

## TECHNOLOGINIŲ INOVACIJŲ TAIKYMAS OPTIMIZUOJANT GAMYBOS PROCESUS KELIŲ STATYBOS ĮMONĖSE

Šarūnas LEIMONAS\*, Juozas MERKEVIČIUS

*Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Verslo vadybos fakultetas,  
Verslo technologijų ir verslininkystės katedra, Saulėtekio al. 11, 10223 Vilnius, Lietuva*  
\*El. paštas [sarunas.leimonas@stud.vilniustech.lt](mailto:sarunas.leimonas@stud.vilniustech.lt)

Gauta 2022 m. sausio 25 d.; priimta 2022 m. gegužės 31 d.

**Santrauka.** Žengiant dvidešimt pirmo amžiaus trečiuoju dešimtmečiu, antriniame ūkio sektoriuje inovacijų diegimas ir jų naudojimas tapo neatsiejama gamybos ir pramonės dalimi, norint sėkmingai plėtoti veiklą ir svarbiausia – išlikti konkurencingumui. Ne išimtis ir kelių statybos įmonės, kur šiomis dienomis technologijų pagalba greičiau ir tiksliau parengiami įvairūs projektai, skaičiuojamos skirtingo tipo sąnaudos, paruošiami 3D darbo modeliai. Tokioje, gamybiškai technologiškoje, aplinkoje optimizacija veikia ne vien tik globaliuoju įmonės veikimo spektru, tačiau ir vykdant smulkesnes, atskiras kasdienes užduotis ir straipsnyje visa tai apžvelgiama remiantis mokslinės literatūros analizės ir ekspertų vertinimo metodais. Šiame straipsnyje siekiama įvertinti technologinių inovacijų taikymo, optimizuojant gamybos procesus, visuose kelių statybos etapuose, svarbą, kai yra atliekamos skirtingos apimties, sudėtingumo ir pobūdžio užduotys.

**Reikšminiai žodžiai:** optimizacija, technologijos, inovacijos, gamyba, metodologija, procesai.

### Įvadas

Plačiai pripažįstama, kad siekiant išlikti konkurencingoms, kelių statybos įmonėms reikalingas inovacijų taikymas. Ne retai šis ilgas ir daug resursų reikalaujantis procesas yra pagrindas siekiant sėkmingai plėtoti organizacijos veiklą ir užtikrinti gamybos procesų optimizavimą joje. Nepaisant to, dalis specialistų mano, kad technologinių inovacijų diegimo procesas statybos įmonėse yra neįprastas ir, kad statybos pramonė keičiasi per lėtai. Toks požiūris atsiranda dėl kelių statybos sektoriuje taikomų technologinių inovacijų mažos proceso spartos, ypač, kai dėl kontrasto minėta sritį palyginame su medicinos, švietimo, elektronikos ir kitomis pramonės, bei paslaugų šakomis, kuriose per pastaruosius dešimtmečius buvo plačiai išvystytas naujų produktų ir technologinių inovacijų diegimas, o jų deka optimizuota dalis pagrindinių gamybos procesų (Drejer, 2002). Aouad ir kt. (2010) pabrėžė, kad organizacijos konkurencingumas neišvengiamai grindžiamas regioniniais ir nacionaliniais naujovių, statybos pramonėje, susitarimais, kurie pakaitomis priklauso nuo vyriausybės procedūrų ir politikos. Todėl, atsižvelgiant į nuolatinius ir sparčius komercinės aplinkos pokyčius, konkurencingumo apsauga yra svarbi daugeliui statybos pramonės organizacijų. Didžioji dalis nagrinėtų mokslininkų teigia, kad kelių statybos pramonėje didėjantis technologinių inovacijų poreikis, apima techninių reikalavimų statybos metu laikymąsi, spartų duomenų ir informacijos perdavimą, bei keitimąsi tarp skirtingų besivystančių ir išsivysčiusių šalių visame pasaulyje ir suteikia naujų galimybių siekiant praktinio ir ekonomiškai efektyvaus kelių priežiūros optimizavimo ir administravimo modelio kūrimo.

*Tyrimo hipotezė* – gamybos optimizavimo procesas neatsiejamas nuo technologinių inovacijų taikymo.

*Probleminis klausimas* – kodėl siekiant optimizuoti procesus būtina pasitelkti technologines inovacijas?

*Tyrimo problematika* – pritaikyti naudojamus gamybos procesų optimizavimo būdus kelių statybos įmonėse, siekiant sukurti optimalų modelį, kuris padėtų maksimaliai sumažinti statybos procesams reikalingas laiko sąnaudas, pasiekti didžiausią darbuotojų ir mechanizmų darbo našumą, gauti didžiausią grynąjį pelną ir taip išlikti konkurencingais.

*Tyrimo objektas* – technologinių inovacijų taikymas optimizuojant gamybos procesus kelių statybos įmonėse.

*Tyrimo tikslas* – nustatyti ar taikomos technologinės inovacijos reikšmingos optimizuojant gamybos procesus kelių statybos įmonėse.

*Uždaviniai*: 1) Apibrėžti technologinių inovacijų reikšmę; 2) Apžvelgti gamybos optimizavimo teorinius modelius taikytinus kelių statybos įmonėse; 3) Nustatyti taikytinas technologines inovacijas optimizuojant gamybos procesus kelių statybos įmonėse.

*Tyrimo metodai* – mokslinės literatūros analizės, ekspertų apklausos metodai

## 1. Technologinių inovacijų samprata

Technologijų naudojimas teigiamai veikia ekonomiką, bei suteikia galimybes kurti naujiems verslams. Technologinės inovacijos apibūdinamos kaip viena iš pagrindinių varančiųjų jėgų, kuri lemia ilgalaikį produktyvumą, bei ekonomikos augimą. Anot Karaliūtės (2017), inovacijų procesas labai svarbus visai šaliai, nes daro poveikį tiek vyriausybei, tiek verslams, tiek mokslininkams. Autorės teigimu, dažnai inovacijos sąvoka suvienodinama su naujovės sąvoka. Tačiau naujovė – tai proceso rezultatas, o inovacija – procesas.

Siekiant optimizuoti kelių statybos įmonėse veikiančius procesus pasitelkiamos inovacijos. Šioje statybos srityje dirbančios įmonės taiko technologines inovacijas, medžiagiškumą, bei naujausias gamybos technologijas (žr. 1 lentelę). Visi šie būdai yra tarpusavyje susiję (Krušinskas ir Benetytė, 2016).

1 lentelė. Inovacijų tipai (sudaryta autoriaus pagal Krušinską ir Benetytę (2016))

Moksliniai tyrimai	Gamybos būdas	Produktas
– Naujos žinios apie technologijas – Eksperimentinė plėtra	– Tobulinamas gamybos organizavimo procesas – Naujai sukurtas gamybos būdas	– Modernizuotas produktas – Naujas produktas

Anot Karaliūtės (2017), technologinės inovacijos skirstomos į produkto ir proceso inovacijas, atsižvelgiant į techninius parametrus (žr. 2 lentelę).

2 lentelė. Inovacijų skirstymas (sudaryta autoriaus, remiantis Karaliūte, 2017)

Inovacijos	Apibūdinimas
Produkto inovacijos	Šis inovacijos tipas siejamas su naujais atradimais, tai yra naujų medžiagų ar dalių panaudojimu, naujų produktų gavimu. Produkto inovacijos padeda vykdyti gyvenimo pokyčius, juos gerina, bei sukuria daugiau galimybių atsirasti naujoms sritims.
Proceso inovacijos	Ši inovacija – naujos technologijos. Kaip pavyzdį galima paminėti H. Fordo idėją gaminti automobilius, pasirenkant pakeičiamas jų dalis.

Nagrinėjant automobilių kelių statybos įmones, galima jas susieti tiek su produkto inovacijomis, tiek su proceso inovacijomis, nes nauji produktai, bei medžiagos padeda įmonei tobulėti, efektyviau dirbti, ko pasekoje gali būti didinamas įmonės pelnas.

### 1.1. Gamybos optimizavimo teoriniai modeliai taikytini kelių statybos įmonėse

Gamybos sektorius – vienas labiausiai valstybės ūkio sektorių įtakojantis, bei turintis reikšmės šalies ekonomikai ir jos vystymuisi. Anot Kazlauskos ir Merkevičiaus (2019), šio sektoriaus dėka šalyje gyvenantys žmonės gauna daugiausiai darbo vietų, todėl būtina užtikrinti tinkamą gamybos sektoriaus augimą, bei efektyvų gamybos procesų valdymą. Autorių išskiriami optimizavimo būdai gali inicijuoti pakeitimus, kurie yra reikalingi siekiant efektyvesnės gamybos, bei optimizuotų procesų. Kazlauskas ir Merkevičius (2019) išskiria kelis metodus (žr. 3 lentelę):

- „Just in time“ metodas. Anot autorių, šiuo metodu siekiama laiku pristatyti reikiamą gaminį ir nustatytą gamybos vietą tiksliu laiku, todėl jis ir yra pažymimas kaip plačiai taikomas, nes jo pagalba galima tiksliai susiplanuoti laiką ir vietą, tuo metu, kai reikia bei užtikrinti sėkmingą ir savalaikį procesą.
- Analitinės hierarchijos metodas (AHP). Naudojant šį metodą matematiniais skaičiavimais galima nustatyti porinio lyginimo matricių sistemą, taip generuojant tikrąsias ir apytiksles reikšmes.
- Scenarijų metodas. Šiuo metodu norima įvertinti išorinės aplinkos pokyčius, naudojamų verslo strategijų suderinamumą, bei alternatyvas. Pasirenkant šį metodą turi būti maksimaliai numatomi tolimesni scenarijai.

- Daugiakriteris vertinimo metodas. Autorių teigimu – tai išsamiausias metodas, nes jo dėka galima suprasti funkcinis ir santykinis modelius, kuriuos taikant reikalingos atitinkamos žinios, nes vertinant šiuo metodu – sąlygos gali būti terminuotos arba neterminuotos.

3 lentelė. Gamybos optimizavimo metodai (sudaryta autoriaus pagal Kazlauską ir Merkevičių, 2019)

Metodai	Savybės
<i>Just in time</i>	Metodas užtikrina, kad viskas vyks numatytu laiku ir numatytoje vietoje, todėl yra plačiai naudojamas
AHP	Šiam metodui naudoti reikia naudoti matematinius skaičiavimus, todėl jis nėra taip plačiai naudojamas
Scenarijų	Naudojant scenarijų metodą reikia įvertinti: <ul style="list-style-type: none"> <li>– išorės pokyčius;</li> <li>– naudojamo verslo strategijų suderinamumą;</li> <li>– naudojamų verslo strategijų alternatyvas. Norint naudoti šį metodą, reikia numatyti kas bus ateityje.</li> </ul>
Daugiakriteris	Išsamiausias iš visų išvardintų metodų, nes jį naudojant suprantami funkciniai, bei santykiniai modeliai, kuriuos norint taikyti reikalingos specialios žinios

Daugumai įmonių priežiūra yra labai svarbi funkcija gamyboje. Dėl technologijų pokyčio ir dėl susijusių sistemų sudėtingumo, darbo procesams skirtos ir naudojamos technikos patikimumas tapo dar svarbesnis. Tai ypač aktualu automobilių kelių statybos sektoriuje, kur būdinga brangi specializuota įranga ir aplinkosaugos reikalavimų laikymasis. Anot Rezig ir kt. (2020), gamybos ir priežiūros valdymas naudojant naujas strategijas labai skiriasi nuo tradicinės gamybos valdymo politikos. Autoriai teigia, kad gamybos planavimas lemia gamybos valdymo funkcionalumą. Kazlauskas ir Merkevičius (2019) teigia, kad efektyvesnės ir našesnės gamybos užtikrinimas – viena pagrindinių prielaidų, norint, kad procesų optimizavimas būtų sklandus ir garantuotas. Anot autorių, ne mažiau svarbu tinkamo optimizavimo metodo pasirinkimas gamybos proceso vykdymui, nes tai gali lemti kitus gamybos rezultatus. Tam, kad metodai (žr. 1 lentelę) būtų sėkmingi, reikia:

- atsižvelgti į veiksnis, darančius poveikį įmonės plėtrai;
- reikiama linkme panaudoti vidinius išteklius bei gebėjimus, vertinant automobilių kelių statybos įmonių galimybes ir didinti įmonių konkurencinį potencialą;
- spręsti diversifikacijos problemas, didinti gamybos konkurencingumą;
- prognozuoti pardavimus, bei pasirinkus tinkamą metodiką optimizuoti valdymo sąnaudas;
- suformuoti, kaip bus eksportuojama gamybos produkcija, bei įvertinti rinkos konkurencingumą (Kazlauskas ir Merkevičius, 2019).

Choudhari ir Tindwani (2016) teigimu, tiekimo grandinės modelis tinkamiausias planuojant kelių projektams naudojamų žaliavų logistiką. Nedidelis medžiagų srautų pagerėjimas optimizuojant tiekimo grandinę parodo pagrįstą projekto sąnaudų naudą, taigi kontroliuojamos ir stebimos bendros projekto išlaidos. Taip pat, autorių teigimu, modelio rezultatas gali padėti projekto komandai kaip indėlis į sprendimų priėmimo procesus, tokius kaip tinkama medžiagų pirkimo sutartis, medžiagų perdirdimo įrenginių pajėgumų vertinimas, bei transportavimo planavimas. Taigi, nors optimizavimo modeliai plačiai naudojami ir populiarūs tarp daugelio pramonės sričių, tačiau Choudhari ir Tindwani (2016) atlikto tyrimo metu išryškėjo tai, kad automobilių kelių statybos įmonėms tinkamiausias tiekimo grandinės modelis.

Optimizavimo metodai gali būti naudojami sprendžiant daugybę įvairių inžinerinių problemų. Nors optimizavimo problemos gali kilti iš įvairių sričių ir skirtingų sistemų, jos iš esmės gali būti formuluojamos stebėtinai panašiai. Pasak Venkrbec et al. (2018), paprastai optimizavimo problema gali būti išreikšta taip:

- sumažinti  $f(x)$ ;
- atsižvelgiant į:  $h(x) = 0$ ,

kur  $f(x)$  – tikslo funkcija, kurią reikia sumažinti iki minimumo per sprendimų kintamųjų vektorių  $x$ , o  $h(x) = 0$ , reiškia lygybės apribojimus. Anot autorių, norint pasirinkti tinkamą sprendimo metodą būtina išsiaiškinti ar optimizavimo problema vieno ar kelių kriterijų. Vieno kriterijaus optimizavimo problemų sprendimo būdus galima suskirstyti į dvi pagrindines grupes:

1. Euristiniai metodai – šie metodai gali būti naudojami sprendžiant įvairias optimizavimo užduotis, o pagrindinis jų privalumas yra tas, kad dauguma jų yra patikimi ir greitai padeda išspręsti problemas. Jie tinkami įvairioms inžinerijos problemoms spręsti, tad galima teigti, kad jie tinkami ir tiriamai įmonių grupei (statybos sektoriui);
2. Matematinio programavimo metodai – šie metodai taip pat naudingi inžinerijos optimizavimui. Jie suteikia optimalų rezultatą, nors gali užtrukti ilgiau (Venkrbec et al., 2018).

Taip pat, anot Kazlauskio ir Merkevičiaus (2019) gamybos procesų optimizavimui labai svarbus darbo organizavimas. Nors šiomis dienomis gamybos sistemų valdymas automatizuotas, tačiau labai svarbu, kad darbuotojai susipažintų su elektroninių prietaisų instrukcijomis. Taigi, automobilių kelių statybų įmonėms labai svarbu pasirinkti tinkamą gamybos optimizavimo modelį, nes nuo jo priklauso įmonės efektyvumas, bei finansinė sėkmė.

## 1.2. Technologinių inovacijų taikymas optimizuojant gamybos procesus kelių statybos įmonėse

Siekiant optimizuoti kelių ir gatvių statybos įmonių gamybinius procesus pasitelkiamos technologinės inovacijos. Šioje srityje dirbančios įmonės taiko technologines inovacijas, medžiagiškumą, bei naujausias gamybos technologijas. Krušinskas ir Benetytė (2016) teigia, kad inovacijos skatina socialinę, technologinę bei ekonominę plėtotę ir užtikrina jos tvarumą. Tačiau kita dalis mokslininkų teigia, kad produktyvumą garantuoja tik ilgalaikės investicijos į inovacijas. Anot autorių, inovacijos – svarbus verslo plėtros veiksnys, kurio dėka didėja veiklos produktyvumas. Inovacija – tai procesas, padedantis sukurti naujus, bei patobulintus produktus, bei paslaugas. Kiti autoriai inovacijos sąvoką interpretuoja įvairiai, tačiau visi sutaria, kad pagrindinis inovacijos tikslas – intelektualių produktų sukūrimas, bei skleidimas (Kazlauskas ir Merkevičius, 2019).

Krušinskas ir Benetytė (2016) išskyrė šias inovacijas (žr. 4 lentelę):

- Technologinės inovacijos;
- Produkto inovacijos;
- Paslaugos inovacijos;
- Proceso inovacijos.

4 lentelė. Inovacijų skirstymas (sudaryta autoriaus pagal Krušinską ir Benetytę, 2016)

Technologinės inovacijos	Produkto inovacijos	Paslaugų inovacijos	Proceso inovacijos
Kuriamos technologijos	Kuriami produktai	Kuriamos arba tobulinamos įvairios paslaugų formos	Kuriami ar tobulinami procesai bei jų sekos

Iš visų išvardintų inovacijų buvo iširta, kad svarbiausios yra technologinės inovacijos, nes jos prisideda prie rinkos ekonomikos pažangos. Šios inovacijos tinkamos taikyti ir automobilių kelių statybos įmonėms.

## 2. Tyrimo dalis

Siekiant nustatyti taikomų technologinių inovacijų svarbą optimizuojant gamybos procesus kelių statybos įmonėse, buvo pasirinktas eskeprtų vertinimo metodas (atlikta anketinė apklausa – žr. 1 priedą), kurioje dalyvavo kelių statybos srityje dirbantys atestuoti inžinieriai (darbų vadovai, statybos darbų vadovai, statybos darbų projektų vadovai). Ekspertų vertinimo metodas plačiai taikomas sociologiniuose tyrimuose gauti nagrinėjamos srities empiriniams duomenims. Norint panaudoti šį metodą, reikia suformuoti grupę kvalifikuotų ekspertų, kurie gali suteikti būtiną kvalifikuotą informaciją apie vertinamąjį objektą (ekspertų kompetencijos konkrečiu atveju vertinamos pagal įgytą mokslinį laipsnį, bei darbo stažą – žr. 1 paveislą, 2 paveislą). Priklausomai nuo reikalavimų, keliamų gaunamai informacijai, ekspertų vertinimai gali būti įvairios formos – nuo profesionalių interviu arba nuo neakivaizdinės individualios apklausos anonimine anketa iki atviros grupinės šių asmenų diskusijos tyrimo problemą nagrinėjama klausimais (Tildikas, 2003). Jie vertino 10 suformuluotų teiginių, intervale nuo 1 iki 5 (1 – visiškai nesutinku; 2 – nesutinku; 3 – nei sutinku, nei nesutinku; 4 – sutinku; 5 – visiškai sutinku). Apklausoje dalyvavo 20 ekspertų, kurių kiekvienas, pateiktus teiginius, vertino objektyviai – remiantis sukaupta patirtimi ir žiniomis.

*Tyrimo instrumentas* – anketa (žr. 1 priedą). Buvo apklausta 20 ekspertų. Anketą sudarė 4 įvardiniai klausimai, kuriuose kelių statybos srityje dirbančių ekspertų buvo prašoma nurodyti išsilavinimą, studijų sritį, mokslinį laipsnį ir darbo stažą. Penktuoju anketos klausimu ekspertų buvo prašoma įvertinti technologinių inovacijų poveikį gamybos procesams. Minėtąjį klausimą sudarė 10 teiginių, apibūdinančių gamybos proceso ir technologinių inovacijų sąsajas optimizacijos atžvilgiu. Vertinimas atliktas naudojant Likerto skalę, intervale nuo 1 iki 5, kur 1 – reiškia visišką nepritariamą teiginiui, o 5 – reiškia visišką pritarimą teiginiui.

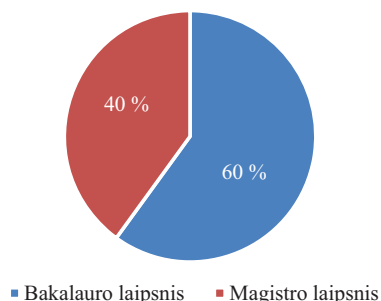
*Tyrimo tikslas* – nustatyti ar taikomos technologinės inovacijos reikšmingos optimizuojant gamybos procesus kelių statybos įmonėse.

*Tyrimo uždaviniai* – nustatyti taikytinas inovacijas optimizuojant gamybos procesus kelių statybos įmonėse.

*Tyrimo data:* tyrimas buvo atliktas 2021 m. lapkričio mėn.

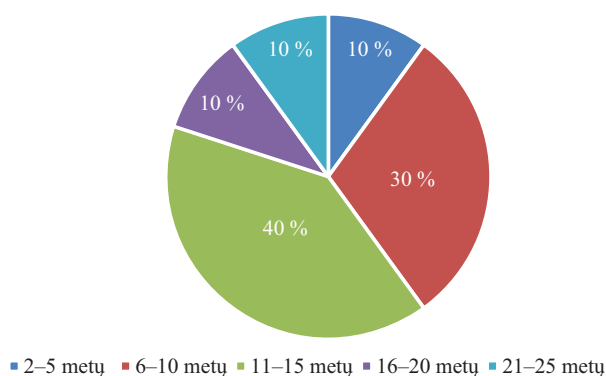
*Tyrimo vieta:* tyrimas buvo vykdomas kelių statybos privataus sektoriaus darbo įstaigose.

*Hipotezė* – gamybos optimizavimo procesas neatsiejamas nuo technologinių inovacijų taikymo. Siekiant pagrįsti iškeltą hipotezę, buvo remiamasi ekspertų vertinimo metodo būdu gautais duomenimis. Atliktas koreliacijos skaičiavimas – naudota kokybinių duomenų analizės skaičiavimams skirta kompiuterinė programa SPSS (angl. *Statistical Package for the Social Sciences*).



1 paveikslas. Ekspertų pasiskirstymas pagal mokslinį laipsnį

Pirmame paveikslėlyje pateikiama diagrama, kurios duomenys parodo tyrime dalyvavusių kelių statybos srityje dibančių atestuotų inžinierių – ekspertų, mokslinį laipsnį. Tarp jų magistro laipsnį turėjo 40 proc., o bakalauro laipsnį 60 proc apklaustųjų.



2 paveikslas. Ekspertų pasiskirstymas pagal darbo stažą

Vertinant apklausoje dalyvavusių ekspertų pasiskirstymą pagal darbo stažą nustatyta, kad daugumą tyrime sudarė respondentai, kurių darbo stažas nuo 11 iki 15 metų – 40 proc. Šiek tiek mažiau apklausoje dalyvavo ekspertų, turinčių nuo 6 iki 10 metų darbo stažo ir jie sudarė 30 proc. visų apklaustųjų. Ekspertų dalis, tarp turinčių nuo 2 iki 5, nuo 16 iki 20 ir nuo 21 iki 25 metų darbo stažo, buvo tokia pati – 10 proc.

5 lentelė. Ryšys tarp gamybos optimizavimo proceso ir technologinių inovacijų taikymo

		Inovacijų taikymas	Gamybos optimizavimo procesas
Inovacijų taikymas	Pirsono koreliacijos koeficientas	1	0.797
	Hipotezės nuokrypio tikimybė imtyje		.021
	Respondentų skaičius	10	10
Gamybos optimizavimo procesas	Pirsono koreliacijos koeficientas	0.797	1
	Hipotezės nuokrypio tikimybė imtyje	0.021	
	Respondentų skaičius	10	10

Atlikus koreliacijos skaičiavimą nustatytos statistškai reikšmingos tarpusavio sąsajos. Vertinant rezultatus galime pastebėti, kad gamybos optimizavimo procesas statistškai reikšmingai ir stipriai susijęs su inovacijų taikymu ( $r = 0,797$ ;  $p = 0,021$ ) (žr. 5 lentelę). Remiantis atliktų skaičiavimų rezultatais galima daryti išvadą, kad gamybos procesų optimizavimas neatsiejamas nuo technologinių inovacijų taikymo.

## Išvados

1. Gamybos procesų optimizavimo gali būti siekiama įvairiais būdais, pradedant atskirų mechanizmų tobulinimu, per organizacinius aspektus, baigiant visapusiško gamybos planavimo optimizavimu. Optimizavimo metodai gali būti naudojami sprendžiant daugybę įvairių inžinerinių problemų. Nors optimizavimo problemos gali kilti iš įvairių sričių ir skirtingų sistemų, jos iš esmės gali būti formuluojamos stebėtinais panašiais. Procesų tobulinimas ir naujovės automobilių kelių statybos sektoriuje suteikia daug naudos visuomenei, bei pramonei, nes prisideda prie ekonomikos augimo ir gyvenimo kokybės gerinimo. Kelių statybos srityje atsiranda vis daugiau iššūkių, todėl siekiama geresnės novatoriškos praktikos su tikslu pagerinti esamus statybos procesus, bei išlikti konkurencingiems. Šiame kontekste technologinių inovacijų diegimas, bei patikrintas jų naudojimas reiškia tinkamų medžiagų, mechanizmų ir technologijų teikiamą naudą kelių statyboje optimaliomis sąlygomis. Technologinės inovacijos įvardinamos kaip viena iš pagrindinių varančiųjų jėgų, kuri lemia ilgalaikį produktyvumą, bei ekonomikos augimą. Diegiamos inovatyvios gamybos technologijos suteikia galimybę kurti eksperimentinius objektus – ekologiškus kelius (iš perdirbtų medžiagų), saulės kelius ir t. t., ateityje siekiant šias inovacijas naudoti kaip tvarų statybos metodą.
2. Apžvelgti gamybos optimizavimo teoriniai modeliai taikytini kelių statybos įmonėse, tokie kaip „Just in time“, analitinės hierarchijos metodas, scenarijų metodas, daugiakriteris vertinimo metodas. Metodus ar jų derinius automobilių kelių statybos įmonėse tikslinga pasirinkti atsižvelgiant į veiksnius, darančius poveikį įmonės plėtrai, vidinių išteklių bei gebėjimų panaudojimą, taip pat priklausomai nuo to kaip konkretus metodas padeda spręsti diversifikacijos problemas, didinti įmonės konkurencingumą, vertinti įmonės pardavimų perspektyvą, optimizuoti valdymo sąnaudas.
3. Siekiant optimizuoti automobilių kelių statybos įmonėse veikiančius procesus pasitelkiamos inovacijos. Šioje srityje dirbančios įmonės taiko technologines inovacijas, medžiagiškumą, bei naujausias gamybos technologijas. Automobilių kelių statybos sektorius gali priimti tiek produktų, tiek paslaugų naujoves. Medžiagų, bei produktų inovacijos reiškia naujovių naudojimą, kuriant pažangesnius ir geresnius produktus, o paslaugų naujovės apima geresnių paslaugų teikimo būdų ir metodų įgyvendinimą. Statybos pramonė taip pat gali priimti papildomas ir radikalias naujoves. Siekiant nustatyti ar taikomos technologinės inovacijos reikšmingos optimizuojant gamybos procesus kelių statybos įmonėse buvo pasitelktas ekspertų vertinimo metodas, bei remiantis juo atliktas koreliacijos skaičiavimas. Gautas ryšys tarp minėtų veiksnių statistiškai reikšmingas, tad visos naudotai metodikai parengtoje apklausoje įvardijamos technologinės inovacijos gali būti taikomos optimizuojant gamybos procesus kelių statybos įmonėse.

## Literatūra

- Aouad, G., Ozorhon, B., & Abbott, C. (2010). Facilitating innovation in construction: Directions and implications for research and policy. *Construction Innovation*, 10(4), 374–394. <https://doi.org/10.1108/14714171011083551>
- Choudhari, S., & Tindwani, A. (2016). Logistics optimisation in road construction project. *Construction Innovation*, 17(2). <https://doi.org/10.1108/CI-03-2016-0014>
- Drejer, A. (2002). Situations for innovation management: Towards a contingency model. *European Journal of Innovation Management*, 5(1), 4–17. <https://doi.org/10.1108/14601060210415135>
- Karaliūtė, A. (2017). *Technologinių inovacijų poveikio darbo rinkos parametrams vertinimo teoriniai aspektai*. Vytauto Didžiojo universitetas.
- Kazlauskas, A. ir Merkevičius, J. (2019, vasario 13 d.). Veiksniai įtakojantys gamybos procesų optimizavimą. Iš *22-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ teminės konferencijos*. Vilnius, Lietuva.
- Krušinskas, R. ir Benetytė, R. (2016). *Investicijų į technologines inovacijas naudos ir rizikos vertinimas inovacijų indeksų palyginimo kontekste*. Kauno technologijos universitetas. <https://doi.org/10.15544/ssaf.2016.09>
- Rezig, S., Ezzeddine, W., Turki, S., & Rezg, N. (2020). Mathematical model for production plan optimization – A case study of discrete event systems. *Mathematics*, 8(6), 955. <https://doi.org/10.3390/math8060955>
- Tildikas, R. (2003). *Socialinių mokslų tyrimų metodologija*. Lietuvos teisės universitetas. [https://repository.mruni.eu/bitstream/handle/007/15459/Tidikis\\_tyrimu\\_metodologija.pdf?s](https://repository.mruni.eu/bitstream/handle/007/15459/Tidikis_tyrimu_metodologija.pdf?s)
- Venkrbec, V., Galic, M., & Klanšek, U. (2018). Construction process optimisation – review of methods, tools and applications. *Gradevinar*, 70(7), 593–606. <https://doi.org/10.14256/JCE.1719.2016>

## PRIEDAI

### 1 priedas. Ekspertų apklausos anketa

#### Technologinių inovacijų taikymas optimizuojant gamybos procesus kelių statybos įmonėse

(klausimynas ekspertinei apklausai atlikti – apklausiami kelių statybos sektoriuje dirbantys atestuoti inžinieriai)

#### Išsilavinimas (pažymėkite aukščiausią turimą lygį):

- |                                                      |                                                    |
|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Pradinis                    | <input type="checkbox"/> Pagrindinis               |
| <input type="checkbox"/> Vidurinis                   | <input type="checkbox"/> Profesinis                |
| <input type="checkbox"/> Aukštasis neuniversitetinis | <input type="checkbox"/> Aukštasis universitetinis |

#### Studijų sritis:

- |                                                         |                                                 |
|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Gamtos mokslai                 | <input type="checkbox"/> Technologiniai mokslai |
| <input type="checkbox"/> Medicinos ir sveikatos mokslai | <input type="checkbox"/> Žemės ūkio mokslai     |
| <input type="checkbox"/> Socialiniai mokslai            | <input type="checkbox"/> Humanitariniai mokslai |

#### Mokslinis laipsnis (pažymėkite aukščiausią turimą lygį):

- |                                             |                                                       |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Bakalauro laipsnis | <input type="checkbox"/> Magistro laipsnis            |
| <input type="checkbox"/> Daktaro laipsnis   | <input type="checkbox"/> Habilituoto daktaro laipsnis |

#### Darbo patirtis:

- |                                           |                                      |
|-------------------------------------------|--------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> iki 1 m.         | <input type="checkbox"/> 1 m.–3 m.   |
| <input type="checkbox"/> 3 m.–5 m.        | <input type="checkbox"/> 5 m.–10 m.  |
| <input type="checkbox"/> 10 m.–15 m.      | <input type="checkbox"/> 15 m.–20 m. |
| <input type="checkbox"/> 20 m. ir daugiau |                                      |

### Apklausa

Įvertinkite žemiau pateiktus teiginius nuo 1 iki 5 (1 – visiškai nesutinku; 2 – nesutinku; 3 – nei sutinku, nei nesutinku; 4 – sutinku; 5 – visiškai sutinku):

Teiginys	1	2	3	4	5
Kelio paviršiaus skenavimas dronu ir gauti duomenys padeda tiksliau suskaičiuoti medžiagų ir darbų poreikį, bei kiekius					
Kelio paviršiaus skenavimas dronu ir gauti duomenys padeda greičiau suskaičiuoti medžiagų ir darbų poreikį, bei kiekius					
Kelio paviršiaus skenavimas dronu ir gauti duomenys padeda greičiau paruošti techninius/darbo projektus					
Statyviečių ir statybos objektų paviršiaus skenavimas dronu ir gauti duomenys padeda tiksliau atlikti medžiagų apskaitą					
3D modelio pagalba greičiau įrengiama kelio konstrukcija					
3D modelio pagalba įrengiant kelio konstrukciją sutaupoma medžiagų					
3D modelio pagalba įrengiant kelio konstrukciją nenukrypstama nuo techninių reikalavimų					
3D modelio ir ultragarsinių sensorių pagalba frezuojant senas asfalto dangas nenukrypstama nuo techninių reikalavimų					
Ultragarsinių sensorių pagalba klojant asfalto mišinius sutaupoma medžiagų					
Ultragarsinių sensorių pagalba klojant asfalto mišinius nenukrypstama nuo techninių reikalavimų					

**APPLICATION OF TECHNOLOGICAL INNOVATION IN OPTIMIZATION  
OF MANUFACTURING PROCESSES IN ROAD CONSTRUCTION COMPANIES**

Šarūnas LEIMONAS, Juozas MERKEVIČIUS

**Abstract.** By the 2030s, the implementation and use of innovation in the secondary sector of the economy had become an integral part of manufacturing and industry in order to thrive and, above all, to remain competitive. Road construction companies are no exception, where nowadays, with the help of technology, various projects are prepared faster and more accurately, different types of costs are calculated, and 3D work models are prepared. In such a production-technological environment, optimization works not only on the global spectrum of the company's operations, but also on smaller, separate daily tasks, and the article reviews all this based on the methods of analysis of scientific literature and expert evaluation. The aim of this article is to evaluate the significance of the application of technological innovations in optimizing manufacturing processes at all stages of road construction, when tasks of different scope, complexity and nature are performed.

**Keywords:** optimization, technologies, innovation, manufacturing, methodology, processes.