibendrina tarpusavyje susijusius aplinkos veiksnus: vandens lygius ir reljefo padėtį.

Apibendrinant, atsitiktinių miškų metodas šiame darbe pasiteisino buveinių lygmens prognozavimui, nes leido patikimai atskirti buveines, į kurias pateko daugiausiai aprašymų. Vis dėl to, tai yra nedidelės apimties tyrimas – prognozavimo rezultatai turi būti vertinami atsargiai. Idealiu atveju, tikslesniam buveinių prognozavimui ar kartografavimui kiekvienam slėniui reikėtų surinkti atskiras reprezentatyvias imtis. Užliejimo klasės yra per stambus kintamasis rūšių lygmeniui, tačiau tinkamas

buveinių lygmeniui. Ateities tyrimuose didinant modelio patikimumą būtų galima plėsti lauko aprašymų skaičių, tolygiau aprašymus paskirstant tarp užliejimo klasių, jungiant labai mažas klases ir buveines, papildomai įtraukiant topografinius indeksus, dirvožemio duomenis, taip pat nuotolinių stebėjimų duomenis. Neabejotinai, į rūšinės sudėtis modeliavimą įtraukti ne visas rūšis, o ekologines rūšių grupes: higrofitus, mezofitus, kserofitus, diagnostines rūšis arba rūšis, turinčias didelį prieraishumo koeficientą. Taip būtų išvengta netikslingų rūšių įtraukimo, kurių buvimas sumažino modelio diferenciacines galimybes.

Išvados

1. Visuose keturiuose tirtų upių slėnių ruožuose išskirtos 9 užliejimo trukmės zonos (0–365 d.). Alkos polderis Nemuno deltoje išsiskyrė itin ilga užliejimo trukme. Nemuno, Nevėžio ir Šventosios slėniuose vyravo trumpesnio bei vidutinio užliejimo sąlygos su ryškesne klasių kaita per salpos profilį.
2. Tyrimo metu buvo išskirtos 7 pievų buveinių tipai pagal EUNIS klasifikaciją. Dominavo aukštųjų viksvų sąžalynai (Q53), ilgalaikės šienaujamos pievos (R22), kiek mažiau stepinėms pievoms (R1A). 19,7 % teko naujai išskirtai panašiai į ilgalaikes šienaujamas pievas buveinei (R22t). Kitoms buveinės užėmė nedidelę procentinę visų aprašymų dalį.
3. Sintaksonominiu lygmeniu dauguma aprašymų priklausė *Molinio-Arrhenatheretea* ir *Phragmito-Magnocaricetea* klasėms, mažiausiai teko *Festuco-Brometea* ir *Artemisietea vulgaris*, likusių bendrijų nebuvo galima priskirti jokiai konkrečiai augalijos klasei.
4. Tirtų pievų buveinių rūšinė sudėtis skyrėsi tiek kiekybiškai, tiek kokybiškai. Q53 buveinė pasižymėjo statistiškai reikšmingai mažesniu rūšių skaičiumi ir žemesnėmis įvairovės indeksų reikšmėmis nei R1A, R22 ir R22t buveinės. Stepinių pievų (R1A) buveinė išsiskyrė didžiausia diagnostinių rūšių gausa (18 prierašių rūšių).
5. Pievų augalijos pasiskirstymo dėsningumus upių slėniuose labiausiai lėmė hidrologiniai veiksniai – dirvožemio drėgmė ir užliejimo trukmė.
6. Pievų buveinių prognozavimo modelio bendras tikslumas siekė 64,7 % ir buvo statistiškai reikšmingas. Geriausiai prognozuotos ekologiškai ryškiausiai atsiskiriančios buveinės R1A, R22, Q53. Kitų buveinių modelis nesugebėjo diferencijuoti dėl persidengiančių augalų rūšių derinių.
7. Rūšinės sudėties prognozavimo modelio 25 % bendras tikslumas nebuvo statistiškai reikšmingas, tačiau prognozuotos rūšių tikimybės atskleidė pasiskirstymo dėsningumus pagal užliejimo trukmę: trumpiausio užliejimo klasėse (0–7 d.) vyravo stepinių pievų diagnostinės rūšys (*Thymus pulegioides*, *Briza media*, *Polygala comosa*), vidutinio užliejimo (14–30 d.) – pereinamojo pobūdžio sudėtis su drėgnesnių buveinių indikatoriais (*Filipendula ulmaria*, *Deschampsia cespitosa*), o ilgiausio užliejimo (150–365 d.) – higrofitinės rūšys, atitinkančios Q53 ir R35 diagnostinių rūšių kompleksus (*Carex acuta*, *Carex disticha*, *Iris pseudacorus*, *Galium palustre*).
8. Sudaryti prognoziniai žemėlapiai atskleidė skirtingą pievų buveinių erdvinę struktūrą tyrimo teritorijose: Alkos polderyje dominavo homogeniški Q53 masyvai, Nemuno slėnyje – nuosekli buveinių kaita per salpos profilį, Šventosios slėnyje – mozaikiška struktūra su stepinių pievų intarpais, o Nevėžio slėnyje vyravo vidutinio drėgnumo buveinių deriniai.

Padėka

Nuoširdžiai dėkoju darbo vadovui dr. Domui Uogintui už skirtą laiką, kantrybę, vertingas pastabas ir pagalbą rengiant šį darbą. Taip pat dėkoju LHMT darbuotojai Ingai Filipsons už suteiktus hidrologinius duomenis.

VILNIAUS UNIVERSITETAS
GYVYBĖS MOKSLŲ CENTRAS**Vasarė Tamašauskaitė**

Magistro baigiamasis darbas

**Erdviniai pievų augalijos pasiskirstymo dėsningumai Nemuno, Nevėžio ir Šventosios upių
slėniuose**

SANTRAUKA

Lietuvoje biologiškai vertingos upių slėnių pievos patiria vis didesnę aplinkos spaudimą, nes dabartiniai žemės ūkio veiklos pokyčiai, buveinių fragmentacija kelia grėsmę šių ekosistemų išlikimui. Atsižvelgiant į sparčiai nykstančius buveinių plotus tampa aišku, kad jų išsaugojimui, tvarkymui ir stebėsenai būtinas geresnis augalijos pasiskirstymo dėsningumų ir juos lemiančių veiksnių supratimas. Modeliavimas leidžia vertinti šiuos dėsningumus platesniame kontekste ieškant atsakymo apie buveinių struktūrą ir jos ryšį su hidrologinėmis sąlygomis.

Šiuo darbu siekiame kompleksiskai sujungti hidrologinį modeliavimą, lauko tyrimus, statistinius ir mašininio mokymo metodus siekiant ištirti pievų augalijos erdvinius ryšius Nemuno, Nevėžio ir Šventosios upių slėniuose. Darbo uždaviniai: (1) nustatyti tirtų upių slėnių atkarpų užliejimo trukmę; (2) įvertinti pievų augalijos bendrijų įvairovę ir rūšinę sudėtį; (3) nustatyti užliejimo bei kitų pagrindinių ekologinių veiksnių įtaką pievų augalijos pasiskirstymo dėsningumams upių slėniuose; (4) sudaryti pievų augalijos paplitimo modelinius žemėlapius. Tam pasitelkiama 30 metų hidrologiniai duomenys, aukštos skiriamosios gebos skaitmeninis reljefo modelis, kurie panaudojami užliejimo trukmės modelio generavimui. Šis modelis tampa pagrindu lauko tyrimų duomenims surinkti. Pievų bendrijų klasifikacijai taikomos ekspertinės sistemos, buveinių ekologiniai skirtumai įvertinti statistiniais metodais, o buveinių bei rūšinės sudėties prognozavimui taikytas atsitiktinių miškų (RF) modelis.

Darbo metu buvo išskirtos 9 užliejimo trukmės zonos (0–365 d.), iš 66 tyrimo laukelių identifikuotos 165 augalų rūšys ir 7 EUNIS pievų buveinės, tarp kurių – tyrimo metu pirmą kartą išskirta buveinė su tarpiniais floristiniais požymiais. Pievų augalijos pasiskirstymo dėsningumus upių slėniuose labiausiai lėmė hidrologiniai veiksniai – dirvožemio drėgmė ir užliejimo trukmė. Buveinių lygmeniu taikyto atsitiktinių miškų modelio prognozavimo tikslumas siekė 64,7 %, o rūšinės sudėties – 25 %. Prognoziniai žemėlapiai atskleidė skirtingą buveinių erdvinę struktūrą tyrimo teritorijose.

Šio darbo reikšmingumas atsiskleidžia keliais aspektais. Metodiskai darbe pademonstruota, kad net ir su santykinai nedidele lauko aprašymų imtimi galima pasiekti ganėtinai gerą buveinių prognozavimo tikslumą, o užliejimo trukmė patvirtinta kaip tinkamas kiekybinis rodiklis augalijos tyrimuose. Sudaryti prognoziniai žemėlapiai gali būti tiesiogiai panaudoti buveinių inventorizavimui ir stebėsenai taupant lauko tyrimų sąnaudas.

VILNIUS UNIVERSITY
LIFE SCIENCES CENTER

Vasarė Tamaškauskaitė

Master's thesis

Spatial Patterns of Grassland Vegetation in the Valleys of the Nemunas, Nevėžis and Šventoji Rivers

ABSTRACT

In Lithuania, biologically valuable river valley grasslands are increasingly exposed to environmental pressures, as changes in agricultural practices and habitat fragmentation threaten the persistence of these ecosystems. Given the rapid decline in the extent of these habitats, their conservation, management, and monitoring require a better understanding of vegetation distribution patterns and the environmental factors shaping them. A spatial approach provides broader insight into habitat structure and its relationship with hydrological conditions.

This study integrates hydrological modelling, field surveys, statistical analyses, and machine learning methods to investigate the spatial relationships of grassland vegetation in the valleys of the Nemunas, Nevėžis, and Šventoji Rivers. The objectives were: (1) to determine flood duration in the investigated river valley sections; (2) to assess the diversity and species composition of grassland communities; (3) to identify the influence of flooding and other key ecological factors on vegetation distribution patterns; and (4) to develop predictive maps of grassland vegetation distribution. For this purpose, 30 years of hydrological data and a high-resolution digital elevation model were used to generate a flood duration model, which provided the basis for field data collection. Grassland habitats were classified using expert systems, ecological differences among habitats were assessed statistically, and a random forest (RF) model was applied to predict habitat distribution and species composition.

Nine flood duration zones (0–365 days) were distinguished during the study. Based on 66 study plots, 165 plant species and seven EUNIS grassland habitat were identified, including a habitat with intermediate floristic characteristics distinguished for the first time in this research. Grassland vegetation distribution patterns in river valleys were primarily determined by hydrological factors, particularly soil moisture and flood duration. The predictive accuracy of the random forest model reached 64.7% at the habitat level and 25% for species composition. The predictive maps revealed distinct spatial structures of grassland habitats across the study areas.

This study is significant in several respects. Methodologically, it demonstrates that reasonably good predictive accuracy at the habitat level can be achieved even with a relatively small number of field plots. In addition, flood duration was confirmed as an appropriate quantitative indicator in vegetation studies. The predictive maps developed in this study may be directly applied to habitat inventory and monitoring, thus reducing the costs of field surveys.

Literatūros sąrašas

- Altmann A., Tolosi L., Sander O., Lengauer T., (2009). Permutation importance: a corrected feature importance measure. *Bioinformatics* 26 (10), 1-8. DOI: 10.1093/bioinformatics/btq134
- Appledorn, M., Baker, M. E., & Miller, A. J. (2019). River-valley morphology, basin size, and flow-event magnitude interact to produce wide variation in flooding dynamics. *Ecosphere*, 10(1), e02546. <https://doi.org/10.1002/ecs2.2546>
- Beumer, V., van Wirdum, G., Beltman, B., Griffioen, J., Grootjans, A. P., & Verhoeven, J. T. A. (2008). Geochemistry and flooding as determining factors of plant species composition in Dutch winter-flooded riverine grasslands. *Science of The Total Environment*, 402(1), 70–81. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.03.044>
- Bio, A. M. F., De Becker, P., De Bie, E., Huybrechts, W., & Wassen, M. (2002). Prediction of plant species distribution in lowland river valleys in Belgium: Modelling species response to site conditions. *Biodiversity & Conservation*, 11(12), 2189–2216. <https://doi.org/10.1023/A:1021346712677>
- Bischoff, A., Warthemann, G., & Klotz, S. (2009). Succession of floodplain grasslands following reduction in land use intensity: The importance of environmental conditions, management and dispersal. *Journal of Applied Ecology*, 46(1), 241–249. (36077508). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2008.01581.x>
- Bradie, J., & Leung, B. (2017). A quantitative synthesis of the importance of variables used in MaxEnt species distribution models. *Journal of Biogeography*, 44(6), 1344–1361. <https://doi.org/10.1111/jbi.12894>
- Breiman, L. (2001). Random Forests. *Machine Learning*, 45(1), 5–32 <https://doi.org/10.1023/A:1010933404324>
- Brodersen, K. H., Ong, C. S., Stephan, K. E., & Buhmann, J. M. (2010). The Balanced Accuracy and Its Posterior Distribution. *2010 20th International Conference on Pattern Recognition*, 3121–3124. <https://doi.org/10.1109/ICPR.2010.764>
- Cao Y., Natuhara Y., (2020). Effect of Urbanization on Vegetation in Riparian Area: Plant Communities in Artificial and Semi-Natural Habitats. *Sustainability* 12 (1), <https://doi.org/10.3390/su12010204>
- Chen, C., Liaw, A., Breiman, L., (2004) Using random forest to learn imbalanced data. University of California Berkeley. Technical Report 666.
- Chytrý, M., Tichý, L., Hennekens, S. M., Knollová, I., Janssen, J. A. M., Rodwell, J. S., Peterka, T., Marcenò, C., Landucci, F., Danihelka, J., Hájek, M., Dengler, J., Novák, P., Zukal, D., Jiménez-Alfaro, B., Mucina, L., Abdulkhak, S., Aćić, S., Agrillo, E., ... Schaminée, J. H. J. (2020). EUNIS Habitat Classification: Expert system, characteristic species combinations and distribution maps of European habitats. *Applied Vegetation Science*, 23(4), 648–675. <https://doi.org/10.1111/avsc.12519>
- Chytrý, M., Řezníčková, M., Novotný, P., Holubová, D., Preislerová, Z., Attorre, F. et al. (2024) FloraVeg.EU — An online database of European vegetation, habitats and flora *Applied Vegetation Science*, 27, e12798. Available from: <https://doi.org/10.1111/avsc.12798>

- Chowdhury, Md. S. (2023). Modelling hydrological factors from DEM using GIS. *MethodsX*, 10, 102062. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2023.102062>
- Cutler, D. R., Edwards Jr., T. C., Beard, K. H., Cutler, A., Hess, K. T., Gibson, J., & Lawler, J. J. (2007). Random Forests for Classification in Ecology. *Ecology*, 88(11), 2783–2792. <https://doi.org/10.1890/07-0539.1>
- Česnulevičius A. (2010). Geomorfologija. Vilniaus pedagoginio universiteto leidykla.
- Demarchi L., Kania A., Ciezkowski W., Piorkowski H., Oswiecimska-Piasko Z., Chormanski J. (2021). Recursive Feature Elimination and Random Forest Classification of Natura 2000 Grasslands in Lowland River Valleys of Poland Based on Airborne Hyperspectral and LiDAR Data Fusion. *Remote Sensing*, 12(11), 18-42; <https://doi.org/10.3390/rs12111842>
- Dengler J., Janišova M., Torok P., Wellstein C. (2014). Biodiversity of Palaearctic grasslands: a synthesis, Agriculture, Ecosystems & Environment, Volume 182, pages 1-14, ISSN 0167-8809, <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.12.015>.
- Dengler J., Boch S., Filibeck G., Chiarucci A., Dembiec I., Guarino R., Henneberg B., Janišova M., Marceno C., Naqinezhad A., Polchaninova N. Y., Vassilev K., Biurrun I. (2016). Assessing plant diversity and composition in grasslands across spatial scales: the standardised EDGG sampling methodology. *Bulletin of the Eurasian Grassland Group* 32: 13-30. https://www.researchgate.net/publication/308249089_Assessing_plant_diversity_and_composition_in_grasslands_across_spatial_scales_the_standardised_EDGG_sampling_methodology
- Didukh, Y., Chusova, O., Olshevska, I. A., & Rozenblit, Yu. V. (2015). River valleys as the object of ecological and geobotanical research. *Ukrainian Botanical Journal*, 72, 415–430. <https://doi.org/10.15407/ukrbotj72.05.415>
- Dubuis A., Giovanettina S., Pellissier L., Pottier J., Vittoz P., Guisan A. (2013). Improving the prediction of plant species distribution and community composition by adding edaphic to topoclimatic variables. *Journal of Vegetation Science*, 24, 593–606, <https://doi.org/10.1111/jvs.12002>
- Ellenberg H., Weber H.E., Düll R., Wirth V., Werner W., Paulißen, D. (1992). Zeigerwerte von Pflanzen in Mittel-europa, 2nd ed.. *Scr. Geobot.* 18: 1–258.
- Ermakova, N., Stepanova, Y., Nechaeva, E., Goryanin, O., & Volodina, I. (2024). Condition and structure of meadow vegetation in the floodplain area of the Bolshoi Kinel River. *E3S Web of Conferences*, 548, 07009. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202454807009>
- Erzfeld, L., Feilhauer, H., Hartmann, T., & Scholz, M. (2025). Patterns of Plant Species Composition of a Temperate Floodplain Meadow in Response to Fine-Scale Topography. *Erdkunde*, 78(4), 303–320.
- European Commision (2026). Nature Restoration Regulation. https://environment.ec.europa.eu/topics/nature-and-biodiversity/nature-restoration-regulation_en. Paskutinė prieiga 2026 m. kovo 25 d.
- European Environment Agency (2019). European Nature Information System. <https://eunis.eea.europa.eu/index.jsp>. Paskutinė prieiga 2026 m. vasario 15 d.

- EuroStat (2026). Land cover statistics 2022. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Land_cover_statistics. Paskutinė prieiga 2026 m. vasario 15 d.
- FAO (2015). World reference base for soil resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/bcdecec7-f45f-4dc5-beb1-97022d29fab4/content>. Paskutinė prieiga 2026 m. kovo 15 d.
- Gailiusis B., Jablonskis J., Kovalenkoviienė M. (2001). Lietuvos upės. Hidrografija ir nuotėkis. Monografija. Lietuvos energetikos institutas.
- Gattringer, J. P., Maier, N., Breuer, L., Otte, A., Donath, T. W., Kraft, P., & Harvolk-Schöning, S. (2019). Modelling of rare flood meadow species distribution by a combined habitat surface water–groundwater model. *Ecohydrology*, 12(6), e2122. <https://doi.org/10.1002/eco.2122>
- Gipiškis V. (2005). Užliejimo trukmės, persėjimo ir tręšimo tyrimai Minijos salpos durpžemių pievose. *Žemdirbystė. Mokslo darbai*, 4, 92, 136-149. ISSN 1392-3196
- Geoportal (2014). Skaitmeninis upių slėnių reljefų modelis. Duomenų teikėjas: Aplinkos apsaugos agentūra. <https://www.geoportal.lt/geoportal/duomenu-paieska#query-Text=upi%C5%B3%20sl%C4%97ni%C5%B3%20reljefo%20modelis>
- Gomes, V. H. F., IJff, S. D., Raes, N., Amaral, I. L., Salomão, R. P., de Souza Coelho, L., de Almeida Matos, F. D., Castilho, C. V., de Andrade Lima Filho, D., López, D. C., Guevara, J. E., Magnusson, W. E., Phillips, O. L., Wittmann, F., de Jesus Veiga Carim, M., Martins, M. P., Ireme, M. V., Sabatier, D., Molino, J.-F., ... ter Steege, H. (2018). Species Distribution Modelling: Contrasting presence-only models with plot abundance data. *Scientific Reports*, 8(1), 1003. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-18927-1>
- Guisan A., Zimmermann N. E. (2000). Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*, 135 (2-3), 147-186. [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(00\)00354-9](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(00)00354-9)
- Halabuk, A., & Halada, L. (2006). *MODELLING OF GRASSLAND DISTRIBUTION IN THE POLO-NINY NATIONAL PARK*. *Ekologia (Bratislava)* Vol. 25, No. 3, p. 322–333
- Härdtle, W., Redecker, B., Assmann, T., & Meyer, H. (2006). Vegetation responses to environmental conditions in floodplain grasslands: Prerequisites for preserving plant species diversity. *Basic and Applied Ecology*, 7(3), 280–288. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2005.09.003>
- Hill, M. O., Gauch H.G. (1980). Detrended Correspondence Analysis: an Improved Ordination Technique. *Plant Ecology* 42(1), 47-58, DOI: [10.1007/BF00048870](https://doi.org/10.1007/BF00048870)
- Holešťová, A., & Douda, J. (2022). Plant species over-occupancy indicates river valleys are natural corridors for migration. *Plant Ecology*, 223(1), 71–83. <https://doi.org/10.1007/s11258-021-01191-9>
- Ignatavičius G., Ložytė A., (2010). Agrarinės veiklos įtaka pievų ekosistemų biologinės įvairovės pokyčiams Lietuvoje. *Žemės ūkio mokslai* 17 (1-2), 47-55. Lietuvos mokslų akademijos leidykla
- Jäger E. J. (red), (2017). Rothmaler - Exkursionsflora von Deutschland, Gefäßpflanzen: Atlasband. 13th edition. Berlin: Springer Spektrum <https://doi.org/10.1007/978-3-662-49710-4>

- Kaden U. S. (2022). Floodplain Inundation Calculator plugin for QGIS 3. Version 0.1. GitHub repository. <https://github.com/usk92/Floodplain-Inundation-Calculator>. doi:10.5281/ZENODO.6375580
- Kaiser, T., & Ahlborn, J. (2021). Long-term vegetation monitoring in the floodplain grasslands of the lower Havel Valley (northeastern Germany) and conclusions for sustainable management practices. *Journal for Nature Conservation*, 63, 126053. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2021.126053>
- KEW (2026). Plants of the World Online. <https://powo.science.kew.org/>. Paskutinė prieiga 2026 m. vasario 3 d.
- Knozowski, P., Nowakowski, J. J., Stawicka, A. M., Górski, A., & Dulisz, B. (2023). Effect of nature protection and management of grassland on biodiversity – Case from big flooded river valley (NE Poland). *Science of The Total Environment*, 898, 165280. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165280>
- Kuhn M., (2008). “Building Predictive Models in R Using the caret Package.” *Journal of Statistical Software*, 28(5), 1–26. doi:10.18637/jss.v028.i05. <https://www.jstatsoft.org/index.php/jss/article/view/v028i05>.
- Legendre P., Legendre L. (1998). Numerical Ecology. Second english edition. Ecological Modelling 132(3): 303-304, DOI: [10.1016/S0304-3800\(00\)00291-X](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(00)00291-X)
- Lekavičius A., 1989: Vadovas augalams pažinti. – Vilnius
- Li, Y., Liu, T., Wang, Y., Duan, L., Li, M., Zhang, J., & Zhang, G. (2024). A more effective approach for species-level classifications using multi-source remote sensing data: Validation and application to an arid and semi-arid grassland. *Ecological Indicators*, 160, 111853. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.111853>
- Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba (2025). Hidrologinių duomenų rinkiniai. <https://api.meteo.lt/> [žiūrėta 2025-05-16].
- LR Aplinkos ministerija (2025). ES Gamtos atkūrimo reglamentas. <https://am.lrv.lt/lt/veiklos-sritys-1/gamtos-apsauga/nacionalinis-gamtos-atkurimo-planas/es-gamtos-atkurimo-reglamentas/>. Paskutinė prieiga 2026 m. kovo 20 d.
- Statybos sektoriaus vystymo agentūra (2026). Georeferencinio pagrindo kadastro atviri duomenys. 2026-04-30. https://www.geoportal.lt/download/opendata/GRPK/GRPK_Open_SHP.zip
- Looy, K. V., Honnay, O., Pedroli, B., & Muller, S. (2006). Order and disorder in the river continuum: The contribution of continuity and connectivity to floodplain meadow biodiversity. *Journal of Biogeography*, 33(9), 1615–1627. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2006.01536.x>
- Loučková, B. (2012). Vegetation–Landform Assemblages Along Selected Rivers in the Czech Republic, a Decade After a 500-Year Flood Event. *River Research and Applications*, 28(8), 1275–1288. <https://doi.org/10.1002/rra.1519>
- Ložytė A. (2014). Agrarinės aplinkosaugos priemonėmis paremtų tvarkymo metodų įtaka pievų augalų bendrijoms. Daktaro disertacija. Vilniaus universitetas/Gamtos tyrimų centras

- Lu B., He Y. (2017). Species classification using Unmanned Aerial Vehicle (UAV)-acquired high spatial resolution imagery in a heterogeneous grassland. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 128, 73-85. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2017.03.011>
- Ludewig, K., Korell, L., Löffler, F., Scholz, M., Mosner, E., & Jensen, K. (2014). Vegetation patterns of floodplain meadows along the climatic gradient at the Middle Elbe River. *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 209(8), 446–455. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2014.04.006>
- Magiera, A., Feilhauer, H., Waldhardt, R., Wiesmair, M., & Otte, A. (2017). Modelling biomass of mountainous grasslands by including a species composition map. *Ecological Indicators*, 78, 8–18. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.02.039>
- Marcinkowska-Ochtyra A., Ochtyra A., Raczko E., Kopec D. (2023). Natura 2000 Grassland Habitats Mapping Based on Spectro-Temporal Dimension of Sentinel-2 Images with Machine Learning. *Remote Sensing*, 15, 1388. <https://doi.org/10.3390/rs15051388>
- Mencel, J., Wojciechowska, A., & Mocek-Płóciniak, A. (2025). Effect of Grassland Vegetation Units on Soil Biochemical Properties and the Abundance of Selected Microorganisms in the Obra River Valley. *Agronomy*, 15(7), 1573. (186959401). <https://doi.org/10.3390/agronomy15071573>
- Metrikaitytė-Gudelė, G., & Sužiedelytė-Visockienė, J. (2024). Daugiamečių pievų stebėseną, taikant sintetinės apertūros radaro (SAR) koherencijos ir intensyvumo bangų kompoziciją. <https://vilniustech.lt/jmk-darni-aplinka/konferenciju-archyvas/363201>. <https://doi.org/10.3846/da.2024.013>
- Milhous, R., Jowett, I., Payne, T., & Hernández, J. M. (2012). *MODELING ENVIRONMENTAL FLOW NEEDS FOR RIPARIAN VEGETATION*. AWRA 2012 SUMMER SPECIALTY CONFERENCE Riparian Ecosystems IV: Advancing Science, Economics and Policy Denver, Colorado
- Mucina, L., Bueltmann, H., Dierßen, K., Theurillat, J.-P., Raus, T., Čarni, A., Šumberová, K., Willner, W., Dengler, J., Gavilán, R., Chytrý, M., Hájek, M., Di Pietro, R., Iakushenko, D., Pallas, J., Daniëls, F., Bergmeier, E., Guerra, A., Ermakov, N., & Tichý, L. (2016). Vegetation of Europe: Hierarchical floristic classification system of vascular plant, bryophyte, lichen, and algal communities. *Applied Vegetation Science*, 19, 3–264. <https://doi.org/10.1111/avsc.12257>
- Nacionalinė žemės tarnyba (2023). Lietuvos Respublikos teritorijos M1:250000 georeferencinių erdvinių duomenų rinkinys. https://www.geoportal.lt/map/#portalAction=openService&serviceUrl=https%3A%2F%2Fwww.geoportal.lt%2Fmapproxy%2Fnzt_gdr250lt%2FMapServer. Paskutinė prieiga 2026 m. kovo 6 d.
- Nekrošienė R., Skuodienė R. (2012). Changes in Floristic Composition of Meadow Phytocenoses, as Landscape Stability Indicators, in Protected Areas in Western Lithuania. *Polish Journal of Environmental Studies*, 21 (3), 703-711. <https://www.pjoes.com/Changes-in-Floristic-Composition-of-Meadow-r-nPhytocenoses-as-Landscape-Stability,88800,0,2.html>
- Nobis, A., Chmolewska, D., Szymura, T. H., Nowak, A., & Nobis, M. (2022). Towards a better understanding of linear species distribution in river valleys: The abundance of river corridor plants is linked to soil exchangeable potassium and pH. *Science of The Total Environment*, 851, 158292. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158292>

- Nobis, A., Rola, K., & Węgrzyn, M. (2017). Detailed study of a river corridor plant distribution pattern provides implications for river valley conservation. *Ecological Indicators*, 83, 314–322. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.07.040>
- Nobis, A., Żmihorski, M., & Kotowska, D. (2016). Linking the diversity of native flora to land cover heterogeneity and plant invasions in a river valley. *Biological Conservation*, 203, 17–24. (119287750). <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.08.032>
- Ochs, K. (2021). Modeling the Distribution of Riverine Vegetation in Regulated Rivers - from Dynamic to Static Equilibrium. University of Lisboa. Doctoral thesis. <http://hdl.handle.net/10400.5/22870>
- Oficialios statistikos portalas (2026). Naudojamos žemės ūkio naudmenos. <https://osp.stat.gov.lt/statistiniu-rodikliu-analize#/>. Paskutinė prieiga 2026 m. kovo 1d.
- Oksanen J, Simpson G, Blanchet F, Kindt R, Legendre P, Minchin P, O'Hara R, Solymos P, Stevens M, Szoecs E, Wagner H, Barbour M, Bedward M, Bolker B, Borcard D, Borman T, Carvalho G, Chirico M, De Caceres M, Durand S, Evangelista H, FitzJohn R, Friendly M, Furneaux B, Hannigan G, Hill M, Lahti L, Martino C, McGlinn D, Ouellette M, Ribeiro Cunha E, Smith T, Stier A, Ter Braak C, Weedon J (2026). *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.7-3, <https://vegandevs.github.io/vegan/>.
- Petermann, J. S., & Buzhdygan, O. Y. (2021). Grassland biodiversity. *Current Biology*, 31(19), R1195–R1201. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2021.06.060>
- Peters, J., Baets, B. D., Verhoest, N. E. C., Samson, R., Degroeve, S., Becker, P. D., & Huybrechts, W. (2007). Random forests as a tool for ecohydrological distribution modelling. *Ecological Modelling*, 207(2), 304–318. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2007.05.011>
- Phillips, S. J., Anderson, R. P., & Schapire, R. E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190(3), 231–259. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026>
- Plancher, C., Galop, D., Houet, T., Lerigoleur, E., Marquer, L., Sugita, S., & Mazier, F. (2022). Spatial and temporal patterns of upland vegetation over the last 200 years in the northern pyrenees: Example from the Bassiès valley, Ariège, France. *Quaternary Science Reviews*, 294, 107753. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2022.107753>
- Posit Team (2026). RStudio Software. Version 4.5.1 2026-01-01. <https://posit.co/download/rstudio-desktop>.
- Prajs, B., & Antkowiak, W. (2010). Grassland Ecosystems in the Varied Hydrological and Ecological Conditions of the Kulawa River Valley. *Polish Journal of Environmental Studies*, 19(1), 131–139.
- Preislerová, Z., Jiménez-Alfaro, B., Mucina, L., Berg, C., Bonari, G., Kuzemko, A., Landucci, F., Marcenò, C., Monteiro-Henriques, T., Novák, P., Vynokurov, D., Bergmeier, E., Dengler, J., Apostolova, I., Bioret, F., Biurrun, I., Campos, J. A., Capelo, J., Čarni, A., ... Chytrý, M. (2022). Distribution maps of vegetation alliances in Europe. *Applied Vegetation Science*, 25(1), e12642. <https://doi.org/10.1111/avsc.12642>
- Preislerová, Z., Marcenò, C., Loidi, J., Bonari, G., Borovyk, D., Gavilán, R. G., Golub, V., Terzi, M., Theurillat, J.-P., Argagnon, O., Bioret, F., Biurrun, I., Campos, J. A., Capelo, J., Čarni, A., Çoban, S., Csiky, J., Čuk, M., Čušterevska, R., ... Chytrý, M. (2024). Structural, ecological

- and biogeographical attributes of European vegetation alliances. *Applied Vegetation Science*, 27(1), e12766. <https://doi.org/10.1111/avsc.12766>
- Raatikainen, K. J., Oldén, A., Käyhkö, N., Mönkkönen, M., & Halme, P. (2018). Contemporary spatial and environmental factors determine vascular plant species richness on highly fragmented meadows in Central Finland. *Landscape Ecology*, 33(12), 2169–2187. <https://doi.org/10.1007/s10980-018-0731-z>
- Raduła, M. W., Szymura, T. H., Szymura, M., & Swacha, G. (2022). Macroecological drivers of vascular plant species composition in semi-natural grasslands: A regional study from Lower Silesia (Poland). *Science of The Total Environment*, 833, 155151. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155151>
- Rainys A. (2026). Minijs. <https://www.vle.lt/straipsnis/minija/>. Paskutinė prieiga 2026 m. kovo 30 d.
- Rainys A. (2026). Nemunas. <https://www.vle.lt/straipsnis/nemunas/>. Paskutinė prieiga 2026 m. kovo 30 d.
- Rainys A. (2026). Nevėžis. <https://www.vle.lt/straipsnis/nevezis/>. Paskutinė prieiga 2026 m. kovo 30 d.
- Rainys A. (2026). Šventoji. <https://www.vle.lt/straipsnis/sventoji/>. Paskutinė prieiga 2026 m. kovo 30 d.
- Rapinel S., Mony C., Lecoq L., Clement B., Thomas A., Hubert-Moy L. (2019). Evaluation of Sentinel-2 time-series for mapping floodplain grassland plant communities. *Remote sensing of Environment*, 223, 115-129. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.01.018>
- Rapinel S., Panhelleux L., Lalanne A., Hubert-Moy L. (2021). Combined use of environmental and spectral variables with vegetation archives for large-scale modeling of grassland habitats. *Progress in Physical Geography, Earth and Environment*, 46 (1). DOI: 10.1177/03091333211023689.
- Rašomavičius V. (red) (1998). Lietuvos augalija. 1 tomas: Pievos. Kaunas, leidykla: „Šviesa“.
- Reger, B., Mattern, T., Otte, A., & Waldhardt, R. (2009). Assessing the spatial distribution of grassland age in a marginal European landscape. *Journal of Environmental Management, Environmental and landscape change: Addressing an interdisciplinary agenda*, 90(9), 2900–2909. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2007.10.015>
- Riva, F., Martin, C., Galán-Acedo, C., Bellon, E., Keil, P., Morán-Ordóñez, A., Fahrig, L., & Guisan, A. (2024). Incorporating effects of habitat patches into species distribution models. *Journal of Ecology*, 112, 2162–2182. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.14403>
- Saugomų teritorijų valstybės kadastras (2025). EB svarbos natūralių ir saugomų rūšių buveinių plotai. <https://stvk.lt/map> [žiūrėta 2025-08-15].
- Schils, R. L. M., Bufe, C., Rhymer, C. M., Francksen, R. M., Klaus, V. H., Abdalla, M., Milazzo, F., Lellei-Kovács, E., Berge, H. ten, Bertora, C., Chodkiewicz, A., Dămătîrcă, C., Feigenwinter, I., Fernández-Rebollo, P., Ghiasi, S., Hejduk, S., Hiron, M., Janicka, M., Pellaton, R., ... Price, J. P. N. (2022). Permanent grasslands in Europe: Land use change and intensification decrease their multifunctionality. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 330, 107891. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.107891>

- Scornet E., Biau G., Vert J-P., Consistency of random forests. *Annals of Statistics, Institute of Mathematical Statistics (IMS)*, 43 (4), pp.1716-1741. <10.1214/15-AOS1321>.
- Seer, F. K., Brunke, M., & Schrautzer, J. (2018). Mesoscale river restoration enhances the diversity of floodplain vegetation. *River Research and Applications*, 34(8), 1013–1023. <https://doi.org/10.1002/rra.3330>
- Sendžikaitė, J., Pakalnis, R., & Avižienė, D. (2007). Pievų augalija istoriškai kintančiame Lietuvos kraštovaizdyje. *Folk Culture*, 118(6), 16–24. (29415296).
- Shen, F.-Y., Stanley Jothiraj, F. V., Hutchinson, R. A., Hallman, T. A., Curtis, J. R., & Douglas Robinson, W. (2025). Species distribution model performance improves when habitat characterizations are centered on detected individuals instead of observers. *Ecological Indicators*, 176, 113546. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2025.113546>
- Simone, W. D., Allegranza, M., Frattaroli, A. R., Montecchiari, S., Tesei, G., Zuccarello, V., Musciano, M. D., Simone, W. D., Allegranza, M., Frattaroli, A. R., Montecchiari, S., Tesei, G., Zuccarello, V., & Musciano, M. D. (2021). From Remote Sensing to Species Distribution Modelling: An Integrated Workflow to Monitor Spreading Species in Key Grassland Habitats. *Remote Sensing*, 13(10). <https://doi.org/10.3390/rs13101904>
- Skuodiene, R., Katutis, K., Nekrosiene, R., Repsiene, R., & Karcauskiene, D. (2016). Effects of soil properties and humidity regimes on semi-natural meadow productivity. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science*, 66(8), 653–663. <https://doi.org/10.1080/09064710.2016.1197966>
- Svitková, I., Svitok, M., Čejka, T., Širka, P., Galváněk, D., Gömöry, D., Gömöryová, E., Kochjarová, J., Senko, D., Skokanová, K., Slezák, M., Šingliarová, B., Španiel, S., & Hrivnák, R. (2024). Contrasting diversity patterns of native and alien species across multiple taxa in Central European river corridors. *Ecological Indicators*, 169, 112859. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.112859>
- Tichý L., Holt J., Nejezchlebova M., (2010). JUICE program for management analysis and classification of ecological data. 2nd edition of the Program Manual. *Vegetation Science Group*. Czech Republic. https://www.sci.muni.cz/botany/juice/JCman2011_2nd.pdf.
- Tichý, L., Axmanová, I., Dengler, J., Guarino, R., Jansen, F., Midolo, G., Nobis, M. P., Van Meerbeek, K., Ačić, S., Attorre, F., Bergmeier, E., Biurrun, I., Bonari, G., Bruelheide, H., Campos, J. A., Čarni, A., Chiarucci, A., Čuk, M., Čušterevska, R., ... Chytrý, M. (2023). Ellenberg-type indicator values for European vascular plant species. *Journal of Vegetation Science*, 34(1), e13168. <https://doi.org/10.1111/jvs.13168>
- Tichý, L (2025). JUICE Archived version of the original JUICE website. <https://www.sci.muni.cz/botany/juice/index.htm>. Paskutinė prieiga 2026 m. balandžio 20 d.
- Vaičys M., (2026). Lietuvos dirvožemių klasifikacijos (1999) pagrindinės dirvožemių grupės (I lygis) ir pogrupiai (II lygis). <https://www.vle.lt/straipsnis/dirvozemiu-klasifikacija/>. Paskutinė prieiga 2026 m. balandžio 1 d.

- Valstybinė saugomų teritorijų tarnyba (2025a). Ataskaitos Europos Komisijai apie Buveinių direktyvos įgyvendinimą Lietuvoje. <https://vstt.lrv.lt/lt/saugomu-teritoriju-sistema/natura-2000/atas-kaitos-europos-komisijai-apie-buveiniu-direktyvos-igyvendinima-lietuvoje/>. Paskutinė prieiga 2026 m. kovo 1 d.
- Valstybinė saugomų teritorijų tarnyba (2025b). Komentarai dėl Buveinių direktyvos ataskaitų. https://vstt.lrv.lt/public/canonical/1763468382/2892/V.%20Uslis_2019-2024%20atsakaitos%20komentarai-2.pdf. Paskutinė prieiga 2026 m. vasario 20 d.
- Vynokurov, D., Goncharenko, I., Borovyk, D., & Bronskova, O. (2023). Classification of dry grasslands of the Berda River Valley (Ukraine). *Tuexenia*, 43(1), 159–182. (175001849). <https://doi.org/10.14471/2023.43.010>
- Ulevičius, A., & Tupčiauskaitė, J. (2013). Ekosistemų praktimumas. Buveinės ir būdingosios jų rūšys Vadovėlis. Vilniaus universitetas.
- Uogintas D., Rašomavičius V., (2020). Impact of short-term abandonment on the structure and functions of semi-natural dry grasslands. *Botanica* 26 (1), 40-48. DOI: 10.2478/botlit-2020-0004.
- Uogintas D. (2021). Mezofitų ir stepinių pievų augalijos tarpusavio ryšiai: sintaksominiai, ekologiniai ir fitogeografiniai aspektai. Daktaro disertacija. <https://doi.org/10.15388/vu.thesis.174> . Vilniaus universitetas/Gamtos tyrimų centras
- World Meteorological Organization (2021). Updated 30-year reference period reflects changing climate. <https://wmo.int/media/news/updated-30-year-reference-period-reflects-changing-climate> [žiūrėta 2025-08-15].
- Wright M.N., Ziegler A (2017). “ranger: A Fast Implementation of Random Forests for High Dimensional Data in C++ and R.” *Journal of Statistical Software*, 77(1), 1–17. [doi:10.18637/jss.v077.i01](https://doi.org/10.18637/jss.v077.i01).
- Xu, F., Harvolk-Schöning, S., Horschler, P. J., Ludewig, K., & Otte, A. (2019a). *Factors determining the distribution pattern of floodplain vegetation remnants along the Danube River between Straubing and Vilshofen*. <https://doi.org/10.14471/2019.39.002>
- Zeleny D., Chytry M., (2008). Pattern of species richness in the topographically complex landscape of deep river valleys in the Bohemian Massif. University of South Bohemia. Manuscript is taken out of P. HD. Thesis of David Zeleny.
- Zelnik, I., & Čarni, A. (2008). Distribution of plant communities, ecological strategy types and diversity along a moisture gradient. *Community Ecology*, 9(1), 1–9. <https://doi.org/10.1556/ComEc.9.2008.1.1>

Priedai

1 priedas. Ekologinių veiksnių statistinis įvertinimas.

Statistiniam įvertinimui naudotas neparametrinis Kruskal-Wallis testas ir skirtumams tarp grupių nustatyti naudotas Dunn post hoc testas, p reikšmėms pritaikyta Bonferoni korekcija.

Šviesa	Q53	R1A	R22	R22t	R35	R36	R55	Q53
Q53		0,000712	0,0022	0,0107	1	1	1	
R1A	0,000712		1	1	0,1584	0,3017	0,6070	0,000712
R22	0,0022	1		1	0,7100	1	1	0,0022
R22t	0,0107	1	1		1	1	1	0,0107
R35	1	0,1584	0,7100	1		1	1	1
R36	1	0,3017	1	1	1		1	1
R55	1	0,6070	1	1	1	1		1

Temperatūra	Q53	R1A	R22	R22t	R35	R36	R55	Q53
Q53		0,9817	1	1	1	1	1	
R1A	0,9817		0,3191	0,4171	1	0,2181	0,5771	0,9817
R22	1	0,3191		1	1	1	1	1
R22t	1	0,4171	1		1	1	1	1
R35	1	1	1	1		1	1	1
R36	1	0,2181	1	1	1		1	1
R55	1	0,5771	1	1	1	1		1

Drėgmė	Q53	R1A	R22	R22t	R35	R36	R55	Q53
Q53		5,75E-07	7,05E-06	3,59E-06	1	1	1	
R1A	5,75E-07		1	1	0,0408	0,0503	0,9731	5,75E-07
R22	7,05E-06	1		1	0,5102	0,6091	1	7,05E-06
R22t	3,59E-06	1	1		0,3620	0,4350	1	3,59E-06
R35	1	0,0408	0,5102	0,3620		1	1	1
R36	1	0,0503	0,6091	0,4350	1		1	1
R55	1	0,9731	1	1	1	1		1

Reakcija	Q53	R1A	R22	R22t	R35	R36	R55	Q53
Q53		2,08E-05	0,0095	0,2706	1	1	1	
R1A	2,08E-05		0,9571	0,1529	0,0373	0,0430	0,6299	2,08E-05
R22	0,0095	0,9571		1	1	1	1	0,0095
R22t	0,2706	0,1529	1		1	1	1	0,2706
R35	1	0,0373	1	1		1	1	1
R36	1	0,0430	1	1	1		1	1
R55	1	0,6299	1	1	1	1		1

Maisto medžiagų prieinamumas	Q53	R1A	R22	R22t	R35	R36	R55	Q53
Q53		8,50E-05	0,0024	0,0192	1	1	1	
R1A	8,50E-05		1	1	0,0127	2,20E-04	0,0639	8,50E-05
R22	0,0024	1		1	0,2023	0,0051	0,6745	0,0024
R22t	0,0192	1	1		0,4659	0,0164	1	0,0192
R35	1	0,0127	0,2023	0,4659		1	1	1
R36	1	2,20E-04	0,0051	0,0164	1		1	1
R55	1	0,0639	0,6745	1	1	1		1

Užliejimo trukmė	Q53	R1A	R22	R22t	R35	R36	R55	Q53
Q53		1,29E-05	1,36E-04	2,33E-06	1	1	0,2517	
R1A	1,29E-05		1	1	0,0149	0,0659	1	1,29E-05
R22	1,36E-04	1		1	0,1693	0,6258	1	1,36E-04
R22t	2,33E-06	1	1		0,0308	0,1419	1	2,33E-06
R35	1	0,0149	0,1693	0,0308		1	1	1
R36	1	0,0659	0,6258	0,1419	1		1	1
R55	0,2517	1	1	1	1	1		0,2517

2 priedas. Įvairovės indeksų statistinis įvertinimas

Statistiniam įvertinimui naudotas neparametrinis Kruskal-Wallis testas ir skirtumams tarp grupių nustatyti naudotas Dunn post hoc testas, p reikšmėms pritaikyta Bonferoni korekcija.

Rūšių tolygumo indeksas	Q53	R1A	R22	R22t	R35	R36	R55	Q53
Q53		0,0020	4,36E-05	8,68E-05	1	1	1	
R1A	0,0020		1	1	1	1	0,5114	0,0020
R22	4,36E-05	1		1	0,8535	0,9020	0,4053	4,36E-05
R22t	8,68E-05	1	1		0,9373	0,9893	0,4450	8,68E-05
R35	1	1	0,8535	0,9373		1	1	1
R36	1	1	0,9020	0,9893	1		1	1
R55	1	0,5114	0,4053	0,4450	1	1		1

Shannon įvairovės indeksas	Q53	R1A	R22	R22t	R35	R36	R55	Q53
Q53		2,02E-04	1,46E-06	2,00E-05	1	1	1	
R1A	2,02E-04		1	1	0,3994	0,7389	1	2,02E-04
R22	1,46E-06	1		1	0,2854	0,5783	1	1,46E-06
R22t	2,00E-05	1	1		0,5572	1	1	2,00E-05
R35	1	0,3994	0,2854	0,5572		1	1	1
R36	1	0,7389	0,5783	1	1		1	1
R55	1	1	1	1	1	1		1

3 priedas. Lauko darbams skirta anketa.

Aprašymo Nr.	Vietovė	Upės slėnis	Koordinatės	
			X	Y
Ploto dydis (m)		Užliejimo trukmės klasė		

Rūšys	Projekcinis padengimas (%)

Ūkinis naudojimo būdas	Projekcinis padengimas (%)		Vidutinis aukščiausių žolinių augalų aukštis, cm
Naudojama	Krūmai		
Nenaudojama	Žolės ir krūmokšniai		
	Samanos ir kerpės		
	Atviras plotas		

PASTABOS: