



VILNIAUS UNIVERSITETAS
CHEMIJOS IR GEOMOKSLŲ FAKULTETAS
GEOMOKSLŲ INSTITUTAS
KARTOGRAFIJOS IR GEOINFORMATIKOS KATEDRA

Ligita Sabaliauskienė

TRIUKŠMO SKLAIDOS KARTOGRAFAVIMO IR PROGNOZAVIMO
METODIKA

MAPPING METHODS OF NOISE DIFFUSION AND FORECASTING

Baigiamasis magistro darbas

Studijų programa – Kartografija

Darbo vadovas: doc. dr. Artūras Baurėnas

Vilnius 2017

Sabaliauskienė L. Triukšmo sklaidos kartografavimo ir prognozavimo metodika. Magistro darbas. Vilnius: VU. 2017

Anotacija. Šiame darbe nagrinėjamas transporto keliamos triukšmo žalos kartografavimo poreikis. Dėl nuolat veikiančio triukšmo ir jo keliamos žalos triukšmą būtina kartografuoti ir suprantamai parodyti žemėlapiuose, nes tai leistų žmonėms išvengti arba apsisaugoti nuo jo žalingo poveikio. Eksperimentinėje dalyje išnagrinėti triukšmo matavimams naudojami prietaisai, rezultatų pateikimo būdai, svarbiausi būsimų darbų parametrai. Tyrimo metu atlikti keturių mobiliųjų aplikacijų bandomieji transporto triukšmo matavimai. Išanalizavus visas triukšmo duomenų matavimo priemones, pateikimo metodikas, triukšmo matavimų tyrimams pasirinkta mobilioji aplikacija „Noise Meter“ bei mobilusis telefonas „Sony Z5“. Ištirtas lengvųjų bei sunkiasvorių transporto priemonių keliamas triukšmas sausu ir drėgnu oru, keliuose su asfalto, žvyro bei grindinio danga. Pagal triukšmo lygį įtakojančius veiksnius sudaryta formulė, apskaičiuojanti dirginimo rodiklį, kuris tiesiogiai įtakoja nuolatos triukšmo veikiamų žmonių sveikatą. Pagal nustatytus parametrus sudaryta metodika triukšmo prognozavimui, sukuriama mobiliąją aplikaciją, kurioje įrašius reikiamus duomenis apie kelio dangą, atstumą nuo triukšmo šaltinio, santykinį oro drėgnumą, vidutinį važiavimo greitį, kelio plotį, paros laiką bei vidutinį pravažiuojančių transporto priemonių skaičių per tam tikrą laiko tarpą galima sužinoti triukšmo dirginimo rodiklį ir pagal jo dydį įvertinti atitinkamoje vietoje poveikio sveikatai riziką. Sudarytas triukšmo prognozės žemėlapis.

Tekstas 55 psl., priedai 9 psl., 51 pav., Santrauka lietuvių ir anglų kalbomis.

Reikšminiai žodžiai: triukšmas, transportas, triukšmo žala, akustika, triukšmo žemėlapis, strateginis triukšmo žemėlapis, ArcGIS, MapNoise, prognozavimas.

TURINYS

Anotacija	3
ĮVADAS	4
1. ANKSTESNIŲ TYRIMŲ APŽVALGA	6
1.1. Triukšmo sąvoka ir problema	6
1.2. Triukšmo šaltiniai ir žala sveikatai	6
1.3. Autotransporto keliamo triukšmo problema	7
1.4. Triukšmo prevencija	9
1.5. Publikacijų apžvalga	10
1.6. Triukšmo kartografavimas Lietuvoje ir Europoje	12
1.7. Triukšmo modeliavimo programinė įranga	14
2. DARBO METODOLOGIJA	17
2.1. Modelio kūrimo metodika	17
2.2. Triukšmų klasifikacija	19
2.3. Triukšmo matavimo priemonių atranka	20
2.4. Triukšmo kartografavimo rezultatų pateikimo būdų klasifikacija	21
2.5. Kartografuojamos teritorijos parinkimas	27
3. TYRIMŲ REZULTATAI	33
3.1. Triukšmo kartografavimas ir rezultatai	33
3.2. Rezultatų analizė	36
3.3. Triukšmo dirginimo koeficientas	39
3.4. Dirginimo rodiklį įtakančių koeficientų nustatymas	43
IŠVADOS	46
LITERATŪROS SĄRAŠAS	48
SANTRAUKA LIETUVIŲ KALBA	54
SANTRAUKA ANGLŲ KALBA	55
PRIEDAI	56

IVADAS

Pastaraisiais dešimtmečiais stipriai suintensyvėjęs eismas pastebimai padidino aplinkos triukšmo problemas miestuose ir kaimo vietovėse. Triukšmo kartografavimas yra viena iš priemonių įgyvendinant Lietuvos Respublikos triukšmo valdymo įstatymo nuostatas. Strateginis triukšmo žemėlapis skirtas aplinkos triukšmo lygiui įvertinti Lietuvos aglomeracijose, šalia pagrindinių kelių, pagrindinių geležinkelių ir pagrindinių oro uostų. Strateginių triukšmo žemėlapių pritaikymo galimybės labai plačios. Triukšmo žemėlapiai gali būti naudojami ne tik įvertinant esamą ir prognozuojamą triukšmo režimą keliuose ir gatvėse bei miesto teritorijose, bet ir padėti rengiant organizacines, administracines ir architektūrines planavimo priemones, mažinančias transporto triukšmą, tiesiant ir rekonstruojant magistralinius, krašto kelius. Strateginiai triukšmo žemėlapiai taip pat reikalingi nustatant nepalankius pagal triukšmo režimą miesto sklypus, pasirenkant tikslingiausias ir ekonomiškiausias triukšmo mažinimo priemones, planuojant gyvenamųjų pastatų, visuomeninių pastatų, kuriems keliami didesni akustinio komforto reikalavimai, taip pat poilsio zonų miesto teritorijose prie magistralių išdėstymą.

Pagal triukšmo kartografavimo rezultatus sudaromi veiksmų planai, kaip užkirsti kelią aplinkos triukšmui ar prireikus jį sumažinti atitinkamose vietovėse.

Darbo naujumas. Šiuo metu triukšmo tyrimai atliekami plačiai, įvairiose srityse. Sukurta begalė triukšmo žemėlapių, grafikų, lentelių, 3D modelių. Tačiau dar niekur nebandyta sukurti aplikacijos, kuri galėtų prognozuoti triukšmo žalą sveikatai, apskaičiuotų dirginimo rodiklį, atsižvelgiant į konkrečius tos dienos parametrus: oro sąlygas, kelio dangos rūšį, transporto priemonių skaičių, paros laiką, kelio juostų skaičių. Tokia aplikacija leistų prognozuoti triukšmo dydį bei gauti informaciją apie triukšmo dirginimo rodiklį. Tam būtų reikalingos minimalios priemonės, todėl tokia aplikacija būtų prieinama eiliniam vartotojui, besinaudojančiam mobiliuoju telefonu.

Darbo aktualumas. Kiekvienam asmeniui, kuriam svarbi jo sveikata, svarbu žinoti, koks triukšmo lygis ir koks dirginimo rodiklis veikia jo gyvenamojoje teritorijoje. Europos Sąjunga taip pat skatina triukšmą mažinančių priemonių naudojimą, deklaruojama, kad triukšmą reikia mažinti, kuriamos triukšmo mažinimo strategijos, veiksmų planai. Nuolatinis triukšmas, sklindantis nuo judrių transporto kelių ne tik blogina gyventojų gyvenimo kokybę, bei ilginiui gali pradėti kelti pavojų ir jų sveikatai, todėl labai aktualu žinoti, kokį poveikį triukšmas daro sveikatai priklausomai nuo dirginimo rodiklio dydžio.

Darbo pritaikomumas. Sukūrus aplikaciją, kuri parodytų konkrečioje vietoje sveikatą veikiančio dirginimo rodiklio dydį, atsižvelgiant į tos vietos triukšmą lemiančius parametrus, nuolat triukšmingos aplinkos veikiamiems asmenims būtų paprasčiau sužinoti, kokį poveikį

triukšmas, veikiantis jo aplinkoje, daro jo sveikatai. Atsižvelgiant į tai, būtų galima imtis atitinkamų priemonių, kurios galėtų apsaugoti arba bent sumažinti triukšmo sveikatai daromą žalą. Dirginimo rodiklio dydis parodytų tiesioginio triukšmo poveikio sveikatai dydį.

Šio darbo objektas: transporto priemonių sukeliama triukšmo kartografavimas.

Darbo tikslas – Ištirti transporto sukeliama triukšmo problemas ir atlikti pasirinktos gatvės triukšmo sklaidos kartografinius tyrimus bei sukurti triukšmo dirginimo rodiklio prognozavimo metodiką.

Darbo uždaviniai:

1. Atlikti Lietuvoje ir užsienyje šia tema publikuotų tyrimų analizę.
2. Atlikti naudojamų triukšmo matavimo prietaisų ir metodų analizę.
3. Sukurti metodiką triukšmo lygmens prognozavimui.
4. Atlikti pasirinktos teritorijos triukšmo kartografavimą.
5. Pateikti rekomendacijas aplikacijos sukūrimui.

51. ANKSTESNIŲ TYRIMŲ APŽVALGA

1.1. Triukšmo sąvoka ir problema

Triukšmas tai – netvarkingas, įvairaus stiprumo ir dažnio garso bangų mišinys, neįprastas žmogaus klausai, sukeliantis nemalonius pojūčius. Jo intensyvumas matuojamas decibelais (dB).

Triukšmas – nepageidaujami arba žmogui kenksmingi išoriniai garsai, kuriuos sukuria žmonių veikla. Per didelis garso stiprumas yra laikomas triukšmu ir neigiamai veikia žmogaus sveikatą. Beje itin mažas garso stiprumas tai pat sukelia akustinį diskomfortą ir neigiamai veikia žmogaus psichiką (Juknys, 2005).

Triukšmas daro didelę įtaką žmonių gyvenamosios ir poilsio aplinkos kokybei. Daugelis miesto gyventojų kenčia dėl transporto priemonių keliamo triukšmo. Tai labiausiai paplitęs miesto triukšmo šaltinis. Jo keliamas triukšmas sudaro iki 80% miestuose vyraujančio triukšmo. (Alytaus m. savivaldybė, 2011).

1.2. Triukšmo šaltiniai ir žala sveikatai

Kaip teigiama Ramualdo Jaknio knygoje „Aplinkotyra“ triukšmas gali sutrikdyti centrinę nervų sistemą. Kitaip sakant, gali atsirasti galvos skausmai, pablogėti atmintis, jaustis miego trūkumas, bei vystytis neurozės. Nuolatinis patiriamas triukšmo poveikis žmogui gali sukelti patologinius širdies ir kraujagyslių pakitimus. Dirbantiems triukšmingoje aplinkoje žmonėms gali išsivystyti profesinis kurtumas. (Juknys, 2005).

Triukšmo šaltiniai	Apytikslė dalis akustinėje taršoje procentais
Automobilių transportas (krovininiai ir lengvieji automobiliai, autobusai)	70-80
Geležinkelio transportas (keleiviniai ir krovininiai traukiniai) ir geležinkelio ūkis (depai, rūšiavimo stotys, stotys)	Iki 10
Aviacijos transportas ir aviacijos ūkis	Iki 5-7
Pramonės įmonės, automobilių transporto ūkiai, energetikos ūkiai	Iki 4-5
Elektrinis transportas	Iki 3-4
Statybos (kelių tiesimo, kėlimo ir transportavimo mašinos)	Apie 1
Įvairūs visuomeniniai objektai (parduotuvės, diskotekos it kt.)	Apie 1

1 pav. Pagrindiniai triukšmo šaltiniai miestuose.

PSO (Pasaulinė Sveikatos Organizacija) leistinas triukšmo lygis

Aplinkos tipas	Leistinas triukšmo lygis, dB
Gyvenamųjų rajonų aplinka	55
Gyvenamosios patalpos	35
Mokyklų mokymų klasės	30
Mokyklų žaidimų aikštelės	55
Gamybinių, komercinių, prekybinių patalpų vidus ir išorė	70
Ceremonijos, festivaliai, pasilinksminimo renginiai	100

2 pav. PSO (Pasaulinė Sveikatos Organizacija) leistinas triukšmo lygis

Triukšmas, pagal jo intensyvumą, organizmui yra toks:

I laipsnis (40-50 dB) – atsiranda psichinės reakcijos,

II laipsnis (60-80 dB) – atsiranda vegetacinės nervų sistemos pakitimų,

III laipsnis (90-110 dB) – išsivysto klausos netektis,

IV laipsnis (daugiau negu 120 dB) – išsivysto klausos organo pakenkimas.

1.3. Autotransporto keliamo triukšmo problema

Pasaulinės Sveikatos Organizacijos duomenimis, net 40% Europos Sąjungos gyventojų yra veikiami padidėjusio aplinkos triukšmo dienos metu ir apie 20% nakties metu. Europoje 450 milijonų žmonių kasdien veikiami 55 dB triukšmo lygio, 113 milijonų – 65 dB ir 9,7 milijonai patiria 75 dB triukšmą. (Šiaulių Minicipalinė Aplinkos tyrimų laboratorija, 2010). Automobilių transporto eismo triukšmą sukelia varikliai, padangos, besiliesdamos su kelio paviršiumi bei kitos transporto priemonių dalys ir mechanizmai. Taip pat bendram transporto sukeliama triukšmo lygiui įtakos turi transporto priemonių eismo sudėtis, intensyvumas ir greitis. Garso sklidimą nuo kelio sąlygoja atstumas, tiriamos teritorijos paviršius, meteorologinės sąlygos, atspindėjimas.



3 pav. Vilniaus eismas. (LRT, 2013)

Automobilių variklių keliamo triukšmo ribinius dydžius ir jų nustatymo tvarką Lietuvoje reglamentuoja Lietuvos Respublikos susisiekimo ministro įsakymu patvirtintas Kelių transporto priemonių variklių triukšmo ribinių dydžių ir jų nustatymo tvarkos aprašas. Šis aprašas pateikia naudojamų kelių transporto priemonių skleidžiamo variklio triukšmo reikalavimus. Kelių transporto priemonių variklių triukšmo ribiniai dydžiai skirti stovinčių transporto priemonių keliamam triukšmui kontroliuoti ir mažinti jo neigiamą poveikį aplinkai ir žmonių sveikatai.

Triukšmo prevencijos ar mažinimo priemonių įgyvendinimo prioritetą yra triukšmo ribinių verčių, nustatytų atliekant triukšmo strateginį kartografavimą, viršijimai. Triukšmo ribinės vertės yra nurodytos Lietuvos higienos normoje HN 33:2007 „Akustinis triukšmas. Triukšmo ribiniai dydžiai gyvenamuosiuose ir visuomeninės paskirties pastatuose bei jų aplinkoje“ (Žin., 2007, Nr. 75-2990).

Prognozuojama, kad per artimiausius 20–25 metus didžiuosiuose Vidurio ir Rytų Europos miestuose dėl transporto triukšmas padidės vidutiniškai 0,5–1 dB per 42 metus. Jei nebus imtasi triukšmo mažinimo priemonių, tai transporto srauto padidėjimas 25 % sukels triukšmo lygio padidėjimą 1Dba. Todėl šiuo metu didėjantis triukšmas (55–65 dB) siejamas su augančiu transporto priemonių skaičiumi. Greičio didėjimas bei padangų ir kelio dangos sąveikos procesai taip pat susiję su kylančiu triukšmo lygiu (Blažys, 2009).

1.4. Triukšmo prevencija

Lietuvoje kaip ir kitose Pasaulio šalyse visuomenei triukšmas yra nepriimtinas. Pirmasis veiksmas pažaboti triukšmo agresorius buvo nustatyti tarpusavio bendravimo taisyklės, t. y. sudaryti socialinę sutartį. Nepriklausomoje Lietuvoje pirmasis toks dokumentas buvo paskelbtas 1919 m. Aplinkos triukšmo valdymo srities teisinės bazės. Kitas nepriklausomos Lietuvos visuomenės ramybę liepiantis saugoti dokumentas išleistas 1930 m. gegužės 14 d., Švenčių ir poilsio įstatymas, kuriame buvo reguliuojančių triukšmą nuostatų paros laiko ir trukmės atžvilgiu.

Paskutinis prieškarinio Lietuvos valstybės periodo teisės aktas buvo „Susirinkimų ir pramogų įstatymas“, priimtas 1932 m. rugpjūčio 5 d., taip pat detaliam išdėstęs nuostatas rimčiai palaikyti visuomenėje paros laiko ir trukmės atžvilgiu. Prieškarinėje Lietuvoje reikalavimas laikytis rimties buvo griežtas, o svarbiausia – visuomenei priimtinas.

Sekantis laikotarpis apima dvidešimt vienerių metų kovos su triukšmu Lietuvoje veiklą nuo 1969 metų iki 1990 metų. 1968 metų gruodžio 19 dieną buvo įkurta darbinė komisija kovai su triukšmu miestuose prie Sovietų Sąjungos sveikatos apsaugos ministerijos Vyriausiosios sanitarijos epidemiologijos valdybos prieštriukšminių priemonių koordinacijai vykdyti. Lietuvoje nuo 1969 metų kovą su triukšmu ir virpesiais imta kontroliuoti visuomeniniais pagrindais tarpžinybiniu lygiu, tam reikalui ne tik neskiriant lėšų bet ir nesant jokių finansavimo šaltinių Lietuvoje 1991–2000 metais kovai su triukšmo poveikiu žmogaus sveikatai priimti 108 norminiai teisės aktai. Visi 108 teisės aktai turėjo imperatyvinių nuostatų triukšmo agresoriaus atžvilgiu, jie buvo nukreipti apsaugoti visuomenės sveikatą nuo triukšmo (Dapkienė, 2010).

Dabar pagrindinis teisės aktas, reglamentuojantis triukšmo valdymą Lietuvoje yra Lietuvos Respublikos triukšmo valdymo įstatymas. Vadovaudamasi Lietuvos Respublikos triukšmo valdymo įstatymo 5 straipsnio 1 dalies 1 punktu, Lietuvos Respublikos Vyriausybė 2006 m. birželio 14 d. Nutarimu Nr.581 patvirtino Valstybinę triukšmo strateginio kartografavimo programą ir nustatė, kad aglomeracijų strateginius triukšmo žemėlapius parengia ir suderinusios su Triukšmo prevencijos taryba patvirtina Vilniaus miesto ir Kauno miesto savivaldybės iki 2007 m. birželio 30 dienos, Klaipėdos miesto, Šiaulių miesto ir Panevėžio miesto savivaldybės iki 2012 m. birželio 30 dienos; pagrindinių kelių, kuriais per metus važiuoja daugiau kaip 6 milijonai transporto priemonių, strateginius triukšmo žemėlapius parengia ir suderinusi su Triukšmo prevencijos taryba iki 2007 m. birželio 30 d. Patvirtina Susisiekimo ministerija; pagrindinių kelių ir pagrindinių geležinkelių strateginius triukšmo žemėlapius parengia ir suderinusi su Triukšmo prevencijos taryba iki 2012 m. birželio 30 d. Patvirtina Susisiekimo ministerija. Programos tikslas – sudaryti aplinkos triukšmo strateginio kartografavimo sąlygas Lietuvoje pagal 2002 m. birželio 25 d. Europos Parlamento ir Tarybos direktyvos 2002/49/EB dėl aplinkos triukšmo įvertinimo ir

valdymo reikalavimus, siekiant apsaugoti gyventojus nuo neigiamo aplinkos triukšmo poveikio (Telšių visuomenės sveikatos centras, 2015).

Yra keletas būdų sumažinti triukšmą gatvėse ir aplink namus. Yra statomos akustinės sienelės, želdinami specialūs želdiniai. Pavyzdžiui, 500 Hz dažnio garso bangos, patekusios į medžių arba krūmų lajas, susiduria su akustine kliūtimi, nuo kurios atsimuša apie 32 % garso energijos, o kita dalis – 68 % - susigeria, nes įvairiomis kryptimis orientuoti lapai išsklaido garso bangas, o elastingi lapkočiai silpnina garso bangų energiją. Želdiniai geriausiai slopina aukšto dažnio garsus. Triukšmo slopinimo juostoms geriausiai tinka aukšti, tankūs ir smulkialapiai medžiai bei krūmai. Pagal tyrimų rezultatus yra nustatyta, kad medžiai priklausomai nuo rūšies numetę lapus praranda nuo 50 % iki 80 % savo efektyvumo.

Viena iš geriausių triukšmo prevencinių priemonių yra akustinio triukšmo užtvartos, kurios susideda iš akustinio elemento (neskaidrus triukšmą sugeriantis, skaidrus triukšmą atspindintis), horizontalaus profilio (kuriuose montuojami akustiniai elementai), atraminio profilio ir iš statramsčio (jame montuojami visi išvardinti elementai) (UAB Gatas, 2015).



4 pav. Akustinė triukšmo užtvara. (UAB Gatas, 2015)

1.5. Publikacijų apžvalga

Straipsnyje „Automobilių keliamo triukšmo slopinimo būdų palyginamoji analizė“ Algirdas Skirgaila išnagrinėja automobilių keliamo triukšmo slopinimo būdus. Aptartos įvairios priemonės, padedančios sumažinti sklindantį triukšmą. Atliktas automobilių keliamo triukšmo slopinimo priemonių palyginimas. Aptariami efektyviausi būdai triukšmui mažinti. Palyginus įvairius transporto keliamo triukšmo slopinimo būdus, galima padaryti išvadą, kad efektyviausias būdas

slopinti triukšmą – įrengti triukšmo slopinimo ekranus (A. Skirgaila, 2001).

2004 metais S. Vasarevičiaus ir J. Graudinytės (Vilniaus Gedimino technikos universitetas) buvo atliktas tyrimas modeliuojant gautus triukšmo duomenis EKOL programa. Ši programa skirta kompleksiniam pavienių miesto rajonų neigiamam transporto poveikiui įvertinti. Išsamiai įvertintas teritorijos reljefas, apstatymas, transporto srautų sudėtis, vėjo greitis ir kiti veiksniai. Apskaičiuotas triukšmo lygis modeliavimo programa pateikiamas vaizdiniais paveikslais, kurie sudaryti naudojant Surfer 6 programą.

Rolandas Blažys „Automobilių keliamo triukšmo tyrimai“ išnagrinėjo automobilių keliamo triukšmo žalą eismo dalyviams ir aplinkiniams, taip pat apžvelgė Lietuvoje ir Europos Sąjungoje galiojančius dokumentus, reglamentuojančius triukšmo prevenciją ir ateityje įgyvendinamas triukšmo mažinimo priemones. Eksperimentinėje dalyje pateikiama aikštelėje stovinčių automobilių variklių keliamo triukšmo matavimo metodika ir miesto teritorijoje transporto srauto sukulto triukšmo eksperimentiniai tyrimai (R. Blažys, 2009). Triukšmas buvo išmatuotas 15-oje vietų, parinktų įvairiose Vilniaus miesto gyvenamosiose teritorijose, besiribojančiose su autotransporto magistralėmis ir gatvėmis. Matavimams naudotas garso lygio matuoklis CR:262. Triukšmas matuotas 2008 m. mėn. Ir 2009 m. kovo bei balandžio mėnesiais. Triukšmo matavimai buvo atliekami 2 rugsėjo m ir 20 m atstumu nuo važiuojamosios gatvės dalies.

„Triukšmo žemėlapių sudarymo ypatumai MapNoise programine įranga“ straipsnyje Aušra Sikorskytė kartografavo triukšmą Veiverių gatvės atkarpoje Kauno mieste. Naudojantis MapNoise programinės įrangos vadovu, išanalizavo, kokius skaičiavimus atlieka programa ir kokie reikalingi geografiniai duomenys. Nustatė, kad MapNoise programine įranga sudarytą žemėlapių lengva suprasti ir remiantis juo numatyti triukšmą mažinančias užtvarys (A. Sikorskyte, 2010).

Rasos Akelaitytės ir Tomo Januševičiaus straipsnyje „Aplinkos veiksnių įtaka automobilių keliamam triukšmui“ pateikiami skaičiavimai, kaip nustatyti įvairių veiksnių įtaką automobilių triukšmo mastui. Garso atspindžiai, kelio danga, atmosfera, kliūtys garso bangų kelyje – visa tai gali padidinti arba sumažinti garsų sklaidimą. Atliekant triukšmo matavimo tyrimus į šiuos veiksnius būtina atsižvelgti (R. Akelaitytė, 2013).

Tomas Vilniškis ir Tomas Januševičius straipsnyje „Transporto sukeliama triukšmo sklaidos Trakų mieste modeliavimas ir vertinimas“ įvertino transporto triukšmo sklaidą, atsižvelgiant į transporto srautus Trakų mieste. Parinktose vietose šiaurinėje ir pietinėje miesto dalyse yra išmatuojami ekvivalentiniai ir didžiausieji garso lygiai. Pagal apskaičiuotus transporto srautus dienos, vakaro ir nakties metu, naudojant „CadnaA“ programą, sudaromas triukšmo sklaidos žemėlapis. Žemėlapiuose pavaizduota triukšmo sklaida dienos, vakaro ir nakties metu (T. Vilniškis, 2016).

Manto Bareikio ir Gedimino Vasiliausko straipsnyje „Pavienių sunkiasvorio transporto priemonių keliamo žemo dažnio triukšmo jų išibėgėjimo metu tyrimas“ nagrinėjama sunkiasvorių transporto priemonių žemo dažnio triukšmo sklaida šių priemonių išibėgėjimo metu. Kadangi tokių priemonių srautas ypač intensyvus keliuose, o žemės ūkyje ypač aktualus derliaus nuėmimo metu, buvo atlikti tokių transporto priemonių keliamo žemo dažnio triukšmo tyrimai. Tyrimai atlikti naudojantis standartine transporto priemonių išibėgėjimo triukšmo vertinimo metodika, triukšmo lygį matuojant 7,5 m atstumu nuo transporto priemonės. Tirtos įvairios galios (340–420 AG) ir masės (30000–55000 kg) transporto priemonės. Gauti išmatuoti maksimalūs žemo dažnio triukšmo lygiai 12,5–200 Hz dažnių juostose kito plačiose ribose ir siekė iki 87 dB. Tokios sąlygos aplinkos požiūriu nepriimtinos (M. Bareikis, 2016).

1.6. Triukšmo kartografavimas Lietuvoje ir Europoje

Europos Parlamento ir Komisijos Direktyva (toliau – EPKD) 2002 m. birželio 25 d., „dėl aplinkos triukšmo įvertinimo ir valdymo“ pateikė tokius triukšmo kartografavimo apibrėžimus:

Triukšmo kartografavimas – duomenų apie esamus arba prognozuojamus triukšmo atvejus pateikimas triukšmo rodiklio vienetais, kur nurodomos visos pažeistos galiojančios ribinės vertės, tam tikroje zonoje triukšmo veikiamų žmonių skaičius ar skaičius būstų tam tikroje zonoje, kuriose veikia tam tikram triukšmo rodikliui prilygstantis triukšmas.

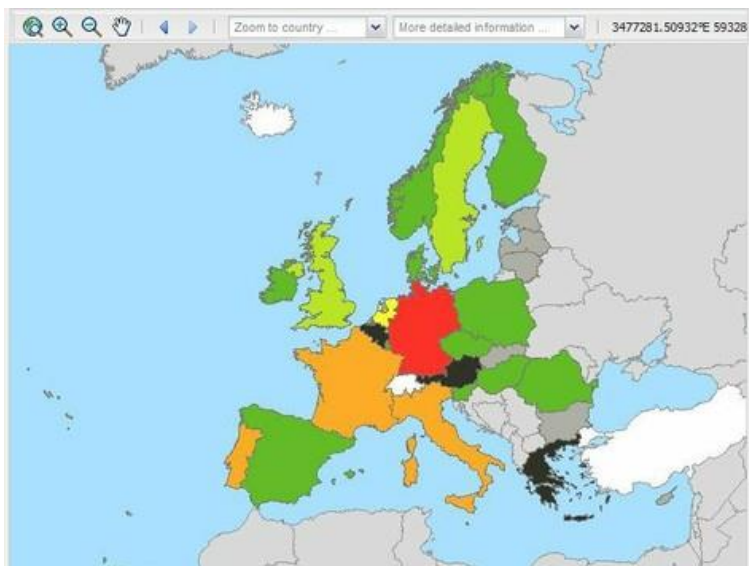
Strateginis triukšmo žemėlapis - žemėlapis, skirtas apibendrintam įvairių šaltinių triukšmo poveikio įvertinimui tam tikroje zonoje atlikti arba apibendrintai prognozei pateikti (EPKD, 2004).

Triukšmo strateginis kartografavimas — tai dinaminis procesas, apimantis esamos situacijos vertinimą, akustikos modeliavimą ir planavimą.

Triukšmo strateginis kartografavimas susideda iš dviejų dalių: nustatoma triukšmo sklaida nagrinėjamoje vietovėje ir įvertinamas atitinkamo triukšmo lygio veikiamų žmonių skaičius.

Visose ES valstybėse kas penkeri metai didžiuosiuose miestuose ir apie didžiausio eismo intensyvumo automobilių kelius, geležinkelius, oro uostus sudaromo strateginiai triukšmo žemėlapiai.

Europos aplinkos agentūra (EAA) sudarė iki šiol išsamiausią triukšmo žemėlapi, kuris atskleidžia, koku mastu Europos piliečiai susiduria su labai didele akustine tarša.



5 pav. Triukšmo kartografavimo įgyvendinimo zonos Europoje. (EAA, 2009)

„Triukšmo kartografavimas“ – duomenų apie esamus arba prognozuojamus triukšmo atvejus pateikimas triukšmo rodiklio vienetais, kur nurodomos visos pažeistos galiojančios ribinės vertės, tam tikroje zonoje triukšmo veikiamų žmonių skaičius ar skaičius būstų tam tikroje zonoje, kuriose veikia tam tikram triukšmo rodikliui prilygstantis triukšmas.

„Strateginis triukšmo žemėlapis“ – žemėlapis, skirtas apibendrintam įvairių šaltinių triukšmo poveikio įvertinimui tam tikroje zonoje atlikti arba apibendrintai prognozei pateikti.

Sudarius triukšmo strateginius žemėlapius, Aplinkos triukšmo direktyva ES valstybes įpareigoja per metus sudaryti veiksmų planus triukšmo problemoms ir poveikiui valdyti. Šiuo metu Lietuvoje sudaryti pagrindinių kelių, pagrindinių geležinkelių, Kauno ir Panevėžio miestų triukšmo prevencijos veiksmų planai. Tikimasi, kad įgyvendinus šiuos planus, didelė dalis Lietuvos gyventojų bus apsaugota nuo triukšmo (Telšių visuomenės sveikatos centras, 2015).

Pagal Aplinkos triukšmo (Anglija) nuostatus 2006, strateginiai triukšmo žemėlapiai Jungtinėje Karalystėje buvo sudaryti įvertinant triukšmo lygį pagrindiniuose šalies keliuose, kuriais kasmet pravažiuoja daugiau kaip 6 milijonai transporto priemonių. Naudojimui pateikiami interaktyvūs triukšmo žemėlapiai, pagal triukšmo šaltinius (kelių, geležinkelių ir pramonės).

Lietuvos Respublikos susisiekimo ministro 2007 m. birželio 20 d. Įsakymu Nr. 3-219 „Dėl pagrindinių kelių, kuriais per metus važiuoja daugiau kaip 6 milijonai transporto priemonių, strateginių triukšmo žemėlapių patvirtinimo“ patvirtinti pagrindinių kelių, kuriais per metus važiuoja daugiau kaip 6 milijonai transporto priemonių, strateginiai triukšmo žemėlapiai.

2007 m. kovo 8 d. Šie žemėlapiai buvo pristatyti Triukšmo prevencijos tarybos posėdyje.

2012 m. remiantis Lietuvos Respublikos triukšmo valdymo įstatymo 13 straipsniu ir 2002 m. birželio 25 d. Europos Parlamento ir Komisijos direktyva 2002/49/EB dėl aplinkos triukšmo

įvertinimo ir valdymo buvo atliktas ir Vilniaus miesto strateginis triukšmo kartografavimas, kurio pagrindinis tikslas buvo įvertinti automobilių, pagrindinių kelių, geležinkelių, orlaivių transporto ir pramoninės veiklos keliamą triukšmą. Triukšmo skaičiavimuose buvo panaudoti 2011 metų duomenys (Lietuvos automobilių kelių direkcija prie SM, 2015).

Triukšmo strateginis kartografavimas vyko keliais etapais: buvo nustatyta triukšmo sklaida Vilniaus savivaldybės teritorijoje ir buvo įvertintas atitinkamo triukšmo lygio veikiamų žmonių skaičius. Triukšmo sklaidai nustatyti buvo taikomi skaičiavimai naudojant specializuotą programinę įrangą. Kompiuterinis modeliavimas yra parankesnis, nes leidžia modeliuoti įvairias situacijas, nustatyti planuojamų triukšmo mažinimo priemonių efektyvumą ar, pavyzdžiui, dėl nuolat augančio eismo intensyvumo pateikti situaciją ateityje.

2012 m. Vilniuje, Kaune, Klaipėdoje, Šiauliuose ir Panevėžyje buvo sudaryti arba atnaujinti anksčiau prieš penkerius metus sudaryti strateginiai triukšmo žemėlapiai. Savivaldybių specialiose interneto svetainėse, pavyzdžiui, <http://www.aplinka.vilnius.lt> galima rasti ir peržiūrėti interaktyvius triukšmo žemėlapius ir pagal atitinkamas triukšmo lygio intervalo spalvas nustatyti vietas, kuriose sklinda didžiausias triukšmas. Paprastai tai yra teritorijos šalia intensyviausio eismo gatvių, geležinkelio kelių (SĮ Vilniaus planas, 2012).

Lietuvoje jau sukartografuota apie 570 km ilgio už aglomeracijų esančių pagrindinių kelių ruožų ir pagrindinio geležinkelio kelio ruožas nuo Naujosios Vilnios iki Kaišiadorių.

Klaipėdos miesto strateginius triukšmo žemėlapius parengė savivaldybės administracija pagal atskirus triukšmo šaltinius, remdamasi valstybinio triukšmo strateginio kartografavimo programa. Pagal bendrą planą parengta dešimt žemėlapių, kuriuose užfiksuotas kelių transporto, geležinkelių transporto ir pramoninio triukšmo ribiniai dydžiai. Kiekvienam triukšmo šaltiniui sumodeliuotas triukšmas pagal paros ir nakties rodiklius (Šiaulytė, 2012).

Klaipėdos triukšmo žemėlapyje pagrindiniai triukšmo šaltiniai, kaip ir kituose didžiuosiuose miestuose transportas ir pramoninis triukšmas. Galima išskirti pramonės objektus, keliančius triukšmą – tokius, kaip tai uostas, tačiau remiantis visų Klaipėdos triukšmo žemėlapių duomenimis, pagrindinis triukšmo šaltinis uostamiestyje vis tik išlieka kelių transportas.

Šiaulių municipalinė aplinkos tyrimų laboratorija 2012 m. , Šiaulių miesto triukšmo kartografavimui panaudojo Vokiečių kompanijos „Wolfel“ programinę įrangą IMMI 2011 su pramoninės veiklos triukšmo skaičiavimo moduliu ISO 9613-2; orlaivių triukšmo – ECAC. CEAC Dok. 29; kelių transporto triukšmo – XPS 31-133.

UAB „Estonian, Latvian & Lithuanian Environment“ teigimu, daugeliu atveju patogiau būtinus įvesties duomenų tvarkymo ir atributų apdorojimo veiksmus atlikti specializuota GIS programine įranga nei triukšmo kartografavimo programa, nes pastaroji retai kada turi patogius naudoti GIS ir 19 / 92 duomenų apdorojimo įrankius.

1.7. Triukšmo modeliavimo programinė įranga

Triukšmo sklaidai nustatyti gali būti taikomi ilgalaikiai garso lygio matavimai arba skaičiavimai naudojant specializuotą programinę įrangą. Kompiuterinis modeliavimas yra parankesnis, nes leidžia modeliuoti įvairias situacijas, nustatyti planuojamų triukšmo mažinimo priemonių efektyvumą ar, pavyzdžiui, pateikti situaciją ateityje, nulemtą nuolat augančio eismo intensyvumo. Aglomeracijų atveju sudaromi atskiri kelių, geležinkelių, orlaivių transporto ir pramoninės veiklos triukšmo strateginiai žemėlapiai.

Triukšmui modeliuoti naudojamos įvairios triukšmo lygio skaičiavimo ir jo sklidimo modeliavimo programos: „EKOL“ (Vilniaus Gedimino technikos universitetas), „MapNoise“ (Danijos nacionalinė programa), „LAERM“ (Karlsruhės technikos universitetas), „CadnaA“ (Datakustik, Vokietija), „IMMI“, „SoundPlan“ (SoundPLAN LLC, JAV) ir t. t.

Programos „IMMI“ pagalba galima atlikti tiek triukšmo tiek oro taršos sklaidos modeliavimą, ši programa specialiai sukurta triukšmo kartografavimui ir triukšmo prognozavimui, ir šis paketas yra vienas iš pirmaujančių pasaulyje, atsižvelgiant į konstrukciją ir kainą.

Programa „SoundPlan“ skirta kompleksiniam transporto triukšmo ir transporto išmetamųjų dujų poveikio modeliavimui. SoundPlan – viena pirmųjų triukšmo modeliavimo programinės įrangos rinkoje, kuri debiutavo 1986 metais. SoundPlan paketų pagalba galima įvertinti aplinkos, kelių, geležinkelių, pramonės objektų skleidžiamą triukšmą, sukurti triukšmo kontūrų žemėlapius, miestams bei aplinkai pasitelkiant 3D grafiką, taip pat pateikiant eismo informaciją, garso galios duomenis. SoundPlan pasižymi greita duomenų apdorojimo galia bei raiškia grafika.

„MapNoise“ programa skaičiavimai atliekami, remiantis Šiaurės šalių kelių transporto sąlygojamo triukšmo prognozavimo modeliu. Naudojant šią programą buvo parengti kartografiniai triukšmo žemėlapiai Vilniaus, Kauno, Klaipėdos, Šiaulių ir Panevėžio miestams.

Programa „EKOL“ sukurta remiantis Lietuvos miestų transporto srautų tyrimais ir leidžia transporto neigiamą poveikį įvertinti tiek kiekybiniais rodikliais (dB, mg/m³) tiek pinigine išraiška „EKOL“ programa gali naudotis projektavimo organizacijos, sudarydamos išsamius mikrorajonų projektus, pagrindinius planus, kompleksines transporto schemas, bei aplinkos apsaugos organizacijos.

Vokietijoje triukšmo sklaidai modeliuoti ir prognozuoti naudojama kompiuterinė **programa „CadnaA“**. „CadnaA“ (Computer Aided Noise Abatement) – tai kompiuterinė programa, skirta modeliuoti pačius įvairiausius scenarijus, pasirenkant vieno ar kelių tipų triukšmo šaltinius (mobilieji – keliai, geležinkeliai, oro transportas, taškiniai – pramonės įmonės ir kt.), įvertinant teritorijos reljefą, sudėtingas kelių bei tiltų konstrukcijas ir pan. Vienas iš programos

privalumų yra tas, kad triukšmo sklaida skaičiuojama remiantis Europos Sąjungos patvirtintomis metodikomis (kelių transportui – NMPB-Routes-96, pramonei – ISO 9613, geležinkeliams – SRM II bei oro transportui – ECAC (5 lentelė), todėl modeliavimo rezultatai gali būti lyginami su Lietuvos bei ES normomis bei reikalavimais triukšmo lygiui. Programa turi nemažai kitų privalumų, ypač lyginant su kitomis Lietuvoje naudojamomis programinėmis triukšmo prognozavimo įrangomis.

Pavyzdžiui, Lietuvos įmonės UAB Infracplanas ir UAB „COWI Lietuva“ triukšmo modeliavimui naudoja triukšmo lygio skaičiavimo programą CADNA A.[19] Suskaičiuoja ir modeliuoja aplinkos triukšmą, parengia triukšmo sklaidos žemėlapius gatvėms, keliams, geležinkeliams, vėjo jėgainėms ir kitiems pramoniniams triukšmo šaltiniams, parenka ir sumodeliuoja triukšmo mažinimo priemones (triukšmo sienutes, pylimus ir kt.) (UAB Infracplanas, 2015).

Vėjo jėgainių triukšmo sklidimui bei šėšėliavimui prognozuoti naudojama programa „WindPro“ (versija 2.6), kuri leidžia nustatyti jėgainių šėšėliavimo teritorijas bei trukmę per metus. „WindPro“ programoje yra išsamus, daugiau nei 1000 tipų vėjo jėgainių katalogas, leidžiantis pasirinkti, ir, jei reikia, pakeisti reikiamus parametrus individualiam modeliavimui (UAB „COWI Lietuva, 2015).

Dažniausiai Lietuvoje naudojamas erdvinių duomenų rinkinių formatas yra ESRI „*.shp“, arba geoduomenų bazių failų formatas. „*.shp“ formatą palaiko visos didžiausios triukšmo kartografavimo programos (IMMI, Cadna, SoundPlan ir Predictor). Šio formato naudojimo privalumas – galimybė importuoti duomenų rinkinius į triukšmo kartografavimo programą kartu su susietais atributais. (UAB „Estonian, Latvian & Lithuanian Environment“, 2012)

2. DARBO METODOLOGIJA

2.1. Modelio kūrimo metodika

Triukšmo kartografinio modelio sudarymui būtini šie kelių eismo duomenys:

- triukšmo šaltinių buvimo vieta;
- kelio plotis;
- važiuojamosios dalies atstumas nuo kelio vidurio linijos;
- važiavimo kryptys;
- išilginis kelio ruožo profilis;
- kelio dangos rūšis;
- eismo charakteristikos;
- važiavimo greitis;
- eismo intensyvumas ir sudėtis.

Išanalizavus atliktų tyrimų, triukšmo matavimo prietaisų bei duomenų pateikimo būdų analizę, išsiaiškinta, kad triukšmo tyrimo bei žemėlapių parengimo procesas susideda iš keleto pagrindinių etapų, kuriuos būtina įvykdyti atliekant numatytą triukšmo tyrimą. Tad tam, kad užsibrėžtas triukšmo matavimų ir rezultatų pateikimo tyrimas vyktų sklandžiai ir nuosekliai, būtina įvykdyti šiuos nustatytus pagrindiniu triukšmo matavimo etapus:



6 pav. Tyrimo eigos metodologinė schema

2.2. Triukšmų klasifikacija

Gyvenamojoje aplinkoje galima išskirti dviejų pagrindinių tipų triukšmo šaltinius: stacionarūs triukšmo šaltiniai ir mobilūs triukšmo šaltiniai.

Transporto priemonės pagal spinduliuojamo triukšmo pobūdį ir transporto priemonių rūšis, galima skirstyti į tokius triukšmo šaltinius:

- kelių transporto triukšmas nuo gatvių ir sankryžų;
- transporto priemonių stovėjimo aikštelių triukšmas;
- geležinkelio linijų triukšmas;
- aviacinis triukšmas;
- lokalinių šaltinių (ventiliatorių, transformatorinių) triukšmas. (Liaubaitė, 2012)

Triukšmo šaltiniai klasifikuojami ir atsižvelgiant į jų dydį, geometrinę formą. Geometrinių dydžių tarp triukšmo šaltinio ir aplinkos atskaitos taškų požiūriu išskirtini du tokie triukšmo šaltinių tipai – taškinis ir ilginis (tiesinis) (Kalibravičius, 1998).

Pagal UAB „Estonian, Latvian & Lithuanian Environment“ aplinkos triukšmo strateginio kartografavimo organizavimo ir įgyvendinimo pavyzdinį modelį, triukšmo kartografavimui reikalingi šie pradiniai duomenys:

- Kiekvienos rūšies automobilių skaičius (lengvųjų ir sunkiųjų), eismo rūšis, greitis, kelio danga ir kiekvieno kelio segmento geometrija. Arba lengvųjų automobilių skaičius, sunkiojo transporto procentas. Arba kelio segmento garso lygis.
- Geometriniai akustiniai ekranuojančių objektų parametrai (pastatai, tiltai, triukšmo užtvaros, tvoros, augmenija ir t.t.)
- Vietovės reljefas, paviršiaus atspindėjimo duomenys.
- Triukšmo sklidimo akustiniai parametrai (atspindžiai, perdavimas).
- Meteorologiniai duomenys, vadovaujantis Aplinkos triukšmo direktyvos rekomendacijomis.

Šiame darbe atliekamame tyrime triukšmo tyrimų atlikimo vietose matuojamas tik motorinių transporto priemonių keliamas triukšmas, kadangi papildomų triukšmo šaltinių šiose gatvėse nėra.

2.3. Triukšmo matavimo priemonių atranka

Vienas nebrangiausių garso matuoklių – *HobbyKing* skaitmeninis garso matuoklis. Garso matavimo ribos yra nuo 30 dB iki 130 dB. Tikslumas: +/- 1.5 dB, matavimo tikslumas: 2 kartai.



51 pav. HobbyKing ir Peak Toch P5055 skaitmeniniai garso matuokliai

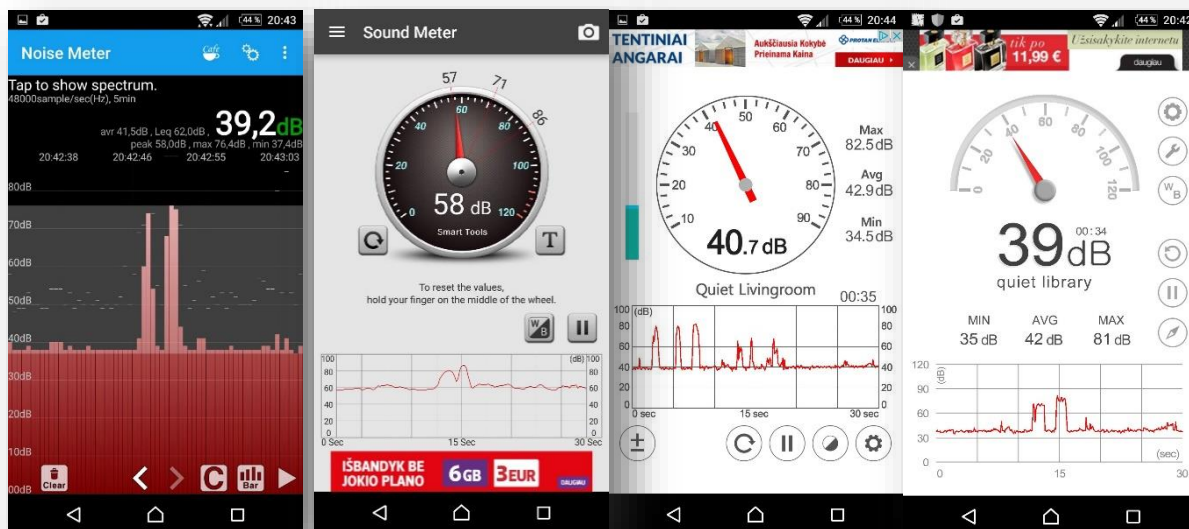
Peak Toch P5055 triukšmo matuoklis pasižymi tvirtu plastiko korpusu, integruotu kalibravimo signalu ir dideliu LCD ekranu su lengvai įskaitomais rezultatais. Palaiko diapazono pasirinkimo ir rezultatų užlaikymo funkcijas. Prietaiso reakcijos laikas gali būti reguliuojamas nuo greito (maksimalus triukšmo lygis) iki lėto (vidutinis triukšmo lygis). Matavimo diapazonas: 35 – 130 dB. Tikslumas: ± 3.5 dB esant 94 dB triukšmui (1 kHz).

Triukšmo lygio indikatorius – tai triukšmo lygio matuoklis su skaitmeniniu ekranu, rodančiu triukšmo lygį decibelais (dB) ir savarankiškai kintančiu (lyg šviesoforo signalas) triukšmo rodikliu – besišypsančiu žaliu arba liūdnu raudonu veidais. Matavimo diapazonas: 40 dB iki 130 dB Energijos sąnaudos: 150 Ma arba <1 Ma (budėjimo režimu).

Šiuo metu visame pasaulyje itin sparčiai populiarėja išmanieji prietaisai, tad natūralu, kad ir naujas triukšmo lygio matavimo būdas – triukšmo matavimo programėlės išmaniaisiais įrenginiais. Šis matavimo būdas nereikalauja papildomų materialių išteklių, tad gali būti prieinamas kiekvienam turinčiam išmanųjį įrenginį ir pageidaujantiems sužinoti triukšmo lygį pasirinktoje teritorijoje.

Tam, kad įvertinti išmaniųjų programėlių galimybes triukšmo matavimuose buvo pasirinktos daugiausiai naudotojų geriausių įvertinimų sulaukusios keturios matavimų programėlės. Bandomajam triukšmo lygio įvertinimui buvo pasirinktas vakaro paros laikas Ateities pl. sankryžoje ties Biruliškių g.. Vykdamatavimus mobiliuoju telefonu Sony xperia Z5, bei triukšmo matavimo programėlėmis „Noise Meter“ (Jinasys), „Sound Meter“ (Abc Apps), „Sound Meter“ (Melon Soft), „Sound Meter“ (Smart Tools), gauti tokie rezultatai: pravažiuojant transporto priemonei garso lygis visose programėlėse ženkliai padidėdavo iki 20-30 dB . Garso

matavimo rezultatus programėlės pateikia grafine kreive arba stulpelinio grafiku. Matavimo diapazonas programėlėse „Noise Meter (Jinasys)“, „Sound Meter (Smart Tools)“ ir „Sound Meter (Melon Soft) yra nuo 0 iki 100 dB. Vienintelėje „Sound Meter (Abc Apps)“ programėlėje matavimo diapazonas siekia iki 120 dB bei rodomas matavimo didžiausias, mažiausias bei vidutinis rezultatai. Tačiau tam, kad tiksliai nustatyti triukšmo lygį reikėtų nuodugnesnių tyrimų, keletą kartų per parą skirtingose vietose. Šiam tikslui dėl optimaliausių rezultatų gavimo pasirinkta „Sound Meter (Abc Apps)“ mobilioji aplikacija.



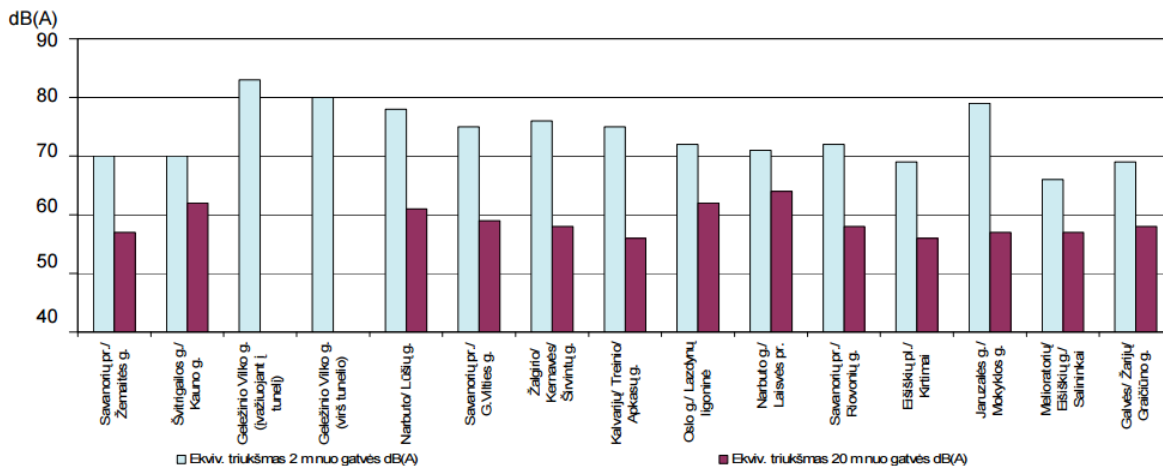
51 pav. „Noise Meter (Jinasys)“, „Sound Meter (Smart Tools)“, „Sound Meter (Melon Soft)“, „Sound Meter (Abc Apps)“.

2.4. Triukšmo kartografavimo rezultatų pateikimo būdų klasifikacija

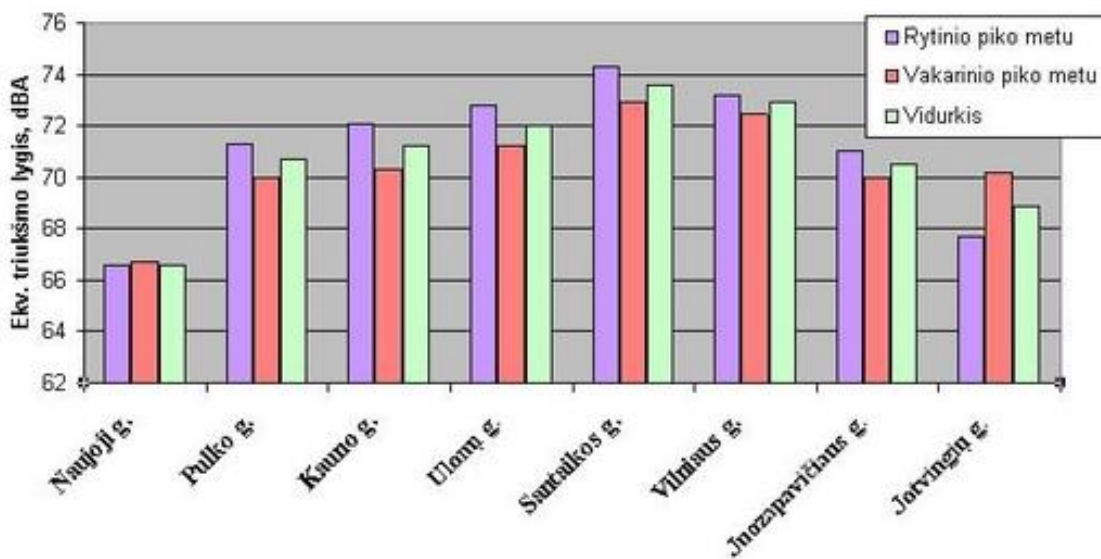
Atlikus triukšmo kartografavimo metodų analizę galima išskirti kelis rezultatų pateikimo metodus:

1. Triukšmo matavimų rezultatų pateikimas grafikais ir lentelėmis.

Metodas skirtas statistinių kartografavimo duomenų pateikimui. Jo trūkumas tas, kad paprastam vartotojui tokių duomenų dažniausiai būna per daug ir jie yra sunkiai suvokiami (9,10 pav.).

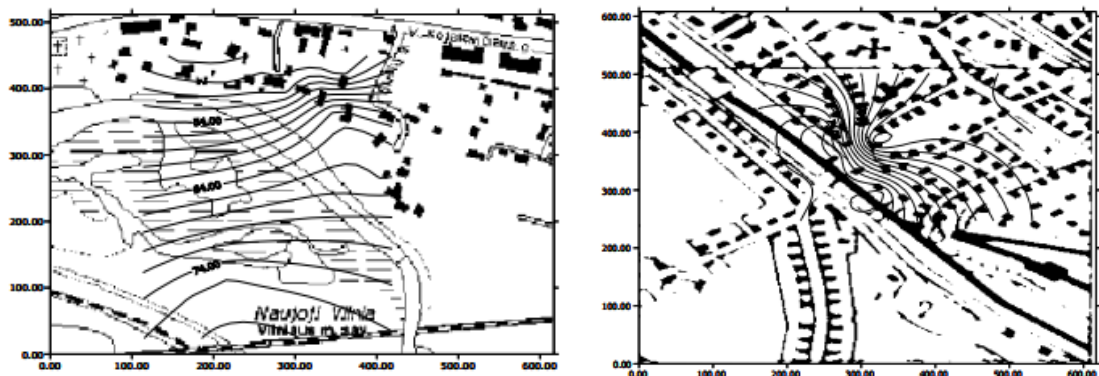


9 pav. Ekvivalentinio triukšmo reikšmės skirtingose Vilniaus vietose (Blažys, 2009)



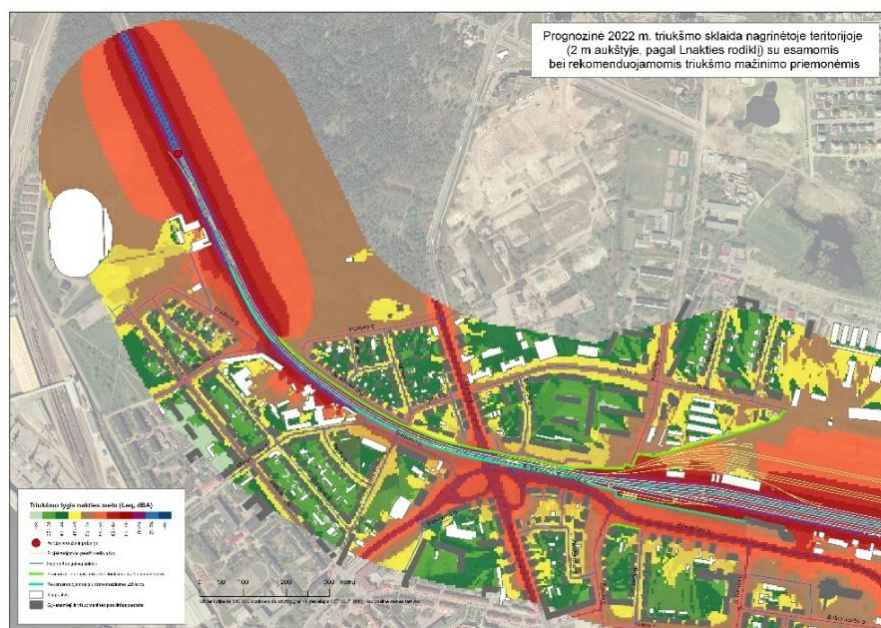
10 pav. Triukšmo lygis pagrindinėse Alytaus gatvėse. (Alytaus miesto savivaldybė, 2011)

2. Triukšmo rezultatų pateikimas horizontalėmis. Sprendžiant iš žemiau pateiktų pavyzdžių, šis rezultatų pateikimo būdas taip pat eiliniam vartotojui sunkiai suvokiamas ir gana neišsamus, sunku suprasti ką reiškia simboliai šiuose triukšmo rezultatų paveikslėliuose ir sunku spręsti, kur triukšmo lygis yra didžiausias. Tą tinkamai galėtų įvertinti tik šios srities profesionalai (11 pav.).

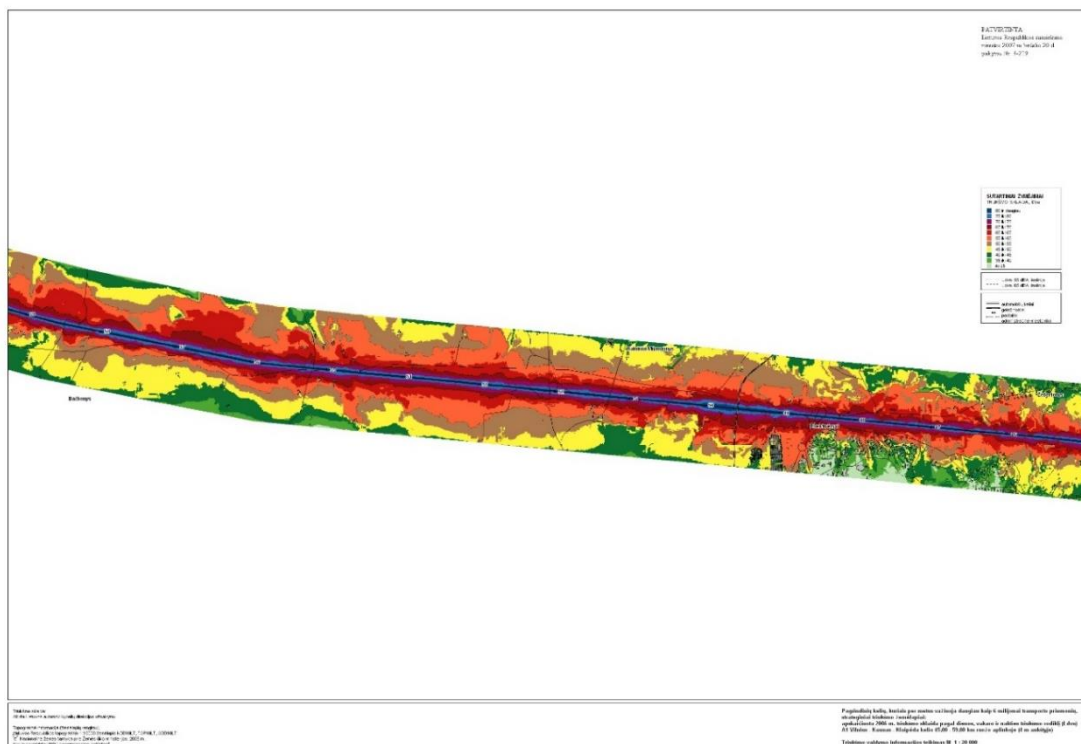


11 pav. Triukšmo sklaida kelyje Vilnius – Naujoji Vilnia ir Radviliškyje. (Vasarevičius, 2004)

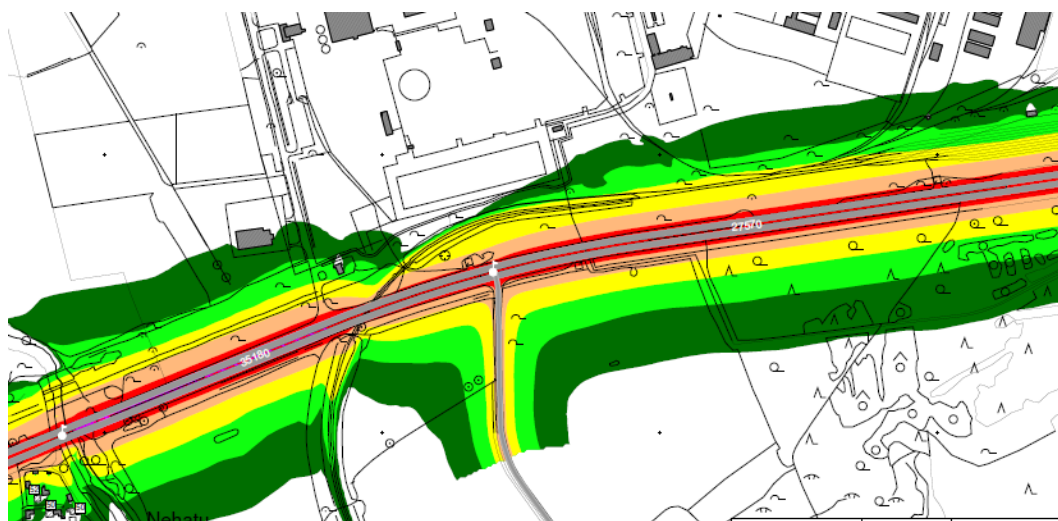
3. Triukšmo matavimų rezultatų pateikimas 2D žemėlapiuose. Vienas dažniausiai aptinkamų triukšmo rodiklių pateikimo būdas - žemėlapiuose, spalvomis. Dažniausiai kartografuojamos pagrindinės miestų gatvės, geležinkelio linijos, greitkeliai. Šis triukšmo rezultatų pateikimo būdas pakankamai aiškus, nereikalauja specialaus išprusimo šioje srityje, todėl eiliniam vartotojui lengvai suvokiamas. Strateginiuose triukšmo žemėlapiuose skirtingos triukšmo zonos vaizduojamos skirtingomis spalvomis ir spalvų deriniais: mažiau kaip 35 Db – šviesiai žalia, 35-39 dB – žalia, 40-44 dB – tamsiai žalia, 45-49 dB – geltona, 50-54 dB – šviesiai ruda, 55-59 dB – oranžinė, 60-64 dB – raudona, 65-69 dB – tamsiai raudona, 70-74 dB – violetinė, 75-79 dB – žydra, 80 ir daugiau dB – tamsiai mėlyna (12 – 14 pav.).



12 pav. Klaipėdos geležinkelio stoties aplinkos triukšmo modeliavimas. (UAB Infraplanas, 2012)

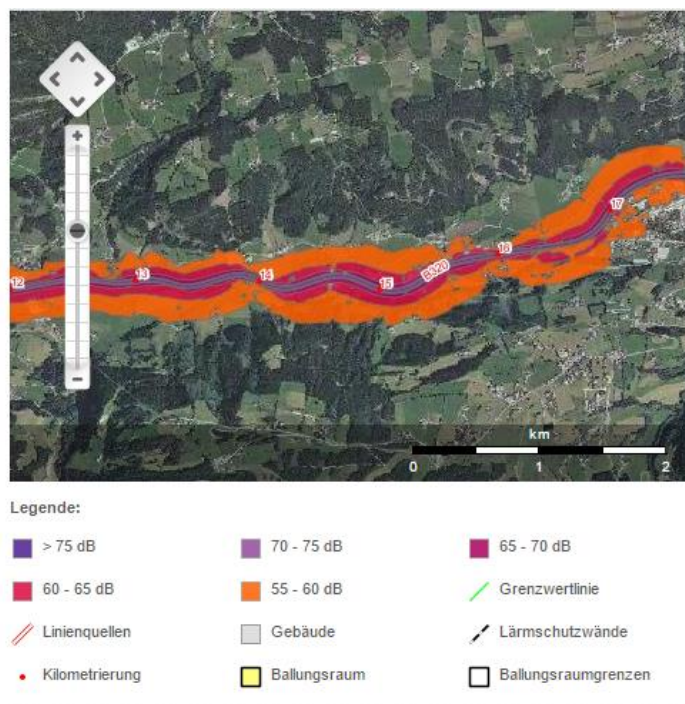


13 pav. Kelio ruožo A1 Vilnius–Kaunas–Klaipėda 45,00–59,00 km.
(Lietuvos automobilių kelių direkcija prie SM, 2012)



14 pav. Estijos triukšmo žemėlapis. (Estijos kelių administracija, 2014)

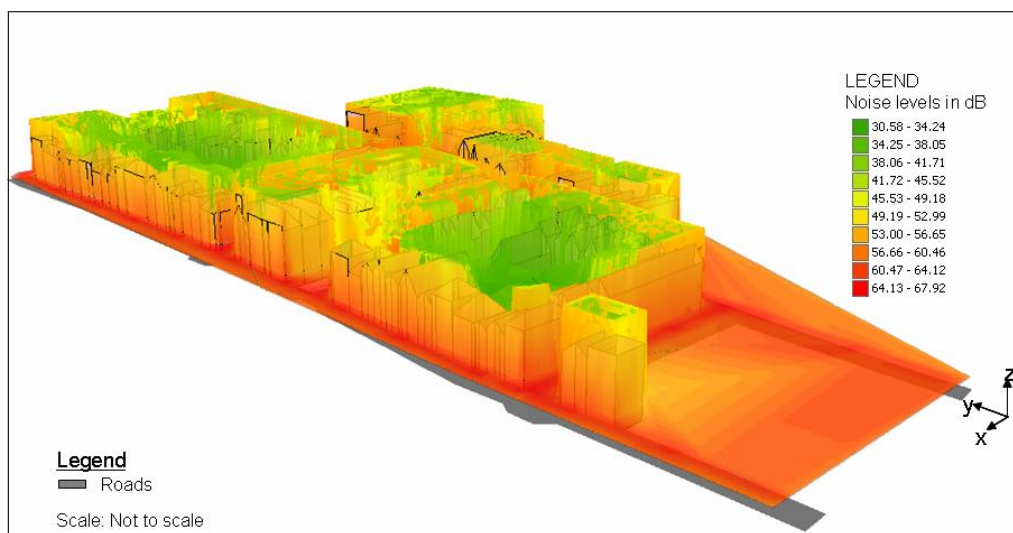
4. Triukšmo matavimų rezultatų pateikimas interaktyviuose triukšmo žemėlapiuose. Šiuose žemėlapiuose demonstruojamas dienos, vakaro ir nakties triukšmo lygis keliuose. Dažniausiai rašomi triukšmo rezultatai greitkeliuose taip pat didmiesčių keliuose. Norimą gatvę galima rasti pagal koordinatas. Taip pat yra galimybė į paieškos laukelį įrašyti norimą adresą ir sužinoti triukšmo lygį savo gyvenamojoje teritorijoje. Tačiau ne visose valstybėse ir ne visuose keliuose yra galimybė pamatyti tokį triukšmo žemėlapi (15 pav.).



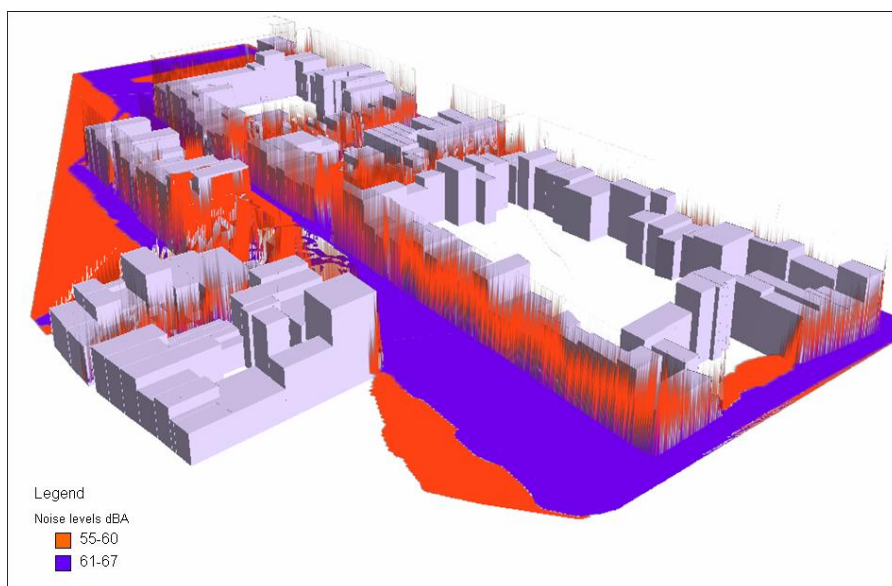
51 pav. Interaktyvus Austrijos kelių triukšmo žemėlapis. (Federal Ministry of Agriculture, 2012)

5. Triukšmo matavimų rezultatų pateikimas 3D triukšmo žemėlapiuose. Šis būdas naudojamas kartografuojant triukšmą, kuris veikia pastatus. 3D triukšmo žemėlapiai dažniausiai rodo tūrinį triukšmo lygių vaizdą tiriamoje teritorijoje. Pats svarbiausias žingsnis 3D triukšmo žemėlapių sudaryme yra tinkamų stebėjimo taškų nustatymas. Vienas iš 3D triukšmo žemėlapių panaudojimo būdų yra, kai planuojama statyti triukšmo užtvaramą ir norima nustatyti reikalingą užtvamos aukštį bei suplanuoti tinkamą poziciją.

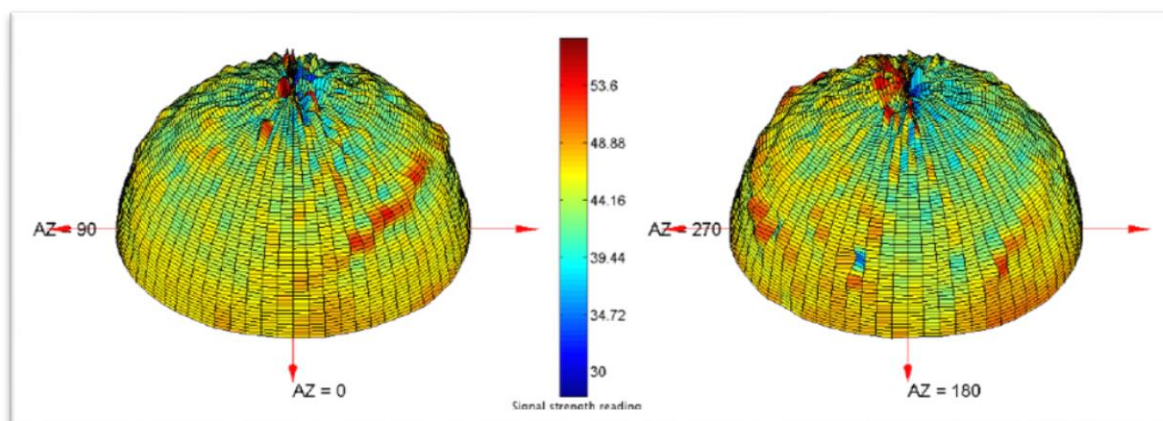
Šis rezultatų pateikimo būdas gana sudėtingas, reikalaujantis daug materialinių ir laiko sąnaudų, todėl minimaliomis priemonėmis tokius triukšmo žemėlapius sudaryti būtų gana sudėtinga (16 – 18 pav.).



51 pav. Kompleksinis 3D triukšmo modelis (Vinaykumar Kurakula, 2007)



17 pav. Triukšmo sklaidos modelis, rodantis triukšmą >55 dB (Vinaykumar Kurakula, 2007)



18 pav. Dvi 3D triukšmo zonos (žemėlapiai) apimantys visą 360 pusrutulį aplink Aalborg antžeminę stotį. (A Global Satellite Link Sensor Network, 2006)

Apibendrinat galima teigti, kad efektyviausias, lengviausiai suvokiamas eiliniam vartotojui ir mažiausiai sąnaudų reikalaujantis triukšmo rezultatų pateikimo būdas – 2D žemėlapiuose, spalvomis, nes iš spalvų aiškiai matyti, kur triukšmas didžiausias ir kur mažiausias.

2.5. Kartografuojamos teritorijos parinkimas

Kadangi pagrindinę triukšmo dalį gatvėse sudaro lengvosios ir sunkiosios transporto priemonės, triukšmo prognozės žemėlapiui sudaryti numatyta iširti lengvųjų automobilių iki 3,5 t (20 pav.) ir sunkiasvorių transporto priemonių – virš 3,5 t (19 pav.) skleidžiamą triukšmą.

Lengvasis automobilis – motorinė kelių transporto priemonė, turinti ne daugiau kaip 9 sėdimas vietas, įskaitant vairuotojo vietą, skirta keleiviams bei bagažui vežti.

Didžiagabaritės ir (ar) sunkiasvorės transporto priemonės, kurios matmenys su kroviniu ar be jo yra didesni už didžiausiuosius leidžiamuosius matmenis: aukštį daugiau kaip 50 cm ir (ar) plotį daugiau kaip 100 cm ir (ar) ilgį daugiau kaip 500 cm, ir (ar) masė su kroviniu yra daugiau kaip du kartus didesnė už didžiausiąją leidžiamąją masę.

Kiekviena individuali transporto priemonė išskiria skirtingo lygio garsą, kuris gali priklausyti nuo automobilio greičio matavimo metu, techninės charakteristikos. Techniškai netvarkingas automobilis taip pat gali skleisti didesnę triukšmą, nei numatyta jo techninėje charakteristikoje, todėl buvo nuspręsta, matuoti įvairių transporto priemonių triukšmą išvedant vidurkį, kuris ir bus naudojamas pateikiant duomenis žemėlapiuose.



19 pav. Tr. Priemonė virš 3,5 t. (Ziurekite.lt, 2016) 20 pav. Tr. Priemonė iki 3,5 t. (Autoplius.lt iliustr.2016)

Transporto priemonių važiavimo greitis matavimų metu buvo 30-60 km/h. Kiekvienam matavimui buvo matuojama vis kita transporto priemonė. Matavimai buvo atliekami tokiu metu, kai transporto priemonė važiuojamąja kelio dalimi važiuodavo viena, tam, kad išvengti papildomų triukšmo šaltinių, kurie galėtų įtakoti triukšmo matavimų rezultatus.

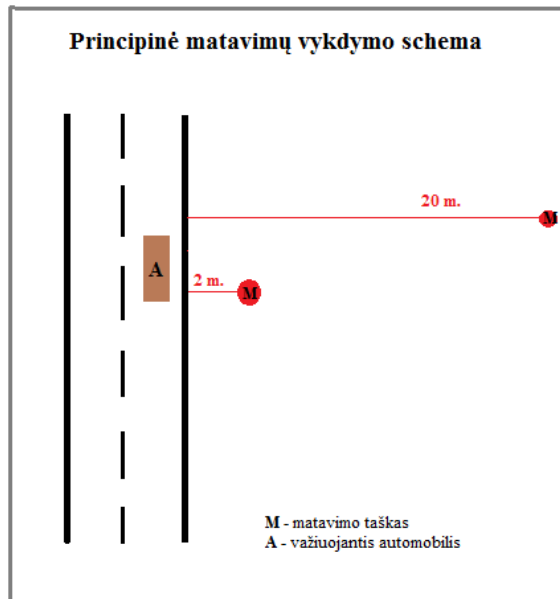
Išanalizavus triukšmo matavimo priemones ir įvertinus jų privalumus bei trūkumus, buvo pasirinkta mažiausiai investicijų reikalaujanti triukšmo matavimo priemonė - mobilusis telefonas. Šiam triukšmo matavimų tyrimui buvo pasirinktas 2016 metais Sony kompanijos išleistas Sony

Z5 mobilusis telefonas. Telefono specifikacija atitinka naujausius telefonų reikalavimus, todėl nuspręsta, kad šis telefonas puikiai atitiks numatytus reikalavimus bei atliks numatytas užduotis triukšmo tyrimų metu (21 pav.).



21 pav. Sony Z5 mobilusis telefonas (Ida Torres, 2016), Sound Meter (Abc Apps) aplikacija.

Tam, kad šiuo mobiliuoju telefonu būtų galima vykdyti triukšmo matavimus, iš keturių analizuotų triukšmo matavimo telefonu aplikacijų triukšmo lygio nustatymui, tyrimui pasirinkta mobilioji aplikacija „Sound Meter“. Vienintelėje iš visų analizuotų ir bandytų aplikacijų, „Sound Meter (Abc Apps)“ programėlėje matavimo diapazonas siekia iki 120 Db bei rodomas matavimo didžiausias, mažiausias bei vidutinis rezultatai. Dėl aukšto matavimo diapazono bei matavimų rezultatų vidurkio parodymų ši mobilioji aplikacija suteikia optimaliausias galimybes įvertinti triukšmo lygį, o triukšmo rezultato tikslumas, matuojant mobiliuoju telefonu ir šia išmaniąja aplikacija, rezultatų tikslumo tendencijas parodo ne prasčiau nei profesionalūs triukšmo matavimo prietaisai. Taip pat programėlės vykdymo metu telefono darbalaukyje matoma kreivė, kuri parodo garso kitimą tam tikrą laikotarpį. Iš jos rezultatų galima spręsti keleto vienos paskui kitą važiavusių transporto priemonių triukšmo lygį.



22 pav. Matavimų vykdymo schema

Kadangi triukšmo prognozavimas nereikalauja šimtaprocentinio tikslumo, duomenims gauti pasirinkta po 2 matavimo taškus kiekvienos rūšies kelyje, priklausomai nuo kelio dangos. Triukšmo lygio duomenims tyrimo metu gauti buvo pasirenkami matavimo taškai 2 m. ir 20 m (22 pav.) atstumu nuo pasirinktų gatvių važiuojamosios dalies krašto. Atstumas 2 m pasirinktas, kadangi pėstieji, eidami kelkraščiu yra stipriausiai veikiami transporto triukšmo. Todėl aktualu žinoti, koks triukšmo lygis ir koks veikiantis dirginimo rodiklis veikia šioje vietoje esančius asmenis. 20 m taškas pasirinktas, kadangi ties šiuo atstumu prasideda pirmieji gyvenamųjų namų fasadai. Triukšmo matavimo taškai pasirinkti šalia Ateities pl., žvyro dangos kelias Biruliškių g, taip pat grindinio dangos kelias Rotušės aikštėje (23 pav.). Visi matavimo taškai Kauno mieste. Atliekant tyrimus, matavimams buvo pasirinkti kelio ruožai, atitinkantys direktyvoje 70/157/EEC ir standarte ISO 362-2:2009 pateiktus reikalavimus, t. y. Važiuojamosios dalies plotis ne mažiau kaip 3 m, o 50 m atstumu nuo matavimo vietos nėra jokių triukšmo lygio matavimo rezultatams įtakos galinčių turėti objektų ar antrinių triukšmo šaltinių.

Matavimams pasirinkta gatvė ir matavimo taškai 2 ir 20 m atstumu nuo važiuojamosios kelio dalies krašto. Matavimo principas vienodas visuose numatytuose keliuose, skiriasi tik kelio dangos rūšis bei oro sąlygos. Matavimai atlikti dviem skirtingoms transporto priemonėms (iki 3,5t ir virš 3,5t), kurios važiuo asfalto, žvyro bei grindinio dangos dviejų juostų keliais, sausu (apie 20 proc. drėgnumas) ir drėgnu oru (30 proc. drėgnumas).

Atliekant tyrimus, triukšmo matavimo prietaisas, t. y. Mobilusis telefonas buvo laikomas 1,2 m aukštyje nuo žemės, 2 ir 20 m atstumu nuo važiuojamosios kelio dalies krašto. Atsižvelgiant į tai, kad triukšmo lygio matavimo rezultatų patikimumui įtakos gali turėti vėjo greitis, matavimams

pasirinktas laikas, kai vėjo greitis buvo iki 1 m/s. Tyrimas kiekviename taške kartojamas po 10 kartų, kiekvieną mėnesį, pagal galimybes drėgną (daugiau nei 20 proc. santykinis oro drėgnumas) ir sausą (mažiau nei 20 proc. santykinis oro drėgnumas) dienomis. Tas pats atliekama ir su žvyro bei grindinio danga, nes priklausomai nuo kelio dangos, transporto priemonė gali skleisti didesnę ar mažesnę triukšmą. Triukšmas buvo matuojamas asfalto kelio dangos kelyje (Ateities pl.), žvyro kelyje (Biruliškių g.) bei grindinio dangos kelyje (23 pav.). Pasirinkti matavimo taškai pažymėti ir parodyti žemėlapyje (24, 25 pav.).



23 pav. Asfalto, žvyro ir grindinio dangos keliai (Aruodas.lt, 2017, Alfa.lt, 2016, Myliukauna.lt, 2012)



24 pav. Matavimų vietų schema. (Maps.lt, 2017)

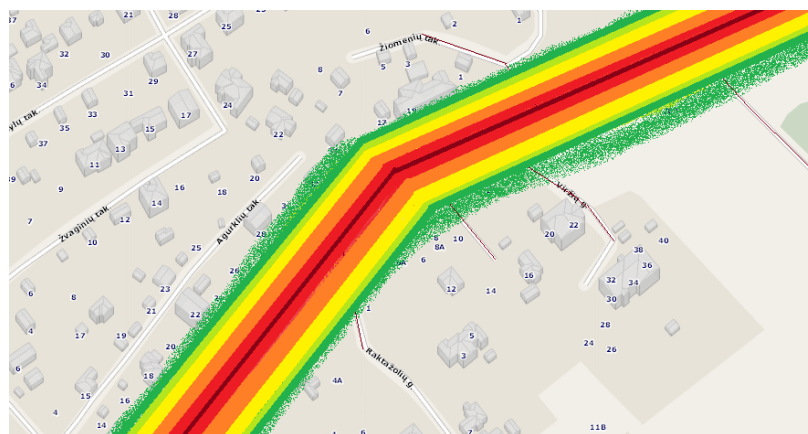
Žemėlapyje pažymėti matavimų atlikimo taškai, taip pat atstumas nuo kelio krašto. Oranžinės spalvos linija pažymėti keliai, kuriuose buvo vykdomi transporto priemonių triukšmo matavimai. Kaip minėta anksčiau, matavimai buvo vykdomi asfalto, žvyro bei grindinio dangos keliuose. Šie taškai pažymėti „X“ ženklu

Grindinio dangos kelias pasirinktas Rotušės aikštėje, Kaune, kadangi šiame kelyje transporto priemonių eismas leidžiamas, automobilių greitis siekia 30 km/h. Didesniu greičiu nelabai ir įsivaizduojama, kad transporto priemonė galėtų važiuoti tokiu keliu. Sunkiasvorių transporto priemonių tokiuose keliuose pamatyti gana sunku, todėl šių transporto priemonių sukeliamas triukšmo lygis grindinio dangos kelyje nebuvo tiriamas. Paveikslėlyje Nr. 25 pažymėti grindinio dangos kelyje pasirinkti matavimo taškai.



25 pav. Matavimų vietų shema. (Maps.lt, 2017)

Išnagrinėta, kad triukšmo rezultatų pateikimo būdas optimaliausias spalvomis, kai žalia išreiškia mažiausią garso lygį, o raudona – didžiausią. Dažniausiai klasifikuojama pagal tris spalvas, tačiau žemėlapiuose gali būti naudojamos ir 5 spalvos, papildomai – oranžinė ir šviesiai žalia. 35 -44 dB – žalia, 45–54 dB – šviesiai žalia, 55-64 dB – geltona, 65-74 dB – oranžinė, 75 ir daugiau dB – raudona. Sudarytas triukšmo rezultatų pateikimo spalvomis pavyzdys (26 pav.).



26 pav. Triukšmo rezultatų pateikimo spalvomis pavyzdys. (L. Sabaliauskienė, 2017, maps.lt)

Prognozės žemėlapiui sudarymui būtina turėti duomenis apie pravažiuojančias transporto priemones: kiek tam tikru laikotarpiu, lengvųjų ir sunkiųjų transporto priemonių pravažiuoja tam tikru keliu, vidutinį transporto priemonių važiavimo greitį tiriamame kelyje, informaciją apie kelio dangą, kelio juostų skaičių bei apie triukšmą sugeriančius arba atspindinčius objektus. Triukšmo prognozės žemėlapis bei triukšmo dirginimo rodiklio prognozavimo metodika sudaryti pagal Ateities plento, Biruliškių g. bei Rotušės a. triukšmo matavimo rezultatus.

3. TYRIMO REZULTATAI

Triukšmo kartografavimo duomenys buvo kaupiami ir analizuojami keliais etapais:

- Erdvinių duomenų surinkimas, apdorojimas ir integracija į modelį;
- Triukšmo emisijos duomenų surinkimas;
- Modelio parengimas;
- Triukšmo žemėlapių ir statistinių duomenų apskaičiavimas;
- Triukšmo žemėlapių verifikacija;
- Triukšmo kartografavimo ataskaitos parengimas

51.1. Triukšmo kartografavimas ir rezultatai

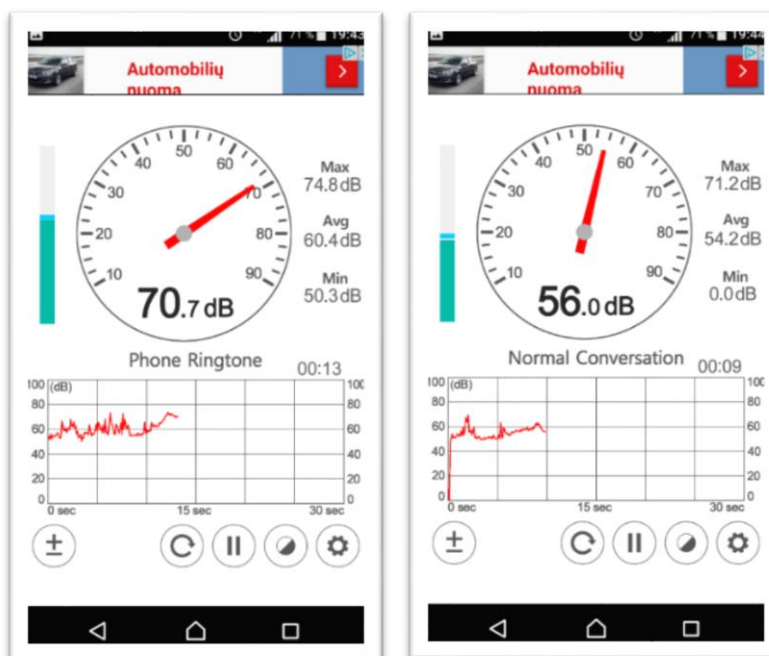
Vidutinis matuojamų automobilių greitis apie 50 km/h. Matuojama buvo nuo transporto priemonės atvažiavimo iki nuvažiavimo, kai pravažiuodavo vienas automobilis, tam, kad išvengti papildomų triukšmo šaltinių. Kadangi sunkiasvorės transporto priemonės nevažinėja grindinio dangos keliais, šis rezultatas nematuotas.

Sudaryta duomenų bazė „excel“ pavidalu, kurioje užfiksuoti duomenys apie transporto priemonių iki 3,5 t ir virš 3,5 t skleidžiamą triukšmą sausu ir drėgnu oru, skirtinga kelio danga bei skirtingu atstumu – 2 ir 20 m nuo važiuojamosios kelio dalies. Atlikta daugiau nei 200 matavimų. Matavimo rezultatų duomenų bazės fragmentas parodytas 28 pav.

Kelio dangos	Matavimų sk.	dangos kelyje, 2 m nuo		kelyje, 2 m nuo kelio		grandinio	dangos kelyje, 20 m nuo		kelyje, 20 m nuo kelio		dangos kelyje, 20 m nuo	
		Lengvoji transporto priemonė	Sunkiasvorė transporto priemonė	Lengvoji transporto priemonė	Sunkiasvorė transporto priemonė	Lengvoji transporto priemonė	Lengvoji transporto priemonė	Sunkiasvorė transporto priemonė	Lengvoji transporto priemonė	Sunkiasvorė transporto priemonė	Lengvoji transporto priemonė	Sunkiasvorė transporto priemonė
Sausa kelio dangos	1	65	76	65	78	66	55	60	50	74	50	-
	2	67	75	65	76	62	57	65	55	72	55	-
	3	72	76	65	75	63	57	68	52	76	59	-
	4	71	77	68	79	65	60	69	57	71	51	-
	5	68	78	69	81	64	58	64	55	69	52	-
	6	61	71	64	79	66	59	68	56	69	56	-
	7	68	74	62	82	68	58	69	58	68	56	-
	8	65	79	68	85	65	60	68	59	69	54	-
	9	66	78	58	79	70	55	65	60	70	56	-
	10	68	75	61	78	65	58	67	65	72	58	-
	11	69	72	65	79	78	55	69	62	71	55	-
	12	66	76	69	76	71	54	65	63	69	52	-
	13	65	75	65	79	69	57	64	59	68	56	-
	14	68	74	66	82	68	59	66	58	69	54	-
	15	64	76	65	85	69	58	68	54	69	55	-
	16	67	78	64	84	71	55	68	55	69	56	-
	17	65	75	69	79	73	57	69	56	69	53	-

28 pav. Rezultatų duomenų bazės fragmentas

Kadangi transporto priemonių sklaidžiamo triukšmo matavimai buvo atliekami mobiliuoju telefonu ir mobiliąja aplikacija „Sound Meter“ (31 pav.), toliau naudojami vidurkių duomenys. Triukšmo matavimų rezultatų vidurkiai asfalto dangos kelyje pateikti 30 pav. Triukšmo matavimų rezultatai žvyro dangos kelyje pateikti 31 paveiksle. Triukšmo matavimų rezultatai grindinio dangos kelyje pateikti 32 pav.



29 pav. Transporto priemonių sklaidžiamo triukšmo matavimo mobiliąja aplikacija „Sound Meter“ fragmentas

Matavimo sąlygos Tr. Priemonė	2 m nuo kelio krašto		20 m nuo kelio krašto	
	Sausu oru	Drėgnu oru	Sausu oru	Drėgnu oru
Lengvoji transporto priemonė (iki 3,5 t.)	66,34	69,86	56,99	60,15
Sunkiasvorė transporto priemonė (virš 3.5 t)	75,65	78,25	65,18	67,34

30 pav. Triukšmo matavimų rezultatai asfalto dangos kelyje (dB)

Iš 30 paveikslo rezultatų matyti, kad sunkiasvorė transporto priemonė didžiausią triukšmą asfalto kelyje skleidžia drėgnu oru – 78,25 dB, sausu oru šios transporto priemonės vidutinis sukeliamas triukšmas – 75,65 dB.

Transporto priemonė iki 3,5 t asfalto dangos kelyje skleidžia vidutiniškai 69,86 dB. Sausu oru lengvojo automobilio sukeliamas triukšmas šiek tiek mažesnis – 66,34 dB. Rezultatai 20 m atstumu daug žemesni, čia sukeliamas triukšmo lygis abiejų tiriamų transporto priemonių sumažėja iki 10 dB.

Matavimo sąlygos Tr. Priemonė	2 m nuo kelio krašto		20 m nuo kelio krašto	
	Sausu oru	Drėgnu oru	Sausu oru	Drėgnu oru
Lengvoji transporto priemonė (iki 3,5 t.)	67,12	70,42	56,11	59,9
Sunkiasvorė transporto priemonė (virš 3.5 t)	78,19	81,01	68,71	71,27

31 pav. Triukšmo matavimų rezultatai žvyro dangos kelyje (dB)

Iš 31 pav. rezultatų, matavimų žvyro dangos kelyje vidurkių, matoma, kad, taip pat, kaip ir asfalto dangos kelyje, didesnę triukšmą sukelia sunkioji (virš 3,5 t.) transporto priemonė, drėgnu oru, 2 m nuo važiuojamosios kelio dalies – 81,01 dB. Sausu oru – 78,19 dB.

Lengvoji (iki 3,5 t) transporto priemonė didesnę triukšmą sukelia, kaip ir sunkioji transporto priemonė, drėgnu oru. Čia jis siekia 70,42 dB., t. y. beveik , 1,5 dB didesnis nei asfalto dangos kelyje. Sausu oru šios transporto priemonės, žvyro dangos kelyje sukeliamas triukšmas – 67,12 dB.

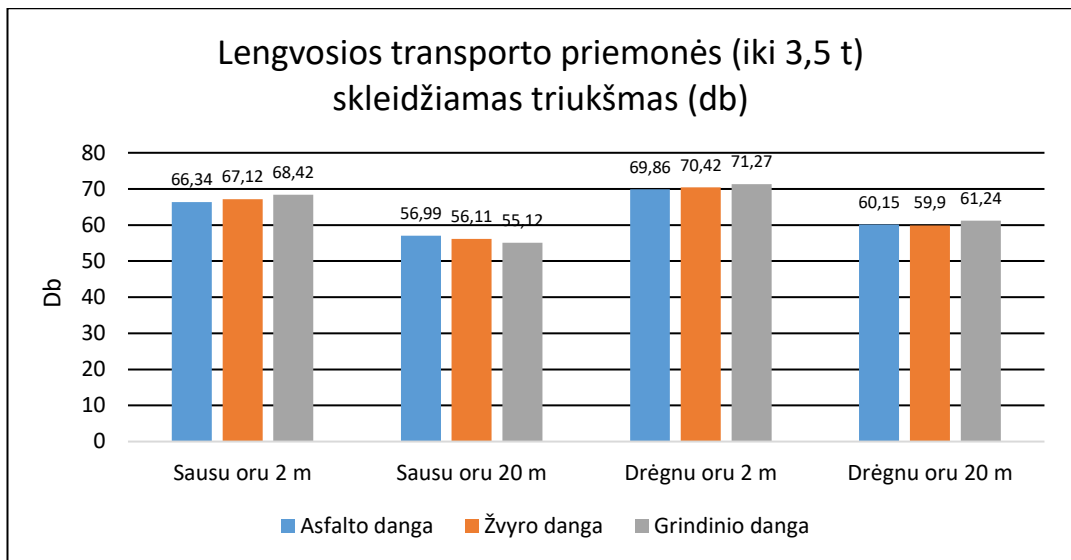
Matavimo sąlygos Tr. Priemonė	2 m nuo kelio krašto		20 m nuo kelio krašto	
	Sausu oru	Drėgnu oru	Sausu oru	Drėgnu oru
Lengvoji transporto priemonė (iki 3,5 t.)	68,42	71,27	55,12	61,24
Sunkiasvorė transporto priemonė (virš 3.5 t)	-	-	-	-

32 pav. Triukšmo matavimų rezultatai grindinio dangos kelyje (dB)

Grindinio dangos kelyje, kaip atspindi 32 pav., lengvoji transporto priemonė, drėgnu oru, 2 m nuo važiuojamosios kelio dalies vidutiniškai skleidžia 71,27 dB triukšmą, sausu oru – 68,42 dB. Triukšmas iki 10 dB sumažėja 20 m atstumu, čia matavimo prietaisas užfiksavo 61,24 dB drėgnu ir 55,12 dB sausu oru triukšmo lygį.

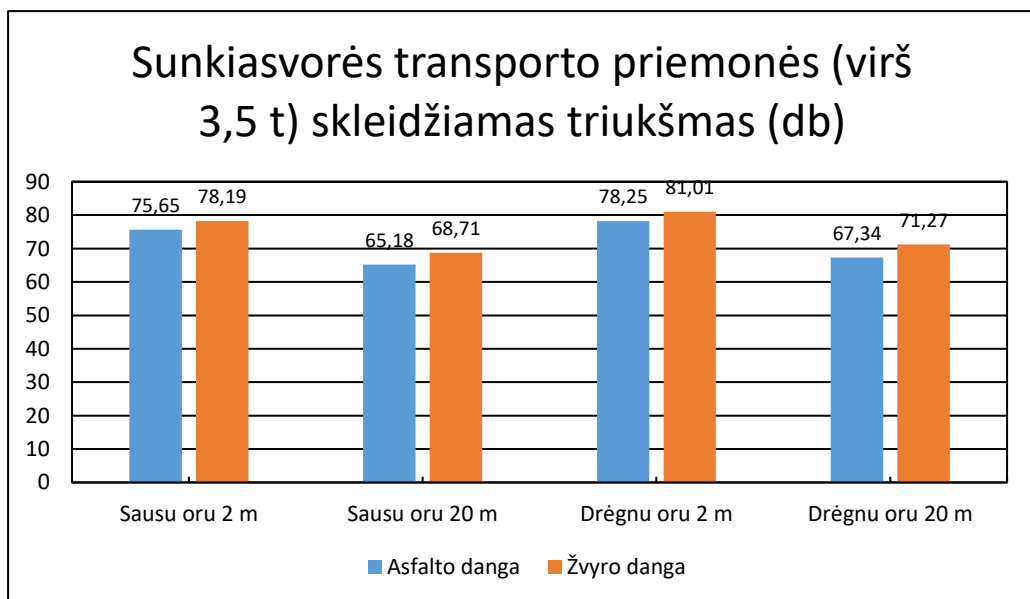
3.2. Rezultatų analizė

Iš gautų rezultatų matyti, kad didesnę triukšmą skleidžia sunkiasvorės transporto priemonės. Mažiausia triukšmo sklaida sausu oru ir keliuose su asfalto danga. Šiek tiek didesnis triukšmo lygis pasiekiamas žvyro dangos keliuose. Čia triukšmo lygis didžiausias sunkiasvorės transporto priemonės – 78,88 dB. Lengvųjų automobilių triukšmas didžiausias grindinio dangos keliuose, čia jis siekia 71,27 dB drėgnu oru, 2 m atstumu nuo triukšmo šaltinio (33 pav.).



33 pav. Lengvosios transporto priemonės (iki 3,5 t) skleidžiamas triukšmas (dB)

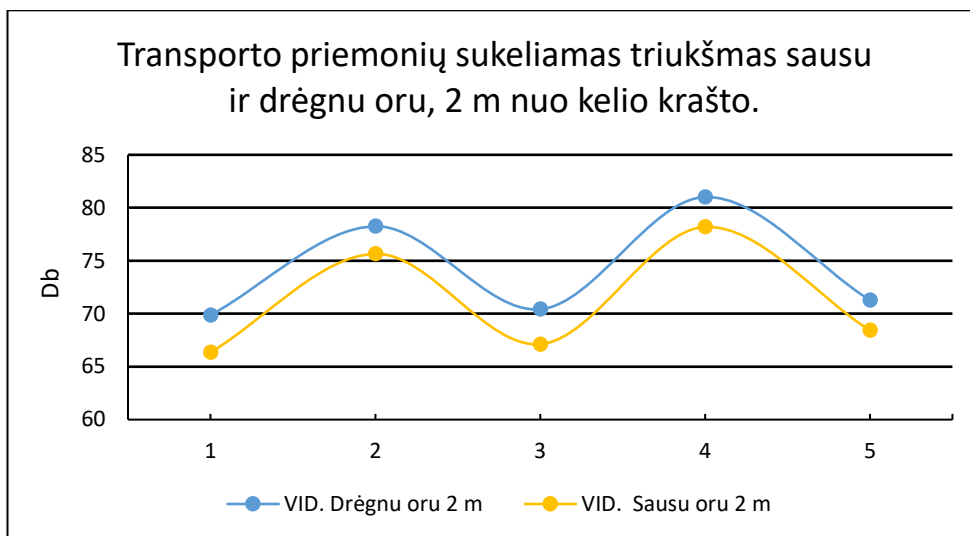
Sunkiasvorės transporto priemonės didžiausią triukšmą skleidžia žvyrkeliuose, net iki 81,01 dB drėgnu oru, 2 m nuo triukšmo šaltinio, sausu oru jis šiek tiek mažesnis – 78,19 dB. 20 m atstumu triukšmo lygis abiejų transporto priemonių ženkliai mažesnis. Didžiausias čia jis skleidžiamas sunkiasvorės transporto priemonės – 71,27 dB (34 pav.).



34 pav. Sunkiasvorės transporto priemonės (virš 3,5 t) skleidžiamas triukšmas (dB)

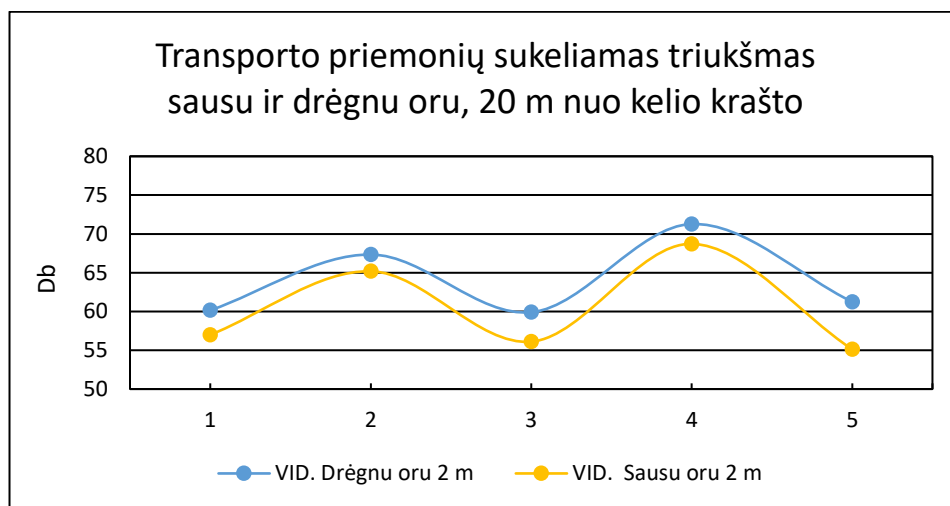
Apibendrinus gautus rezultatus, galima teigti, kad lengvųjų transporto priemonių (iki 3,5 t) triukšmas didžiausias grindinio dangos keliuose, drėgnu oru, 2 m nuo važiuojamosios kelio dalies. Sunkiasvorių transporto priemonių triukšmo lygis didžiausias taip pat drėgnu oru, žvyro dangos kelyje, 2 m nuo važiuojamosios kelio dalies. Grindinio dangos kelyje šios transporto priemonės sukeliamas triukšmas nebuvo matuotas. Sausu oru (sausa kelio danga) abiejų rūšių transporto

priemonių sukiamas triukšmas iki 5,0 dB mažesnis nei matuojant drėgnu oru (šlapia kelio danga) (35, 36 pav.).



- 1- Transporto priemonė iki 3,5 t, asfalto danga
- 2- Transporto priemonė virš 3,5 t, asfalto danga
- 3- Transporto priemonė iki 3,5 t, žvyro danga
- 4- Transporto priemonė virš 3,5 t, žvyro danga
- 5- - Transporto priemonė iki 3,5 t, grindinio danga

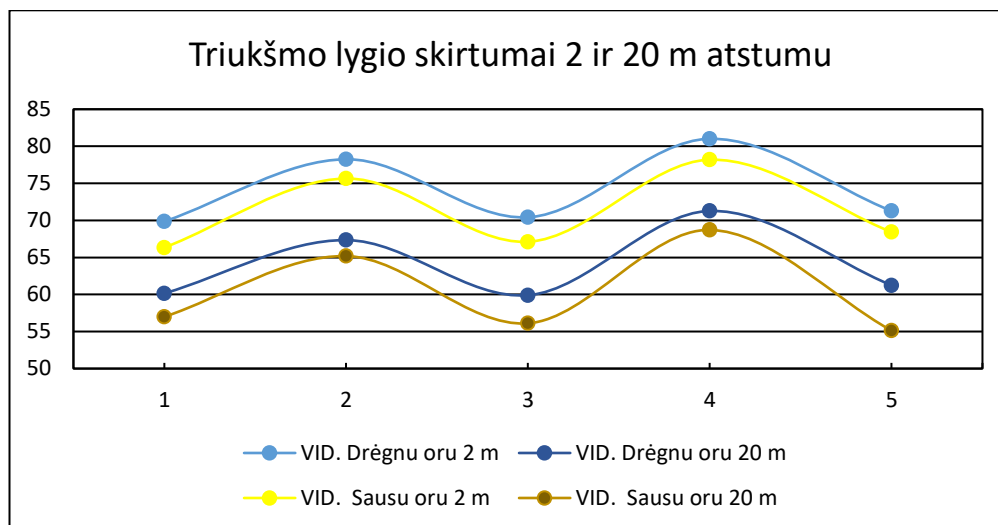
35 pav. Transporto priemonių sukiamas triukšmas sausu ir drėgnu oru, 2 m nuo kelio krašto (dB)



1. Transporto priemonė iki 3,5 t, asfalto danga
2. Transporto priemonė virš 3,5 t, asfalto danga
3. Transporto priemonė iki 3,5 t, žvyro danga
4. Transporto priemonė virš 3,5 t, žvyro danga
5. Transporto priemonė iki 3,5 t, grindinio danga

36 pav. Transporto priemonių sukiamas triukšmas sausu ir drėgnu oru, 20 m nuo kelio krašto (dB)

Lyginant triukšmo sumažėjimą 20 metrų atstumu, iš 37 paveikslo matyti, kad triukšmo rezultatai 2 ir 20 m atstumu skiriasi +/- 10 dB.



- 1- Transporto priemonė iki 3,5 t, asfalto danga
- 2- Transporto priemonė virš 3,5 t, asfalto danga
- 3- Transporto priemonė iki 3,5 t, žvyro danga
- 4- Transporto priemonė virš 3,5 t, žvyro danga
- 5- Transporto priemonė iki 3,5 t, grindinio danga

37 pav. Triukšmo lygio skirtumai 2 ir 20 m atstumu (dB)

3.3. Triukšmo dirginimo koeficientas

Rengiant strateginius triukšmo žemėlapius, taikomi LDVN ir LNAKTIES triukšmo rodikliai. LDVN (dienos, vakaro ir nakties triukšmo rodiklis) – triukšmo poveikio sukkelto apibendrinto dirginimo rodiklis.

Dienos, vakaro, nakties triukšmo lygis LDVN decibelais (dB) apskaičiuojamas pagal formulę (ISO 1996-2:1987):

$$L_{DVN} = 101g \frac{1}{24} \left(12 \times 10^{\frac{L_{DIENOS}}{10}} + 4 \times 10^{\frac{L_{VAKARO+5}}{10}} + 8 \times 10^{\frac{L_{NAKTIES+10}}{10}} \right)$$

čia:

L_{DIENOS} (dienos triukšmo rodiklis) – dienos laikotarpiu triukšmo poveikio sukkelto dirginimo rodiklis. Tai vidutinis ilgalaikis A svertinis garso lygis, nustatytas vienerių metų dienos laikotarpiui.

L_{VAKARO} (vakaro triukšmo rodiklis) – vakaro laikotarpiu triukšmo poveikio sukkelto dirginimo rodiklis. Tai vidutinis ilgalaikis A svertinis garso lygis, nustatytas vienerių metų vakaro laikotarpiui.

$L_{NAKTIES}$ (nakties triukšmo rodiklis) – nakties laikotarpiu triukšmo poveikio sukulto dirginimo rodiklis. Tai vidutinis ilgalaikis A svertinis garso lygis, nustatytas vienerių metų nakties laikotarpiui.

Garso stipris – fizikinis dydis, lygus energijos kiekiui, kurį garso banga per vienetinį laiką perneša pro vienetinį plotą, statmeną bangos sklidimo kryptčiai. Garso stipris apskaičiuojamas pagal formulę:

$$I = \frac{P_{ac}}{4\pi r^2}$$

I – garso stipris

P_{ac} – pernešama energija per garso vienetą (išmatuotas $dbA \times 3,16$)

r – matavimo spindulys nuo triukšmo šaltinio

Iš fizikos žinoma, kad garso vienetą žymimas decibelais (dB) ir kad 1 dB perneša 3,16 garso energijos. Jeigu valandos triukšmo lygis būtų 55 dB, o matavimo spindulys 20 m, tai triukšmo stipris apskaičiuojamas būtų taip:

$$I = \frac{55 \times 3,16}{4 \times 3,14 \times 20 \times 20} = 0,037$$

Kadangi didžiausią įtaką sveikatai triukšmas daro priklausomai nuo pastoviai veikiančio triukšmo dirginimo rodiklio dydžio, šiam dydžiui apskaičiuoti sudaryta formulė, kurios pagalba būtų galima prognozuoti triukšmo lygį, priklausantį nuo triukšmą įtakojančių atitinkamų koeficientų:

$$D = 0,037(K_{at} + K_{dr} + K_d + K_{gr} + K_p + K_{past} + K_s)$$

D – triukšmo dirginimo rodiklis

0,037 – apskaičiuotas vidutinis vienos valandos garso stipris

K_{at} – atstumo koeficientas

K_{dr} – oro drėgmės koeficientas

K_d – kelio dangos koeficientas

K_{gr} – transporto priemonės važiavimo greičio koeficientas

K_p – kelio eismo juostų koeficientas

K_{past} – pastatų atspindžio koeficientas

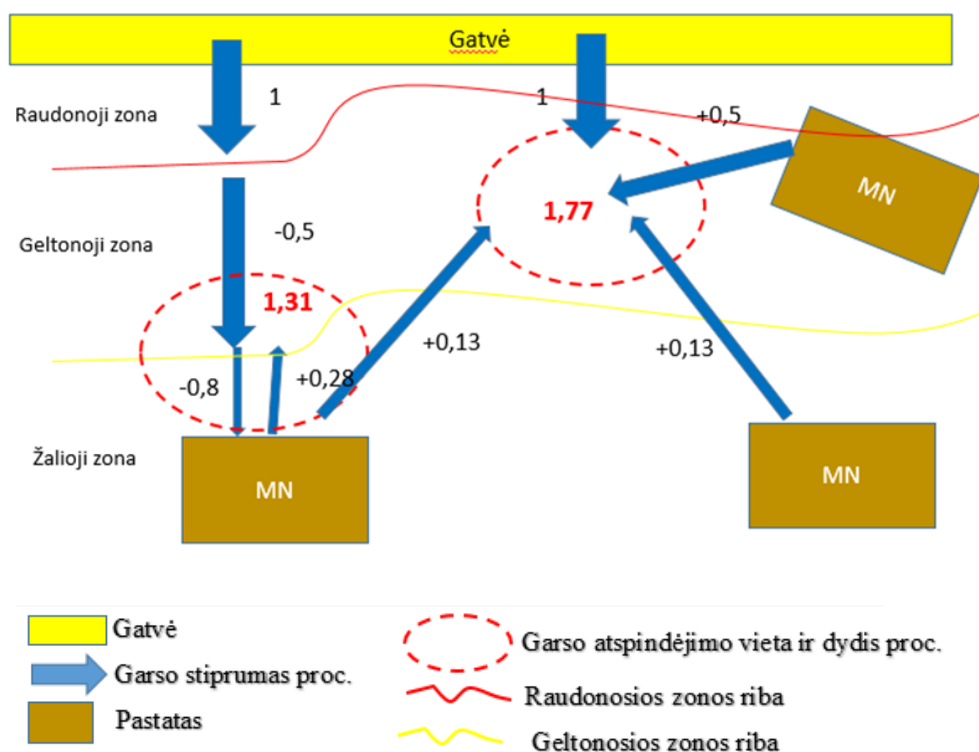
K_s – sugerties koeficientas

Garso bangų atspindys ir lūžimas. Garso bangos atspindys gali vykti, kai banga sklinda per dviejų skirtingų terpių ribą, pavyzdžiui, iš oro į vandenį, iš oro į žmogaus organizmo audinius ir pan. Paprastai dalis garso bangos atsispindi, t. y. grįžta į pirmąją terpę, o dalis yra sugerama ir/ar perduodama į kitą terpę. Šiuo momentu vykstant garso bangos lūžiui, keičiasi bangos sklidimo kryptis naujoje terpėje, nes joje keičiasi bangos sklidimo greitis. Vadinasi, garso bangai patekus į dviejų terpių ribą, dalis jos gali atsispindėti nuo tos ribos, dalis lūžti ir patekti į kitą terpę. Kitoje terpėje lūžusi banga gali būti sugerama, arba gali išeiti iš tos terpės. Garso bangos atspindžio ir lūžio dėsniai yra analogiški šviesos atspindžio ir lūžio dėsniams.

Analizuojant gautus triukšmo matavimo rezultatus, pastebimas garso sustiprėjimas ir susilpnėjimas dėl jo atspindžio nuo pastatų ir užstojamų žaliųjų juostų, todėl vien garso stiprumas neparodo tikrosios situacijos.

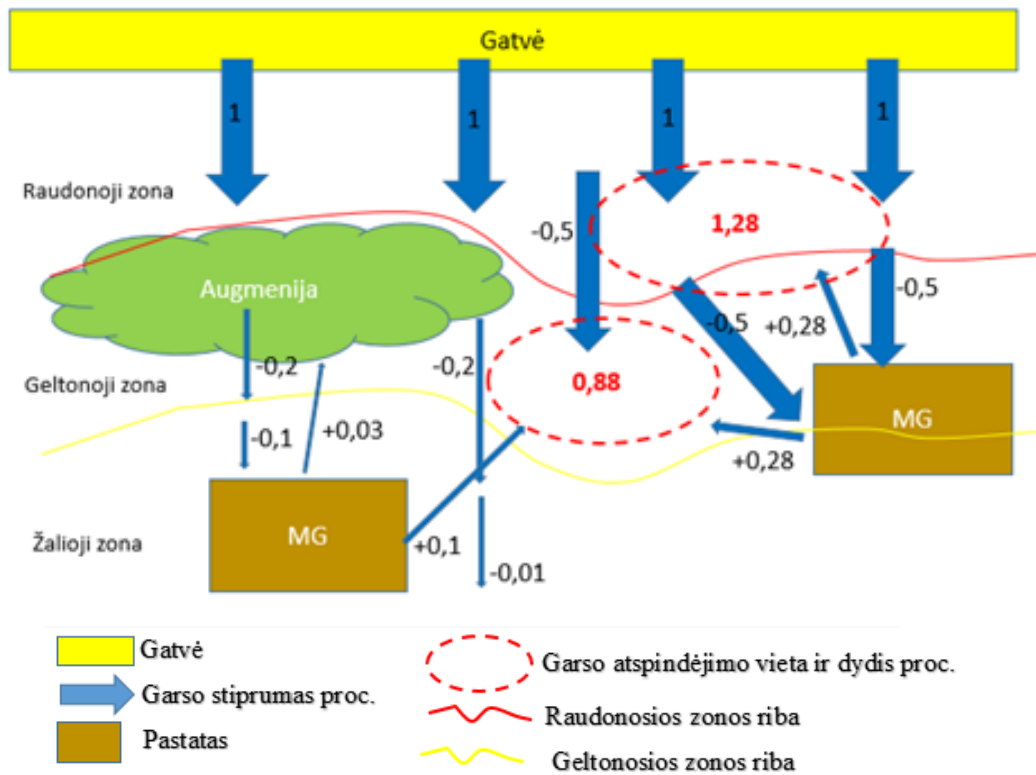
Reikiamų koeficientų nustatymui pagal triukšmo atspindėjimą sudarytos trys dirginimo zonų modeliavimo schemas:

Triukšmo dirginimo stiprėjimo zonų schema Nr. 1

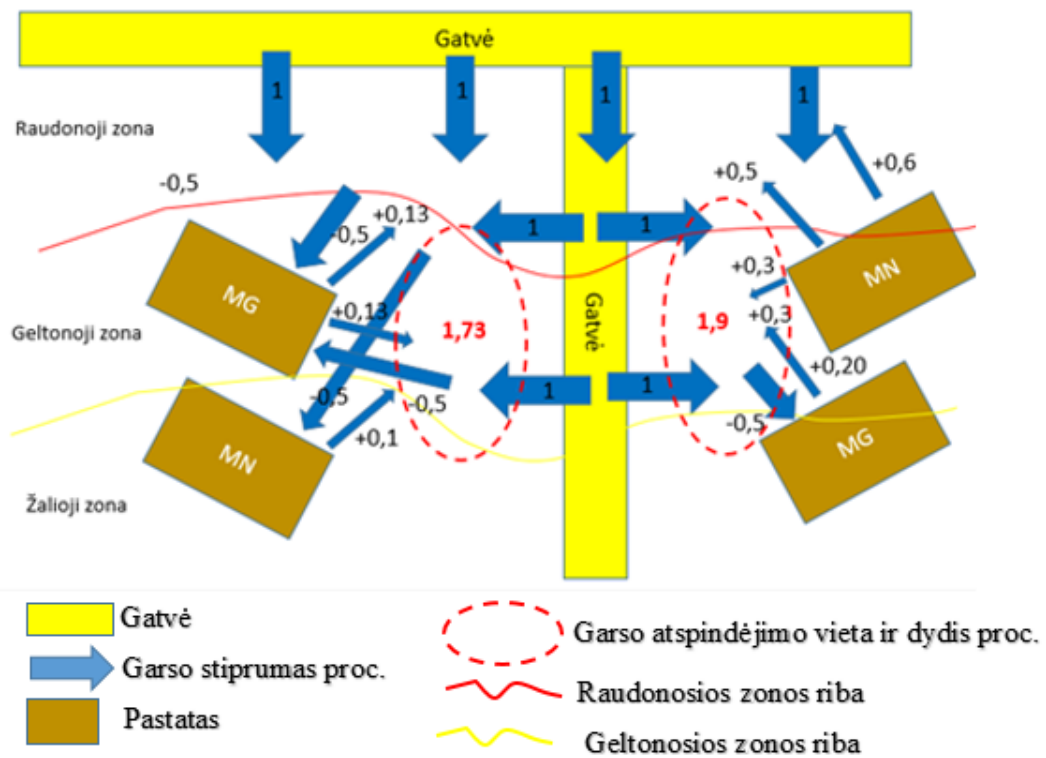


38 pav. Garso atspindėjimų schema esant pastatams

Triukšmo dirginimo stiprėjimo zonų scema Nr. 2



39 pav. Garso atspindėjimų schema esant augmenijai



40 pav. Garso atspindėjimų schema prie sankryžų

Dirginimo rodiklio veikimo zoni žymėti pasirinktos trys pagrindinės spalvos: raudona, kuri reiškia didžiausią triukšmą - 75 ir daugiau dB, 55-74 dB – geltona, mažiau nei 55 – žalia.



41 pav. Garso dirglumo schema pagal tyrimo duomenis (L. Sabaliauskienė, 2017, maps.lt)

3.4. Dirginimo rodiklį įtakančių koeficientų nustatymas

Įvertinus gautus rezultatų vidurkius išskaičiuoti tiesiogiai triukšmą įtakančias koeficientai, kurie reikalingi norint apskaičiuoti konkrečios vietos triukšmo dirginimo rodiklį. Kadangi matuojama buvo 2 ir 20 m. pateikiamas vidurkis.

Triukšmo lygio dydis tiesiogiai priklauso nuo atstumo. Kuo arčiau triukšmo šaltinis, tuo koeficientas K_{at} bus didesnis. Matuojama buvo atstumu 2 ir 20 m, iš rezultatų nustatyta, kad nuo 2 iki 20 m atstumo triukšmo matavimo rezultatas sumažėja iki 10 dB, tad ir koeficientas nustatytas priklausomai nuo atstumo iki triukšmo šaltinio dydžio.

Atstumas (m)	Koeficientas (K_{at})
2	1,50
4	1,35
6	1,20
8	1,05
10	0,90
12	0,75
14	0,60
16	0,45
18	0,30
20	0,15
>20	0,00

42 pav. Koeficiento K_{at} priklausomybė nuo atstumo

Santykinis drėgnumas (santykinis drėgnis, santykinė drėgmė) – terminas, naudojamas apibūdinti vandens garų kiekiui ore. Kad apskaičiuoti santykinę oro drėgmę, reikia žinoti oro temperatūrą. Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba pateikia lentelę (žr. Toliau), kurioje pavaizduota, kaip apskaičiuojamas karščio indeksas esant skirtingoms lauko temperatūroms ir skirtingiems santykiniams oro drėgnumams.

Pagal fizikinius dėsnius karštu oru garsas sklinda greičiau nei šaltu, o drėgnu greičiau nei sausu (skirtumas apie 0,1 – 0,6%), tad ir koeficientų dydis apskaičiuotas atitinkamai drėgmės lygiui.

Temperatūra, C°	Santykinis drėgnumas, %																		
	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100		
21					21	22	22	23	24	24	25	26	26	27	28	29	29		
22				22	22	23	24	25	25	26	27	27	28	29	30	30	31		
23				23	24	24	25	26	27	28	28	29	30	31	31	32	33		
24				24	25	26	27	28	28	29	30	31	32	33	33	34	35		
25			25	26	26	27	28	29	30	31	32	33	33	34	35	36	37		
26			26	27	28	29	30	31	32	33	33	34	35	36	37	38	39		
27	27	27	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41		
28	28	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43		
29	29	29	30	31	32	33	35	36	37	38	39	40	41	42	43	45	46		
30	30	30	31	33	34	35	36	37	39	40	41	42	43	44	46	47	48		
31	31	32	33	34	35	37	38	39	40	42	43	44	45	47	48	49	50		
32	32	33	34	36	37	38	40	41	42	44	45	46	48	49	50	51	53		
33	33	34	36	37	39	40	41	43	44	46	47	48	50	51	53	54	55		
34	34	36	37	39	40	42	43	45	46	48	49	51	52	53	55	56	58		
35	36	37	39	40	42	43	45	47	48	50	51	53	54	56	57	59	61		
36	37	39	40	42	44	45	47	49	50	52	53	55	57	58	60	62	63		
37	38	40	42	44	45	47	49	51	52	54	56	58	59	61	63	64	66		
38	40	42	43	45	47	49	51	53	54	56	58	60	62	64	65	67	69		
39	41	43	45	47	49	51	53	55	57	59	61	62	64	66	68	70	72		
40	43	45	47	49	51	53	55	57	59	61	63	65	67	69	71	73	75		
41	44	46	48	51	53	55	57	59	61	63	66	68	70	72	74	76	79		
42	46	48	50	52	55	57	59	61	64	66	68	70	73	75	77	80	82		
43	47	49	52	54	57	59	61	64	66	69	71	73	76	78	81	83	85		

43 pav. Temperatūros ir santykinio drėgnumo santykio lentelė. (Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba, 2016)

Oro drėgmė (proc.)	Koeficiento <i>Kdr</i> dydis
10	0
20	0,1
30	0,15
40	0,2
50	0,25
60	0,27
70	0,3
80	0,4
90	0,5
100	0,6

44 pav. *Kdr* koeficiento priklausomybė nuo santykinės oro drėgmės

Važiavimo greitis	Koeficientas <i>Kgr</i>
10	0,1
20	0,2
30	0,3
40	0,35
50	0,39

60	0,43
70	0,46
80	0,49
90	0,52
100	0,54
110	0,56
120	0,58
130	0,6

45 pav. Koeficiento K_{gr} priklausomybė nuo automobilio greičio

Įvertinus važiavimo greičio ir kelio dangos priklausomybės nuo triukšmo tendencijas nustatyta, kad priklausomai nuo kelio dangos ir greičio koeficientas didėja arba mažėja:

Dangos rūšis	Sausa danga, koeficientas K_d	Šlapia danga koeficientas K_d
Asfaltas	0,9	1,1
Žvyras	1,4	1,6
Grindinys	1,5	1,7

46 pav. Koeficiento K_d priklausomybė nuo kelio dangos būklės

Triukšmo šaltinių buvimo vieta šiuo atveju yra gatvė. Koeficientas K_p priklauso nuo kelio pločio, eismo juostų skaičiaus. Kadangi kuo daugiau kelyje važiavimo juostų, tuo didesnis bus ir triukšmo rodiklis, kai skirtingomis juostomis prasilenks keletas variklinių transporto priemonių. Kai egzistuoja du nesusiję tokio paties stiprumo garso šaltiniai, tai bendras triukšmo lygis bus trimis decibelais aukštesnis nei garsas, kurį skleistų vienas garso šaltinis.

Eismo juostų skaičius	Koeficiento K_p dydis
1	0,1
2	0,3
3	0,6
4	0,9
5	1,2
6	1,5

47 pav. K_p koeficiento priklausomybė nuo kelio juostų skaičiaus

Koeficientas K_{past} , priklausantis nuo aplink tiriamąją vietą išsidėsčiusių pastatų:

Atstumas iki artimiausio pastatato (m)	Atspindžio koeficiento dydis
iki 2	1
3 – 5	0,8
6 – 10	0,6
11 – 15	0,4
16 – 20	0,2
20 ir daugiau	0,0

48 pav. Koeficientas K_{past} , priklausantis nuo aplink tiriamąją vietą išsidėsčiusių pastatų

Miško, augmenijos rūšis	Sugerties koeficientas Db(A)/m
Tankūs brūzgynai	-0,12
Brandus pušynas	-0,08
Brandus eglynas	-0,16
Lapuočių miškas	-0,14
Krūmų juostos, gyvatvorės	-0,10

49 pav. Kai kurių miško rūšių ir augmenijos vidutiniai sugerties koeficientai (K_s)

Tam, kad patikrinti skaičiavimo formulės tinkamumą ir nustatyti dirginimo rodiklio veikimo zonų dydžius, buvo atlikti bandymai 2 –juose tos pačios gatvės taškuose, 20 m nuo gatvės ir 12 m nuo gatvės.

Triukšmo dirginimo rodiklio skaičiavimo eiga taške Nr. 1:

$$D = 0,037(K_{at} + K_{dr} + K_d + K_{gr} + K_p + K_{past} + K_s)$$

Duomenys:

$$K_{at} - (20m) = 0,15$$

$$K_{dr} - (30 \text{ proc.}) = 0,15$$

$$K_d - (\text{Asfaltas}) = 0,9$$

$$K_{gr} - (50 \text{ km/h}) = 0,39$$

$$K_p - (2 \text{ e. juostos}) = 0,3$$

$$K_{past} - (5 \text{ m}) = 0,8$$

$$K_s - (\text{nėra augmenijos}) = 0$$

$$D = 0,037 (0,15 + 0,15 + 0,9 + 0,39 + 0,3 + 0,8 + 0) = \mathbf{0,01}$$

Triukšmo dirginimo rodiklio skaičiavimo pavyzdys taške Nr. 2:

$$D = 0,037(K_{at} + K_{dr} + K_d + K_{gr} + K_p + K_{past} + K_s)$$

Duomenys:

$$K_{at} - (12 \text{ m}) = 0,75$$

$$K_{dr} - (30 \text{ proc.}) = 0,15$$

$$K_d - (\text{Asfaltas}) = 0,9$$

$$K_{gr} - (50 \text{ km/h}) = 0,39$$

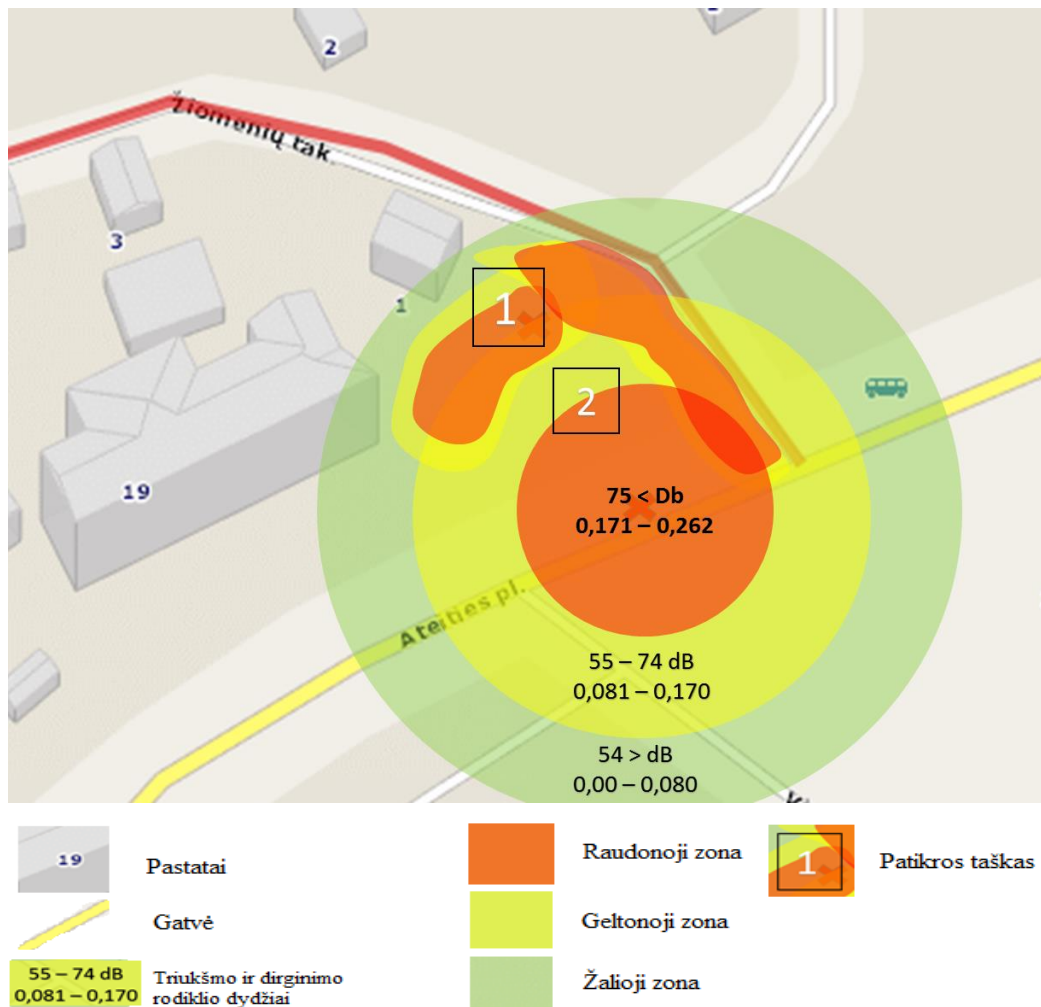
$$K_p - (2 \text{ e. juostos}) = 0,1$$

$$K_{\text{past}} - (12 \text{ m}) = 0,4$$

$$K_s - (\text{nėra augmenijos}) = 0$$

$$D = 0,037 (0,75 + 0,15 + 0,9 + 0,39 + 0,1 + 0,4 + 0) = \mathbf{0,01}$$

Abiem atvejais triukšmo dirginimo rodiklis gautas 0,01. Nors stebėtojas stovėjo skirtinguose atstumuose, dirginimo rodiklis dėl atspindžio nuo pastatų abiejose tyrimo vietose veikia vienodai (50 pav.)



50 pav. Formulės patikros schema

Pagal nustatytus koeficientus, apskaičiuotas galimas minimalus ir maksimalus garso dirginimo rodiklis. Garso dirginimo rodiklis minimalus gali būti 0,044 ir maksimalus – 0,262 (51 pav.).

Triukšmo dirglumo rodiklio dydis	Žala sveikatai
0,044 – 0,080	Maža
0,081 – 0,170	Vidutinė
0,171 – 0,262	Didelė

51 pav. Nustatyta dirginimo rodiklių skalė

Įvertinus visus išnagrinėtus koeficientus, įtakojančius triukšmo dirginimo rodiklio dydį, išsiaiškinta, kad dirginimo rodiklio prognozės programėlės sklandžiam rezultato pateikimui būtini šie duomenys:

- Atstumas iki triukšmo šaltinio,
- Oro drėgmės lygis;
- Kelio dangos rūšis;
- Vidutinis transporto priemonių važiavimo greitis;
- Kelio juostų skaičius;
- Atstumas iki artimiausių pastatų, ar kitų triukšmą atspindinčių objektų;
- Atstumas iki triukšmą sugeriančių zonų;
- Vidutinis pravažiuojančių transporto priemonių skaičius nustatytu laiko tarpu.

Turint šią informaciją ir įvedus ją į reikiamus laukelius aplikacijoje, programėlė galėtų suskaičiuoti dirginimo rodiklį, atsižvelgiant į nustatytus triukšmą įtakojančius koeficientus. Tai būtų naudinga informacija kiekvienam besidominčiam, kaip stipriai nuolat veikiantis triukšmo dirginimo rodiklis įtakoja jo sveikatos būklę ir paskatintų imtis atitinkamų priemonių jo mažinimui.

IŠVADOS

1. Atlikus esamos literatūros ir pasaulyje atliktų tyrimų analizę nustatyta, kad triukšmo kartografavimui, dėl jo ypatingos žalos žmogui, keliamas vis didesnis dėmesys. Lietuvoje tokių tyrimų taip pat nemažai atlikta. Tačiau galima teigti, kad visi atlikti tyrimai parodo garso stiprumo sklaidą, bet ne jo poveikį žmogui, todėl tikslinga kartografuojant pateikti ne garso stiprumo sklaidą, bet garso dirglumo dydį (įtaką). Šis parametras objektyviau atspindėtų garso neigiamą įtaką žmogui.

2. Išanalizavus triukšmo rezultatų pateikimo būdus grafikais, lentelėmis ar linijomis pastebėta, kad rezultatai šiais būdais nevisiškai išsamūs, kadangi sunku įvertinti, kurioje gatvės vietoje triukšmo dirginimo rodiklis didžiausias ir pagal skaičius sunku įsivaizduoti kokio stiprumo triukšmas ir kiek kartų jis viršija leistiną normą. Labiausiai išsamus triukšmo rezultatų pateikimo būdas – žemėlapiuose, spalvomis, kadangi tik pažvelgus į strateginį triukšmo žemėlapiį galima įvertinti bet kurios teritorijos triukšmo lygį. Spalvų paletė žemėlapiuose optimaliausia kai žemiausią triukšmo lygį nurodo žalia spalva, didžiausią – raudona arba mėlyna.

3. Atlikti tyrimams buvo pasirinkta matuoti transporto priemonių sukeliama triukšmą pasirinktose gatvėse su asfalto, žvyro ir grindinio danga, kadangi šios dangos dažniausiai sutinkamos miestų teritorijose. Įvertinus galimus triukšmo šaltinius, išsiaiškinta, kad tikslingiausia matuoti transporto priemonių iki 3,5 t ir virš 3,5 t, keliamą triukšmą, kadangi 90 proc. transporto srauto gatvėse sudaro būtent šios transporto priemonės. Matavimo taškai pasirinkti 2 ir 20 m atstumu nuo važiuojamosios kelio dalies, kadangi ties 2 m nuo kelio važiuojamosios dalies vyksta pėsčiųjų eismas, o 20 m atstumu nuo gatvės prasideda gyvenamųjų namų fasadai. Dėl šios priežasties pasirinkta dirginimo rodiklį apskaičiuoti būtent tokiuose atstumuose.

4. Triukšmo matavimams pasitelktos minimalios priemonės – mobilusis telefonas ir nemokamai platinama triukšmo matavimo aplikacija: „Sound Meter (Abc Apps)“. Išanalizavus gautus triukšmo matavimo rezultatus, taip pat pastebėtas garso sustiprėjimas ir susilpnėjimas dėl jo atspindžio nuo pastatų ir užstojamų žaliųjų juostų. Šių, dirginimo rodiklį įtakančių koeficientų nustatymui, pagal triukšmo atspindėjimą, sudarytos trys dirginimo zonų modeliavimo schemas: esant pastatams, esant augmenijai ir esant sankryžai.

5. Atlikti Ateities pl., Biruliškių g. bei Rotušės a. triukšmo matavimai parodė, kad transporto priemonių sukeliama triukšmo lygis visuose matavimo taškuose stipriai viršija leistiną normą. Taip pat pastebėta, kad drėgnu oru triukšmo dydis yra iki 5 dB didesnis nei sausu oru. Matavimo prietaisu matuojant triukšmą 20 m atstumu nuo kelio krašto transporto priemonių sukeliama triukšmas sumažėja iki 10 dB. Sudaryta prognozės metodika, nustatant triukšmo dirginimo rodiklį įtakančius koeficientus. Verifikacijos metu, patikrinti 2 pasirinkti taškai,

kuriuose, pagal esamą situaciją buvo apskaičiuotas dirginimo rodiklis. Patikros metu nustatyta, kad triukšmo atspindėjimo zonos dirginimo rodiklis taip pat padidėja. Nustatyta, kad tam, kad triukšmo dirginimo rodiklio prognozės apskaičiavimo aplikacija teisingai apskaičiuotų rezultatą, turi būti galimybė pasirinkti ar nurodyti informaciją apie šiuos pagrindinius duomenis – atstumą iki triukšmo šaltinio, oro drėgmės dydį, informaciją apie kelio dangą, transporto priemonės važiavimo greitį, kelio eismo juostų skaičių, informaciją apie triukšmo šaltinio atstumą iki pastatų ir apie garsą sugeriančius objektus (miškai, augmenija). Turint šią informaciją ir įvedus ją į reikiamus laukelius aplikacijoje, programėlė galėtų suskaičiuoti dirginimo rodiklį, atsižvelgiant į nustatytus triukšmą įtakojančius koeficientus. Tai būtų naudinga informacija kiekvienam besidominčiam, kaip stipriai nuolat veikiantis triukšmo dirginimo rodiklis įtakoja jo sveikatos būklę ir paskatintų imtis atitinkamų priemonių jo mažinimui.

NAUDOTA LITERATŪRA

„Estonian, Latvian & Lithuanian environment”, 2012. aplinkos triukšmo strateginio kartografavimo organizavimo ir įgyvendinimo pavyzdinis modelis. UAB Vilnius

A GIS-Based Approach for 3D Noise Modelling Using 3D City Models. Master thesis. Vinaykumar Kurakula, 2007, International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation, Enschede, The Netherlands

Alytaus miesto savivaldybė. 2012. Triukšmas, jo poveikis sveikatai. <http://www.ams.lt/aplinkosauga/index.php?Lang=34&ItemId=32816> (Paskutinį kartą žiūrėta 2016-06-01).

Blažys R., Garbinčius G., Dabužinskaitė Ž., Gedzevičius I., 2009. „Automobilių keliamo triukšmo tyrimai“ Vilniaus Gedimino technikos universitetas,

Dapkienė J., Uscila V., 2010. Veiklos ataskaita: „aplinkos triukšmo valdymo srities teisinės bazės, įskaitant teritorijų planavimą ir statybų procesą, analizė“. Valstybinės visuomenės sveikatos priežiūros tarnybos prie sveikatos apsaugos ministerijos. Nr. Pa-5

Engel Z. Ochrona środowiska przed drganiem i hałasem. 2001. Varšuva. 500 p.

EUROPOS PARLAMENTO IR KOMISIJOS DIREKTYVA, 2002/49/EB, 2002 m. birželio 25 d., „dėl aplinkos triukšmo įvertinimo ir valdymo“.

Federal Ministry of Agriculture. 2012 Landesstraßen: 24h-Durchschnitt 4m. 2012. <http://www.laerminfo.at/karten/strassenverkehr/strasse/24h.html> (Paskutinį kartą žiūrėta 2016-06-19).

hobbyking, 2017. HobbyKing Digital Sound Level (dB) Meter http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/__21958__HobbyKing_Digital_Sound_Level_dB_Meter.html (Paskutinį kartą žiūrėta 2016-06-02)

<http://infraplanas.lt/index.php/lt/aplinkos-triuksmo-oro-tarsos-modeliavimas-10.html> (Paskutinį kartą žiūrėta 2016-06-02)

Infraplanas.lt , 2016. HobbyKing Digital Sound Level (dB) Meter.

Juknys R. Aplinkotyra, 2005. Kaunas: Vytauto Didžiojo Universitetas ISBN 9955-12-115-7

Kauno miesto savivaldybė. Kauno miesto strateginis triukšmo žemėlapis, 2012. http://infr.kaunas.lt/noise#all_den (Paskutinį kartą žiūrėta 2016-06-02)

Liaubaitė L. Transporto keliamo triukšmo įvertinimas kauno mieste ir jo poveikis darbingo amžiaus moterų hipertenzijai. 2012. Baigiamasis magistro darbas. Vytauto didžiojo universitetas. Lietuvos automobilių kelių direkcija prie Susisiekimo ministerijos, strateginiai_triuksmo_zemelapiai, 2016. http://www.lakd.lt/lt.php/triuksmo_valdymas/strateginiai_triuksmo_zemelapiai/13700 (Paskutinį kartą žiūrėta 2016-06-01)

Lietuvos automobilių kelių direkcija prie Susisiekimo ministerijos. Pagrindinių automobilių kelių aplinkos triukšmo tyrimas, analizė ir strateginis kartografavimas pagal Lietuvos Respublikos ir Europos Sąjungos reikalavimus. 2012.

LRT. Pespėjimas vairuotojams: Vilniuje laukiama 3 kartus didesnių spūsčių., 2013 <http://www.lrt.lt/naujienos/lietuvoje/2/30382> (Paskutinį kartą žiūrėta 2016-06-15)

Nacionalinis visuomenės sveikatos centras prie Sveikatos apsaugos ministerijos, Triukšmas gali sukelti neigiamas pasekmes sveikatai, 2017. <https://nvsc.lrv.lt/lt/naujienos/triuksmas-gali-sukelti-neigiamas-pasekmes-sveikatai>, (Paskutinį kartą žiūrėta 2017-05-01).

Petrauskaitė V. Transporto keliamo triukšmo valdymo politika, 2006. Magistro baigiamasis darbas. Vilnius poveikioaplinkaivertinimasiraplinkoskokybe, 2016. <http://www.cowi.lt/menu/service/aplinkosauga-ir-vandentvarka/poveikioaplinkaivertinimasiraplinkoskokybe/Pages/default.aspx> (Paskutinį kartą žiūrėta 2016-06-19)

SĮ Vilniaus planas. Vilniaus triukšmo kartografavimas. 2012. <http://vilniausplanas.lt/lt/projektai/gis-ir-skaitmeninis-kartografavimas/vilniaus-strateginis-triuksmo-kartografavimas>. (Paskutinį kartą žiūrėta 2016-06-01)

Sikorskytė A. Triukšmo žemėlapių sudarymo ypatumai mapnoise programine įranga. 2013. Kauno kolegija.

Skirgaila A., 2008. „Automobilių keliamo triukšmo slopinimo būdų palyginamoji analizė“

Šiaulytė A. Klaipėdos triukšmas užfiksuotas žemėlapiuose., 2012. <http://www.ve.lt/naujienos/lietuva/vakaru-lietuva/klaipedos-triuksmas-uzfiksuotas-zemelapiuose-779612/>. (Paskutinį kartą žiūrėta 2016-06-02)

UAB "Mokslo Technologijos". Garso lygio matuoklis P5055. <http://www.mokslotechnologijos.lt/garso-lygio-matuoklis-p5055>. (Paskutinį kartą žiūrėta 2016-06-02)

UAB „COWI Lietuva. 2015. Poveikio aplinkai vertinimas ir monitoringas, <http://www.cowi.lt/menu/service/aplinkosauga-ir-vandentvarka/poveikioaplinkaivertinimasiraplinkoskokybe/Pages/default.aspx>, (Paskutinį kartą žiūrėta 2016-06-02)

UAB Gatas. Akustinio triukšmo užtvara.. 2016. www.gatas.lt (Paskutinį kartą žiūrėta 2016-06-02)

UAB Infraplanas. Paslaugos. 2015. http://infraplanas.lt/triuksmo-oro-tarsos-ir-kvapumodeliavimas/#infraplanas_1, (Paskutinį kartą žiūrėta 2016-06-02)

Uscila V. Triukšmas – ne tik ekologinė problema, bet ir grėsmė sveikatai.. 2012. <http://www.aidas.lt/lt/sveikata/article/10625-04-30-triuksmas-ne-tik-ekologine-problema-bet-ir-gresme-sveikatai> (Paskutinį kartą žiūrėta 2016-06-01)

Vasarevičius S., Graudinytė J. Transporto triukšmo lygio automobilių kelių ir geležinkelio sankirtose tyrimai ir įvertinimas. 2004. Vilniaus Gedimino technikos universitetas.

Vėsaitė B. Šilainiškius nuo triukšmo saugos garsą slopinantys atitvarai? 2013. <http://www.birutevesaite.lt/index.php/component/content/article/16-pranesimai-spaudai/36-silainiskius-nuo-triuksmo-saugos-garsa-slopinantys-atitvarai> (Paskutinį kartą žiūrėta 2016-06-19).

Vilniškis T. ir Januševičius T.; „Transporto sukeliama triukšmo sklaidos Trakų mieste modeliavimas ir vertinimas“, 2016. Aleksandro Stulginskio Universitetas

Vilniškis T., Januševičius T. 2016. „Transporto sukeliama triukšmo sklaidos Trakų mieste modeliavimas ir vertinimas“, Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Ligita Sabaliauskienė

Triukšmo sklaidos kartografavimo ir prognozavimo metodika

Santrauka

Pastaraisiais dešimtmečiais stipriai suintensyvėjęs eismas pastebimai padidino aplinkos triukšmo problemas miestuose ir kaimo vietovėse. Triukšmo kartografavimas yra viena iš priemonių įgyvendinant Lietuvos Respublikos triukšmo valdymo įstatymo nuostatas.

Pagrindinis magistro darbo tikslas – ištirti transporto sukeliama triukšmo problemas ir atlikti pasirinktos gatvės triukšmo sklaidos kartografinius tyrimus bei sukurti triukšmo sklaidos prognozavimo metodiką.

Darbui atlikti panaudoti įvairūs būdai: teorinė ir istorinė analizė, statistiniai metodai, objektų klasifikacija, duomenų kaupimas, palyginimas ir sisteminė analizė bei išvadų formulavimas. Darbą sudaro įvadas, trys dalys, išvados ir pasiūlymai, literatūros sąrašas, santrauka lietuvių ir anglų kalbomis bei priedai.

Šiame darbe ištirtas lengvųjų transporto priemonių iki 3,5 t bei sunkiasvorių, virš 3,5 t sukeliama triukšmo lygis keliuose su asfalto, žvyro ir grindinio danga. Tyrimams atlikti pasitelktos minimalios priemonės – mobilusis telefonas Sony Z5 bei jame įdiegta mobilioji aplikacija „Sound meter“, skirta triukšmo lygiui fiksuoti.

Literatūros apžvalgoje pirmiausia supažindinama su fizikiniais garso parametrais, automobilių triukšmo keliamo žala bei prevencinėmis priemonėmis, triukšmo reglamentavimu Lietuvoje ir Europoje. Pateikiami su tirama tema susiję kitų tyrėjų darbai, jų darbo schemas ir rezultatai. Darbo metodologijos skyriuje išsamiai nagrinėjamas tyrimui atlikti galimų prietaisų spektras, naudojama programinė įranga, rezultatų pateikimo būdai. Aprašoma atliktų tyrimų eiga, naudoti prietaisai, svarbiausi atliekamo darbo parametrai, žemėlapių schemas.

Rezultatų skyrių sudaro keturios dalys. Pirmoje dalyje pateikti automobilių keliamo triukšmo rezultatai įvairiomis sąlygomis. Antroje dalyje pateikiama transporto priemonių tyrimo rezultatų analizė, pasitelkiant grafikus, diagramas bei schemą žemėlapyje. Trečioje dalyje išskiriamas dydis – triukšmo dirginimo rodiklis, jo apskaičiavimo formulė ir numatomi reikalingi duomenys bei parametrai dirginimo rodiklio apskaičiavimui. Pateikiamos sudarytos garso atspindėjimo bei prognozės žemėlapių schemas. Ketvirtojoje dalyje nustatomi triukšmo dirginimo rodikli įtakojančių koeficientų dydžiai. Sudaroma triukšmo prognozavimo metodika.

Raktažodžiai: triukšmas, transportas, triukšmo žala, akustika, triukšmo žemėlapis, strateginis triukšmo žemėlapis, ArcGIS, MapNoise, prognozavimas, dirginimo rodiklis.

Ligita Sabaliauskienė

Mapping methods of noise diffusion and forecasting

Summary

In recent decades, strongly intensified traffic significantly increased environmental noise problems in cities and rural areas. Noise mapping is one of the measures to implement provisions of Law on Noise Control of the Republic of Lithuania.

The main aim of the Master's thesis is to investigate problems of transport noise and to carry out cartographic researches of the selected street noise spread and to create methodology for noise spread prognostication.

Various methods were used in the thesis: a theoretical and historical analysis, statistical methods, object classification, data collection, comparison and systematic analysis, and formulation of conclusions. The thesis consists of an introduction, three parts, conclusions and suggestions, references, summary in Lithuanian and English, as well as annexes.

In this thesis, level of noise of light-duty vehicles up to 3.5 t and heavy-duty vehicles over 3.5 on roads with asphalt, gravel and paving coverings was investigated. The minimum measures were used to carry out the research: a mobile phone Sony Z5 with the installed application 'Sound meter' to measure the noise level.

The literature review first introduces to the physical acoustic parameters, damage caused by the car noise and preventive measures, noise regulation in Lithuania and Europe. Works related to the topic of the research of other researchers, schemes of their works and results are provided. In section of work methodology, a range of devices available to carry out researches, the software used, reporting techniques are comprehensively analysed. The process of the researches carried out, the used devices, the most important parameters of the work, mapping schemes are described. The section of results consists of four parts. The first part provides results of the car noise in different conditions. The second part provides analysis of the vehicle test results using graphs, charts and diagrams on the map. The third part indicates the size - noise stimulation indicator, the formula of its calculation and provides the necessary data and parameters for calculation of the stimulation indicator. Schemes of acoustic reflection and prognostication mapping are provided. The fourth part indicates sizes of coefficients affecting stimulation indicator. Methodology for the noise prognostication is developed.

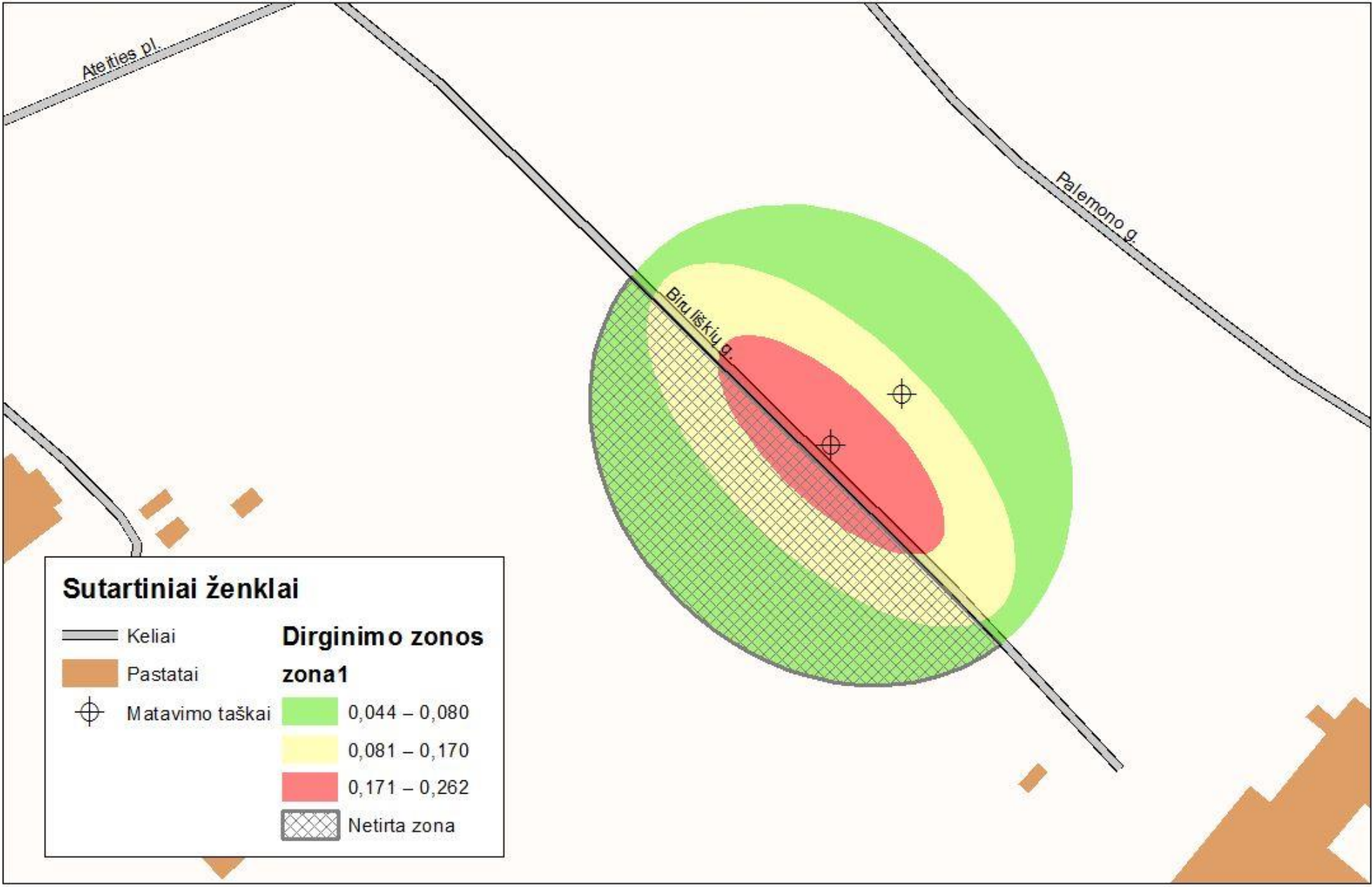
Keywords: noise, traffic, noise damage, acoustics, noise map, strategic noise map, ArcGIS, MapNoise, prognostication, stimulation indicator.

PRIEDAI

Dirginimo rodiklio veikimo zonų žemėlapis Ateities pl. 1:1 000



Dirginimo rodiklio veikimo zonų žemėlapis Biruliškių g. 1:1 000



Dirginimo rodiklio veikimo zonų žemėlapis Rotušės a. 1:1 000



Triukšmo matavimo duomenys

Kelio danga	NR.	Matavimai asfalto dangos kelyje, 2 m nuo kelio krašto		Matavimai žvyro dangos kelyje, 2 m nuo kelio krašto		Matavimai grindinio dangos kelyje, 2 m nuo kelio krašto	Matavimai asfalto dangos kelyje, 20 m nuo kelio krašto			Matavimai žvyro dangos kelyje, 20 m nuo kelio krašto		Matavimai grindinio dangos kelyje, 20 m nuo kelio krašto	
		Lengvoji transporto priemonė	Sunkiasvorė transporto priemonė	Lengvoji transporto priemonė	Sunkiasvorė transporto priemonė		Lengvoji transporto priemonė	Lengvoji transporto priemonė	Sunkiasvorė transporto priemonė	Lengvoji transporto priemonė	Sunkiasvorė transporto priemonė	Lengvoji transporto priemonė	Sunkiasvorė transporto priemonė
		Sausa kelio danga	1	65	76		68	78	66	55	60	50	74
	2	67	75	69	76	62	57	65	55	72	55	-	
	3	72	76	68	75	63	57	68	52	76	59	-	
	4	71	77	68	79	65	60	69	57	71	51	-	
	5	68	78	69	81	64	58	64	55	69	52	-	
	6	61	71	67	79	66	59	68	56	69	56	-	
	7	68	74	68	82	68	58	69	58	68	56	-	
	8	65	79	68	85	65	60	68	59	69	54	-	
	9	66	78	68	79	70	55	65	60	70	56	-	
	10	68	75	67	78	65	58	67	65	72	58	-	
	11	69	72	65	79	78	55	69	62	71	55	-	
	12	66	76	69	76	71	54	65	63	69	52	-	
	13	65	75	66	79	69	57	64	59	68	56	-	
	14	68	74	69	82	68	59	66	58	69	54	-	
	15	64	76	69	85	69	58	68	54	69	55	-	
	16	67	78	68	84	71	55	68	55	69	56	-	
	17	65	75	69	79	72	57	69	56	68	52	-	
	18	69	72	65	76	69	58	70	55	71	53	-	
	19	68	75	67	75	64	59	65	54	70	58	-	
	20	69	72	67	76	68	55	64	52	69	54	-	
	21	68	78	69	78	64	56	68	53	70	56	-	
	22	67	76	64	79	66	57	65	56	69	54	-	
	23	68	76	69	84	68	58	64	60	69	56	-	
	24	65	78	66	81	65	56	69	64	71	59	-	

25	68	75	64	79	62	54	65	51	71	52	-
26	59	75	69	74	66	55	64	59	70	51	-
27	60	72	68	75	64	55	68	58	70	55	-
28	65	76	65	76	75	55	65	59	70	54	-
29	61	75	66	74	70	56	66	56	71	56	-
30	63	76	65	75	71	58	64	59	69	55	-
31	68	77	64	76	68	54	67	58	68	56	-
32	69	72	66	77	70	59	66	54	69	55	-
33	66	76	64	78	65	58	65	56	70	54	-
34	67	79	69	76	78	60	60	54	69	56	-
35	65	78	68	75	71	59	66	58	69	52	-
36	66	73	65	79	69	58	62	56	69	53	-
37	69	78	69	81	65	59	63	54	68	58	-
38	64	75	68	79	68	60	65	56	67	55	-
39	65	76	65	82	69	58	64	51	68	56	-
40	66	79	69	85	64	57	66	59	67	52	-
41	66	75	66	79	68	55	68	58	69	58	-
42	67	74	69	78	69	54	65	59	70	50	-
43	65	76	69	79	71	58	62	56	71	55	-
44	68	79	68	76	72	59	66	59	70	59	-
45	69	75	65	79	69	55	64	58	69	56	-
46	65	78	69	82	64	56	68	54	67	56	-
47	66	78	64	85	60	58	65	58	70	55	-
48	67	75	69	84	65	54	66	54	71	56	-
49	65	77	68	79	69	55	65	56	69	58	-
50	69	74	66	76	71	59	66	54	69	56	-
51	68	72	64	75	72	58	66	58	68	56	-
52	69	73	69	76	69	59	66	56	67	55	-
53	68	78	68	75	71	60	65	54	69	56	-
54	67	70	65	80	72	58	64	56	67	56	-
55	68	75	68	81	64	57	64	54	65	55	-
56	65	75	65	82	60	55	66	56	69	52	-
57	68	78	66	80	65	54	68	51	70	55	-
58	69	78	68	77	69	58	65	59	71	56	-
59	66	75	69	85	71	59	62	58	69	55	-
60	67	76	67	70	72	55	66	56	69	54	-
61	65	77	69	75	69	54	64	58	72	58	-

62	66	78	68	76	69	58	60	54	69	55	-
63	69	76	69	81	71	59	66	59	69	56	-
64	64	76	69	79	72	55	62	57	68	59	-
65	65	72	65	78	64	56	63	52	69	58	-
66	66	74	68	79	60	58	65	51	68	55	-
67	67	76	66	78		54	64	59	68	54	-
68	68	79	64	79	69	55	66	52	67	52	-
69	65	75	69	78	71	59	68	54	70	56	-
70	68	78	68	75	69	58	68	56	69	56	-
71	59	78	65	76	70	59	65	58	67	54	-
72	60	75	69	78	71	60	62	53	70	56	-
73	65	76	70	82	65	57	66	54	69	53	-
74	69	77	65	85	74	55	64	55	64	54	-
75	66	72	64	79	68	54	60	56	65	56	-
76	67	76	68	78	70	58	66	50	66	55	-
77	65	75	69	79	69	59	62	55	65	57	-
78	66	76	65	76	67	55	64	58	69	52	-
79	69	76	66	75	71	54	60	56	68	56	-
80	68	78	69	76	69	58	66	54	65	57	-
81	69	75	64	77	64	59	62	59	66	56	-
82	65	75	66	78	66	55	63	58	68	55	-
83	66	72	64	76	66	59	65	56	69	54	-
84	67	76	69	75	65	58	64	54	70	56	-
85	65	75	68	79	69	59	66	55	71	55	-
86	60	76	69	78	69	60	68	57	69	56	-
87	65	74	68	79	65	57	66	53	68	56	-
88	69	79	65	84	69	55	64	54	65	58	-
89	66	78	68	79	69	54	60	55	69	54	-
90	67	75	65	76	72	58	66	56	68	52	-
91	71	72	69	75	75	55	62	58	65	53	-
92	68	76	68	76	69	54	64	58	64	55	-
93	61	75	69	75	68	58	60	59	62	56	-
94	68	77	69	80	69	59	66	55	71	57	-
95	65	77	69	81	71	55	65	52	69	55	-
96	66	76	69	82	72	54	66	58	65	56	-
97	68	78	66	80	75	58	67	54	66	56	-
98	68	79	66	77	76	59	68	56	68	54	-

	99	66	74	64	85	72	60	69	55	69	55	-
	100	65	71	64	70	71	56	66	58	66	58	-
	VID.	66,34	75,65	67,12	78,18667	68,42424	56,99	65,18	56,11	68,71	55,12	-
Šlapia kelio danga	1	70	78	72	81	75	57	60	59	74	56	-
	2	72	77	71	81	74	60	65	60	72	53	-
	3	72	79	72	81	71	59	68	62	76	53	-
	4	72	78	69	82	72	61	69	60	71	52	-
	5	68	78	70	80	74	67	64	61	69	56	-
	6	69	79	69	80	68	59	65	60	70	56	-
	7	68	76	69	80	69	60	66	59	70	58	-
	8	74	79	71	80	72	58	68	60	70	57	-
	9	67	78	69	80	75	57	67	62	71	59	-
	10	68	78	70	82	69	60	69	59	71	58	-
	11	69	79	71	82	71	62	68	61	70	57	-
	12	75	76	69	81	72	60	67	61	71	565	-
	13	67	77	71	81	69	60	68	61	72	57	-
	14	71	79	67	82	72	60	64	62	72	56	-
	15	71	76	67	80	68	61	68	60	69	54	-
	16	70	78	68	82	69	59	69	60	69	59	-
	17	71	80	68	83	71	60	68	60	71	58	-
	18	72	78	67	80	72	59	68	59	70	54	-
	19	68	78	70	80	71	59	68	60	72	55	-
	20	69	79	72	80	71	58	67	59	70	56	-
	21	68	79	71	81	72	60	65	61	71	56	-
	22	72	77	72	81	72	59	66	59	73	55	-
	23	68	78	73	80	72	61	69	58	70	54	-
	24	70	78	71	80	72	60	66	60	70	58	-
	25	68	79	73	80	69	59	96	60	72	56	-
	26	69	78	72	81	71	60	66	59	69	54	-
	27	70	79	69	81	71	61	65	60	71	56	-
	28	72	79	70	81	72	61	68	60	72	56	-
	29	70	78	69	80	69	59	68	61	70	54	-
	30	71	78	70	81	70	62	69	60	71	57	-
	31	68	77	69	81	68	60	68	58	70	56	-
	32	69	80	70	81	69	60	64	59	72	58	-
	33	72	78	69	82	71	59	65	60	72	56	-
	34	72	76	70	80	72	60	68	60	70	59	-
	35	69	79	68	80	69	59	69	59	70	56	-
	36	70	79	70	81	71	59	66	59	71	59	-

37	69	77	69	82	70	58	68	62	71	58	-
38	69	78	72	82	69	60	66	60	72	54	-
39	71	76	71	80	71	59	69	61	72	56	-
40	71	80	71	81	71	59	67	60	72	55	-
41	70	80	70	81	72	60	69	58	70	55	-
42	67	77	70	79	69	59	69	59	71	55	-
43	72	77	73	82	74	59	68	58	70	57	-
44	68	79	74	82	70	59	69	62	71	56	-
45	69	76	72	80	69	59	68	61	71	58	-
46	71	79	70	82	71	60	69	60	70	54	-
47	71	80	70	80	72	60	67	59	70	55	-
48	67	79	70	80	71	60	69	62	70	56	-
49	72	79	71	81	72	59	65	60	72	58	-
50	72	79	67	81	71	59	69	59	72	56	-
51	68	79	70	81	71	58	68	60	70	52	-
52	69	79	69	80	71	61	69	60	70	53	-
53	70	78	67	82	72	59	69	61	71	56	-
54	67	79	69	80	72	59	65	60	72	58	-
55	68	80	72	81	71	58	64	61	74	52	-
56	70	78	68	82	72	59	65	59	70	58	-
57	70	76	69	82	72	62	66	59	70	59	-
58	69	79	70	81	72	61	68	59	72	53	-
59	70	79	70	81	71	61	66	60	72	56	-
60	67	79	72	81	72	61	65	59	71	56	-
61	75	78	72	82	70	61	69	59	70	54	-
62	72	78	72	80	74	60	64	60	71	55	-
63	70	79	71	82	79	60	65	60	79	59	-
64	70	79	70	81	69	60	66	61	70	58	-
65	71	78	70	81	75	60	68	60	71	57	-
66	72	78	67	80	72	62	67	59	71	58	-
67	70	79	72	81	69	62	68	60	71	55	-
68	68	78	72	83	71	61	68	61	70	58	-
69	68	79	71	82	74	62	69	60	72	55	-
70	68	79	69	79	71	60	68	61	70	56	-
71	69	78	72	79	74	60	67	60	70	58	-
72	71	79	70	81	69	61	68	59	71	54	-
73	72	78	71	81	72	61	69	60	70	58	-
74	69	79	70	79	71	62	64	60	70	56	-
75	70	78	72	80	69	62	65	59	72	58	-

76	70	79	71	81	75	62	66	60	72	56	-
77	68	79	75	80	75	66	68	60	70	57	-
78	70	78	72	81	71	62	68	59	70	55	-
79	69	78	68	82	71	63	67	60	72	56	-
80	68	79	69	82	75	62	68	60	71	58	-
81	70	76	72	80	69	59	69	60	70	57	-
82	71	76	71	82	72	59	68	61	74	54	-
83	72	77	74	81	70	58	67	61	72	59	-
84	69	80	71	82	71	61	68	60	74	56	-
85	70	77	70	83	71	60	69	59	71	56	-
86	72	80	70	81	75	62	64	60	71	55	-
87	70	79	69	80	71	61	65	61	72	58	-
88	69	77	69	81	71	61	66	60	72	55	-
89	66	78	69	81	74	60	68	59	72	56	-
90	71	78	70	83	70	61	67	58	72	59	-
91	75	78	71	82	70	61	69	59	72	57	-
92	68	79	71	83	70	59	66	59	73	55	-
93	70	78	72	82	70	60	67	60	73	56	-
94	70	78	72	81	69	59	65	60	75	57	-
95	72	77	70	82	70	58	66	61	72	58	-
96	66	79	75	82	70	60	72	60	70	56	-
97	68	79	67	82	72	59	67	60	71	55	-
98	71	79	72	81	72	62	65	59	72	56	-
99	66	77	72	81	70	62	66	58	72	59	-
100	72	79	75	81	71	60	67	60	74	54	-
VID. Drégnu oru 2 m	69,86	78,25	70,42	81,01	71,27	60,15	67,34	59,9	71,27	61,24	-