



Kauno technologijos universitetas

Aplinkos inžinerijos institutas

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Žaliųjų erdvių tinkamumo studijoms ir darbui lauke analizė bei jų pritaikymo galimybės GIS pagrindu

Baigiamasis magistro projektas

Kotryna Krasauskaitė

Projekto autorė

Doc. dr. Inga Gurauskienė

Vadovė

Kaunas, 2026



Kauno technologijos universitetas

Aplinkos inžinerijos institutas

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Žaliųjų erdvių tinkamumo studijoms ir darbui lauke analizė bei jų pritaikymo galimybės GIS pagrindu

Baigiamasis magistro projektas

Darnus valdymas ir gamyba (6213EX001)

Kotryna Krasauskaitė

Projekto autorė

doc. dr. Inga Gurauskienė

Vadovė

jaun. m. d. Aidis Gudaitis

Konsultantas

doc. dr. Evelina Meilienė

Recenzentė

Kaunas, 2026



Kauno technologijos universitetas

Aplinkos inžinerijos institutas

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Kotryna Krasauskaitė

Žaliųjų erdvių tinkamumo studijoms ir darbui lauke analizė bei jų pritaikymo galimybės GIS pagrindu

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad:

1. baigiamąjį projektą parengiau savarankiškai ir sąžiningai, nepažeisdama(s) kitų asmenų autoriaus ar kitų teisių, laikydamasi(s) Lietuvos Respublikos autorių teisių ir gretutinių teisių įstatymo nuostatų, Kauno technologijos universiteto (toliau – Universitetas) intelektinės nuosavybės valdymo ir perdavimo nuostatų bei Universiteto akademinės etikos kodekse nustatytų etikos reikalavimų;
2. baigiamajame projekte visi pateikti duomenys ir tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti teisėtai, nei viena šio projekto dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar elektroninių šaltinių, visos baigiamojo projekto tekste pateiktos citatos ir nuorodos yra nurodytos literatūros sąrašė;
3. įstatymų nenumatytų piniginių sumų už baigiamąjį projektą ar jo dalis niekam nesu mokėjęs (-usi);
4. suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo ar kitų asmenų teisių pažeidimo faktui, man bus taikomos akademinės nuobaudos pagal Universitete galiojančią tvarką ir būsiu pašalinta(s) iš Universiteto, o baigiamasis projektas gali būti pateiktas Akademinės etikos ir procedūrų kontrolieriaus tarnybai nagrinėjant galimą akademinės etikos pažeidimą.

Kotryna Krasauskaitė

Patvirtinta elektroniniu būdu



Kaunas technologijos universitetas
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas
Aplinkos inžinerijos institutas

Magistro baigiamojo projekto užduotis

Išduota studentui (-ei) – Kotrynai Krasauskaitei

1. Projekto tema

Žaliųjų erdvių tinkamumo studijoms ir darbui lauke analizė bei jų pritaikymo galimybės GIS pagrindu

(Lietuvių kalba)

GIS-Based Analysis of Green Space Suitability for Outdoor Study and Work, and Their Adaptation Potential

(Anglų kalba)

2. Projekto tikslas ir uždaviniai

Tikslas: įvertinti KTU studentų miestelio žaliųjų erdvių pritaikomumą studijoms ir darbui lauke bei suformuluoti gamta grįstų sprendimų rekomendacijas, siekiant jų integravimo į kasdienės universiteto veiklas.

Uždaviniai:

1. išanalizuoti ekosisteminių paslaugų, gamta grįstų sprendimų bei darnumo tikslų sąsajas su žaliųjų erdvių naudojimu universitetuose siekiant sisteminės gerovės: asmeninės, profesinės ir aplinkos (SWEPPP);
2. parengti tyrimo metodiką KTU studentų miestelio žaliųjų erdvių pritaikomumo studijoms ir darbui vertinimui;
3. įvertinti esamas KTU studentų miestelio žaliasias erdves, jų pritaikomumą darbui ir studijoms bei pagrindines kliūtis;
4. įvertinti lauko studijų ir darbo zonų tinkamumą pagal pasirinktus kriterijus, parengti tinkamumo žemėlapi ir atrinkti prioritetines zonas;
5. parengti rekomendacijas infrastruktūros gerinimui, atliepiančias naudotojų poreikius ir organizacijos darnumo tikslus.

6. Pagrindiniai reikalavimai ir sąlygos

Atklikti literatūros, gerųjų pavyzdžių ir politinio bei teisinio konteksto analizę žaliųjų erdvių taikymo mokymo ir darbo paskirčiai temoje.

Sudaryti metodiką, kuri papildytų duomenų rinkimą, skirtingų gerovės aspektų integravimą ir inžinerinių bei socialinių tyrimų apjungimą analizuojant kompleksinę žaliųjų erdvių pritaikymo temą universiteto veikloms.

Parengti ataskaitą ir skaitmeninį GIS metodu grįstą žemėlapi KTU universiteto miestelio atveju, kuris galėtų būti toliau vystomas tiek praktiniais, tiek ir moksliniais tikslais.

Pristatyti tyrimo rezultatus mokslo konferencijoje ir baigiamojo projekto gynimo posėdžiuose.

7. Papildomi reikalavimai projektui, ataskaitai ir jos priedams

Netaikoma

magistrantė	Kotryna Krasauskaitė (Vardas, Pavardė)	(Parašas)	(Data)
Projekto vadovė	Inga Gurauskienė (Vardas, Pavardė)	 (Parašas)	2026 02 17 (Data)
Krypties studijų programų vadovė	Vaida Jonaitienė (Vardas, Pavardė)	(Parašas)	(Data)

Krasauskaitė, Kotryna. Žaliųjų erdvių tinkamumo studijoms ir darbui lauke analizė bei jų pritaikymo galimybės GIS pagrindu. Magistro baigiamasis projektas / vadovė doc. dr. Inga Gurauskienė; Kauno technologijos universitetas, Aplinkos inžinerijos institutas; Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis (studijų krypčių grupė): Aplinkos inžinerija (E03) – pagrindinė, Gamybos inžinerija (E10), Verslas (L01), Inžinerijos mokslai.

Reikšminiai žodžiai: žaliosios erdvės, GIS daugiakriterė analizė, tinkamumo žemėlapis, darbas ir studijos lauke.

Kaunas, 2026. 72 p.

Santrauka

Žaliosios erdvės universitetų miesteliuose yra svarbi darnios studijų ir darbo aplinkos dalis, prisidedanti prie sisteminės gerovės. Literatūros analizė parodė, kad atskiro patvirtinto universitetų lauko studijų ir darbo erdvių tinkamumo vertinimo įrankio nėra, todėl šiame darbe siekiama užpildyti šią spragą. Tyrimo tikslas – įvertinti KTU studentų miestelio žaliųjų erdvių pritaikymo studijoms ir darbui galimybes ir suformuluoti gamta grįstų sprendimų rekomendacijas. Tyrimo objektas – KTU studentų miestas Kaune. Parengta metodika: GIS daugiakriteris erdvinis tinkamumo vertinimas pagal 8 kriterijus, suskirstytus į 3 kategorijas (aplinkos komforto, funkcinės infrastruktūros, socialinio kraštovaizdžio patrauklumo), taikant SMART svorių techniką, „Weighted Sum“ įrankį „ArcGIS Pro“ aplinkoje ir karštųjų bei šaltųjų taškų analizę (Getis-Ord Gi*), kartu su žalumo indekso skaičiavimu. Atlikta teritorijos lauko inventorizacija, Lauko biuro dienos iniciatyvos stebėsena ir KTU bendruomenės apklausa (43 respondentai). Apklausa parodė, kad 53,5 % respondentų aukštais balais įvertino poreikį pakeisti uždara patalpą lauko aplinka, tačiau 58,1 % šių erdvių nenaudoja. Populiariausios veiklos – poilsis tarp paskaitų (72,1 %), kūrybinis darbas (60,5 %) ir neformalus susitikimai (55,8 %), o didžiausią svorį naudotojai skyrė terminiam komfortui, oro kokybei, sėdėjimo vietų kokybei ir akustiniam komfortui. Žalumo indeksas pasiekė 0,71 balo ir viršijo rekomenduojamą reikšmę (0,7), tačiau 91,2 % šios vertės sudaro pasodinta nauja augmenija. Karštųjų ir šaltųjų taškų analizė identifikavo statistiškai reikšmingas didelio tinkamumo sritis centrinėje, vakarinėje-centrinėje ir rytinėje miestelio dalyse. Atrinktos 6 prioritetinės zonos (A–F), kurioms parengtos diferencijuotos rekomendacijos – nuo ramaus individualaus darbo ir renginių erdvių iki biologinės įvairovės išsaugojimo zonų. Sukurta metodika gali būti pritaikoma kitų universitetų miesteliams, o jos kriterijų rinkinys – pildomas pagal teritorijos specifiką ir aktualius darnumo dokumentus.

Krasauskaitė, Kotryna. GIS-Based Analysis of Green Space Suitability for Outdoor Study and Work, and Their Adaptation Potential. Master's Final Degree Project / supervisor Assoc. prof. dr. Inga Gurauskienė; Institute of Environmental Engineering, Faculty of Mechanical Engineering and Design, Kaunas University of Technology.

Study field and area (study field group): Environmental Engineering (E03) – main study field, Production and Manufacturing Engineering (E10), Business (L01), Engineering Sciences.

Keywords: green spaces, GIS multi-criteria analysis, suitability map, work and study outdoors.

Kaunas, 2026. 72 p.

Summary

Green spaces on university campuses are an important part of a sustainable study and work environment, contributing to systemic well-being. The literature analysis showed that there is no separate approved tool for assessing the suitability of university outdoor study and work spaces, therefore this work aims to fill this gap. The aim of the study is to assess the possibilities of adapting green spaces on the KTU campus for studies and work and to formulate recommendations for nature-based solutions. The object of the study is the KTU campus in Kaunas. The methodology was developed as follows: GIS multi-criteria spatial suitability assessment according to 8 criteria divided into 3 categories (environmental comfort, functional infrastructure, social landscape attractiveness), applying the SMART weights technique, the Weighted Sum tool in the ArcGIS Pro environment and hot spot analysis (Getis-Ord Gi*), together with the calculation of the greenness index. An outdoor inventory of the territory, monitoring of the Outdoor Office Day initiative and a survey of the KTU community (43 respondents) were carried out. The survey showed that 53.5% of respondents rated the need to replace indoor spaces with outdoor environments with high scores, but 58.1% do not use these spaces. The most popular activities are rest between lectures (72.1%), creative work (60.5%) and informal meetings (55.8%), and users gave the greatest weight to thermal comfort, air quality, seating quality and acoustic comfort. The greenness index reached 0.71 points and exceeded the recommended value (0.7), but 91.2% of this value is made up of planted new vegetation. The analysis of hot spots identified statistically significant areas of high suitability in the central, west-central and eastern parts of the campus. 6 priority zones (A–F) were selected, for which differentiated recommendations were prepared – from quiet individual work and event spaces to biodiversity conservation zones. The developed methodology can be adapted to other university campuses, and its set of criteria can be supplemented according to the specifics of the territory and relevant sustainability documents.

Turinys

Lentelių sąrašas	9
Paveikslų sąrašas	10
Santrumpų ir terminų sąrašas	12
Įvadas.....	14
1. Universitetų žaliųjų erdvių reikšmė ir vertinimas darnios studijų ir darbo aplinkos kontekste.....	15
1.1. Universitetų žaliosios erdvės darnaus vystymosi ir studijų aplinkos kontekste.....	15
1.1.1. Universitetų vaidmuo darnumo srityje	15
1.1.2. DVT ir strateginės žaliosios infrastruktūros kryptys.....	16
1.1.3. Šiuolaikinių studijų ir darbo erdvių kaita universitetuose	19
1.2. Žaliųjų erdvių reikšmė studijoms, darbui ir darniai gerovei	20
1.2.1. Žaliųjų erdvių reikšmė studentų ir darbuotojų gerovei	20
1.2.2. Lauko mokymasis, neformalios mokymosi erdvės ir gamta grįstos praktikos	21
1.2.3. Lauko studijų ir darbo erdvių kokybės kriterijai	22
1.3. Žaliosios infrastruktūros ir ekosisteminių paslaugų vertinimas universitetų teritorijoje	23
1.3.1. Žalioji infrastruktūra, ekosisteminių paslaugos ir gamta grįsti sprendimai universiteto aplinkoje	23
1.3.2. Žaliųjų erdvių vertinimo rodikliai ir kriterijų grupės	23
1.3.3. Erdvinės analizės metodai universitetų žaliųjų erdvių tyrimuose	24
2. Tyrimo metodika skirta vertinti žaliųjų erdvių tinkamumą studijoms ir darbui.....	26
2.1. Vertinimo kriterijų rinkinio formavimas	27
2.2. Kriterijų atranka GIS analizei.....	29
2.3. Naudotojų poreikių apklausa.....	30
2.4. Erdvinių duomenų rinkimas ir paruošimas.....	31
2.5. Kriterijų standartizavimas	31
2.6. Kriterijų svorių priskyrimas	32
2.7. Tinkamumo žemėlapių kūrimas	32
2.8. Tinkamumo rezultatų erdvinė statistinė validacija.....	32
2.9. Prioritetinių zonų atranka	33
2.10. Žalumo indekso skaičiavimas.....	33
2.11. Metodikos ribotumai	34
3. KTU studentų miestelio esamų žaliųjų erdvių vertinimas	35
3.1. Tyrimo objekto charakteristika.....	35
3.2. Teritorijos inventorizacija	36
3.3. Lauko biuro diena KTU studentų miestelyje.....	37
3.4. KTU studentų miestelio žalumo indeksas	38
3.5. Studijų ir darbo lauke poreikio vertinimas ir esamų kliūčių identifikavimas	41
4. Lauko studijų ir darbo zonų tinkamumo analizė ir prioritetinių zonų atranka	43
4.1. Vertinimo kriterijų rinkinys.....	43
4.2. Kriterijų svorių nustatymas	43
4.3. GIS duomenų sluoksnių parengimas	44
4.3.1. Terminis komfortas	45

4.3.2.	Akustinis komfortas.....	46
4.3.3.	Oro kokybė	46
4.3.4.	Želdynų kiekis / medžių danga.....	47
4.3.5.	Sėdėjimo vietų kokybė ir ergonomika.....	48
4.3.6.	Wi-Fi ir elektros prieiga	49
4.3.7.	Prieinamumas prie pastatų.....	50
4.3.8.	Biologinė įvairovė	51
4.4.	Tinkamumo žemėlapiai	52
4.4.1.	Vienodų svorių tinkamumo žemėlapis	52
4.4.2.	Naudotojų svorių tinkamumo žemėlapis	53
4.5.	Karštųjų ir šaltųjų taškų analizė	54
4.6.	Prioritetinių zonų atranka	55
5.	Rekomendacijos KTU žaliųjų erdvių pritaikymui studijoms ir darbui lauke	58
5.1.	Naudotojų pageidaujamos veiklos lauko erdvėse.....	58
5.2.	Naudotojus skatinančios iniciatyvos	58
5.3.	Rekomendacijos prioritetinėms zonoms.....	59
5.4.	Apibendrinimas	64
	Išvados	65
	Literatūros sąrašas	66
	Priedai.....	73
1	priedas. Krejcie ir Morgan (1970) imties dydžio lentelė [73]	73
2	priedas. Tyrimo apklausos anketa	74
3	priedas. Sėdimų vietų žemėlapis	77
4	priedas. KTU studentų miestelio planas su pastatų žymėjimais.....	78
5	priedas. Lauko biuro dienos apklausa dalyvaujančioms organizacijoms, KTU atsakymai	79
6	priedas. KTU studentų miestelio dangų ir želdinių žemėlapis	84
7	priedas. Tyrimo apklausos atsakymai.....	85
8	priedas. Medžių lajų dangos sluoksnio žemėlapis.....	86
9	priedas. Triukšmo lygio sluoksnio žemėlapis	87
10	priedas. Taršos koncentracijos sluoksnio žemėlapis	88
11	priedas. NDVI reikšmių žemėlapis.....	89
12	priedas. Sėdimų vietų tankio žemėlapis	90
13	priedas. Atstumo nuo Wi-Fi stotelių reikšmių žemėlapis	91
14	priedas. Atstumo nuo pastatų sluoksnio žemėlapis	92
15	priedas. Medžių rūšių skaičiaus sluoksnio žemėlapis	93
16	priedas. Vienodų svorių tinkamumo žemėlapis.....	94
17	priedas. Naudotojų svorių scenarijaus tinkamumo žemėlapis.....	95
18	priedas. Karštųjų ir šaltųjų taškų analizės žemėlapis	96
19	priedas. Tinkamumo žemėlapis su reljefu	97

Lentelių sąrašas

1 lentelė. Pradinis tyrimo kriterijų sąrašas	27
2 lentelė. Pradinio kriterijų sąrašo atranka GIS analizei	29
3 lentelė. KTU studentų miestelio žalumo indekso skaičiavime naudojami elementai, jų plotai (kiekiai) ir elementų koeficientai.....	39
4 lentelė. Tinkamumo vertinimo kriterijų rinkinys	43
5 lentelė. Kriterijų svoriai pagal scenarijus	44
6 lentelė. Pirminių vertinimo sluoksnių aprašomoji analizė	44

Paveikslų sąrašas

1 pav. Darnumo integravimo sritys universitete pagal visos institucijos požiūrį, adaptuota pagal [12]	16
2 pav. Aktualūs DVT kuriant žaliąsias erdves universitetų aplinkoje, adaptuota pagal [15]	17
3 pav. Metodikos schema skirta tyrimo analizei atlikti	26
4 pav. Kauno miesto žemėlapis su pažymėta KTU studentų miestelio teritorija, adaptuota remiantis [77]	35
5 pav. „ArcGIS Field Maps“ programos darbo aplinkos pavyzdys atliekant lauko inventorizaciją	36
6 pav. Inventorizacijos metu sužymėtos sėdimos vietos (detalesnis žemėlapis pateiktas 3 priede).	36
7 pav. Įrengta laisvalaikio erdvė prie Cheminės technologijos fakulteto	37
8 pav. KTU studentų miestelio dangų tipai ir želdiniai (detalesnis žemėlapis pateiktas 6 priede)	39
9 pav. Teritorijos žalumo indekso rezultatų pasiskirstymas	40
10 pav. Respondentų poreikio pakeisti uždara patalpą į darbo aplinką lauke pasiskirstymas	41
11 pav. KTU žaliųjų lauko erdvių naudojimo darbui ar studijoms dažnis	42
12 pav. Medžių lajų dangos erdvinis pasiskirstymas KTU studentų miestelio teritorijoje (detalesnis žemėlapis pateiktas 8 priede)	45
13 pav. Triukšmo lygio pasiskirstymas KTU studentų miestelio teritorijoje (detalesnis žemėlapis pateiktas 9 priede)	46
14 pav. Normalizuotų oro taršos reikšmių pasiskirstymas KTU studentų miestelio teritorijoje (detalesnis žemėlapis pateiktas 10 priede)	47
15 pav. NDVI reikšmių pasiskirstymas KTU studentų miestelio teritorijoje (detalesnis žemėlapis pateiktas 11 priede)	48
16 pav. Normalizuoto sėdėjimo vietų tankio pasiskirstymas KTU studentų miestelio teritorijoje (detalesnis žemėlapis pateiktas 12 priede)	49
17 pav. Atstumo iki Wi-Fi prieigos taškų pasiskirstymas KTU studentų miestelio teritorijoje (detalesnis žemėlapis pateiktas 13 priede)	50
18 pav. Atstumo nuo pastatų pasiskirstymas KTU studentų miestelio teritorijoje (detalesnis žemėlapis pateiktas 14 priede)	51
19 pav. Medžių rūšių skaičiaus pasiskirstymas KTU studentų miestelio teritorijoje (detalesnis žemėlapis pateiktas 15 priede)	52
20 pav. KTU studentų miestelio lauko erdvių tinkamumo studijoms ir darbui vertinimas taikant vienodų svorių scenarijų (detalesnis žemėlapis pateiktas 16 priede)	53
21 pav. KTU studentų miestelio lauko erdvių tinkamumo studijoms ir darbui vertinimas taikant naudotojų svorių scenarijų (detalesnis žemėlapis pateiktas 17 priede)	54
22 pav. KTU studentų miestelio tinkamumo studijoms ir darbui lauke karštųjų ir šaltųjų taškų analizė (detalesnis žemėlapis pateiktas 18 priede)	55
23 pav. Karštųjų ir šaltųjų taškų analizės tinkamumo balų pasiskirstymo histograma	55
24 pav. Prioritetinių zonų išskyrimas pagal naudotojų svorių tinkamumo žemėlapi ir reljefo aukščio įvertinimą (detalesnis žemėlapis pateiktas 19 priede)	56
25 pav. Išskirtos prioritutinės zonos	56
26 pav. KTU studentų miestelio prioritетinių zonų vaizdai	57
27 pav. Pageidaujamų lauko veiklų pasiskirstymas	58
28 pav. Naudotojus skatinančių iniciatyvų pasiskirstymas	59
29 pav. A zonos vizualizacija	60
30 pav. B zonos vizualizacija	61

31 pav. C zonos vizualizacija.....	61
32 pav. D zonos vizualizacija	62
33 pav. E zonos vizualizacija.....	62
34 pav. F zonos vizualizacija pirmasis scenarijus.....	63
35 pav. F zonos vizualizacija antrasis scenarijus	63
36 pav. Numatomos lauko Wi-Fi stotelių vietos (instituciniai duomenys).....	64

Santrumpų sąrašas

AASHE STARS (angl. *Association for the Advancement of Sustainability in Higher Education – Sustainability Tracking, Assessment & Rating System*) – aukštųjų mokyklų darnumo savianalizės ir vertinimo sistema;

COM – Europos Komisijos komunikatas (teisės akto numeris);

COVID-19 (angl. *Coronavirus Disease 2019*) – koronaviruso sukelta liga;

DVT – darnaus vystymosi tikslai;

ES – Europos Sąjunga;

GIS (angl. *Geographic Information System*) – geografinė informacinė sistema;

GPS (angl. *Global Positioning System*) – globalioji padėties nustatymo sistema;

INSPIRE (angl. *Infrastructure for Spatial Information in Europe*) – Europos erdvinės informacijos infrastruktūros direktyva;

JT – Jungtinės Tautos;

JTGA – Jungtinių Tautų Generalinė Asamblėja;

KD_{2,5}, KD₁₀ – kietosios dalelės, kurių aerodinaminis skersmuo yra atitinkamai mažesnis nei 2,5 µm ir 10 µm;

KTU – Kauno technologijos universitetas;

LKS94 – Lietuvos koordinačių sistema 1994;

LOJ – lakieji organiniai junginiai;

MCDA (angl. *Multi-Criteria Decision Analysis*) – daugiakriteris sprendimo priėmimo analizės metodas;

NDVI (angl. *Normalized Difference Vegetation Index*) – normalizuotas skirtuminis augalijos indeksas, apskaičiuojamas iš palydovinių vaizdų ir parodantis augmenijos kiekį bei būklę;

NO₂ – azoto dioksidas;

SMART (angl. *Simple Multi-Attribute Rating Technique*) – paprasta daugiakriterių sprendimų vertinimo technika, šiame darbe naudota kriterijų svoriams nustatyti pagal Likerto skalės respondentų įvertinimus;

STEM (angl. *Science, Technology, Engineering, Mathematics*) – gamtos mokslų, technologijų, inžinerijos ir matematikos krypčių sritis;

SWEPPP – tai trumpinys (angl. *Sustainable Well-being: Personal, Professional and Planetary*);

UI GreenMetric (angl. *Universitas Indonesia GreenMetric World University Rankings*) – tarptautinis universitetų darnumo reitingas;

UNESCO (angl. *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*) – Jungtinių Tautų Švietimo, mokslo ir kultūros organizacija;

WLC (angl. *Weighted Linear Combination*) – svertinė tiesinė kombinacija, naudojama tinkamumo balui kiekvienam rastrinio žemėlapių elementui apskaičiuoti.

ŽI – žalioji infrastruktūra.

Ivadas

Šiuolaikinis universiteto miestelis yra ne tik akademinė, bet ir kasdienio gyvenimo erdvė – jame studentai ir darbuotojai praleidžia didelę paros dalį, dirba, mokosi ir bendrauja. Po COVID-19 pandemijos darbas ir studijos tapo gerokai lankstesni, o lauko aplinka vis dažniau matoma ne kaip pertraukos vieta, bet kaip visavertė studijų ir darbo erdvė, galinti sumažinti kognityvinę nuovargį, sustiprinti dėmesį bei skatinti kūrybiškumą.

Tuo pat metu klimato kaita ir miestų perkaitimas skatina universitetus į savo teritorijas žvelgti strategiškiau. Žaliosios erdvės atpažįstamos kaip infrastruktūra, teikianti ekosistemines paslaugas ir kurianti psichologiškai atkuriančią aplinką, o tinkamai suplanuotos jos vienu metu atlieka kelias funkcijas, atliepiančias Europos žaliojo kurso ir darnaus vystymosi tikslų kryptis bei darnaus universiteto valdymo principus.

Vis dėlto praktikoje universitetų žaliųjų erdvių potencialas dažnai lieka neišnaudotas – jos suvokiamos pirmiausia kaip rekreacijos vietos, o jų galimybės tapti kasdienės studijų ir darbo veiklos dalimi nėra sistemingai įvertinamos. Trūksta integruoto požiūrio, kuris sujungtų erdvės fizines savybes, naudotojų poreikius ir organizacijos darnumo siekius. Kauno technologijos universiteto studentų miestelis šiuo požiūriu yra tipiškas pavyzdys – jo teritorijoje persikloja akademinio, darbinio ir laisvalaikio naudojimo režimai, tačiau funkcinis pritaikymas studijoms ir darbui lauke iki šiol nebuvo nuosekliai įvertintas.

Rengiant darbą buvo naudojamas generatyvinis dirbtinio intelekto įrankis „ChatGPT“, skirtas vizualizacijoms rekomendacijų dalyje kurti pagal pateiktus aprašymus bei teksto redagavimui.

Darbo tikslas – įvertinti KTU studentų miestelio žaliųjų erdvių pritaikymo studijoms ir darbui galimybes ir suformuluoti gamta grįstų sprendimų rekomendacijas, siekiant jų integravimo į kasdienes universiteto veiklas.

Darbo uždaviniai:

1. išanalizuoti ekosisteminių paslaugų, gamta grįstų sprendimų bei darnumo tikslų sąsajas su žaliųjų erdvių naudojimu universitetuose siekiant sisteminės gerovės: asmeninės, profesinės ir aplinkos (SWEPPP);
2. parengti tyrimo metodiką KTU studentų miestelio žaliųjų erdvių pritaikomumo studijoms ir darbui vertinimui;
3. įvertinti esamas KTU studentų miestelio žaliasias erdves, jų pritaikomumą darbui ir studijoms bei pagrindines kliūtis;
4. įvertinti lauko studijų ir darbo zonų tinkamumą pagal pasirinktus kriterijus, parengti tinkamumo žemėlapi ir atrinkti prioritетines zonas;
5. parengti rekomendacijas infrastruktūros gerinimui, atliepiančias naudotojų poreikius ir organizacijos darnumo tikslus.

1. Universitetų žaliųjų erdvių reikšmė ir vertinimas darnios studijų ir darbo aplinkos kontekste

Universitetų teritorijose esančios žaliosios erdvės yra svarbios ne tik estetiniu, bet ir funkciniu požiūriu. Literatūroje pabrėžiama, kad žalioji aplinka gali turėti teigiamą poveikį studentų ir darbuotojų savijautai, padėti mažinti stresą ir kurti palankesnes sąlygas kasdieniui akademiniai veiklai [1]. Taip pat šios erdvės gali būti nagrinėjamos kaip darnios universiteto aplinkos dalis, susijusi su ekosisteminių paslaugų teikimu ir aplinkos kokybės gerinimu. Todėl svarbu aptarti universitetų žaliųjų erdvių reikšmę ir jų vertinimo galimybes darnios studijų ir darbo aplinkos kontekste.

1.1. Universitetų žaliosios erdvės darnaus vystymosi ir studijų aplinkos kontekste

Aukštųjų mokyklų vaidmuo jau kuris laikas yra ne tik teikti žinias, bet ir inicijuoti bendruomenės veiklas, skatinti pokyčius, rodyti pavyzdį taikant teigiamas praktikas. Šie pokyčiai yra skatinami: technologinės pažangos, klimato kaitos, demografinių pokyčių bei geopolitinės įtampos. Istoriskai universitetai pirmiausia buvo siejami su studijomis ir žinių perteikimu, o vėliau vis didesnę reikšmę įgijo ir jų vaidmuo vykdant mokslinius tyrimus bei diegiant naujas žinias. Šiuo metu vis dažniau kalbama ir apie platesnę universitetų misiją, kuri apima jų indėlį į visuomenę, ekonomiką ir įvairius socialinius procesus. Dėl to universitetai tampa labiau orientuoti į bendradarbiavimą, atvirumą ir didesnę ryšį su skirtingomis visuomenės grupėmis [2].

Vis daugiau dėmesio skiriama universitetų vaidmeniui darnaus vystymosi srityje. Darnaus universiteto samprata apima ne tik studijas, mokslinius tyrimus ar institucinį valdymą, bet ir fizinę aplinką, kurioje vyksta kasdienė akademinė veikla [3]. Universiteto teritorija vis dažniau suvokiama ne tik kaip pastatų ir infrastruktūros visuma, bet ir kaip kasdienės akademinės patirties dalis. Tokia aplinka gali turėti reikšmės studijų, darbo, bendravimo ir poilsio kokybei, todėl jos planavimas tampa svarbus kalbant apie darnią studijų ir darbo aplinką [4]. Viena svarbių universiteto aplinkos dalių yra žaliosios erdvės. Jos gali būti reikšmingos ne tik estetiniu ar aplinkosauginiu požiūriu, bet ir kaip erdvės, skirtos poilsiui, socialinei sąveikai, mokymuisi ar darbui lauke. Dėl to universitetų žaliosios erdvės vis dažniau nagrinėjamos kaip svarbi darnios studijų ir darbo aplinkos dalis [5–7].

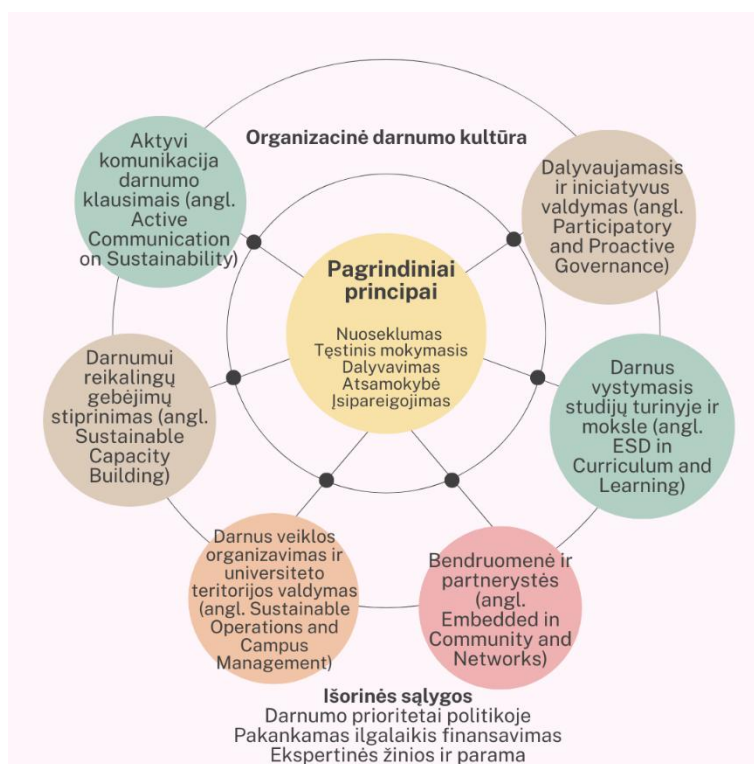
Toliau aptariamas universitetų vaidmuo darnumo srityje, darnaus vystymosi tikslų ir strateginių kryptų sąsajos su universiteto aplinka bei šiuolaikinių studijų ir darbo erdvių kaitos tendencijos.

1.1.1. Universitetų vaidmuo darnumo srityje

Jungtinės Tautos ugdymo įstaigas laiko ypač svarbiomis siekiant darnaus vystymosi tikslų (DVT) įgyvendinimo ypač per mokslinių tyrimų, gebėjimų stiprinimo ir partnerysčių kūrimo sritis [8]. UNESCO pabrėžia aukštojo mokslo svarbą darnaus švietimo kontekste ir remia iniciatyvas, kuriomis siekiama nuoseklaus mokymosi aplinkų ekologizavimo. Tokio tipo švietimo įstaigos teiktų pirmenybę patalpų oro kokybei, natūraliai šviesai ir patogiai aplinkai, o tai aktyviai prisidėtų prie mokinių ir darbuotojų sveikatos ir gerovės, taip pat prie produktyvesnės mokymosi ir darbo atmosferos. UNESCO išleistame standarte „Green School Quality Standard” [9] siekiama, kad iki 2030 m. bent 50 % pasaulio mokyklų, kolegijų ir universitetų būtų pripažinti tvariais.

Mokslinėje literatūroje universitetų indėlis į darnumą siejamas su studijomis, moksliniais tyrimais, universiteto veiklos organizavimu ir ryšiais su visuomene. Tačiau taip pat pažymima, kad šių dalykų taikymas praktikoje ne visada yra nuoseklus, o valdymo, kasdienės veiklos ir ugdymo derinimas

išlieka sudėtingas [10]. Atsižvelgiant į tai, vis dažniau pabrėžiamas bendro institucijos požiūrio taikymas (angl. *whole institution approach*). Jis reiškia, kad darnumo principai turėtų būti integruojami į universiteto valdymą, mokslinius tyrimus, kasdienę veiklą ir fizinę aplinką (žr. 1 pav.). Šio požiūrio esmė – kurti holistinę sistemą, apimančią visą instituciją ir jos bendruomenę, kad pati įstaiga taptų darnaus vystymosi pavyzdžiu. Šis požiūris susijęs ir su gyvosios laboratorijos (angl. *living lab*) koncepcija. Integruodama darnumo principus į savo veiklą, institucija gali ne tik valdyti vidinius procesus, bet ir pritaikyti juos studijoms. Tai sudaro galimybę taikyti tvarias iniciatyvas vandens, energijos, atliekų valdymo srityse, o savo turimas žinias panaudoti sprendžiant kylančius iššūkius. Svarbi gyvosios laboratorijos dalis yra ir žaliosios erdvės, nes jos gali būti siejamos su gamtamoksliniu ugdymu ir gamta grįstais sprendimais institucijos infrastruktūroje. Taip pat svarbu, kad tokios iniciatyvos neapsiribotų tik institucijos vidumi, bet skatintų bendradarbiavimą su suinteresuotomis šalimis [9, 11].



1 pav. Darnumo integravimo sritys universitete pagal visos institucijos požiūrį, adaptuota pagal [12]

„Whole Institution Approach: measurable and highly effective in empowering learners and educators for sustainability“ [12] autoriai visos institucijos požiūrį apibūdina kaip testinį ir dalyvavimu grįstą organizacinio mokymosi procesą. Šis požiūris padeda darnumą integruoti į įvairias universiteto veiklos sritis ir susieti formalųjį bei neformalųjį ugdymą. Todėl universitetų darnumas gali būti nagrinėjamas ir per konkrečias darnaus vystymosi kryptis, susijusias su studijų aplinka, bendruomenės gerove ir fizine universiteto aplinka.

1.1.2. DVT ir strateginės žaliosios infrastruktūros kryptys

Darnaus vystymosi tikslų struktūrą sudaro 17 tikslų ir 169 uždaviniai, o jų įgyvendinimas vertinamas remiantis periodiškai peržiūrima pasauline rodiklių sistema [13]. DVT įgyvendinami įvairiais lygmenimis, o universitetų kontekste jie aktualūs beveik visoms institucijos veiklos sritims – nuo studijų iki infrastruktūros [14].



2 pav. Aktualūs DVT kuriant žaliąsias erdves universitetų aplinkoje, adaptuota pagal [15]

Pagrindiniai DVT, kurie yra aktualiausi kuriant fizinę aplinką studijoms ir darbui universitetuose:

- **DVT 3** (gera sveikata ir gerovė). Šis tikslas skirtas užtikrinti sveiką gyvenimo būdą ir skatinti gerovę visiems žmonėms, nepriklausomai nuo amžiaus. Universitetai prisideda prie šio tikslo kurdami sveiką ir stimuliuojančią mokymosi aplinką, užtikrinančią studentų ir darbuotojų fizinę ir emocinę gerovę. Analizuojami aspektai glaudžiai susiję su šio tikslo 3.4. uždaviniu: „Iki 2030 metų trečdaliu sumažinti priešlaikinį mirtingumą nuo neužkrečiamųjų ligų taikant prevenciją ir gydymą bei skatinti psichinę sveikatą ir gerovę“ [13, 16];
- **DVT 4** (kokybiškas išsilavinimas). Tikslu siekiama užtikrinti įtraukų ir teisingą, kokybišką išsilavinimą bei skatinti mokymosi visą gyvenimą galimybes visiems. Vienas svarbiausių universitetų prioritetų – visapusiškos studijų aplinkos kūrimas, pabrėžiant jos prieinamumą ir kokybę, plečiant mokymosi erdves už tradicinių auditorijų ribų ir gerinant jų infrastruktūrą. Analizuojami aspektai glaudžiai susiję su šio tikslo 4.a. uždaviniu: „Statyti ir modernizuoti švietimo įstaigas, kuriose būtų atsižvelgiama į vaikų, asmenų su negalia ir skirtingų lyčių interesus, ir suteikti saugią, nesmurtinę, įtraukią ir veiksmingą mokymosi aplinką visiems.“ [13];
- **DVT 9** (pramonė, inovacijos ir infrastruktūra). Šio tikslo esmė – sukurti atsparią infrastruktūrą, skatinti darnią industrializaciją ir plėtoti inovacijas. Universitetai prisideda ne tik atlikdami mokslinius tyrimus, bet ir veikdami kaip eksperimentinės erdvės. Jie diegia naujus infrastruktūros, mokymosi aplinkos ir erdvių sprendimų modelius, pritaikytus šiuolaikiniams mokymosi poreikiams. Analizuojami aspektai glaudžiai susiję su šio tikslo uždaviniais: 9.1. „Kurti kokybišką, patikimą, tvarią ir atsparią infrastruktūrą, įskaitant regioninę ir tarpvalstybinę infrastruktūrą, skirtą ekonominei plėtrai ir žmonių gerovei didinti, sutelkiant dėmesį į prieinamą ir lygiateisę galimybę ją naudotis visiems.“ 9.5. „Plėsti mokslinius tyrimus, modernizuoti pramonės sektorių technologinius pajėgumus visose šalyse, visų pirma besivystančiose šalyse, įskaitant ir siekį iki 2030 metų skatinti naujoves ir labai padidinti mokslinių tyrimų ir plėtros srities darbuotojų skaičių 1 milijonui gyventojų bei valstybines ir privačias lėšas, skiriamas moksliniams tyrimams ir plėtrai.“ [13];
- **DVT 11** (darnūs miestai ir bendruomenės). Šis tikslas – sukurti įtraukius, saugius, atsparius ir darnius miestus bei gyvenvietes. Kaip miestų plėtros dalyviai, universitetai formuoja darnesnę urbanistinę aplinką, gerina viešųjų erdvių kokybę ir skatina aktyvesnę žaliųjų zonų

naudojimą. Analizuojami aspektai glaudžiai susiję su šio tikslo uždaviniais: 11.3. „Iki 2030 metų didinti įtraukimą ir darnią urbanizaciją bei visų dalyvavimu pagrįsto, kompleksinio ir darnaus gyvenviečių planavimo ir valdymo gebėjimus visose šalyse.“ 11.7. „Iki 2030 metų suteikti visuotinę galimybę naudotis saugiomis, įtraukiomis ir prieinamomis žaliomis ir viešomis erdvėmis, pirmiausia moterims ir vaikams, pagyvenusiems žmonėms ir žmonėms su negalia.“ [13, 16];

- **DVT 13** (sušvelninti klimato kaitos poveikį). Tikslas orientuotas į klimato kaitos švelninimą ir atsakingesnių praktikų diegimą. Todėl jis ypač aktualus universitetų infrastruktūrai ir jos valdymui. Universitetai, taikydami visos institucijos požiūrį ir veikdami kaip gyvosios laboratorijos, diegia energinio efektyvumo sprendimus, vykdo žaliuosius pirkimus ir mažina savo atliekų kiekius. Analizuojami aspektai glaudžiai susiję su šio tikslo uždaviniais: 13.1. „Stiprinti visose šalyse atsparumą su klimatu susijusiems pavojams ir gaivalinėms nelaimėms bei gebėjimą prisitaikyti prie jų padarinių.“ 13.2. „Įtraukti klimato kaitos priemones į nacionalinę politiką, strategijas ir planavimą.“ 13.3. „Gerinti švietimą, informuotumo didinimą bei žmogiškuosius ir institucinius gebėjimus klimato kaitos mažinimo, prisitaikymo prie jos, jos poveikio mažinimo ir ankstyvo įspėjimo srityse.“ [11, 13];
- **DVT 15** (gyvybė žemėje). Šis tikslas skirtas apsaugoti, atkurti ir tvariai naudoti sausumos ekosistemas bei sustabdyti biologinės įvairovės nykimą. Universitetai šį tikslą įgyvendina atsakingai tvarkydami savo teritorijas, išsaugodami žaliąsias erdves, stiprindami biologinę įvairovę ir taikydami aplinkotvarkos sprendimus, palankius sausumos ekosistemų apsaugai. Analizuojami aspektai glaudžiai susiję su šio tikslo uždaviniais: 15.1. „Iki 2020 metų užtikrinti sausumos ir vidaus gėlo vandens ekosistemų ir jų paslaugų, pirmiausia miškų, pelkių, kalnų ir sausumų, išsaugojimą, atkūrimą ir tausų naudojimą laikantis tarptautinėse sutartyse nustatytų įsipareigojimų.“ 15.9. „Iki 2020 metų įtraukti ekosistemų ir biologinės įvairovės vertybes į nacionalinį ir vietinį planavimą, vystymosi procesus, skurdo mažinimo strategijas ir ataskaitas.“ [13];
- **DVT 17** (partnerystė įgyvendinant tikslus). Šis tikslas pabrėžia bendradarbiavimo, partnerystės ir bendrų veiksmų svarbą siekiant darnaus vystymosi. Patrauklesnių zonų kūrimas grindžiamas įvairių suinteresuotųjų šalių – universiteto administracijos, studentų, darbuotojų, vietos bendruomenės ir savivaldybės – įtraukimu, sudarant prielaidas bendram sprendimų planavimui ir įgyvendinimui. Analizuojami aspektai glaudžiai susiję su šio tikslo uždaviniais: 17.16. „Plėsti pasaulinę darnaus vystymosi partnerystę, papildytą daugelio suinteresuotųjų šalių partnerystės organizacijomis, kurios sutelkia ir dalijasi žiniomis, profesine patirtimi, technologijomis ir finansiniais ištekliais, remti darnaus vystymosi tikslų pasiekimą visose šalyse, pirmiausia besivystančiose šalyse.“ 17.17. „Skatinti ir remti veiksmingas valstybines, valstybines ir privačias, taip pat pilietinės visuomenės partnerystės organizacijas atsižvelgiant į jų patirtį ir finansavimo strategijas.“ [13, 16].

Universitetai vis dažniau siekia parodyti ir įvertinti savo pažangą darnaus vystymosi srityje, rengdami ataskaitas ir dalyvaudami įvairiose lyginamojo vertinimo iniciatyvose. Kaip vieną iš tokių pavyzdžių galima išskirti „Times Higher Education Impact Rankings“ metodiką, kurioje universitetų veikla vertinama pagal su DVT susietus rodiklius, apimančius mokslinius tyrimus, valdymą, išorinį poveikį ir studijas [17]. Kita plačiai taikoma lyginamojo vertinimo sistema yra „UI GreenMetric“ reitingas, kuriame universitetai vertinami pagal kelias kriterijų grupes, tarp jų – teritorijos ir infrastruktūros aspektus [18]. Universitetų tvarumo vertinimas plėtojamas ne tik per išorines vertinimo sistemas, bet ir per paties aukštojo mokslo sektoriaus kuriamas priemones. Viena iš jų yra AASHE STARS sistema,

paremta savianalizei ir apimanti institucijos veiklos organizavimo bei bendruomenės įsitraukimo sritis [19]. Be to, universitetų tvarumo kryptį taip pat formuoja tarptautiniai bendradarbiavimo tinklai ir iniciatyvos, pagrįstos bendrais principais, pavyzdžiui, Tarptautinis darnių universitetų tinklas (angl. *International Sustainable Campus Network*), kuris padeda apibrėžti strategines infrastruktūros planavimo ir valdymo nuostatas [20].

Universitetų tvarumo reitingai leidžia ne tik įvertinti aukštųjų mokyklų veiklos darnumą, bet ir padeda laikytis Europos Sąjungos politikos krypties. Bendrą šios politikos pagrindą sudaro Europos žaliasis kursas (COM(2019) 640), kuriame numatyta klimatui neutralios ir tvarios Europos, įskaitant universitetus, vizija [21]. ES žaliosios infrastruktūros strategija (COM(2013) 249) pabrėžia žaliosios infrastruktūros integravimo svarbą į teritorijų planavimą. Tai aktualu universitetams dėl želdynų, atvirų lauko erdvių ir gamta grįstų sprendimų taikymo [22]. Šią politikos kryptį papildė ES biologinės įvairovės strategija iki 2030 metų (COM(2020) 380), kurioje universitetams svarbu prisidėti prie savo teritorijų biologinės įvairovės išsaugojimo ir „grąžinti gamtą į savo gyvenimą“ [23]. Tuo tarpu ES Gamtos atkūrimo reglamentas (2024/1991) šiuos siekius padaro teisiškai privalomais, įpareigodamas valstybes nares parengti atkūrimo planus [24]. ES prisitaikymo prie klimato kaitos strategija (COM(2021) 82) orientuota į atsparumo didinimą. Universiteto erdvėms tai svarbu planuojant pavėsį, mažinant perkaitimą ir taikant lietaus valdymo sprendimus [25]. Naujasis europinis bauhausas (COM(2021)573) šią kryptį papildė tuo, kad pabrėžia ne tik tvarumą, bet ir estetiką, funkcionalumą bei socialinę įtrauktį. Klimato prisitaikymo sprendiniai turi būti ne vien techniškai veiksmingi, bet ir gražūs, patogūs bei naudingi bendruomenei [26].

1.1.3. Šiuolaikinių studijų ir darbo erdvių kaita universitetuose

Universitetų fizinė aplinka per pastarąjį dešimtmetį keitėsi greičiau nei per ankstesnius tris ar keturis dešimtmečius kartu sudėjus. COVID-19 pandemija suveikė kaip veiksnys, paskatinęs reikšmingus pokyčius. Masinis perėjimas į nuotolinį darbą ir studijas 2020–2021 metais privertė aukštojo mokslo institucijas iš naujo permąstyti erdvių pritaikymą. Lankstumas, hibridiškumas ir technologijų pritaikymas tapo svarbiais erdvių adaptacijos principais, kurie skatina auditorijas bei kitas nusistovėjusias erdves iš esmės keisti [27, 28]. Universitetų investicijos krypsta į lanksčias daugiav funkcines zonas – socialines mokymosi erdves, aktyvaus mokymosi auditorijas, išmanias mokymosi aplinkas bei kitas hibridines „ateities“ mokymosi erdves [27, 29]. Šiame kontekste išsiskiria neformalių mokymosi erdvių svarba. Šiose erdvėse studentai mokosi savarankiškai, be dėstytojo priežiūros ir už formalaus užsiėmimo laiko ribų. Čia skatinamas aktyvus mokymasis, socialinė sąveika, didėja įsitraukimo į bendruomenę lygis [29]. Tuo tarpu žaliosios erdvės išlieka svarbios studentų gerovei, socializacijai ir bendruomeniškumo jausmo skatinimui. Jos taip pat susijusios su aukštesniais akademiniais rezultatais ir mažesniu pirmakursių nubyrėjimu [30].

Dalyje studijų programų, taikančių mišrius dėstytojų metodus, studentai teorines paskaitas, gali klausyti nuotoliu iš ten, kur patogiu. Į universiteto erdves atvykstama dėl to, ko nuotolinis mokymas negali suteikti – bendravimo, praktinių bei laboratorinių užsiėmimų ir kitų fizinių veiklų. Kinta ir akademinis bei administracinių darbuotojų darbas – dalis užduočių (rašymas, duomenų analizė, skaitymas, nuotoliniai susitikimai) gali vykti namuose ar kitose erdvėse, o darbovietėse laikas skiriamas gyviems susitikimams, mentorystei ir bendram darbui [28, 31]. Tai rodo, kad darbo poreikiai po truputį suartėja su studentų poreikiais. Abi grupės ieško vietų, kur galima prisijungti prie interneto, rašyti elektroninius laiškus, surengti trumpą susitikimą ir grįžti prie pagrindinės darbinės

veiklos. Lauko žaliosios erdvės atitinka būtent šį poreikį, tačiau dažniausiai jos projektuojamos kaip reprezentacinės ir rekreacinės erdvės, o ne kaip aplinkos pritaikytos kasdieniam darbui.

Klimato kaita taip pat keičia universitetų infrastruktūros poreikius. Universitetai vasaros metu vis dažniau susiduria su perkaitimo problemomis pastatuose, ypač tuose, kurie statyti dar negaliojant šiuolaikiniam energinio efektyvumo reikalavimams. Prognozuojama, kad vėsinimo energijos poreikio augimas bus didesnis nei šildymo poreikio sumažėjimas, o tai lems bendrą metinio energijos suvartojimo didėjimą 5–33 % iki 2050 metų [32]. Tai skatina tvarių projektavimo sprendimų diegimą, pavyzdžiui, žaliosiose erdvėse taikyti sprendimus, susijusius su vietinės augalijos naudojimu, ir tokiu būdu reguliuoti mikroklimatą [27, 30, 32]. Lietuvos klimato juostoje yra ir kita pusė – šiaurinio klimato universitetų aplinka susiduria su papildomais iššūkiais žiemos laikotarpiu. Norint išlaikyti žaliųjų erdvių naudingumą ir naudojimąsi jomis visus metus, svarbu jas tinkamai pritaikyti ir žiemos laikotarpiui. Tai apima strateginius sodinimo metodus, apšilimo namelių (angl. *warming huts*) diegimą, apšvietimo užtikrinimą, apsirūpinimą mobiliais baldais bei žaliųjų erdvių projektavimą, integruojant jas į esamą infrastruktūrą [30]. Taip pat svarbu bent dalį sėdimų vietų suprojektuoti kaip „saulės gaudykles“ (angl. *sun traps*), nukreipiant jas į pietus, kad jos gautų kuo daugiau tiesioginių saulės spindulių. Pastatų orientacija ir išdėstymas turėtų būti parenkami taip, kad jie neužstotų saulės šviesos ir sudarytų palankesnes mikroklimato sąlygas naudotis žaliosiomis erdvėmis šaltuoju metų laiku [30]. Atsižvelgiant į abi puses, ateities universitetų erdvių planavimas turėtų būti lankstus ir apimantis sprendimus, kurie visus metus užtikrintų palankų mikroklimatą.

1.2. Žaliųjų erdvių reikšmė studijoms, darbui ir darniai gerovei

Žaliųjų erdvių teigiamas poveikis žmonių sveikatai plačiai aprašytas įvairiose miestų parkų, bendrojo miesto žalumų (angl. *urban greenness*), gydomųjų kraštovaizdžių (angl. *therapeutic landscapes*) literatūroje [33, 34]. Universiteto miestelis yra ypatingas tuo, kad yra uždaresnis už viešąjį parką, kasdien naudojamas to paties naudotojų branduolio ir susietas su intensyvia sporto bei kognityvine veikla. Šiame skyriuje bus apžvelgiami gerovės, lauko mokymosi, lauko studijų ir darbo erdvių kokybės kriterijų aspektai.

1.2.1. Žaliųjų erdvių reikšmė studentų ir darbuotojų gerovei

Aplinkos psichologijoje dominuoja dvi teorijos. Dėmesio atkūrimo teorija (angl. *Attention Restoration Theory*) teigia, kad kognityvinės veiklos, pavyzdžiui, studijos, išsekina tikslinį dėmesį, o gamtinė aplinka jį atkuria. Tam, kad aplinka padėtų atstatyti dėmesį, ji turi pasižymėti šiais bruožais: būti turtinga (angl. *extent*), žavinga (angl. *fascination*), suteikti atsitraukimo jausmą (angl. *being away*) ir būti suderinta su naudotojo poreikiais (angl. *compatible*) [35, 36]. Kita teorija – streso atkūrimo teorija (angl. *Stress Recovery Theory*) teigia, kad saugi gamtinė aplinka greitai sumažina stresą fiziologiniu (raumenų įtampa, odos laidumas, kraujospūdis) ir emociniu lygmeniu. Teigiama, kad ši žmonių reakcija yra biologiškai užprogramuota ir yra prieškognityvinė – kyla nesąmoningai, dar nespėjus suvokti matomo vaizdo [37, 38]. Šiandien šios teorijos yra pagrindas kalbant apie aplinkos reikšmę žmogui ir papildo viena kitą – viena teorija aiškina kognityvinį, o kita fiziologinį atsigavimą [34, 36, 39].

Šios teorijos aktualios ir universiteto miestelių aplinkoms. Tyrimai rodo, kad gamtinės erdvės universitetuose (net ir vaizdas pro langą į žalumą) padeda studentams atsistatyti po protinio nuovargio, mažina stresą, gerina akademinius rezultatus ir bendrą gyvenimo kokybę [7, 34, 39, 40]. JAV universitetuose atlikti tyrimai rodo, kad suvokiamas žalumas (angl. *perceived greenness*)

statistiškai reikšmingai siejasi su psichologiniu atsistatymu, kuris tiesiogiai gerina gyvenimo kokybę [5, 40]. Tyrinėjant Bonos universiteto (Vokietijoje) miestelio žaliasias erdves, buvo sukurta „sveikos akademinės žaliosios erdvės sistema“ (angl. *Healthy Academic Greenspace Framework*), kurioje universiteto miestelio žaliosios erdvės vertinamos kaip kasdienė gydomojo kraštovaizdžio erdvė, palaikanti fizinę, psichinę ir socialinę gerovę. Tai vyksta ne tik dėl fizinių erdvės elementų (medžių, žolės), bet ir dėl identiteto kūrimo, asmeninių patirčių, emocinio prisirišimo, subjektyvių simbolinių reikšmių ir socialinės sąveikos [33]. Kinijos Macau miesto universitetų miestelių lyginamajame tyrime buvo nustatyta, kad universiteto žalumos, kaip fizinės aplinkos, savybės padeda mažinti studentų depresiją ir skatina jų psichologinį atsigavimą. Poveikio intensyvumas priklauso nuo miestelio erdvinės struktūros: mažesnio tankio, žalesniuose priemiesčio tipo miesteliuose jis pasireiškia stipriau. Išvadose teigiama, kad kuriant universitetų erdves, būtina atsižvelgti į jų specifinį planavimą – tankiuose miesteliuose prioritetą turėtų būti teikiamas žalumos kokybei, o erdviuose – lengvam prieinamumui [41].

Literatūros apžvalga apie mėlynąsias ir žaliasias universiteto miestelio erdves rodo, kad daugiau nei 96 % į apžvalgą įtrauktų tyrimų nustatė teigiamą ryšį tarp įvairių universiteto miestelio kraštovaizdžio aspektų ir studentų psichinės sveikatos. Pažymima, kad esamuose tyrimuose trūksta stebėsenos ir elgsenos duomenų – dažniausiai remiamasi apklausomis, o ne faktiniais erdvių naudojimo matavimais [42].

1.2.2. Lauko mokymasis, neformalios mokymosi erdvės ir gamta grįstos praktikos

Lauko mokymasis (angl. *outdoor learning*) yra pedagoginė praktika, daugiausiai taikoma ikimokyklinio ir pradinio ugdymo kontekste. Šis metodas apima reguliarių ir struktūrizuotą mokymosi procesą gamtinėje aplinkoje, todėl nėra tik vienkartinė ekskursija [43]. Taikomi mokymosi pavyzdžiai apima ir aukštąsias mokyklas – universitetų miestelių arboretumuose vyksta laboratoriniai darbai, paskaitos lauko auditorijose, projektinės veiklos žaliuosiose erdvėse [40, 43, 44]. Kitas pavyzdys – Danijos lauko mokyklos modelis, kai besimokantieji reguliariai praleidžia tam tikras valandas mokydami lauke, nepriklausomai nuo oro sąlygų [43].

Remiantis tyrimais, gamta grįstas mokymasis (angl. *Nature-based instruction*) dažnai yra efektyvesnis už tradicinį mokymąsi vidaus patalpose ir siejamas su geresniais akademineis pasiekimais, didesniu įsitraukimu, motyvacija, socialiniais įgūdžiais ir gerove. Atsitiktinės imties tyrimas, kuriame dalyvavo daugiau nei 3000 studentų, parodė, kad tie, kurie mokėsi mokyklos sodų ar daržų aplinkoje, įgijo daugiau žinių nei jų bendraamžiai [45]. Nepaisant paminėtų pavyzdžių, aukštojo mokslo kontekste lauko mokymasis vis dar yra mažiau išplėtotas. Taip nutinka dėl nusistovėjusių nuostatų iš akademikų bei institucijos požiūrio, kad žaliosios erdvės nėra tinkamos studijoms ar darbui [43, 45]. Tačiau per pastarąjį dešimtmetį pokyčiai vyksta – diegiamos gyvosios laboratorijos koncepcijos, STEM lauko laboratorijos, inicijuojami lauko biuro dienos renginiai (angl. *outdoor office day*).

Lauko biuro diena – tai tarptautinė iniciatyva, kurią 2019 m. pradėjo Nyderlanduose gyvenanti psichologė Ioana Biriš. Kasmet birželio viduryje darbuotojai ir studentai kviečiami dirbti lauke, miesto žaliuosiose erdvėse. Iniciatyva skatina įstaigas įvertinti savo lauko infrastruktūrą ne tik estetikos ar reprezentacijos, bet ir funkcionalumo požiūriu, o žmonės – permąstyti savo santykį su aplinka ir tai, kaip jie galėtų perkelti biure atliekamą veiklą į lauko aplinką [46]. Universiteto kontekste tai ypač

svarbu, nes institucijos bendruomenę sudaro dirbantys ir besimokantys žmonės, kuriuos supa žaliosios erdvės, tačiau jos taip ir lieka ne iki galo išnaudojamos.

Neformalios mokymosi erdvės įvardijamos kaip „trečiasis mokytojas“, nes pati fizinė aplinka aktyviai formuoja studentų elgseną, tarpusavio sąveiką ir mokymosi rezultatus. Ši koncepcija pabrėžia, kad erdvė nėra tik pasyvus fonas, o veiksmingas įrankis, padedantis įgyvendinti esminį pokytį – perėjimą nuo mokymo prie mokymosi (angl. *shift from teaching to learning*) [47].

1.2.3. Lauko studijų ir darbo erdvių kokybės kriterijai

Kad lauko erdvė būtų iš tiesų naudojama studijoms ar darbui, o ne tik pereinamajam poilsui, ji turi atitikti gana konkretų fizinių ir funkcinių reikalavimų rinkinį. Iširta, kad neformalių mokymosi erdvių, tame tarpe ir lauko erdvių, pasirinkimą lemia:

- Šiluminis ir fizinis komfortas (mikroklimatas, baldų kokybė ir ergonomika);
- Technologiniai resursai (išteklių prieinamumas, dirbtinis apšvietimas);
- Akustinė aplinka ir ramybė (garsovaizdis);
- Prieinamumas ir pasiekiamumas (vieta miestelyje, aiški navigacija);
- Psichologinės savybės ir atkūrimo potencialas (saugumas, privatumas, erdvumas);
- Socialiniai aspektai ir daugiafunkciškumas [30, 48–52].

Šaltiniuose šiluminis komfortas (angl. *thermal comfort*) apibūdinamas kaip kritinis veiksnys, lemiantis erdvių naudojimo sėkmę, studentų pasitenkinimą bei jų kognityvinius pasiekimus [48, 50, 51]. Šiluminis komfortas suprantamas ne tik kaip fizinė būseną, bet ir kaip psichologinis pasitenkinimas aplinka, kuris kinta priklausomai nuo klimato zonų, pastatų tipologijos ir asmeninės adaptacijos [49].

Lauko erdvėse komfortą stipriai lemia oro temperatūra ir saulės radiacija, tačiau vieno rodiklio nepakanka visapusiškam vertinimui. Žmonės prie lauko sąlygų prisitaiko fiziškai (keisdami aprangą) ir psichologiškai. Nustatyta, kad asmeninis pasirinkimas yra kritinis: naudotojai, kurie erdvėje būna savo noru (poilsui), yra kur kas tolerantiškesni temperatūros svyravimams nei tie, kurie ten privalo būti dėl darbo ar kitų pareigų [49]. Miesto medžiai ir žaliosios sienos yra vieni efektyviausių įrankių šiluminiam komfortui gerinti, nes jie mažina „karščio salų“ efektą ir sugeria šilumą [32, 53].

Kitas kriterijus – akustinis komfortas – priklauso ne tik nuo garso stiprumo (decibelų), bet ir nuo garso dermės su aplinka. Teigiamai vertinami garsai (paukščiai, vėjas) gali veiksmingai „užmaskuoti“ transporto triukšmą ir tokiu būdu padidina bendrą garsovaizdžio malonumą ir erdvės atkuriamąjį potencialą [54, 55]. Akustinis komfortas dažnai laikomas vienu stipriausių bendro pasitenkinimo aplinka veiksnų, kai kuriais atvejais lenkiančiu šiluminį komfortą ar apšvietimą. Universiteto lauko studijų erdvėse svarbu užtikrinti akustinį komfortą, pasitelkiant vandens elementus, medžių juostas ar reljefo formuojamus barjerus, kurie mažintų triukšmą nuo pagrindinių transporto jungčių [51, 56].

Žaliųjų erdvių vertė studentams priklauso ir nuo to, kaip sėkmingai gamtiniai elementai suderinami su technologiniais patogumais, tokiais kaip belaidis internetas, elektros prieiga ir apšvietimas, bei ergonomiški, mobilūs baldai. Tai leidžia erdvę pritaikyti asmeniniams studijų poreikiams [30, 51].

Be anksčiau aptartų kriterijų, literatūroje minimi ir papildomi, empiriškai pasireiškiantys veiksniai, kurie daro įtaką renkantis lauko erdvę. Tai – saugumo suvokimas, pavyzdžiui, matomumas iš universiteto miestelio takų ir naktinis apšvietimas; laisvės ar atitrūkimo pojūtis; prieinamumas

judumo sutrikimų turintiems asmenims, įskaitant takų dangą, nuolydį ir be laiptų pasiekiamus paviršius; apsauga nuo lietaus, kurią gali suteikti stoginės ar lapuočiai medžiai; natūralumo lygis, apimantis sodinių įvairovę, kvapų peizažą, vandens telkinio artumą ir paukščių lizdų stebėjimo galimybę [5, 33, 49, 54, 55].

1.3. Žaliosios infrastruktūros ir ekosisteminių paslaugų vertinimas universitetų teritorijoje

1.3.1. Žalioji infrastruktūra, ekosisteminės paslaugos ir gamta grįsti sprendimai universiteto aplinkoje

Žalioji infrastruktūra (ŽI) apibrėžiama kaip strategiškai suplanuotas ir valdomas daugiavfunkcinių gamtinių bei pusiau gamtinių teritorijų tinklas, sukurtas teikti platų ekosisteminių paslaugų spektrą ir apsaugoti bioįvairovę. Ji apima tiek sausumos elementus (parkus, miškus, žaliuosius stogus), tiek mėlynąją infrastruktūrą – vandens telkinius, tokius kaip upės, ežerai ar lietaus sodai [57–59]. Aukštojo mokslo institucijų aplinkoje tai yra ne tik estetinė priemonė, bet ir strateginis sveikatos, socialinės lygybės bei tvarios infrastruktūros išteklius, tiesiogiai prisidedantis prie studentų akademinės sėkmės.

Ekosisteminės paslaugos padeda suprasti ryšį tarp gamtos ir visuomenės, akcentuojant tai, „ką ekosistemos daro“ žmonių labui. Jei gamtinis kapitalas (angl. *natural capital*) yra turtas, tai ekosisteminės paslaugos yra iš to turto gaunama nauda. Šiandien jos klasifikuojamos pagal Bendrąją tarptautinę ekosisteminių paslaugų klasifikaciją [60]. Joje išskiriamos trys pagrindinės grupės: aprūpinimo (angl. *provisioning*), reguliavimo ir palaikymo (angl. *regulation and maintenance*) ir kultūrinės paslaugas (angl. *cultural*). Universiteto miestelio kontekste dominuoja reguliavimo paslaugos, tokios kaip mikroklimato reguliavimas, lietaus vandens sulaikymas, oro kokybės gerinimas ir triukšmo slopinimas, bei kultūrinės paslaugos, apimančios rekreaciją, estetinį malonumą, edukacinę vertę, tapatybę ir vietos jausmą. Aprūpinimo paslaugos paprastai išlieka antrinėmis, išskyrus atvejus, kai yra bendruomeninis sodas ar vaismedžiai [57, 59, 60].

Gamta grįsti sprendimai (angl. *Nature-based solutions*) siejami ne tik su pedagogika, bet ir su platesniu apibrėžimu: tai sprendimai, kurie yra įkvėpti gamtos ir teikia aplinkosauginę, socialinę bei ekonominę naudą [53, 57]. Šie sprendimai, teikia naudą biologinei įvairovei ir palaiko įvairių ekosisteminių paslaugų teikimą. Universitetų miesteliuose gamta grįsti sprendimai gali apimti medžių sodinimą pavėsio sukūrimui, lietaus sodus, žaliuosius stogus ir sienas, vabzdžių oazes, bendruomeninius sodus. Visi jie kartu veikia kaip gyvoji laboratorija ir kaip gerovę palaikanti infrastruktūra [53].

1.3.2. Žaliųjų erdvių vertinimo rodikliai ir kriterijų grupės

Miesto žaliųjų erdvių kokybės vertinimo įrankių literatūros apžvalga identifikuoja beveik 40 tarptautinėje mokslinėje literatūroje aprašytų kompleksinių žaliųjų erdvių vertinimo įrankių, sukurtų tarp 2003 ir 2022 m. Didžioji dalis jų atsirado aukšto išsivystymo lygio šalyse (JAV, Australija, Jungtinė Karalystė, Kanada, Italija) [61]. Pirmieji, apie 2000 metus, atlikti tyrimai rėmėsi vien nuotoliniais duomenimis ir vertino parkų prieinamumą bei patrauklumą: erdvumą, natūralumą, tylumą, kultūrinę bei istorinę vertę, infrastruktūrą [54]. Vėliau sukurti įrankiai, reikalaujantys *in situ* erdvių audito.

Tarp šių įrankių išsiskiria žalumo indeksas (angl. *Green Space Factor*) – savivaldybių erdvinio vystymo politikoje naudojamas įrankis, išreiškiamas ekologiškai efektyvaus paviršiaus ploto ir viso

teritorijos ploto santykiu. Skaičiavimo esmė – išreikšti skirtingų paviršiaus elementų plotų sumos, padaugintos iš jiems priskirtų ekologinio efektyvumo koeficientų, santykį su bendru teritorijos plotu. Koeficientai skirtingiems elementams atspindi jų santykinę ekosisteminę vertę. Pavyzdžiui, Helsinkio indekse išsaugotam dideliame medžiui, aukštesniam nei 10 m, skiriamas 3,5 koeficientas, pralaidžiai smėlio dangai – 1,4, o nepralaidžiam paviršiui – 0. Pirmą kartą šis įrankis pritaikytas Berlyne 1990-aisiais, vėliau plėtotas Malmėje, Stokholme, Sautamptone, Londone ir Helsinkyje – kiekviename mieste taikant skirtingus prioritetus ir minimalius tikslus, pritaikytus prie vietos sąlygų. Įrankio privalumas yra lankstumas: jis nustato minimalų projektavimo standartą, bet palieka vystytojams galimybę pasirinkti, kaip jį pasiekti. Trūkumas tas, kad indeksas veikia tik atskiro projekto lygmeniu ir neužtikrina platesnio žaliajo tinklo vientisumo, todėl turi būti integruojamas į strateginį planavimą, o ne traktuojamas kaip vienintelė priemonė [62].

Universitetų miestelio lauko studijų ir darbo erdvių vertinimui literatūroje kol kas nėra atskiro, pripažinto įrankio. Tai patvirtina I. Misiūnės ir kolegų apžvalga [61]: dauguma egzistuojančių įrankių vertina rekreacinį potencialą, fizinį aktyvumą ar bendrą aplinkos kokybę, o mokymosi ir darbo tinkamumo aspektai sistemiškai neintegruojami. Vadinasi, yra poreikis adaptuoti esamus kriterijus, pridėti specifinius, pavyzdžiui, belaidžio interneto aprėptį, elektros prieinamumą ir triukšmo lygį, ir tokiu būdu vertinti lauko studijų bei darbo erdves, pasitelkiant esamus ŽI įrankius.

1.3.3. Erdvinės analizės metodai universitetų žaliųjų erdvių tyrimuose

Geografinės informacinės sistemos (GIS) metodai yra pagrindinė šiuolaikinė priemonė žaliųjų erdvių erdvinei analizei. GIS metodai padeda suprasti sudėtingą ryšį tarp žaliųjų erdvių pasiskirstymo, jų kokybės ir gyventojų poreikių [63].

Identifikuojamos šio GIS taikymo grupės miesto ŽI analizėje: prieinamumo analizė (tinklų analizė, kliūčių poveikio vertinimas), kokybės vertinimas (triukšmo žemėlapiai, suvokiamos kokybės modeliai), tinkamumo analizė (angl. *suitability analysis*) naudojant svertinį perdengimą (angl. *weighted overlay*), mikroklimato modeliavimas (augmenijos indeksai, temperatūros reguliavimo analizė, ekosisteminių paslaugų vertinimas), scenarijų modeliavimas [54, 55, 63–65].

Tinkamumo analizės metodas, derinamas su daugiakriteriniu vertinimu (angl. *Multi-Criteria Decision Analysis*, MCDA), yra plačiausiai taikomas. Dažniausia taikoma darbo eiga:

- apibrėžiami vertinimo kriterijai ir renkami erdviniai duomenys GIS aplinkoje (augmenijos danga, nuolydis, atstumas iki kelių, triukšmo lygis, pavėsio prieinamumas);
- kiekvienas kriterijus standartizuojamas į bendrą tinkamumo skalę (paprastai 1–5 arba 1–9);
- kriterijams suteikiami svoriai – dažniausiai taikant Analitinės hierarchijos metodą (AHP);
- sluoksniai naudojant svertinį perdengimą yra sujungiami į bendrą tinkamumo žemėlapi [63, 64].

Viename tyrime [55] GIS pagrįsti objektyvūs rodikliai, tokie kaip augmenijos danga, medžių tankis ir triukšmo lygis, buvo palyginti su naudotojų apklausų duomenimis. Nustatyta, kad objektyviai įvertinta ir subjektyviai suvokiama žaliųjų erdvių kokybė sutampa tik iš dalies, ypač vertinant ramybės aspektą. Tai reiškia, kad vien GIS analizės universitetų kontekste nepakanka – rezultatas turi būti patikrinamas bent supaprastinta naudotojų apklausa ar stebėjimais.

Kitame tyrime (autoriai F. Domazetović ir kt.) [66] buvo sukurtas ir pritaikytas GAMA (angl. *GIS Automated Multicriteria Analysis*) metodas, siekiant automatizuoti sudėtingą erozijos procesų analizę, tam tikslui buvo naudojamas svertinės sumos (angl. *Weighted Sum*) įrankis.

SMART (angl. *Simple Multi-Attribute Rating Technique*) [67] metodas yra vienas populiariausių ir plačiausiai tyrimuose taikomų daugiakriterinio vertinimo būdų dėl savo paprastumo ir universalumo. Šiuo metodu kriterijų svoriai vertinami tiesiogiai (angl. *Direct Rating*). Vertinimas pagal SMART tinka situacijoms, kai vertinama daug kriterijų, ir reikalauja mažiau respondentų pastangų lyginant su porinio palyginimo metodais, tokiais kaip analitinis hierarchinis procesas (AHP) [68]. Jis plačiai taikomas įvairios paskirties tinkamumo modeliavime – žemės paskirties naudojime, gamtos išteklių analizėje, transporto tinklų planavime [66, 67, 69].

Lietuvos kontekste viešai prieinamų erdvinių duomenų pasiūla yra gana plati. Lietuvos erdvinės informacijos portale galima rasti ortofotografijų, Adresų registro duomenų, INSPIRE paslaugų ir suminių triukšmo žemėlapių. Aplinkos apsaugos agentūros portale pateikiami taršos koncentracijų žemėlapiai, o miestų savivaldybių bendruosiuose planuose galima rasti informacijos apie nepralaidžias dangas, užstatymo intensyvumą ir želdynų pasiekiamumą. Papildomai gali būti naudojami ir „OpenStreetMap“ duomenys, tokie kaip takai, pastatai ar sėdimos vietos. Tokia duomenų įvairovė sudaro galimybes universitetams atlikti teritorijų tinkamumo analizę nenaudojant brangių individualiai renkamų duomenų rinkinių.

Apibendrinant, universiteto miestelio kontekste, egzistuoja tvirtas teorinis pagrindas (dėmesio atkūrimo teorija, streso atkūrimo teorija), universitetų aplinkų gerovės tyrimai, neformalių mokymosi erdvių ir gamtą grįstų sprendimų taikymas bei tam išstobulinti ŽI vertinimo įrankiai ir GIS metodai. Tačiau atskiro, patvirtinto universitetų lauko studijų ir darbo erdvių tinkamumo vertinimo įrankio, kuris jungtų gerovės, neformalaus mokymosi, ekosisteminių paslaugų ir erdvinės analizės prieigas surasti nepavyko. Šiame magistro baigiamajame darbe siūloma pritaikytą metodiką šiai spragai užpildyti KTU studentų miestelio atveju.

2. Tyrimo metodika skirta vertinti žaliųjų erdvių tinkamumą studijoms ir darbui

Šiame skyriuje pateikiama universali metodika, skirta vertinti universitetų miestelių žaliųjų erdvių tinkamumą studijoms ir darbui lauke. Atlikta analizė tampa pagrindu rengiant rekomendacijas infrastruktūrai gerinti.

Metodika sudaro dvi lygiagrečios tyrimo eigos. Pirmiausia skaičiuojamas funkcinis erdvių tinkamumas studijoms ir darbui lauke, kuris yra grindžiamas GIS daugiakriteriniu vertinimu. Vertinimo rezultatai validuojami erdvinės statistikos metodais ir naudojami prioritetinėms zonoms atrinkti. Taip pat vertinama bendra teritorijos ekosisteminė vertė apskaičiuojant žalumo indeksą. Abu skaičiavimai pateikia papildomą, bet savarankišką informaciją apie tiriamą teritoriją ir kartu sudaro pagrindą rekomendacijoms formuluoti. Metodikos struktūra suformuota taip, kad ji būtų pritaikoma bet kuriam universiteto miesteliui ar panašaus pobūdžio teritorijai.

Taikomi metodikos žingsniai pateikti 3 paveiksle. Tinkamumo analizė pradedama literatūros ir GIS atvejų analize, kurios pagrindu suformuojamas vertinimo kriterijų rinkinys. Renkami erdviniai duomenys ir naudotojų apklausos duomenys, atliekamas kriterijų standartizavimas ir svorių priskyrimas pagal SMART techniką bei vienodų svorių scenarijų. Parengti sluoksniai sujungiami atliekant svertinę tiesinę kombinaciją GIS aplinkoje, taip gaunamas tinkamumo žemėlapis. Gautų rezultatų erdvinis patikimumas tikrinamas atliekant karštųjų ir šaltųjų taškų analizę. Toliau, remiantis naudotojų svorių tinkamumo žemėlapiu ir papildoma reljefo aukščio patikra, atrenkamos prioritetinės zonos. Lygiagrečiai apskaičiuojamas teritorijos žalumo indeksas, kuris pateikia bendrą teritorijos ekologinį įvertinimą. Galutiniame etape, remiantis prioritetinių zonų savybėmis, naudotojų pageidavimais ir literatūra, formuluojamos rekomendacijos.



3 pav. Metodikos schema skirta tyrimo analizei atlikti

2.1. Vertinimo kriterijų rinkinio formavimas

Kriterijų rinkinys buvo formuojamas atliekant mokslinės literatūros analizę bei praktinių GIS atvejų analizę. Tokiu būdu atsižvelgiama, kad kriterijai atspindėtų teorinius aplinkos veiksnius, lemiančius lauko studijų ir darbo erdvių tinkamumą, bet ir realų pritaikomumą erdvinėje analizėje. Literatūros paieška buvo vykdoma tarptautinėse mokslinių publikacijų duomenų bazėse – „Web of Science“, „Scopus“, „Science Direct“, „Google Scholar“ ir „MDPI“. Analizuoti šaltiniai tiek anglų, tiek lietuvių kalbomis ir naudoti tokie reikšmingų žodžių deriniai: mokymasis lauke, universiteto miestelio žaliosios erdvės, GIS tinkamumo analizė, lauko šiluminis komfortas, ekosistemų paslaugų vertinimas, miesto žaliųjų erdvių rodikliai, neformalaus mokymosi erdvės. Atrenkant publikacijas buvo atsižvelgiama, ar publikacija paskelbta recenzuojamame žurnale arba konferencijų leidinyje, ar pateikiami konkretūs kriterijai bei jų vertinimo metodika, ar publikacija susijusi su lauko erdvių naudojimu mokymuisi, darbui, rekreacijai ir bendrai aplinkos kokybei vertinti.

Pradiniame etape išskirtas kriterijų sąrašas apima tris temines grupes: aplinkos komforto kriterijus, funkcinės infrastruktūros kriterijus bei socialinius ir kraštovaizdžio patrauklumo kriterijus. Kriterijų sąrašas pateikiamas 1 lentelėje.

1 lentelė. Pradinis tyrimo kriterijų sąrašas

Nr.	Kriterijus	Aprašymas	Matavimai	Literatūra
Aplinkos komfortas				
1.	Terminis komfortas	Erdvės mikroklimato komfortas dėl temperatūros, pavėsio, vėjo ir spinduliuotės	Medžių lajų dangą (%), pavėsį kuriančių elementų kiekis, InVEST Urban Cooling ar kiti mikroklimato modeliai	[48, 49, 52]
2.	Apsauga nuo saulės, lietaus ir kitų kritulių	Erdvėje esanti priedanga nuo tiesioginės saulės ir kritulių	Stogelių kiekis, medžių lajų dangą, pridengtų vietų kiekis	[30, 32, 48, 52, 53]
3.	Akustinis komfortas / triukšmas	Erdvės garsinės aplinkos kokybė ir triukšmo lygis	Garso lygio matavimai (dB), atstumas iki eismo	[50, 51, 55, 56]
4.	Oro kokybė	Erdvės oro švarumo lygis, priklausantis nuo taršos šaltinių poveikio	Atstumas iki gatvių, taršos šaltinių, oro kokybės parametrai (KD _{2,5} ; KD ₁₀ , NO ₂)	[51, 52]
5.	Želdynų kiekis / medžių dangą	Objektyvus žalumo lygis erdvėje, apibūdinamas želdinių ir medžių dangos kiekiu	Medžių lajų dangą (%), žaliųjų plotų dalis (%), normalizuotas augmenijos skirtumo indeksas (angl. NDVI), medžių skaičius	[70]
Funkcinė infrastruktūra				
6.	Apšvietimo kokybė	Natūralios šviesos ir dirbtinio apšvietimo pakankamumas darbui erdvėje	Apšvietumo lygis (lux), šviestuvų kiekis, šviesos praeinamumas	[48, 50, 55]
7.	Sėdėjimo vietų kokybė ir ergonomika	Sėdėjimo vietų skaičius, kokybė, tinkama ilgesniam buvimui erdvėje	Suolų / kėdžių tipas, atlošų ir porankių buvimas, sėdimų vietų skaičius, naudotojų vertinimas	[48]
8.	Baldų tinkamumas ir pritaikomumas	Erdvėje esančių baldų tinkamumas skirtingiems scenarijams – individualiam darbui, darbui kompiuteriu, rašymui ir grupinei veiklai	Stalų ir kitų darbo paviršių skaičius bei tipas, perstatomų baldų kiekis, skirtingų sėdėjimo ir darbo zonų įvairovė	[50]

Nr.	Kriterijus	Aprašymas	Matavimai	Literatūra
9.	Wi-Fi ir elektros prieiga	Skaitmeninės infrastruktūros pakankamumas darbui su elektroniniais įrenginiais	Wi-Fi aprėptis, ryšio stiprumas, elektros lizdų skaičius, atstumas iki lizdų, vietų su prieiga prie elektros dalis (%)	[50]
10.	Papildomi patogumai	Kasdienių pagalbinių funkcijų, tokių kaip tualetai, geriamasis vanduo ir maitinimo vietos, prieinamumas	Atstumas iki tualetų, vandens stotelių, kavinių ar kitų maitinimo vietų	[48]
11.	Prieinamumas / pasiekiamumas	Erdvės pasiekiamumas iš pagrindinių miestelio vietų	Atstumas nuo fakultetų, bibliotekos, bendrabučių ir pagrindinių takų, jungčių skaičius	[71]
Socialinis ir kraštovaizdžio patrauklumas				
12.	Naudojimo intensyvumas	Erdvės naudojimas skirtingu paros metu, vertinant, ar naudotojų skaičius netrukdo komfortiškai joje būti	Žmonių skaičius skirtingu paros metu, užimtų sėdimų vietų dalis (%), stebėjimai piko ir ne piko metu, apklausa	[48]
13.	Matomumas / atvirumas	Erdvės vizualinio atvirumo ir matomumo lygis iš pagrindinių judėjimo srautų	Matomumas nuo pagrindinių takų, vizualių užtvarų kiekis	[71]
14.	Privatumas / galimybė susikaupti	Erdvės atskyrimas nuo intensyvių srautų ir išorinių trikdžių lygis, sudarantis sąlygas susikaupti	Atstumas nuo pagrindinių srautų, vizualinių ir garsinių atitvarų buvimas, erdvinio atskyrimo lygis, naudotojų apklausa	[51]
15.	Saugumo pojūtis	Subjektyvus ir objektyvus saugumo lygis erdvėje, ypač vakaro metu	Apšvietimo lygis, kamelių buvimas, naudotojų apklausa, nusikaltimų kiekis per paskutinius metus	[72]
16.	Atpažįstamumas/ vietos identitetas	Erdvės išskirtinumo, charakterio ir lengvo atpažįstamumo lygis	Naudotojų apklausa, orientyrų buvimas	[71]
17.	Priklausymo vietai jausmas	Naudotojų ryšio su erdve ir jos savitumo pojūčio stiprumas	Naudotojų apklausa, buvimo dažnumas, pasirinkimo grįžti į erdvę rodikliai	[71]
18.	Natūralumo/ kraštovaizdžio kokybės lygis	Erdvės natūralumo, gyvybingumo ir kraštovaizdžio kokybės lygis	Kraštovaizdžio kokybės auditas, naudotojų apklausa, natūralių elementų įvairovė, dirbtinių dangų ir natūralių paviršių santykis	[1]
19.	Priežiūros tvarkos lygis	Erdvės tvarkos, švaros, nusidėvėjimo ir priežiūros kokybė	Lauko auditas, dangų ir baldų nusidėvėjimo būklė, priežiūros dažnumas, naudotojų apklausa	[1]
20.	Vaizdai į želdynus ir dangų	Vizualinis ryšys su želdynais, dangumi ir kitais gamtiniais elementais	Naudotojų apklausa, matomų želdynų dalis, dangaus matomumas, regos laukų analizė	[48]
21.	Biologinė įvairovė	Augalijos struktūrinė ir rūšinė įvairovė	Augalų rūšių skaičius, skirtingų želdinių tipų buvimas	[1]
22.	Vandens elementų buvimas	Vandens elementų buvimas erdvėje arba jų artumas	Vandens elementų buvimas, atstumas iki jų, jų skaičius ir tipas	[69]

Mokslinės literatūros analizę papildė ir vertinami GIS taikymo atvejai. Ieškota studijų, kuriose praktiškai taikomi erdvinės analizės metodai žaliosios infrastruktūros plėtrai. Nagrinėti Aplinkosaugos ministerijos remiami projektai, tokie kaip Žalumo indekso taikymo metodika, žaliosios infrastruktūros poreikio žemėlapių sudarymas taip pat Statybos sektoriaus vystymo

agentūros miesto ekosistemų atkūrimo metodika. Pasirinktos atvejų analizės buvo peržiūrėtos ir taikyti jų metodai, rodikliai, panaudoti duomenų šaltiniai.

2.2. Kriterijų atranka GIS analizei

Galutinis kriterijų sąrašas buvo sudarytas atsižvelgiant į jų tinkamumą tyrimui, jau esamus taikytinus modelius [61], jų įvairovę atliepti skirtingus naudotojų lūkesčius, kriterijų vertinimo galimybę naudojant GIS analizę, kriterijų duomenų prieinamumą. Kiekvienam kriterijui priskiriamas vienas iš trijų sprendimų: įtraukiamas, įtraukiamas iš dalies arba neįtraukiamas. Į kategoriją „iš dalies“ patenka kriterijai, kuriuos GIS metodais galima įvertinti netiesiogiai, per artumo, dangos ar kitus susijusius rodiklius. Taip pat buvo atsižvelgta į jų panašumą ir tai kuriuos kriterijus būtų galima sujungti. Sudarytas galutinis kriterijų sąrašas pateiktas 2 lentelėje.

2 lentelė. Pradinio kriterijų sąrašo atranka GIS analizei

Nr.	Kriterijus	Sprendimas dėl GIS analizės	Atrankos pagrindimas
1.	Terminis komfortas	Įtraukiamas	Kriterijus gali būti vertinamas naudojant erdvinius rodiklius: medžių lajų dangą, dangų tipus, želdynų pasiskirstymą.
2.	Apsauga nuo saulės, lietaus ir kitų kritulių	Iš dalies	Nesant duomenų apie stogelius ar kitus dengiančius elementus, kriterijus iš dalies persidengia su terminiu komfortu (medžių lajų dangą).
3.	Akustinis komfortas / triukšmas	Įtraukiamas	Kriterijus vertinamas pagal atstumą iki pagrindinių gatvių, triukšmo žemėlapių duomenų
4.	Apšvietimo kokybė	Neįtraukiamas	Šiam kriterijui vertinti reikalingi lauko matavimai, detali apšvietimo infrastruktūros informacija, kuri GIS analizei gali būti nepakankama
5.	Oro kokybė	Įtraukiamas	Kriterijus vertinamas pagal viešai prieinamus taršos žemėlapių duomenis
6.	Naudojimo intensyvumas	Neįtraukiamas	Kriterijui vertinti reikalingi stebėjimo, apklausų rezultatai, GIS analizei nepakankami duomenys
7.	Sėdėjimo vietų kokybė ir ergonomika	Iš dalies	Kriterijus vertinamas iš dalies pagal padaryta lauko sėdėjimo vietų inventorizacija, institucijos duomenis. Ergonomikai įvertinti GIS analizei nepakanka duomenų.
8.	Baldų tinkamumas ir pritaikomumas	Neįtraukiamas	Kriterijui vertinti būtini detalūs infrastruktūros duomenys, GIS analizei gali nepakakti duomenų
9.	Wi-Fi ir elektros prieiga	Įtraukiamas	Kriterijui vertinti reikalinga lauko elektros lizdų inventorizacija, institucijos duomenys. Wi-Fi aprėptis vertinama pagal institucijos infrastruktūros duomenis
10.	Papildomi patogumai	Neįtraukiamas	Kriterijus nevertinamas atskirai, nes papildomų patogumų prieinamumas sutampa su atstumu iki pastatų
11.	Prieinamumas / pasiekiamumas	Įtraukiamas	Kriterijus vertinamas pagal atstumą iki institucijos pastatų visoje tiriamoje teritorijoje
12.	Matomumas / atvirumas	Iš dalies	Kriterijus netiesiogiai bus įvertintas per atstumą iki pagrindinių srautų, institucijos pastatų
13.	Privatumas / galimybė susikaupti	Iš dalies	Kriterijus GIS metodais sunkiai išmatuojamas, tačiau gali būti netiesiogiai vertinamas per atstumą iki pagrindinių srautų, triukšmo šaltinių

Nr.	Kriterijus	Sprendimas dėl GIS analizės	Atrankos pagrindimas
14.	Saugumo pojūtis	Iš dalies	Kriterijus iš dalies vertinamas pagal registruotų nusikaltimų duomenis, kurie leidžia įvertinti objektyvų saugumo rizikos lygį teritorijoje. Duomenys neatspindi subjektyvaus saugumo pojūčio
15.	Atpažįstamumas/ vietos identitetas	Neįtraukiamas	Kriterijus daugiausia remiasi naudotojų suvokimu, kokybine analize, todėl nėra tinkamas tiesioginiam GIS vertinimui
16.	Priklausymo vietai jausmas	Neįtraukiamas	Kriterijus daugiausia remiasi naudotojų suvokimu, kokybine analize, todėl nėra tinkamas tiesioginiam GIS vertinimui
17.	Želdynų kiekis / medžių danga	Įtraukiamas	Kriterijus vertinamas pagal medžių lajų dangą, žaliųjų plotų dalį, NDVI
18.	Natūralumo/ kraštovaizdžio kokybės lygis	Iš dalies	Kriterijus gali būti netiesiogiai vertinamas per želdynų struktūrą, natūralių ir dirbtinių dangų santykį, tačiau yra gan subjektyvus
19.	Vaizdai į želdynus ir dangų	Neįtraukiamas	Kriterijui vertinti reikalinga detali 3D duomenų ir regos laukų analizė
20.	Vandens elementų buvimas	Neįtraukiamas	Kriterijus gali būti vertinamas pagal vandens elementų kiekį, atstumą iki jų, tačiau priklauso, ar vandens elementai yra tiriamoje teritorijoje
21.	Biologinė įvairovė	Iš dalies	Kriterijus GIS aplinkoje gali būti vertinamas pagal medžių rūšinės sudėties duomenis.
22.	Priežiūros tvarkos lygis	Neįtraukiamas	Kriterijui įvertinti reikalingas detalus lauko auditas

Detalūs atrankos sprendimai dėl kiekvieno kriterijaus konkrečioje tyrimo teritorijoje pateikiami tiriamojoje dalyje, nes jie priklauso nuo institucijos duomenų prieinamumo ir teritorijos specifikos.

2.3. Naudotojų poreikių apklausa

Tyrimui atlikti buvo įgyvendinta bendruomenės narių, kaip potencialių erdvių naudotojų, apklausa. Jos tikslas – identifikuoti bendruomenės poreikius bei patiriamus iššūkius lauko studijų ir darbo erdvėms ir surinkti kiekybinę informaciją, reikalingą SMART metodu skaičiuoti kriterijų svorius. Tikslinę grupę sudaro universiteto bendruomenė: bakalauro, magistro ir doktorantūros studentai, dėstytojai bei administracijos darbuotojai. Kadangi tyrimo objektas – studijų ir darbo infrastruktūra, studentai ir darbuotojai laikomi pagrindinėmis kategorijomis, kurios respondentų imtyje turėtų būti panašiai atstovaujamos.

Buvo pasirinkta taikyti elektronine anketinę apklausos formą sudarytą per „Google forms“ aplinką. Toks apklausos būdas leidžia pasiekti plačią universiteto bendruomenės dalį, reikalauja mažai kaštų, surinkti duomenys gali būti lengvai apdorojami. Imties dydžiui nustatyti naudojama Krejcie ir Morgan (1970) [73] parengta imties dydžio lentelė. Ši plačiai taikoma tyrimų priemonė leidžia, pagal žinomą populiacijos dydį N tiesiogiai nustatyti reikalingą respondentų skaičių s esant 95 % pasitikėjimo lygmeniui ir 5 % paklaidai. Lentelė pateikta 1 priede.

Anketą sudaro šios klausimų grupės: demografiniai klausimai (priklausymas bendruomenės kategorijai), poreikis dirbti ar studijuoti lauke ir esamas naudojimo intensyvumas, lauko erdvių

kriterijų svarbos vertinimas Likerto 5 balų skalėje (1 – visai nesvarbu; 5 – labai svarbu) – šie duomenys naudojami svorių skaičiavimui. Visas klausimynas pateikiamas 2 priede.

2.4. Erdvinių duomenų rinkimas ir paruošimas

Tyrimo teritorija nustatoma remiantis institucijos teritorijos planu. Apibrėžiamos aiškos ribos, apimančios pastatus, atviras erdves, žaliąsias zonas, pėsčiųjų ir dviračių takus. Teritorijos ribos perteikiamos kaip vektorinis poligonas „ArcGIS Pro 3.6.4“ programinėje įrangoje.

Duomenys renkami iš trijų pagrindinių šaltinių kategorijų: atviri erdviniai duomenys (palydoviniai duomenys, savivaldybių GIS portalai, valstybinių institucijų teikiami sklaidos žemėlapiai, „OpenStreetMap“), institucijos vidiniai duomenys (infrastruktūros, želdinių inventorizacijos, tinklo aprėpties duomenys), lauko inventorizacijos duomenys, renkami *in situ* mobiliąja GIS aplikacija. Konkretūs šaltiniai, jų rezoliucija ir nuorodos pateikiami tiriamojoje dalyje.

Lauko inventorizacijai naudojama „ArcGIS Field Maps“ mobilioji programa, leidžianti tiesiogiai lauke fiksuoti taškinius, linijinius ir poligoninius geografinius objektus, susietus su „ArcGIS Pro“ projekto duomenų baze. Programa pasirinkta dėl šių pagrindinių privalumų: iš anksto paruoštos atributinių laukų struktūros, kuri standartizuoja duomenų įrašymą lauke, tiesioginio GPS pozicionavimo tiksliam objektų lokalizavimui, galimybės prie kiekvieno objekto pridėti foto fikzaciją ir laisvos formos pastabas, dokumentuojant kokybinius aspektus. Lauko inventorizacija reikalinga ten, kur nuotoliniai duomenų šaltiniai nepateikia pilnos informacijos apie smulkia funkcine infrastruktūra – sėdimas vietas, elektros lizdus, takų dangą – arba kur duomenys gali būti neatnaujinti.

Visi erdviniai duomenys perprojektuojami į vienodą koordinačių sistemą (Lietuvos atveju – LKS94), iškerpami pagal tyrimo teritorijos ribą ir konvertuojami į rastrinį formatą su vienoda rezoliucija. Konkretūs paruošimo žingsniai aprašomi tiriamojoje dalyje.

2.5. Kriterijų standartizavimas

Pasirinkti vertinimo kriterijai matuojami skirtingais matavimo vienetais (metrais, decibelais, procentais, taškų tankiu), todėl prieš agregavimą jie standartizuojami į bendrą skalę. Šis žingsnis leidžia palyginti skirtingo pobūdžio kriterijus tarpusavyje [66]. Šiame tyrime taikoma Min-max matematinė normalizacija, tinkama tolydiems kriterijams, kuriems literatūroje nėra apibrėžto absoliutaus matavimo etalono, o vertinimas yra reliatyvus ir priklausantis nuo tyrimo teritorijos duomenų pasiskirstymo [74].

Maksimizuojamiems kriterijams taikoma 2.1 formulė:

$$y_{in} = \frac{x_{in} - \min(x_{in})}{\max(x_{in}) - \min(x_{in})} \quad (2.1)$$

Minimizuojantiems kriterijams taikoma 2.2 formulė:

$$y_{in} = \frac{\max(x_{in}) - x_{in}}{\max(x_{in}) - \min(x_{in})} \quad (2.2)$$

čia y_{in} – normalizuota n-tojo rodiklio reikšmė (perskaičiuota skalėje nuo 0 iki 1); x_{in} – pradinė n-tojo rodiklio reikšmė konkrečiame vertiname objekte; $\min(x_{in})$ – mažiausia n-ojo rodiklio reikšmė visame duomenų rinkinyje; $\max(x_{in})$ – didžiausia n-ojo rodiklio reikšmė visame duomenų rinkinyje.

2.6. Kriterijų svorių priskyrimas

Kriterijų svoriai nustatomi pagal du scenarijus, kad būtų galima palyginti rezultatų stabilumą. Vienodų svorių scenarijus, kuriame visiems kriterijams suteikiamas vienodas svoris ($1/n$) ir kuris naudojamas kaip neutrali atskaitos pozicija. Taip pat naudotojų apklausos svorių scenarijus, kuriame svoriai nustatomi pagal SMART techniką.

Respondentų įvertinti kriterijai penkiabalėje Likerto skalėje transformuojami į santykinus svorius. Kiekvieno kriterijaus vidutinė reikšmė normalizuojama taip, kad visų kriterijų svorių suma būtų lygi 1 arba 100 %. Tokiu būdu gaunami kriterijų svoriai, pagrįsti apklausos rezultatais. Svoriai normalizuojami pagal 2.3 formulę [67]:

$$NW_j = \frac{w_j}{\sum_{j=1}^n w_j} \quad (2.3)$$

čia NW_j – normalizuotas svoris; W_j – apskaičiuota kiekvieno kriterijaus vertė; $\sum W_j$ – bendra visų kriterijų verčių suma.

2.7. Tinkamumo žemėlapių kūrimas

Šiame tyrime naudojama svertinė tiesinė kombinacija (*angl. Weighted Linear Combination, WLC*). Pagal šį metodą kiekvienam teritorijos taškui (rastrinio žemėlapių elementui) apskaičiuojamas kaupiamasis tinkamumo balas pagal 2.4 formulę [75]:

$$S = \sum_{i=1}^n (w_i \times r_i) \quad (2.4)$$

čia S – bendras teritorijos tinkamumo balas; w_i – kriterijaus svoris; r_i – kriterijaus normalizuota reikšmė; n – kriterijų skaičius.

Praktiškai svertinė tiesinė kombinacija įgyvendinama „ArcGIS Pro“ „Spatial Analyst“ plėtinio „Weighted Sum“ įrankiu. Skaičiavimai atliekami dukart – po vieną kartą kiekvienam svorių scenarijui. Tokiu būdu sukuriama du tinkamumo žemėlapių, kurių reikšmės atspindi santykinį teritorijos tinkamumą studijoms ir darbui lauke. Gauti rezultatai perklasifikuojami į tinkamumo klases, kurių ribos nustatomos pagal „Natural Breaks (Jenks)“ klasifikavimo metodą [74].

2.8. Tinkamumo rezultatų erdvinė statistinė validacija

Siekiant patikrinti, ar tinkamumo žemėlapių reikšmių erdvinis pasiskirstymas yra statistiškai reikšmingas, ar atsitiktinis, atliekama optimizuota karštųjų ir šaltųjų taškų analizė (*angl. Optimized Hot Spot Analysis*), grindžiama erdvine (Getis-Ord G_i^*) statistika [76]. Šis žingsnis veikia kaip tinkamumo modelio erdvinė validacija: jeigu aukšto tinkamumo balų taškai sudaro statistiškai reikšmingas sankaupas (karštuosius taškus), tai patvirtina, kad WLC analizės rezultatai atspindi realią erdvinę struktūrą.

Prieš atliekant analizę, tinkamumo duomenys paruošiami trimis žingsniais. Pirma, tinkamumo rastrinis sluoksnis konvertuojamas į taškinį, naudojant „Raster to Point“ įrankį – kiekvienam pikseliui priskiriamas taškas su tinkamumo balu kaip atributu. Antra, „Generate Tesselation“ įrankiu virš tyrimo teritorijos sukuriamas šešiakampių tinklėlis, kuris nustato vienodo dydžio analizės vienetus ir taip standartizuoja erdvinę skalę. Trečia, taškų reikšmės agreguojamos į šešiakampius naudojant „Summarize Within“ įrankį, apskaičiuojant vidutinį tinkamumo balą kiekvienam šešiakampiui.

Toliau šešiakampių sluoksnis su agreguotu tinkamumo balu kaip analizės lauku (angl. *Analysis Field*) įkeliamas į „Optimized Hot Spot Analysis“ įrankį. Metodas kiekvienam šešiakampiui įvertina, ar jo reikšmė ir aplinkinių šešiakampių reikšmės yra statistiškai reikšmingai aukštesnės (karštasis taškas) ar žemesnės (šaltasis taškas) nei vidutinė visos teritorijos reikšmė. Rezultatas pateikiamas trimis patikimumo lygmenimis: 90 %, 95 % ir 99 %.

Validacijos rezultatai papildomai pateikiami tinkamumo balų histograma, leidžiančia įvertinti pasiskirstymo formą (vidurkio ir medianos artumą, standartinį nuokrypį, kraštutinių reikšmių dalį). Šie statistiniai rodikliai padeda interpretuoti, kiek galutinis tinkamumo modelis yra subalansuotas ir kiek jį veikia kraštutinės reikšmės.

2.9. Prioritetinių zonų atranka

Prioritetinės zonos atrenkamos remiantis dviem informacijos sluoksniais. Pagrindinis – naudotojų svorių scenarijaus tinkamumo žemėlapis; jis pasirenkamas, nes labiau atspindi bendruomenės poreikius nei neutralusis vienodų svorių scenarijus. Iš šio žemėlapio identifikuojami aukščiausių tinkamumo balų vientisi ar pusiau vientisi plotai, sudarantys praktiškai naudojamą zoną.

Atrinktoms zonoms taikoma reljefo aukščio patikra kaip papildomas, ne svertinis sluoksnis. Reljefo duomenys analizei naudojami siekiant identifikuoti zonas, kurios patenka į topografiškai mažiau palankias vietas (statūs šlaitai, reljefo perėjimų zonos). Atrinktoms zonoms suteikiami identifikatoriai (raidės ar kodai), kad būtų galima nuosekliai jas analizuoti.

2.10. Žalumo indekso skaičiavimas

Lygiagrečiai su tinkamumo analize atliekamas bendrasis teritorijos ekologinis įvertinimas apskaičiuojant žalumo indeksą. Šis rodiklis ir tinkamumo analizė vertina skirtingus tos pačios teritorijos aspektus ir atsako į skirtingus klausimus: tinkamumo žemėlapis atskleidžia, kuriose vietose erdvė siūlo geriausias sąlygas studijoms ir darbui lauke, o žalumo indeksas atskleidžia, kokia yra visos teritorijos ekosisteminė bei aplinkosauginė vertė. Abi analizės yra savarakiškos ir į vieną bendrą žemėlapi nesujungiamos – jos suteikia papildomą informaciją interpretuojant teritorijos potencialą.

Žalumo indeksas apskaičiuojamas pagal Helsinkio modelį [62]. Pagal šį modelį kiekvienam teritorijos elementui (medžiui, krūmui, vejai, dangos tipui, vandens elementui ir kt.) priskiriamas svorio koeficientas, atspindintis to elemento ekosisteminę vertę. Bendras teritorijos žalumo indeksas apskaičiuojamas pagal 2.5 formulę [62]:

$$\text{ŽI} = \sum(A_j \times k_j) / A_{\text{total}} \quad (2.5)$$

čia A_j – elemento j plotas (m^2) arba kiekis (vnt.); k_j – elemento j koeficientas pagal Helsinkio modelį; A_{total} – bendras analizuojamos teritorijos plotas (m^2).

Teritorijos žemės dangai klasifikuoti naudojamas ortofotografinis žemėlapis, kurio pagrindu „ArcGIS Pro“ aplinkoje teritorija suskirstoma į žemės dangos kategorijas tokias kaip asfaltas, veja, trinkelėmis dengti takai, bei kiti teritorijos elementai. Kiekvienos kategorijos plotas ar kiekis suvedami į „Excel“ skaičiuoklę, kurioje automatiškai taikomi Helsinkio modelio koeficientai ir apskaičiuojamas bendras teritorijos balas. Gautas rezultatas lyginamas su Helsinkio modelyje numatytais minimaliu

(privalomu) ir rekomenduojamu žalumo indekso lygmeniu, leidžiančiu įvertinti teritorijos atitikimą ekologiniams standartams.

2.11. Metodikos ribotumai

Metodikos ribotumai:

- Min-max normalizacija pagrįsta tyrimo teritorijos duomenų pasiskirstymu, todėl skirtingų teritorijų tinkamumo balai nėra tiesiogiai palyginami tarp tyrimų;
- Kelis kriterijus (privatumą, vietos identitetą, priežiūros tvarkos lygį, vaizdus į želdynus) GIS metodais išmatuoti sudėtinga, todėl jie į galutinį modelį neįtraukti arba įtraukti netiesiogiai – tai gali iškreipti tinkamumo vertinimą tų erdvės savybių, kurios svarbios naudotojams, bet sunkiai matuojamos nuotoliniais būdais, naudai;
- Apklausos pagrįsti svoriai priklauso nuo respondentų imties dydžio ir struktūros – kai imtis maža arba nereprezentatyvi, gauti svoriai interpretuojami kaip orientacinė naudotojų pageidavimų išraiška, ne kaip galutinė bendruomenės nuostata;
- GIS analizės rezultatai turėtų būti tikrinami bent supaprastinta naudotojų apklausa ar lauko stebėjimais, nes objektyvūs erdviniai matavimai ne visada sutampa su naudotojų suvokiama erdvės kokybe [55].

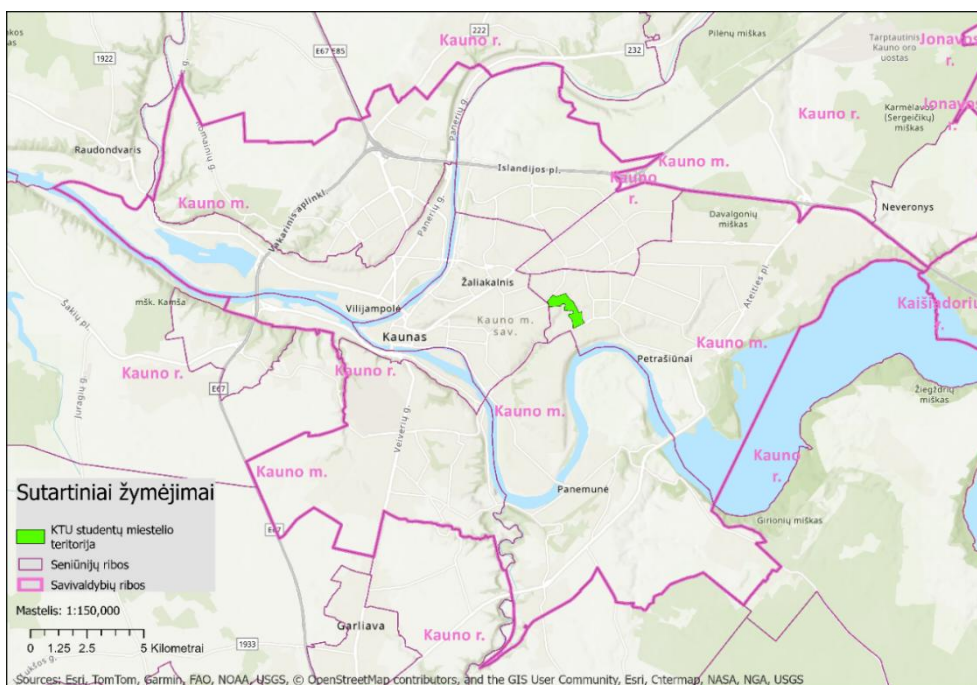
Rekomendacijos infrastruktūros tobulinimui formuluojamos remiantis trimis informacijos šaltiniais: prioritetinių zonų fizinėmis savybėmis iš lauko inventorizacijos, naudotojų apklausoje išreikštais poreikiais ir pageidaujamomis veiklomis, literatūros žiniomis apie lauko erdvių kokybės kriterijus ir gamta grįstus sprendimus.

3. KTU studentų miestelio esamų žaliųjų erdvių vertinimas

Šiame skyriuje pateikiamas KTU studentų miestelio žaliųjų erdvių esamos situacijos vertinimas, įskaitant lauko inventorizaciją, Lauko biuro dienos analizę, bendrąjį žalumo indeksą ir nustatytas pritaikomumo studijoms bei darbui lauke klišis.

3.1. Tyrimo objekto charakteristika

Tyrimo objektas – KTU studentų miestelis, esantis Kauno mieste, administraciniu požiūriu priklausantis Gričiupio seniūnijai, prie pat Žaliakalnio seniūnijos ribos (4 pav.). Vertinamos teritorijos plotas – apie 30 hektarų. Miestelio teritorija ribojasi su: Ažuolyno parku šiaurės vakarų ir vakarų pusėse, Gričiupio parku rytinėje pusėje, K. Baršausko gatve pietinėje dalyje. Studentų gatvė yra pagrindinė KTU studentų miestelio ašis, jungianti akademinius pastatus, bendrabučius, pėsčiųjų takus ir žaliąsias zonas. Miestelio teritorija nėra visiškai lygi – ryškesni šlaitai matomi prie Gričiupio parko ir vakarinėje–pietvakarinėje dalyje, netoli Ažuolyno parko bei Lietuvos zoologijos sodo, kur reljefas pereina į Adomo Mickevičiaus slėnio apylinkes.

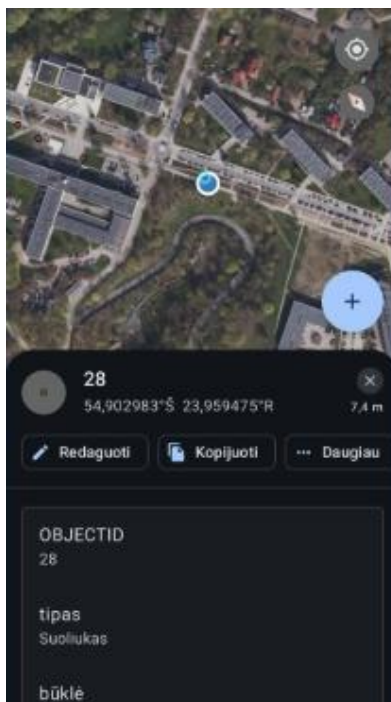


4 pav. Kauno miesto žemėlapis su pažymėta KTU studentų miestelio teritorija, adaptuota remiantis [77]

KTU studentų miestelio teritorija yra daugiavfunkcinė, todėl ją galima suskirstyti į kelias pagrindines zonas: akademinę, gyvenamąją, rekreacinę, sporto ir susisiekimo infrastruktūros. Akademinę zoną sudaro fakultetų pastatai, laboratorijos, biblioteka, gimnazija ir valgyklos, o gyvenamąją funkciją atliepia studentų bendrabučiai. Universiteto miestelio rekreacinę struktūrą formuoja vejos, brandžių medžių grupės, pavieniai želdiniai ir gretimos žaliosios erdvės – Ažuolyno ir Gričiupio parkai. Susisiekimo sistemą sudaro Studentų gatvė, vidinės gatvės, pėsčiųjų takai ir automobilių stovėjimo aikštelės. Toks funkcijų paskirstymas lemia nevienodą atskirų miestelio dalių naudojimo intensyvumą ir sudaro pagrindą vertinti jų tinkamumą studijoms ir darbui lauke.

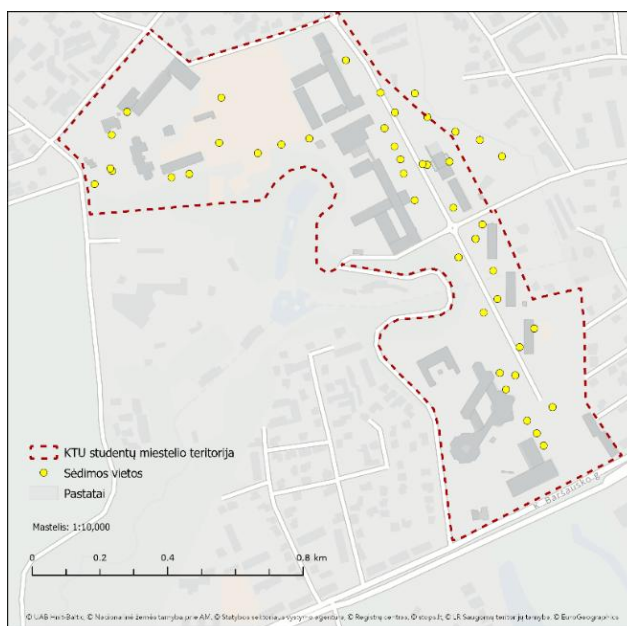
3.2. Teritorijos inventorizacija

Siekiant tiksliau įvertinti nagrinėjamos teritorijos esamą būklę, buvo atlikta infrastruktūros inventorizacija *in situ* būdu. Inventorizacija atlikta 2026 metų balandžio 3 d. Duomenims rinkti naudota „ArcGIS Field Maps“ mobilioji programa (5 pav.).



5 pav. „ArcGIS Field Maps“ programos darbo aplinkos pavyzdys atliekant lauko inventorizaciją

Inventorizacijos metu buvo apžiūrėta teritorijoje esanti viešoji infrastruktūra: sėdimos vietos, takai, dangos, želdiniai, medžių augimo vietos, elektros lizdai ir kiti lauko erdvių naudojimui reikšmingi elementai. Ypatingas dėmesys skirtas sėdimoms vietoms, nes jos yra vienas svarbiausių veiksmų vertinant teritorijos pritaikomumą darbui, poilsiui ar trumpalaikiam buvimui lauke. Sėdimos vietos buvo suskaičiuotos, pažymėtos žemėlapyje ir įvertintos pagal jų būklę (6 pav.).



6 pav. Inventorizacijos metu sužymėtos sėdimos vietos (detalesnis žemėlapis pateiktas 3 priede)

Nustatyta, kad elektros lizdai teritorijoje nėra plačiai išsidėstę. Jie buvo rasti tik naujai įrengtoje erdvėje už Cheminės technologijos fakulteto (7 pav.). Nors elektros prieiga yra svarbus privalumas vertinant lauko erdvės pritaikymą darbui ar mokymuisi, ši vieta turi ir trūkumų. Pastebėta, kad aplinkinė žemės danga nėra tinkamai sutvarkyta ir pritaikyta intensyvesniam naudojimui. Po kritulių šioje vietoje užsilaiko vanduo, o nesutvarkyta grunto danga tampa sunkiai praeinama, todėl erdvės funkcionalumas suprastėja. Detalesnis teritorijos žemėlapis su įvardytais pastatų žymėjimais pateiktas 4 priede.



7 pav. Įrengta laisvalaikio erdvė prie Cheminės technologijos fakulteto

Atliekant teritorijos apžiūrą taip pat pastebėta, kad ne visose miestelio vietose yra užtikrinamas geras belaidžio interneto ryšys. Dėl šios priežasties teritorijos dalys, kuriose Wi-Fi ryšys yra silpnas arba sunkiai pasiekiamas, gali būti vertinamos kaip mažiau tinkamos tokiai funkcijai, net jeigu jose yra kitų palankių elementų, pavyzdžiui, želdinių, pavėsio ar sėdimų vietų. Pastebėta, kad centrinėje studentų miestelio dalyje yra vietų prisėsti, tačiau stinga šešėlio, kuris svarbus ilgesniam buvimui ir veikloms lauke.

3.3. Lauko biuro diena KTU studentų miestelyje

2025 metų birželio 12 d. prie Lauko biuro dienos iniciatyvos prisijungė ir KTU, kviesdamas bendruomenę permąstyti įprastą darbo ir studijų aplinką bei išbandyti veiklas gryname ore. KTU komunikacijoje ši iniciatyva siejama su darbuotojų ir studentų gerove, ryšio su gamta stiprinimu, kūrybiškumu ir tvaresne darbo kultūra [78]. Renginio metu dalyviai buvo kviečiami dalytis nuotraukomis ir vaizdo įrašais, kuriuose užfiksuota, kaip jie praleido savo darbo ar studijų dieną lauke. Taip pat buvo skatinami kūrybiški sprendimai, kaip integruoti darbo ar studijų veiklą į gamtinę aplinką.

Vaizdinėje medžiagoje pastebima, kad kai kurie dalyviai rinkosi tas KTU miestelio erdves, kuriose jau buvo bent minimali darbui ar poilsiui tinkama infrastruktūra: sėdimos vietos, užuovėja, medžių

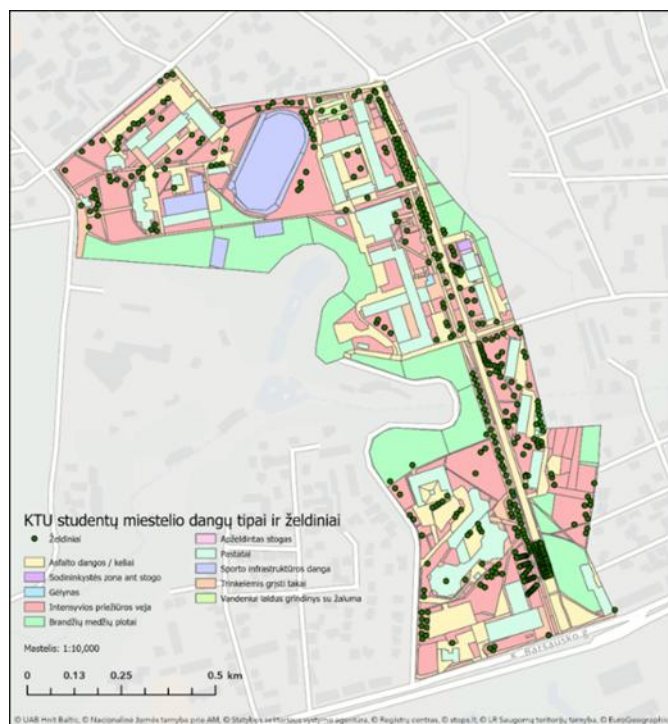
pavėsis ar galimybė įsikurti šalia pastatų. Kadangi renginio dieną oro sąlygos buvo nepalankios dėl vėjo ir lietaus, dalyvių pasirinkimams galėjo turėti įtakos apsauga nuo kritulių, pavėsio buvimas ir galimybė greitai persikelti į vidaus patalpas. Galima daryti prielaidą, kad lauko darbo veiklos daugiausia buvo susijusios su individualiu darbu naudojant nešiojamuosius kompiuterius. Taip pat fiksuotos komandinės veiklos ar neformalūs susitikimai. Tai rodo, kad KTU miestelio žaliosios erdvės gali būti naudojamos ne tik poilsiui, bet ir akademinei bei profesinei veiklai, jei bus sukurtos pagrindinės komforto, prieinamumo ir infrastruktūros sąlygos.

Po Lauko biuro dienos buvo sukurta apklausa, siekiant įvertinti renginio patirtį, išskirti svarbiausius pasiekimus, iššūkius ir galimus patobulinimus. Apklausą atliko KTU atstovas, o klausimai ir atsakymai pateikti 5 priede. Iniciatyvos pradžia ir koordinavimui organizacijos viduje buvo skirta apie 40 valandų, o tai rodo, kad šiai veiklai reikėjo tam tikro organizacinio pasiruošimo. Renginio metu buvo naudojamos įvairios lauko erdvės: studentų miestelio žaliosios zonos, vidinių kiemų erdvės ir miesto viešosios erdvės. Pagrindinės dalyvavimo priežastys buvo noras stiprinti darbuotojų emocinę sveikatą ir gerovę, palaikyti komandinę ryšį, skatinti kūrybiškumą, formuoti organizacijos įvaizdį ir parodyti iniciatyvą. Kadangi yra galimybių dirbti lauke, ši iniciatyva labiau sustiprino esamas praktikas, o ne sukūrė visiškai naują darbo modelį. Patirtis buvo įvertinta teigiamai: gamtinė aplinka pripažinta itin svarbia, darbuotojų savijauta po dienos lauke – įvertinta labai gerai, o didžiausi privalumai – kūrybiškumas, geros emocijos ir sustiprėjęs gamtos suvokimas. Vis dėlto aiškaus poveikio produktyvumui nepastebėta – teigiama, kad darbas lauke jo nei pagerina, nei pablogina. Renginio metu papildomos priemonės nebuvo centralizuotai suteiktos, tad dalyviai patys pasirūpino viskuo, ko jiems reikėjo. Atsakyme paminėta, kad vienas pagrindinių iššūkių buvo pastogių ir patogių sėdimų vietų trūkumas. Taip pat išskirtos lietingos oro sąlygos, poreikis didesniai techniniam ir organizaciniam lankstumui bei ribotos galimybės įtraukti studentus sesijos metu.

Ši iniciatyva darbe nagrinėjama kaip papildomas praktinis atvejis, leidžiantis nustatyti realaus lauko erdvių naudojimo poreikį, ypatumus ir galimas kliūtis. Nuotraukos, vaizdo įrašai ir bendra dalyvių apklausa leidžia išskirti pasikartojančias temas: erdvių pasirinkimą pagal komfortą, infrastruktūros poreikį ir darbo pobūdžio priklausomybę nuo aplinkos sąlygų. Tęsiant Lauko biuro dienos iniciatyvą, 2026 m. birželio mėnuo KTU bendruomenėje bus skiriamas veikloms lauke. Šią iniciatyvą 2026 m. koordinuos KTU gerovės programa „Kaip tu?“, siekianti skatinti bendruomenės gerovę, aktyvesnį įsitraukimą ir palankesnę darbo bei studijų aplinką.

3.4. KTU studentų miestelio žalumo indeksas

KTU studentų miestelio teritorija buvo suskirstyta į pagrindines žemės dangos kategorijas, kurios pateiktos 8 paveiksle. Šis žemės dangos pasiskirstymas yra svarbus vertinant teritorijos žalumo indeksą, nes skirtingi žemės dangos tipai nevienodai prisideda prie ekologinių, mikroklimato reguliavimo ir rekreacinių funkcijų. Didžiausią teigiamą poveikį žalumo indeksui daro medžių, krūmų ir vejų plotai, o kieti paviršiai ir užstatytos teritorijos žalumo indeksą sumažina.



8 pav. KTU studentų miestelio dangų tipai ir želdiniai (detalesnis žemėlapis pateiktas 6 priede)

Remiantis sudarytu žemėlapiu, apskaičiuoti atskirų dangų tipų plotai nurodyti 3 lentelėje. Šie duomenys buvo suvesti į „Excel“ skaičiuoklę, kurioje atlikti tolesni žalumo indekso skaičiavimai.

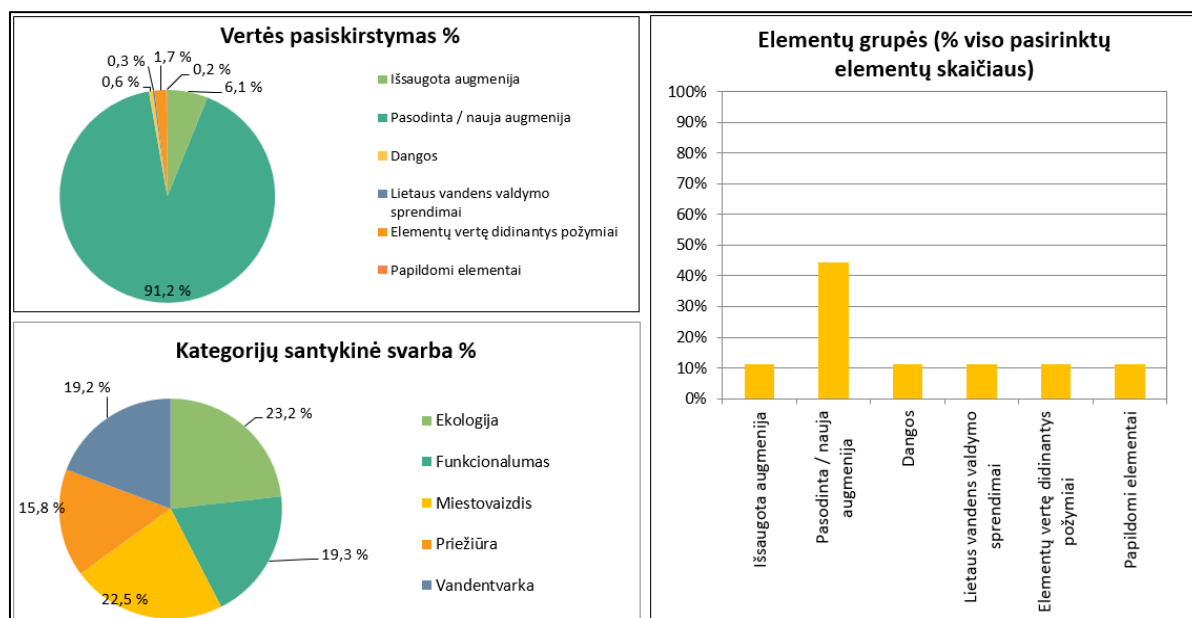
3 lentelė. KTU studentų miestelio žalumo indekso skaičiavime naudojami elementai, jų plotai (kiekiai) ir elementų koeficientai

Elemento apibūdinimas	Plotas arba skaičius	Koeficientas
Išsaugotas vidutinio augumo medis (pasiekiantis 5–10 m aukštį, lajos skersmuo mažiausiai 3 m)	184 vnt.	3,3
Mažo augumo medis (pasiekiantis iki 3 m aukštį)	201 vnt.	1,8
Mažo augumo krūmas (pasiekiantis iki 1,5 m aukštį)	70 vnt.	1,6
Vienmetis gėlynas	169,2 m ²	1,2
Intensyvi prižiūroma veja	107226,01 m ²	1,2
Vandeniui laidus grindinys su žaluma	848,86 m ²	1,0
Vandeniui nelaidus paviršius	134364 m ²	-
Pusiau intensyviai apželdintas stogas, dirvožemio gylis 20–50 cm	246,79 m ²	1,6
Vandeniui laidi danga yra skirta žaisti ar sportuoti	6963,25 m ²	0,4
Daržininkystės – sodininkystės plotai ant stogų	301,12 m ²	0,8

Analizuojamą teritoriją daugiausia sudaro intensyviai prižiūrimi vejos plotai. Medžių grupes sudaro tiek subrendę medžiai, anksčiau augę teritorijoje, tiek naujai pasodinti želdiniai. Didesnė brandžių medžių koncentracija nustatyta teritorijos dalyse, besiribojančiose su Ažuolyno parku, taip pat šalia Cheminės technologijos fakulteto ir už Matematikos ir gamtos mokslų fakulteto pastato. Žemesnio aukščio medžiai išsibarstę po visą studentų miestelio teritoriją. Be esamų želdinių, teritorijoje taip pat pasodinta naujų medžių, įskaitant sakurų sodinukus. Teritorijoje pasodinta mažiausiai 150 sakurų [79]. Krūmų želdiniai yra netolygiai pasiskirstę visoje teritorijoje, tačiau aptinkami įvairiose miestelio

vietose. Dauguma jų atlieka dekoratyvinę funkciją ir yra susiję su reprezentacinių ir rekreacinių erdvių formavimu.

Pagal žemės naudojimo paskirtį, teritorijai taikomas minimalus žalumo indekso balas yra 0,5, o rekomenduojamas – 0,7. Atlikus skaičiavimus nustatyta, kad nagrinėjamos teritorijos žalumo indeksas siekia 0,71 balo, todėl jis ne tik atitinka privalomą reikalavimą, bet ir viršija rekomenduojamą vertę.



9 pav. Teritorijos žalumo indekso rezultatų pasiskirstymas

Gauti rezultatai rodo, kad didžiausią įtaką galutinei žalumo indekso reikšmei turėjo pasodinta arba nauja augmenija, kuri vertės pasiskirstyme sudaro 91,2 %. Tai leidžia teigti, kad teritorijos žalumo indeksas buvo pasiektas daugiausia dėl naujai suformuotų želdinių, o ne dėl išsaugotos esamos augmenijos. Išsaugota augmenija sudaro tik 6,1 %, todėl jos indėlis į bendrą rezultatą yra gerokai mažesnis. Kitos elementų grupės – dangos, lietaus vandens tvarkymo sprendimai, papildomi elementai – sudaro labai mažą bendros vertės dalį (9 pav.).

Pagal pasirinktų elementų skaičių matyti, kad daugiausia elementų taip pat priskiriama pasodintai arba naujai augmenijai – ši grupė sudaro apie 44 % visų pasirinktų elementų. Kitos grupės pasiskirsto tolygiai ir kiekviena sudaro apie 11 %. Tai rodo, kad nors vertinime buvo įtrauktos kelios skirtingos žalumo indekso elementų grupės, jų tikroji reikšmė galutiniam balui nėra vienoda. Didžiausią svorį rezultate turėjo augmenijos sprendimai.

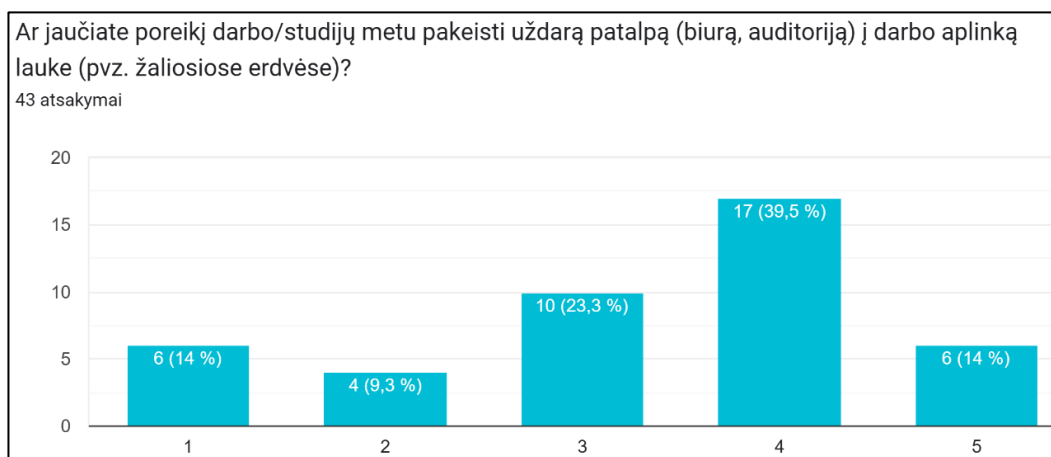
Kategorijų santykinės svarbos pasiskirstymas rodo, kad didžiausią reikšmę vertinime turi ekologijos kategorija – 23,2 %, taip pat miestovaizdžio kategorija – 22,5 %. Funkcionalumas ir vandens valdymas sudaro atitinkamai 19,3 % ir 19,2 %, o priežiūros kategorija – 15,8 %. Toks pasiskirstymas leidžia teigti, kad teritorijos žalumo indekso rezultatas grindžiamas ne tik želdinių estetinė verte, bet ir jų ekologine, funkcinė kokybe bei vandens valdymo reikšme.

Žalumo indekso rezultatas leidžia įvertinti, ar teritorijoje yra pakankamas želdinių kiekis, tačiau vien šis rodiklis neparodo erdvių tinkamumo darbui ar mokymuisi. Todėl atliekant tolesnį vertinimą, žalumo indeksas turėtų būti derinamas su kitais kriterijais: prieinamumu, pavėsiu, infrastruktūra, triukšmu ir naudotojų poreikiais.

3.5. Studijų ir darbo lauke poreikio vertinimas ir esamų kliūčių identifikavimas

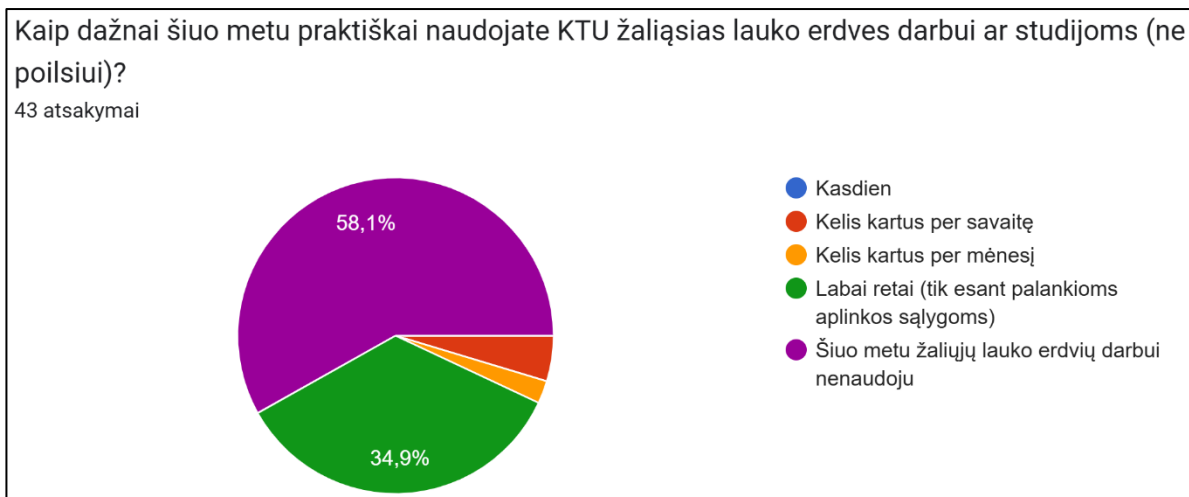
Siekiant išsiaiškinti KTU bendruomenės poreikį studijų ar darbo metu naudoti lauko erdves, buvo atlikta apklausa. Atsižvelgiant į tai, kad bendras studentų ir darbuotojų skaičius siekia 9852, reprezentatyviai imčiai sudaryti reikėtų apie 368–370 respondentų (žr. 1 priedą) [80]. Šioje apklausoje dalyvavo 43 respondentai, todėl surinkti duomenys neatitinka reprezentatyvios imties reikalavimo ir negali būti taikomi visai KTU bendruomenei apibendrinti. Vis dėlto apklausos rezultatai yra reikšmingi kaip žvalgomojo pobūdžio duomenys, leidžiantys identifikuoti pirmines tendencijas, naudotojų poreikius ir galimas lauko erdvių pritaikomumo problemas, kurios toliau buvo vertinamos kartu su teritorijos inventorizacijos rezultatais.

Apklausos duomenys parodė, kad dalis KTU bendruomenės jaučia poreikį darbo ar studijų metu perkelti darbą ar studijas iš patalpų į lauko aplinką (10 pav.). Daugiau nei pusė respondentų šį poreikį įvertino aukštais balais: 39,5 % respondentų pasirinko 4 balus, o 14 % – 5 balus. Neutraliai šį poreikį vertino 23,3 % respondentų, o žemesniais balais – 23,3 %. Tai rodo, kad nors poreikis nėra vienodai stiprus visoje respondentų grupėje, lauko erdvės daliai bendruomenės yra aktuali alternatyva įprastoms darbo ar studijų patalpoms.



10 pav. Respondentų poreikio pakeisti uždara patalpą į darbo aplinką lauke pasiskirstymas

Tačiau faktinis KTU žaliųjų lauko erdvių naudojimas darbui ar studijoms šiuo metu yra ribotas (11 pav.). Didžiausia respondentų dalis – 58,1 % – nurodė, kad šiuo metu šių erdvių darbui nenaudoja. Dar 34,9 % respondentų jas naudoja labai retai, tik esant palankioms aplinkos sąlygoms. Tokie rezultatai leidžia išskirti neatitikimą tarp išreikšto poreikio ir realaus naudojimo: nors dalis bendruomenės norėtų turėti galimybę dirbti ar mokytis lauke, esamos erdvės nėra pakankamai dažnai pasirenkamos šioms veikloms.



11 pav. KTU žaliųjų lauko erdvių naudojimo darbui ar studijoms dažnis

Šis neatitikimas leidžia manyti, kad pagrindinės kliūtys susijusios ne tik su žaliųjų erdvių buvimu, bet ir su jų funkciniu pritaikomumu. Teritorijos inventorizacijos metu nustatyta, kad lauko erdvėse trūksta darbo ir studijų veikloms būtinos infrastruktūros: elektros lizdų yra nedaug, belaidžio interneto ryšys ne visose vietose yra patikimai pasiekiamas, o kai kurių įrengtų erdvių dangos kokybė riboja jų naudojimą po kritulių.

Taip pat išryškėja apsaugos nuo oro sąlygų trūkumas. Lietuvos klimato sąlygomis lauko studijų ir darbo erdvių naudojimą riboja krituliai, vėjas, temperatūrų kaita ir tiesioginė saulė. Lauko biuro dienos patirtis parodė, kad lietingos oro sąlygos ir pastogių trūkumas buvo vieni iš pagrindinių praktinių iššūkių. Šiltuoju metų laikotarpiu aktualus tampa šešėlio trūkumas, ypač centrinėje miestelio dalyje. Todėl lauko erdvės, kurios neturi pavėsio, pastogės ar kitų apsauginių elementų, yra labiau priklausomos nuo sezoniskumo ir mažiau tinkamos reguliariam naudojimui. Be to, priklausomai nuo atliekamos veiklos pobūdžio, vien sėdėjimo vietų gali nepakakti – grupinėms diskusijoms ar kūrybinėms užduotims gali būti reikalingi mobilūs lauko baldai.

Lauko biuro dienos apklausa parodė, kad vien infrastruktūros įrengimo nepakanka. Siekiant skatinti dažnesnį šių erdvių naudojimą, reikalingos aiškos rekomendacijos darbuotojams, kokias veiklas galima perkelti į lauką, kokiomis sąlygomis tai tikslinga daryti ir kokios priemonės tam reikalingos. Aptartos įžvalgos bus išsamiau įvertintos pagal pasirinktus kriterijus kitame skyriuje.

4. Lauko studijų ir darbo zonų tinkamumo analizė ir prioritetinių zonų atranka

Šiame skyriuje atliekamas GIS metodais pagrįstas KTU studentų miestelio žaliųjų erdvių tinkamumo studijoms ir darbui vertinimas pagal pasirinktus kriterijus. Vertinimas remiasi daugiakriterio sprendimo priėmimo analizės metodologija: SMART technika taikoma kriterijų svoriams nustatyti pagal respondentų apklausos duomenis, o „Weighted Sum“ įrankis „ArcGIS Pro“ aplinkoje – svorinio kriterijų sluoksniams sujungti į galutinį tinkamumo žemėlapi. Papildomai atliekama „karštųjų taškų“ statistinė analizė prioritetinių zonoms išskirti.

4.1. Vertinimo kriterijų rinkinys

Kriterijai parinkti atsižvelgiant į minimalius funkcinis reikalavimus studijų ir darbo veiklai lauke, nustatytus remiantis literatūros analize. Juos papildė Lauko biuro dienos ir inventorizacijos stebėjimų metu pastebėtos kliūtys. Sluoksnių šaltiniai ir naudoti įrankiai „ArcGIS Pro“ programoje nurodyti 4 lentelėje.

4 lentelė. Tinkamumo vertinimo kriterijų rinkinys

Kriterijus	Sluoksnis	Šaltinis	Naudotas įrankis	Rezoliucija
Aplinkos komfortas				
Terminis komfortas	Medžių lajų danga, %	Copernicus Land Monitoring Service, Tree Cover Density 2021	-	10 m
Akustinis komfortas	Triukšmo lygis, dB	Kauno miesto savivaldybės triukšmo žemėlapis	„Empirical Bayesian Kriging“	10 m
Oro kokybė	KD _{2,5} , KD ₁₀ , LOJ vidurkis	Aplinkos apsaugos agentūra	„Raster Calculator“	100 m
Želdynų kiekis / medžių danga	NDVI	Copernicus Data Space Ecosystem	„Raster Calculator“	10 m
Funkcinė infrastruktūra				
Sėdėjimo vietų kokybė ir ergonomika	Sėdimų vietų tankis, vnt./100 m ²	Lauko inventorizacija	„Kernel Density“	Taškinis sluoksnis
Wi-Fi ir elektros prieiga (Wi-Fi aprėptis)	Wi-Fi aprėptis, m	Institucijos duomenys	„Distance Accumulation“	1 m
Prieinamumas / pasiekiamumas	Atstumas nuo pastatų, m	Ortofotografinis žemėlapis	„Distance Accumulation“	1 m
Socialinis ir kraštovaizdžio patrauklumas				
Biologinė įvairovė	Želdinių rūšių skaičius	Kauno miesto savivaldybės želdinių inventorizacijos duomenys	„Point Statistics“	Taškinis sluoksnis

4.2. Kriterijų svorių nustatymas

Svoriai buvo nustatyti pagal du scenarijus, kad būtų galima palyginti rezultatų stabilumą: vienodų svorių scenarijų ir naudotojų apklausos svorių scenarijų. Pirmuoju atveju kriterijams suteiktas vienodas svoris (1/n), kuris naudojamas kaip atskaitos taškas. Apklausos svoriai gauti taikant SMART metodiką, remiantis KTU bendruomenės apklausos rezultatais. Joje dalyvavo 43

respondentai: 30 studentų ir 13 darbuotojų (žr. 7 priedą). Kriterijų svoriai pagal scenarijus pateikti 5 lentelėje.

5 lentelė. Kriterijų svoriai pagal scenarijus

Kriterijus	Likerto skalės (1-5) įvertinimų vidurkis	Vienodi svoriai	Naudotojų apklausos svoriai
Terminis komfortas	3,77	0,125	0,146
Akustinis komfortas	3,95	0,125	0,129
Oro kokybė	4,09	0,125	0,134
Želdynų kiekis / medžių danga	3,74	0,125	0,122
Sėdėjimo vietų kokybė ir ergonomika	4,05	0,125	0,132
Wi-Fi ir elektros prieiga	3,74	0,125	0,122
Prieinamumas / pasiekiamumas	3,16	0,125	0,103
Biologinė įvairovė	3,42	0,125	0,112
Suma		1,00	1,00

Naudotojų apklausos rezultatai parodė, kad svarbiausias KTU studentų miestelio lauko erdvių tinkamumo darbui ir studijoms kriterijus yra terminis komfortas, kuriam priskirtas didžiausias svoris – 0,146. Toliau sekė oro kokybė, sėdimųjų vietų kokybė ir ergonomika bei akustinis komfortas. Šių kriterijų svoriai atitinkamai siekė 0,134, 0,132 ir 0,129. Mažiausi svoriai teko prieinamumui / pasiekiamumui ir biologinei įvairovei.

4.3. GIS duomenų sluoksnių parengimas

Kiekvienam 5 lentelėje nurodytam kriterijui buvo parengtas atskiras 1 metro skiriamosios gebos rastrinis sluoksnis LKS94 koordinatinių sistemoje. 6 lentelėje pateikta nenormalizuotų sluoksnių statistika visoje tyrimo teritorijoje.

6 lentelė. Pirminių vertinimo sluoksnių aprašomoji analizė

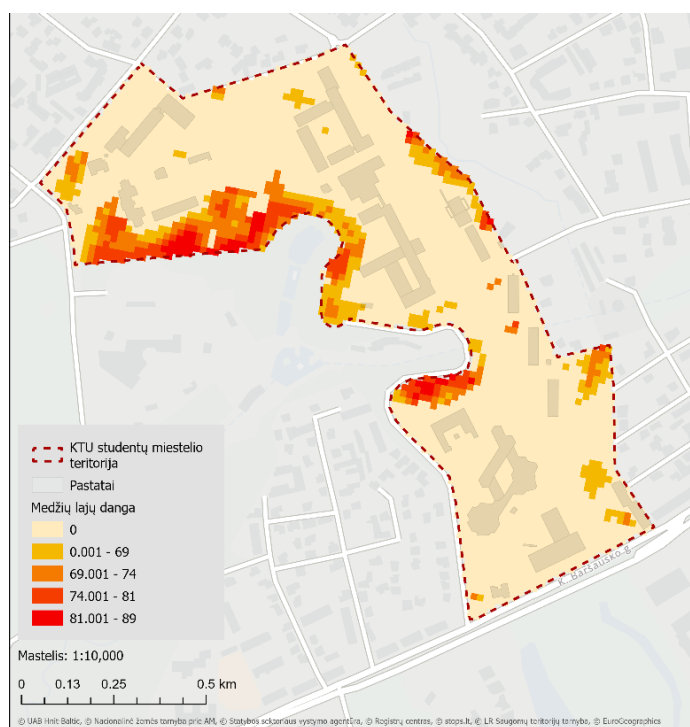
Sluoksnis	Minimali reikšmė	Maksimali reikšmė	Vidutinė reikšmė	Standartinis nuokrypis
Medžių lajų danga, %	0	89	12,80	27,65
Triukšmo lygis, dB	51,87	72,26	57,05	5,45
Oro tarša (KD _{2,5} , KD ₁₀ , LOJ)	12,72	13,80	13,00	0,18
NDVI	0,039	0,88	0,48	0,22
Sėdimųjų vietų tankis, vnt./100 m ²	0	0,0026	0,0003	0,0004
Wi-Fi aprėptis, m	0	293,14	94,79	54,40
Atstumas nuo pastatų, m	0	216,68	44,99	39,99
Želdinių rūšių skaičius, vnt.	0	10	1,60	1,53

Pradinių sluoksnių statistinė analizė parodė, kad kriterijai pasižymi skirtingu erdvinio kintamumu. Labiausiai teritorijoje skyrėsi medžių lajų danga, NDVI reikšmės, Wi-Fi aprėptis ir atstumas nuo pastatų. Tai rodo, kad žaliosios infrastruktūros, funkcinės infrastruktūros ir pasiekiamumo sąlygos KTU studentų miestelyje nėra pasiskirsčiusios tolygiai. Mažiausias kintamumas nustatytas oro taršos sluoksnyje, todėl šis kriterijus gali turėti mažesnę įtaką teritorijos diferenciacijai galutiniame tinkamumo modelyje.

4.3.1. Terminis komfortas

Medžių lajų dangos analizė parodė netolygų želdinių pasiskirstymą KTU studentų miestelio teritorijoje (12 pav.). Didžiojoje teritorijos dalyje medžių lajų dangos nėra arba ji yra labai maža, o didžiausios vertės, siekiančios 81–89 %, koncentruojasi atskirose teritorijos pakraščio zonose. Tai rodo, kad pavėsio ir mikroklimato komforto potencialas miestelyje yra fragmentuotas.

Vis dėlto šio rodiklio interpretavimas turėtų būti siejamas pirmiausia su šiltuoju metų laikotarpiu, kai medžiai yra sulapoję ir gali mažinti tiesioginės saulės spinduliuotės poveikį bei paviršių įkaitimą, taip gerindami terminio komforto sąlygas lauko erdvėse. Lietuvos sąlygomis toks poveikis aktualiausias vegetacijos laikotarpiu, apytiksliai gegužės–rugsejo mėnesiais, o didžiausia pavėsio reikšmė tikėtina vasaros mėnesiais.



12 pav. Medžių lajų dangos erdvinis pasiskirstymas KTU studentų miestelio teritorijoje (detalesnis žemėlapis pateiktas 8 priede)

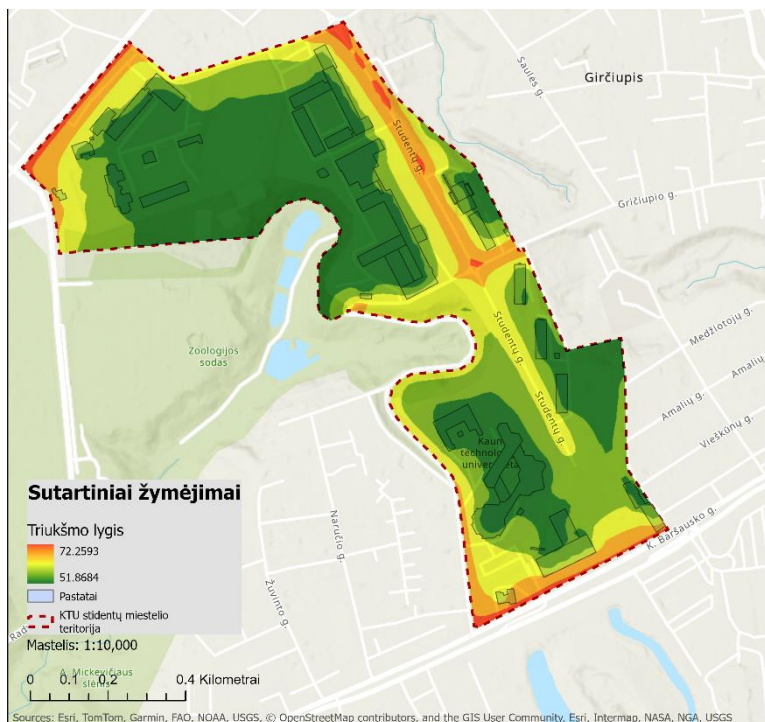
Šiltuoju metų laiku medžių lajų dangos kriterijus turėtų būti vertinamas atsargiai, ypač teritorijose, kuriose vyrauja lapuočiai medžiai, nes šiuo laikotarpiu jų poveikis pavėsiui ir terminio komforto sąlygoms yra gerokai mažesnis. Pavėsis reikšmingai gerina lauko komforto sąlygas šiltuoju metų laikotarpiu, tačiau žiemą intensyvus saulės spinduliuotės užstojimas gali mažinti komfortą, nes sumažina tiesioginės saulės patekimą į pėsčiųjų zonas. Todėl, vertinant lauko erdvių komfortą visų metų mastu, medžių lajų dangos kriterijų tikslinga papildyti kitais mikroklimato aspektais, tokiais

kaip tiesioginės saulės spinduliuotės patekimu ir vėjo sąlygų vertinimu. Taip pat svarbu atsižvelgti į lauko infrastruktūros elementus, kurie gali gerinti buvimo lauke sąlygas skirtingais metų laikais: pastoges, stogines, užuovėjas, pusiau uždaras lauko erdves, paviljonus ar modulinius lauko namelius.

4.3.2. Akustinis komfortas

Triukšmo lygis teritorijoje kinta nuo 51,87 iki 72,26 dB, vidutinė reikšmė siekia 57,05 dB. Tai rodo, kad didžioji teritorijos dalis patenka į vidutinio triukšmo aplinką, tačiau yra ir akustiškai mažiau palankių zonų, kuriose triukšmo lygis viršija 70 dB (13 pav.).

Pateiktame triukšmo žemėlapyje matyti, kad didžiausias triukšmo lygis telkiasi ties KTU studentų miestelio teritorijos pakraščiais, ypač palei intensyvesnio eismo gatves. Aukštesnės triukšmo reikšmės fiksuojamos rytinėje ir pietinėje teritorijos dalyse, kur miestelis ribojasi su Studentų gatve ir kitomis transporto jungtimis. Mažesnis triukšmo lygis būdingas vidinėms miestelio erdvėms, labiau nutolusioms nuo gatvių. Šios zonos žemėlapyje pažymėtos žalia spalva, todėl galima teigti, kad pastatų išdėstymas, reljefas ir želdynai iš dalies mažina transporto triukšmo sklidimą į teritorijos gilumą. Ypač mažesnio triukšmo zonos pastebimos centrinėje ir vakarinėje miestelio dalyse, kuriose yra daugiau atviresnių arba želdynais apsuptų erdvių.

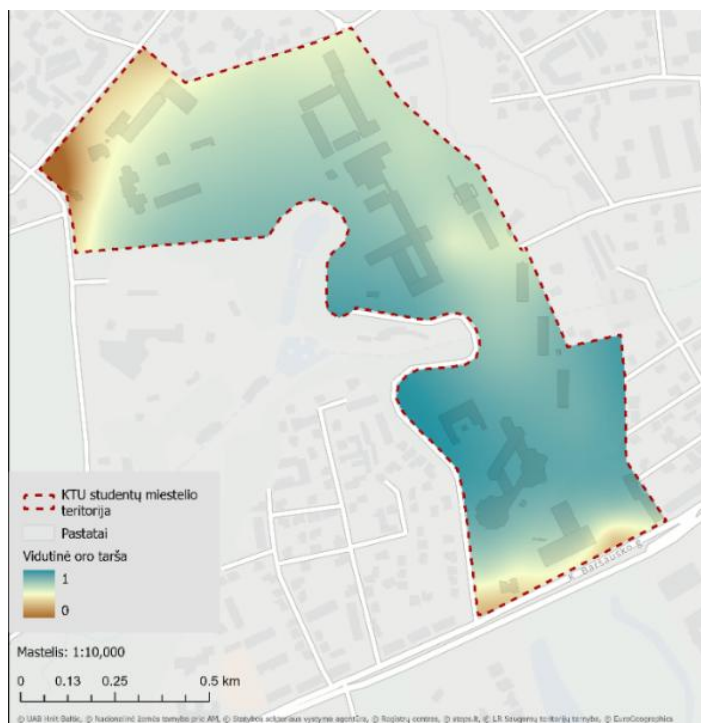


13 pav. Triukšmo lygio pasiskirstymas KTU studentų miestelio teritorijoje (detalesnis žemėlapis pateiktas 9 priede)

4.3.3. Oro kokybė

Normalizuotas oro taršos sluoksnis parodo santykinius sudėtinio oro taršos rodiklio skirtumus KTU studentų miestelio teritorijoje (14 pav.). Šis rodiklis apskaičiuotas kaip $KD_{2,5}$, KD_{10} ir LOJ vidutinių reikšmių aritmetinis vidurkis, todėl žemėlapyje pateikiama apibendrinta santykinė oro taršos būklė. Kadangi kietosios dalelės $KD_{2,5}$ ir KD_{10} yra siejamos su reikšmingu poveikiu žmonių sveikatai, jos yra vieni svarbiausių aplinkos oro kokybės vertinimo rodiklių. Analizuojamoje teritorijoje oro taršos rodiklio vertės svyruoja labai mažame diapazone – nuo 12,72 iki 13,80, vidutinė vertė siekia 13,00,

o standartinis nuokrypis yra tik 0,18. Tai rodo, kad oro taršos sluoksnis pasižymi mažu erdviniu kintamumu, todėl GIS tinkamumo žemėlapyje šis kriterijus greičiausiai mažiau diferencijuos teritoriją. Tačiau šio sluoksnio nereikėtų interpretuoti atskirai. Vertes reikėtų lyginti su transporto srautų, kelių, automobilių stovėjimo aikštelių, užstatymo tankumo ir želdinių sluoksniais. Valdymo požiūriu, mažinimo priemonės pirmiausia turėtų būti taikomos padidėjusios taršos vietose.

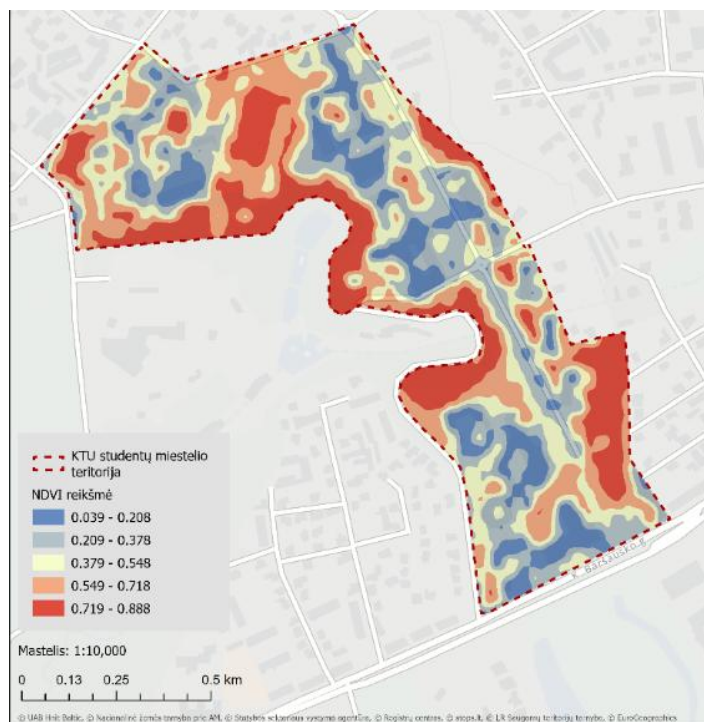


14 pav. Normalizuotų oro taršos reikšmių pasiskirstymas KTU studentų miestelio teritorijoje (detalesnis žemėlapis pateiktas 10 priede)

4.3.4. Želdynų kiekis / medžių danga

NDVI žemėlapis parodo augmenijos kiekio ir būklės skirtumus KTU studentų miestelio teritorijoje (15 pav.). NDVI vertės svyruoja nuo 0,039 iki 0,88, vidurkis siekia 0,48, o standartinis nuokrypis – 0,22. Tai rodo, kad teritorijoje esama tiek mažai augmenijos turinčių ar kietos dangos plotų, tiek vietovių su tankesne augmenija, o santykinai didelis standartinis nuokrypis rodo reikšmingą erdvinį netolygumą – augmenija pasiskirsčiusi fragmentiškai.

Žemiausios NDVI vertės (0,039–0,208 ir 0,209–0,378) daugiausia užfiksuojamos užstatytoje šiaurės-centrinėje dalyje ir fragmentiškai pietinėje dalyje, o didžiausios (0,549–0,888) – pakraščiuose, ypač šiaurės vakarų ir rytinėje-pietrytinėje teritorijose. Toks pasiskirstymas susijęs su teritorijos užstatymu ir žemės dangų pobūdžiu: žemos NDVI vertės atitinka neapaugusius paviršius – pastatus, automobilių stovėjimo aikštes, takus ir kelių, o aukštos – žaliąsias erdves (vejų plotus, želdynus) tarp pastatų ir palei teritorijos pakraščius.

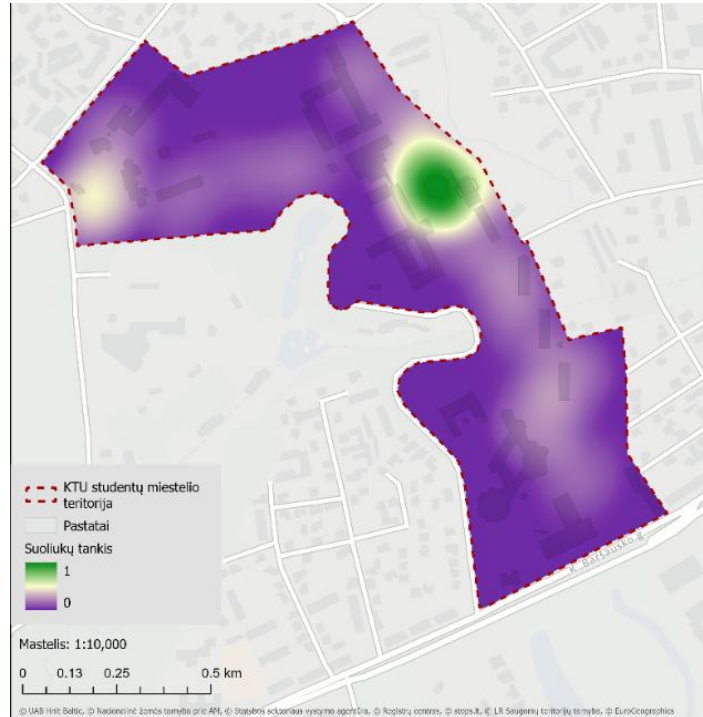


15 pav. NDVI reikšmių pasiskirstymas KTU studentų miestelio teritorijoje (detalesnis žemėlapis pateiktas 11 priede)

NDVI sluoksnis sudarytas iš penkių skirtingų mėnesių (nuo gegužės iki rugsėjo) duomenų, apskaičiuojant jų vidurkį. Taip sumažinama atskiros stebėjimo įtaka ir gaunamas vegetacijos sezono vidutinę augmenijos būklę atspindintis rodiklis. Tinkamumo vertinime augmenijos kriterijus interpretuojamas kaip teigiamas veiksnys: didesnis augmenijos kiekis padidina lauko erdvių tinkamumą studijoms ir poilsiui (pavėsis, palankesnis mikroklimatas, psichologinis komfortas).

4.3.5. Sėdėjimo vietų kokybė ir ergonomika

Normalizuotas suoliukų tankio sluoksnis rodo, kad sėdėjimo infrastruktūra KTU studentų miestelio teritorijoje pasiskirsčiusi netolygiai (16 pav.). Didžiojoje teritorijos dalyje šio kriterijaus reikšmės yra mažos, o didesnis suoliukų tankis koncentruojasi tik keliose lokaliuose zonose, ryškiausiai – centrinėje–rytinėje teritorijos dalyje; silpnesnis tankio pikas matomas šiaurės vakarų pakraštyje. Toks pasiskirstymas reiškia, kad sėdėjimo galimybės nėra tolygiai prieinamos visoje teritorijoje, o sutelktos pavienėse vietose. Toks sėdimų vietų išdėstymas susijęs su teritorijos takų tinklu, pagrindinėmis susibūrimo vietomis. Tinkamumo vertinime suoliukų tankis interpretuojamas kaip teigiamas veiksnys: didesnis sėdėjimo vietų tankis didina lauko erdvių tinkamumą studijoms ir poilsiui. Teritorijoje jau yra erdvių su gausiomis sėdimosiomis vietomis, pavyzdžiui, anksčiau minėta erdvė prie Cheminės technologijos fakulteto. Siekiant šias erdves visiškai pritaikyti studijoms ir darbui lauke, svarbu atsižvelgti į jų padėtį ir pagal poreikį užtikrinti tinkamą pavėšį arba apšvietimą.

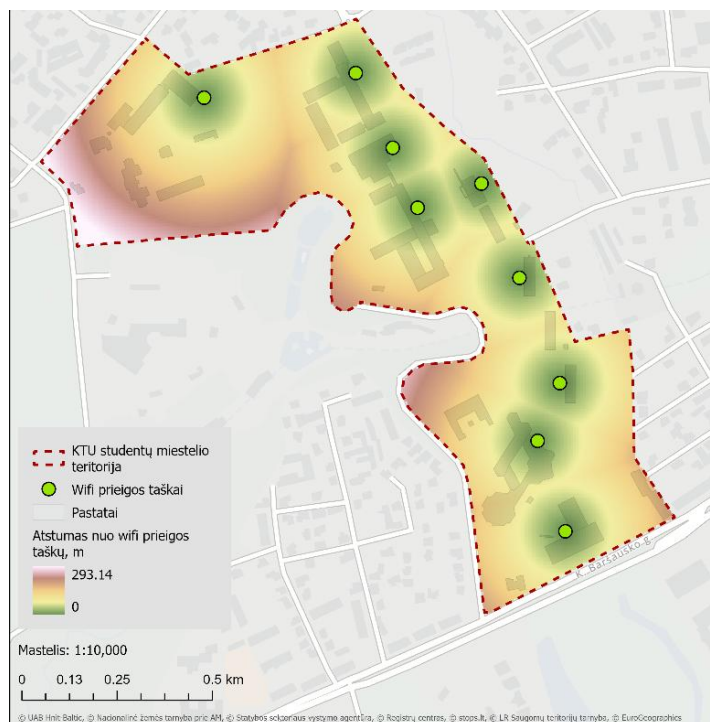


16 pav. Normalizuoto sėdėjimo vietų tankio pasiskirstymas KTU studentų miestelio teritorijoje (detalesnis žemėlapis pateiktas 12 priede)

4.3.6. Wi-Fi ir elektros prieiga

Žemėlapyje pažymėti lauko Wi-Fi prieigos taškai ir nuo jų apskaičiuotas atstumas metrais (17 pav.). Mažiausios reikšmės, artimos 0 m, fiksuojamos ties pačiais prieigos taškais ir jų artimiausioje aplinkoje. Didėjant atstumui nuo šių taškų, reikšmės didėja, todėl didesnės reikšmės rodo mažesnį Wi-Fi pasiekiamumą. Matyti, kad lauko Wi-Fi prieigos taškai nėra tolygiai pasiskirstę visoje KTU studentų miestelio teritorijoje. Daugiausia jų koncentruojasi centrinėje, rytinėje ir pietrytinėje teritorijos dalyse, todėl šiose zonose Wi-Fi pasiekiamumas yra geresnis. Tuo tarpu vakarinėje ir kai kuriose pietvakarinėse teritorijos dalyse atstumas iki artimiausio prieigos taško yra didesnis, todėl šios zonos pagal šį kriterijų yra vertinamos kaip mažiau palankios darbui ar studijoms lauke.

Lyginant su sėdimų vietų tankumo sluoksniu, pastebima, kad šiaurės vakarinėje teritorijos dalyje, kur sėdimų vietų tankumas didesnis, atstumas iki Wi-Fi prieigos taško viršija 200 metrų. Tai rodo teritoriją, kurioje sėdėjimo galimybės nesutampa su geru belaidžio ryšio padengimu. Tačiau planuojama nauja infrastruktūra ir numatomas visos teritorijos padengimas reiškia, kad šis kriterijus neturėtų riboti erdvių pritaikymo.



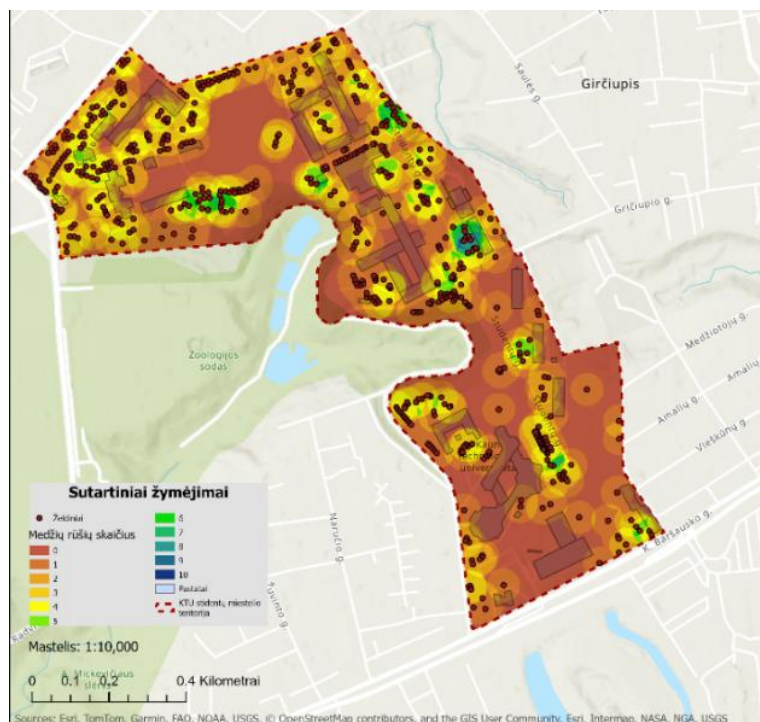
17 pav. Atstumo iki Wi-Fi prieigos taškų pasiskirstymas KTU studentų miestelio teritorijoje (detalesnis žemėlapis pateiktas 13 priede)

4.3.7. Prieinamumas prie pastatų

Šis sluoksnis, sukurtas „Distance Accumulation“ įrankiu, rodo atstumą nuo kiekvieno teritorijos taško iki artimiausio pastato (18 pav.). Atstumas svyruoja nuo 0 iki 216,68 metrų. Mažiausios vertės užfiksuojamos ties pastatais ir jų artimiausioje aplinkoje, o didesnės – atviresnėse, nuo pastatų nutolusiose teritorijos dalyse. Žemėlapyje matyti, kad daugelyje centrinės ir pietrytinės teritorijos dalių atstumas iki pastatų yra santykinai mažas, nes čia pastatai išdėstyti tankiau, o vakarinėse ir atviresnėse dalyse atstumas iki artimiausių pastatų padidėja.

Vertinant tinkamumą studijoms ir darbui lauke, šis sluoksnis interpretuojamas kaip prieinamumo prie pastatų ir su jais susijusios vidinės infrastruktūros rodiklis. Mažesnis atstumas nuo pastatų laikomas palankesniu, nes tokios lauko erdvės lengviau pasiekiamos studentams ir darbuotojams, ypač trumpų pertraukų ar trumpalaikio darbo lauke metu. Be to, artumas prie pastatų siejamas su patogesne prieiga prie vidinės infrastruktūros – sanitarinių patalpų, elektros, interneto ir kitų universiteto paslaugų.

Svarbu pažymėti, kad šis rodiklis matuoja tiesioginį atstumą, o ne realų pasiekiamumą takais, todėl jis neatsižvelgia į takų tinklą, kliūtis ar faktinius pėsčiųjų maršrutus. Realų prieinamumą tiksliau atspindėtų atstumas takų tinklu; tai galima patikrinti perdengus šį sluoksnį su takų ir kelių žemėlapiu.



19 pav. Medžių rūšių skaičiaus pasiskirstymas KTU studentų miestelio teritorijoje (detalesnis žemėlapis pateiktas 15 priede)

4.4. Tinkamumo žemėlapiai

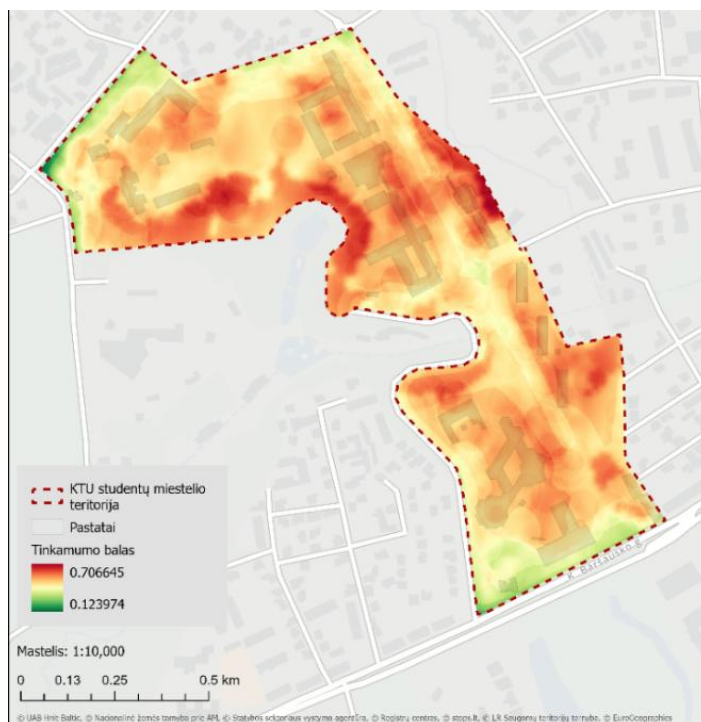
Normalizuoti sluoksniai buvo sujungti naudojant „ArcGIS Pro“ įrankį „Weighted Sum“, sukuriant du tinkamumo žemėlapius pagal 5 lentelėje nustatytus svorius.

4.4.1. Vienodų svorių tinkamumo žemėlapis

Šiame scenarijuje visiems vertinimo kriterijams suteikta vienoda svarba, todėl rezultatas atspindi neutralų daugiakriterį vertinimą, kai nė vienas iš jų nelaikomas svarbesniu už kitus (20 pav.). Žemėlapyje tinkamumo balas svyruoja nuo 0,12 iki 0,71, o didesnės reikšmės rodo palankesnes sąlygas studijoms ir darbui lauke.

Didžiausios tinkamumo reikšmės telkiasi centrinėje, šiaurinėje ir rytinėje teritorijos dalyse, ypač šalia pastatų ir vidinių miestelio erdvių. Šios zonos žemėlapyje išsiskiria oranžiniais ir raudonais plotais, todėl galima teigti, kad pagal pasirinktus kriterijus jos yra palankesnės numatomam erdvių pritaikymui.

Mažesnio tinkamumo zonos matomos pietinėje teritorijos dalyje, ypač ties miestelio pakraščiu prie gatvės, taip pat kai kuriose vakarinėse ir šiaurės rytinėse teritorijos vietose. Šios zonos pažymėtos žalesniais atspalviais, todėl jų pritaikomumas pagal analizuojamus kriterijus yra silpnesnis.

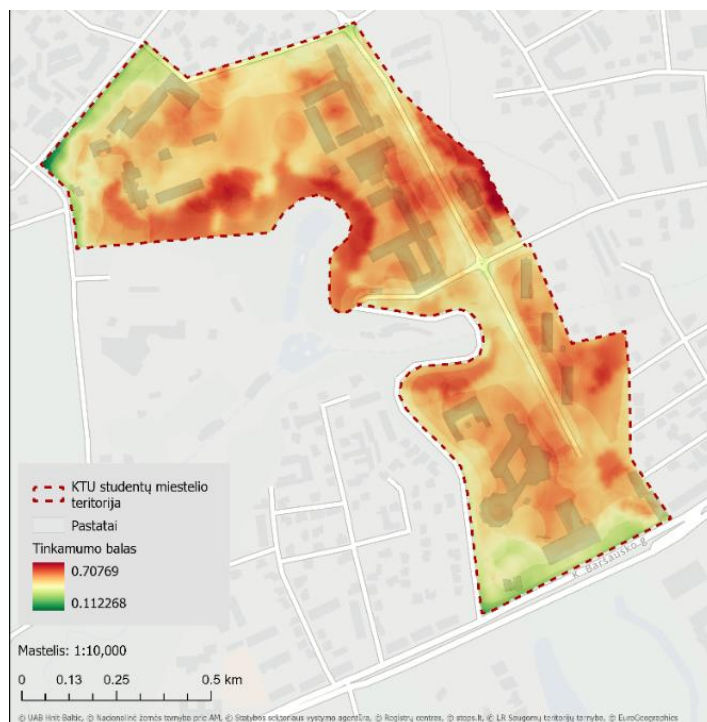


20 pav. KTU studentų miestelio lauko erdvių tinkamumo studijoms ir darbui vertinimas taikant vienodų svorių scenarijų (detalesnis žemėlapis pateiktas 16 priede)

4.4.2. Naudotojų svorių tinkamumo žemėlapis

Šiame scenarijuje kriterijų svarba nustatyta pagal respondentų įvertinimus, todėl galutinis žemėlapis atspindi naudotojų poreikius atitinkantį tinkamumo pasiskirstymą (21 pav.). Tinkamumo balai svyruoja nuo 0,11 iki 0,71. Žemėlapyje matyti, kad aukštesnio tinkamumo zonos daugiausia telkiasi centrinėje, vakarinėje–centrinėje, rytinėje ir dalyje pietrytinės teritorijos, o mažesnio tinkamumo zonos ryškėja kai kuriose pakraštinėse vietovėse, ypač šiaurės vakarinėje bei pietinėje–pietrytinėje dalyje.

Svarbu pabrėžti, kad naudotojų svorių scenarijaus rezultatai yra labai panašūs į vienodų svorių scenarijaus rezultatus. Tai, tikėtina, susiję su tuo, kad apklausos pagrindu nustatyti svoriai skyrėsi nedaug, todėl nė vienas kriterijus netapo dominuojantis.

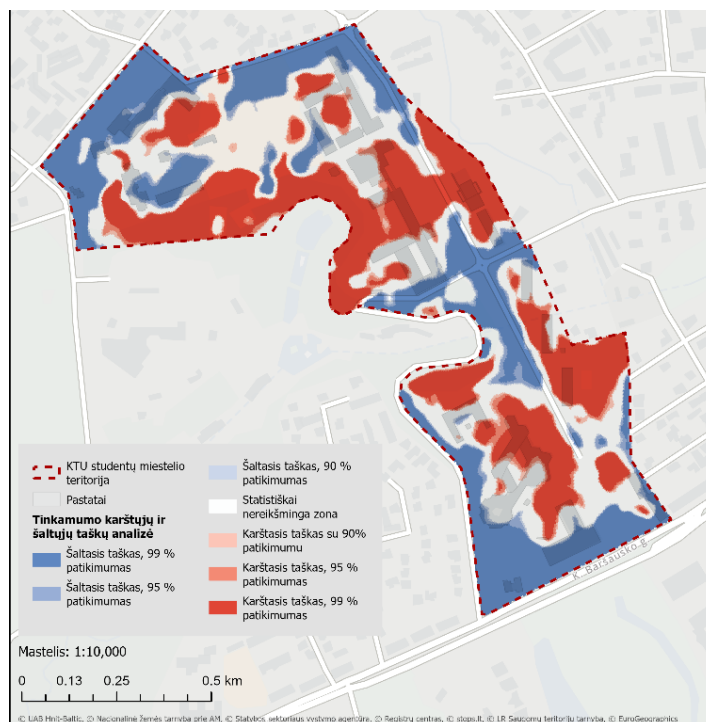


21 pav. KTU studentų miestelio lauko erdvių tinkamumo studijoms ir darbui vertinimas taikant naudotojų svorių scenarijų (detalesnis žemėlapis pateiktas 17 priede)

4.5. Karštųjų ir šaltųjų taškų analizė

Karštųjų ir šaltųjų taškų analizė parodė, kad aukštesnio tinkamumo vertės KTU studentų miestelyje telkiasi ne atsitiktinai, o sudaro statistiškai reikšmingas sritis (22 pav.). Karštieji taškai, ypač 95 % ir 99 % patikimumo zonos, gali būti laikomi prioritetinėmis vietomis lauko studijų ir darbo erdvių plėtrai. Šaltieji taškai rodo mažesnio tinkamumo sankaupas, kuriose pirmiausia reikėtų įvertinti ribojančius veiksnius ir galimas gerinimo priemones. Statistiškai nereikšmingas zonas reikėtų vertinti atsargiai ir analizuoti kartu su kitais analizės sluoksniais.

Žemėlapyje matyti, kad statistiškai reikšmingi karštieji taškai daugiausia formuojasi centrinėje, vakarinėje-centrinėje, rytinėje ir kai kuriose pietrytinėse KTU studentų miestelio dalyse. Šaltieji taškai fiksuojami šiaurės vakarinėje, kai kuriose centrinėse ir pietinėse teritorijos dalyse. Ši analizė parodė, kad 20 ir 21 paveiksluose nustatyti aukšti tinkamumo balai atitinka 22 paveiksle išskirtus karštuosius taškus.



22 pav. KTU studentų miestelio tinkamumo studijoms ir darbui lauke karštųjų ir šaltųjų taškų analizė (detalesnis žemėlapis pateiktas 18 priede)

Histograma rodo, kad tinkamumo balų pasiskirstymas yra koncentruotas apie vidutinę reikšmę (23 pav.). Vidurkis siekia 0,49236, mediana – 0,49523, o standartinis nuokrypis – 0,06978. Tai reiškia, kad dauguma teritorijos reikšmių patenka į vidutinio tinkamumo intervalą, o labai aukšto arba labai žemo tinkamumo reikšmės sudaro mažesnę teritorijos dalį. Vidurkio ir medianos artumas rodo, kad pasiskirstymas yra gana subalansuotas, todėl galutinis tinkamumo modelis nėra stipriai paveiktas kraštutinių reikšmių.

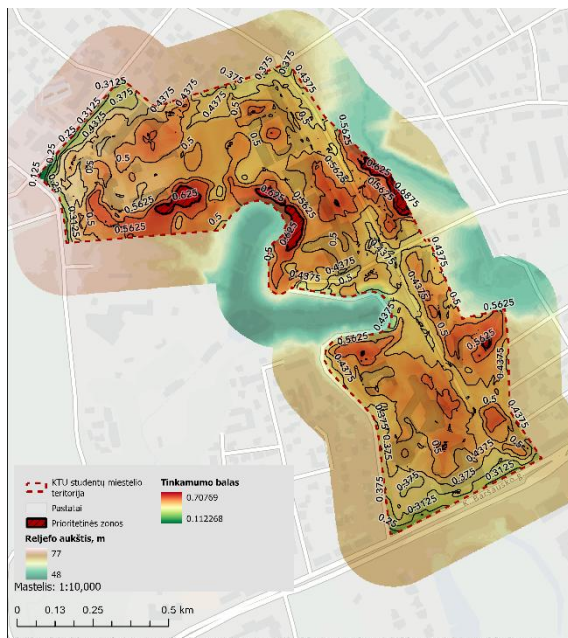


23 pav. Karštųjų ir šaltųjų taškų analizės tinkamumo balų pasiskirstymo histograma

4.6. Prioritetinių zonų atranka

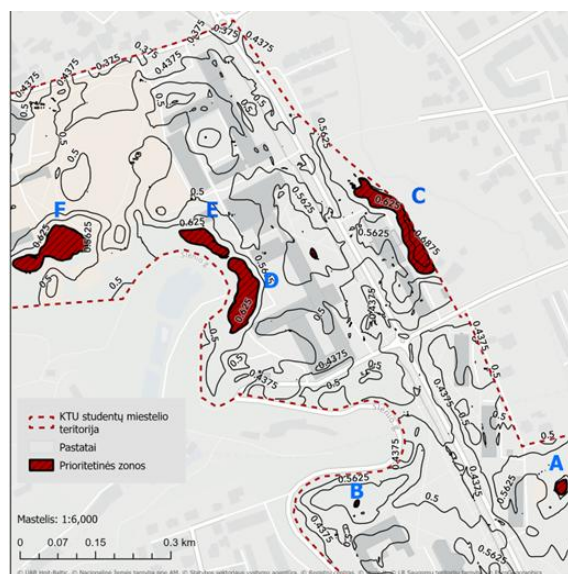
Tolesnei analizei pasirinktas naudotojų apklausos svariais paremtas tinkamumo žemėlapis, nes jis geriau atspindi KTU bendruomenės poreikius ir prioritetus, susijusius su lauko erdvių naudojimu studijoms bei darbui. Remiantis šiuo žemėlapiu, išskirtos prioritetinės zonos su santykinai aukštesnėmis tinkamumo reikšmėmis, kurios laikomos potencialiai tinkamiausiomis lauko studijų ir darbo erdvių plėtrai. Norint tiksliau įvertinti šių zonų praktinį pritaikomumą, papildomai įvertintas reljefo aukštis. Analizuojamoje teritorijoje reljefo aukštis svyruoja nuo maždaug 48 iki 77 m, todėl

šie duomenys leidžia nustatyti, ar prioritetinės zonos nepatenka į topografiškai mažiau palankias vietas. Kadangi pagrindinis vertinimas orientuotas į naudotojų poreikius, aplinkos komfortą, žaliąją infrastruktūrą ir funkcinį pritaikymą, reljefo aukštis naudojamas kaip papildomas patikros sluoksnis, o ne kaip tiesioginis svertinis kriterijus. Kai kurios zonos yra reljefo perėjimo vietose, todėl jų praktinis pritaikymas turėtų būti tikslinamas vertinant nuolydį ir konkrečią paviršiaus būklę.



24 pav. Prioritetinių zonų išskyrimas pagal naudotojų svorių tinkamumo žemėlapi ir reljefo aukščio įvertinimą (detalesnis žemėlapis pateiktas 19 priede)

Atlikus tinkamumo studijoms ir darbui lauke vertinimą, buvo atrinktos prioritetinės zonos, pasižyminčios santykinai aukštesnėmis tinkamumo reikšmėmis ir didesniu potencialu lauko erdvių pritaikymui. Siekiant palengvinti rezultatų interpretavimą ir tolesnį zonų palyginimą, 25 paveiksle jos pažymėtos raidėmis A, B, C, D, E ir F. Toliau kiekviena iš šių zonų nagrinėjama detaliau, atsižvelgiant į fizines teritorijos savybes, esamą infrastruktūrą ir galimas pritaikymo priemones.



25 pav. Išskirtos prioritetinės zonos

- A zona yra už 4-ojo KTU bendrabučio, pievoje už kietosios dangos aikštelės. Vienoje pusėje teritoriją riboja krūmynai, suteikiantys dalinį vizualinį atskyrimą ir privatumo pojūtį.
- B zona yra kitoje KTU leidyklos pusėje, pievos teritorijoje. Nuo kelio ją iš dalies dengia medžiai ir krūmai, todėl zona pasižymi geresniu vizualiniu atskyrimu, privatumu ir pavėsio potencialu.
- C zona yra už M-Lab, Girstučio parko teritorijoje. Ši erdvė pasižymi geresne rekreacine aplinka: čia yra pieva, sutvarkyti takai ir sėdimos vietos.
- D zona prasideda už Matematikos ir gamtos mokslų fakulteto. Teritorija pasižymi žaluma, tačiau lygi jos dalis yra palyginti nedidelė ir įsiterpusi tarp automobilių stovėjimo aikštelių.
- E zona tęsiasi nuo D zonos ir taip pat eina šlaito teritorija. Palyginti su D zona, ji yra atviresnė, joje yra trinkelėmis dengti takai.
- F zona yra prie pagrindinių takų ir šalia sporto infrastruktūros, todėl ji yra lengvai pastebima ir gerai pasiekama. Vis dėlto zona pasižymi mažesniu privatumu, nes yra atviresnė ir intensyviau naudojamos infrastruktūros aplinkoje.

A ir B zonos labiau pasižymi natūralaus atskyrimo / vizualinio privatumo aspektu, C zona turi stipriausią esamos infrastruktūros pagrindą, D ir E zonose svarbiausiu ribojančiu veiksniu tampa nelygus reljefas, o F zona yra gerai pasiekama, tačiau mažiau privati (žr. 26 paveikslą).



26 pav. KTU studentų miestelio prioritetinių zonų vaizdai

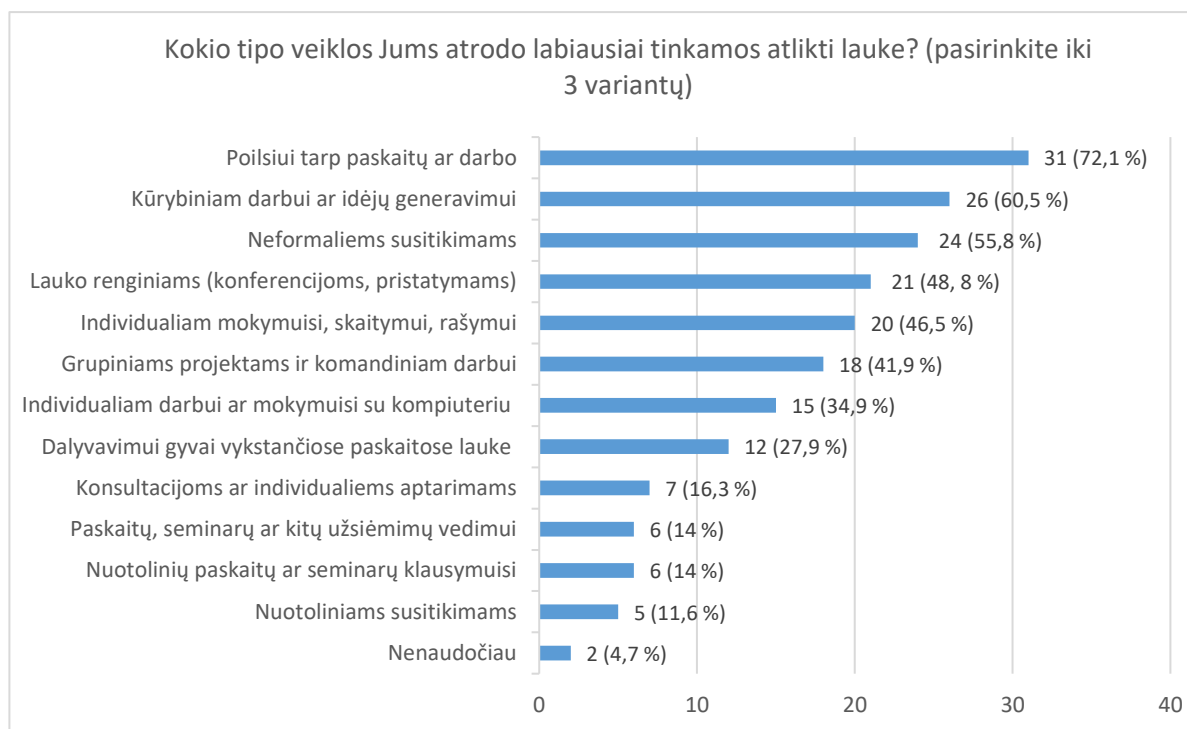
Toliau darbe šios prioritetinės sritys analizuojamos išsamiau, siekiant įvertinti jų realų pritaikomumą, esamus trūkumus ir galimus sprendimus.

5. Rekomendacijos KTU žaliųjų erdvių pritaikymui studijoms ir darbui lauke

Šiame skyriuje, remiantis 3 ir 4 skyrių rezultatais, pateikiamos konkrečios rekomendacijos, kaip pritaikyti žaliasias erdves KTU miestelyje studijoms ir darbui lauke.

5.1. Naudotojų pageidaujamos veiklos lauko erdvėse

Apklausoje respondentų buvo paprašyta nurodyti iki trijų veiklų rūšių, kurias jie laiko tinkamiausiomis atlikti lauke. Veiklos, kurios gavo daugiausia pasirinkimų, pateiktos 27 paveiksle.

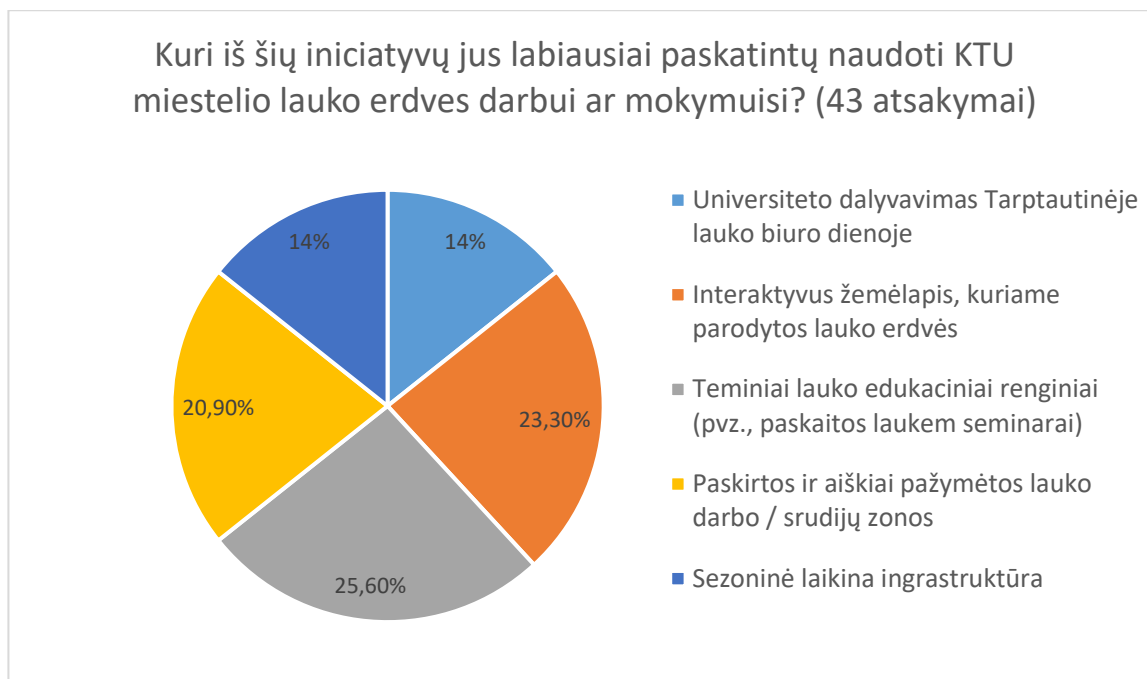


27 pav. Pageidaujamų lauko veiklų pasiskirstymas

Trys dažniausiai pasitaikantys atsakymai – poilsis tarp paskaitų (72,1 %), kūrybinis darbas (60,5 %) ir neformalus susitikimai (55,8 %) – rodo tipiską naudojimo modelį, kai lauko erdvės skirtos atitrūkti nuo darbo režimo, o ne perkelti tą patį režimą į lauką. Mažiausiai domimasi formaliąja mokymo veikla. Nuotoliniai susitikimai (11,6 %), nuotolinės paskaitos (14,0 %) ir tradicinės paskaitos lauke (14,0 %) nėra dažnai pasirinktos. Tai reiškia, kad investicijos į formalaus mokymosi lauko infrastruktūrą nebus labai naudingos. Pirmenybė turėtų būti teikiama lankstesniems formatams – kūrybiniam, individualiam ir grupiniam darbui. Tik 4,7 % (2 respondentai) nurodė, kad nenaudotų lauko erdvių. Tai patvirtina, kad darbo / studijų pritaikymas yra realus, o ne hipotetinis poreikis – didžioji bendruomenės dalis turi konkrečius planus, kaip šias erdves naudoti, jei jos būtų pritaikytos.

5.2. Naudotojus skatinančios iniciatyvos

Kitas apklausos klausimas buvo skirtas išsiaiškinti, kurios universitetų iniciatyvos labiausiai paskatintų respondentus pradėti naudoti lauko erdves darbui ar mokymuisi. Rezultatai pateikti 28 paveiksle.



28 pav. Naudotojus skatinančių iniciatyvų pasiskirstymas

Trys geriausiai ir gana apylygiai įvertinti variantai – teminiai renginiai (25,6 %), interaktyvus žemėlapis (23,3 %) ir pažymėtos zonos (20,9 %) – kartu sudaro 69,8 % atsakymų ir rodo bendrą poreikį aiškiai identifikuoti lauko darbo zonas bei informuoti apie jas. Be šios komunikacijos didelė dalis erdvių lieka nenaudojamos vien dėl to, kad bendruomenė nežino, kur jos yra. Interaktyvaus žemėlapio pasirinkimas (23,3 %) yra tiesioginis šio darbo rezultatų pritaikymas. Tai patvirtina, kad parengti tinkamumo ir prioritetinių zonų žemėlapiai turi praktinės naudos ne tik kaip metodologinis rezultatas, bet ir kaip galutinis produktas universiteto bendruomenei. Verta paminėti, kad tęstinis dalyvavimas Lauko biuro dienoje taip pat atliepia vartotojų poreikius, o sukurtas žemėlapis su išskirtomis zonomis galėtų būti pritaikytas kaip papildoma priemonė šiai iniciatyvai įgyvendinti. Ateityje būtų galima svarstyti ir interaktyvaus žemėlapio sukūrimą. Sezoninė laikinoji infrastruktūra (14 %) reikalauja mažų pradinių investicijų, tačiau galėtų reikšmingai prisidėti prie didesnio erdvių pritaikomumo.

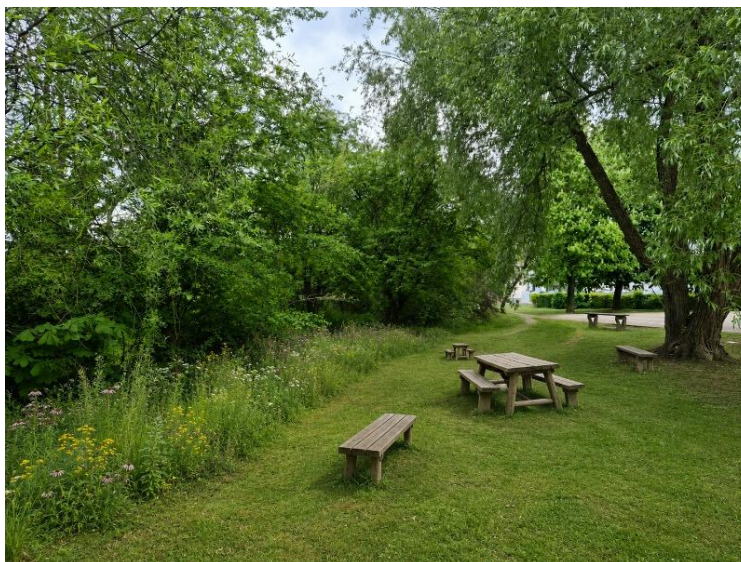
5.3. Rekomendacijos prioritetinėms zonoms

Tinkamumo žemėlapyje išskirtos zonos šiame darbe nelaikomos vien studijoms ir darbui skirtomis erdvėmis. Remiantis gamta grįstų sprendimų ir ekosisteminių paslaugų koncepcija, tos pačios teritorijos vienu metu gali atlikti kelias funkcijas: rekreacinę, mikroklimato reguliavimo, biologinės įvairovės palaikymo, lietaus vandens infiltracijos bei dirvožemio ir šlaitų apsaugos. Atsižvelgiant į tai, kiekvienai zonai priskiriama pirminė funkcija pagal jos fizinį profilį, tačiau pripažįstamos ir antrinės funkcijos. Vertinimui naudoti 8 kriterijai suskirstyti į tris kriterijų grupes: aplinkos komforto, funkcinės infrastruktūros bei socialinio ir kraštovaizdžio patrauklumo. Suminiai šių kriterijų grupių svoriai atitinkamai yra 0,531, 0,357 ir 0,112 (žr. 4 ir 5 lenteles). Vadinas, aplinkos komforto sprendimai labiausiai atlieptų bendruomenės narių poreikius. Verta pažymėti, kad kriterijai yra tarpusavyje susiję ir vienu metu veikia kelis aspektus. Pavyzdžiui, želdynų ir medžių danga gali gerinti mikroklimatą, didinti estetinį teritorijos patrauklumą, gerinti akustinį komfortą bei oro kokybę.

Kaip jau minėta, sluoksnių aprašomoji statistika leidžia nustatyti, kurie kriterijai realiai diferencijuoja zonas, o kurie teritorijoje yra praktiškai vienodi (žr. 6 lentelę). Kadangi oro taršos rodiklis teritorijoje yra praktiškai pastovus, rekomendacijos oro kokybei formuluojamos kaip bendros, o ne specifinės konkrečioms zonoms. Priešingai, medžių lajų danga pasižymi labai dideliu kintamumu, todėl laikoma labiausiai zonas diferencijuojančia sritimi. Atsižvelgiant į aprašytus duomenis, išskiriama, kad visoms zonoms yra aktualus pavėsį teikiančių medžių išdėstymas.

Remiantis 4.6 skyriuje pateiktais zonų apibūdinimais, toliau aprašomos specifinės rekomendacijos kiekvienai zonai. Zonų rekomendacijoms iliustruoti buvo naudojama generatyvinio dirbtinio intelekto programa „ChatGPT“. Vizualizacijoms sukurti buvo pasitelktos zonų nuotraukos ir rekomendacijų aprašymai.

A zona pasižymi privatumo potencialu, nes ją iš dalies dengia krūmynai, tačiau joje nėra aiškos lauko darbo ar studijų infrastruktūros. Šiai zonai tiktų nedidelio masto, mažai intervenciniai sprendiniai: keli suoliukai, mobilūs arba stacionarūs stalai, pavėsį papildantys elementai. Kadangi zona turi privatumo potencialą, ją būtų galima pritaikyti individualiam darbui, skaitymui ar ramesniam mokymuisi lauke (29 pav.).



29 pav. A zonos vizualizacija

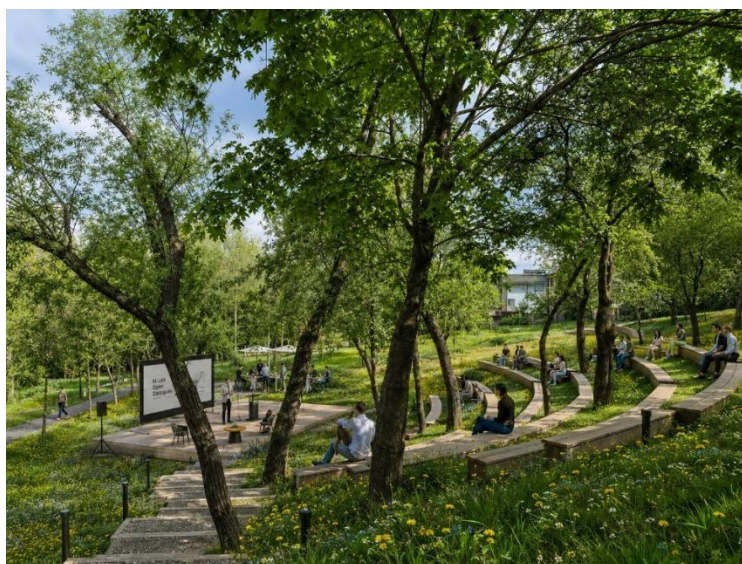
B zonoje pagrindinės kliūtys yra panašios kaip A zonoje: trūksta aiškos darbo infrastruktūros, gali būti nepakankamai patogus priėjimas, nėra elektros ir interneto prieigos. Taip pat reikėtų įvertinti, ar krūmų ir medžių juosta pakankamai sumažina kelio triukšmą. Jei akustinis komfortas vertinamas kaip nepakankamas, tikslinga tankinti apatinį ardą, formuojant gilesnę želdinių juostą.

Ši zona galėtų būti viena tinkamesnių ramiai lauko darbo ar studijų erdvei, nes turi natūralų atskyrimą nuo kelio ir pavėsio potencialą. Rekomenduojama įrengti nedideles sėdėjimo grupes, darbo stalus arba mobilius stalus, kuriuos būtų galima naudoti sezoniskai. Taip pat verta numatyti informacinį ženklinį ar aiškesnę erdvės paskirtį, kad naudotojams būtų suprantama, jog ši vieta skirta ne tik poilsiui, bet ir studijoms / darbui lauke (30 pav.).



30 pav. B zonos vizualizacija

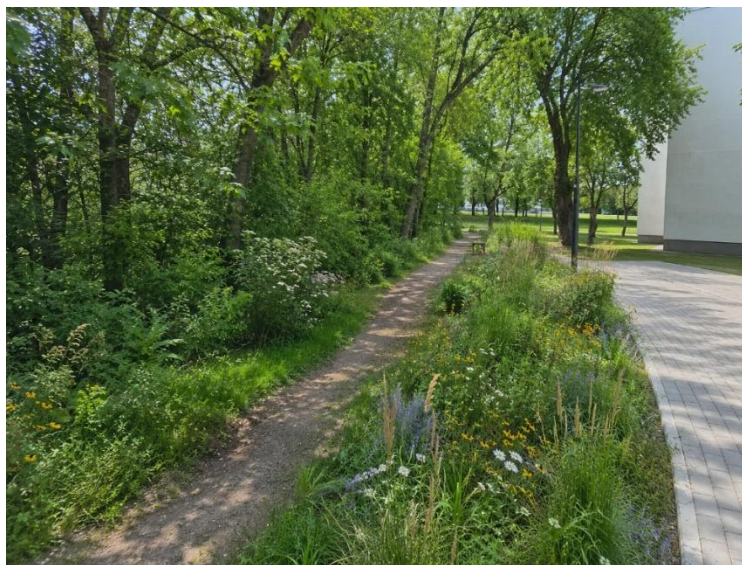
C zona pasižymi geriausia esama infrastruktūros baze (sutvarkyti takai, sėdimosios vietos, lajų pavėsis). Pagrindinis ribojantis veiksnys – reljefo aukščio skirtumai ir galimas nuolydis. Dėl to ne visos zonos dalys vienodai tinkamos stalams, darbo vietoms ar kitai stacionariai infrastruktūrai įrengti. C zoną rekomenduojama orientuoti į renginių, nedidelių konferencijų, pristatymų ir diskusijų organizavimą lauke, nes teritorija yra šalia M-Lab ir joje įrengtos amfiteatro formos sėdimųjų vietų. Dėl esamos infrastruktūros ir reprezentatyvesnio pobūdžio ši zona turi potencialo būti daigafunkcine erdve akademinėi ir bendruomenės veiklai (31 pav.).



31 pav. C zonos vizualizacija

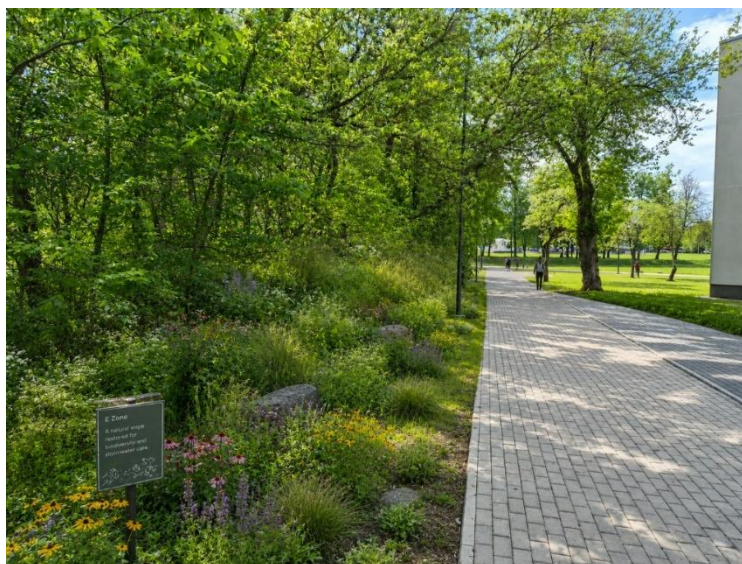
D zona yra riboto tinkamumo lauko studijoms ir darbui, nes lygi teritorijos dalis yra nedidelė, ji įsiterpusi tarp automobilių stovėjimo aikštelių ir pereina į didesnio nuolydžio teritoriją. Automobilių stovėjimo aikštelės mažina aplinkos kokybę dėl triukšmo, vizualinio trikdymo ir galimos oro taršos. Dėl šių priežasčių ši zona nėra tinkama intensyviai darbo ar studijų infrastruktūrai. Šioje vietoje siūlytina netaikyti intensyvaus erdvės pritaikymo darbui ar studijoms, o išlaikyti ją kaip žaliają buferinę ir biologinės įvairovės zoną. Rekomenduojama stiprinti želdinių struktūrą tarp automobilių aikštelių ir pėsčiųjų erdvių, sodinti vietinius krūmus, medžius ar daugiametes žolines rūšis, kurios

mažintų vizualinį ir akustinį poveikį. Taip pat būtų tikslinga taikyti mažiau intensyvų šienavimo režimą ir formuoti žydinčių augalų juostas (32 pav.).



32 pav. D zonos vizualizacija

E zona eina šlaitu ir pasižymi didesniu nuolydžiu, todėl ji mažiau tinkama stacionarioms darbo vietoms, stalams ar ilgalaikiam sėdėjimui. Nors teritorijoje yra trinkelėmis dengtų takų ir ji yra gana atvira, reljefas riboja praktinį pritaikomumą darbui ar studijoms. E zoną tikslinga vertinti ne kaip pagrindinę lauko darbo zoną, o kaip kraštovaizdį kuriančią ir tranzitinę žaliąją erdvę. Rekomenduojama išlaikyti jos natūralų pobūdį ir taikyti gamta grįstus sprendimus: stiprinti šlaito augaliją, naudoti vietines žolines ir krūmines rūšis erozijai mažinti, formuoti žydinčias pievų juostas, išlaikyti medžių pavėsį ir vengti perteklinių kietųjų dangų (33 pav.).



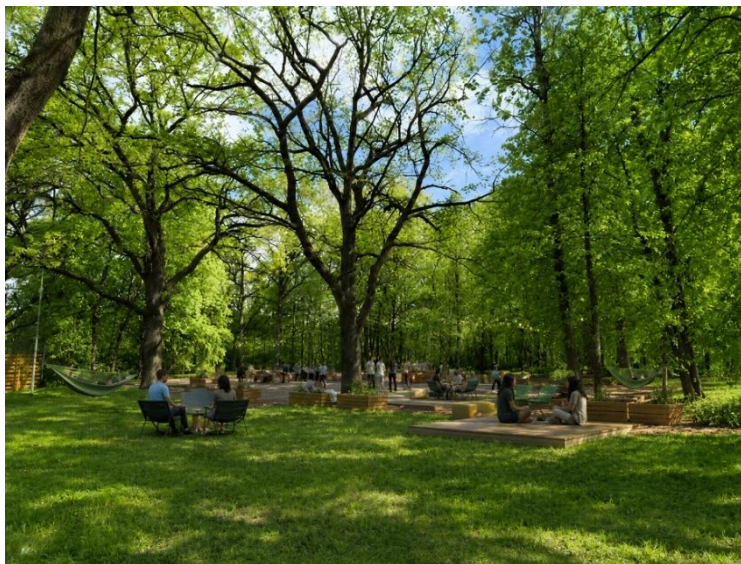
33 pav. E zonos vizualizacija

F zona yra šalia pagrindinių takų ir sporto infrastruktūros, todėl ji gerai pasiekiamą, bet mažiau privati. Intensyvesnis žmonių judėjimas, sporto veiklos ir triukšmas gali riboti jos tinkamumą ramiam individualiam darbui. F zonoje esanti kietosios dangos krepšinio aikštelė, apsupta medžių, gali būti vertinama kaip erdvė, turinti rekreacinį potencialą. Pirmasis scenarijus – išlaikyti sportinę funkciją,

bet pagerinti dangą ir naudojimo komfortą. Tokiu atveju kietosios dangos aikštelė galėtų būti atnaujinama arba dengiama sportui tinkama, saugesne ir mažiau kaistančia danga. Tai leistų išlaikyti esamą krepšinio aikštelės funkciją, tačiau kartu pagerintų jos naudojimo kokybę (34 pav.). Antrasis scenarijus – zoną transformuoti į rekreacinę ir socialinę lauko erdvę. Tokiu atveju aikštelė galėtų būti pritaikoma poilsiui, neformaliai bendravimui ir trumpalaikiam buvimui lauke. Rekomenduojama įrengti sėdėjimo vietas, hamakus, mobilius lauko baldus, vertikaliuosius sodus, išlaikant esamus medžius kaip pagrindinį erdvės mikroklimatą gerinantį elementą (35 pav.).



34 pav. F zonos vizualizacija pirmasis scenarijus



35 pav. F zonos vizualizacija antrasis scenarijus

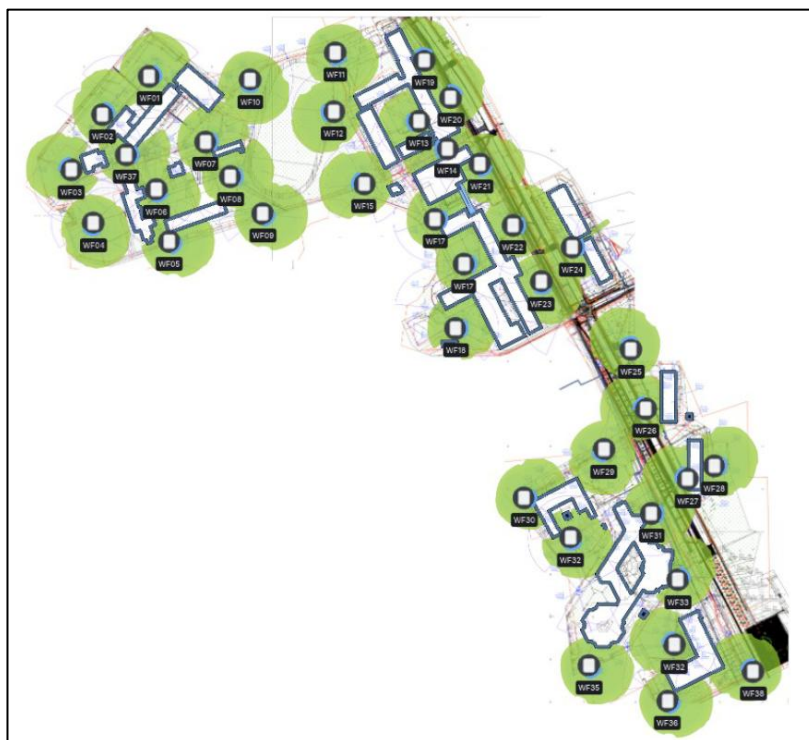
Dalis aptartų gamta grįstų sprendimų buvo pritaikyta ir kitur, pavyzdžiui, Valensijos mokykloje, kur vertikalieji sodai naudojami temperatūrai reguliuoti bei edukaciniais tikslais. Atėnuose, siekiant sujungti du parkus, buvo įrengtas žaliasis koridorius, kuris padidino vietovės biologinę įvairovę 30 % [53].

5.4. Apibendrinimas

Apibendrinant galima teigti, kad prioritetinių zonų vystymas turėtų būti diferencijuotas. Vienos zonos gali būti pritaikomos darbui, studijoms ar renginiams, o kitos paliekamos kaip tylios, mažiau intensyvaus naudojimo erdvės, kuriose taikomi gamta grįsti sprendimai.

GIS nėra tik vienkartinė analizės priemonė. Ji gali būti naudojama kaip ilgalaikė universiteto žaliųjų erdvių stebėsenos, planavimo ir valdymo sistema. Sukauptus erdvinius duomenis galima reguliariai atnaujinti, papildyti naujais sluoksniais. Planuojami miestelio atnaujinimai, tokie kaip lauko Wi-Fi stotelių įrengimas, reikšmingai pagerins studijų ir darbo lauke pritaikomumą. Kadangi stotelių skaičius padidės nuo 9 iki 38, Wi-Fi aprėptis padengs visą teritoriją, todėl bus susiduriama su mažiau ryšio trikdžių (36 pav.).

Gamta grįsti sprendimai reikalauja investicijų, todėl šiame darbe jie pateikiami atsargiai, prioritetą teikiant mažų investicijų priemonėms, siekiant greitų, tačiau naudingų pokyčių. Investicijas į žaliąją infrastruktūrą tikslinga svarstyti įvertinus daugiau tarpusavyje susijusių kriterijų ir naujesnius KTU studentų miestelio ortofotografinius duomenis po įvykdytų rekonstrukcijų.



36 pav. Numatomos lauko Wi-Fi stotelių vietos (instituciniai duomenys)

Darbe sukurtas tinkamumo žemėlapis gali būti patobulintas ir, remiantis juo, sukurtas interaktyvus žemėlapis. Toks žemėlapis galėtų būti naudingas universiteto administracijai, studentams ir dėstytojams. Ateityje tyrimą būtų galima patobulinti įtraukiant papildomus rodiklius: išsamesnį biologinės įvairovės vertinimą, įvairesnius mikroklimato kriterijus, pėsčiųjų srautus, sezoninius pokyčius. Tam įvertinti reikėtų išsamesnės studentų apklausos.

Sukurta metodika galėtų būti taikoma ir kitų universitetų žaliųjų erdvių analizei. Taikant vienodus GIS duomenų rinkimo ir vertinimo principus, būtų galima palyginti skirtingų aukštųjų mokyklų teritorijas, nustatyti jų stipriąsias ir silpnąsias puses bei formuluoti duomenimis pagrįstas rekomendacijas.

Išvados

1. Atlikus mokslinės literatūros analizę nustatytos ekosisteminių paslaugų (reguliavimo, kultūrinių), gamta grįstų sprendimų ir darnumo tikslų (DVT 3, 4, 9, 11, 13, 15, 17) sąsajos su žaliųjų erdvių naudojimu universitetuose, atliepančios sisteminės gerovės (SWEPPP) – asmeninės, profesinės ir aplinkos – siekį bei ES strateginių dokumentų (Europos žaliojo kurso, ES žaliosios infrastruktūros strategijos, ES biologinės įvairovės strategijos iki 2030 m., Gamtos atkūrimo reglamento (2024/1991), Naujojo europinio bauhauzo) keliamus tikslus. Literatūroje nerasta atskiro, patvirtinto universitetų lauko studijų ir darbo erdvių tinkamumo vertinimo įrankio, kuris jungtų gerovės, neformalaus mokymosi, ekosisteminių paslaugų ir erdvinės analizės prieigas – šią spragą siekiama užpildyti šiame darbe.
2. Parengta tyrimo metodika, kurią sudaro dvi lygiagrečios analizės eigos: GIS daugiakriteris erdvinis tinkamumo vertinimas, taikant SMART svorių nustatymo techniką ir „Weighted Sum“ įrankį „ArcGIS Pro“ aplinkoje, kartu su erdvine statistine validacija (karštųjų ir šaltųjų taškų analize), bei bendros ekosisteminės vertės vertinimas apskaičiuojant žalumo indeksą. Suformuotas 8 kriterijų rinkinys, suskirstytas į 3 kategorijas – aplinkos komforto (terminis, akustinis komfortas, oro kokybė, želdynų kiekis), funkcinės infrastruktūros (sėdėjimo vietos, Wi-Fi ir elektros prieiga, prieinamumas) ir socialinio kraštovaizdžio patrauklumo (biologinė įvairovė).
3. Įvertinta KTU studentų miestelio esama būklė: žalumo indeksas siekia 0,71 balo ir viršija rekomenduojamą vertę (0,7), tačiau 91,2 % indekso vertės sudaro pasodinta arba nauja augmenija, o išsaugotai augmenijai tenka tik 6,1 %. Naudotojų apklausoje (43 respondentai – nereprezentatyvi imtis) 53,5 % respondentų aukštais balais (4–5) įvertino poreikį pakeisti uždara patalpą lauko aplinka, tačiau 58,1 % šių erdvių darbui ar studijoms šiuo metu nenaudoja. Pagrindinės identifikuotos kliūtys – elektros lizdų ir patikimo Wi-Fi ryšio stoka, pastogių ir pavėsio centrinėje dalyje trūkumas, nepalanki dangos kokybė po kritulių bei ergonomiškų ir mobilių sėdėjimo sprendimų trūkumas. Dalis šių kliūčių papildomai patvirtintos 2025 m. birželio 12 d. Lauko biuro dienos patirtimi.
4. Atlikta lauko studijų ir darbo zonų tinkamumo analizė pagal 8 kriterijus, parengiant vienodų (balai 0,124–0,706) ir naudotojų svorių (balai 0,112–0,708) tinkamumo žemėlapius. Naudotojų svoriai išryškino terminį komfortą (0,146), oro kokybę (0,134) ir sėdėjimo vietų kokybę (0,132) kaip svarbiausius kriterijus, tačiau dėl mažų skirtumų tarp svorių abu scenarijai davė panašius rezultatus. Karštųjų ir šaltųjų taškų (Getis-Ord Gi*) analizė identifikavo statistiškai reikšmingas didelio tinkamumo zonas centrinėje, vakarinėje-centrinėje, rytinėje ir kai kuriose pietrytinėse miestelio dalyse, o šaltuosius taškus – šiaurės vakarinėje, dalyje centrinės bei pietinės teritorijos. Pasirinkus naudotojų svorių žemėlapi kaip pagrindinį ir papildomai įvertinus reljefo aukštį (48–77 m), atrinktos 6 prioritetinės zonos (A, B, C, D, E, F).
5. Parengtos diferencijuotos rekomendacijos prioritetinėms zonoms, atliepančios apklausoje išreikštas pageidaujamas veiklas – poilsis tarp paskaitų (72,1 %), kūrybinis darbas (60,5 %) ir neformalus susitikimai (55,8 %). Taip pat atsižvelgta į labiausiai naudotojus skatinančias iniciatyvas (teminius renginius (25,6 %), interaktyvų žemėlapi (23,3 %) ir pažymėtas / išskirtas zonas (20,9 %)). Zonos A ir B pritaikomos ramiam individualiam darbui, C zona (su M-Lab amfiteatru) – renginiams ir diskusijoms lauke. D ir E zonos dėl reljefo bei automobilių aikštelių poveikio paliekamos kaip biologinės įvairovę didinančios ir kraštovaizdį formuojančios judėjimo erdvės taikant gamta grįstus sprendimus. F zonai pasiūlyti du alternatyvūs scenarijai – sportinės funkcijos išlaikymas arba pakeitimas į rekreacinę socialinę erdvę.

Literatūros sąrašas

1. RIBEIRO, H.; SANTANA, K. V. d. S. ir OLIVER, S. L. Natural Environments in University Campuses and Students' Well-Being. *International journal of environmental research and public health*, t. 21 (2024), nr. 4, p. 413. doi: 10.3390/ijerph21040413.
2. SPORN, B. ir GODONOGA, A. Higher education institutions as change agents in society: perspectives on adaptation and impact. *European Journal of Higher Education*, t. 14 (2024), p. 1–9. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1080/21568235.2024.2412764>.
3. LEAL FILHO, W.; VARGAS, V. R.; SALVIA, A. L.; BRANDLI, L. L.; PALLANT, E. ir kt. The role of higher education institutions in sustainability initiatives at the local level. *Journal of Cleaner Production*, t. 233 (2019), p. 1004–1015. Prieiga per internetą: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619320128>.
4. DZIAŁEK, J.; HOMIŃSKI, B.; MIŚKOWIEC, M.; ŚWIGOST-KAPOCSI, A. ir GWOSDZ, K. The assessment of the quality of campus public spaces as key parts of the learning landscape: experience from a crowdsensing study on the Third Campus of Jagiellonian University, Krakow, Poland. *URBAN DESIGN International*, t. 29 (2024), nr. 2, p. 77–92. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1057/s41289-023-00224-1>.
5. AGHABOZORGI, K.; VAN DER JAGT, A.; BELL, S. ir SMITH, H. The role of university campus landscape characteristics in students' mental health. *Urban Forestry & Urban Greening*, t. 111 (2025), p. 128863. Prieiga per internetą: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1618866725001979>.
6. NIE, X.; WANG, Y.; ZHANG, C.; ZHAO, Y. ir KIRKWOOD, N. The varied restorative values of campus landscapes to students' well-being: evidence from a Chinese University. *BMC public health*, t. 24 (2024), nr. 1, p. 487–w.
7. MENARDO, E.; BRONDINO, M.; DAMIAN, O.; LEZCANO, M.; MAROSSÌ, C. ir kt. Students' perceived restorativeness of university environment: the validation of the Rest@U scale. *Frontiers in Psychology*, t. olume 15 - 2024 (2024). Prieiga per internetą: <https://www.frontiersin.org/journals/psychology/articles/10.3389/fpsyg.2024.1348483>.
8. HESSEN, D. a. S., S. *Higher Education and the SDGss. A Synthesis Based of the Report of the Global Independent Expert on the Universities and the 2030 Agenda (EGU2030)*. Paper commissioned for the World Higher Education Conference 18-20 May 2022.
9. UNESCO. *Green School Quality Standard – Greening Every Learning Environment*. 7, place de Fontenoy, 75352 Paris 07 SP, France: UNESCO, 2024.
10. LOZANO, R.; CEULEMANS, K.; ALONSO-ALMEIDA, M.; HUISINGH, D.; LOZANO, F. J. ir kt. A review of commitment and implementation of sustainable development in higher education: results from a worldwide survey. *Journal of Cleaner Production*, t. 108 (2015), p. 1–18. Prieiga per internetą: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614009780>.
11. KOHL, K.; HOPKINS, C.; BARTH, M.; MICHELSEN, G.; DLOUHÁ, J. ir kt. A whole-institution approach towards sustainability: a crucial aspect of higher education's individual and collective engagement with the SDGs and beyond. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, t. 23 (2021), nr. 2, p. 218–236. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1108/IJSHE-10-2020-0398> [žiūrėta 2026-03-17].

12. HOLST, J.; GRUND, J. ir BROCK, A. Whole Institution Approach: measurable and highly effective in empowering learners and educators for sustainability. *Sustainability Science*, t. 19 (2024), nr. 4, p. 1359–1376. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1007/s11625-024-01506-5>.
13. UN. General Assembly (70th sess. : 2015-2016). *Transforming our World : The 2030 Agenda for Sustainable Development : Draft Resolution Referred to the United Nations Summit for the Adoption of the Post-2015 Development Agenda by the General Assembly at its 69th Session.* , [New York] : UN, 21 Oct, 2015. Prieiga per internetą: https://www.un.org/ohrrls/sites/www.un.org.ohrrls/files/2030_agenda_for_sustainable_development_web.pdf [žiūrėta 2026-02-22].
14. UNESCO. *Education for sustainable development: a roadmap.* , 2020. Prieiga per internetą: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf00000374802> [žiūrėta 2026-02-24].
15. *The 17 Goals.* Prieiga per internetą: <https://globalgoals.org/goals/> [žiūrėta 2026-05-18].
16. SMOLENNIKOV, D.; MAKARENKO, I.; BACHO, R.; MAKAROVYCH, V.; OLEKSICH, Z. ir kt. Do higher education institutions contribute to countries' SDG progress: Evidence from university rankings. *Knowledge and Performance Management*, t. 8 (2024), p. 133–148.
17. *Impact Rankings 2025: Methodology.* [2025-06-05]. Prieiga per internetą: <https://www.timeshighereducation.com/world-university-rankings/impact-rankings-2025-methodology> [žiūrėta 2026-03-17].
18. *Sustainable University Rankings – UI GreenMetric.* Prieiga per internetą: <https://uigreenmetric.com/rankings/university> [žiūrėta 2026-05-17].
19. *About STARS – the Sustainability Tracking, Assessment & Rating System.* Prieiga per internetą: <https://stars.aashe.org/about-stars/> [žiūrėta 2026-03-18].
20. ISCN. Sustainable campus charter 2018 (2018). Prieiga per internetą: <https://international-sustainable-campus-network.org/wp-content/uploads/2024/03/ISCN-Charter-2018.pdf> [žiūrėta 2026-03-18].
21. *COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE EUROPEAN COUNCIL, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS the European Green Deal.* , 2019. Prieiga per internetą: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:52019DC0640> [žiūrėta 2026-03-18].
22. *COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS Green Infrastructure (GI) – Enhancing Europe's Natural Capital.* , 2013. Prieiga per internetą: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:52013DC0249> [žiūrėta 2026-03-18].
23. *COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS EU Biodiversity Strategy for 2030 Bringing Nature Back into our Lives.* , 2020. Prieiga per internetą: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:52020DC0380> [žiūrėta 2026-03-18].
24. Reglamentas - ES - 2024/1991 - LT - EUR-Lex. Prieiga per internetą: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LIT/TXT/?uri=oj:L_202401991 [žiūrėta 2026-03-18].
25. KOMISIJOS KOMUNIKATAS EUROPOS PARLAMENTUI, TARYBAI, EUROPOS EKONOMIKOS IR SOCIALINIŲ REIKALŲ KOMITETUI IR REGIONŲ KOMITETUI *Klimato*

- Kaitai Atsparios Europos Kūrimas. Naujoji ES Prisitaikymo Prie Klimato Kaitos Strategija.* , 2021. Prieiga per internetą: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/?uri=COM%3A2021%3A82%3AFIN> [žiūrėta 2026-03-18].
26. *COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS New European Bauhaus Beautiful, Sustainable, Together.* , 2021. Prieiga per internetą: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:52021DC0573> [žiūrėta 2026-03-18].
 27. KHAMITOVA, A. Reimagining higher education learning spaces in a new social contract for education. *PROSPECTS*, t. 54 (2024), nr. 2, p. 427–431. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1007/s11125-024-09680-1>.
 28. RAPANTA, C.; BOTTURI, L.; GOODYEAR, P.; GUÀRDIA, L. ir KOOLE, M. Balancing Technology, Pedagogy and the New Normal: Post-pandemic Challenges for Higher Education. *Postdigital Science and Education*, t. 3 (2021), nr. 3, p. 715–742. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1007/s42438-021-00249-1>.
 29. MATTHEWS, K.; ANDREWS, T. ir ADAMS, P. Social Learning Spaces and Student Engagement. *Higher Education Research and Development*, t. 30 (2011).
 30. MCDONALD-YALE, E. ir BIRCHALL, S. J. The built environment in a winter climate: improving university campus design for student wellbeing. *Landscape Research*, t. 46 (2021), nr. 5, p. 638–652. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1080/01426397.2021.1881768>.
 31. DEWANGAN, R. L.; LONGKUMER, I.; GUPTA, S. ir PATHAK, S. Beyond (COVID-19) lockdown: faculty experiences in the post-pandemic academic landscape. *Frontiers in Education*, t. olume 9 - 2024 (2024). Prieiga per internetą: <https://www.frontiersin.org/journals/education/articles/10.3389/feduc.2024.1348775>.
 32. DAVIDSON, E.; SCHWARTZ, Y.; WILLIAMS, J. ir MUMOVIC, D. Resilience of the higher education sector to future climates: A systematic review of predicted building energy performance and modelling approaches. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, t. 191 (2024), p. 114040. Prieiga per internetą: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032123008985>.
 33. FOELLMER, J.; KISTEMANN, T. ir ANTHONJ, C. Academic Greenspace and Well-Being – Can Campus Landscape be Therapeutic? Evidence from a German University. *Wellbeing, Space and Society*, t. 2 (2021), p. 100003. Prieiga per internetą: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666558120300038>.
 34. LIU, Q.; ZHANG, Y.; LIN, Y.; YOU, D.; ZHANG, W. ir kt. The relationship between self-rated naturalness of university green space and students' restoration and health. *Urban Forestry & Urban Greening*, t. 34 (2018), p. 259–268. Prieiga per internetą: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1618866718300645>.
 35. KAPLAN, R. ir KAPLAN, S. *The Experience of Nature: A Psychological Perspective*. CUP Archive, 1989. Prieiga per internetą: https://books.google.lt/books?id=7l80AAAAIAAJ&printsec=frontcover&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false [žiūrėta 2026-04-24].
 36. OHLY, H.; WHITE, M. P.; WHEELER, B. W.; BETHEL, A.; UKOUMUNNE, O. C. ir kt. Attention Restoration Theory: A systematic review of the attention restoration potential of exposure to natural environments. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B*, t. 19 (2016), nr. 7, p. 305–343. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1080/10937404.2016.1196155>.

37. ULRICH, R. S. Aesthetic and Affective Response to Natural Environment. *Iš: Behavior and the Natural Environment*, p. 85–125. Boston, MA: Springer US, 1983. Prieiga per internetą: https://doi.org/10.1007/978-1-4613-3539-9_4.
38. ULRICH, R. S.; SIMONS, R. F.; LOSITO, B. D.; FIORITO, E.; MILES, M. A. ir kt. Stress recovery during exposure to natural and urban environments. *Journal of Environmental Psychology*, t. 11 (1991), nr. 3, p. 201–230. Prieiga per internetą: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272494405801847>.
39. MALEKINEZHAD, F.; COURTNEY, P.; BIN LAMIT, H. ir VIGANI, M. Investigating the Mental Health Impacts of University Campus Green Space Through Perceived Sensory Dimensions and the Mediation Effects of Perceived Restorativeness on Restoration Experience. *Frontiers in Public Health*, t. olume 8 - 2020 (2020). Prieiga per internetą: <https://www.frontiersin.org/journals/public-health/articles/10.3389/fpubh.2020.578241>.
40. HIPPI, A.; GULWADI, G.; ALVES, S. ir SEQUEIRA, S. The Relationship Between Perceived Greenness and Perceived Restorativeness of University Campuses and Student-Reported Quality of Life. *Environment and Behavior*, t. Accepted (2015).
41. LIU, H.; WANG, Y.; HE, Q.; WANG, X.; CUI, C. ir kt. Assessing the restorative effects of campus greenness on student depression: a comparative study across three distinct university campus type in Macau. *BMC Public Health*, t. 25 (2025), nr. 1, p. 907. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1186/s12889-025-21356-9>.
42. AGHABOZORGI, K.; JAGT, A. v. d.; BELL, S. ir SMITH, H. How university blue and green space affect students' mental health: A scoping review. *Urban Forestry & Urban Greening*, t. 97 (2024), p. 128394. Prieiga per internetą: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1618866724001924>.
43. MANN, J.; GRAY, T.; TRUONG, S.; SAHLBERG, P.; BENTSEN, P. ir kt. A Systematic Review Protocol to Identify the Key Benefits and Efficacy of Nature-Based Learning in Outdoor Educational Settings. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, t. 18 (2021), nr. 3.
44. PRATIWI, P.; SULISTYANTARA, B.; SISRIANY, S. ir LAZUARDI, S. The Psychological Effects of Park Therapy Components on Campus Landscape Preferences. *Journal of Contemporary Urban Affairs*, t. 6 (2022), p. 143–155.
45. KUO, M.; BARNES, M. ir JORDAN, C. Do Experiences With Nature Promote Learning? Converging Evidence of a Cause-and-Effect Relationship. *Frontiers in Psychology*, t. olume 10 - 2019 (2019). Prieiga per internetą: <https://www.frontiersin.org/journals/psychology/articles/10.3389/fpsyg.2019.00305>.
46. *Outdoor Office Day 2026 - Welcome*. Prieiga per internetą: <https://www.outdoorofficeday.nl/2026en> [žiūrėta 2026-04-14].
47. GEISTER, S.; KESER ASCHENBERGER, F.; ÇETINKAYA-YILDIZ, E. ir APAYDIN, S. The role of informal learning spaces in promoting social integration and wellbeing in higher education. *Frontiers in Education*, t. olume 10 - 2025 (2025). Prieiga per internetą: <https://www.frontiersin.org/journals/education/articles/10.3389/educ.2025.1637874>.
48. TAO, Y.; ZHAO, F.; XUE, M.; JIANG, B.; LAU, S. S. ir kt. Factors Influencing Seating Preferences in Semi-Outdoor Learning Spaces at Tropical Universities. *Buildings*, t. 13 (2023), nr. 4.

49. NIKOLOPOULOU, M. ir LYKLOUDIS, S. Thermal comfort in outdoor urban spaces: Analysis across different European countries. *Building and Environment*, t. 41 (2006), nr. 11, p. 1455–1470. Prieiga per internetą: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132305002039>.
50. WU, X.; KOU, Z.; OLDFIELD, P.; HEATH, T. ir BORSI, K. Informal Learning Spaces in Higher Education: Student Preferences and Activities. *Buildings*, t. 11 (2021), nr. 6.
51. ZHANG, J.; LIU, C. ir CHEN, J. A Systematic Review on Social and Physical Factors Influencing Students' Performance in Informal Learning Spaces. *Buildings*, t. 16 (2026), nr. 4.
52. SALIH, S. A.; ALZAMIL, W.; AJLAN, A.; AZMI, A. ir ISMAIL, S. Typology of Informal Learning Spaces (ILS) in Sustainable Academic Education: A Systematic Literature Review in Architecture and Urban Planning. *Sustainability*, t. 16 (2024), nr. 13.
53. Directorate-General for Research and Innovation. *Nature-Based Solutions: State of the Art in EU-Funded Projects - Research and Innovation*. Prieiga per internetą: https://research-and-innovation.ec.europa.eu/knowledge-publications-tools-and-data/publications/all-publications/nature-based-solutions-state-art-eu-funded-projects_en [žiūrėta 2026-04-24].
54. VAN HERZELE, A. ir WIEDEMANN, T. A monitoring tool for the provision of accessible and attractive urban green spaces. *Landscape and Urban Planning*, t. 63 (2003), nr. 2, p. 109–126. Prieiga per internetą: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204602001925>.
55. STESENS, P.; CANTERS, F.; HUYSMANS, M. ir KHAN, A. Z. Urban green space qualities: An integrated approach towards GIS-based assessment reflecting user perception. *Land Use Policy*, t. 91 (2020), p. 104319. Prieiga per internetą: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264837718304253>.
56. LIANG, Q.; LIN, S.; WANG, L.; YANG, F. ir YANG, Y. The Impact of Campus Soundscape on Enhancing Student Emotional Well-Being: A Case Study of Fuzhou University. *Buildings*, t. 15 (2025), nr. 1.
57. NESSHÖVER, C.; ASSMUTH, T.; IRVINE, K. N.; RUSCH, G. M.; WAYLEN, K. A. ir kt. The science, policy and practice of nature-based solutions: An interdisciplinary perspective. *Science of The Total Environment*, t. 579 (2017), p. 1215–1227. Prieiga per internetą: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969716325578>.
58. EUROPEAN COMMISSION: DIRECTORATE-GENERAL, f. E. *Building a green infrastructure for Europe*. Publications Office, 2014.
59. BLUMA. *Žalioji Infrastruktūra Lietuvos Miestams*. Prieiga per internetą: <https://bluma.lt/zalioji-infrastruktura-lietuvos-miestams/> [žiūrėta 2026-04-14].
60. HAINES-YOUNG, R. ir POTSCHIN-YOUNG, M. Revision of the Common International Classification for Ecosystem Services (CICES V5.1): A Policy Brief. *One Ecosystem*, t. 3 (2018), p. e27108.
61. MISIUNE, I.; SKORUPSKAS, R. ir VETEIKIS, D. Assessment of the ecological-recreational quality of urban green spaces and their indicators using remote sensing data and online sources. *Geografijos metraštis / The Geographical Yearbook* (2023), p. 3–23.
62. Gintarė Kapočiūtė; Ignas Kazlauskas ir Gaudrė Znutaitė. ŽALUMO INDEKSAS_APŽVALGA_2022.pdf (2012). Prieiga per internetą: https://am.lrv.lt/uploads/am/documents/files/saugom_teritorijos_kra%C5%A1tov/%C5%BDALUMO%20INDEKSAS_AP%C5%BDVALGA_2022.pdf [žiūrėta 2026-04-24].

63. WU, X.; LIU, J. ir HOU, Y. Data and methods for assessing urban green infrastructure using GIS: A systematic review. *PLOS One*, t. 20 (2025).
64. GELAN, E. GIS-based multi-criteria analysis for sustainable urban green spaces planning in emerging towns of Ethiopia: the case of Sululta town. *Environmental Systems Research*, t. 10 (2021).
65. KRAEMER, R. ir KABISCH, N. Parks Under Stress: Air Temperature Regulation of Urban Green Spaces Under Conditions of Drought and Summer Heat. *Frontiers in Environmental Science*, t. olume 10 - 2022 (2022). Prieiga per internetą: <https://www.frontiersin.org/journals/environmental-science/articles/10.3389/fenvs.2022.849965>.
66. DOMAZETOVIĆ, F.; ŠILJEG, A.; LONČAR, N. ir MARIĆ, I. GIS automated multicriteria analysis (GAMA) method for susceptibility modelling. *MethodsX*, t. 6 (2019), p. 2553–2561. Prieiga per internetą: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2215016119302961>.
67. KINE, H. Z.; SHIFERAW, Z.; GEBRESENBET, G.; TAVASSZY, L. ir LJUNGBERG, D. GIS based multi-criteria decision-making approach for dry port location analysis: The case of Ethiopia. *Research in Transportation Business & Management*, t. 60 (2025), p. 101370. Prieiga per internetą: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210539525000859>.
68. TAHERDOOST, H. ir MOHEBI, A. Using SMART Method for Multi-Criteria Decision Making: Applications, Advantages and Limitations. *Archives of Advanced Engineering Science*, t. 2 (2024).
69. MALCZEWSKI, J. ir RINNER, C. *Multicriteria Decision Analysis in Geographic Information Science*. , 2015..
70. DIAO, W.; LI, S.; ZHAO, B. ir ZHANG, F. Estimation of mediators in the associations between campus green spaces and students' anxiety: a case study in Nanjing. *Frontiers in psychology*, t. 15 (2024), p. 1396548.
71. LU, M. ir FU, J. Attention Restoration Space on a University Campus: Exploring Restorative Campus Design Based on Environmental Preferences of Students. *International journal of environmental research and public health*, t. 16 (2019), nr. 14, p. 2629. doi: 10.3390/ijerph16142629.
72. HO, R. ir AU, W. T. Scale Development for Environmental Perception of Public Space. *Frontiers in psychology*, t. 11 (2020), p. 596790.
73. BUKHARI, S. A. *Sample Size Determination Using Krejcie and Morgan Table*. , 2021..
74. MOREIRA, L. L.; DE BRITO, M. M. ir KOBIYAMA, M. Effects of Different Normalization, Aggregation, and Classification Methods on the Construction of Flood Vulnerability Indexes. *Water*, t. 13 (2021), nr. 1.
75. JANKOWSKI, P.; ŞALAP-AYÇA, S.; NAJWER, A.; LIGMANN-ZIELIŃSKA, A. ir ZWOLIŃSKI, Z. Effectiveness of Adjacent and Bivariate Maps in Communicating Global Sensitivity Analysis for Geodiversity Assessment. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, t. 13 (2024), nr. 6.
76. *How Optimized Hot Spot Analysis Works | ArcGIS Pro Documentation*. Prieiga per internetą: <https://doc.esri.com/en/arcgis-pro/latest/tool-reference/spatial-statistics/how-optimized-hot-spot-analysis-works.html> [žiūrėta 2026-05-18].
77. Kauno miesto savivaldybė. *Kauno Miesto Savivaldybės Teritorijos Bendrasis Planas 2013-2023 M.* Prieiga per internetą:

<https://www.kaunas.lt/urbanistika/bendrasis-planavimas/kauno-miesto-savivaldybes-teritorijos-bendrasis-planas-2013-2023-m/>. [žiūrėta 2026-05-18].

78. KTU. *KTU – Uždarų Durų, Arba Darbo Lauke, Diena* Prieiga per internetą: <https://ktu.edu/news/ktu-uzdaru-duru-arba-darbo-lauke-diena/>. [žiūrėta 2026-05-18].
79. KTU. *Atgimstantis KTU Studentų Miestelis: Nuo Žydinčių Sakurų Iki Modernių Sporto Erdvių*. Prieiga per internetą: <https://ktu.edu/news/atgimstantis-ktu-studentu-miestelis-nuo-zydinciu-sakuru-iki-moderniu-sporto-erdviu/>. [žiūrėta 2026-05-18].
80. KTU. *Universitetas*. Prieiga per internetą: <https://ktu.edu/universitetas/>. [žiūrėta 2026-05-18].

Priedai

1 priedas. Krejcie ir Morgan (1970) imties dydžio lentelė [73]

TABLE 1
Table for Determining Sample Size from a Given Population

<i>N</i>	<i>S</i>	<i>N</i>	<i>S</i>	<i>N</i>	<i>S</i>
10	10	220	140	1200	291
15	14	230	144	1300	297
20	19	240	148	1400	302
25	24	250	152	1500	306
30	28	260	155	1600	310
35	32	270	159	1700	313
40	36	280	162	1800	317
45	40	290	165	1900	320
50	44	300	169	2000	322
55	48	320	175	2200	327
60	52	340	181	2400	331
65	56	360	186	2600	335
70	59	380	191	2800	338
75	63	400	196	3000	341
80	66	420	201	3500	346
85	70	440	205	4000	351
90	73	460	210	4500	354
95	76	480	214	5000	357
100	80	500	217	6000	361
110	86	550	226	7000	364
120	92	600	234	8000	367
130	97	650	242	9000	368
140	103	700	248	10000	370
150	108	750	254	15000	375
160	113	800	260	20000	377
170	118	850	265	30000	379
180	123	900	269	40000	380
190	127	950	274	50000	381
200	132	1000	278	75000	382
210	136	1100	285	1000000	384

Note.—*N* is population size.

S is sample size.

2 priedas. Tyrimo apklausos anketa

KTU universiteto miestelio lauko erdvių pritaikymo studijoms ir darbui poreikio vertinimas

Esu Kauno technologijos universiteto (KTU) „Darnaus valdymo ir gamybos“ programos magistrantė Kotryna Krasauskaitė. Kviečiu Jus dalyvauti apklausoje, kuri yra mano magistro baigiamojo projekto dalis. Tyrimo tikslas – išanalizuoti KTU universiteto miestelio žaliųjų erdvių pritaikomumą studijoms bei darbui. Jūsų atsakymai padės objektyviau įvertinti esamą situaciją bei poreikį kurti funkcionalią lauko infrastruktūrą, skirtą universiteto bendruomenės akademinei ir profesinei veiklai.

Apklausa yra anoniminė, o surinkti duomenys bus naudojami tik apibendrintiems tyrimo rezultatams pagrįsti. Užtruksite iki 5 minučių. Dėkoju už Jūsų skirtą laiką ir bendradarbiavimą.

* Nurodo būtiną klausimą

Kuriai KTU bendruomenės grupei priklausote? *

- ☐ Studentas (-ė)
- ☐ Dėstytojas (-a) / Tyrėjas (-a)
- ☐ Administracijos darbuotojas (-a)
- ☐ Kita: _____

Ar jaučiate poreikį darbo/studijų metu pakeisti uždara patalpą (biurą, auditoriją) į darbo aplinką lauke (pvz. žaliosiose erdvėse)? *

	1	2	3	4	5	
visiškai nejaučiu poreikio	☐	☐	☐	☐	☐	labai stipriai jaučiu poreikį

Kaip dažnai šiuo metu praktiškai naudojate KTU žaliąsias lauko erdves darbui ar studijoms (ne poilsiui)? *

- ☐ Kasdien
- ☐ Kelis kartus per savaitę
- ☐ Kelis kartus per mėnesį
- ☐ Labai retai (tik esant palankioms aplinkos sąlygoms)
- ☐ Šiuo metu žaliųjų lauko erdvių darbui nenaudoju
- ☐ Kita: _____

Kokio tipo veiklos Jums atrodo labiausiai tinkamos atlikti lauke? (pasirinkite iki 3 variantų) *

- ☐ Individualiam mokymuisi, skaitymui, rašymui (be kompiuterio)
- ☐ Individualiam darbui ar mokymuisi su kompiuteriu
- ☐ Grupiniams projektams ir komandiniam darbui
- ☐ Kūrybiniam darbui ar idėjų generavimui
- ☐ Nuotoliniams susitikimams
- ☐ Nuotolinių paskaitų ar seminarų klausymuisi
- ☐ Dalyvavimui gyvai vykstančiose paskaitose ar seminaruose lauke
- ☐ Paskaitų, seminarų ar kitų užsiėmimų vedimui
- ☐ Konsultacijoms ar individualiems aptarimams (studentų ir dėstytojų susitikimams)
- ☐ Neformaliems susitikimams / diskusijoms su kolegomis
- ☐ Lauko renginiams (konferencijoms, pristatymams)
- ☐ Poilsui tarp paskaitų ar darbo
- ☐ Nenaudočiau
- ☐ Kita: _____

Įvertinkite, kiek Jums būtų svarbios šios sąlygos, kad naudotumėte žaliąsias erdves studijoms ar darbui. *

	1 - visai nesvarbu	2 - nesvarbu	3 - nei svarbu, nei nesvarbu	4 - svarbu	5 - labai svarbu
Palankus mikroklimatas (pavėsis, apsauga nuo saulės, vėjo ir kritulių)	☐	☐	☐	☐	☐
Akustinis komfortas	☐	☐	☐	☐	☐
Oro kokybė	☐	☐	☐	☐	☐
Apšvietimas	☐	☐	☐	☐	☐
Patogūs, ergonomiški baldai (stalai, kėdės su atrama)	☐	☐	☐	☐	☐
Stabilus ir greitas bevielis internetas (Wi-Fi)	☐	☐	☐	☐	☐

Prieiga prie elektros lizdų įrenginiams įkrauti	☐	☐	☐	☐	☐
Prieinamumas iš fakultetų / bibliotekos / bendrabučių	☐	☐	☐	☐	☐
Privatumas ir susikaupimo galimybė	☐	☐	☐	☐	☐
Natūralus pavėsis	☐	☐	☐	☐	☐
Augalijos gausa ir įvairovė	☐	☐	☐	☐	☐
Vaizdas į estetišką žalumą	☐	☐	☐	☐	☐

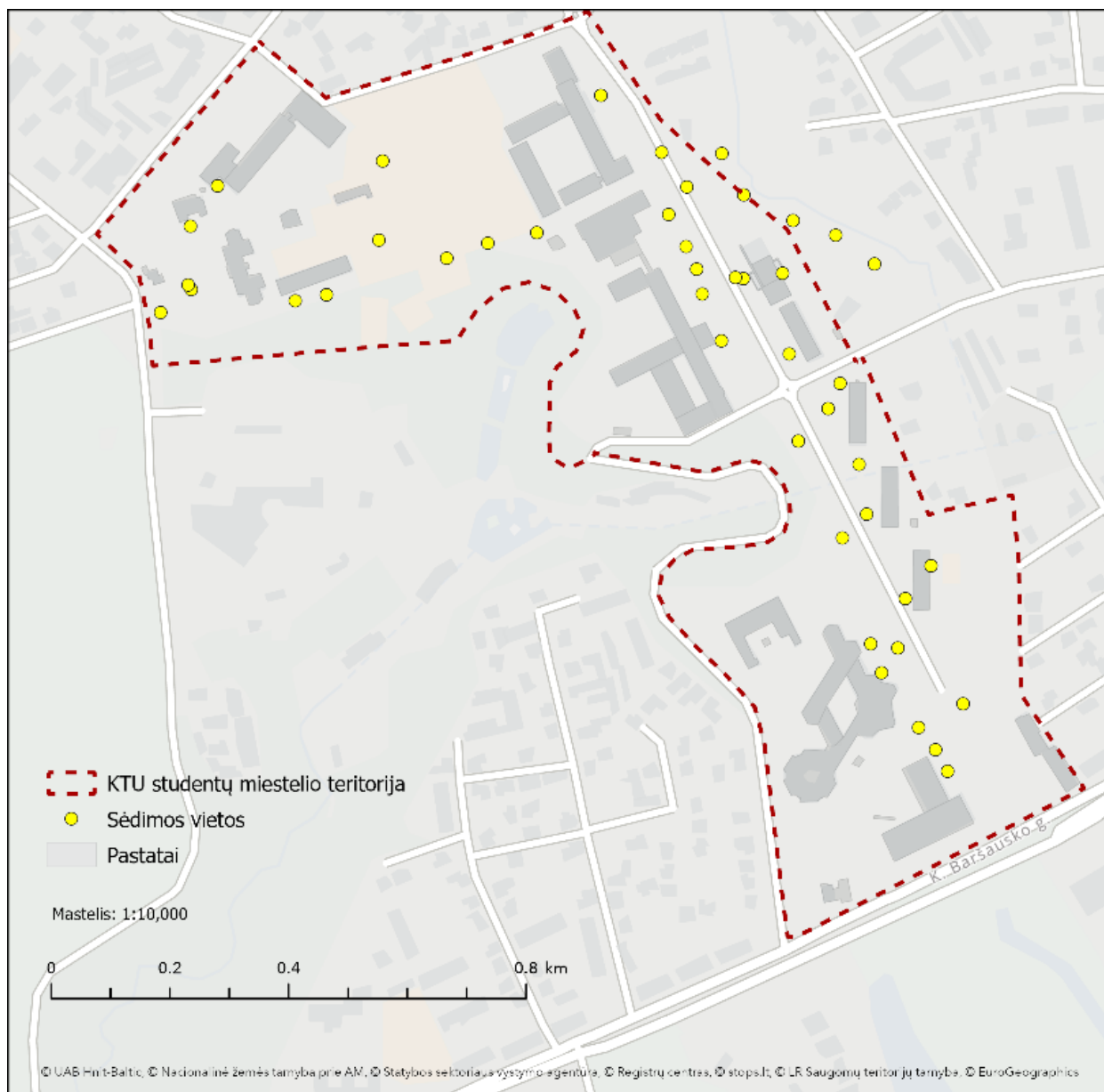
Kuri iš šių iniciatyvų jus labiausiai paskatintų naudoti KTU miestelio lauko erdves darbui ar mokymuisi? *

- ☐ Universiteto dalyvavimas Tarptautinėje lauko biuro dienoje (Outdoor office day)
- ☐ Interaktyvus žemėlapis, kuriame parodytos lauko erdvės (su informacija apie turimą infrastruktūrą)
- ☐ Teminiai lauko edukaciniai renginiai (pvz., paskaitos lauke, seminarai)
- ☐ Paskirtos ir aiškiai pažymėtos lauko darbo / studijų zonos
- ☐ Sezoninė laikina infrastruktūra (nešiojami baldai, laikini „Wi-Fi“ stiprintuvai, pastogės nuo saulės)
- ☐ Kita: _____

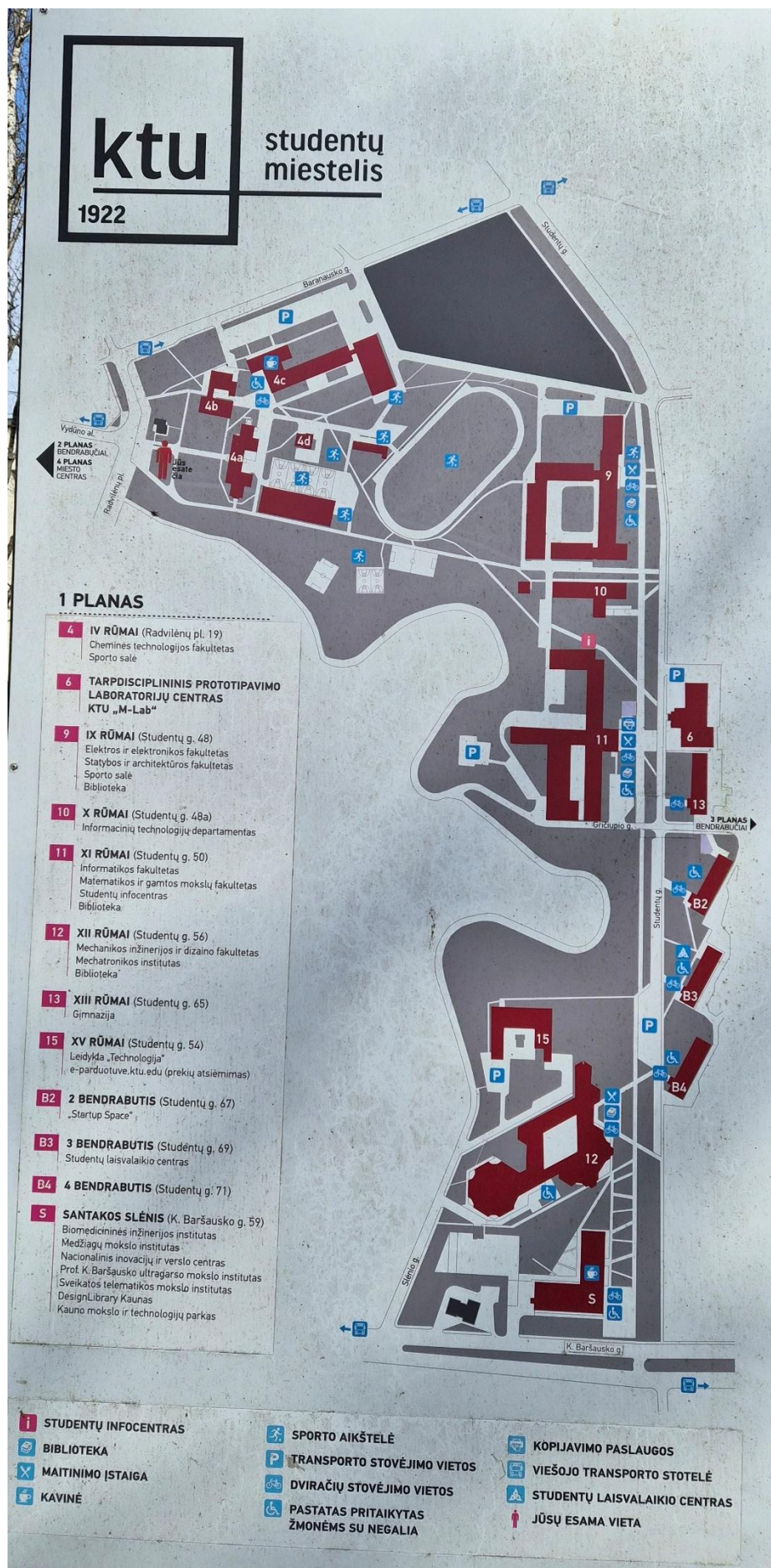
Papildomi komentarai, pastebėjimai ar pasiūlymai apie žaliųjų erdvių naudojimą darbui ar mokymuisi.

Jūsų atsakymas _____

3 priedas. Sėdimų vietų žemėlapis



4 priedas. KTU studentų miestelio planas su pastatų žymėjimais



5 priedas. Lauko biuro dienos apklausa dalyvaujančioms organizacijoms, KTU atsakymai

Klausimynas organizacijoms, dalyvaujančioms „Lauko ofiso dienoje“

Esu Kauno technologijos universiteto (KTU) „Darnaus valdymo ir gamybos“ programos magistrantė Kotryna Krasauskaitė. Kviečiu Jus sudalyvauti apklausoje „Lauko ofiso diena“ dalyviams. Šis tyrimas yra mano magistro baigiamojo darbo, kuriame nagrinėju žaliųjų erdvių poveikį bendrai žmogaus gerovei, dalis. Jūsų atsakymai padės įvertinti „Lauko ofiso dienos“ patirties privalumus, iššūkius ir ilgalaikį potencialą.

Apklausa užpildymas užtruks 5 min. Jei norėtumėte bendradarbiauti detaliau analizuojant Jūsų organizacijos žaliąsias erdves, kviečiu nurodyti savo kontaktus.

* Nurodo būtiną klausimą

Organizacijos pavadinimas:

KTU

Pagrindinė Jūsų įmonės/organizacijos veiklos sritis: *

☐ Informacinės technologijos

☐ Finansai

☐ Gamyba

☐ Švietimas

☒ Kita: mokslas ir švietimas

Kiek darbuotojų dirba Jūsų organizacijoje? *

apie 2000

Kiek valandų (apytiksliai) teko skirti iniciatyvos užvedimui ir koordinavimui savo organizacijos viduje? *

40

Ar Jūsų organizacija yra šalia lengvai pasiekiamos žaliosios erdvės (pvz., parko, skvero, miško)? *

- ☒ Taip, mažiau nei 5 min. pėsčiomis
- ☐ Taip, 5-15 min. pėsčiomis
- ☐ Ne, pasiekti artimiausią erdvę užtrunka ilgiau nei 15 min.

Ar turite nuosavų žaliųjų erdvių (pvz., kiemas, daržas ant stogo, parkelis)? *

- ☒ Taip
- ☐ Ne

Ar prieš šią iniciatyvą Jūsų organizacijos darbuotojai turėjo galimybę bent kartą per mėnesį dirbti lauko erdvėje? *

- ☒ Taip
- ☐ Ne
- ☐ Kita:

Kas paskatino Jūsų organizaciją dalyvauti „Lauko ofiso dienoje“? (Galima rinktis kelis variantus) *

- ☒ Noras pagerinti darbuotojų emocinę sveikatą ir gerovę
- ☒ Komandinio ryšio stiprinimas
- ☒ Siekiant paskatinti kūrybiškumą ir inovatyvumą
- ☒ Organizacijos įvaizdžio formavimas
- ☒ Darbuotojų iniciatyva

☐ Kita:

Kokio tipo žaliojoje erdvėje organizavote renginį? *

☐ Viešasis parkas ar skveras

☐ Įmonės vidinis kiemelis / terasa

☐ Pajūris / paežerė / upės pakrantė

☐ Sodyba už miesto

☒ Kita:
studentų miestelio žaliosios erdvės lauke šir ant stogo, bei miesto viešosios erdvės (dirbantiems miesto centre)

Kodėl pasirinkote būtent šią vietą? Kokie kriterijai buvo svarbiausi? (pvz., privatumas, infrastruktūra (WC, internetas), gamtos grožis, pasiekiamumas, arčiau savo bendruomenės) *

bendruomenė rinkosi skirtingas vietas pagal patogumą, artumą ir kitus lietingą dieną aktualius kriterijus

Kokias priemones papildomai reikėjo parūpinti renginiui? (pvz., mobilūs lauko biuro baldai, Wi-Fi, elektra) *

dalyviai patys pasirūpino kas jiems buvo reikalinga, centralizuoto renginio ar priemonių tiekimo taip pat nebuvo

Įvertinkite skalėje nuo 1 iki 5, kiek svarbi yra natūrali gamtinė aplinka (pvz., medžiai, augalai, vandens telkinys) Jūsų pasirinktoje lauko ofiso vietoje? *

	1	2	3	4	5	
Visiškai nesvarbu	☐	☐	☐	☐	☒	Labai svarbu

Apytiksliai, kiek darbuotojų (procentais) dalyvavo „Lauko ofiso dienoje“? *

1-2%

Kaip, Jūsų nuomone, darbas lauke paveikė komandos produktyvumą tą dieną, palyginti su įprasta darbo diena ofise? *

- ☐ Ženkiai sumažino
- ☐ Šiek tiek sumažino
- ☒ Neturėjo įtakos
- ☐ Šiek tiek padidino
- ☐ Ženkiai padidino

Kaip vertintumėte darbuotojų savijautą po dienos lauke? *

	1	2	3	4	5	
Prastai	☐	☐	☐	☐	☒	Puikiai

Kokius tris didžiausius privalumus, kuriuos patyrėte renginio metu, galėtumėte įvardinti? (pvz., geresnis komandinis ryšys, mažesnis stresas, naujos idėjos) *

kūrybiškumas, gamtinės aplinkos pastebėjimas ir bandymas pritaikyti ją darbui, geros emocijos

Su kokiais trimis didžiausiais iššūkiais susidūrėte? (pvz., oro sąlygos, techniniai nesklandumai (Wi-Fi), aplinkinis triukšmas, ergonomikos trūkumas) *

lietingas oras, pastogių ar patogių vietų atsisėdimui trūkumas, sesijos metas, tad nebuvo galimybės įtraukti studentų

Ar ketinate pakartoti „Lauko ofiso dieną“ kitais metais? *

- ☒ Taip
- ☐ Ne

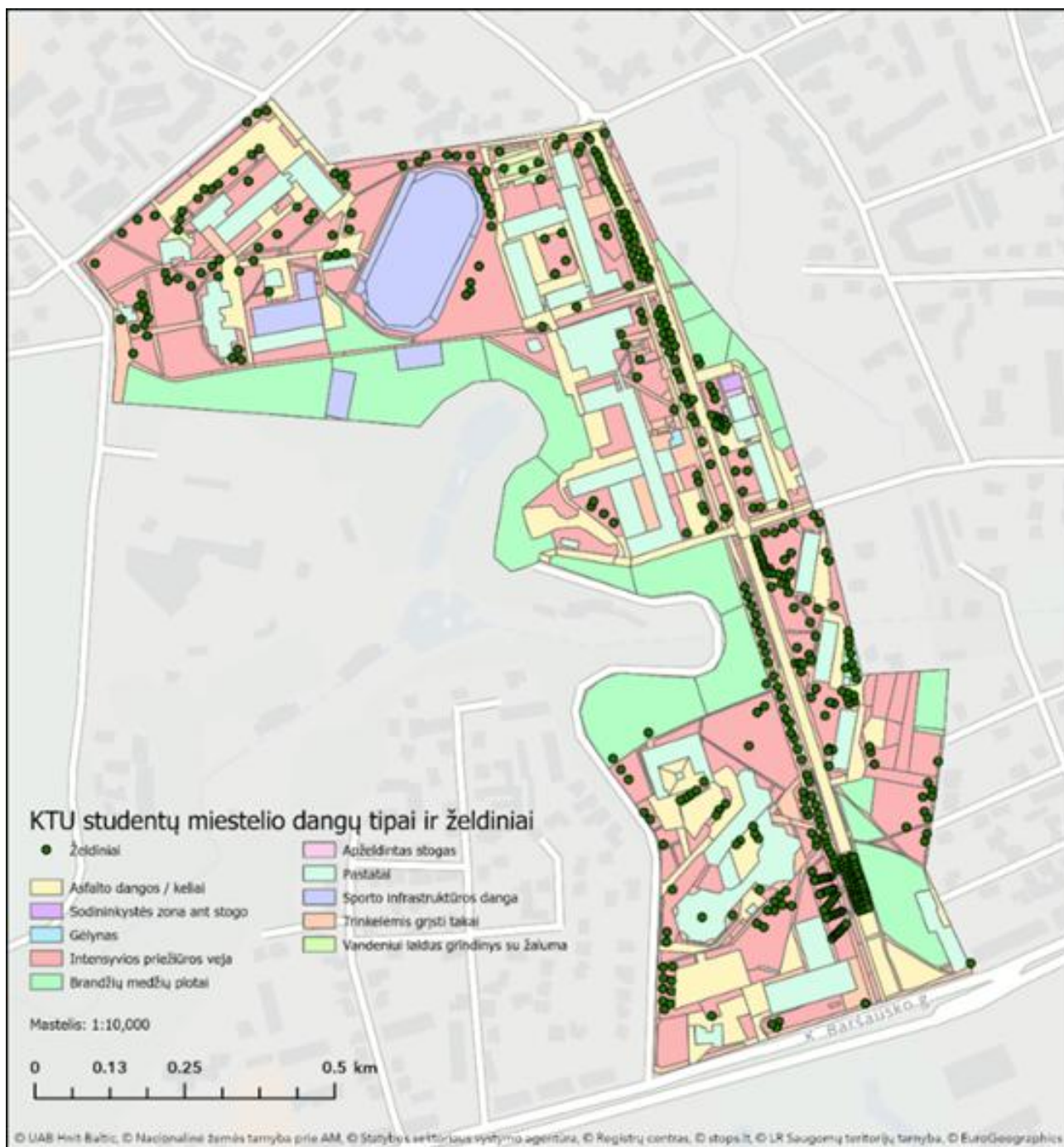
Po šios patirties, kaip manote, ar reguliarus darbas ar pertraukos žaliosiose erdvėse galėtų turėti ilgalaikės teigiamos įtakos jūsų darbuotojų: *

	1 (jokios įtakos)	2	3	4	5 (labai didelę įtaką)
Kūrybiškumui:	☐	☐	☐	☐	☒
Streso lygio mažinimui:	☐	☐	☐	☒	☐
Tarpusavio bendradarbiavimui:	☐	☐	☐	☒	☐
Bendram pasitenkinimui darbu:	☐	☐	☒	☐	☐

Jūsų nuomone, koks yra didžiausias neišnaudotas žaliųjų erdvių potencialas šiuolaikinėse organizacijose ir darbo kultūroje? *

kol kas labai platus. Tik sezoniškumas reikalauja adaptacijos priemonių ir tikslinių patarimų (dėsnyto atveju net ir metodikų) kaip prisitaikyti darbus atliekant ne tik vidaus, bet ir lauko biuruose, auditorijose

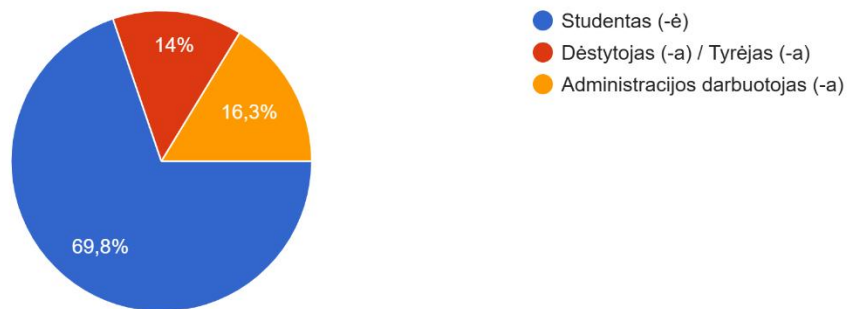
6 priedas. KTU studentų miestelio dangų ir želdinių žemėlapis



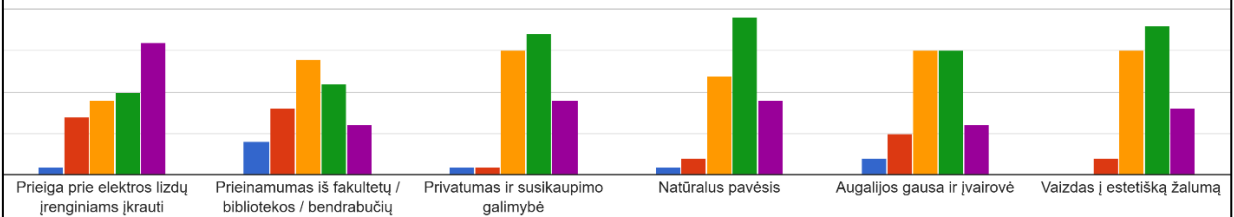
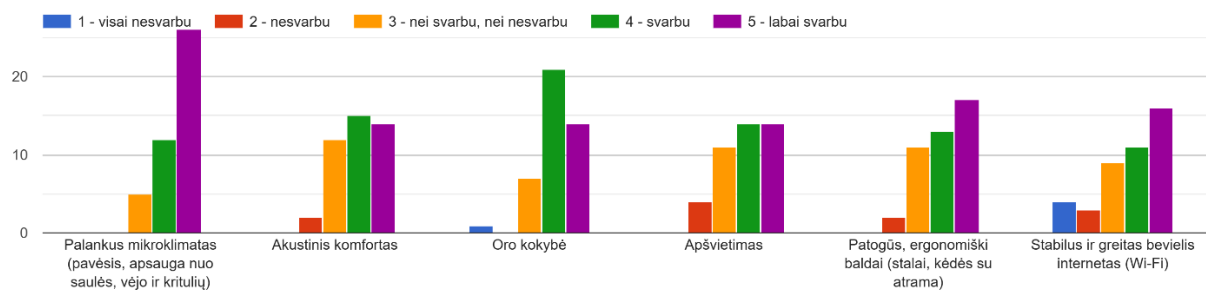
7 priedas. Tyrimo apklausos atsakymai

Kuriai KTU bendruomenės grupei priklausote?

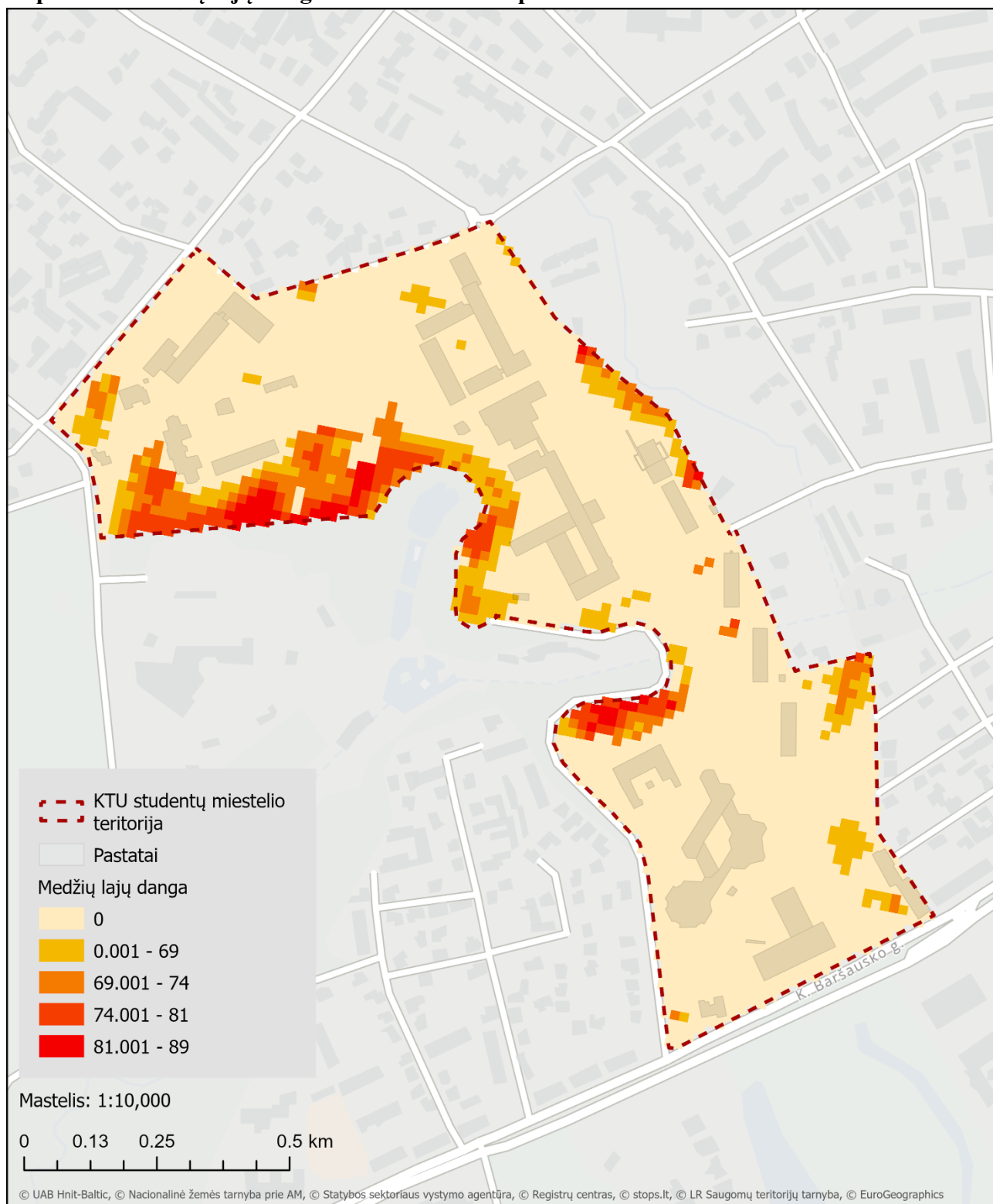
43 atsakymai



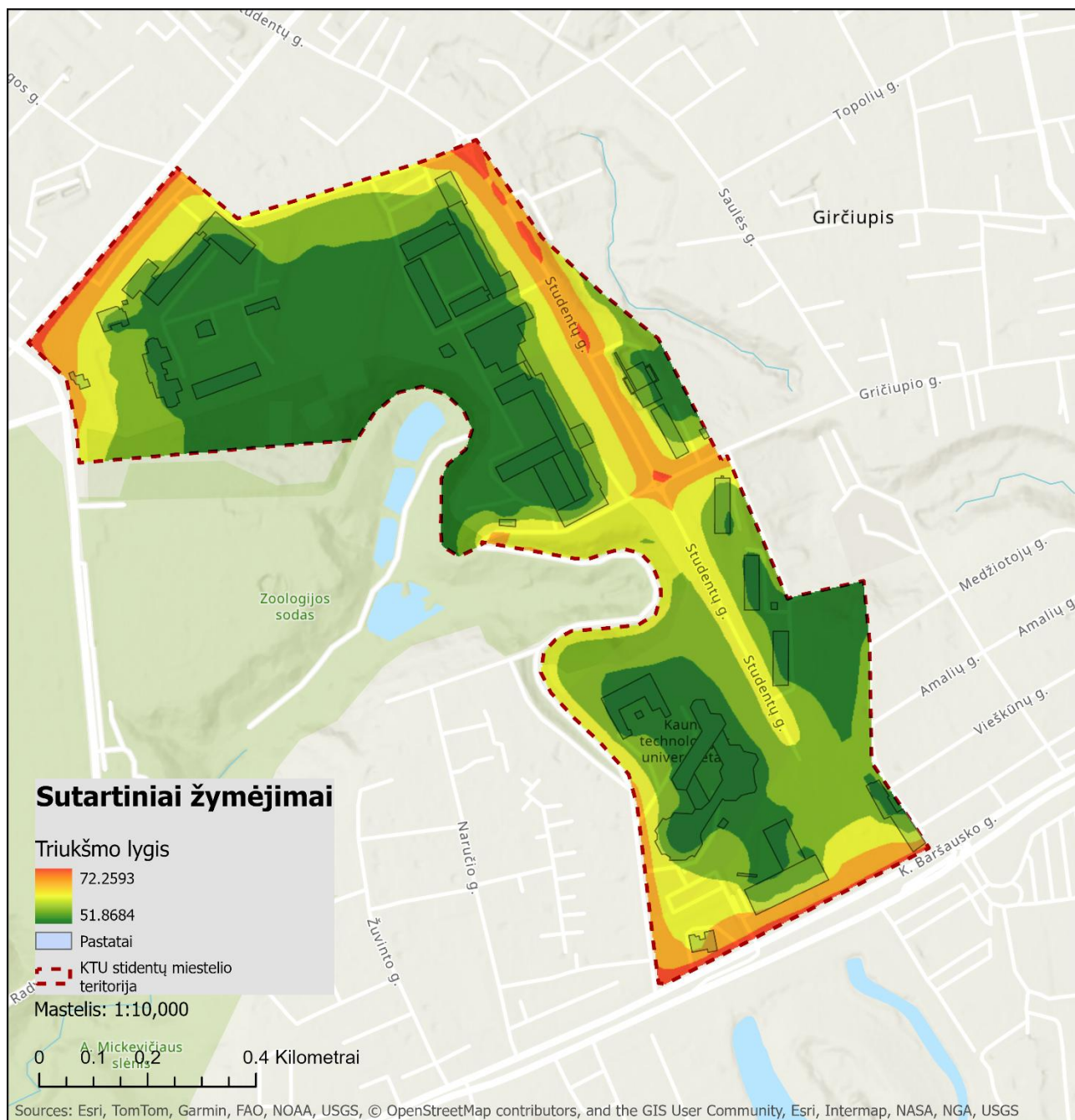
Įvertinkite, kiek Jums būtų svarbios šios sąlygos, kad naudotumėte žaliąsias erdves studijoms ar darbui.



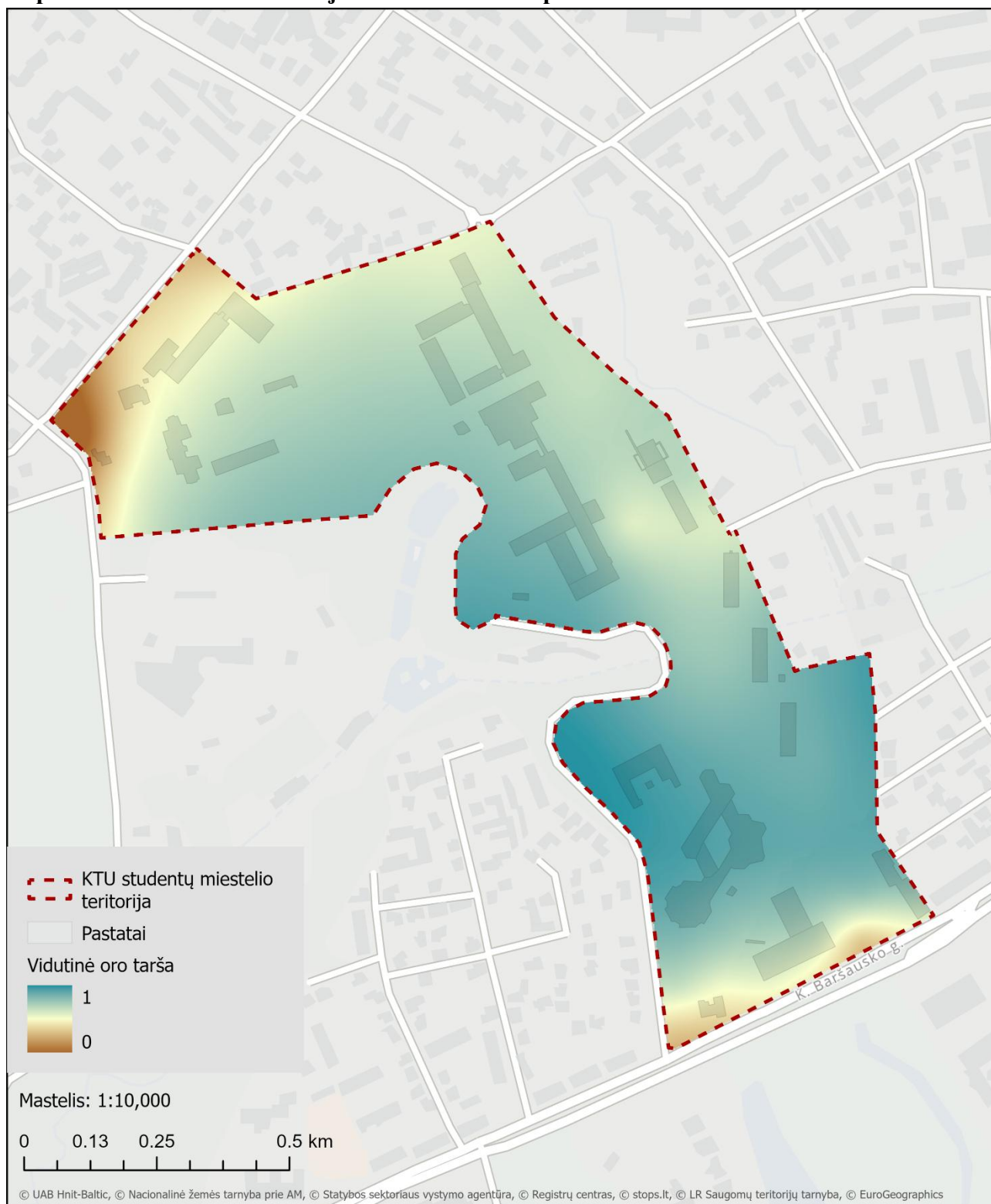
8 priedas. Medžių lajų dangos sluoksnio žemėlapis



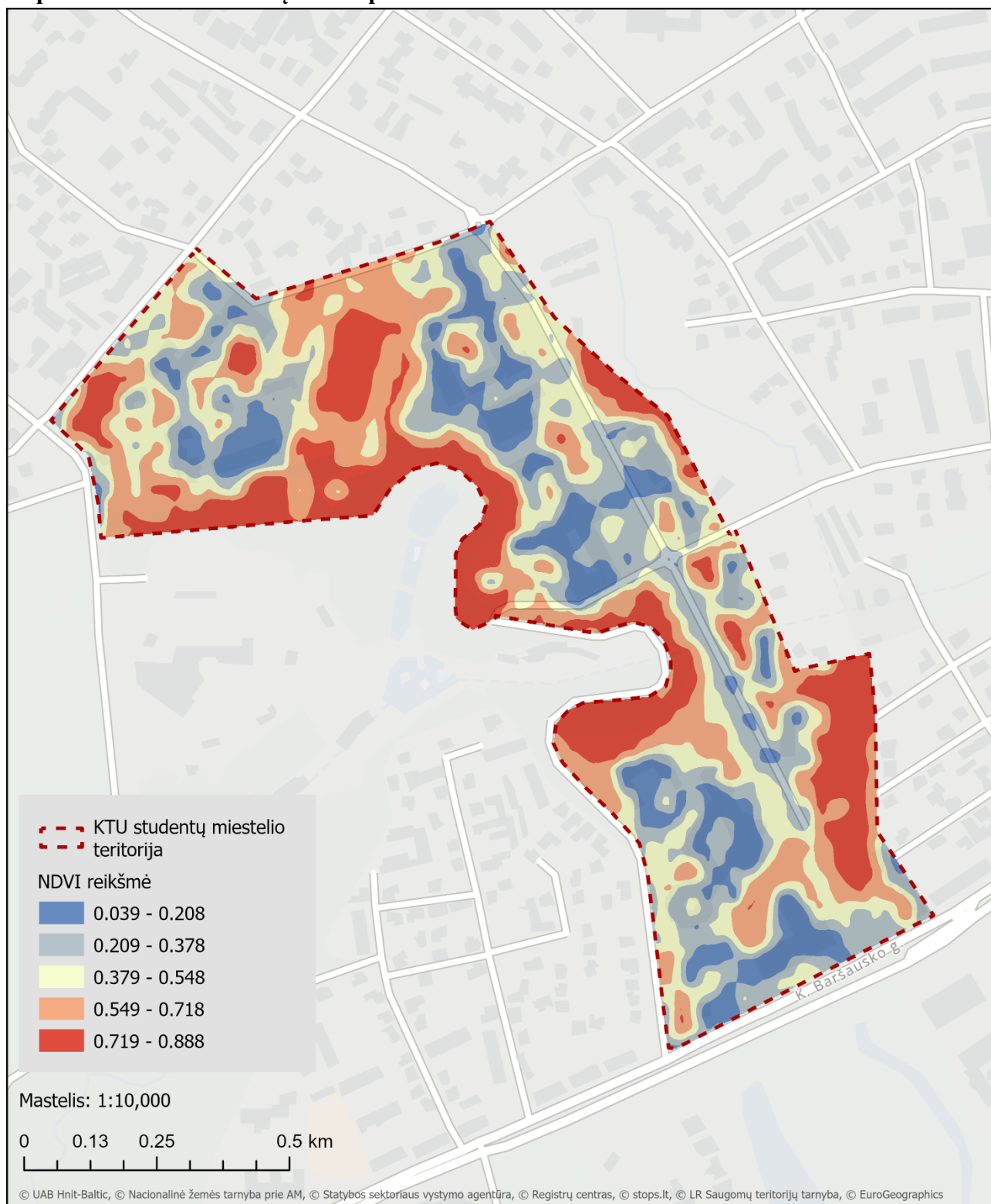
9 priedas. Triukšmo lygio sluoksnio žemėlapis



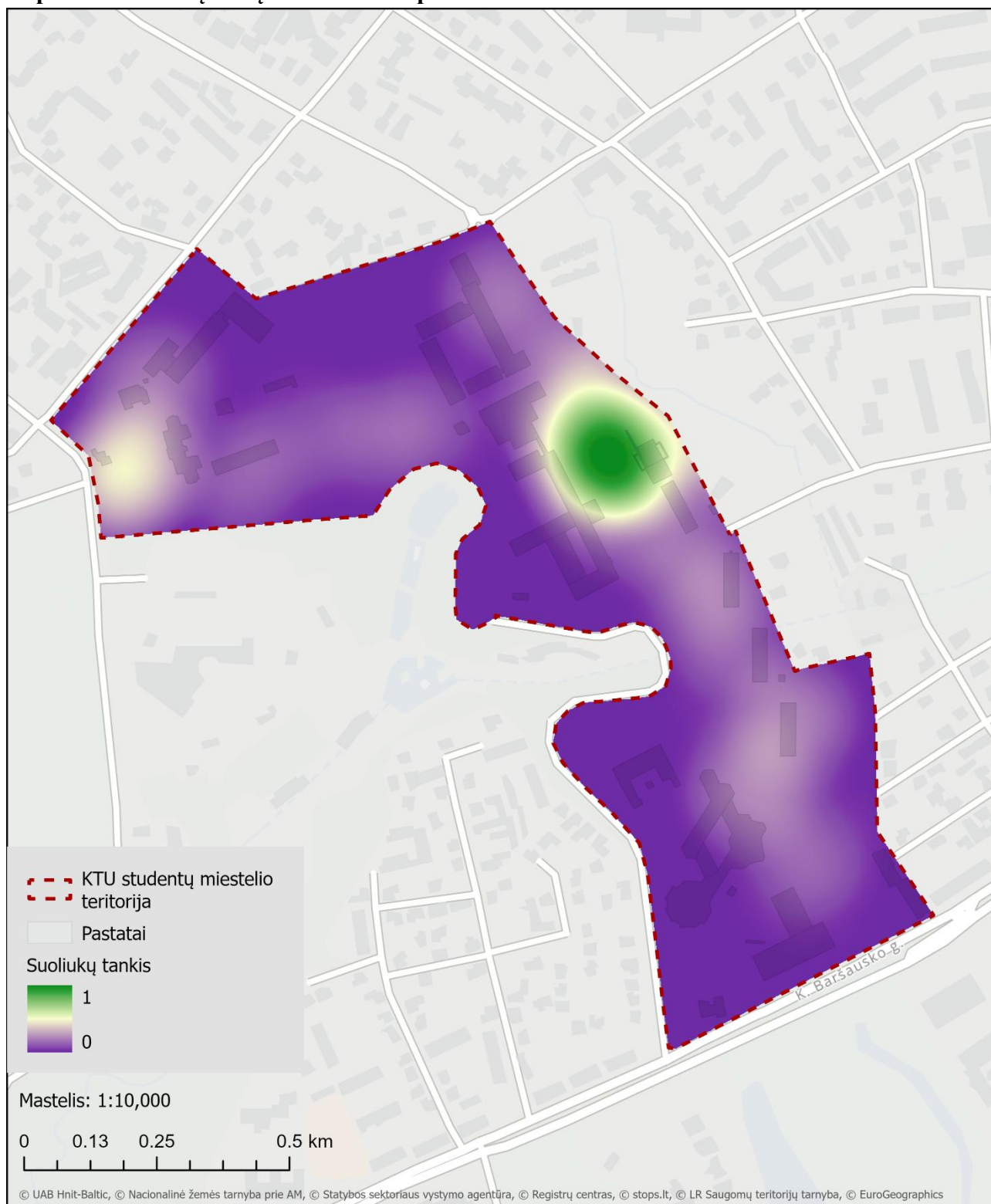
10 priedas. Taršos koncentracijos sluoksnio žemėlapis



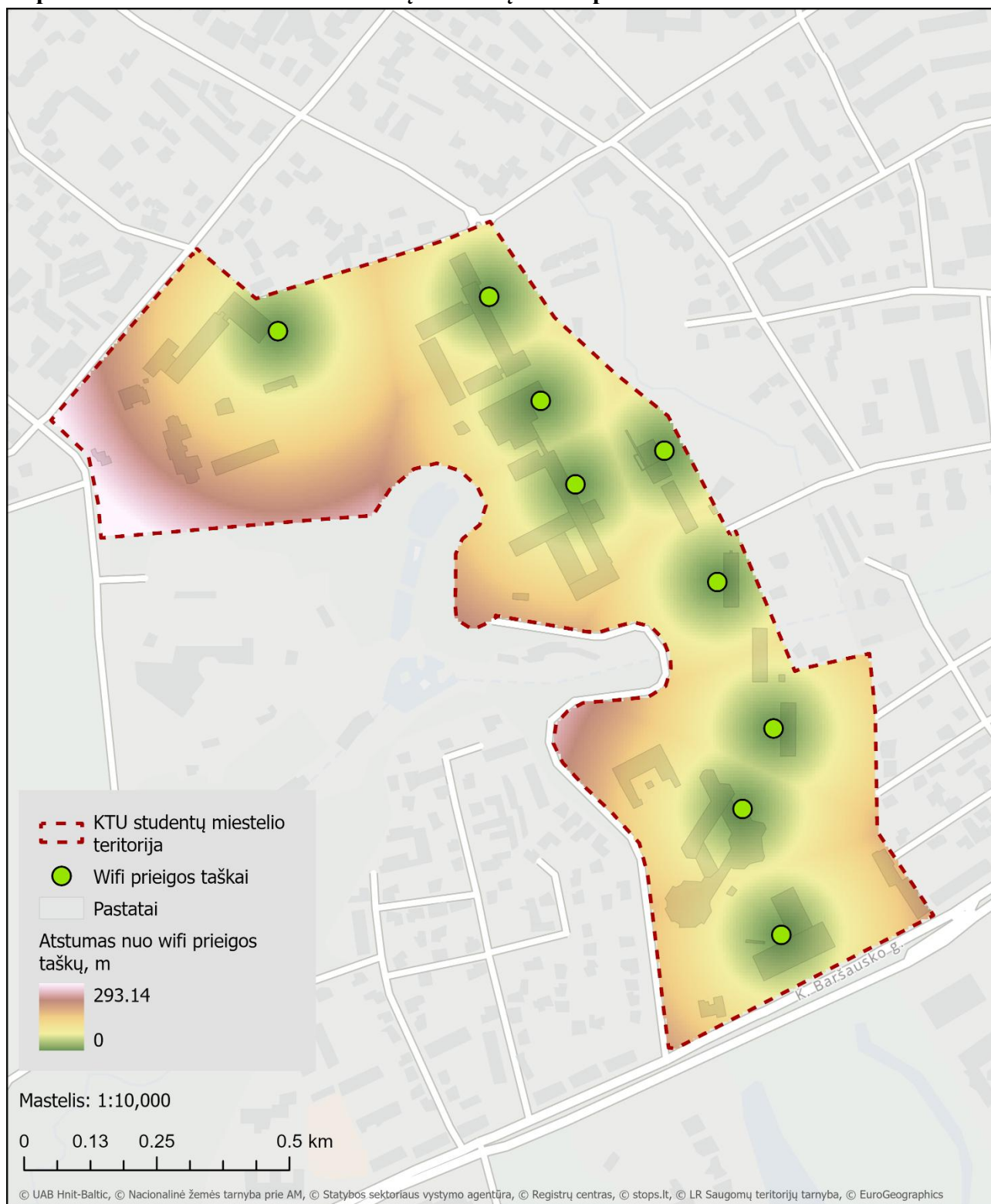
11 priedas. NDVI reikšmių žemėlapis



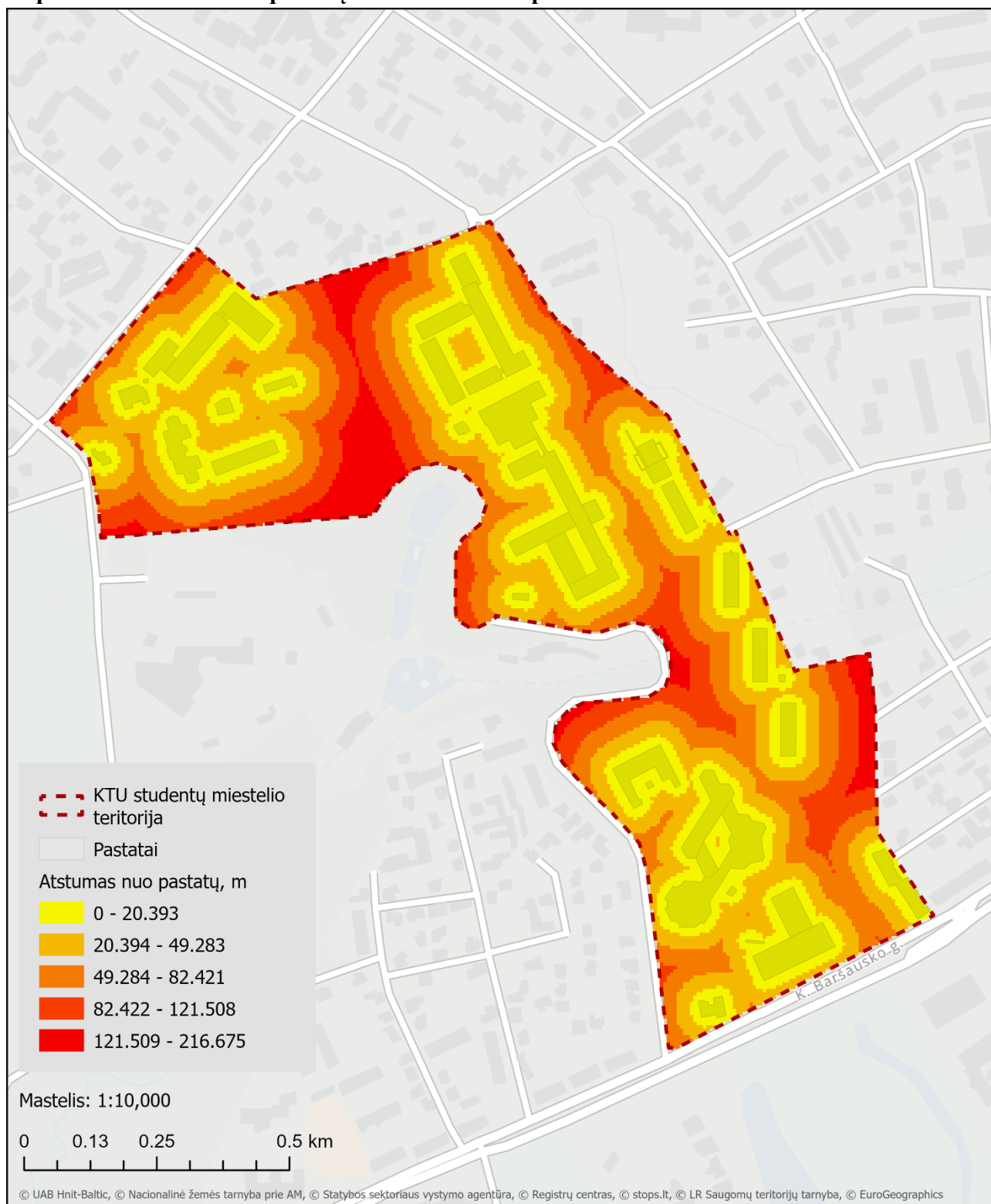
12 priedas. Sėdimų vietų tankio žemėlapis



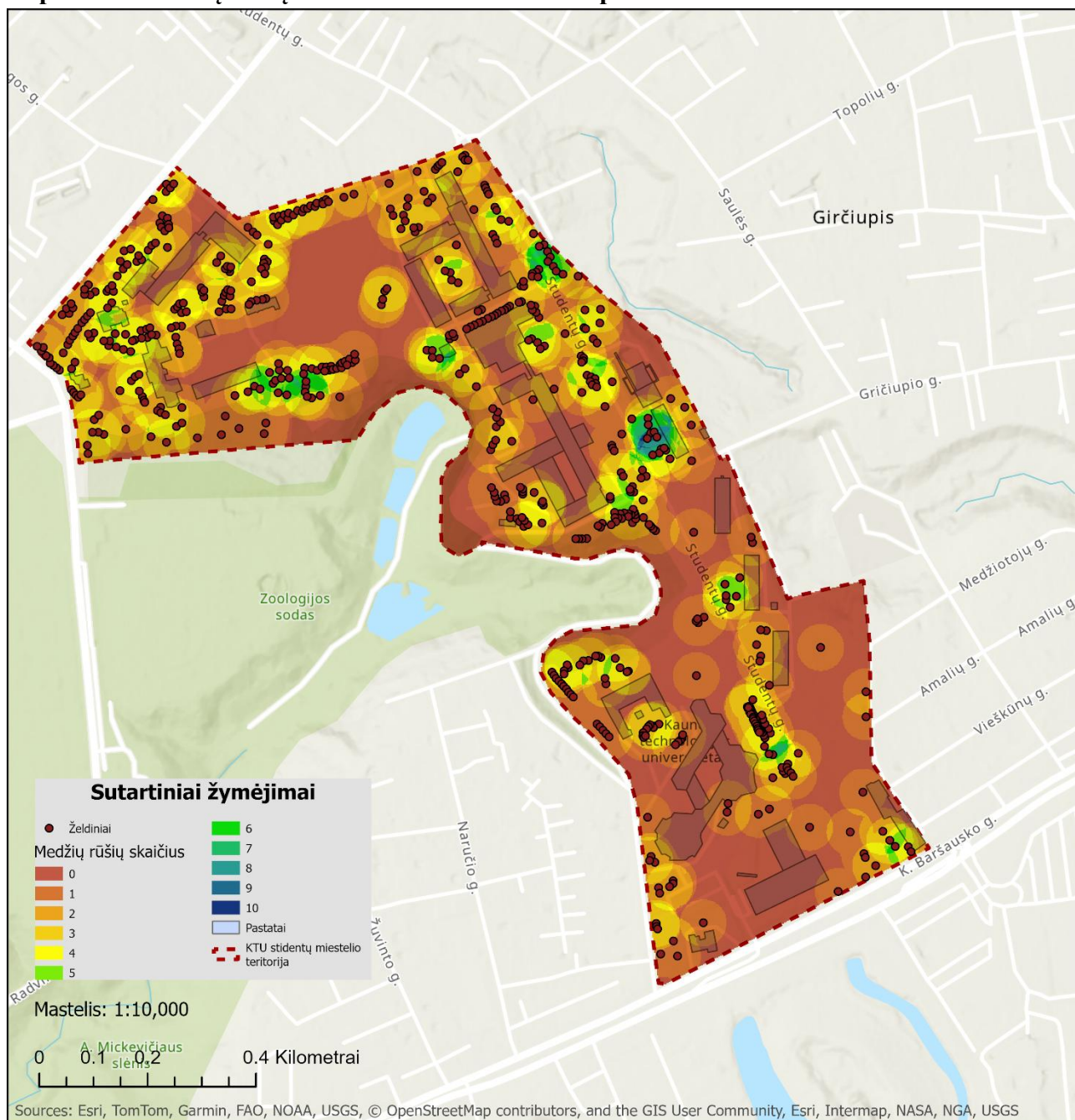
13 priedas. Atstumo nuo Wi-Fi stotelių reikšmių žemėlapis



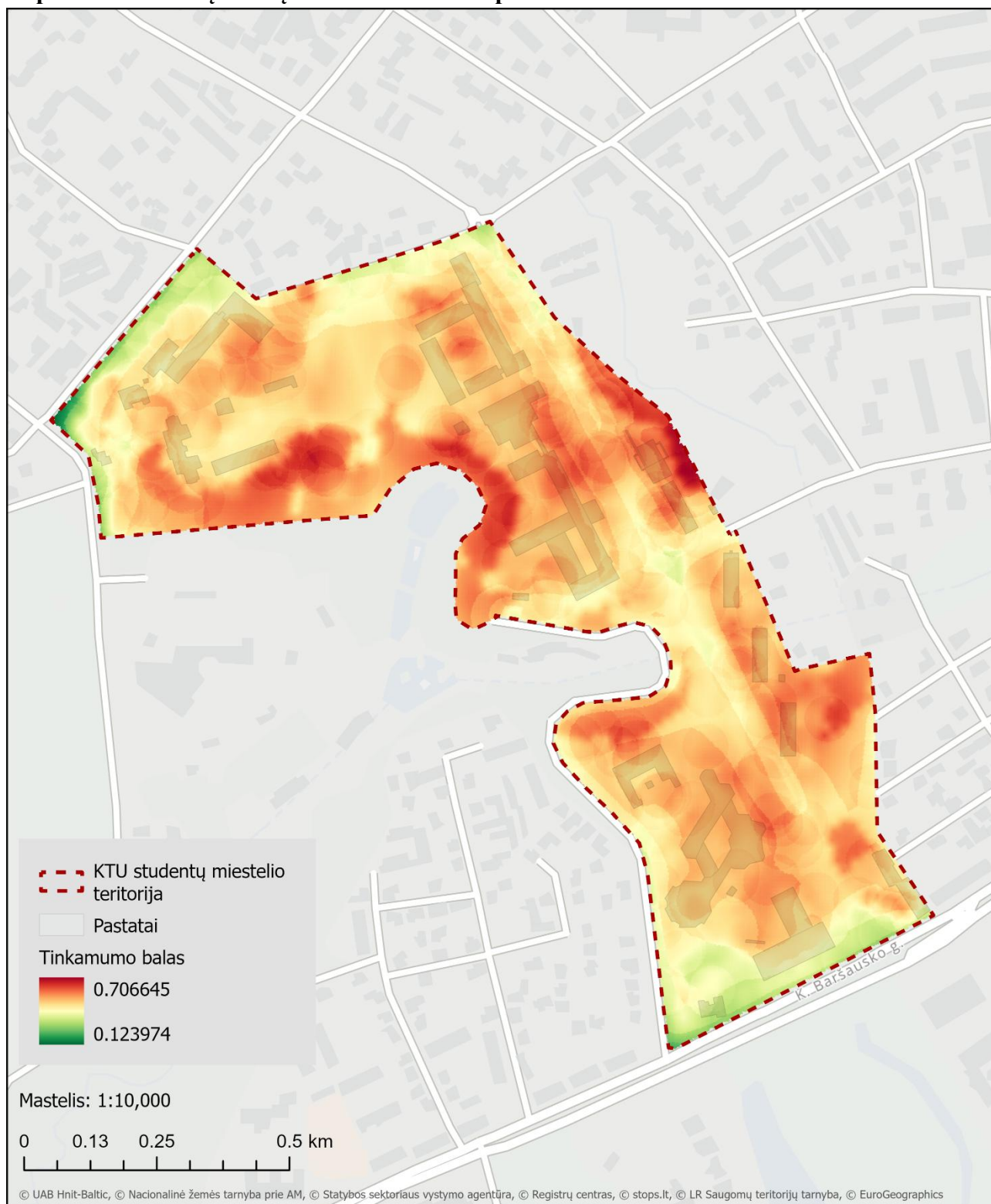
14 priedas. Atstumo nuo pastatų sluoksnio žemėlapis



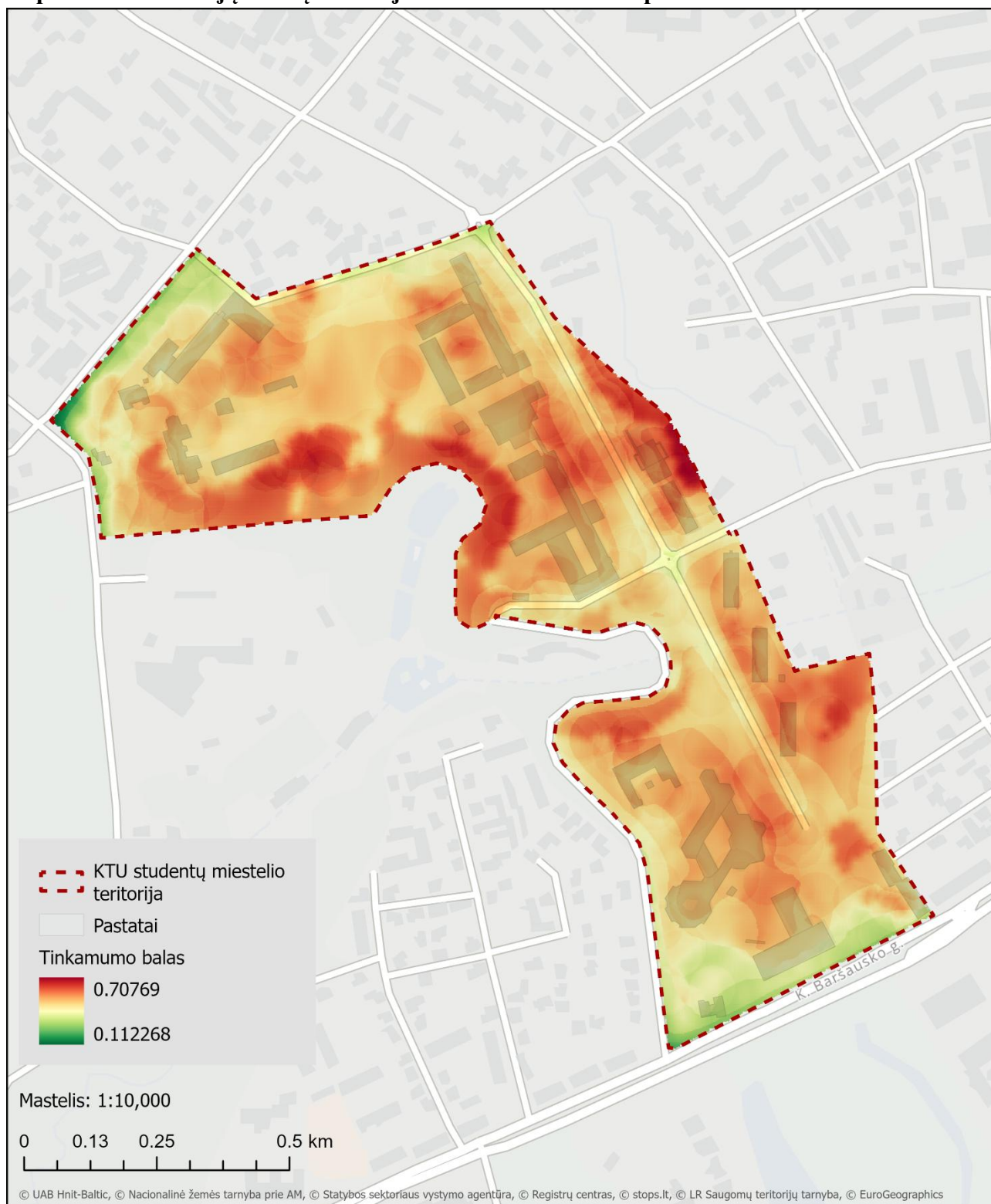
15 priedas. Medžių rūšių skaičiaus sluoksniu žemėlapis



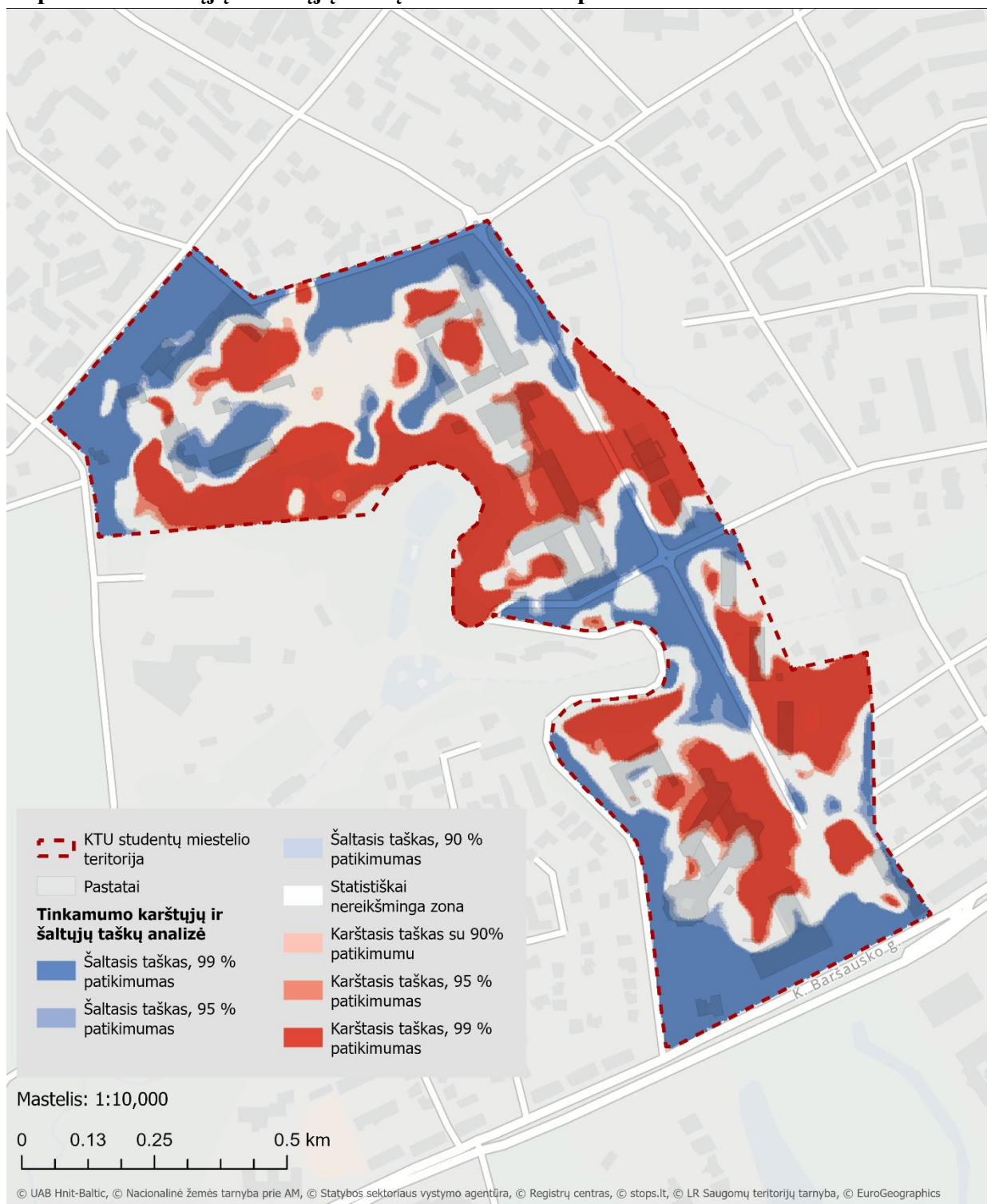
16 priedas. Vienodų svorių tinkamumo žemėlapis



17 priedas. Naudotojų svorių scenarijaus tinkamumo žemėlapis



18 priedas. Karštųjų ir šaltųjų taškų analizės žemėlapis



19 priedas. Tinkamumo žemėlapis su reljefu

