

KELIŲ STATYBOS PROCESO TOBULINIMO PROBLEMATIKA ŽIEDINĖS EKONOMIKOS KONTEKSTE

Mindaugas BIELSKIS*, Artūras JAKUBAVIČIUS

*Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Verslo vadybos fakultetas,
Verslo technologijų ir verslininkystės katedra, Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lietuva*
*El. paštas mindaugas.bielskis@stud.vilniustech.lt

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

Santrauka. Nors žiedinė ekonomika nebėra nauja idėja, pastaruoju metu šis darnaus vartojimo modelis sulaukia vis daugiau dėmesio ir kuria potencialą „žalesnei“ ateičiai. Žiedinės ekonomikos modelio diegimu siekiama sumažinti atliekų kiekį ir išteklių naudojimą pažangių produktų projektavimu, pakartotiniu produktų naudojimu ir taisymu, perdirbimu, darniu vartojimu ir naujoviškais verslo modeliais. Kelių statybos sektorius apima didelę dalį statybos sektoriaus. Statybos sektorius sudaro 7,6 % šalies BVP. Bendras Lietuvos automobilių kelių tinklas siekia net apie 86 tūkst. km. Lietuva yra Europos kelių transporto koridorius iš rytų į vakarus. Todėl kelių statybos procesų tobulinimas, žiedinės ekonomikos kontekste yra būtinas. Ekspertinio tyrimo metu yra identifikuojama kelių statybos gamybos problemos, žiedinės ekonomikos kontekste.

Reikšminiai žodžiai: žiedinė ekonomika, kelių statybos sektorius, išteklių naudojimas, gamybos proceso tobulinimas.

Įvadas

Žiedinės ekonomikos plėtra išskėlė naujus tikslus, pagerinti ekonominių veiklų, poveikį aplinkai, mažinant taršą, skatinant perdirbimą ir pakartotinį naudojimą. Kelių sektorius, atsižvelgiant į platų kelių tinklą, visame pasaulyje, buvo pasirinktas kaip žiedinės ekonomikos prioritetas, įgyvendinti šiuos tvarumo tikslus, todėl pastarasis susidūrė su naujais iššūkiais, ieškant sprendimų, kaip kelių statybos gamyba ir kelių tinklo infrastruktūros plėtra, gali sumažinti neigiamą poveikį aplinkai. Kertinis dėmesys buvo atkreiptas į žaliavas, naudojamas kelių statybos gamybai, akcentuojant, žaliavų ir išteklių alternatyvų paiešką keliams, tokiu būdu įgyvendinant žiedinės ekonomikos prioritetus.

Kelių statybos sektoriuje, skiriamas per mažas dėmesys aplinkai, perdirbimas ir pakartotinis panaudojimas, aplinkai draugiškų medžiagų naudojimas taikomas per mažomis apimtimis. Didžioji dalis kelių, vis dar tiesiami naudojant iškastines medžiagas ir išteklius, o tokių medžiagų gavybos procesai, yra žalingi aplinkai. Be to, tokiu būdu, didėjant iškastinių mineralinių medžiagų paklausai, auga ir jų kaina, todėl kelių tiesimo kaina išauga. Galiausiai, neišnaudojamas perdirbtų medžiagų potencialas, kadangi pasirodo vis daugiau pagrindžiančių tyrimų, įrodančių, kad perdirbtų medžiagų mišinių naudojimas kelių statybai, gali sustiprinti šį tvarumą. Tokia, masinė, kelių statybos gamybos situacija pasaulyje, prieštarauja žiedinės ekonomikos tikslams, orientuotis į tvarumą ir siekti teigiamo poveikio aplinkai.

Skirtingai nuo „imk – gamink – išmesk“ modelio, žiedinė ekonomika siekia kiek įmanoma sumažinti atliekų kiekį ir išteklių naudojimą pažangių produktų projektavimu, pakartotiniu produktų naudojimu ir taisymu, perdirbimu, ir naujoviškais verslo modeliais, kurie, pavyzdžiui, kaip alternatyvą gaminio įsigijimui siūlo jo nuomos, skolinimo ar dalijimosi juo paslaugą. Pasaulio ekonomikos forumo metiniame susitikime 2019 m. buvo teigiama, kad pasaulio ekonomika yra tik 9 % žiediška. Augantis žiedinės ekonomikos strategijų skaičius tiesiogiai atsiliepia Europos Komisijos nubrėžtą tvaraus augimo prioritetą. Lietuva kartu su Latvija ir Estija vis dar neturi strateginių ŽE dokumentų. Pasaulio tvarios verslo plėtros tarybos duomenimis, 10 naujai pristatomos žiedinės ekonomikos, strategijos ir veiklos kryptys daugiausiai apima žiedinių išteklių užtikrinimą, t. y. antrinių žaliavų gavimo ir panaudojimo vystymą, kadangi šiai veiklos kryptčiai didelę įtaką turi pamažu jaučiamas išteklių trūkumas ir vis griežtėjantis ES reglamentavimas.

Atliekamas ekspertinio vertinimo tyrimas, kuriuo svarbu išanalizuoti ekspertų nuomonių suderinamumą arba prieštarumą. Tam naudojamas Kendall konkordacijos koeficientas (W). Ekspertinio tyrimo metu norima išsiaiškinti kokie statybos gamybos procesai yra problematiški ir tobulintini žiedinės ekonomikos kontekste.

Tyrimo problema – Kelių statybos sektoriuje, skiriamas per mažas dėmesys aplinkai, perdirbimui ir pakartotiniam panaudojimui.

Tyrimo objektas – Kelių statybos gamyba, žiedinės ekonomikos kontekste.

Tyrimo tikslas – Identifikuoti kelių statybos gamybos probleminius procesus.

Tyrimo uždaviniai:

1. Žiedinės ekonomikos samprata ir sąsajos su tvaria plėtra.
2. Žiedinės ekonomikos principai, kelių infrastruktūros vystymui.
3. Kelių statybos procesų problemos. Ekspertinė analizė.

Tyrimo metodai – Ekspertinė analizė.

1. Žiedinės ekonomikos samprata ir sąsajos su tvaria plėtra

1.1. Žiedinės ekonomikos samprata ir funkcionalumas

Žiedinės ekonomikos sampratai apibrėžti, teisingiausia atsigręžti į tvarumo sąvoką, kuri reiškia, kad bet kokia vykdoma žmonijos veikla turi būti santykiniam balanse su aplinka, o tiksliau, kad vykdoma veikla ne tik jai nekenktų, tačiau ir padėtų išlikti bei suteiktų pridėtinę vertę. Žiedinės ekonomikos, kaip ekonominės sistemos traktuotė, artima šiai tvarumo reikšmei. Literatūroje, žiedinė ekonomika apibrėžiama įvairiai, nuo sistemos iki modelio. Pavyzdžiui, Hussain et al. (2020), žiedinę ekonomiką įvardina kaip gamybos ir vartojimo modelį, kuris integruoja perdirbimą, pakartotinį naudojimą, atnaujinimą, medžiagų dalijimąsi.

Elmualim et al. (2018) žiedinę ekonomiką įvardina kaip ekonominių veiklų principą, kuriuo siekiama aiškių tikslų, orientuotų į aplinką ir vykdomos veiklos ilgalaikį poveikį jai. Taigi žiedinė ekonomika, reiškia, tokias ekonomine veiklas, kurios:

- Optimizuoja atliekų kiekį.
- Optimizuoja išteklių vartojimą.
- Inicijuoja pakartotinį naudojimą ir perdirbimą.
- Skatina darnų vartojimą.

Žiedinė ekonomika, šiandien įvardinama kaip naudingas modelis, kurį pritaikius, gali būti sumažintas neigiamas poveikis aplinkai, sumažinta aplinkos tarša, tačiau kartu padėtų didinti konkurencingumą, pritraukti investicijas ir plėtoti inovacijas. Kita vertus, žiedinė ekonomika, pirmiausia yra ekonominė sistema, kurios kertinis siekis yra per žiedinės ekonomikos principus, mažinti klimato atšilimą, biologinės įvairovės nykimą, atliekas bei taršą.

Lane ir Gumley (2018) pabrėžia, kad žiedinė ekonomika, skirtingai nuo linijinės ekonomikos orientuojasi į ilgalaikį vykdomos veiklos rezultata, o ne tik į pelną. Pavyzdžiui, didžioji dalis, linijinės ekonomikos veiklų, naudojamos gamtinius išteklius, galutiniam produktui pasiekti, neskiria dėmesio į vartojimo ir gamybos atliekas, kai tuo tarpu žiedinės ekonomikos požiūriu aprėptis yra kur kas platesnė, išryškėja platesnis suvokimas apie gamybos ir vartojimo santykį, ekonominės veiklos ir aplinkos priklausomybę.

Rizos et al. (2017) paaiškina, kad žiedinės ekonomikos sąvokos šaknys yra kelios minties ir teorijų mokyklos, keliančios iššūkį vyraujančiai ekonomikos sistemai, pagrįstai per dideliu gamtos išteklių vartojimu. Pirmąjį kartą, autorių teigimu, žiedinės ekonomikos konceptą panaudojo Pearce ir Turner (1990) – šie autoriai kritiškai pažvelgė į tradicinę tiesinę ekonominę sistemą ir sukūrė naują ekonomikos modelį, pavadintą žiedine ekonomika, kuri taiko pirmojo ir antrojo termodinamikos dėsnių principus. Šios paradigmos kilmė, tapo šių dienų žiedinės ekonomikos sampratos ir funkcionalumo pagrindu, kuris pabrėžia priklausomybę tarp ekologinių sistemų, aplinkos ir žmogaus vystomos pramonės, todėl iš to kyla prielaida, kad žiedinė ekonomika yra tokia sistema, kuri optimizuoja išteklių naudojimą pramonės, gamybos sektoriuje taip, kad būtų užtikrinama, kad bet kokia veikla nedarą neigiamo poveikio aplinkai ir nesukelia su klimato pokyčiais susijusių pasekmių. Visgi, žinant, kad žiedinė ekonomika orientuojasi į dvikrypčius tikslus, pastarosios ištakų galima surasti ir anksčiau, maždaug XX amžiaus šeštajame dešimtmetyje, kai pradėjo ryškėti žiedinės ekonomikos terminui būdingi ideologiniai bruožai, kurie susiję su medžiagų srautu ekonominėje aplinkoje bei šių srautų poveikiu aplinkai, tačiau praėjo dvidešimt metų, kol šios idėjos tapo pagrindine besiformuojančios pramoninės ekologijos mokslinės disciplinos bei žiedinės ekonomikos dalimi.

Linijinės ekonomikos grėsmės, remiantis Jusel ir Burinskienė (2019), tapo žiedinės ekonomikos tikslų, ir idėjų vystymosi pagrindu ir pakeitė vykdomus valstybių ekonomikos strateginius tikslus. Taip yra todėl, jog pastaraisiais metais žiedinė ekonomika visame pasaulyje sulaukė vis didesnio dėmesio dėl, inter alia, pripažinimo, kad išteklių tiekimo saugumas ir išteklių efektyvumas yra svarbūs ekonomikos ir verslo plėtrai, todėl pastaroji tapo kai kurių šalių Vyriausybių ir verslo veiklos prioritetu, taip keičiant jau prieš tai minėtą linijinį arba kitaip vadinamą tiesinį ekonomikos modelį: „Valstybės, matydamos žiedinės ekonomikos teikiamas naudas, makrolygmeniu išsikėlė tikslus, siekdamas sumažinti ekonominio augimo padarinius aplinkai ir skatindamos verslą bei vartotojus diegti žiedinės ekonomikos principus.“ (Jusel ir Burinskienė, 2019, p. 1). Šie žiedinės ekonomikos principai, išryškina šios ekonominės sistemos funkcinis bruožus kurie iš dalies ir apibrėžia pačia pastarosios sampratą (žr. 1 lentelę).

1 lentelė. Žiedinės ekonomikos principai (šaltinis: Jusel ir Burinskienė, 2019)

Ekonomika	Principai
Linijinė	<ul style="list-style-type: none"> - Laikosi požiūrio, kad ištekliai neišsenkantys. - Neskatina pakartotinio naudojimo. - Pagrindiniai LE etapai yra: <i>imti</i> (angl. <i>take</i>) (žaliavą), <i>gaminti</i> (angl. <i>make</i>) (produktą) ir <i>išmesti</i> (angl. <i>dispose</i>) (atlieką).
Žiedinė	<ul style="list-style-type: none"> - Mažina išteklių naudojimą. - Vykdo antrinį naudojimą. - Vykdo perdirbimą.

Lyginant žiedinę, ir linijinę ekonomiką, akivaizdu, kad žiedinė ekonomika yra priešingybė linijinei ekonomikai, tvarumo požiūriu. Žiedinė ekonomika, kaip ekonominė sistema ne tik mažina išteklių naudojimą, bet ir perdirba atliekas, kai tuo tarpu linijinė ekonomika yra orientuota į gamybą, vartojimą ir pelną, bet ne į aplinką ir tvarumą.

Apibendrinant žiedinės ekonomikos reikšmę, galima teigti, kad žiedinėje ekonomikoje svarbu kuo ilgiau išlaikyti naudojamus išteklius, taip pat išgauti maksimalią vertę iš produktų ir medžiagų naudojant juos kuo ilgiau, o paskui juos susigrąžinti ir pakartotinai panaudoti, tokiu būdu sukuriant balansą tarp vykdytinų veiklų, ir poveikio aplinkai. Būtent tai ir yra tvarios plėtros tikslas, kuriuo remiasi ne tik tam tikros institucijos ar ekonominės veiklos, tačiau ir valstybės, bei Europos darnaus vystymosi prerogatyva. Tiksliau tariant, žiedinė ekonomika, sukurta kaip į technologijas orientuota koncepcija, galinti duoti ekonominės naudos ir mažinti spaudimą aplinkai.

1.2. Kelių infrastruktūros vystymas, įgyvendinant žiedinę ekonomiką

Kelių infrastruktūros plėtra, yra svarbi ekonomikos, globalumo, logistikos dalis. Kelių infrastruktūra apima visą fizinį turtą, esantį kelių rezervate, įskaitant ne tik patį kelią, bet ir visus susijusius objektus, taip pat visus žemės darbus, drenažą, konstrukcijas (pralaidas, tiltus, pastatus ir kt.). Visa ši infrastruktūra ir jos plėtra, yra žiedinės ekonomikos prioritetų įgyvendinimo dedamoji, keičianti kelių statybai keliamus reikalavimus, pasitelkiant tvarumo idėją, kuri reiškia, kad kelių infrastruktūra vyksta, įvertinant socialinius, ekonominius ir aplinkos aspektus.

Šiandien, kelių statybos metodai, lyginant su ankstesniais amžiais yra pasikeitę ir neabejotinai tobulesni, naudojamą naujos technologijos, įranga, medžiagos. Tiksliau tariant, lyginant su pirmaisiais keliais Romoje, kurie buvo grindžiami akmenimis ir plytomis, galima matyti skirtumą pirmiausia tarp pačio kelio dangos - šiuolaikiniai keliai dažniausiai statomi naudojant asfaltą ir (arba) betoną.

Kelių statyba, kaip pažymi Cherrier et al. (2018), yra daugialypis procesas, kurį sudarančios veiklos apima dangos klojimą ir atkūrimą, kelio būklės ir saugumo didinimą, asfalto, betono ir kitų medžiagų stabilizavimą ir kitus kelių remonto darbus. Visgi, kaip pabrėžia autoriai, kelių statybos procesams, šių dienų ekonominė sistema, vis labiau diktuoja poreikį integruoti ekologiškesnį požiūrį ir discipliną, visuose kelių statybos etapuose ir procesuose.

Kelių infrastruktūros išvystymas, yra grindžiamas pačių kelių galimybėmis skatinti ekonominį ir socialinį vystymą, tačiau kaip teigia Meijer (2018), reikia aiškiai akcentuoti, kad kelių tiesimo procesas ir kelių naudojimas sukelia tiesioginį poveikį aplinkai, tačiau jeigu naudojimas mažiau kontroliuojamas, tai kelių statybos gamybos procesai, gali aktyviai prisidėti prie aplinkos taršos mažinimo, šiltnamio dujų susidarymo ir išteklių naudojimo optimizavimo.

Kelių statybai naudojami ištekliai, kurių, nepakeičiant perdirbamos medžiagomis, nuolat mažėja, todėl tampa svarbu kalbėti apie žiedinės ekonomikos prioritetus kelių statybos gamyboje. Šį teiginį pagrindžia Li et al. (2019), kurie nurodo, kad kelių statybai naudojamas asfaltas ir betonas, turi tiesioginį poveikį aplinkai. Autoriai tai paaiškina tuo, kad asfaltui pagaminti, reikia naudoti išteklius kaip naftą, o betonui reikia akmenų, smėlio, cemento, kelio dangai formuoti. Tai reikalauja didelių kiekių išteklių iš aplinkos, lyginant su kasmet remontuojamų, statomų ir tiesiamų kelių

mastais, be to tiek asfalto, tiek betono gamybai naudojama per daug energijos, o tai prieštarauja žiedinės ekonomikos prioritetui mažinti išteklių, tame tarpe ir energetinių, naudojimą visose ekonominėse, pramonės srityse.

Tafazzoli (2019) taip pat pabrėžia, kad kelių statyba, neatitinka žiedinės ekonomikos prioritetų, kadangi kelių tiesimui, naudojama per daug neatsinaujinančių išteklių, o gamybos proceso eigoje, sunaudojama per daug energijos. Problema stiprėja todėl, kad auga asfalto paklausa, naujų kelių tiesimui, asfalto keitimui, remonto darbams, o kuo didesnė paklausa, tuo daugiau išteklių sunaudojama asfalto gamybos procesams.

Taigi, kelių inžinerijos sektorius, susidūrė su naujais iššūkiais, valdant kelių gyvavimo ciklo etapus, pagal žiedinės ekonomikos poziciją. Mantalovas et al. (2020) nurodo, kad perėjimas prie žiedinės ekonomikos, kelių statybai buvo reikšmingas, pereinant prie žiedinės ekonomikos idėjas atitinkančių sprendimų, kaip asfalto perdirbimas: „iki šiol įprasta praktika, kurią įvairios suinteresuotosios šalys, įmonės, asfalto rangovai ir agentūros įgyvendina laikydamosi CE principų, yra perdirbto asfalto (RA) perdirbimas, jų tarnavimo laiko pratęsimas (prevencinė priežiūra) ir naudojimas atliekų asfalto dangose“ (Mantalovas, 2020, p. 4). Perdirbto asfalto panaudojimas keliams, kaip žiedinės ekonomikos įgyvendinimo dalis, motyvuojama tuo, kad toks asfaltas turi teigiamą poveikį aplinkai, ekonomikai, tačiau kartu geba išlaikyti tinkamą asfalto dangos techninę charakteristiką. Autoriai analizuodami perdirbto asfalto naudą, aplinkai, nurodo, kad tokio, perdirbto asfalto mišinyje, yra mažiau bituminio rišiklio ir pirminių užpildų, nepalyginamų su įprastu asfalto mišiniu. Taigi poveikis aplinkai sumažėja, o energijos poreikis tam tikrais atvejais gali būti sumažintas 23 %, palyginti su įprastais karšto mišinio asfalto mišiniais. Tokie, autorių minimi, perdirbto asfalto privalumai, mažinant išteklių sunaudojimą ir poveikį aplinkai, atitinka žiedinės ekonomikos keliamus tikslus.

Murray et al. (2017) atkreipia dėmesį, kad naftos pagrindu gaminamo asfalto, gamybinis procesas, yra žalingas aplinkai, kadangi tuomet kai naftos lakieji organiniai junginiai paverčiami į asfaltą, į aplinką išsiskiria atmosferos sluoksniui kenksmingos medžiagos. Asfalto gamybos metu, kai kaitinamas mišinys, iš kurio gaminamas asfaltas, išsiskiria pavojingi teršalai, kurie prisideda prie klimato atšilimo.

Nemažai kitų šaltinių pabrėžia kelių statybos gamybos problemas, ypatingai kalbant apie asfaltą. Kaip nurodo Siverio Lima et al. (2020): „Pirminių žaliavų panaudojimas dangoms sudaryti daro poveikį aplinkai ne tik dėl gamybos proceso, bet ir dėl transportavimo, nes jos paprastai gabenamos dideliais atstumais, susidaro atmosferą teršiančios medžiagos“ (Siverio Lima et al., 2020) (žr. 2 lentelę).

2 lentelė. Asfalto gamybos metu sukeliamas poveikis aplinkai (šaltinis: Tafazzoli, 2019; Lima et al., 2020)

Poveikio sritis	Poveikis
Ištekliai	Naudoja neatsinaujinančius išteklius
Vanduo	Teršia vandenį gamybinio proceso metu Teršia vandenį asfalto naudojimo metu
Atmosfera	Susidaro taršios medžiagos: – Anglies dioksidas – Metanas – Amoniakas – Sunkieji metalai

Asfalto gamybai naudojamų mišinių naudą aplinkai, išteklių naudojimo mažinimui, pagrindžia ir moksliniai tyrimai. Yang et al. (2014) atliko tyrimą, kuriuo palygino, kaip keičiasi asfalto gamybos proceso poveikis aplinkai, kai naudojami mišiniai, kurių sudėtyje yra perdirbto asfalto čerpių ir dangos, pagal skirtingą santykinę medžiagų dalį, mišinių sudėtyje. Tyrimo metu nustatyta, kad mišiniai, kurių sudėtyje yra 25 % perdirbtų medžiagų, vidutiniškai šešis procentus sumažina šiltnamio efektą sukeliančių dujų susidarymą asfalto gamybos metu ir maždaug tiek pat, mažina energijos vartojimą. Didinant mišiniuose esančių perdirbtų medžiagų santykinę dalį, dar labiau sumažėja (vidutiniškai dvidešimt procentų), šiltnamio dujų susidarymas ir energijos suvartojimas, asfalto gamybos procese. Visgi Tafazzoli (2019) pabrėžia, kad lyginant su kitomis dangomis, asfalto gamybai sunaudojamas beveik dvidešimt proc. mažiau energijos, negu kitų dangų gamybos procesų metu. Kita vertus, autorius pripažįsta, kad asfalto gamybos pramonė, turi tobulėti: „asfalto pramonės tvarumas turi daug galimybių tobulėti įvairiais aspektais. Iššūkis yra kompromisas pakenkti kai kurioms mechaninėms asfalto savybėms, kad jis taptų tvaresnis.“ (Tafazzoli, 2019).

Freire et al. (2020) nurodo, kad perdirbto asfalto panaudojimas, kelių infrastruktūrai, nebūtinai yra žiedinės ekonomikos pasekmė. Toks asfaltas, kuris yra perdirbamas yra ekonomiškai naudingesnis ir be to, laikomi kaip geriausia pasiteisinusia praktika. Pakartotinai gali būti naudojamos medžiagos, kurias perdirbus, pastarosios gali būti taip pat panaudojamos kelių tiesimui, kaip pavyzdžiui guma, plastikas, stiklas. Guma, ypač padangų laužo pavidalu, paprastai

naudojama asfalte kaip priedas, arba kaip agregatas, arba kaip modifikatorius. Tai, kad guma vis plačiau integruojama kelių tiesimui įrodo ir kuriami mišiniai bei jų veiksmingumo vertinimas – pavyzdžiui Melburno RMIT universiteto mokslininkai sukūrė pirmąją tokį medžiagų mišinį, kuriame naudojama perdirbtų padangų guma ir skalda, kelių inžinerijai – tokia inovacija nėra atsitiktinė, o nauda kelių ilgalaikiškumui, kadangi tyrimais įrodyta, kad naudojant tokį perdirbtų medžiagų mišinį, keliai:

- pasižymi ilgesniu tarnavimo periodu;
- pasižymi didesniu lankstumu;
- mažiau trūkinėja.

Farina et al. (2017) nurodo, kad žiedinė ekonomika, paskatino kelių tiesime naudoti ir stiklo skaldą. Pirmenybė teikiama stiklo pakartotiniam naudojimui, nes jame yra daug įterptosios energijos ir laikui bėgant jis nesuyra, išsaugo pirmines medžiagas, nesukelia nepageidaujamo poveikio aplinkai. Žiedinė ekonomika, kelių statybai taip pat paskatino naudoti susmulkintą betoną, kadangi pastarasis pasižymi ne tik savaiminio cementavimo savybėmis, tačiau ir jos panaudojimas, prisideda prie šiltnamio efektą sukeliančių dujų mažinimo. Geopolimerinis betonai, kuris, kaip ir propaguojama žiedinė ekonomika, taip pat atitinka perdirbimo idėją, kadangi pastarasis gaminamas iš atliekų, o rišiklinei bazei panaudojami pelenai – toks šalutinių produktų pakartotinis naudojimas palaiko žiedinę ekonomiką, skatinančią perdirbimą ir pakartotinių medžiagų naudojimą, kartu prisidedant prie naujų galimybių kelių sektoriui, statant patvarnesius ir ilgaamžiškesnius kelius.

López-Alonso et al. (2019) nurodo, kad kelių tiesimui gali būti naudojamas ir perdirbtas plastiko mišinys, kadangi pastarasis turi įtakos kelio ilgalaikiškumui ir patvarumui. Teigiama, kad naudojant perdirbtą plastiką kelių tiesimui, tokie keliai lėčiau nusidėvi ir yra tvirtesni, be to kelyje atsiranda mažiau duobių, gerėja kelio paviršiaus lankstumas. Autoriai kaip pavyzdį pateikia, kad dešimties metų senumo kelyje, kuriam tiesti buvo naudojamas perdirbtas plastikas, duobių neatsiranda, arba atsiranda mažiau, lyginant su tradiciniais kelių tiesimo būdais, be to, tokie keliai, kuriems tiesti naudojamas perdirbtas plastikas, pasižymi kur kas geresne adaptacija, prie aplinkos temperatūrinių pokyčių. Galiausiai, pripažįstama, kad perdirbtas plastiko panaudojimas kelių tiesimui, lyginant su jų deginimu, gali padėti maždaug iki trijų tonų sumažinti aplinką teršiančių dujų išsiskyrimą, kiekvienam nutiesto kelio kilometrui.

Siekiant sustiprinti žiedinės ekonomikos įgyvendinimą, kelių tiesimui, naudojamos ir asfalto čerpės, tokiu būdu sumažinant pirminio aplinkai kenksmingo rišiklio kiekius. Abukhettala (2016) nurodo, kad asfalto čerpės yra suskirstytos į dvi grupes: stiklo pluoštą ir organines. Abi rūšys susideda iš įvairių mineralinių pluoštų, mineralinių užpildų ir kietųjų uolienuų granulių (itin mažų dalelių, padengtų keramika), be tofalcemenčio, kurio vidutinė procentinė dalis yra 30 % visos masės. Be perdirbtų medžiagų, naudojimo kelių tiesime, kaip nurodo autoriai, kitais būdais perdirbamos medžiagos gali būti naudojamas keliuose ir dangose (žr. 3 lentelę).

3 lentelė. Medžiagos naudojamos keliams (šaltinis: Abukhettala, 2016)

Tipas	Charakteristika
Purškiami sandarikliai	– Dažniausiai pasitaikančią formą sudaro vienas bitumo sluoksnis, purškiamas kaip karštas skystis, kurį dengia vienas susmulkinto užpildo sluoksnis – Sandariklis apsaugo nuo susidėvėjusios medžiagos praradimo dėl vandens įsiskverbimo ar kitų veiksnių
Lopai arba viso pločio reabilitacija	– Perdirbimas vietoje: į paviršių pridedama stiprinanti medžiaga (dažnai kalkių), kur maišytas nepertraukiamai kelias esamą dangą, ją susmulkina, į kalkes įtraukia vandens ir kloja medžiagą

Naujausių technologijų integravimas, kelių statybos sektoriuje, gali būti naudingos medžiagų pašalinimui iš seno asfalto, jo pavertimui alternatyvia kelio danga, kuriant saugius ir patvarius produktus kelių infrastruktūros vystymui, tokiu būdu visai kelių pramonei, tampant kur kas novatoriškesne, bei išpildant žiedinės ekonomikos prioritetus.

Bloom et al. (2016) pateikia ne tik teorines medžiagų charakteristikas, naudingas žiedinei ekonomikai kelių inžinerijos sektoriuje, tačiau ir remiasi faktiniais tyrimo duomenimis. Tyrimas, kuriuo vertinta kaip perdirbti pramoninių šaltinių produktai ir perdirbta asfalto danga, veikia aplinką, buvo atliktas pasitelkiant PaLATE – gyvavimo ciklo vertinimo (LCA) įrankį, sukurtą kartu su RMRC rėmimu: „Keturių aplinkos parametrų (energijos suvartojimo, vandens suvartojimo, anglies dioksido išmetimo ir pavojingų atliekų susidarymo) LCA analizė parodė didelę naudą aplinkai, kai valstybės naudojo perdirbtus pramoninius šalutinius produktus, tokius kaip lakieji pelenai ir perdirbtos kelių medžiagos, pvz., Perdirbtas betono užpildas (RCA) ir perdirbta asfalto danga (RAP)“ (Bloom et al., 2016). López-Alonso et al. (2019) atliktas tyrimas pateikia rezultatus, kuriais patvirtina, kad perdirbtų medžiagų naudojimas kelių statybai, naudingas ne tik aplinkai, tačiau ir pagerina ilgalaikį mechaninį veikimą, kai naudojami perdirbti betono užpildai, bei aliuminio oksido atliekos, kurios gaunamos

iš aliuminio rafinavimo proceso. Tuo tarpu Farina et al. (2017) atliktas tyrimas parodė, kad poveikis aplinkai, naudojant aplinkai draugiškas medžiagas kelių statybai, pasiekiamas tik tada, kai užtikrinamas tinkamas eksploatuojamų mišinių tvarumas perdirbant asfaltą arba panaudojant gumą.

Xiao et al. (2020) tyrimas patvirtino, kuriuo vertinta stiklo miltelių pagrindo geopolimerinio cemento kaip stabilizuojančio agento panaudojimas perdirbto stiklo užpildui, kad kelių statybai tikslinga naudoti stiklo pagrindo šali-gatvio pagrindo medžiagas kaip ekologiškesnius pakaitalus ir galimą sąveiką tarp stiklo atliekų perdirbimo ir dangos pramonės.

Be šių, galimų pakartotinių medžiagų panaudojimo kelių tiesimui ar asfalto perdirbimo, kelių inžinerijos pramonėje, žiedinę ekonomiką atitinkančių sprendimų, vis dar nėra pakankamai, kuriant aplinkai draugiškus ir tvarius gaminius, medžiagas ir darbo metodus. Be to, kaip teigia Lendeerse et al. (2018), kelių inžinerijoje, žiedinės ekonomikos prioritetų įgyvendinimą apsunkina tiek pačios žiedinės ekonomikos keliami rizika, tiek viso kelių gyvavimo ciklo valdymo pertvarkymas, spartinant perdirbimą ir pakartotinį naudojimą. Autoriai taip pat atkreipia dėmesį į tai, kad žiedinė ekonomika yra visiškai priešingybė kelių sektoriui, kuriame vyrauja linijinis požiūris, kai keliai statomi penkiems dešimtmečiams ar ilgiau, o vėliau nurašomi kaip atliekos, tai yra, nėra perdirbimo, pakartotinio naudojimo, būdingų žiedinei ekonomikai, principų.

Žiedinė ekonomika paskatino kelių statyboje keisti įprastines, linijinį naudojimą atitinkančias medžiagas. Prioritetas teikiamas natūralioms, aplinkai draugiškoms medžiagoms, perdirbimui ir pakartotiniam naudojimui. Tokie pokyčiai, nors ir manoma, per daug lėti, kelių statyboje, ne tik padeda įsitvirtinti žiedinei ekonomikai, tačiau ir bendrai, yra ekonomiškai naudingesnis pasirinkimas, be to kai kurių medžiagų pritaikymas didina ir kelių tvarumą, atsparumą, bei eksploatacinį laikotarpį. Visgi, šiandien, bene labiausiai prie žiedinės ekonomikos tikslų, manoma, gali prisidėti asfalto perdirbimas, kuris pagal savo pakartotinio naudojimo galimybes, ateityje, gali užimti antrąją vietą po vandens, todėl į žiedinės ekonomikos tikslų įgyvendinimą kelių statyboje, labiau žvelgiama per galimybių perspektyvas, negu šių dienų realijas.

1.3. Žiedinės ekonomikos keliami iššūkiai kelių statybai

2019 m. pabaigoje naujoji Europos Komisija (European Commission, 2019), vadovaujama prezidentės Ursulos von der Leyen, nustatė ambicingiausias Europos istorijos tikslus tvarumo ir žiedinės ekonomikos požiūriu, pasitelkdama daugybę susijusių dokumentų, tokių kaip „Europos žalioji kursas“ arba Žiedinės ekonomikos veiksmų planas. Šiuose dokumentuose teigiama, kad norėdama įgyvendinti šį tikslą ES turi paspartinti perėjimą prie regeneracinio augimo modelio, kuris reiškia mažėjančio naudojimo prioritetus, išteklių apsaugą, perdirbimo procesų spartinimą. Kelių infrastruktūros, atsižvelgiant į jų užimamą plotą, o ypač asfaltuoti keliai, sudarantys daugiau nei 90 %, visų Europos kelių, tapo realia galimybe įgyvendinti šiuos išsikeltus žaliosios ekonomikos tikslus.

Žiedinės ekonomikos keliami iššūkiai, reikalauja iš kelių infrastruktūros ekologiškesnių sprendimų. Problema yra ta, jog, kaip teigia Xiao et al. (2020), šiandien, kelių dangai, ypač reikalingas draugiškumo aplinkai sustiprinimas. Autoriai pabrėžia, kad neapdoroto asfalto gamybos mastai, kurie šiandien yra neabejotinai per aukšti, sukelia ypatingai didelę žalą aplinkai, kurios būtų galima išvengti, jeigu būtų sparčiau pereinama prie perdirbto asfalto gamybos ir naudojimo kelių infrastruktūrai. Dumlao-Tan ir Halog (2017) taip pat pabrėžia, kad kelių danga vertinama kaip per daug tarši aplinkos atžvilgiu. Autorių teigimu, taip yra todėl, kad neišnaudojamas naujausių technologijų potencialas kelių statybai, todėl mažėja ir perdirbamo asfalto galimybės. Be to, galima atkreipti dėmesį ir į kitą problemą, tuo atveju kai kelių statybai naudojamas neperdirbtas asfaltas, auga asfalto gamybai reikalingų išteklių paklausa, o augant paklausai didėja ir kaina. Atitinkamai auganti išteklių kaina, padidina ir asfalto naudojamo keliams kainą, tačiau šių nepageidaujamų pasekmių, kaip ir neigiamo poveikio aplinkai, gali būti išvengta tuomet, jeigu būtų naudojamas perdirbtas asfaltas kelių statybai.

Webster et al. (2021) pabrėžia, kad kelių pramonės vystymas pagal žiedinės ekonomikos principus, susiduria su iššūkiais, ypač kalbant apie perdirbtų medžiagų panaudojimą asfaltui. Pasirodo tyrimų paneigiančių kai kurių medžiagų patvarumą, ilgalaikiškumą, todėl neskubama jų naudoti, siekiant apsaugoti nuo galimos rizikos, greito asfalto nusidėvėjimo ir tvirtumo sumažėjimo. Būtent todėl, sulėtėja tvarių kelių statyba visame pasaulyje arba naudojama santykinai nedidelė perdirbtų medžiagų dalis – tai įrodo, jog tik 2018 m., pietvakarių Prancūzijoje, buvo pastatytas, pirmasis perdirbtų medžiagų kelias. Iki tol, tokių kelių plėtra pasižymėjo, ypač lėta raida, o tai neabejotinai yra žiedinės ekonomikos plėtros iššūkis. Prancūzijoje nutiestas, pilnai perdirbtų medžiagų kelias, turėtų tapti realiu pavyzdžiu, kitoms šalims, kadangi šio kelio statymas, nenaudojo gamtinių išteklių iš karjerų, o visos medžiagos keliui tiesti, buvo naudojamos iš seno, sumalto asfalto – tokiu būdu sumažintas neigiamas poveikis aplinkai bei asfalto tiesimo kaina.

Nors, kai kurie autoriai kelia prielaidas, kad kelių ekologiją varžo, nepakankamas perdirbtų medžiagų, naudojamų kelių tiesimui, efektyvumas ilgalaikiu požiūriu, tačiau šaltiniuose nemažai kalbama ir apie tai, kad perdirbtos medžiagos kaip pavyzdžiui plastiko mišiniai, gali padidinti kelių tvarumą, todėl pastarųjų nenaudojant kelių tiesimui, ne tik tolstama nuo žiedinės ekonomikos tikslų, tačiau ir keliai greičiau nusidėvi, reikalingos rekonstrukcijos, kartojami kelių statybos ciklai, kuriuose vyrauja panaudotų medžiagų keitimas naujomis, o ne jų perdirbimas. Be to, perdirbamų medžiagų naudojimas, asfalto perdirbimo procesai kelių sektoriuje, ne tik įgyvendina žiedinės ekonomikos tikslus, tačiau kartu, padeda ir statyti patvaresnius ir ilgaamžiškesnius kelius, kurių tvirtumas ir kitos teigiamos savybės pasiekiamos per tokias perdirbtas medžiagas ir jų mišinius.

2. Kelių statybos procesų problemos. Ekspertinė analizė

Buvo apklausti 7 ekspertai, kurie gerai (profesionaliai) supranta tyrimo problemą, turintys aukštąjį inžinerinį išsilavinimą ir dirbantys nemažiau 10 metų kelių gamybos sektoriuje. Buvo pateikti 7 veiksniai su kuriais norima išsiaiškinti kurie procesai yra dažnai taikomi, o kurie yra probleminiai ir netaikomi. Ekspertai procesus įvertino nuo 1 iki 7 (1 – dažnai vykdomas, 7 retai, niekada) (4 lentelė).

4 lentelė. Ekspertų apklausa

Teiginys	Ekspertas 1	Ekspertas 2	Ekspertas 3	Ekspertas 4	Ekspertas 5	Ekspertas 6	Ekspertas 7
Frezuojant senas asfalto dangas ir jas išsijojus, gaunamos medžiagos (atskyrus likutines) gali būti naudojamas naujiems asfalto mišiniams	1	1	2	3	3	2	3
Frezuojant senas asfalto dangas ir jas išsijojus, likutinės mineralinės medžiagos, netinkamos naudoti naujiems asfalto mišiniams, gali būti naudojamos naujų kelių pagrindo sluoksnių įrengimui	2	3	1	2	1	3	1
Seni plastiko / polimero gaminiai gali būti perdirbami ir naudojami naujų asfalto mišinių bituminiams užpildams gaminti	7	6	4	7	7	4	6
Seni plastiko / polimero gaminiai gali būti perdirbami ir naudojami naujų termoplasto dažų, skirtų kelio ženklavimui įrengti, gamyboje	5	4	7	6	5	6	7
Seni plastiko / polimero gaminiai gali būti perdirbami ir naudojami naujų termoplasto dažų, skirtų antipraslydimo kelio dangai įrengti, gamyboje	4	5	6	5	6	5	5
Seni gumos gaminiai gali būti perdirbami ir naudojami ratų atmušėjams, naudojamiems automobilių stovėjimo aikštelėse, gaminti	6	7	5	4	4	7	4
Perdirbtas betono laužas gali būti naudojamas naujų kelių pagrindo sluoksnių įrengimui	3	2	3	1	2	1	2

Kendall'o W testas

Apklausoje dalyvavusių ekspertų nuomonių sutapimas (5 lentelė) vertinamas Kendall konkordacijos koeficientu W (Kendall 1955; Kendall ir Stuart, 1970). Kendall'o konkordacijos koeficientas W naudojamas daugiau negu dviejų kintamųjų priklausomybei įvertinti. Jis dar vadinamas *ekspertų vertinimo testu*, nes juo yra nustatomas grupės ekspertų sutarimas. Koeficientas W gali turėti reikšmes intervale tarp nulio (nėra sutarimo) ir vieneto (visiškas sutarimas). Galima apskaičiuoti ne tik patį konkordacijos koeficientą, bet ir patikrinti, ar jis statistiškai reikšmingai skiriasi nuo nulio. Konkordacija statistiškai reikšminga, jeigu p -reikšmė yra mažesnė už reikšmingumo lygmenį α .

Kendall konkordacijos koeficientas (W), apskaičiuojamas pagal formulę:

$$W = \frac{12S^2}{m^2(k^3 - k)}, \quad (1)$$

čia: S – rodiklių rangų sumų nuokrypių nuo jų bendro vidurkio suma; m – ekspertų skaičius; k – vertinamų rodiklių skaičius.

Statistinių ekspertų suderinamumo lygį nustato χ^2 kriterijus, skaičiuojamas pagal formulę:

$$x^2 = Wm(k-1). \quad (2)$$

5 lentelė. Ekspertinio vertinimo rezultatai

Teiginys	Ekspertinio vertinimo reikšmė
Frezuojant senas asfalto dangas ir jas išsijojus, gaunamos medžiagos (atskyrus likutines) gali būti naudojamas naujiems asfalto mišiniams	2,14
Frezuojant senas asfalto dangas ir jas išsijojus, likutinės mineralinės medžiagos, netinkamos naudoti naujiems asfalto mišiniams, gali būti naudojamos naujų kelių pagrindo sluoksnių įrengimui	1,86
Seni plastiko / polimero gaminiai gali būti perdirbami ir naudojami naujų asfalto mišinių bituminiams užpildams gaminti	5,86
Seni plastiko / polimero gaminiai gali būti perdirbami ir naudojami naujų termoplasto dažų, skirtų kelio ženklavimui įrengti, gamyboje	5,71
Seni plastiko / polimero gaminiai gali būti perdirbami ir naudojami naujų termoplasto dažų, skirtų antipraslydimo kelio dangai įrengti, gamyboje	5,14
Seni gumos gaminiai gali būti perdirbami ir naudojami ratų atmušėjams, naudojamiems automobilių stovėjimo aikštelėse, gaminti	5,29
Perdirbtas betono laužas gali būti naudojamas naujų kelių pagrindo sluoksnių įrengimui	2,00

Gauta konkordacijos koeficiento reikšmė ($W = 0,764$) liudija, kad septyni ekspertai gana sutartinai vertino 7 procesus. Konkordacija yra statistiškai reikšminga, nes $p = 0,000 < 0,05$.

Išvados

Žiedinė ekonomika keičia kelių statybai keliamus reikalavimus, pasitelkiant tvarumo idėją, kuri reiškia, kad kelių infrastruktūra vyksta, įvertinant socialinius, ekonominius ir aplinkos aspektus. Kelių statybos procesams, šių dienų ekonominė sistema, vis labiau diktuoja poreikį integruoti ekologiškesnę požiūrį ir discipliną, visuose kelių statybos etapuose ir procesuose, tokiu būdu didinant kelių statybos gamybos novatoriškumą bei tvarios plėtros idėją, prisidedant prie aktyvaus vaidmens, apsaugant išteklius nuo jų naudojimo.

Remiantis žiedine ekonomika, kelių statybos gamyboje, prioritetas teikiamas natūralioms, aplinkai draugiškoms medžiagoms, perdirbimui ir pakartotiniam naudojimui. Kelių statybai pradėtos naudoti aplinkai draugiškos medžiagos ir jų mišiniai, pradėtas intensyviai pakartotinis perdirbimas, taikoma asfalto perdirbimo praktika. Tai ne tik padeda įgyvendinti žiedinės ekonomikos tikslus, siekiant tvarios kelių sektoriaus plėtros, tačiau ir mažina kelių statybos gamybos kaštus, apsaugo išteklius nuo naudojimo, bei prailgina pačių kelių ilgalaikiškumą.

Atliktas ekspertinio vertinimo tyrimas, parodė ekspertų nuomonę apie kelių statybos procesus žiedinės ekonomikos kontekste. Apklausą parodo, kad mineralinės medžiagos, perdirbti betono ir asfalto gaminiai, dažnai yra panaudojami antra kartą ir taip tenkina žiedinės ekonomikos principus. Didžiausia problema išryškėja dėl gumos, plastiko/polimerų perdirbimo ir panaudojimo kelių statybos procesuose.

Literatūra

- Abukhettala, M. (2016, May 5–6). Use of recycled materials in road construction. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Civil, Structural and Transportation Engineering (ICCSTE'16)*. Ottawa, Canada.
- Bloom, E. F., Del Ponte, K., Madras Natarajan, B., Pakes Ahlman, A., Edil, T. B., & Whited, G. (2016). *State DOT life cycle benefits of recycled material in road construction*. <https://doi.org/10.1061/9780784480120.070>
- Cherrier, H., Türe, M., & Özçağlar-Toulouse, N. (2018). Considering 'Waste Value' in the circular economy. In R. Crocker, C. Saint, G. Chen, & Y. Tong (Eds.), *Unmaking waste in production and consumption: Towards the circular economy* (pp. 91–102). Emerald Publishing Limited. <https://doi.org/10.1108/978-1-78714-619-820181009>
- Dumlao-Tan, M. I., & Halog, A. (2017). Moving towards a circular economy in solid waste management: Concepts and practices. In S. Goel (Eds.), *Advances in solid and hazardous waste management*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-57076-1_2

- Elmualim, A., Mostafa, S., Chileshe, N., & Rameezdeen, R. (2018). Construction and the circular economy: Smart and industrialised prefabrication. In R. Crocker, C. Saint, G. Chen, & Y. Tong (Eds.), *Unmaking waste in production and consumption: Towards the circular economy* (pp. 323–336). Emerald Publishing Limited. <https://doi.org/10.1108/978-1-78714-619-820181025>
- European Commission. (2019). *Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. The European Green Deal*. (COM/2019/640). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52019DC0640&from=EN>
- Farina, A., Zanetti, M. C., Santagata, E., & Blengini, G. A. (2017). Life cycle assessment applied to bituminous mixtures containing recycled materials: Crumb rubber and reclaimed asphalt pavement. *Resources, Conservation and Recycling*, 117, 204–212. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.10.015>
- Freire, A. C., Correia, A., Neves, J., Martins, I., Roque, A. J., Pinto, M. I. M., Ferreira, C., & Martins, A. (2022). Structural pavement rehabilitation with recycled materials in a circular economy approach. In E. Tutumluer, S. Nazarian, I. Al-Qadi, & I. I. Qamhia (Eds.), *Lecture notes in civil engineering: Vol. 164. Advances in transportation geotechnics IV*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-77230-7_23
- Hussain, Z., Mishra, J., & Vanacore, E. (2020). Waste to energy and circular economy: The case of anaerobic digestion. *Journal of Enterprise Information Management*, 33(4), 817–838. <https://doi.org/10.1108/JEIM-02-2019-0049>
- Yang, R., Ozer, H., Kang, S., & Al-Qadi, I. (2014). *Environmental impacts on producing asphalt mixtures with varying degrees of recycled asphalt materials*. http://www.ucprc.ucdavis.edu/p-lca2014/media/pdf/Papers/LCA14_Producing%20Asphalt%20Mix%20Recycled%20Matls.pdf
- Jusel, T., & Burinskienė, A. (2019). Transition to circular economy: barriers and drivers interaction at micro, meso and macro levels. *Mokslas – Lietuvos Ateitis / Science – Future of Lithuania*, 11. <https://doi.org/10.3846/mla.2019.9633>
- Kendall, M. G., & Stuart, A. (1970). *The advanced theory of statistics* (3 ed., Vol. 3). C. Griffin; Hafne.
- Kendall, M. (1955). *Rank correlation methods*. Hafner Publishing House.
- Lane, R., & Gumley, W. (2018). What role for the social enterprises in the circular economy?. In R. Crocker, C. Saint, G. Chen, & Y. Tong (Eds.), *Unmaking waste in production and consumption: Towards the circular economy* (pp. 143–157). Emerald Publishing Limited. <https://doi.org/10.1108/978-1-78714-619-820181012>
- Lendeetrse, W., Hendriksen, J., & Kerkhofs, S. (2018, April 16–19). Introducing the circular economy in road infrastructure development. Challenges and dilemmas in designing circular roads. In *Proceedings of 7 th Transport Research Arena TRA 2018*, Vienna, Austria.
- Li, J., Xiao, F., Zhang, L., & Amirkhanian, S. N. (2019). Life cycle assessment and life cycle cost analysis of recycled solid waste materials in highway pavement: A review. *Journal of Cleaner Production*, 233, 1182–1206. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.061>
- López-Alonso, M., Martínez-Echevarria, M. J., Garach, L., Galán, A., Ordoñez, J., & Agrela, F. (2019). Feasible use of recycled alumina combined with recycled aggregates in road construction. *Construction and Building Materials*, 195(20), 249–257. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.11.084>
- Mantalovas, K., Roberts, R., Giancontieri, G., Inzerillo, L., & Di Mino, G. (2020). Towards more sustainable airfield pavements using life-cycle assessment of design alternatives. In J. Harvey, I. L. Al-Qadi, H. Ozer, & G. Flintsch (Eds.), *Pavement, roadway, and bridge life cycle assessment 2020*. Routledge. <https://doi.org/10.1201/9781003092278-3>
- Meijer, J. R., Huijbregts, M. A. J., Schotten, K. C. G. J., & Schipper, A. M. (2018). Global patterns of current and future road infrastructure. *Environmental Research Letters*, 13(6), 064006. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aab4d2>
- Murray, A., Skene, K., & Haynes, K. (2017). The circular economy: An interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context. *Journal of Business Ethics*, 140, 369–380. <https://doi.org/10.1007/s10551-015-2693-2>
- Pearce, D. W., & Turner, R. K. (1990). *Economics of natural resources and the environment*. Johns Hopkins University Press. <https://doi.org/10.2307/1242904>
- Rizos, V., Tuokko, K., & Behrens, A. (2017). *The circular economy: A review of definitions, processes and impacts* (CEPS Research Report No 2017/8). CEPS. <http://aei.pitt.edu/85892/>
- Siverio Lima, M. S., Hajibabaei, M., Hesarkazzazi, S., Sitzenfrei, R., Buttgerit, A., Queiroz, C., Tautschnig, A., & Gschösser, F. (2020). Environmental potentials of asphalt materials applied to urban roads: Case study of the city of Münster. *Sustainability*, 12(15), 6113. <https://doi.org/10.3390/su12156113>
- Tafazzoli, M. (2019). Incorporating sustainable practices in asphalt industry. In H. Zhang (Ed.), *Asphalt and asphalt mixtures*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.86702>
- Xiao, R., Ma, Y., Jiang, X., Zhang, M., Zhang, Y., Wang, Y., Huang, B., & He, Q. (2020). Strength, microstructure, efflorescence behavior and environmental impacts of waste glass geopolymers cured at ambient temperature. *Journal of Cleaner Production*, 252, 119610. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119610>
- Webster, K. (2021). A circular economy is about the economy. *Circulaar Economy and Sustainability*, 1, 115–126. <https://doi.org/10.1007/s43615-021-00034-z>

PROBLEMS OF ROAD CONSTRUCTION PROCESS IMPROVEMENT IN THE CONTEXT OF CIRCULAR ECONOMY

Mindaugas BIELSKIS, Artūras JAKUBAVIČIUS

Abstract. Although the circular economy is no longer a new idea, this pattern of sustainable consumption has been gaining ground recently increasing potential and creating the potential for a greener future. The implementation of the circular economy model aims to reduce the amount of waste and the use of resources through advanced product design and product reuse use and repair, recycling, sustainable use and innovative business models. The road construction sector covers a large part of the construction sector. The construction sector accounts for 7.6% of the country's GDP. The total Lithuanian road network reaches as much as 86 thousand. km. Lithuania is a European road transport corridor from east to west. Therefore, the improvement of road construction processes in the context of the circular economy is necessary. The expert study identifies problematic processes in road construction production in the context of the circular economy.

Keywords. circular economy, road construction sector, use of resources, improvement of production process.