

MATERIALAUS SRAUTO GERINIMAS KELIŲ INFRASTRUKTŪROJE: TEORINIAI ASPEKTAI

Martynas TURLA, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Bioekonomikos plėtros fakultetas, el. paštas: martynas.turla@stud.vdu.lt

Jan ŽUKOVSKIS, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Bioekonomikos plėtros fakultetas, el. paštas: jan.zukovskis@vdu.lt

Santrauka

Kelių infrastruktūros priežiūra ir remontas yra labai svarbi transporto sistemos dalis, kuri daro įtaką eismo saugumui ir transporto pralaidumui. Didėjant transporto intensyvumui, dienos metu vykdomi kelio remonto darbai dažnai sukelia eismo trikdžius, dėl kurių eismas sustoja arba nusidriekia kilometrinės spūstys, vėluoja viešasis transportas, gyventojai skundžiasi blogai organizuojamu eismu. Dėl šių priežasčių ieškoma alternatyvų, kaip būtų galima atlikti kelio remonto darbus netrikdant eismo intensyvumo. Viena alternatyvų, kaip pagerinti kelio remonto darbų vykdymą, yra darbas tamsiuoju paros metu. Kelio remonto darbų vykdymas tamsiuoju paros metu turi iššūkių – organizacinių, materialaus srauto logistikos iššūkių, materialaus srauto technologinių iššūkių. Visiems iššūkiams yra pateikti sprendimo būdai, kaip būtų galima pagerinti kelio remonto darbų vykdymą tamsiuoju paros metu. Tyrimo tikslas – teoriškai atskleisti kelio remontui materialaus srauto logistikos darbų organizavimo gerinimo galimybes tamsiuoju paros metu. Tyrimo metodai – mokslinės literatūros analizė. Straipsnyje nagrinėjama problema yra kelio remonto darbai, kurie dažniausiai yra vykdomi dienos metu, kai eismo intensyvumas yra didelis. Kelio remonto darbus galima vykdyti ir tamsiuoju paros metu, tačiau darbų efektyvumas ir galimybės organizuoti darbus tamsiuoju paros metu nėra įvertintos. Tyrimo rezultatai gali padėti geriau suprasti darbų organizavimą tamsiuoju paros metu.

Reikšminiai žodžiai: kelio remonto darbai tamsiuoju paros metu, materialus srautas.

Įvadas

Kelio remonto darbai yra pagrindinė infrastruktūros ir atnaujinimo veikla, kuri užtikrina eismo saugumą ir kelių tinklo patikimumą. Kelių tinklai, kaip visuomenės arterijos, atlieka gyvybiškai svarbų vaidmenį palaikant ekonominę pažangą. Pasaulinis kelių tinklas, kurio ilgis viršija 25 milijonus kilometrų, sudaro sudėtingą tinklą, apimančią didžiulius planetos plotus. Šis tinklas jungia kiekvieną pasaulio kampelį, sujungdamas triukšmingas miestų gatves su atokiais kaimų takais (Chen et al., 2024). Vystantis socialinei ir ekonominei situacijai, vidutinis metinis eismo intensyvumas kiekvienoje šalyje didėja, dėl to padidėja ir kelio apkrova. Kelių priežiūros projektai tapo viena reikšmingiausių viešosios infrastruktūros investicijų (Hoy et al., 2023). Miestuose ir užmiešio keliuose, kur eismo intensyvumas yra labai didelis, gali būti sunku planuoti ir vykdyti kelių remonto darbus dienos metu. Kelio remontas nakties metu yra vis dažniau taikomas tam, kad būtų mažiau eismo trikdžių – avarinių situacijų, spūsčių, uždarytų gatvių. Taip pat naktiniai darbai kelia ir didelius iššūkius, kurie yra susiję su logistikos valdymu, saugos priemonėmis, technologiniais aprūpinimais, kuriems reikia analizės. Temos aktualumą lemia keli veiksniai: nuolat intensyvėjantis eismas, augantys visuomenės lūkesčiai dėl saugumo ir eismo sklandumo, taip pat riboti finansai. Didžiuosiuose Lietuvos miestuose – Vilniuje, Kaune, Klaipėdoje – ir magistraliniuose keliuose eismo intensyvumas nuolat auga. Kelio remonto darbai, vykdomi dienos metu, labai dažnai sukelia automobilių spūstis, dėl kurių gali vėluoti ir viešasis transportas, gali būti ekonominių nuostolių, kuriuos patiria tiek įmonės, tiek gyventojai. Naktinis darbų organizavimas yra alternatyvi priemonė, kuri gali sumažinti eismo spūstis, riziką avaringumui dėl eismo intensyvumo, padidinti darbų efektyvumą be eismo trikdžių. Kelio remonto darbai, vykdomi tamsiuoju paros metu, sumažina eismo spūstis ir trumpina projekto trukmę, tačiau turi ir papildomų iššūkių – reikalingos didesnės sąnaudos, gyventojams tenka kentėti triukšmą, reikalingas ir darbuotojų saugos rizikos įvertinimas. Kelio remonto darbai Lietuvoje yra organizuojami tiek dieną, tiek naktį, taip siekiant užtikrinti sklandų eismą bei sumažinti transporto srautų trikdymą. Dėl netinkamai suorganizuotų kelio remonto darbų, gali nukentėti kokybė, dėl kurios gali tekti atlikti pakartotinus darbus. Dėl šios priežasties gali būti padidinamos ilgalaikės projekto išlaidos. Materialus srautas – medžiagų ar kitų išteklių judėjimas nuo tiekimo vietos iki panaudojimo. Kelio remonto darbuose materialus srautas yra asfaltas ar kitokios tiekiamos medžiagos į darbo objektus, taip pat ir statybinė technika, reikalinga kelio remonto darbams atlikti.

Tyrimo tikslas – teoriškai atskleisti kelių remontui materialaus srauto logistikos darbų organizavimo gerinimo galimybes tamsiuoju paros metu.

Iškeltam tikslui pasiekti sprendžiami šie **uždaviniai**:

1. Atskleisti materialaus srauto logistikos tamsiuoju paros metu organizavimo procesą.
2. Nustatyti materialaus srauto logistikos tamsiuoju paros metu iššūkius ir jų sprendimo galimybes.

Tyrimo objektas – kelio remonto darbų organizavimas tamsiuoju paros metu ir gerinimo galimybės.

Tyrimo metodai: mokslinės literatūros analizė ir sintezė. Mokslinės literatūros buvo ieškota šiose svetainėse: „Scientific reports“, „MDPI – Publisher of Open Access Journals“, „Science Direct“, „ASCE Library“, „Google Scholar“, „Web of Science“. Iš visų šių svetainių buvo atrinkta 30 straipsnių. Moksliniams straipsniams buvo atrinkti kriterijai: naujumas, teminis atitikimas, duomenų prieinamumas. Straipsniai buvo parinkti pagal aktualumą, kelio remonto darbus, vykdomus tamsiuoju paros metu, materialaus srauto logistikos, materialaus srauto technologinių sprendimų tematiką. Naudoti naujausi tyrimai – šaltiniai publikuoti per pastaruosius penkerius metus. Literatūros analizė apėmė mokslinius straipsnius, siekiant apibendrinti naujausias teorines žinias, kurios taikomos kelio remonto darbuose tamsiuoju paros metu. Pritaikius kriterijus, straipsnių liko dešimt, kuriuose yra analizuojami kelio remonto darbai tamsiuoju paros metu – eismo valdymas, darbuotojų sauga bei logistikos organizavimas.

Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

Kaip teigia Ling ir kt. (2024), naktinio kelių remonto darbai pastaraisiais metais tampa svarbia transporto infrastruktūros dalimi, ypač tankiai apgyvendintose teritorijose ir intensyvių eismo srautų zonose. Tradiciniai dienos metu vykdomi remontai dažnai susiduria su eismo trikdžiais, ilgomis spūstimis ir padidėjusia avaringumo rizika (Rezaei ir Chung, 2020). Kaip teigia Chen ir Wu (2021), nakties intervalai, kai eismo srautai minimalūs, leidžia sumažinti šiuos trikdžius, pagreitinti darbų vykdymą ir padidinti jų efektyvumą.

Naktinis darbas sukelia daug organizacinių, logistinių, technologinių, socialinių ir ekonominių iššūkių. Remiantis Barnes (2022), kelių remonto darbų planavimas turi būti integruotas, apimantis įvairias sritis ir siekiantis optimizuoti darbo saugumą bei efektyvumą.

Kaip nurodo Europos kelių federacija (2022), organizaciniai iššūkiai apima darbuotojų pamainų planavimą, darbo trukmės reguliavimą, atsakingų vadovų paskyrimą ir koordinavimą su savivaldybėmis bei kitomis institucijomis. Logistikos aspektai reikalauja užtikrinti laiku pristatomų medžiagų ir įrangos tiekimą, optimizuoti transporto priemonių judėjimą darbo zonoje ir sudaryti rezervinius maršrutus (Du, 2023).

Organizaciniai iššūkiai. Organizaciniai iššūkiai yra svarbiausi naktinio kelio remonto darbų aspektai. Kaip teigia Barnes (2022), tinkamai suplanuotas darbo grafikas, pamainų struktūra ir koordinavimas su institucijomis gali ženkliai sumažinti avaringumo riziką ir pagerinti darbų efektyvumą.

Kelio remonto darbų metu turi būti užtikrintas darbuotojų budrumas, eismo reguliavimas ir reikiamų medžiagų ir įrangos koordinavimas. Ling (2024) pažymi, kad net nedidelis organizacinių klaidų kiekis gali sukelti darbo vėlavimus, padidinti nuostolius ir kelti gėsmę darbuotojų saugumui.

Tamsiuoju paros metu darbo sąlygos gali būti sudėtingesnės nei dienos metu. Ling (2024) teigimu, nakties metu darbo sąlygos yra sudėtingesnės nei dieną: ribotas matomumas, biologinių ritmų pokyčiai, mažesnis personalo skaičius ir sumažėjęs eismo intensyvumas reikalauja kruopštaus planavimo ir koordinavimo.

Organizacinių iššūkių problema yra prastas ir sudėtingas darbų planavimas ir išteklių valdymas, vykdamas kelio remonto darbus tamsiuoju paros metu. Didesnės sąnaudos ir darbų vėlavimus lemia prastai suplanuotas darbo grafikas, nepakankamas darbuotojų skaičius.

Pagrindiniai iššūkiai yra išskiriami penki, kurie labai dažnai pasireiškia tada, kai vykdomas kelio remonto darbai tamsiuoju paros metu. Nuovargis mažina dėmesingumą ir reakcijos greitį, todėl gali padidinti klaidų ir avarių tikimybę (Rezaei ir Chung 2020):

1. Darbo laikas ir pamainų planavimas
 - 1.1. Naktį darbuotojų nuovargis gali būti pagrindinė darbo efektyvumo problema.
 - 1.2. Pamainų planavimas apima darbuotojų rotaciją, trumpesnes pamainas ir periodines pertraukas.
2. Bendradarbiavimas su institucijomis
 - 2.1. Efektyvus darbų planavimas reikalauja gero bendradarbiavimo su savivaldybės kelių priežiūros skyriumi.
 - 2.2. Darbo plano suderinimas su savivaldybe apima maršrutus, laiką, eismo reguliavimą.
3. Eismo reguliavimas ir darbo zona
 - 3.1. Darbų zona turi būti su ženkliniu, visada apšviesta.
 - 3.2. Darbų zona yra susijusi su darbuotojų ir vairuotojų saugumu.
4. Eismo įvykių rizika
 - 4.1. Naktinio kelio darbų remontui rizikos vertinimas yra būtinas.
 - 4.2. Rizikų valdymas – darbuotojų instruktavimas, nuolatinė darbo vietos priežiūra, atsarginių preimonių paruošimas.
5. Išteklių paskirstymas ir darbo planavimas
 - 5.1. Darbo kokybę gali paveikti mažesnis darbuotojų skaičius nei dienos metu.
 - 5.2. Planavime reikia įsivertinti visus galimus maršrutus.

Visi šie punktai, jų pasekmės ir galimi sprendimai pateikti 1 lentelėje.

Norint pagerinti kelio darbų remontą tamsiuoju paros metu, reikia itin atsižvelgti į sprendimus – nuolat komunikuoti su savivaldybe dėl darbų plano sudarymo, tinkamai sustatyti ženklus darbo zonoje, įsivertinti rizikas, kylančias kelio remontą vykdamas naktį.

1 lentelė. Organizacinių iššūkių pasėkmės ir sprendimo būdai

Table 1. Consequences and solutions to organizational challenges

Iššūkis <i>Challenge</i>	Pasekmės <i>Consequences</i>	Galimi sprendimai <i>Possible solutions</i>
Darbo laikas ir pamainų planavimas <i>Working hours and shift planning</i>	Tikimybė padaryti daugiau klaidų, nuovargis, mieguistumas <i>More likely to make mistakes, fatigue, drowsiness</i>	Periodinės pertraukos, darbuotojų rotacija <i>Periodic breaks, employee rotation</i>
Bendradarbiavimas su institucijomis <i>Cooperation with institutions</i>	Galimi saugumo pažeidimai, medžiagų trūkumas <i>Possible safety violations, material shortages</i>	Nuolatinė komunikacija su savivaldybe, darbo plano suderinimas <i>Continuous communication with the municipality, work plan coordination</i>
Eismo reguliavimas ir darbo zona <i>Traffic regulation and work area</i>	Eismo įvykių rizika <i>Risk of traffic accidents</i>	Tinkamas ženklavimas, geras ir ryškus apšvietimas <i>Proper signage, good and bright lighting</i>
Eismo įvykių rizika <i>Risk of traffic accidents</i>	Didelė avaringumo rizika <i>High risk of accidents</i>	Darbuotojų apmokymai dirbti naktį, rizikų įvertinimas <i>Employee training for night work, risk assessment</i>
Išteklių paskirstymas ir darbo planavimas <i>Resource allocation and work planning</i>	Galimas įrangos trūkumas, ribotas darbuotojų skaičius <i>Possible equipment shortages, limited number of employees</i>	Alternatyvūs maršrutai, darbo jėgos paskirstymas <i>Alternative routes, workforce distribution</i>

Šaltinis: sudaryta pagal autorių (2026)

Source: compiled by author (2026)

Materialaus srauto logistikos iššūkiai. Kelio remonto darbų vykdymas tamsiuoju paros metu reikalauja ypatingo darbų planavimo ir organizavimo, nes nakties metu eismas yra žymiai mažesnis, darbuotojai gali prarasti budrumą, lyginant su kelio remonto darbais dienos metu. Taip pat, vykdant kelio remonto darbus tamsiuoju paros metu, išryškėja logistinės problemos. Naktinio kelių remonto organizavimo patirtis rodo, kad sėkmė priklauso nuo išsamaus planavimo, medžiagų tiekimo, pamainų struktūros, eismo reguliavimo ir saugos priemonių (Ling et al., 2024; Fan et al., 2023).

Svarbiausias aspektas kelio remonto darbuose yra medžiagų tiekimas. Tamsiuoju paros metu būtina užtikrinti, kad asfaltas, skalda ar smėlis būtų pristatomi laiku. Asfaltas turi būti pristatomas karštas, jo temperatūra yra apie 140–180 °C. Kloti asfaltą nakties metu yra didelis iššūkis, kadangi asfalto gamyba dažniausiai vyksta dienos metu. Visa logistika yra apie transporto priemonių koordinavimą, t. y. sunkiasvorių transporto priemonių – sunkvežimių – stebėjimas per GPS sistemą, kaip transporto priemonė juda į objektą su reikalinga medžiaga.

Asfalto tiekimas. Nakties metu medžiagų tiekimas kelio darbams yra kritinis, nes sumažėjęs eismo srautas leidžia vykdyti intensyvius darbus, tačiau tai reikalauja preciziško planavimo ir saugumo priemonių (FHWA, 2023). Asfalto tiekimas priklauso nuo:

- laiko;
- temperatūros;
- logistikos planavimo;
- kokybės;
- saugumo;
- oro sąlygų – lietaus, sniego, šalčio, drėgmės.

Asfalto tiekimo kriterijai jų problemos ir sprendimo būdai yra pateikti 2 lentelėje.

2 lentelė. Asfalto tiekimo problemos vykdant kelio darbo remontus nakties metu

Table 2. Asphalt supply problems during road repairs at night

Kriterijus <i>Criterion</i>	Problema/rizika <i>Problem/risk</i>	Sprendimas <i>Solution</i>
Laikas <i>Time</i>	Ribotas tiekimo personalas <i>Limited supply staff</i>	Asfalto tiekimo suderinimas su darbų vykdytojais ir klotuvo buvimu objekte <i>Coordinating asphalt supply with contractors and paver presence at site</i>
Temperatūra <i>Temperature</i>	Žemesnė oro temperatūra nei dienos metu <i>Lower air temperature than during the day</i>	Asfalto atvežimas turėtų vykti kuo trumpiau <i>Asphalt delivery should be as short as possible</i>
Planavimas <i>Planning</i>	Nesuderinti maršrutai <i>Uncoordinated routes</i>	Komunikacija su darbų vadovais <i>Communication with project managers</i>
Kokybė <i>Quality</i>	Sunkiau imami asfalto bandiniai, rizika pakloti prastesnį asfaltą <i>Difficult to take asphalt samples, risk of laying inferior asphalt</i>	Daryti papildomas asfalto patikras <i>Perform additional asphalt inspections</i>
Saugumas <i>Safety</i>	Avarijų rizika, mažas matomumas <i>Risk of accidents, low visibility</i>	Darbo zonos apšvietimas, aiškius eismo organizavimas <i>Work area lighting, clear traffic organization</i>
Oro sąlygos <i>Weather</i>	Galima drėgmė, šalnų, lietus, sniegas <i>Possible humidity, frost, rain, snow</i>	Nuolat stebėti oro temperatūrą, koreguoti asfalto klojimą <i>Constantly monitor air temperature, adjust asphalt laying</i>

Šaltinis: sudaryta pagal autorių (2026)

Source: compiled by author (2026)

Visa asfalto tiekimo grandinė priklauso nuo:

- punktualaus asfalto pristatymo iš gamybos bazės į darbo objektą;
- visos technikos, kuri dirba darbo objekte, paruošimo;
- atsarginių resursų – jeigu mechanizmas sugenda, pakeisti kitu;

- nuolatinės komunikacijos tarp darbų vykdytojo, vairuotojų ir gamybos bazės.

Atsižvelgus į asfalto tiekimą į darbo objektą, bus sklandžiai vykdomi kelio remonto darbai nakties metu.

Technikos tiekimas. Technikos tiekimas į objektus taip pat yra svarbus aspektas. Be technikos nebūtų galima kloti asfalto ar atlikti kitokius darbus, ko paprastai žmogus nepadarytų. Jeigu technika sugenda tamsiuoju paros metu, gedimų ieškojimas ir tvarkymas gali užtrukti ilgiau nei dienos metu bei gali sustabdyti visą darbų eigą. Tyrimai parodė, kad net 15 % prastovų atsiranda dėl technikos problemų, kurių būtų galima išvengti periodiniais patikrinimais (Fan et al., 2023). 3 lentelėje yra surašytos problemos, kurios gali kilti kelio remontus vykdant tamsiuoju paros metu. Taip pat yra pateikti sprendimai, kaip tų problemų būtų galima išvengti.

3 lentelė. Technikos prieinamumo iššūkiai ir sprendimai

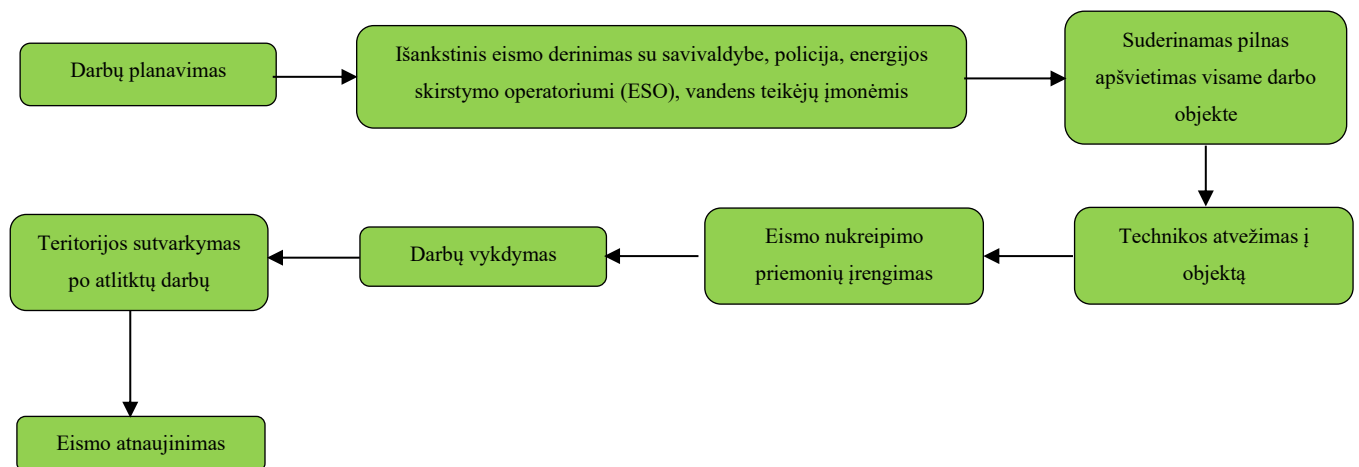
Table 3. Accessibility challenges and solutions of technique

Problema <i>Problem</i>	Logistinis iššūkis <i>Logistical challenge</i>	Sprendimas <i>Solution</i>
Mechanizmų gedimai <i>Mechanical failure</i>	Prastova darbo metu <i>Downtime during work</i>	Reguliariai ir prieš pradedant darbus atlikti mechanizmo patikrą <i>Perform regular and prior to work mechanism inspections</i>
Degalų trūkumas <i>Fuel shortage</i>	Vėlavimai objektuose <i>Delays at sites</i>	Kurovežio reguliarius važiavimas po objektus <i>Regular driving of the fuel truck around the facilities</i>
Transporto priemonių skaičius objekte <i>Number of vehicles on site</i>	Galimas darbo sutrikdymas, kai yra per daug transporto priemonių vienoje vietoje <i>Potential disruption when there are too many vehicles in one place</i>	Transporto sekimas per GPS sistemą, atsakingo žmogaus paskyrimas <i>Tracking of transport via GPS system, appointment of a responsible person</i>
Specializuoti įrankiai <i>Specialized tools</i>	Netinkamas įrankių naudojimas <i>Wrong use of tools</i>	Darbo įrankius paruošti laiku, supažindinti darbuotojus su naudojimosi instrukcija <i>Prepare work tools on time, familiarize employees with the operating instructions</i>

Šaltinis: sudaryta pagal autorių (2026)

Source: compiled by author (2026)

Labiausiai išsiskirianti problema yra mechanizmų gedimas. Dėl gedimo problemos gali atsirasti didelių darbo prastovų, už ką nebūtų mokamas atlyginimas žmonėms.



Šaltinis: sudaryta pagal autorių (2026)

Source: compiled by author (2026)

1 pav. Kelio remonto nakties metu loginė darbų schema

Fig. 1. Logical work flow chart for road repairs at night

Schemoje galima matyti visą kelio remonto planą, kuris yra pritaikytas darbams objekte. Šie žingsniai padeda geriau suprasti, kaip vyksta kelio remonto darbai tamsiuoju paros metu.

Darbuotojų pamainų planavimas. Kelio remontus vykdant naktį, iškyla dar vienas logistinis iššūkis – tai darbuotojų pamainų organizavimas. Darbuotojai, dirbdami tamsiuoju paros metu, būna labiau pavargę, gali prarasti budrumą darbo vietoje, padaryti daugiau klaidų nei dienos metu. Tyrimai rodo, kad nuovargis gali sumažinti reakcijos laiką 20–30 %, padidinti klaidų skaičių ir avarijų tikimybę (Rezaei ir Chung, 2020). Kad to būtų galima išvengti, būtina rasti sprendimus šioms iššūkiams, kurie yra pateikti 4 lentelėje.

Svarbu, kad darbuotojai mokėtų naudotis naktinio darbo technologijomis ir saugos įranga. Ling ir kt. (2024) teigia, kad nuolatinis mokymas mažina klaidų skaičių darbo vietoje iki 25 %. Taigi, darbuotojus nuolat reikia mokinti, kaip kelio

remonto darbai vyksta tamsiuoju paros metu. Taip pat darbuotojų nuovargis gali daryti daugiau įtakos darbų vykdymui tamsiuoju paros metu nei dienos metu.

4 lentelė. Darbuotojų pamainų iššūkiai ir sprendimai

Table 4. Employee shift challenges and solutions

Iššūkis <i>Challenge</i>	Galimos pasekmės <i>Possible consequences</i>	Sprendimas <i>Solution</i>
Pamainų laikas <i>Shift time</i>	Didesnis klaidų skaičius, nuovargis, jeigu pamainos trunka daugiau nei 8 valandas <i>More mistakes, fatigue if shifts last more than 8 hours</i>	Trumpesnis darbo laikas, pertraukėlės kas valandą <i>Shorter working hours, hourly breaks</i>
Biologinis ritmas <i>Biological rhythm</i>	Dėmesingumo sumažėjimas, mieguistumas <i>Reduced attention span, drowsiness</i>	Rotacijos sistema, pamainų apsikeitimas naktį ir dieną <i>Rotation system, night and day shift swap</i>
Pamainų suplanavimas <i>Shift scheduling</i>	Nėra visos dienos darbų tęstinumo <i>No continuity of work throughout the day</i>	Darbuotojų grafikų sudarymas iš anksto, turėti darbuotojų atsargoje <i>Preparation of employee schedules, have employees on standby</i>

Šaltinis: sudaryta pagal autorių (2026)

Source: compiled by author (2026)

Saugus eismo užtikrinimas. Saugus eismo užtikrinimas vykdant kelio remonto darbus naktį yra svarbus logistikos aspektas. Iš logistikos pusės, saugumas darbo objekte turi užtikrinti eismo srautų valdymą, jeigu reikia, nukreipimą, ženklavinimą ir judėjimo organizavimą. Nakties metu eismas dažniausiai yra mažesnis, tačiau rizikos lygis išlieka aukštesnis dėl riboto matomumo, vairuotojų nuovargio, sumažėjusio dėmesingumo ir prastėjančių aplinkos sąlygų (FHWA, 2022; Austroads, 2021). Saugaus eismo užtikrinimo problemos, iššūkiai ir sprendimo būdai pateikti 5 lentelėje.

5 lentelė. Saugaus eismo užtikrinimo iššūkiai ir sprendimo būdai

Table 5. Challenges and solutions for ensuring safe traffic

Problema <i>Problem</i>	Iššūkiai <i>Challenges</i>	Sprendimo būdas <i>Solution</i>
Prastas matomumas <i>Poor visibility</i>	Nepakankamas apšvietimas visoje darbo zonoje <i>Insufficient lighting throughout the work area</i>	Naudoti daugiau apšvietimo įrangos, darbuotojams dėvėti šviesą atspindinčius drabužius <i>Use more lighting equipment, have employees wear reflective clothing</i>
Sudėtingas eismo nukreipimas <i>Difficult traffic diversion</i>	Maršrutų kaita dėl mechanizmų judėjimo <i>Route changes due to machinery movement</i>	Alternatyvios eismo schemos, transporto/mechanizmų stebėjimas per GPS sistemą <i>Alternative traffic patterns, GPS tracking of vehicles/mechanisms</i>
Greičio viršijimas <i>Speeding</i>	Vairuotojai dažnai nemato laikinų kelio ženklų <i>Drivers often fail to see temporary road signs</i>	LED ženklai, esant poreikiui, įrengiami greičio matuokliai <i>LED signs, speed cameras installed if necessary</i>
Vairuotojų dėmesio sumažėjimas <i>Reduced driver attention</i>	Nuovargis dirbant naktį <i>Fatigue when working at night</i>	Papildomi įspėjamieji ženklai <i>Additional warning signs</i>

Šaltinis: sudaryta pagal autorių (2026)

Source: compiled by author (2026)

Taigi, vykdant kelio remonto darbus tamsiuoju paros metu, būtina turėti sprendimus problemoms, tokioms kaip prastas matomumas, sudėtingas eismo nukreipimas, greičio viršijimas, vairuotojų dėmesio sumažėjimas. Turint sprendimus, bus užtikrintas saugus eismas darbo objekte arba šalia jo.

Logistiniams iššūkiams pagerinti, reikia atsižvelgti į darbuotojų pamainų organizavimą, saugumo užtikrinimą, aplinkos sąlygas ir mechanizmų valdymą. Darbuotojų pamainų organizavime reikia sudaryti pamainas iš anksto, kad darbuotojai būtų pailsėję ir pasiruošę darbus vykdyti tamsiuoju paros metu. Užtikrinti saugumą gali padėti teisingas ženklavimas visoje darbo zonoje ir didelis apšvietimas, kad eismo dalyviai laiku pastebėtų dirbančius kelininkus. Aplinkos sąlygoms pagerinti reikia visada stebėti oro temperatūrą – jeigu oro temperatūra yra žemesnė nei 0 °C, suplanuoti darbai tamsiuoju paros metu gali neįvykti. Mechanizmų valdymui pagerinti reikia visada užtikrinti kuro tiekimą, nes kitaip mechanizmai neveiks, ir apmokyti darbuotojus teisingai dirbti naktį bei laiku pastebėti mechanizmų gedimus.

Materialaus srauto technologiniai iššūkiai. Kelių remonto darbus organizuojant tamsiuoju paros metu yra labai priklausoma nuo technologinių sprendimų – funkcionalumo, patikimumo ir riboto matomumo lauko. Kaip teigia tyrėjai (Bullough, 2020; Lee ir Zhang, 2021), technologijų veikimas nakties sąlygomis ženkliai skiriasi nuo dienos – dėl apšvietimo ribotumų, žemesnės temperatūros, didesnės drėgmės ir žmogaus regos funkcijų susilpnėjimo. Visi išvardyti veiksniai daro didelę įtaką įrangos efektyvumui, taip pat ir darbuotojų gebėjimui identifikuoti klojamo asfalto ir jo nelygumo problemas.

Apšvietimas ir matomumas. Reikšmingiausi technologiniai iššūkiai yra apšvietimas ir matomumas. Kai organizuojami kelio remonto darbai naktį, į šias priežastis svarbu atsižvelgti, nes kitu atveju darbai gali būti neefektyvūs. Kaip teigia J. D. Bullough (2020), dirbtinis apšvietimas naktiniuose darbuose dažnai yra nevienodas, sukelia šėšėlius ir akinimą, kas mažina matomumą bei gali iškreipti objektų kontrasto suvokimą. S. Lee ir Y. Zhang (2021) teigimu, esant ribotam apšvietimui, tiek darbuotojų, tiek mechanizmų operatorių gebėjimas tiksliai vertinti horizontalius nelygumus, mikrotrūkius ar dangos tekstūrą sumažėja net iki 40 %. Būtent dėl šių priežasčių sklandūs ir efektyvūs kelio remonto darbai gali ir neįvykti.

6 lentelė. Apšvietimo ir matomumo iššūkiai, jų pasekmės ir sprendimo būdai

Table 6. Lighting and visibility challenges, their consequences and solutions

Problema <i>Problem</i>	Pasekmės darbui <i>Consequences for work</i>	Sprendimo būdai <i>Solutions</i>
Netolygiai apšviesta darbo zona <i>Unevenly lit work area</i>	Operatoriams negalima tiksliai įvertinti galimų kelio dangos defektų <i>Operators cannot accurately assess possible road surface defects</i>	LED šviesų išdėstymas pagal viso darbo objekto plotą <i>Arrangement of LED lights according to the area of the entire work object</i>
Akinimas <i>Glare</i>	Laikinas regėjimo sutrikdymas, dėl to darbai trumpam yra stabdomi <i>Temporary visual impairment, causing work to be stopped for a short time</i>	Apsaugų nuo akinimo įdiegimas <i>Installation of anti-glare screens</i>
Ženklavimo matomumas <i>Marking visibility</i>	Didesnė eismo įvykių rizika, linijos mažiau matomos <i>Increased risk of traffic accidents, lines less visible</i>	Periodiškai prižiūrėti linijas darbo zonoje <i>Periodic maintenance of lines in the work area</i>
Regos sutrikimai <i>Visual impairment</i>	Lėtas reagavimas į galimus pavojus, nepastebimi smulkūs defektai <i>Slow response to potential hazards, minor defects not noticed</i>	Darbuotojų rotacija, intensyvus ir tolygus apšvietimas kelio remonto zonoje <i>Rotation of workers, intensive and uniform lighting in the road repair area</i>
Siaurai apšviesta kelio danga <i>Narrowly lit road surface</i>	Sudėtingas kelio dangos kontroliavimas <i>Difficult road surface control</i>	Judančių šviesų modulių įdiegimas <i>Installation of moving light modules</i>

Šaltinis: sudaryta pagal autorių (2026)

Source: compiled by author (2026)

Lentelėje pateiktos problemos yra dėl darbo zonos apšvietimo, taip pat nurodytos pasekmės ir sprendimo būdai, kad būtų galima išvengti apšvietimo problemų.

Technologiniams iššūkiams pagerinti, reikia atsižvelgti į apšvietimą ir matomumą kelio remonto darbų zonoje, taip pat į mechanizmų eksploatavimą. Apšvietimui ir matomumui pagerinti reikia užtikrinti tolygų apšvietimą visame darbo objekte, taip pat galima įdiegti šviesos jutiklius, su kuriais galima reguliuoti šviesą. Pagerinti transporto ir mechanizmų koordinavimą, juos galima stebėti per GPS sistemą. Mechanizmų eksploataciją pagerinti visada reikia prižiūrėti mechanizmus, prieš pradėdant darbą patikrinti, ar jie veikia sklandžiai.

Išvados

1. Atskleistas materialaus srauto logistikos tamsiuoju paros metu organizavimo procesas, taip pat pateikta loginė kelio remonto darbų schema, kurią sudaro aštuoni žingsniai: darbų planavimas, išankstinis eismo suderinimas su savivaldybe ir policija, suderintas pilnas darbo zonos apšvietimas, reikalingos technikos pristatymas į objektą, eismo nukreipimo priemonių įrengimas, darbų vykdymas, teritorijos sutvarkymas po darbų ir eismo atnaujinimas. Laikantis šių žingsnių, kelio remonto darbai, vykdomi tamsiuoju paros metu, turėtų būti efektyvesni ir netrikdyti eismo intensyvumo.

2. Remiantis mokslinės literatūros analize, nustatyti organizaciniai, materialaus srauto logistiniai ir technologiniai iššūkiai, kurie yra susiję su kelio remonto darbais tamsiuoju paros metu. Išnagrinėjus iššūkius, pateikti sprendimo būdai, kaip tuos iššūkius išspręsti ir sklandžiai vykdyti kelio remonto darbus tamsiuoju paros metu.

Literatūra

1. Awaad, S., Mansour, D. M., Mahdi, I., & Abdelrasheed, I. (2024). Impact of material supply chain on the productivity optimization for the construction of roads projects. *Scientific Reports*, 14(1), 3294.
2. Baranauskas, M., Kupčiūnaitė, E., Lieponienė, J. (2024). Pamaininio darbo poveikis darbuotojų miego kokybei ir nuovargiui. *Reabilitacijos mokslai*, 15(2), 45-53.
3. Bullough, J. D. (2020). Lighting for nighttime roadway work: Safety, performance, and visual challenges. *Journal of Safety Research*, 72, 27-35.
4. Kharrazi, A., Kim, A. & Park, J. (2024). Nighttime roadwork operational risks and mitigation strategies in urban environments. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 99, 150-162. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2024.01.009>
5. Lee, S., & Zhang, Y. (2021). Thermal performance challenges in asphalt paving equipment during low-temperature operations. *Construction and Building Materials*, 272, 121258. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121258>
6. Liu, Q., Liu, Z., Cui, B., & Zhu, C. (2024). Driving safety and comfort enhancement in urban underground interchanges via driving simulation and machine learning. *Sustainability*, 16 (21), 9601.
7. Mora, D., Hidalgo, R., & Perez, L. (2022). Operator visibility limitations in nighttime construction: Impacts on machinery accuracy. *Automation in Construction*, 142, 104423. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104423>
8. Su, B., Hu, J., Zeng, J., & Wang, R. (2022). Traffic safety improvement via optimizing light environment in highway tunnels. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19 (14), 8517. <https://doi.org/10.3390/ijerph19148517>

9. Shi, X., Wang, H., & Hou, F. (2022). Nighttime construction logistics and machinery efficiency under reduced visibility. *Journal of Construction Engineering and Management*, 148 (11), 04022118. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0002394](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0002394)
10. Zanevych, Y., Yovbak, V., Basystiuk, o., Shakhovska, N., Fedushko, S., & Argyroudis, S. (2024). Evaluation of pothole detection performance using deep learning models under low-light conditions. *Sustainability*, 16, 10964. <https://doi.org/10.3390/su162410964>

IMPROVING MATERIAL FLOW IN ROAD INFRASTRUCTURE: THEORETICAL ASPECTS

Abstract

Road infrastructure maintenance and repair is a very important part of the transport system, which affects traffic safety and transport throughput. As transport intensity increases, road repair works carried out during the day often cause traffic disruptions, which cause traffic to stop or create kilometer-long traffic jams, public transport is delayed, and residents complain about poorly organized traffic. For these reasons, alternatives are being sought to carry out road repair works without disrupting traffic intensity. One of the alternatives to improve the performance of road repair works is work during the night. Carrying out road repair works during the night has challenges - organizational, material flow logistics challenges, and material flow technological challenges. Solutions are provided for all challenges to improve the performance of road repair works during the night. The aim of the study is to theoretically reveal the possibilities of improving the organization of material flow logistics for road repair during the night. Research methods - analysis of scientific literature. The problem examined in the article is road repair work, which is usually carried out during the day, when traffic intensity is high. Road repair work can also be carried out during the night, but the efficiency of work and the possibilities of organizing work during the night have not been evaluated. The results of the study may help to better understand the organization of work during the night.

Keywords: road repair work during the night, material flow.