

## TRANSPORTO SRAUTŲ TYRIMAS MAŽEIKIŲ MIESTE

**Žygimantas TEREBA**, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Inžinerijos fakultetas, el. paštas: [zygimantas.tereba@stud.vdu.lt](mailto:zygimantas.tereba@stud.vdu.lt)

**Tomas MICKEVIČIUS**, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Inžinerijos fakultetas, el. paštas: [tomas.mickevicius1@vdu.lt](mailto:tomas.mickevicius1@vdu.lt)

### Santrauka

Mažeikių mieste augant transporto priemonių skaičiui, sankryžos tampa vis labiau apkrautos. Augant sankryžų apkrovai, gatvėse didėja spūstys, eismo įvykių tikimybė, aplinkos užterštumas, kuris kenkia žmogaus sveikatai bei lemia klimato atšilimą. Didžiausia sankryžų apkrova ir spūstys susidaro piko metu: rytinis pikas ir vakarinis pikas. Rytinis ir vakarinis pikas susidaro tuomet, kai žmonės važiuoja į darbą ir iš jo, o pietinis pikas susidaro žmonėms važiuojant pietauti. Savaitgalio dienomis spūstys dažniausiai susidaro prie įvairių traukos centrų: parduotuvių, kino teatrų, įvairių pramogų centrų ir t. t. Todėl norint pagerinti transporto srautų keliavimo sąlygas, būtina ištirti, kokio dydžio spūstys būna sankryžose, žieduose.

Sankryžas norint pritaikyti dabartiniams transporto priemonių srautams, dabartinės sankryžas būtina rekonstruoti. Vienas iš būdų – sankryžose didinti eismo juostų skaičių, tačiau dažniausiai to padaryti neįmanoma, nes prie sankryžų stovi pastatai, augalai bei kiti objektai. Kitas būdas padidinti sankryžų pralaidumą yra sureguliuoti šviesoforų signalus, parenkant optimalų žalio, geltono bei raudono signalų laikus, kuris sankryžose padeda sumažinti transporto srautų užimtumą. Išsiaiškinus ir išanalizavus transporto srautų užimtumą, galima rasti sprendimus mažinant transporto srautų susidariusias spūstis. Tyrimais buvo išsiaiškinta, kad norint, jog Žemaitijos–Naftininkų g. sankirtoje pagerėtų transporto priemonių pralaidumas, Naftininkų g. ties Žemaitijos g. sankirta, žalio šviesoforo signalo laiką reikia prailginti 2 s – transporto spūčių kiekis sumažėtų 4–5 %. Tuo tarpu Žemaitijos g. žalio šviesoforo signalo laiką prailginus 7 s – transporto priemonių spūstys sumažėtų 20–22 %.

**Reikšminiai žodžiai:** transporto priemonės, eismas, srauto modelis.

### Įvadas

Kelių tinklas – sudėtinga gatvių sistema, kuri yra skirta judėti įvairioms transporto priemonėms. Kelių tinklo infrastruktūros planavimas ir projektavimas sudėtingas procesas, reikalaujantis atsakingo ir kruopštaus darbo. Projektuojant miesto gatves ar eismo valdymo sistemas, būtina atsižvelgti į eismo srautų pasiskirstymą sankryžose, gatvėse ar tam tikruose maršrutuose.

Transporto srautų modeliavimo tikslas – numatyti, koku būdu persiskirstys transporto priemonių eismas nagrinėjamoje teritorijoje po to, kai bus pastatytas naujas tiltas, nutiesta nauja gatvė (kelias) ar gatvės (kelio) atkarpa, praplatinti ar rekonstruoti esami keliai ar gatvės, gatvių (kelių) tinklo dalyje bus uždraustas eismas, pasikeis eismo reguliavimas ženklais ir t. t. Transporto srautų modeliavimas skiriamas į du iš esmės besiskiriančius lygmenis: makro ir mikro transporto srautų modeliavimas (Rydzewski, Czarnul, 2017).

Autoriai savo moksliniame straipsnyje apie transporto srautų modelius papildė, kad vairuotojo elgesys skiriasi priklausomai nuo tautybės, lyties, amžiaus, psichologijos ir apsvaigimo lygio. 18–25, 25–55 ir 55+ amžiaus grupių žmonės turi skirtingą pažintinį ir fizinį elgesį, taigi ir vairavimo elgseną. Kognityvinis ir fizinis elgesys mažėja su amžiumi, todėl padidėja nelaimingų atsitikimų tikimybė. Avarijų dažnis tarp 35–64 metų yra tris kartus mažesnis nei sulaukus 65+. Vyresnio amžiaus žmonėms gali būti sunku pajudinti galvą į šoną, kad galėtų nuskaityti eismo srautą, taip pat gali kilti atminties problemų. Taigi, reakcija į besikeičiančias sąlygas gali būti vangė ir yra pagrindinė avarijų sankryžose priežastis (Khan-P, Gulliver, 2018).

Per pastaruosius metus dėl padidėjusio krovinių pervežimo bei atsiradusių naujų traukos objektų kai kuriose Mažeikių gatvėse išaugo transporto priemonių srautai. Dėl to sankryžose susidaro spūstys, prastėja susisiekimas, didėja aplinkos tarša, mieste daugėja eismo įvykių. Norint to išvengti, reikia tinkamai organizuoti transporto priemonių valdymą bei rekonstruoti problemiškas sankryžas. Norint sumažinti visus šiuos išvardytus veiksnius, būtina ir aktualu spręsti susidariusias problemas, todėl nuspręsta išsiaiškinti bei išanalizuoti Mažeikių miesto sankryžų transporto priemonių judėjimą bei sumažinti spūčių susidarymą.

**Tyrimo tikslas** – ištirti transporto srautų judėjimo parametrus Mažeikių mieste, Žemaitijos–Naftininkų g. sankirtos jungtyje ir pasiūlyti pralaidumo gerinimo priemones.

Išsikeltam tikslui pasiekti sprendžiami šie **uždaviniai**:

1. Ištirti transporto priemonių srauto pralaidumą Žemaitijos–Naftininkų g.
2. Įvertinti nagrinėjamo kelio ruožo eismo parametrus.
3. Naudojant PTV Vissim programinę įrangą atlikti kelio ruožo modeliavimą ir pateikti galimus sprendimus.

### Tyrimų objektas ir metodai

Kelių tinklas yra sudėtinga gatvių sistema, skirta judėti įvairioms transporto priemonėms. Kelių tinklo infrastruktūros planavimas ir projektavimas sudėtingas procesas, reikalaujantis atsakingo ir kruopštaus darbo.

Projektuojant miesto gatves ar eismo valdymo sistemas, būtina atsižvelgti į eismo srautų pasiskirstymą sankryžose, gatvėse ar tam tikruose maršrutuose (Kutlimuratov ir kt., 2021). Lietuvoje diegiamos išmaniosios sankryžos, kuriose montuojami valdikliai. Iš induktyviųjų kilpų valdikliai gauna duomenis apie transporto priemones, kurios sustojo prie sankryžos ir uždega atitinkamus šviesoforo signalus. Sankryžos valdomos realiuoju laiku – valdikliai automatiškai parenka šviesoforų signalų seką, kuri priklauso nuo transporto priemonių skaičiaus.

Moksliniame straipsnyje aprašoma metodologija apie eismo ir transporto priemonių greičio eismo srautuose duomenų rinkimą. Siekdami rinkti duomenis apie atskirų transporto priemonių eismą ir greitį eismo sraute, autoriai sukūrė eismo tyrimo metodiką, skirtą tirti stebimų transporto tinklų charakteristikas. Šiame darbe apžvelgiami rytinio ir pietinio piko eismo srautai. Matavimai buvo atlikti su skaitmeninėmis vaizdo kameromis su MTS ir MP4 formato vaizdo įrašais. Vaizdo įrašymo greitis buvo 25 arba 50 kadrų per sekundę (Horvat, Kos, Ševrović, 2015).

Tuo tarpu Jamal ir kt. (2021) savo moksliniame straipsnyje apie mikro ir makro modelius analizuoja, kad mikromodeliavimo modeliai seka atskirų transporto priemonių judesius pirmąją ar antrąją sekundę. Mikromodeliavimas remiasi atsitiktiniais skaičiais, kad būtų generuojamos transporto priemonės, pasirenkami maršruto sprendimai ir nustatomas elgesys. Dėl šio skirtumo reikia kelis kartus paleisti modelį su skirtingais atsitiktinių skaičių sekomis, kad būtų pasiektas norimas tikslumas. Bus tam tikras laiko tarpas, kol sistema pasieks pastovią būseną, ir šis laikotarpis neturėtų būti įtrauktas į rezultatus. Vienas iš populiariausių makroskopinių eismo srautų modelių yra Payne'o ir Whithamo sukurtas dviejų lygčių modelis, kuris žinomas kaip P. W. (PW) modelis. Pirmoji lygtis yra pagrįsta tęstinumo lygtimi, skirta transporto priemonių išsaugojimui kelyje, o antroji modeliuoja eismo pagreitinimo elgseną, pagrįstą vairuotojo numatymu. Vairuotojo numatymas atsiranda dėl prielaidos, kad pasikeičia priekinio eismo intensyvumas, polinkis reguliuoti greitį pagal eismo sąlygas. PW modelis pagrįstas prielaida, kad transporto priemonės kelyje elgiasi panašiai. Naudojami tolygūs eismo greičiai ir tankio pasiskirstymai, o lygiavimas (harmonizavimas) vyksta pastoviu greičiu. Deja, tai lemia nerealų greičio ir tankio elgesį (Khan-P, Gulliver, 2018).

Tyrimas atliktas Mažeikių mieste, Žemaitijos–Naftininkų g. sankryžoje. 1 pav. pateikta tyrime nagrinėjama transporto srautų sankryža. Atliekant bandymus, buvo suskaičiuoti važiuojantys automobiliai visomis galimomis kryptimis tiriamoje sankryžoje. Dauguma žmonių dirbti pradeda nuo 7:00–9:00 val. ir baigia apie 16:00–18:00 val., todėl automatiškai tuo tarpu didžioji dalis transporto priemonių keliauja būtent šiuo laikotarpiu. Todėl norint pagerinti transporto srautų keliavimo sąlygas, buvo iširta, būtent kokio dydžio spūstys būna sankryžose.

Atliekant skaičiavimus važiuojantys automobiliai buvo suskaičiuoti visomis galimomis kryptimis. Transporto srautų tyrimai atliekami natūriniu būdu, skaičiuojant srautus realiu laiku. Skaičiavimai buvo atliekami pirmadienį, trečiadienį, penktadienį. Transporto priemonių pravažiuojančių srautų duomenys buvo rinkti savaitę laiko. Didelis dėmesys buvo skirtas rytinių ir vakarinių pikų meto duomenų analizei, nes būtent šiais piko laikotarpiais didelis transporto priemonių spūščių kiekis. Be to, šios trys darbo dienos buvo pasirinktos todėl, kad pirmadienį yra didelis transporto priemonių srautas, nes tai pirma darbo diena po savaitgalio, ganėtinai daug keliaujančių keliavimo priemonių. Trečiadienis pasirinktas dėl to, nes norima palyginti vidurio savaitės darbo dieną su kitomis darbo dienomis. Tuo tarpu penktadienis pasirinktas dėl paskutinės darbo dienos, per kurią kelyje yra didželis transporto priemonių užimtumas, ganėtinai daug išvažiuojančių transporto priemonių ir nagrinėjamo miesto – Mažeikių.

Transporto srautų tyrimai sankryžoje buvo atlikti intensyviausiu paros metu. Remiantis tyrimais, intensyviausias eismas paroje vyko rytinio piko (07:00–09:00 val.) ir vakarinio piko (16:00–18:00 val.) metu.



1 pav. Žemaitijos – Naftininkų gatvių sankryža  
Fig. 1. Žemaitijos – Naftininkų street intersection

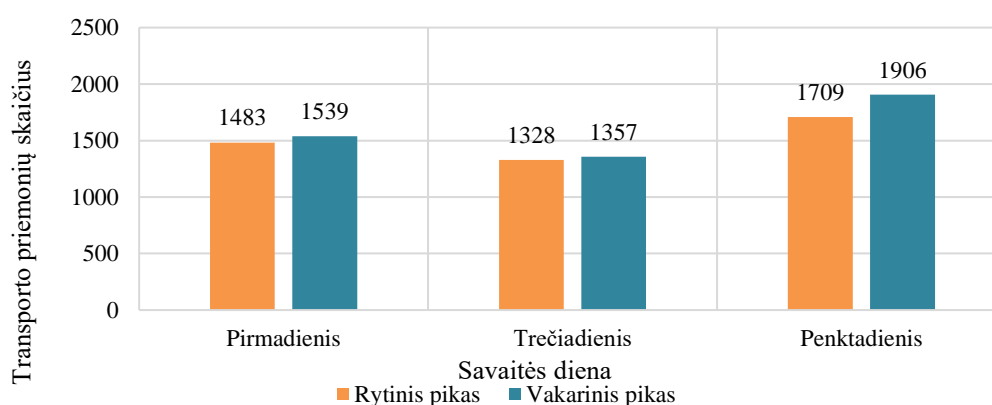
Gauti duomenys buvo susisteminti „Microsoft Excel 2016“ programa, o duomenys pavaizduoti grafiškai. Transporto srautams modeliuoti buvo naudojama PTV Vissim (Student Version, 2022) programinė įranga.

Mažinant transporto srautų spūstis minėtoje sankryžoje, buvo koreguojamas žalio šviesoforo signalas ir analizuojama įtaka spūščių pasikeitimui gatvėse. Straipsnyje pateikiami nagrinėjamo kelio ruožo susisteminti duomenys. Gauti rezultatai išanalizuoti bei sudarytos palankesnės sąlygos transporto priemonių judėjimui būtent šioje sankryžoje.

## Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

2 paveiksle matyti Žemaitijos–Naftininkų gatvių sankirtos transporto priemonių duomenys, kirtusių šią sankryžą rytinio ir vakarinio piko metu. Pirmadienį per šias sankryžas rytinio piko metu pravažiavo 1483 transporto priemonės (Žemaitijos g. – 1019, o Naftininkų g. – 464), o tuo tarpu vakarinio piko laikotarpiu šią sankirtą kirtė 1539 transporto priemonės (Žemaitijos g. – 1057, o Naftininkų g. – 482). Kaip matyti, trečiadienį rytinio piko laikotarpiu pravažiavo 11 % mažiau transporto priemonių, o vakarinio piko metu 13 % mažesnis transporto priemonių kiekis – 182, palyginus su pirmadienio laikotarpiu. Tačiau buvo pastebėta, kad penktadienį buvo didžiausias užimtumas, lyginant su kitomis darbo dienomis. Penktadienį rytinio piko laikotarpiu pravažiavo 226 transporto priemonėmis daugiau negu pirmadienio rytinio piko metu, o tuo tarpu vakariniu piko metu – 367 transporto priemonėmis daugiau negu pirmadienio vakarinio piko metu.

Trečiadienį Naftininkų gatvėje rytinio piko metu pravažiavo 395 transporto priemonės, o vakarinio – 401, tuo tarpu Žemaitijos gatvėje rytinio piko metu – 933 transporto priemonės, o vakarinio – 956 (žr. 4 pav.). Penktadienį situacija ženkliai keitėsi ir buvo matomas didelis transporto priemonių užimtumas. Naftininkų gatvėje rytinio piko metu sankryžą kirtė 571 transporto priemonė, vakarinio piko metu – 672. Žemaitijos gatvėje penktadienį šią sankryžą rytinio piko metu pravažiavo 1138, vakarinio piko metu – 1234 transporto priemonės. Be to, analizuojant gautus rezultatus pastebėta, kad lengvųjų automobilių kiekis sudaro didžiąją dalį visų transporto priemonių. Nepriklausomai nuo savaitės dienos, lengvosios transporto priemonės sudaro didžiąją dalį visų transporto priemonių, kertančių sankryžą.



**2 pav.** Žemaitijos – Naftininkų g. sankirtos transporto priemonių pravažiavimo skaičius piko laikais  
**Fig. 2.** Žemaitijos – Naftininkų street intersection the number vehicles passing during peak time

Išanalizavus ir susisteminius transporto priemonių srautus, pravažiuojančius Žemaitijos–Naftininkų gatvių sankryžoje rytinio ir vakarinio piko laikotarpiais darbo dienomis, nuspręsta tobulinti šią sankirtą prailginant žalio šviesoforo signalo laiką. Būtent šioje sankryžoje susidaro didelės transporto priemonių spūstys iš visų 4 krypčių. Ketursalėje sankryžoje konfliktinių taškų kiekis priklauso nuo sankryžos reguliavimo tipo. Projektuojant sankryžą, ypač svarbu pagal galimybes pritaikyti jos tipą ir sumažinti konfliktinių taškų bei eismo įvykių skaičių. Surinkus šiuos duomenis buvo įvertinami ir analizuojami sankryžos parametrai ir parenkami tinkami laidumo gerinamo sprendimai. 3 pav. pateiktas sankryžos modelis.

Transporto srautų matavimo metu žalio šviesoforo signalo trukmė Žemaitijos gatvėje yra 24 s, Naftininkų gatvėje 17 s, šviesoforo signalų ciklo laikas – 41 s. Geltonas šviesoforo signalas mirksi 3 s. Siekiant sumažinti spūsčių kiekį šioje sankryžoje, kompiuterinio modeliavimo programa buvo prailgintas žalio šviesoforo signalas 2–7 s.

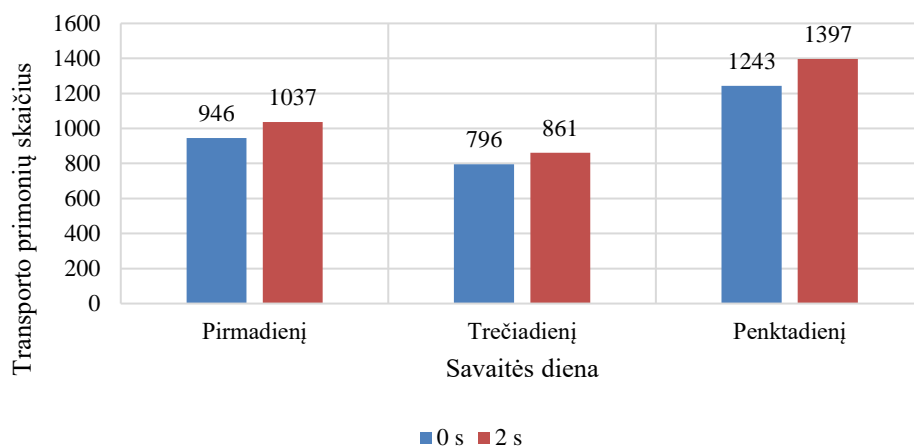


**3 pav.** Sankryžos modelis  
**Fig. 3.** Intersection model

Aukščiau pateiktame 3 pav. matyti Žemaitijos–Naftininkų gatvės sankryžos transporto priemonių modelis, sudarytas „VISSIM“ programiniu paketu. Paveikslėlyje sužymėti numeriai, nurodantys gatvių kryptį (1–4). Pirmoji ir trečioji kryptis yra Naftininkų gatvės, o antroji ir ketvirtoji – Žemaitijos g., kurioje susidaro didžioji dauguma transporto priemonių spūsčių.

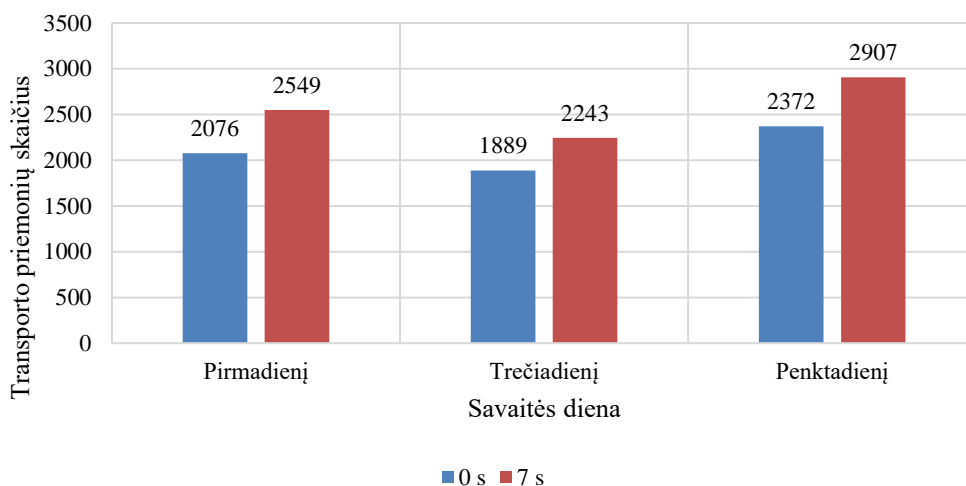
Atliekant duomenų analizę, buvo pastebėta, kad Naftininkų gatvėje ties Žemaitijos gatve, transporto priemonių pravažiuoja 50–55 % mažiau, negu Žemaitijos gatvėje rytinio ir vakarinio piko laikotarpiais, todėl didžiausia problema – Žemaitijos gatvė, kuri kertasi su Naftininkų gatve. Straipsnyje analizuojamas scenarijus, kai prailginamas žalio šviesoforo signalas Žemaitijos gatvėje, nuo esamo 24 s ciklo iki 31 s, t. y. 7 s, nes būtent šioje gatvėje susidaro didesnės transporto priemonių spūstys negu Naftininkų gatvėje. Tuo tarpu Naftininkų gatvėje žalio šviesoforo signalas prailgintas nuo 17 s iki 19 s, t. y. 2 s.

4 pav. pateikti duomenys, gauti Naftininkų g. prailginus žalio šviesoforo signalo laiką 2 s rytinio ir vakarinio piko laikotarpiais darbo dienomis.



**4 pav.** Naftininkų g. ties Žemaitijos g. sankirta, žalio šviesoforo prailginto laiko 2 s rezultatai, sudėjus rytinio ir vakarinio piko metą  
**4 fig.** Naftininkai st. at Žemaitija st. intersection, the results of the extended green light time of 2 s, summing the morning and evening peak times

5 pav. pateikti Žemaitijos g. sankirtos ties Naftininkų g. žalio šviesoforo prailginto laiko 7 s rezultatai, sudėjus rytinio ir vakarinio piko metą. Kaip matyti, Naftininkų g. žalio šviesoforo signalo laiką prailginus 2 s, transporto priemonių pravažiuoja atitinkamai 4–5 % daugiau negu per dabartinį žalio šviesoforo laiką. Tačiau, kaip ir buvo paminėta, didžiausia problema yra Žemaitijos g. ties Naftininkų g. sankirta.



**5 pav.** Žemaitijos g. sankirta ties Naftininkų g., žalio šviesoforo prailginto laiko 7 s rezultatai, sudėjus rytinį ir vakarinį piko metą  
**Fig. 5.** Žemaitijos st. at Naftininkų st. intersection, the results of the extended green light time of 7 s, summing the morning and evening peak times

5 pav. pateikti Žemaitijos g. sankirta ties Naftininkų g. žalio šviesoforo 7 s prailginto laiko rezultatai, sudėjus rytinį ir vakarinį piko metą. Iš pateikto paveikslėlio matyti, kad laiką prailginus 7 sekundėmis, transporto priemonių pravažiuojimas stipriai pasikeičia – pravažiuoja 20–22 % daugiau transporto priemonių, lyginant su 0 s. Galima daryti išvadą, kad norint pagerinti Žemaitijos–Naftininkų g. sankryžos pravažiuojimą rytiniais ir vakariniais piko laikotarpiais (didžiausias



transporto priemonių užimtumas), Naftininkų g. reikia prailginti žalio šviesoforo signalo laiką 2 s, o tuo tarpu Žemaitijos g. – 7 s, toks sprendimas būtų optimaliausias.

## Išvados

1. Išanalizuota, kad Žemaitijos–Naftininkų g. sankirtoje, Žemaitijos gatvėje transporto priemonių pralaidumas yra atitinkamai 50–55 % didesnis negu Naftininkų g., todėl spūsciu problema – Žemaitijos g. sankirtoje ties Naftininkų g.

2. Transporto srautų matavimo metu žalio šviesoforo signalo trukmė Žemaitijos g. buvo 24 s, Naftininkų g. – 17 s, šviesoforo signalų ciklo laikas – 41 s. Geltonas šviesoforo signalas mirksi 3 s.

3. Išsiaiškinta, kad norint, jog Žemaitijos–Naftininkų g. sankirtoje transporto priemonių pralaidumas pagerėtų, Naftininkų g. ties Žemaitijos g. sankirta žalio šviesoforo signalo laiką reikia prailginti 2 s, tuo tarpu Žemaitijos g. žalio šviesoforo signalo laiką būtina prailginti 7 s.

## Literatūra

1. Horvat, R., Kos, G., Ševrović, M. 2015. Traffic flow modelling on the road network in the cities. *Tehnički vjesnik*, Vol. 22(2), p. 475—486. <https://doi.org/10.17559/TV-20150127093334>.
2. Jamal, A., M. Al-Ahmadi, H., Muhammad Butt, F., Iqbal, M., Almoshaogeh, M., & Ali, S. 2021. Metaheuristics for traffic control and optimization: Current challenges and prospects. *IntechOpen*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.99395>.
3. Khan-P, Z. H., Gulliver, T. A. 2018. A macroscopic traffic model for traffic flow harmonization. *European Transport Research Review*, 10: p. 1–12. DOI: 10.1186/s12544-018-0291-y.
4. Kutlimuratov, K., Khakimov, S., Mukhitdinov, A., Samatov, R. 2021. Modelling traffic flow emissions at signalized intersection with PTV vissim. In *E3S Web of Conferences*, Vol. 264, ID 02051. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126402051>.
5. Rydzewski, A., Czarnul, P. 2017. Recent advances in traffic optimisation: systematic literature review of modern models, methods and algorithms, *IET Intell. Transp. Syst.*, Vol. 14 Iss. 13, p. 1740–1758. <https://doi.org/10.1049/iet-its.2020.0328>.

## STUDY OF TRAFFIC FLOWS IN THE CITY OF MAŽEIKIAI

### Summary

As the number of vehicles in the city of Mažeikiai grows, the intersections become increasingly congested. As the load at intersections increases, street congestion, the probability of traffic accidents, and environmental pollution, which harms human health and leads to climate warming, increase. The highest load and congestion at intersections occurs during the peak hours: the morning peak and the evening peak. The morning and evening peaks occur when people go to and from work, and the afternoon peak occurs when people go to lunch. On weekend days, traffic jams usually occur at various centers of attraction: shops, cinemas, various entertainment centers, etc. Therefore, in order to improve the travel conditions of traffic flows, it is necessary to study exactly how big the congestion is at intersections and roundabouts.

In order to adapt the intersections to the current traffic flows, it is necessary to reconstruct the current intersections. One of the ways is to increase the number of traffic lanes at intersections, but this is usually not possible because there are buildings, plants, and other objects at the intersections. Another way to increase the throughput of intersections is to adjust the traffic lights, choosing the optimal times of green, yellow and red signals, which helps to reduce traffic congestion at intersections. After finding out and analyzing the occupancy of traffic flows, solutions can be found to reduce congestion caused by traffic flows. The research revealed that in order for Žemaitijos - Naftininkų st. the throughput of vehicles at the intersection would be improved on Naftininkų Street at the intersection of Žemaitijos Street, the time of the green traffic light signal should be extended by 2 s - traffic congestion would be by 4 - 5% reduced. Meanwhile, on Žemaitija Street, if the time of the green traffic signal is extended by 7 seconds, vehicle congestion would be 20-22 % decrease.

**Keywords:** vehicles, traffic, flow models