

TEORINIS REVERSINĖS LOGISTIKOS MODELIS TAIKANT TVARUMO PRINCIPUS

Gustė KAVOLIŪNAITĖ, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Bioekonomikos plėtros fakultetas, el. paštas: guste.kavoliunaite@vdu.lt

Vilma TAMULIENĖ, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Bioekonomikos plėtros fakultetas, el. paštas: vilma.tamulienė@vdu.lt

Santrauka

Šiuolaikinės globalios ekonomikos sąlygomis, senkant gamtiniams ištekliams ir griežtėjant teisiniams aplinkosaugos reglamentavimui, tradicinis tiesinis gamybos modelis tampa nebetvarus, todėl kyla strateginis poreikis į įmonių tiekimo grandines įdiegti žiedinės ekonomikos ir reversinės logistikos principus. Straipsnio tikslas – sudaryti reversinės logistikos teorinį modelį, paremtą tvarumo principais, kuris įmonėms padėtų efektyviai valdyti grįžtamuosius srautus. Tyrime taikyti metodai: mokslinės literatūros analizė, sintezė, loginis sisteminimas ir apibendrinimas. Rezultatai rodo, kad efektyvi reversinė logistika grindžiama „trigubos vertės“ (angl. triple bottom line) koncepcija, suderinančia ekonominius, ekologinius ir socialinius tikslus. Nustatyta, kad sėkmingą tvarumo principų įgyvendinimą lemia sisteminė veiksmų hierarchija – nuo strateginio vadovybės įsipareigojimo ir skaitmenizacijos diegimo iki žaliosios infrastruktūros plėtros bei proaktyvaus partnerių ir darbuotojų įtraukimo. Remiantis šiais atskleistais dėsningumais, suformuluotas daugiakriterinio sprendimų priėmimo ir informacijos srautų valdymo modelis atspindi būtiną perėjimą nuo reaktyvios fizinės logistikos prie proaktyvaus, duomenimis grįsto procesų valdymo. Toks integruotas teorinis modelis organizacijas įgalina ne tik reikšmingai sumažinti savo kuriamą ekologinį pėdsaką, bet ir sukurti lanksčias bei atsparias vertės grandines, užtikrinančias ilgalaikį konkurencinį pranašumą dinamiškoje globalioje rinkoje.

Reikšminiai žodžiai: reversinė logistika, tvarumas, žiedinė ekonomika, uždarojo ciklo tiekimo grandinė, tvari logistika.

Įvadas

Šiuolaikinės globalios ekonomikos dinamika yra neatsiejama nuo vis didėjančio vartojimo ir sparčiai mažėjančių gamtinių išteklių problematikos. Kaip nurodo U. Awan ir R. Sroufe (2022), tradicinis tiesinis ekonomikos modelis, paremtas principu „imk–gamink–išmesk“, jau plačiai pripažįstamas kaip netvarus, todėl verslo ir mokslo bendruomenėse vis plačiau įsitvirtina žiedinės ekonomikos (angl. Circular Economy) principai. Tokiems pokyčiams reikalingas sisteminis požiūris į išteklių valdymą, kuriame logistikos procesai atlieka pagrindinį vaidmenį užtikrinant produktų ir medžiagų vertės išsaugojimą bei regeneraciją.

Šią strateginę kryptį dar labiau spartina griežtėjanti teisinė ir politinė aplinka. Europos Sąjungos Žaliojo kurso strategijos pagrindinis tikslas yra klimato neutralumas. Todėl verslo subjektai patiria didėjančią institucinę spaudimą mažinti anglies dvideginio pėdsaką ir optimizuoti atliekų tvarkymą. Tvarumas tampa ne pasirenkama socialinės atsakomybės deklaracija, o privaloma veiklos sąlyga, kurią reglamentuoja teisės aktai. Jų nesilaikymas gali lemti ne tik finansines sankcijas, bet ir žalą reputacijai bei konkurencingumo praradimą tarptautinėse rinkose.

Šiuolaikinėje žiedinėje ekonomikoje reversinė logistika tampa labai svarbiu elementu, kuris gali užtikrinti ne tik efektyvų išteklių grąžinimą, bet ir ilgalaikį įmonių konkurencinį pranašumą. Temos aktualumą pabrėžia didėjantis verslo poreikis integruoti griežtus aplinkosaugos ir socialinės atsakomybės standartus į visą tiekimo grandinę. Naujumas pasireiškia sisteminiu požiūriu, kuriame teorinis modelis neapsiriboja vien kaštų optimizavimu, bet įtraukia ir tvarumo kriterijus. Pateiktas teorinis modelis orientuotas ne tik į trumpalaikį kaštų minimizavimą, bet ir į ilgalaikį veiklos stabilumą bei ekologinį efektyvumą.

Tyrimo tikslas – parengti teorinį modelį, kuris įmonėms padėtų visapusiškai valdyti grįžtamuosius srautus, remiantis tvarumo principais.

Iškeltam tikslui pasiekti sprendžiami šie **uždaviniai**:

1. Išanalizuoti mokslinę literatūrą apie reversinės logistikos ir tvarumo principų sąsajas.
2. Nustatyti pagrindinius veiksmus, kurie užtikrina sėkmingą tvarios logistikos įgyvendinimą organizacijose.
3. Sudaryti teorinį modelį, skirtą visam reversinės logistikos procesui valdyti, įvertinant ekonominę, ekologinę ir socialinę naudą.

Tyrimų objektas ir metodai

Tyrimo objektas – reversinės logistikos procesų valdymas, taikant tvarumo principus žiedinės ekonomikos kontekste.

Tyrimo tikslui pasiekti taikyta mokslinės literatūros analizė. Mokslinių šaltinių paieška vykdyta naudojantis „Google Scholar“ duomenų baze, atrenkant tematiškai aktualius ir naujausius mokslinius straipsnius, nagrinėjančius

reversinės logistikos, tvarumo, žiedinės ekonomikos ir uždarojo ciklo tiekimo grandinių problematiką. Analizei daugiausia pasirinkti 2021–2025 m. publikuoti šaltiniai, papildomai įtraukiant anksčiau publikuotus darbus, turinčius reikšmingą teorinį pagrindą.

Tyrime taikyti metodai: mokslinės literatūros analizė, sintezė, loginis sisteminimas ir apibendrinimas. Mokslinės literatūros analizės metodas leido identifikuoti pagrindines teorines nuostatas ir atskleisti reversinės logistikos ir tvarumo principų sąsajas. Sintezės metodas taikytas skirtingų autorių požiūriams integruoti į nuoseklią teorinę visumą, o loginio sisteminimo ir apibendrinimo metodai sudarė prielaidas išskirti esminius tvarios logistikos įgyvendinimo veiksnius bei suformuoti teorinį reversinės logistikos modelį.

Tyrimas yra teorinio pobūdžio, todėl empiriniai duomenų rinkimo ir statistinės analizės metodai nebuvo taikomi.

Reversinės logistikos ir tvarumo principų sąsajos

Šiuolaikinės logistikos sprendimai jau neapsiriboja tik krovinių gabenimo iš vieno taško į kitą organizavimu. Skaitmenizacija ir griežtėjantys aplinkosauginiai reglamentai reikalauja iš esmės peržiūrėti tiekimo grandinių struktūrą. Kaip nurodo M. Wilson ir kt. (2021), reversinė logistika, ilgą laiką vertinta kaip nuostolinga veikla, šiuo metu mokslinėje literatūroje suprantama kaip strateginis vertės kūrimo įrankis ir vienu iš pagrindinių žiedinės ekonomikos elementų. Reversinė logistika, anot X. Sun ir kt. (2022), yra procesas, kurio metu žaliavos, nebaigta produkcija, pagaminti produktai ir susijusi informacija juda iš vartojimo taško į kilmės tašką, siekiant atgauti likutinę vertę arba užtikrinti tinkamą atliekų šalinimą. Skirtingai nuo tiesioginės logistikos, reversinė logistika pasižymi dideliu neapibrėžtumu dėl grąžinamų prekių kiekio, kokybės ir laiko, todėl jai valdyti reikia lanksčių ir išmanių sistemų (Wilson et al., 2021). Tvarumo principų integravimas keičia šią sritį į uždarojo ciklo tiekimo grandines (angl. closed-loop supply chains, CLSC), kurios apima visą produkto gyvavimo ciklą, sujungiant tiesioginius srautus su tokiais procesais kaip remontas, atnaujinimas ir perdirbimas. Pagal J. Lozano-Oviedo ir kt. (2024), žiedinės ekonomikos kontekste reversinė logistika veikia kaip funkcinė grandis, užtikrinanti fizinį medžiagų išsaugojimą gamybos ir vartojimo sistemoje, paverčiant atliekas vertingais ekonominiais ištekliais.

Šis perėjimas prie žiedinės ekonomikos remiasi ekonominės, ekologinės ir socialinės dimensijų darna, kuri dažnai įvardijama kaip „trigubos vertės“ (angl. Triple Bottom Line) koncepcija:

1. Ekonominis požiūris svarbiausia tampa ne atsikratyti senais produktais, o iš jų susigrąžinti kuo daugiau vertės. Tai pasiekama keliais būdais: atnaujinant naudotus gaminius arba išardant juos ir panaudojant dar tinkamas detales kitiems tikslams. Kaip teigia E. Nogueira ir kt. (2022), tokie procesai leidžia susigrąžinti net 40–60 proc. pradinės produkto vertės, o svarbiausia – tam sunaudojama gerokai mažiau energijos nei gaminant viską iš naujo. Taip, anot E. Nogueira ir kt. (2024), reversinė logistika nustoja būti tiesiog nuostolinga ir tampa realiu pelno šaltiniu, kuris padeda įmonei išlikti konkurencinga šiuolaikinėje rinkoje. Be to, skatindama pakartotinį medžiagų naudojimą, įmonė pati apsisaugo nuo žaliavų kainų šuolių ir tiekimo trikdžių, nes dalį reikiamų išteklių užsitikrina iš sugrąžintų savo produktų.

2. Socialinė dimensija pasireiškia didėjančiu dėmesiu žmonių gerovei ir atsakinga įmonių veikla. Kaip nurodo L. Jum'a ir kt. (2022), plėtojant grąžinamų prekių tvarkymą, kuriamos naujos darbo vietos remonto, rūšiavimo ir perdirbimo srityse, o tai daro teigiamą poveikį vietos bendruomenėms. Kartu gamintojai prisiima didesnę atsakomybę už savo gaminius. Jie rūpinasi produktu ne tik iki pardavimo, tačiau ir tuomet, kai jis tampa nereikalingas. Toks požiūris padeda mažinti aplinkos taršą, nes į sąvartynus patenka mažiau atliekų, o tai lemia sveikesnę ir saugesnę aplinką gyventojams. Be to, matydami realiai veikiančias grąžinimo sistemas, patys vartotojai pradeda labiau vertinti daiktų ilgaamžiškumą ir pamažu keičia savo įpročius, rinkdamiesi ne vienkartinį vartojimą, o atsakingesnį gyvenimo būdą.

3. Ekologinė dimensija reversinėje logistikoje įgyvendinama atliekų hierarchijos principais (prevencija, pakartotinis naudojimas, perdirbimas). J. J. Burdon ir Z. H. A. N. Jiasui (2021) pabrėžia, kad efektyvus grąžinimo valdymas leidžia išvengti produktų patekimo į sąvartynus, mažina pirminių išteklių gavybos poreikį ir taip tiesiogiai prisideda prie anglies pėdsako mažinimo. Teorinis modelis remiasi pasenusio ar sugedusio produkto galimybėmis tapti vertingu ištekliu kitame gamybos cikle, taip uždarant medžiagų apyvartos ciklą.

Remiantis X. ir kt. (2022), šiuos sudėtingus procesus pastaruoju metu padeda suvaldyti šiuolaikinės technologijos, kurios mažina neapibrėžtumą, susijusį su pagamintos produkcijos grąžinimu. Išmanieji jutikliai leidžia įmonėms realiu laiku matyti, kokios būklės yra produktai ir kada jų surinkimo talpos užsipildo. Tai padeda realiu laiku planuoti transporto maršrutus, kas mažina transporto priemonių tuščius reisus, o įmonės sutaupo kuro ir mažina taršą. Sukaupiti didieji duomenys leidžia veiksmingai prognozuoti, kiek ir kokių prekių bus grąžinta ateityje, todėl įmonė gali iš anksto pasiruošti reikiamus sandėlius ar darbuotojus.

Skaidrumą visoje grandinėje užtikrina blokų grandinės technologija. Ji suteikia galimybę tiksliai nustatyti kiekvienos medžiagos kilmę ir judėjimą. Tai ne tik padeda gamintojams laikytis griežtų atsakomybės taisyklių, bet ir stiprina vartotojų pasitikėjimą, nes jie tiksliai žino, kas nutinka su jų grąžintu daiktu. Kaip nurodo M. Wilson ir kt. (2021), dirbtinis intelektas iš esmės keičia atliekų tvarkymą. Jo naudojantis galima labai tiksliai atpažinti ir surūšiuoti antrines žaliavas. Tai ne tik padidina darbo efektyvumą, bet ir apsaugo žmones, nes jiems nebereikia rankomis liesti pavojingas ar sveikatai kenksmingas medžiagas.

A. Mishra ir kt. (2023) teigimu, efektyviausią rezultatą užtikrina uždarojo ciklo tiekimo grandinės modelis, kuriame ieškoma geriausio bendro sprendimo, atsižvelgiant į pelną, aplinkosaugą ir socialinę naudą. Praktikoje tam dažniausiai pasitelkiamas tiesinis programavimas, kuriuo naudojantis vienu metu galima spręsti kelis lygiavertius uždavinius. Tai reiškia, kad galima ne tik ieškoti būdų, kaip sumažinti veiklos sąnaudas, bet ir siekti minimalaus poveikio aplinkai bei didesnės socialinės naudos.

Pavyzdžiui, taikant tokius matematinius modelius medžio ir plastiko pramonėje pagerėja priimamų sprendimų kokybė. Naudojant tokius modelius galima tiksliai parinkti vietas gamykloms, perdirbimo centrams ar surinkimo punkтам. Taip sukuriamas vientisas tinklas, kuris užtikrina nuolatinę medžiagų apyvartą ir prisideda prie gamtos išteklių, pavyzdžiui, miškų, išsaugojimo. Tokia analizė suteikia galimybę susieti ilgalaikę strategiją (kur statyti objektus) su kasdieniais veiksmais (kaip efektyviausiai paskirstyti krovinių srautus), kartu numatant ir saugiklius tiekimo grandinės sutrikimų atvejais. Pavyzdžiui, modeliuose numatoma galimybė operatyviai pasitelkti atsarginius tiekėjus, taip užtikrinant sistemos atsparumą krizinėms situacijoms (Gharibi ir Abdollahzadeh, 2025).

K. Salas-Navarro ir kt. (2024) pripažįsta, kad net ir pažangiausi teoriniai modeliai neduos laukiamo rezultato be tinkamo valdymo. Tvarios logistikos sėkmė tiesiogiai priklauso nuo vadovybės požiūrio ir realaus įsipareigojimo diegti pokyčius. Ne mažiau svarbios ir strateginės partnerystės su kitomis įmonėmis bei nuolatinis darbuotojų mokymas, padedantis jiems prisitaikyti prie naujų technologijų ir darbo principų.

Apibendrinant galima teigti, kad teorinis reversinės logistikos modelis, integruojantis tvarumo principus, yra neatsiejamas nuo skaitmeninės transformacijos ir kompleksinio požiūrio į produktų gyvavimo ciklą. Nors naudojami modeliai sėkmingai sprendžia ekonominius bei ekologinius iššūkius, ateities tyrimai turėtų daugiau dėmesio skirti socialinio tvarumo rodiklių detalizavimui, įskaitant darbuotojų sveikatą, saugą ir platesnį bendruomenių įtraukimą. Tik visapusiška procesų integracija, kurioje technologinis inovatyvumas derinamas su uždaro ciklo materialiaisiais srautais, leidžia suformuoti atsparią bei tvarią vertės grandinę, atitinkančią šiuolaikinės visuomenės lūkesčius ir užtikrinančią ilgalaikį organizacijų konkurencingumą globalioje rinkoje.

Veiksniai, lemiantys sėkmingą tvarios logistikos įgyvendinimą įmonėse

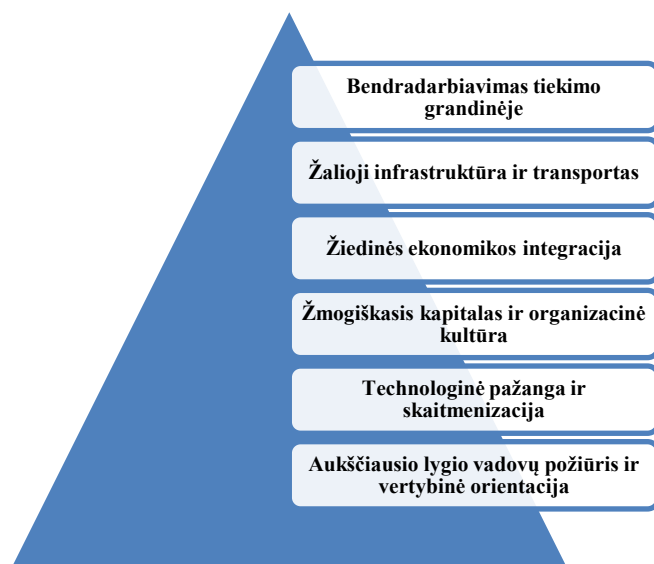
Tvarios logistikos įgyvendinimas įmonėje yra kompleksinis ir ilgalaikis procesas, kuris reikalauja ne tik pavienių technologinių sprendimų, bet ir esminių pokyčių visoje organizacijos struktūroje. Kaip nurodo C. P. Jayarathna ir kt. (2023), kiekvienai įmonei, kuri siekia išlikti konkurencinga ir suderinti vis didėjančius vartotojų poreikius su aplinkos apsauga, šis pokytis tampa ne pasirinkimu, o būtinybe. Sėkmingą šios koncepcijos įgyvendinimą lemia tam tikri tarpusavyje susiję veiksniai, kurie užtikrina ilgalaikį įmonės stabilumą ir ekologinį naudingumą.

Bet kokie esminiai pokyčiai įmonėje prasideda nuo aukščiausio lygio vadovų požiūrio ir jų vertybinės orientacijos. Tai reiškia, kad tvarumas turi būti suvokiamas ne kaip papildoma rinkodaros priemonė, o kaip pagrindinė įmonės vertybė ir strateginė kryptis, kuri daro tiesioginę įtaką kasdieniniam planavimui ir išteklių skirstymui. Anot F. Rasool ir kt. (2023), vadovybė privalo suprasti, kad investicijos į žaliuosius sprendimus gali greitai neatsipirkti, tačiau jos yra labai svarbios tam, kad ateityje būtų sumažintos verslo rizikos ir sukurta atsakinga organizacinė kultūra, kurią vėliau perima visi darbuotojai. Be strateginio valdymo svarbų vaidmenį atlieka technologinė pažanga ir įmonės veiklos procesų skaitmenizacija, kuri yra vienas iš svarbiausių tvarios logistikos įrankių. Remiantis M. Trstenjak ir kt. (2022), šiuolaikinės išmaniosios verslo valdymo sistemos įmonėms suteikia galimybę matyti aiškiai savo veiklos situaciją ir priimti tikslus, duomenimis pagrįstus sprendimus. Toks kokybiškas informuotumas padeda optimizuoti įmonės veiklos procesus ir minimizuoti veiklos kaštus. Tokių technologijų diegimas ne tik mažina įmonės sąnaudas ir gerina ekologinę dedamąją, tačiau optimizuoja ir energijos bei žaliavų sunaudojimą gamyboje. Nuolatinis poveikio aplinkai stebėjimas realiu laiku tampa būtina sąlyga organizacijoms, kurios siekia pastoviai tobulėti ir mažinti savo ekologinį pėdsaką.

Sėkmingam tvarios logistikos įgyvendinimui įmonėje lemiamą įtaką daro gebėjimas praktiškai taikyti žiedinės ekonomikos principus. Šis modelis padeda užtikrinti, kad kuo ilgiau būtų išlaikyta produktų ir medžiagų vertė. Kaip teigia L. B. Pratavera ir kt. (2024), įmonės turi sukurti patogias ir efektyvias sistemas, kurios leistų surinkti jau panaudotas pakuotes, produkcijos broką ar susidėvėjusią įrangą tam, kad jas būtų galima perdirbti, atnaujinti arba saugiai utilizuoti. Toks požiūris padeda ne tik taupyti žaliavas bei medžiagas, bet ir sumažina išlaidas atliekų tvarkymui. Pažymėtina, kad toks požiūris tai pat didina vartotojų lojalumą, nes jie vis labiau vertina atsakingą verslo požiūrį išteklių valdymo atžvilgiu. Šiame kontekste, anot D. Wang ir kt. (2024), pagrindinis sėkmės veiksnys yra ir žalioji infrastruktūra bei transporto sprendimai. Tokį transporto vaidmenį lemia tai, kad būtent transportas logistikoje yra pagrindinis taršos šaltinis. Todėl siekiant užtikrinti žaliosios logistikos principų įgyvendinimą, reikalingos investicijos į įmonės transporto priemonių parko atnaujinimą naudojant elektra, vandeniliu ar biokuru varomas transporto priemones. Reikalinga plėtoti sandėlius, kurie patys pasigamina energiją (pavyzdžiui, naudojant saulės elektrines), ūkį. Perdirbamų ar daugkartinio naudojimo pakuočių pasirinkimas yra dar vienas paprastas, bet veiksmingas būdas, mažinantis bendrą logistikos grandinės ekologinį pėdsaką.

Nė viena organizacija negali būti tvari, jeigu ji veikia izoliuotai. Todėl yra būtinas glaudus bendradarbiavimas visoje tiekimo grandinėje. Pasak O. Nikseresht ir kt. (2024), sėkmę užtikrina partnerių, kurie taip pat vadovaujasi tvarumo principais, pasirinkimas ir nuolatinis dalijimasis gerąja patirtimi. Veikdamos kartu, įmonės gali geriau užpildyti transporto priemones ir skaidriai keistis informacija, kas padeda identifikuoti silpnynes ir bendrai ieškoti inovatyvių sprendimų. Kaip teigia F. Rasool ir kt. (2023), tvarios logistikos pagrindas yra žmonės, jų suvokimas ir motyvacija prisidėti prie teigiamų pokyčių. Įmonės privalo investuoti į pastovų žmogiškųjų išteklių tobulinimą, kuris apima ekologiško požiūrio į veiklą principus, atliekų rūšiavimą bei saugias darbo praktikas. Įmonė turi užtikrinti saugią ir teisingą darbo aplinką, gerbti darbuotojų teises ir skatinti jų kūrybiškumą siūlant naujas idėjas. Kai darbuotojai mato, kad jų darbas prisideda prie geresnės ateities kūrimo, jie tampa labiau įsitraukę, o tai daro tiesioginę teigiamą poveikį visam veiklos efektyvumui.

Veiksniai, lemiantys sėkmingą tvarios logistikos įgyvendinimą įmonėse, pateikti 1 paveiksle.



Šaltinis: sudaryta pagal Rasool et al. (2023)
 Source: according to Rasool et al. (2023)

1 pav. Veiksniai, lemiantys sėkmingą tvarios logistikos įgyvendinimą įmonėse
Fig. 1. Factors determining the successful implementation of sustainable logistics in companies

Schema vaizduoja tvarios logistikos įgyvendinimą kaip hierarchinę sistemą, kurioje sėkmę užtikrina nuoseklus judėjimas lygmenimis. Viskas prasideda nuo tvirtos vadovybės vertybinio pagrindo, kuris įgalina technologijų diegimą ir darbuotojų ugdymą, taip sukuriant palankią aplinką diegti žiedinės ekonomikos procesus ir žaliąją infrastruktūrą. Vidinės įmonės pastangos derinamos su bendradarbiavimu visoje tiekimo grandinėje. Tai leidžia sukurti vieningą ir efektyvią sistemą, kuri padeda tausoti gamtą ir išlaikyti verslo konkurencingumą.

Apibendrinant galima teigti, kad tvarios logistikos įgyvendinimas yra ilgalaikis procesas, kuris reikalauja kompleksinio požiūrio. Tokio proceso sėkmę užtikrina ne vienas konkretus veiksnys, o veiksmų visuma. Nuo pagrįstos vadovybės vizijos ir technologinių inovacijų iki atsakingo atliekų tvarkymo bei nuoširdaus rūpesčio savo darbuotojais bei partneriais. Įmonės, kurios šiuos veiksmus sujungia į vieningą sistemą, ne tik tausoja gamtą, bet ir tampa efektyvesnės, taupesnės ir patrauklesnės šiuolaikiniam, sąmoningam vartotojui. Taip užtikrinama įmonės ilgalaikė sėkmė ir veiklos tęstinumas.

Produktų grąžinimo į ekonominį ciklą modeliai

Siekiant užtikrinti ilgalaikį tvarumą tiekimo grandinėse ir efektyviai mažinti neigiamą poveikį aplinkai, esminę strateginę reikšmę įgyja įvairūs produktų grąžinimo į ekonominį ciklą modeliai. Šios kompleksinės strategijos apima įvairias priemones, pradedant bendrojo produktų vertės atgavimo ir tiesioginio pakartotinio naudojimo iki gamybinio atnaujinimo bei medžiagų perdirbimo.

Y. Li ir kt. (2023) produktų panaudojimą apibrėžia kaip procesą, kuris apima panaudotų medžiagų ar pagamintų produktų surinkimą bei jų organizuotą grąžinimą į sistemą. Pagrindinis šio proceso tikslas yra nukreipti srautus tiesioginiam pakartotiniam naudojimui be esminių pakeitimų, arba atlikti tolimesnį perdirbimą, siekiant šiuos išteklius vėl sėkmingai įtraukti į gamybos vertės grandinę. Reikia pažymėti, kad toks veiklos modelis yra labai svarbus ir veiksmingas tuose pramonės sektoriuose, kuriuose egzistuoja technologinės galimybės pratęsti gaminio gyvavimo ciklą. Tai dažniausiai įgyvendinama naudojant pastovią techninę priežiūrą, remontą arba technologinius atnaujinimus, kurie ženkliai ilgiau leidžia išlaikyti produkto funkcionalumą ir vertę.

Be minėtų strategijų, reikšmingą vaidmenį atlieka tiesioginis pakartotinis naudojimas, nes šis procesas leidžia produktams arba atskiroms jų dalims sugrįžti į aktyvią rinką be sudėtingų gamybinių operacijų ar esminių struktūrinių pertvarkymų. Remiantis N. Y. G. Lai ir kt. (2022), toks požiūris yra labai naudingas ekologine prasme, nes leidžia reikšmingai minimizuoti pirminių gamtinių išteklių poreikį ir ženkliai sumažinti energijos sąnaudas.

Tuo tarpu kitas svarbus modelis, gamybinis atnaujinimas, išsiskiria savo gebėjimu užtikrinti aukščiausią gaminių kokybę ir pilną techninį funkcionalumą. Šio proceso metu produktai atstatomi ir restauruojami tam, kad jų parametrai atitiktų standartus, kurie yra tokie pat ar artimi originaliai, naujai produkcijai. Medžiagų perdirbimas atlieka pakeičia fiziškai ar morališkai pasenusius gaminius į antrines žaliavas ar naujas medžiagas. Tai atitinka strateginius žiedinės ekonomikos tikslus, orientuotus į atliekų pašalinimą ir išteklių cikliškumą (Mbago et al., 2025).

Reversinės logistikos kontekste sprendimų priėmimo modelių parinkimas ir diegimas yra kompleksinis procesas, reikalaujantis išsamios analizės. Tik kruopšti analizė gali užtikrinti, kad planuojamos operacijos bus ne tik ekologiškai tvarios, bet ir ekonomiškai naudingos bei naudingos ilgą laiką. I. Castañeda-Rodríguez ir kt. (2025) pabrėžia modelių, kurie leidžia vienu metu derinti kelis skirtingus tikslus, svarbą. Šie analitiniai instrumentai yra labai svarbūs įmonėms,

kurios siekia rasti optimalią pusiausvyrą tarp tarpusavyje konkuruojančių tikslų: operacinių kaštų minimizavimo, generuojamų atliekų srautų mažinimo bei finansinės grąžos maksimizavimo.

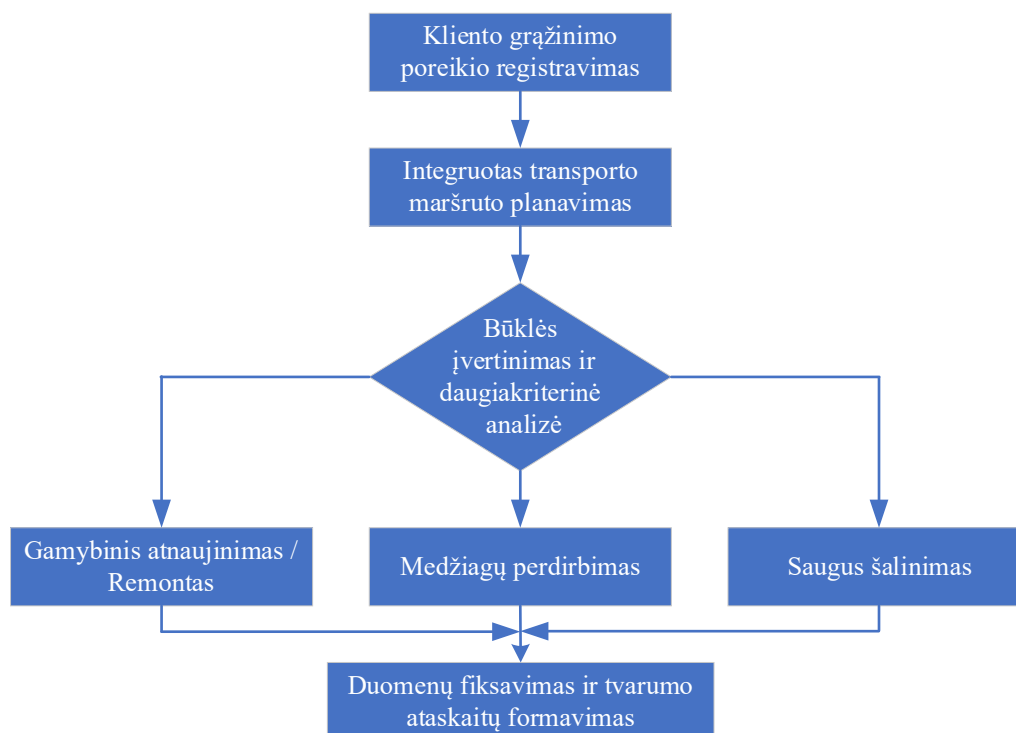
Tačiau sprendimų priėmimo strategijų formavimas tampa dar didesniu iššūkiu, kai į vertinimo procesą įtraukiami dinamiški išoriniai veiksniai. Y. Saglam (2023) pabrėžia, kad tokie kintamieji kaip griežtėjantis aplinkosauginis reglamentavimas ar specifinė valstybės mokesstinė politika daro tiesioginį ir reikšmingą poveikį reversinės logistikos operacijų kaštų struktūrai ir bendram procesų efektyvumui. Tokiomis didelio neapibrėžtumo sąlygomis labai patikimais vadybiniais įrankiais tampa modeliai, grindžiami daugiakriteriniu vertinimu. Jų taikymas yra būtinas globaliose tiekimo grandinėse, kuriose veikiančios reversinės logistikos sistemos privalo lanksčiai prisitaikyti prie skirtingų nacionalinių teisinių normų bei specifinių, regionams būdingų tvarumo reikalavimų.

Tokio daugiakriterinio valdymo ir sprendimų priėmimo procesą reversinėje logistikoje pavaizduoja įmonės lygmens vadybinė schema (žr. 2 pav.). Ši schema parodo perėjimą nuo reaktyvios fizinės logistikos prie proaktyvaus, informaciniais srautais grįsto valdymo (Saglam, 2023).

Remiantis pateiktu modeliu, procesas prasideda ne nuo fizinio prekių judėjimo, bet nuo informacijos registravimo, kas leidžia įmonei efektyviai planuoti transporto maršrutus ir išvengti „tuščių ridų“. Esminis vadybinis sprendimo taškas yra grąžinamų produktų būklės įvertinimas, kurio metu srautai nukreipiami į atitinkamas vertės atkūrimo (remonto, perdirbimo) ar šalinimo grandis. Visas ciklas užbaigiamas duomenų fiksavimu ir tvarumo ataskaitų formavimu. Tai užtikrina grįžtamąjį ryšį ir sistemos skaidrumą, kuris, pasak F. Rasool ir kt. (2023), yra būtinas norint maksimaliai išsaugoti ir atkurti nebenaudojamų gaminių vertę.

Efektyvus ir sistemingas produktų grąžinimo į ekonominę apyvartą strategijų taikymas sukuria prielaidas ne tik reikšmingai optimizuoti logistinius procesus, bet ir minimizuoti jų kuriamą neigiamą poveikį tiek gamtinei aplinkai, tiek bendrajai ekonominei sistemai. Mokslinėje literatūroje, pavyzdžiui, F. Rasool ir kt. (2023) pabrėžia, kad šios praktikos yra būtinos siekiant maksimaliai išsaugoti bei atkurti nebenaudojamų gaminių vertę, kartu mažinant atliekų, patenkančių į sąvartynus, srautus.

Tiesiogiai integruojant gamybinio atnaujinimo ir antrinio medžiagų perdirbimo procesus į globalias tiekimo grandines, verslo subjektai gauna dvigubą naudą. Visų pirma, jie veiksmingai sušvelnina savo veiklos ekologinį pėdsaką. Be to, tai yra naudingas strateginis instrumentas, kuris didina organizacinį atsparumą ir mažina priklausomybę nuo vis labiau brangstančių iškastinių žaliavų rinkų. Tokia vadybinė orientacija organizacijas įgalina efektyviai suderinti strateginius tvarumo tikslus su pozicijų rinkoje stiprinimu. Kaip nurodo T. O. Adesoga ir kt. (2024), tai pasiekama naudojant inovatyvų uždaro ciklo vertės šaltinių nustatymą ir panaudojimą, kas tiesiogiai didina įmonės konkurencingumą. Be to, minėtos reintegracijos strategijos yra svarbios užtikrinant atitiktį vis griežtėjantiems tarptautiniams aplinkosaugos reglamentams ir standartams. Be to, jos verslui leidžia tinkamai reaguoti į kintančią vartotojų elgseną, kuriai vis didesnę įtaką daro augantis visuomenės sąmoningumas dėl produktų gyvavimo ciklo poveikio ekosistemai.



Šaltinis: sudaryta Saglam (2023)
Source: according to Saglam (2023)

2 pav. Daugiakriterinio sprendimų priėmimo ir informacijos srautų valdymo modelis reversinėje logistikoje
Fig. 2. A model for multi-criteria decision-making and information flow management in reverse logistics

Siekiant objektyviai ir visapusiškai įvertinti reversinės logistikos operacijų efektyvumą, svarbu į vadybos procesus įtraukti ir specifinius tvarumo rodiklius. Tik nuosekli šių rodiklių stebėsena verslo subjektams suteikia galimybę vykdyti daugiakriterinę analizę ir nustatyti tikrąjį savo taikomų praktikų poveikį tiek ekologinei sistemai, tiek ekonominiams veiklos rezultatams.

Remiantis E. M. Guggeri ir kt. (2023) suformuluotomis metodologinėmis gairėmis, tokia vertinimo sistema privalo būti kompleksiška ir apimti pagrindinius išteklių naudojimo efektyvumo parametrus. Tai reiškia, kad būtina matuoti ne tik tokius fizikinius dydžius kaip suvartojamos energijos ar vandens kiekiai, bet ir tiksliai skaičiuoti ir vertinti anglies dioksido (CO₂) emisijų mažinimo rodiklius visoje logistikos grandinėje.

Toks tvarumo rodiklių diegimas tampa galingu strateginiu instrumentu toms įmonėms, kurios siekia ne deklaratyviai, o kiekybiškai pagrįsti savo indėlį į aplinkosaugą ir efektyviai komunikuoti šiuos pasiekimus išorinei auditorijai. Plėtodami šią perspektyvą, M. Mbago ir kt. (2025) nurodo, kad tvarumo rodiklių įtraukimas į oficialias veiklos ataskaitas tiesiogiai susijęs su organizacijos konkurencinio pranašumo didėjimu. Skaidrus duomenų pateikimas padeda formuoti socialiai atsakingo prekės ženklo įvaizdį ir stiprinti įmonės įvaizdį vartotojų ir partnerių akyse.

Apibendrinant galima teigti, kad tvartos reversinės logistikos rezultatų vertinimas nebegali apsiriboti vien tradiciniais finansiniais ar techniniais parametrais. Šiuolaikiniame kontekste jis neišvengiamai apima ir etinius bei aplinkosauginius išpareigojimus, kurie yra fundamentalus pagrindas kuriant atsparias, adaptyvias ir į ateities iššūkius orientuotas tiekimo grandines.

Išvados

1. Atskleista, kad šiuolaikiniame žiedinės ekonomikos kontekste reversinė logistika iš nuostolingos veiklos transformavosi į strateginį vertės kūrimo įrankį, kuris įgalina formuoti uždarojo ciklo tiekimo grandines, kurios remiasi sistemine ekonominės, ekologinės ir socialinės dimensijų („trigubos vertės“) darna.

2. Tvirtos logistikos sėkmę lemia ne atskirų technologijų diegimas, o nuosekli hierarchinė struktūra, prasidedanti nuo strateginio vadovybės išpareigojimo ir skaitmenizacijos procesų, kurie sukuria pamatą žaliosios infrastruktūros plėtrai bei skatina proaktyvų, vertybėmis grįstą bendradarbiavimą tiek su tiekimo grandinės partneriais, tiek su pačiais darbuotojais.

3. Parengtas visapusiškas teorinis reversinės logistikos modelis. Šis daugiakriterinio vertinimo modelis įrodo, kad kompleksinis grįžtamųjų srautų valdymas privalo pereiti nuo reaktyvaus fizinio krovinių judėjimo prie proaktyvaus informacinių srautų ir tvarumo rodiklių valdymo, kas suteikia įmonėms lankstumo prisitaikyti prie dinamiškų išorinių veiksnių bei užtikrina ilgalaikį atsparumą ir konkurencinį pranašumą rinkoje.

Literatūra

1. Adesoga, T. O., Olaiya, O. P., Onuma, E. P., Ajayi, O. O., & Olagunju, O. D. (2024). Review of reverse logistics practices and their impact on supply chain sustainability. *International Journal of Scientific Research and Advances*, 12(2), 45-55. <https://doi.org/10.30574/ijrsra.2024.12.2.1216>
2. Awan, U., & Sroufe, R. (2022). Sustainability in the circular economy: insights and dynamics of designing circular business models. *Applied Sciences*, 12(3), 1521. <https://doi.org/10.3390/app12031521>
3. Burdon, J. J., & Jiasui, Z. H. A. N. (2021). Triple bottom-line consideration of sustainable plant disease management: From economic, sociological and ecological perspectives. *Journal of Integrative Agriculture*, 20(10), 2581-2591. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(21\)63627-4](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(21)63627-4)
4. Castañeda-Rodríguez, I., & Pérez, A. T. E. (2025). Multi-objective model for end-of-life tires reverse logistics: Enhancing sustainability through a techno-political framework. *Expert Systems with Applications*, 291, 128203. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2025.128203>
5. Gharibi, K., & Abdollahzadeh, S. (2025). A mixed-integer linear programming approach for circular economy-led closed-loop supply chains in green reverse logistics network design under uncertainty. *Journal of enterprise information management*, 38(1), 1-31. <https://doi.org/10.1108/JEIM-11-2020-0472>
6. Guggeri, E. M., Ham, C., Silveyra, P., Rossit, D. A., & Piñeyro, P. (2023). Goal programming and multi-criteria methods in remanufacturing and reverse logistics: Systematic literature review and survey. *Computers & Industrial Engineering*, 185, 109587. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2023.109587>
7. Jayarathna, C. P., Agdas, D., & Dawes, L. (2023). Exploring sustainable logistics practices toward a circular economy: A value creation perspective. *Business Strategy and the environment*, 32(1), 704-720. <https://doi.org/10.1002/bse.3170>
8. Jum'a, L., Zimon, D., Ikram, M., & Madzik, P. (2022). Towards a sustainability paradigm; the nexus between lean green practices, sustainability-oriented innovation and Triple Bottom Line. *International Journal of Production Economics*, 245, 108393. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108393>
9. Lai, N. Y. G., Kuah, A. T., Kim, C. H., & Wong, K. H. (2022). Toward sustainable express deliveries for online shopping: Reusing packaging materials through reverse logistics. *Thunderbird International Business Review*, 64(4), 351-362. <https://doi.org/10.1002/tie.22259>
10. Li, Y., Kannan, D., Jha, P. C., Garg, K., Darbari, J., & Agarwal, N. (2023). Design of a multi echelon product recovery embeded reverse logistics network for multi products and multi periods. *Annals of Operations Research*, 323(1), 131-152. <https://doi.org/10.1007/s10479-018-2776-4>

11. Lozano-Oviedo, J., Cortés, C. E., & Rey, P. A. (2024). Sustainable closed-loop supply chains and their optimization models: a review of the literature. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 26(4), 999-1023. <https://doi.org/10.1007/s10098-023-02730-w>
12. Mbago, M., Ntayi, J. M., Mkansi, M., Namagembe, S., Tukamuhabwa, B. R., & Mwelu, N. (2025). Implementing reverse logistics practices in the supply chain: a case study analysis of recycling firms. *Modern Supply Chain Research and Applications*, 7(2), 200-227. <https://doi.org/10.1108/MS CRA-01-2025-0003>
13. Mbago, M., Ntayi, J. M., Mkansi, M., Namagembe, S., Tukamuhabwa, B. R., & Mwelu, N. (2025). Implementing reverse logistics practices in the supply chain: a case study analysis of recycling firms. *Modern Supply Chain Research and Applications*, 7(2), 200-227. <https://doi.org/10.1108/MS CRA-01-2025-0003>
14. Mishra, A., Dutta, P., Jayasankar, S., Jain, P., & Mathiyazhagan, K. (2023). A review of reverse logistics and closed-loop supply chains in the perspective of circular economy. *Benchmarking: an international journal*, 30(3), 975-1020. <https://doi.org/10.1108/BIJ-11-2021-0669>
15. Nikseresht, A., Golmohammadi, D., & Zandieh, M. (2024). Sustainable green logistics and remanufacturing: a bibliometric analysis and future research directions. *The International Journal of Logistics Management*, 35(3), 755-803. <https://doi.org/10.1108/IJLM-03-2023-0085>
16. Nogueira, E., Gomes, S., & Lopes, J. M. (2022). The key to sustainable economic development: A triple bottom line approach. *Resources*, 11(5), 46. <https://doi.org/10.3390/resources11050046>
17. Nogueira, E., Gomes, S., & Lopes, J. M. (2024). Financial Sustainability: Exploring the Influence of the Triple Bottom Line Economic Dimension on Firm Performance. *Sustainability*, 16(15). <https://doi.org/10.3390/su16156458>
18. Prataviera, L. B., Creazza, A., & Perotti, S. (2024). A call to action: a stakeholder analysis of green logistics practices. *The international journal of logistics management*, 35(3), 979-1008. <https://doi.org/10.1108/IJLM-09-2022-0381>
19. Rasool, F., Greco, M., Morales-Alonso, G., & Carrasco-Gallego, R. (2023). What is next? The effect of reverse logistics adoption on digitalization and inter-organizational collaboration. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 53(5/6), 563-588. <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-06-2022-0173>
20. Saglam, Y. (2023). Does green intellectual capital matter for reverse logistics competency? The role of regulatory measures. *Journal of Intellectual Capital*, 24(5), 1227-1247. <https://doi.org/10.1108/JIC-07-2022-0147>
21. Salas-Navarro, K., Castro-García, L., Assan-Barrios, K., Vergara-Bujato, K., & Zamora-Musa, R. (2024). Reverse logistics and sustainability: A bibliometric analysis. *Sustainability*, 16(13), 5279. <https://doi.org/10.3390/su16135279>
22. Sun, X., Yu, H., & Solvang, W. D. (2022). Towards the smart and sustainable transformation of Reverse Logistics 4.0: a conceptualization and research agenda. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(46), 69275-69293. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-22473-3>
23. Trstenjak, M., Opetuk, T., Đukić, G., & Cajner, H. (2022). Logistics 5.0 implementation model based on decision support systems. *Sustainability*, 14(11), 6514. <https://doi.org/10.3390/su14116514>
24. Wang, D., Liu, W., & Liang, Y. (2024). Green innovation in logistics service supply chain: the impacts of relationship strength and overconfidence. *Annals of Operations Research*, 343(3), 949-979. <https://doi.org/10.1007/s10479-022-04621-7>
25. Wilson, M., Paschen, J., & Pitt, L. (2022). The circular economy meets artificial intelligence (AI): Understanding the opportunities of AI for reverse logistics. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 33(1), 9-25. <https://doi.org/10.1108/MEQ-10-2020-0222>

THEORETICAL MODEL OF REVERSE LOGISTICS USING SUSTAINABILITY PRINCIPLES

Abstract

In the conditions of the modern global economy, with the depletion of natural resources and the tightening of legal environmental regulations, the traditional linear production model is becoming unsustainable, therefore, there is a strategic need to introduce the principles of circular economy and reverse logistics into the supply chains of companies. The aim of this article is to develop a theoretical model of reverse logistics based on sustainability principles, which would enable companies to effectively manage return flows.

The study employs the following methods: analysis of scientific literature, synthesis, logical structuring, and generalization. The results indicate that effective reverse logistics is grounded in the “triple bottom line” concept, which aligns economic, environmental, and social objectives. It was found that the successful implementation of sustainability principles is determined by a systemic hierarchy of factors, ranging from strong top management commitment and the adoption of digital technologies to the development of green infrastructure and the proactive involvement of partners and employees.

Based on these findings, a multi-criteria decision-making and information flow management model was developed, reflecting the necessary transition from reactive physical logistics to proactive, data-driven process management. Such an integrated theoretical model enables organizations not only to significantly reduce their environmental footprint but also to develop flexible and resilient value chains that ensure long-term competitive advantage in a dynamic global market.

Keywords: Reverse logistics, sustainability, circular economy, closed-loop supply chain, sustainable logistics.