

AUTOTRANSPORTO KELIAMO TRIUKŠMO KAUNO KOLEGIJOS TERITORIJOJE SKLAIDOS MODELIAVIMAS IR ANALIZĖ

Vytautė Juodkienė, Ina Bikuvienė

Kauno kolegija, Lietuva

Anotacija. Gerėjant ekonomikai vis daugiau šeimų ūkių gali sau leisti įsigyti automobilį ar netgi kelis. Didėjant automobilių skaičiui, kartu didėja ir jų keliamo triukšmo lygis. Atlikus daugybę mokslinių studijų nustatyta, jog autotransporto keliamas triukšmas yra pavojingas žmonių sveikatai. Pagal galiojančias normas triukšmas gyvenamųjų teritorijų zonoje dienos metu neturi viršyti 65 dBA. Kauno kolegijos miestelis įsikūręs prie vienos judriausių miesto gatvių – Pramonės prospekto. Čia fiksuojami didžiuliai transporto srautai. Tyrimas atliktas 2016 metų balandžio mėnesį. Buvo fiksuotas pro Kolegijos miestelį pravažiuojančių transporto priemonių skaičius. Su ArcGIS programinės įrangos moduliu MapNoise, naudojant statistines funkcijas IDW, Spline ir Kriging, atlikta transporto keliamo triukšmo analizė. Jos rezultatai parodė, kad iš Pramonės pr. pusės pagal dienos lygio vidurkius triukšmo lygis svyruoja tarp 55 - 65 dBA. Nustatyta, jog triukšmą reikšmingai mažina šalia Kolegijos augantys medžiai ir krūmai, nes be jų triukšmo lygis padidėtų dar apie 5 dBA.

Raktiniai žodžiai: autotransporto triukšmas, modeliavimas, GIS, MapNoise, geostatistika, IDW.

Paskutiniiais dešimtmečiais transporto priemonių kiekis pasaulyje ir Lietuvoje nuosekliai didėjo. Lietuvoje 1995 metais 1000 gyventojų teko 185 automobiliai, 2005 – 340, o 2012 – 541 (16). Augant transporto priemonių kiekiui, auga ir jų keliamo triukšmo įtaka žmonių gyvenimui, aplinkai, kartu ir sveikatai. Šiuo metu transporto keliamas triukšmas yra įvardijamas kaip vienas labiausiai žmonių gyvenimo kokybę veikiančių šio laikotarpio veiksnių (2; 4; 7; 14). Pasaulio Sveikatos Organizacijos (PSO) 2012 metų duomenimis (14), daugiau kaip 200 milijonų Europos Sąjungos gyventojų (beveik pusė visų gyventojų) kenčia nuo per didelio transporto keliamo triukšmo. Leistinas triukšmo lygis darbo dienos metu (nuo 6 iki 18 val.) neturėtų viršyti 65 dB (5). Transporto keliamo triukšmo įtaka žmonių sveikatai yra nuolatos akcentuojama tiek PSO, tiek Europos Aplinkos agentūros ataskaitose.

Paskutiniame dešimtmetyje atliktas ne vienas išsamus transporto keliamo triukšmo Europoje (12; 14) ir Lietuvoje (6) tyrimas. Medikų ir mokslininkų bendruomenė publikavo ne vieną mokslinį straipsnį, susijusį su transporto keliamo triukšmo įtaka žmonių sveikatai (1; 5; 13; 14). Transporto keliamo triukšmo lygį lemia tokie veiksniai kaip leistinas greitis, automobilių skaičius ir koncentracija, automobilių amžius, masė, važiavimo ypatybės – sankryžos ir šviesoforai (4; 9).

Lietuvoje ši problema taip pat yra aktuali. Nuo 2003-09-01 miestų ir miestelių teritorijose buvo sumažintas leistinas greitis nuo 60 iki 50 km/h. Yra žinoma, jog toks greičio sumažinimas triukšmo lygį atitinkamai sumažina iki 2,1 dBA (4; 9). Lietuvoje taip pat atlikta ne viena mokslinė transporto keliamo triukšmo analizės studija (2; 7; 9). 2008 metų VGTU

pateiktoje mokslo darbo ataskaitoje be kitų miestų pateikiamas ir Kauno miesto spūsčių ir triukšmo lygio tyrimas pagrindinėse miesto gatvėse. Jis parodė, kad beveik visose matavimo vietose triukšmo lygis viršijo gyvenamoms teritorijoms leistinus 65 dB (11). Kauno kolegijos miestelis yra prie vienos iš intensyviausių miesto gatvių – Pramonės pr., kur itin intensyvus transporto judėjimas vyksta piko valandomis.

2007 metais sukurtas Kauno miesto triukšmo žemėlapis (1 pav.) taip pat parodė, kad Kauno kolegijos miestelis patenka į leistiną triukšmo lygį viršijančią zoną. Praėjus beveik 10 metų nuo šio žemėlapio sudarymo situacija mieste nepagerėjo, neatsirado naujų gatvių, kuriomis transporto srautai būtų nukreipti tolyn nuo gyvenamųjų teritorijų, ar „išmaniųjų sankryžų“, kurios būtų padėjusios spręsti šią problemą. Greičiau priešingai – automobilių skaičius per pastarąjį dešimtmetį tik augo ir spūsčių susidarymo laikas tik ilgėjo, kartu galimai augant ir transporto priemonių sukeliama triukšmo lygiui. 1995 metais Kauno mieste 1000-čiui gyventojų teko 235 automobiliai, 2004 metais – 307, 2007 – 467, o 2012 – 547 automobiliai (15; 16).



1 pav. Kauno miesto savivaldybės triukšmo žemėlapis

1 pav. Kauno miesto savivaldybės triukšmo žemėlapis

Tyrimo tiklas – nustatyti automobilių keliamo triukšmo lygį Kauno kolegijos teritorijoje ir jo įtaką darbuotojams ir studentams. Kartu buvo įvertinama ir natūraliai triukšmą mažinančių barjerų – medžių ir kitų želdinių įtaka triukšmo lygiui.

Tyrimo objektas and metodai

Tyrimo objektas – Kauno kolegijos miestelio teritorija, kurioje yra atliktas autotransporto keliamo triukšmo modeliavimas.

Autotransporto keliamo triukšmo skaičiavimams atlikti naudoti vidutinio metinio paros eismo intensyvumo (VMPEI) duomenys (VĮ Kelių ir transporto tyrimo institutas). Vidutinis metinis paros eismo intensyvumas (2015 m.) Pramonės pr.: lengvųjų automobilių skaičius per parą – 23499, sunkiojo transporto – 1705. Bendras VMPEI – 25204 automobilių per parą.

ArcGIS programinėje įrangoje sudarant autotransporto keliamo triukšmo sklaidos žemėlapi, suvesti šie GIS duomenys: kelių / gatvių, pastatai su aprašytais aukščiais, informacija apie transporto srautų intensyvumą su procentine sunkiasvorio transporto sudėtimi. Charakteringuose taškuose atlikti triukšmo lygio matavimai dienos, vakaro ir nakties metu. Dienos, vakaro, nakties triukšmo lygis L_{dvn} decibelais (dB) apskaičiuotas pagal tokią formulę:

$$L_{dvn} = 10 \lg \frac{1}{24} \left(12 \times 10^{\frac{L_{dnuos}}{10}} + 4 \times 10^{\frac{L_{vnuos}+5}{10}} + 8 \times 10^{\frac{L_{nnuos}+10}{10}} \right), \quad (1)$$

čia L_{dien} – vidutinis ilgalaikis A svertinis triukšmo lygis, nustatytas vienerių metų dienos laikotarpiui, kaip apibrėžta [LST, 2004]; L_{vakar} – vidutinis ilgalaikis A svertinis triukšmo lygis, nustatytas vienerių metų vakaro laikotarpiui; L_{nakt} – vidutinis ilgalaikis A svertinis triukšmo lygis, nustatytas vienerių metų nakties laikotarpiui (4).

Jei norime gauti autotransporto triukšmo sklaidą išreikštą pagal L_{dvn} , tai programinėje įrangoje MapNoise įvedamas paros transporto priemonių srautas – Q_{paros} . Apskaičiuojama dienos ir nakties autotransporto triukšmo sklaida (TemaNord, 1996), redukuoti transporto srautai dienai (06-18 val.) – $Q_{dienesR}$ ir nakčiai (22-06 val.) – $Q_{naktiesR}$. Redukuotų srautų skaičiavimo formulė:

$$Q_{dienes} = Q_{dienes_ah} \cdot T_d, \text{ o } Q_{nakties} = Q_{nakties_ah} \cdot T_n, \quad (2)$$

čia Q_{dienes} – skaičiuotinas transporto srautas dienai per 12 valandų; $Q_{nakties}$ – skaičiuotinas transporto srautas nakčiai per 8 valandas; Q_{dienes_ah} – skaičiuotinas vidutinis dienos valandinis srautas; $Q_{nakties_ah}$ – skaičiuotinas vidutinis nakties valandinis srautas; T_d – dienos laiko trukmė valandomis (12); T_n – nakties laiko trukmė valandomis (6).

Dienos redukuotas transporto priemonių srautas:

$$Q_{dienesR} = 24/12 \cdot Q_{dienes}, \quad (3)$$

Nakties redukuotas transporto priemonių srautas:

$$Q_{naktiesR} = 24/8 \cdot Q_{nakties}, \quad (4).$$

Po to autotransporto triukšmo sklaidos modeliavimo rezultatai yra verifikuojami pagal triukšmo natūrinių matavimų rezultatus. MapNoise programine įranga atlikti tokie skaičiavimai: paviršiaus skaičiavimai be reljefo, pradinių duomenų tikrinimas, konfigūravimo parametru nustatymas ir pagrindinis triukšmo lygis yra apskaičiuojamas panaudojant vidutinį metinį paros eismo intensyvumo koeficientą (AADT). Autotransporto triukšmo sklaidą įvertinsime interpoliacijos metodais: IDW, Spline ir Kriging.

Autotransporto keliamo triukšmo sklaidos modeliavimas ir analizė

Atliekant skaičiavimus, kiekviename taške atsižvelgiama į visų kelių ir kliūčių poveikį (ar tai būtų kraštovaizdžio elementas, bet kokio aukštų skaičiaus pastatas, įrengta ar planuojama triukšmo mažinimo užtvara). Įvertinamas ekranavimo ir atspindžio poveikis.

Naudojantis ArcGIS programa, remiantis MapNoise modelio apskaičiuotais rezultatais, galima nustatyti į triukšmo poveikio zoną patenkančių pastatų skaičių, juos sugrupuojant pagal triukšmo poveikio lygį.

Skaitmeninių žemėlapių duomenys (grafiniai duomenys + lentelės su jose esančiais duomenimis) turi būti paruošti tam tikru formatu. Įvertinama:

- pastatai;
- triukšmą mažinantys želdiniai;
- kelių ašinės linijos;
- skaičiavimams pasirinktas plotas.

Nustatomo taško užterštumas skaičiuojamas pagal formulę:

$$\hat{H}(s_j) = \sum_N \lambda_i H(s_i); \quad (1)$$

čia, $\hat{H}(s_j)$ – nustatoma si užterštumo reikšmė; N – skaičiavimams naudojamų taškų skaičius; λ_i – kiekvieno išmatuoto taško decibelais svoris; $H(s_i)$ – žinoma užterštumo reikšmė si taške.

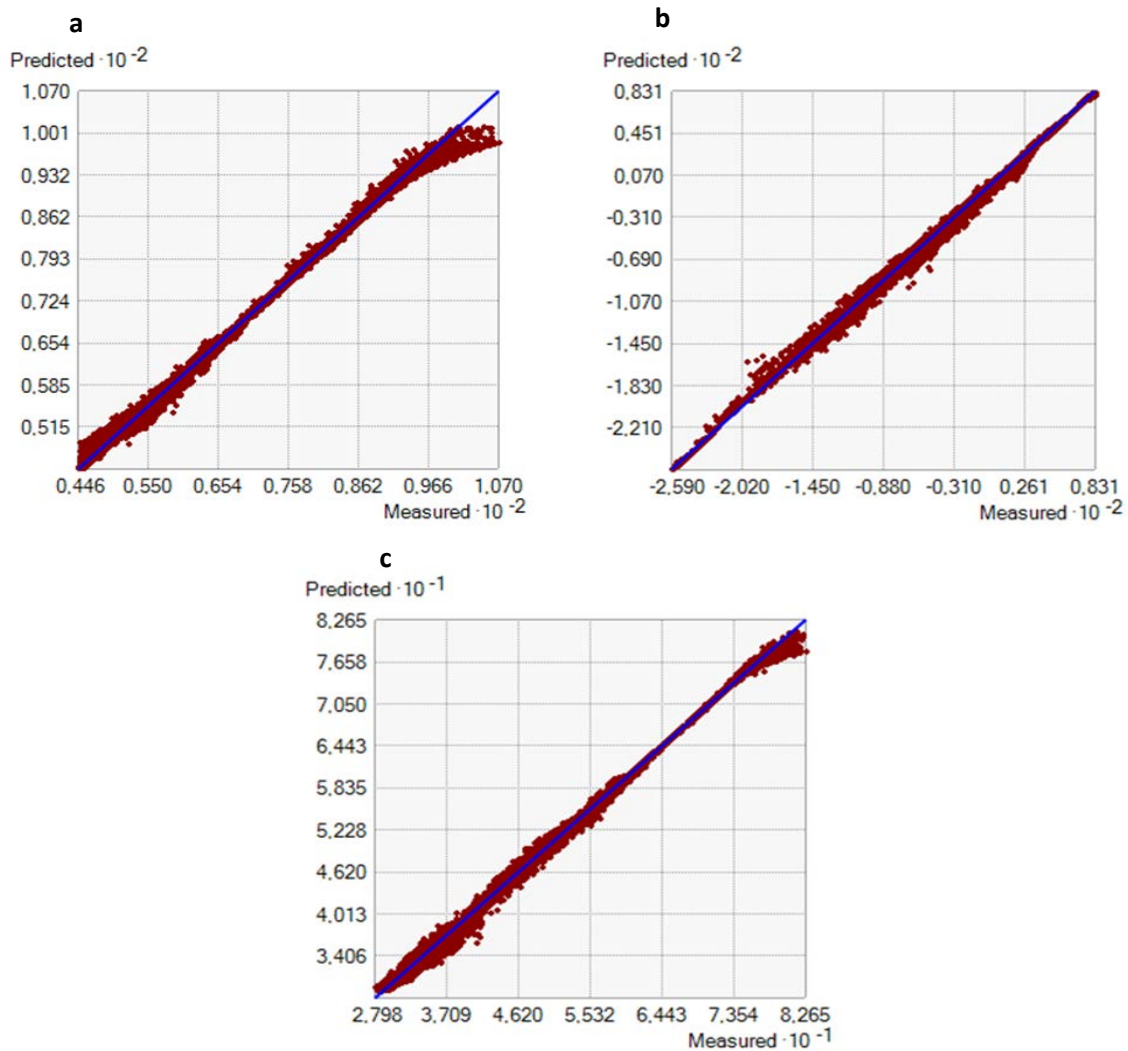
Taškų užterštumas (dBA) apskaičiuojamas taip:

$$\lambda_i = \frac{d_{ij}^{-p}}{\sum_{i=1}^N d_{ij}^{-p}}, \sum_{i=1}^N \lambda_i = 1. \quad (2)$$

Didėjant atstumui, užterštumas mažėja dėl laipsnio p parametro poveikio; d_{ij} – atstumas tarp

nustatomo s_j taško ir išmatuotų s_i taškų. Didėjant atstumui, išmatuoto taško poveikis nustatomam taškui mažės eksponentiškai (2 pav. a). Skaičiavimams naudojamų taškų užterštumo suma lygi 1.

Keičiant p laipsnį, galima reguliuoti santykinę atrankos taškų įtaką. Padidintas laipsnis reiškia, kad išvedamos reikšmės yra labiau lokalias, o ne apskaičiuotos kaip visų kaimynystėje esančių atrankos taškų reikšmių vidurkis. Mažinant laipsnį, išvedamos aritmetinės vidurkiui reikšmės, nes toliau esantys atrankos taškai turi vis didesnę poveikį, kol visų atrankos taškų įtaka tampa vienoda.



2 pav. Triukšmo sklaidos pusvariogramės, gautos taikant įvairius interpoliacijos metodus: a) IDW (atvirkščiai proporcingo atstumo); b) Splaino; c) Kringo.

Interpoliuotas užterštumo (dBA) pasiskirstymas teritorijoje, taikant įvairius geostatistinius metodus. Įvertinus užterštumo taškų kvadratinės standartines paklaidas nustatyta, kad interpoliuojant IDW

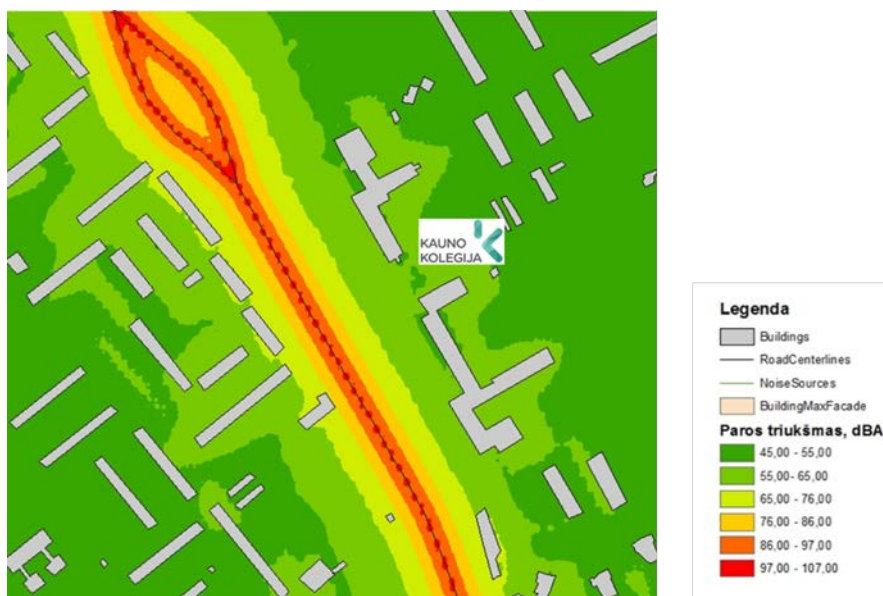
metodu yra tiksliausia – 0,47, mažiausiai Spline metodu, kai kvadratinė standartinė paklaida – 1,87 (1 lentelė).

1 lentelė. Interpoliuotas užterštumo (dBA) pasiskirstymas Kauno kolegijos teritorijoje

Interpoliacijos metodai	Bandiniai, dBA	Vidurkis	VKP	Standartinis vidurkis	Standartinė vidutinė kvadratinė paklaida	Standartinė kvadratinė paklaida
Atvirksčiai proporcingo atstumo metodas (IDW)	69276	-0,02	0,58	-0,03	1,64	0,47
Splaino metodas	69276	-0,03	1,52	-0,01	1,0	1,87
Krigingo metodas	69276	-0,01	0,38	-0,01	1,45	0,40

Gauti triukšmo lygio Kauno kolegijos miestelio modeliavimo rezultatai prie pastatų fasadų iš

Pramonės pr. pusės pagal dienos lygio vidurkius svyruoja nuo 55 iki 65 dBA (2 pav.).



2 pav. Kauno kolegijos miestelio autotransporto triukšmo žemėlapis

Didžiausias leidžiamas triukšmo lygis gyvenamųjų pastatų (namų) zonoje, bei visuomeninės paskirties pastatų patalpose, kuriose mokoma ir (ar) ugdoma – 65 dBA. Interpretuojant tyrimo rezultatus, reikia pastebėti, jog esamą triukšmo lygį ženkliai mažina triukšmo prevencijos priemonės – garsą sugeriančias užtvartas, t.y. šalia kolegijos augantys medžiai ir kiti želdiniai. Perskaičiavus triukšmo lygį be sugeriančių užtvartų, nustatyta, kad triukšmo lygis padidėtų apie 5 dBA.

Didžiausias keliamas triukšmas nagrinėjamoje teritorijoje nustatytas V. Krėvės – Pramonės pr. žiedinėje sankryžoje – 107 dBA. Šiuo metu didėjantis triukšmas siejamas su augančiu transporto priemonių skaičiumi. Greičio didėjimas bei padangų ir kelio dangos sąveikos procesai taip pat susiję su kylančiu triukšmo lygiu (11).

Daugelis kitų autorių atliko išsamius tyrimus gyvenamųjų teritorijų juostose (Blažys ir kt.; Juodkienė ir kt.; Klibavičius). Labiausiai pageidaujami gyvenamųjų ir transporto juostų

atskyrimai yra želdinių (žaliosios) juostos. Želdiniai sulaiko ir sugeria triukšmą tarsi filtras. Jie geriausiai slopina aukštojo dažnio garsus. 7–8 m pločio tankios medžių ir krūmų juostos mažina triukšmą 6–7 dBA, o tanki 40 m pločio juosta – net 17–23 dBA. Reta 30 m pločio juosta sumažina triukšmą tik 8–11 dBA. Želdinių efektyvumas slopinti triukšmą, numetus lapus, sumažėja 50–80 %. Paprastai triukšmui sumažinti iki sanitarinių normų reikia tokios augalų juostos, kurios plotis siekia 50 m ir daugiau. Žalios juostos prie magistralių komponuojamos iš automobilių dujoms atsparių medžių ir krūmų. Medžiai sodinami taip, kad jų lajos susipintų, po medžių vainikais sodinami krūmai. Triukšmą mieste slopina ne tik medžiai, bet ir vejos bei pievelės; jos sugeria garsą kur kas geriau negu asfaltuoti paviršiai ir mažina miesto triukšmo foną (3).

Prognozuojama, kad per artimiausius 20–25 metus didžiuosiuose Vidurio ir Rytų Europos miestuose dėl transporto triukšmas padidės

vidutiniškai 0,5–1 dBA per metus. Jei nebus imtasi triukšmo mažinimo priemonių, tai 25 % padidėjęs transporto srautas lems triukšmo lygio padidėjimą 1dBA (11).

Išvados

Autotransporto triukšmo sklaidos modeliavimas atliktas įvedant GIS aprašomuosius duomenis: autotransporto srautus, greitį, pastatų aukštingumą, sunkaus autotransporto procentinę sudėtį. Interpoliavimo tikslumas įvertintas kryžminio testavimo metodu. Nustatyta, kad IDW metodas yra tiksliausias, jo rezultatų vidutinė kvadratinė paklaida – 0,47.

Kauno kolegijos pastatai neviršija triukšmo lygių reglamentuojamų visuomeninės paskirties

pastatams (maksimalus garso lygis – 70 dBA). Šalia Kauno kolegijos esantys gyvenamieji pastatai patenka į zoną, kurioje reikšmingai (65–76 dBA) viršijamas gyvenamoms teritorijoms leistinas triukšmo lygis.

Nustatyta, kad triukšmo lygį Kauno kolegijos teritorijoje reikšmingai mažina augantys medžiai ir kiti želdiniai. Be želdinių triukšmo lygis pakiltų 5 dBA.

Atlikus tyrimą nustatyta, kad keliamo triukšmo poveikis Kauno kolegijos darbuotojų ir aplinkinių teritorijų gyventojų sveikatai ir gyvenimo kokybei yra neabejotinai reikšmingas ir pagrindžia triukšmo valdymo priemonių būtinumą. Gyvenamose teritorijose, kuriose triukšmo lygis ≥ 69 dBA, turi būti taikomos triukšmą mažinančios priemonės.

Informacijos šaltiniai

1. Babisch, W., Beule, B., Schust, M., Kersten, N. and Ising, H. (2005). Traffic Noise and Risk of Myocardial Infarction. *Epidemiology*, 16, 33–40.
2. Blažys, R., Garbinčius, G., Dabužinskaitė, Ž. ir Gedzevičius I. (2009). Automobilių keliamo triukšmo tyrimai. *Transporto inžinerija*, 1 (6), 41–44.
3. Burinskienė, M., Jakovlevas-Mateckis, K. ir Adomavičius, V. (2003). *Miestotvarka*. Vilnius, p. 446.
4. Den Boer, L. C. and Schroten, A. (2007). *Traffic noise reduction in Europe*. Report. Delft. 70.
5. Dėl kelių transporto priemonių sukeliama triukšmo ribinių dydžių ir jų taikymo tvarkos aprašo patvirtinimo: Lietuvos automobilių kelių direkcijos prie Susisiekimo ministerijos direktoriaus įsakymas. 2013 m. lapkričio 15 d. Nr. V-499. *Valstybės žinios*, 2013, nr. 121-6165.
6. Grazulevičienė, R., Lekavičiute, J., Deikus, J., Mozgeris, G. and Merkevičius, S. (2005). Urban traffic noise and myocardial infarction risk. *Environmental engineering: selected papers of the 6th international conference* (p. 84-88). Vilnius.
7. Juodkienė, V. and Juškevičienė, A. (2012). Analysis of vehicle traffic noise. *Civil and Environmental Engineering*, 8 (2), 91 – 96.
8. Klivavičius, A. (2000). Transporto tarša ir jos poveikio mažinimas. *Miestotvarka*. Vilnius. P. 341-363.
9. Miškinytė, A. and Dėdelė, A. (2014). Evaluation and analysis of traffic noise level in Kaunas city. *Environmental Engineering: selected papers of the 9th International Conference* (p. 1 - 6). Vilnius.
10. *Joint position Paper on new EU vehicle noise limits* (2012). Prieiga per internetą: http://www.env-health.org/IMG/pdf/2012_04_TE_Position_Paper_New_EU_Vehicles_Noise_Limits_5pg.pdf
11. *Nuostolių, patiriamų dėl neigiamo transporto poveikio urbanistinėse zonose, įvertinimas: mokslo darbo ataskaita* (2008). VGTU. Prieiga per internetą: https://sumin.lrv.lt/uploads/sumin/documents/files/Teisine_informacija/Tyrimai_ir_analizes/SVEKOTRANS_2009.pdf
12. Stansfeld, S. A. and Matheson, M. P. (2003). Noise pollution: non-auditory effects on health. *British Medical Bulletin* 68: 243–257. <http://dx.doi.org/10.1093/bmb/ldg033>
13. Triukšmo valdymo įstatymas. 2016 m. gegužės 12 d. Nr. XII-2341, Vilnius.
14. World Health Organisation. (2011). Burden of disease from environmental noise. Quantification of healthy life years lost in Europe [žiūrėta 2017 m. vasario 13 d.]. Prieiga per internetą: http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0008/136466/e94888.pdf
15. Vilutienė, V., Ignatavičius, G. ir Jarmaliūnaitė, V. (2006). Autotransporto sukeliama aplinkos oro tarša ir jos tyrimai. *Transporto vadybos problemos Lietuvoje: konferencijos medžiaga* (p. 135-158). Vilnius.
16. Lietuvos Statistikos Departamentas [žiūrėta 2017 m. vasario 13 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.stat.gov.lt/>

About the authors

Vytautė Juodkienė, Lecturer at the Department of Environmental Engineering, Kauno Kolegija / University of Applied Sciences, Kaunas, Lithuania, vytaute.juodkiene@go.kauko.lt

dr. Ina Bikuvienė, Associate Professor at the Department of Environmental Engineering, Kauno Kolegija / University of Applied Sciences, Kaunas, Lithuania, ina.bikuviene@go.kauko.lt