

TVARIOS LOGISTIKOS PLĖTRA IR INOVACIJOS DARNAUS VYSTYMO SI KONTEKSTE

Rima TABOLA, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Bioekonomikos plėtros fakultetas, el. paštas: rima.tabola@stud.vdu.lt

Santrauka

Šiame straipsnyje analizuojamos inovacijos ir sprendimai, skirti logistikos sektoriaus tvarumo užtikrinimui bei jų sąsajos su darnaus vystymosi principais. Logistikos sektorius yra vienas iš didžiausių aplinkos taršos šaltinių, todėl įmonės vis aktyviau ieško būdų, kaip sumažinti savo ekologinį pėdsaką. Tyrime nagrinėjami tvarumo iššūkiai ir jų sprendimo būdai, taikomi tokių tarptautinių kompanijų kaip „Amazon“, „UPS“, „DHL“, „Tesla“ ir „Maersk“ veikloje. Remiantis mokslinės literatūros analize ir logistikos įmonių atvejų tyrimais, aptariami elektromobilių, alternatyvių degalų, intermodalinio transporto bei išmaniųjų tiekimo grandinės valdymo technologijų pritaikymo privalumai. Tyrimo rezultatai rodo, kad šie sprendimai ne tik mažina neigiamą poveikį aplinkai, bet ir didina įmonių veiklos našumą bei konkurencingumą. Skirtingų įmonių pavyzdžiai rodo, kad tvarios logistikos strategijų taikymas leidžia optimizuoti tiekimo grandines, sumažinti kuro sąnaudas ir prisitaikyti prie vis griežtėjančių reguliavimo reikalavimų. Visi analizuoti sprendimai tiesiogiai prisideda prie Jungtinių Tautų darnaus vystymosi tikslų (angl. Sustainable Development Goals (SDG)) įgyvendinimo. Ypatingai svarbu, kad logistikos sektorius aktyviai prisidėtų prie SDG tikslų įgyvendinimo, nes būtent transporto sritis daro reikšmingą poveikį tiek aplinkai, tiek visai ekonomikai. Darnumo principų integravimas į logistikos veiklą tampa ne tik strateginiu verslo sprendimu, bet ir būtinybe siekiant ilgalaikio augimo bei atitikties griežtėjantiems aplinkosauginiams reikalavimams.

Reikšminiai žodžiai: tvari logistika, darnaus vystymosi tikslai, elektromobiliai, intermodalinis transportas, tiekimo grandinės valdymas, CO₂ emisijų mažinimas, skaitmeniniai logistikos sprendimai, logistikos inovacijos.

Įvadas

Logistikos sektorius atlieka esminį vaidmenį užtikrinant sklandų ir optimalų prekių bei paslaugų judėjimą, tačiau tuo pačiu metu jis daro didelį poveikį aplinkai. Pastaraisiais dešimtmečiais augantis globalizacijos tempas ir didėjantis prekių transportavimo mastas prisidėjo prie anglies dvideginio emisijos augimo, triukšmo taršos bei gamtos išteklių eikvojimo (Nagy, Szentesi, 2024). Vis didėjantis klimato kaitos poveikis, iškastinio kuro išteklių mažėjimas ir visuomenės bei reguliacinių institucijų spaudimas įmones verčia persvarstyti savo veiklos modelius. Atsižvelgiant į šias problemas, tapo akivaizdu, kad būtinos tarptautinės iniciatyvos, siekiančios suderinti ekonomikos augimą su aplinkos apsauga bei socialine atsakomybe. Jungtinių Tautų Darnaus vystymosi tikslai (SDG) buvo suformuluoti kaip atsakas į ilgalaikes globalias problemas, įskaitant klimato kaitą, taršą, biologinės įvairovės nykimą ir ekonomikos sistemos tvarumo stoką. Šiais tikslais siekiama užtikrinti, kad ekonominė plėtra būtų vykdoma atsakingai, atsižvelgiant į aplinkosauginius, socialinius ir ekonominius aspektus. Logistikos sektorius yra vienas iš pagrindinių taršos šaltinių, todėl įmonės, nesilaikančios SDG principų, gali susidurti su rimtais iššūkiais – nuo didėjančių CO₂ emisijų mokesčių iki investuotojų ir klientų nepasitikėjimo bei rinkos praradimo. Vis daugiau tarptautinių bendrovių ir finansų institucijų remia tik tas įmones, kurios demonstruoja aiškius tvarumo įsipareigojimus. Tai reiškia, kad logistikos įmonės, kurios ignoruos tvarumo reikalavimus, gali prarasti konkurencingumą, susidurti su veiklos apribojimais ir reputacijos problemomis. Tvarumo užtikrinimas logistikoje yra ne tik aplinkosauginis klausimas, bet ir konkurencinis pranašumas bei ilgalaikės verslo strategijos dalis (Blanco, Sheffi, 2024). SDG tikslų ignoravimas taip pat gali turėti sunkesnių pasekmių – jeigu verslo sektorius neprisidės prie jų įgyvendinimo, globali klimato krizė dar labiau gilės, o tai įtakos didesnius ekstremalius oro sąlygų pokyčius, tiekimo grandinių sutrikimus ir, žinoma, didėjančius veiklos kaštus. Siekiant išvengti šių neigiamų scenarijų, logistikos įmonės vis dažniau ieško inovatyvių sprendimų, leidžiančių suderinti verslo našumą ir tvarumo principus (Seghezzi et al., 2023). Naujos technologijos, alternatyvūs energijos šaltiniai ir pažangios valdymo sistemos tampa pagrindinėmis priemonėmis mažinant ekologinį pėdsaką ir kuriant darnų vystymąsi skatinančią tiekimo grandinę (Park et al., 2024). Dėl šios priežasties logistikos sektorius privalo integruoti darnaus vystymosi principus į kasdienę veiklą, siekiant užtikrinti ne tik verslo tvarumą, bet ir atsakomybę prieš ateities kartas.

Tyrimo tikslas – išanalizuoti tvarios logistikos inovacijas ir sprendimus, kurie prisideda prie darnaus vystymosi tikslų įgyvendinimo logistikos sektoriuje, remiantis mokslinių tyrimų įžvalgomis ir tarptautinių kompanijų patirtimi.

Išsikeltam tikslui pasiekti sprendžiami šie uždaviniai:

1. Išanalizuoti pagrindinius logistikos sektoriaus tvarumo iššūkius.
2. Identifikuoti pažangius sprendimus ir technologines naujoves, leidžiančias mažinti logistikos veiklos poveikį aplinkai.
3. Įvertinti tarptautinių logistikos įmonių gerąsias praktikas, susijusias su darnaus vystymosi tikslais ir jų poveikį logistikos sektoriui.
4. Apibendrinti darnaus vystymosi integravimo reikšmę logistikos sektoriuje ir jų poveikį ilgalaikiam verslo stabilumui bei konkurencingumui.

Tyrimų objektas ir metodai

Tyrimų objektas – tvarumo sprendimų taikymas logistikos sektoriuje, siekiant mažinti aplinkos poveikį ir didinti veiklos našumą.

Tyrimo metodas – mokslinės literatūros analizė bei palyginimo ir apibendrinimo metodai.

Mokslinės literatūros paieška vykdyta „Google Scholar“, „Scopus“ ir „Elsevier“ duomenų bazėse. Paieška vykdyta naudojant angliškus raktinių žodžių junginius: *sustainable logistics*, *SDG goals in logistics*, *innovative logistics solutions*, *green transportation*, *carbon footprint reduction in supply chains*, *alternative fuels in supply chains*, *digital logistics solutions*, *logistics innovations*.

Analizei naudoti straipsniai, išleisti 2014–2024 m.. Atliekant analizę buvo panaudota 16 šaltinių. Analizės rezultatai grindžiami nagrinėtų šaltinių turiniu.

Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

Tvारी logistika susiduria su keliomis pagrindinėmis problemomis: dideliu iškastinio kuro naudojimu, transporto priemonių sukelta tarša, per dideliu išteklių vartojimu ir atliekų susidarymu (Kardelis, 2017). Visame pasaulyje didžioji dalis krovinių gabenama keliais, kasmet išmeta 2,2 mlrd. tonų anglies dvideginio – CO₂ (Matinha et al., 2023). Siekiant kovoti su šiomis problemomis, ES institucijos ir ES šalių narių vyriausybės organizacijos priėmė reguliacinius logistikos veiklos tobulinimo sprendimus, kurie paskatino tvarios logistikos atsiradimą – paradigmos pokytį, kuris apima tvarios praktikos derinimą siuntų gabenimo veikloje, kad būtų išvengta aplinkos blogėjimo ir būtų išlaikomas pelningumas gabenant siuntas ne tik vietinėje, bet ir tarptautinėje rinkoje (Mohsin et al., 2022). Didėjantis informuotumas apie klimato kaitą ir pagrindinę jos priežastį – šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisiją – bei griežtėjantis reguliavimas ir įsipareigojimai spaudžia šalis (Matinha et al., 2023) ir kartu siuntų pervežimo įmonės ieškoti alternatyvų, kurios galėtų užtikrinti tvarų ekonomikos augimą (Mohsin et al., 2022). Šios priežastys kuria visuomeninį požiūrį į tvarią logistiką, kuri ne tik sprendžia aplinkosaugos problemas, bet ir tiesiogiai prisideda prie ilgalaikio ekonominio bei socialinio stabilumo. Darnaus vystymosi tikslų (SDG) svarba logistikos sektoriui yra itin didelė, nes šio sektoriaus transformacija gali tiesiogiai prisidėti prie darnaus vystymosi tikslų įgyvendinimo. Manoma, kad transporto sektoriaus pokyčiai tiesiogiai ir netiesiogiai gali turėti įtakos net 92 proc. visų SDG tikslų pasiekimui (UNOPS, 2018). Tai rodo, kad tvarios transporto sistemos ne tik mažina anglies dvideginio emisijas, bet ir prisideda prie platesnių ekonominių, socialinių ir aplinkosauginių tikslų, kurie yra ypatingai svarbūs šiuolaikinėje visuomenėje. Tačiau siekiant didesnio poveikio būtina vystyti ne tik technologines inovacijas, bet ir reguliacines bei ekonomines paskatas įmonėms pereiti prie tvaresnių sprendimų. ES transporto reguliavimo sugriežtinimas 2024–2028 m. laikotarpiu rodo aiškia kryptį, kad krovinių transporto sektorius privalės mažinti CO₂ išmetimą, skaitmenizuoti procesus ir didinti tvarių energijos šaltinių naudojimą, tai ne tik iššūkis, bet ir galimybė įmonėms investuoti į technologijas, kurios ateityje taps standartinėmis rinkoje. Be emisijų mažinimo, logistikos sektorius taip pat turi galimybę prisidėti prie atsakingo vartojimo skatinimo. Žiedinės ekonomikos principų taikymas tiekimo grandinėse leidžia mažinti atliekų kiekį, optimizuoti pakavimo sprendimus ir pereiti prie tvarių medžiagų naudojimo. Racionalus išteklių naudojimas ne tik padeda siekti aplinkosauginių tikslų, bet ir mažina veiklos kaštus, todėl žiedinės ekonomikos taikymas tampa svarbia tiekimo grandinės valdymo dalimi.

Kalbant apie sprendimus, kurie prisideda prie taršos mažinimo, vienas iš pagrindinių yra elektromobilių ir alternatyvių degalų naudojimas. Elektrinės ir vandeniliu varomos transporto priemonės tampa vis populiareesnės, nes jos ženkliai sumažina CO₂ emisiją (Arena, Catuogno, 2024). Be to, plečiama įkrovimo infrastruktūra padeda užtikrinti sklandų elektromobilių veikimą, o tai skatina platesnį jų pritaikymą logistikos sektoriuje (Andrej, 2024). Svarbu paminėti, kad perėjimas prie alternatyvių degalų reikalauja ne tik didelių investicijų į naują transporto parką, bet ir plačių infrastruktūros pokyčių, kurie būtų pritaikyti vandenilio bei elektros transporto priemonėms.

Kitas svarbus aspektas yra intermodalinis transportas, kuris apima geležinkelių ir vandens transporto integraciją su sunkvežimių logistika. Tai leidžia ženkliai sumažinti ekologinį pėdsaką, optimizuoti transportavimo kaštus ir padidinti veiklos našumą (Agamez-Arias, Moyano-Fuentes, 2017). Tyrimai rodo, kad intermodalinio transporto naudojimas gali sumažinti CO₂ emisijas iki 60 proc., palyginti su įprastu kelių transportu (Lindholm et al., 2018). Vis dėlto, šio modelio diegimas susiduria su infrastruktūriniais iššūkiais, nes reikalingi papildomi logistikos centrai, inovatyvūs transporto jungčių sprendimai ir vyriausybės investicijos į geležinkelių bei uostų plėtrą. Siekiant dar didesnio tvarumo, vis plačiau diegiamos išmaniosios tiekimo grandinės technologijos. Transporto valdymo sistemos (angl. Transportation management system, (TMS)) ir sandėlių valdymo sistemos (angl. Warehouse management system, (WMS)) padeda optimizuoti maršrutus, mažinti degalų sąnaudas, analizuoti duomenis realiuoju laiku ir gerinti bendrą logistikos veiksmingumą (Bansal, DesJardine, 2014). Šios inovacijos taip pat padeda įgyvendinti skaitmeninio politiką logistikoje, kuri yra viena iš pagrindinių ES strategijos kryptų mažinant transporto sektoriaus poveikį aplinkai. Pavyzdžiui, pažangios duomenų apdorojimo sistemos leidžia optimaliau planuoti transportavimo maršrutus, mažinti tuščių reisų skaičių ir optimizuoti krovinių paskirstymą tarp skirtingų transporto rūšių.

Visi šie sprendimai ne tik skatina ekologiškesnės ir tvaresnės logistikos plėtrą, bet ir yra svarbi SDG tikslų įgyvendinimo dalis. Kadangi transporto sektorius daro didelę įtaką globalioms aplinkosaugos problemoms, tvarumo strategijų taikymas leidžia užtikrinti ne tik mažesnes CO₂ emisijas, bet ir platesnį ekonominių bei socialinių tikslų siekimą. Šie aspektai detaliau pristatomi 1 lentelėje, kurioje pateikiamos tvarios logistikos priemonės ir jų sąsajos su darnaus vystymosi tikslais.

1 lentelė. Tvarios logistikos sąsajos su darnaus vystymosi tikslais (SDG)**Fig. 1. Sustainable Logistics Links to Sustainable Development Goals (SDG)**

SDG 7 Švari energija	Alternatyvūs energijos šaltiniai transporto sektoriuje
<i>SDG 7 Clean Energy</i>	<i>Alternative energy sources in the transport sector</i>
SDG 9 Inovacijos ir infrastruktūra	Išmaniųjų technologijų taikymas transporto grandinėse
<i>SDG 9 Innovation and Infrastructure</i>	<i>Application of smart technologies in transport chains</i>
SDG 11 Tvarūs miestai	Žaliųjų pristatymo sistemų integracija logistikoje
<i>SDG 11 Sustainable Cities</i>	<i>Integration of green delivery systems in logistics</i>
SDG 12 Atsakingas vartojimas ir gamyba	Žiedinės ekonomikos principų taikymas logistikos sektoriuje
<i>SDG 12 Responsible Consumption and Production</i>	<i>Application of circular economy principles in the logistics sector</i>
SDG 13 Klimato kaitos švelninimas	CO ₂ emisijų mažinimas transporto ir logistikos veiklose
<i>SDG 13 Climate Action</i>	<i>Reduction of CO₂ emissions in transport and logistics activities</i>

Šaltinis: sudaryta pagal T. Thilakshan ir J.M.S.J. Bandara (2019)

Source: compiled based on T. Thilakshan and J.M.S.J. Bandara (2019).

Tvari logistika tampa vis svarbesne pasaulinės transporto ir tiekimo grandinių sistemos dalimi. Daugelis tarptautinių kompanijų aktyviai investuoja į inovacijas, siekdamos mažinti savo ekologinį pėdsaką ir prisidėti prie klimato kaitos švelninimo, atsakingo vartojimo bei švarios energijos naudojimo. Pasauliniai logistikos lyderiai, tokie kaip „Amazon“, „UPS“, „DHL“, „Tesla“ ir „Maersk“, diegia tvarius sprendimus, kurie leidžia tobulinti veiklos procesus ir kartu mažinti aplinkos taršą. Vienas ryškiausių pavyzdžių – „Amazon“, kuri ne tik plečia savo elektromobilių parką, bet ir siekia iki 2030 m. tapti anglies dioksido neutralia bendrove. Tam ji 2020 m. užsakė 100 000 elektrinių sunkvežimių iš „Rivian“, kurie padės sumažinti teršalų emisijas paskutinės mylios pristatymuose. Be to, įmonė aktyviai investuoja į saulės ir vėjo energijos projektus, kad iki 2025 m. visa jos veikla būtų paremta atsinaujinančiais energijos šaltiniais. „Amazon“ daug dėmesio skiria logistikos sandėlių energijos vartojimo mažinimui, įrengdama energiją taupančias apšvietimo ir klimato kontrolės sistemas bei naudodama perdirbtas ir ekologiškas medžiagas sandėlių statybai. Taip pat kompanija diegia dirbtinio intelekto pagrindu veikiančias tiekimo grandinės optimizavimo sistemas, kurios padeda tiksliau prognozuoti paklausą ir sumažinti nereikalingą transportavimą, taip mažinant CO₂ emisijas. Šalia to, „Amazon“ diegia ir tvarią pakuočių sistemą per „Frustration-Free Packaging“ programą, kuri skatina naudoti perdirbamas ir lengvai atidaromas pakuotes, taip mažinant plastiko ir perteklinių medžiagų naudojimą. Nuo „Amazon“ neatsilieka ir kompanija „UPS“, kuri orientuojasi į transporto parko modernizavimą bei tiekimo grandinių optimizavimą, mažinant nereikalingų pervežimų skaičių. Bendrovė naudoja ORION (angl. On-Road Integrated Optimization and Navigation, ORION)) sistemą, kuri leidžia tiksliau planuoti maršrutus, sumažinti degalų sąnaudas ir kartu mažinti išmetamų teršalų kiekį. Remiantis bendrovės skaičiavimais, ši technologija kasmet leidžia sutaupyti milijonus litrų degalų ir sumažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijas. Be to, kompanija „UPS“ investuoja į alternatyvius degalus, tokius kaip suslėgtos gamtinės dujos (angl. Compressed natural gas, CNG)) ir atsinaujinančios gamtinės dujos (angl. Renewable natural gas, RNG)), o kartu plečia savo elektrinių bei hibridinių transporto priemonių parką. „UPS“ taip pat diegia modulinės logistikos koncepciją, kuria siekiama sumažinti sandėliavimo poreikį ir optimizuoti tiekimo grandines per mažesnius, strategiškai išdėstytus paskirstymo centrus, taip mažinant logistikos poveikį aplinkai. Neskaitant visų technologinių sprendimų „UPS“, siekdama neutralizuoti savo logistikos veiklos poveikį aplinkai, klientams siūlo anglies kompensavimo programas. Panašia kryptimi juda ir „DHL“, kuri įgyvendina „GoGreen“ programą, orientuotą į išmetamo anglies dioksido kiekio mažinimą. Ši strategija apima ne tik perėjimą prie atsinaujinančių energijos šaltinių, bet ir platesnį tvarių transporto priemonių diegimą, ypač miesto pristatymams, kur elektromobiliai padeda mažinti oro taršą ir triukšmą. „DHL“ aktyviai investuoja į vandeniliu varomus krovinius automobilius, kurie yra puiki alternatyva ilgų nuotolių logistikai, mažinant priklausomybę dyzelinui. Be transporto priemonių modernizavimo, „DHL“ daug dėmesio skiria skaitmeniniams sprendimams. Naudojant daiktų interneto (angl. Internet of Things, (IoT)) technologijas, įmonė gali realiu laiku stebėti transporto priemonių būklę, optimizuoti maršrutus ir sumažinti nereikalingus pervežimus. Įmonė taip pat siūlo „GoGreen Plus“ paslaugą, klientams leidžiančią pasirinkti CO₂ emisijas kompensuojančius transportavimo sprendimus. Tai verslams suteikia galimybę sumažinti jų tiekimo grandinės ekologinį poveikį, pasirenkant mažai taršius transporto būdus ir investuojant į tvarias iniciatyvas visame pasaulyje. „DHL“ kaip viena didžiausių tarptautinė logistikos kompanijų sistemingai plečia savo sandėlių ir logistikos centrų energijos taupymo strategijas, investuodama į saulės energijos sistemas, šilumos regeneravimo technologijas ir energiją taupančias apšvietimo sistemas. Tvarių transporto sprendimų srityje svarbų vaidmenį atlieka ir „Tesla“. Nors įmonė daugiausia žinoma kaip elektromobilių gamintoja, ji taip pat aktyviai prisideda prie logistikos sektoriaus transformacijos. Vienas iš svarbiausių „Tesla“ projektų – elektrinis sunkvežimis „Tesla Semi“, kuris išsiskiria ne tik ilgu nuvažiuojamu atstumu, bet ir mažesnėmis eksploatacinėmis sąnaudomis, palyginti su tradiciniais dyzeliniais sunkvežimiais. „Tesla Semi“ pasižymi iki 800 km nuvažiuojamu atstumu vienu įkrovimu, o naudojant „Megacharger“ greitojo įkrovimo sistemą, per 30 minučių galima įkrauti baterijas iki 70 proc. lygio. Be to, „Tesla“ vysto autonominio vairavimo technologijas, kurios gali ne tik padidinti transporto našumą, bet ir sumažinti energijos suvartojimą bei eismo įvykių skaičių. Autopiloto (angl. Full Self-Driving (FSD)) sistemų tobulinimas leidžia sumažinti kuro sąnaudas per greičio ir stabdymo valdymą ir tuo pačiu mažina avarijų skaičių, nes eliminuojamos žmogiškosios klaidos (Shee Weng, 2025). Tai ypač svarbu logistikos sektoriuje, kai dideli atstumai ir ilgos

darbo valandos daro įtaką vairuotojų nuovargiui bei nelaimingų atsitikimų skaičiui. Svarbu paminėti, kad siekdama sumažinti neigiamą poveikį aplinkai, „Tesla“ taip pat kuria ekologiškas baterijų perdirdimo technologijas. Įmonė vysto uždaro grandinės perdirdimo sistemą, kuri leidžia pakartotinai naudoti ličio jonų baterijų tam tikrus elementus, taip mažinant iškastinių žaliavų poreikį. Tai ne tik prisideda prie tvarumo, bet ir leidžia sumažinti ilgalaikes baterijų gamybos sąnaudas, o tai yra itin svarbu plečiant elektrinių sunkvežimių naudojimą logistikos grandinėse. Logistikos sektoriuje svarbų žingsnį daro ir „Maersk“, viena didžiausių pasaulio laivybos kompanijų, kuri iki 2040 m. siekia tapti anglies dioksido neutralia bendrove. Įmonė investuoja į inovatyvius laivų dizainus bei naujas technologijas, įskaitant biokuro naudojimą. 2022 m. „Maersk“ pristatė pirmąjį metanolio varomą konteinerinį laivą, kuris padeda sumažinti CO₂ emisijas iki 95 proc., palyginti su įprastais naftos degalais varomais laivais. Be alternatyvių degalų, „Maersk“ taip pat daug dėmesio skiria tiekimo grandinių skaitmeninimui. Kompanija diegia pažangius duomenų analizės įrankius, leidžiančius tiksliau prognozuoti krovinių srautus, optimizuoti maršrutus. Vienas svarbiausių projektų – skaitmeninė platforma „TradeLens“, sukurta kartu su „IBM“, kuri leidžia visoms logistikos grandinės dalims realiuoju laiku stebėti ir keisti duomenimis apie krovinių judėjimą (Maersk, 2022). Ši sistema mažina popierinių dokumentų poreikį, spartina muitinės procesus ir didina tiekimo grandinių skaidrumą. Be to, „Maersk“ investuoja į vandenilio kuro technologijas ir hibridinius laivų variklius, kurie gali naudoti tiek metanolį, tiek elektros energiją, priklausomai nuo kelionės sąlygų. Tokie sprendimai leidžia sumažinti taršą, ypač uostų teritorijose, kur oro kokybės gerinimas tampa vis svarbesniu prioritetu. Šių bendrovių patirtys rodo, kad tvari logistika tampa vis platesniu reiškiniu, apimančiu įvairias priemones – nuo elektromobilių diegimo ir atsinaujinančių energijos šaltinių naudojimo iki maršrutų optimizavimo ir tiekimo grandinių modernizavimo. Šie sprendimai ne tik mažina aplinkos taršą, bet ir prisideda prie transporto sektoriaus pertvarkos, siekiant tvaresnės ir technologiškai pažangesnės logistikos sistemos, kuri ateityje taps neatsiejama šios srities standarto dalimi.

Išvados

1. Logistikos sektorius susiduria su reikšmingais tvarumo iššūkiais dėl didelio iškastinio kuro naudojimo, oro taršos ir gamtos išteklių eikvojimo. Tyrimų rezultatai patvirtina, kad augant prekių transportavimo mastui, būtina plėtoti tvarius sprendimus, siekiant sumažinti aplinkosauginį poveikį ir užtikrinti ilgalaikį sektoriaus tvarumą.
2. Tvarūs ir inovatyvūs logistikos sprendimai įsitvirtina rinkoje kaip atsakas į aplinkosaugos problemas. Tyrimai rodo, kad ekologiškų transporto priemonių diegimas, alternatyvių degalų naudojimas bei išmaniosios tiekimo grandinės valdymo technologijos ženkliai prisideda prie emisijų mažinimo ir išteklių naudojimo efektyvumo didinimo.
3. Siekdamas mažinti savo veiklos poveikį aplinkai, tarptautinės logistikos įmonės investuoja į tvarius sprendimus. Analizė atskleidžia, kad tokios įmonės kaip „Amazon“, „UPS“, „DHL“, „Tesla“ ir „Maersk“ diegia anglies kompensavimo strategijas, maršrutų optimizavimo technologijas ir tvarias pakuotes, taip prisidedamos prie klimato kaitos švelninimo.
4. Darna vystymosi principai tampa neatsiejama logistikos sektoriaus strategijos dalimi. Tyrimų duomenys rodo, kad siekiant atitikti Jungtinių Tautų Darna vystymosi tikslus (SDG), įmonės diegia atsakingas verslo praktikas, mažina taršą ir optimizuoja išteklių naudojimą, suderindamos aplinkosauginius ir ekonominius tikslus globalioje rinkoje.

Literatūra

1. Agamez-Arias, A. D. M., & Moyano-Fuentes, J. (2017). Intermodal transport in freight distribution: a literature review. *Transport Reviews*, 37(6), 782-807.
2. Andrej, D. (2024). Sustainable goods transport–inland navigation. *Cognitive sustainability*, 3(1).
3. Arena, C., & Catuogno, S. (2024). *The European Roadmap to Sustainability Reporting: The EFRAG Environmental Standards*. In Climate Change and Corporate Reporting in Europe: Standard Setting and Disclosure Practices, Cambridge Scholars Publishing, p. 2–25).
4. Bansal, P., & DesJardine, M. R. (2014). Business sustainability: It is about time. *Strategic organization*, 12(1), 70-78.
5. Blanco, E. E., & Sheffi, Y. (2024). *Green logistics*. In Sustainable supply chains: a research-based textbook on operations and strategy, Cham: Springer International Publishing, p. 101–141).
6. Chen, W., Men, Y., Fuster, N., Osorio, C., & Juan, A. A. 2024. Artificial intelligence in logistics optimization with sustainable criteria: A review. *Sustainability*, 16(21), p. 9145.
7. Kardelis, K. (2017). Mokslinių tyrimų metodologija ir metodai. Šiauliai: Lucilijus.
8. Matinha, G. H. F., de Andrade, C. E. S., & de Campos, C. I. (2023). Collection and delivery points in the last mile of cargo transportation: Sustainability benefits and challenges. *Annals of Environmental Science and Toxicology*, 7(1), 061-065.
9. Mohsin, A. K. M., Tushar, H., Hossain, S. F. A., Chisty, K. K. S., Iqbal, M. M., Kamruzzaman, M., & Rahman, S. (2022). Green logistics and environment, economic growth in the context of the Belt and Road Initiative. *Heliyon*, 8(6).
10. UNOPS. Infrastructure Underpinning Sustainable Development. 2018. Prieiga per internetą: https://content.unops.org/publications/Infrastructure_underpinning_sustainable_development_EN.pdf.
11. Park, A., Rodgers, M., & Cho, S. (2024). Designing Efficient and Equitable Freight Services Markets for Sustainable Economic Performance. *American Business Review*, 27(1), 5.

12. Thilakshan, T., & Bandara, J. M. S. J. (2019). Identification of relevant sustainable transportation links to sustainable development goals (SDGs) in the national context. *Education*, 10(4).
13. Maersk. (2022). Maersk and IBM to discontinue TradeLens. Prieiga per internetą: <https://www.maersk.com/news/articles/2022/11/29/maersk-and-ibm-to-discontinue-tradelens>.
14. Shee Weng, L. 2025. Green Logistics: Innovations in Sustainable Transportation and Distribution. Available at SSRN 5144977.
15. Behrends, S., Lindholm, M., Lindholm, M., & Woxenius, J. (2018). The Impact of Urban Freight Transport: A Definition of Sustainability from an Actor's Perspective The Impact of Urban Freight Transport: A Definition of Sustainability from an Actor's Perspective. *Transp. Plan. Technol.*
16. Seghezzi, A., Mangiaracina, R., & Tumino, A. (2023). E-grocery logistics: exploring the gap between research and practice. *The International Journal of Logistics Management*, 34(6), 1675-1699.

INNOVATIONS AND SOLUTIONS IN BUSINESS LOGISTICS IN THE CONTEXT OF SUSTAINABILITY AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Abstract

This article analyzes innovations and solutions aimed at ensuring sustainability in the logistics sector and their links to sustainable development principles. The logistics sector is one of the largest sources of environmental pollution, prompting companies to actively seek ways to reduce their ecological footprint. The study examines sustainability challenges and their solutions applied by international companies such as Amazon, UPS, DHL, Tesla, and Maersk. Based on a review of scientific literature and case studies of logistics companies, the paper discusses the advantages of electric vehicles, alternative fuels, intermodal transport, and smart supply chain management technologies. The research findings indicate that these solutions not only reduce the negative environmental impact but also enhance companies' operational efficiency and competitiveness. Case studies of different companies demonstrate that applying sustainable logistics strategies helps optimize supply chains, reduce fuel consumption, and adapt to increasingly stringent regulatory requirements. All analyzed solutions directly contribute to the implementation of the United Nations Sustainable Development Goals (SDG). It is particularly important for the logistics sector to actively support the achievement of SDGs, as the transportation industry has a significant impact on both the environment and the global economy. Integrating sustainability principles into logistics operations is no longer just a strategic business decision but a necessity to ensure long-term growth and compliance with tightening environmental regulations.

Keywords: sustainable logistics, sustainable development goals, electric vehicles, intermodal transport, supply chain management, CO₂ emissions reduction, digital logistics solutions, logistics innovations.