

SANDĖLIO LOGISTIKOS OPERACIJŲ IR KURJERIŲ VEIKLOS SĄVEIKA TIEKIMO GRANDINĖJE

Rokas TAKAREVIČIUS, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Bioekonomikos plėtros fakultetas, el. paštas: rokas.takarevicius@vdu.lt

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

Santrauka

Tiekimo grandinėje didėjant elektroninės prekybos apimtims ir klientų lūkesčiams dėl greito ir patikimo pristatymo, ypatingą reikšmę įgauna sandėlio logistikos operacijų ir kurjerių veiklos tarpusavio sąveika. Mokslinėje literatūroje šios dvi tiekimo grandinės grandys dažnai analizuojamos atskirai, nepakankamai akcentuojant jų tarpusavio priklausomybę. Straipsnio tikslas yra išanalizuoti sandėlio logistikos operacijų ir kurjerių veiklos sąveiką tiekimo grandinėje ir išskirti svarbiausius veiksnius, lemiančius logistikos procesų efektyvumą. Atlikus mokslinės literatūros analizę, suprantama, kad sandėlio operacijos ir paskutinės mylios logistika sudaro vientisą, tarpusavyje priklausomą sistemą, kurioje sandėlio procesų tikslumas, greitis ir duomenų kokybė tiesiogiai lemia kurjerių veiklos efektyvumą. Nustatyta, kad tiekimo grandinės efektyvumą labiausiai lemia ne pavienių grandžių optimizavimas, bet jų koordinavimas, o didžiausias veiklos sutrikimų potencialas koncentruojasi sąveikos taškuose, tai yra informacijos srautuose, laiko sinchronizavime ir procesų integracijoje. Taip pat nustatyta, kad logistikos procesų efektyvumas priklauso nuo organizacinių, technologinių ir procesinių veiksnių sinergijos, kuri leidžia mažinti klaidas, trumpinti užsakymo įvykdymo laiką ir didinti klientų pasitenkinimą.

Reikšminiai žodžiai: sandėlio logistika, logistikos operacijos, kurjerių veikla, tiekimo grandinė, paskutinė mylia, logistikos procesų efektyvumas.

Išvadas

Temos naujumas ir aktualumas: šiuolaikinėje verslo aplinkoje logistika ir tiekimo grandinės valdymas vertinami kaip integruota tarpusavyje susijusių procesų sistema, kurianti konkurencinį pranašumą per greitį, patikimumą ir kaštų optimizavimą (Christopher, 2022). Temos aktualumą lemia sparčiai auganti elektroninė prekyba ir didėjantys klientų lūkesčiai dėl greito, patikimo ir lankstaus pristatymo, dėl ko ypatingą reikšmę įgauna paskutinės mylios logistika. Tačiau jos efektyvumas tiesiogiai priklauso nuo sandėlio logistikos operacijų tikslumo, greičio ir duomenų kokybės, nes bet kokie sandėlio procesų netikslumai lemia vėlavimus, klaidas ir didesnius kaštus pristatymo etape (Rushton et al., 2022).

Temos naujumas siejamas su tuo, kad mokslinėje literatūroje sandėlio operacijos ir kurjerių veikla dažniausiai analizuojamos atskirai, nepakankamai akcentuojant jų tarpusavio sąveikas. Straipsnyje šie procesai nagrinėjami kaip vientisa sistema, identifikuojant jų sąveikos taškus ir pagrindinius veiksnius, lemiančius logistikos procesų efektyvumą, taip prisidedant prie gilesnio tiekimo grandinės veikimo supratimo ir sudarant prielaidas tolimesniems empiriniams tyrimams.

Tyrimo tikslas – išanalizuoti sandėlio logistikos operacijų ir kurjerių veiklos sąveiką tiekimo grandinėje ir išskirti svarbiausius veiksnius, lemiančius logistikos procesų efektyvumą.

Iškeltam tikslui pasiekti sprendžiami šie **uždaviniai**:

1. Remiantis moksline literatūra, išnagrinėti sandėlio logistikos operacijų teorinius aspektus ir jų reikšmę tiekimo grandinėje.
2. Išanalizuoti kurjerių veiklos ypatumus paskutinės mylios logistikos kontekste.
3. Atskleisti sandėlio logistikos operacijų ir kurjerių veiklos sąveiką ir identifikuoti pagrindinius veiksnius, lemiančius logistikos procesų efektyvumą.

Tyrimo objektas – sandėlio logistikos operacijų ir kurjerių veiklos sąveika tiekimo grandinėje.

Tyrimo metodai: straipsnyje taikomi mokslinės literatūros analizės metodai. Atliekama sisteminė ir lyginamoji mokslinių šaltinių analizė, siekiant įvertinti sandėlio logistikos operacijų ir kurjerių veiklos ypatumus bei jų sąveiką tiekimo grandinėje. Taip pat taikoma loginė analizė ir sintezė, leidžianti apibendrinti nagrinėjamą informaciją ir suformuluoti pagrindines išvagas.

1. Sandėlio logistikos operacijos tiekimo grandinėje

Logistika mokslinėje literatūroje apibrėžiama kaip procesų visuma, apimanti tiekimo grandinės planavimą ir valdymą, siekiant koordinuotai ir sklandžiai paskirstyti prekes bei paslaugas nuo tiekėjų iki galutinio vartotojo (Harrison et al., 2019). A. Rushton ir kt. (2022) logistiką vertina kaip vieną svarbiausių verslo funkcijų, kurioje intensyviai naudojami materialieji ir žmogiškieji ištekliai, todėl ji daro reikšmingą poveikį įmonių ir šalies ekonomikos rezultatams.

G. Ghiani ir kt. (2022) akcentuoja materialiujų srautų judėjimo ir valdymo organizavimą nuo kilmės iki vartojimo vietos, siekiant efektyvumo.

Tiekimo grandinė šiandien traktuojama kaip vientisa tarpusavyje susijusių procesų sistema, kuri apima tiekėjų, gamintojų, distribucijos centrų, mažmenininkų ir galutinio vartotojo sąveiką (Sanders, 2020). Toks holistinis požiūris išryškina, kad konkurencinis pranašumas kuriamas ne atskiroje grandyje, o koordinuojant visą vertės kūrimo sistemą (Rushton et al., 2022). Strateginiame lygmenyje tiekimo grandinės valdymas apima sprendimus dėl gamybos, atsargų, sandėliavimo, transportavimo ir informacijos, kurie lemia lankstumą ir gebėjimą prisitaikyti prie paklausos pokyčių (Hugos, 2024).

Sandėliavimas laikomas kertine tiekimo grandinės funkcija, užtikrinančia sklandų ir nenutrūkstamą organizacijos procesų vykdymą (Kamali, 2019). M. Straka (2019) sandėliavimą apibrėžia kaip prekių ar žaliavų saugojimą tam tikrą laiką, derinant paruošimą išsiuntimui, gamybos ir transportavimo operacijas ir nuoseklų srautų valdymą. G. Richards (2021) pabrėžia sandėlio, kaip laikino saugojimo taško ir tiekimo grandinės buferio vaidmenį, kuris padeda subalansuoti paklausos ir pasiūlos svyravimus.

Šiuolaikinėse tiekimo grandinėse sandėlis atlieka aktyvų vaidmenį: apdoroja įeinančius ir išėinančius užsakymus, koordinuoja atrinkimo, pakavimo ir išsiuntimo operacijas ir užtikrina duomenų perdavimą kitoms grandims (Adeodu et al., 2023). E. komercijos plėtra didina užsakymų fragmentaciją (daug mažų siuntų), todėl sandėlio procesų tikslumas ir greitis tampa kritiniu pristatymo patikimumo veiksnium.

Efektyvumui didinti įmonės diegia sandėlio valdymo sistemas, kurios koordinuoja ir optimizuoja procesus nuo prekių priėmimo iki jų išsiuntimo (Minashkina, Happonen, 2023). Tokios sistemos pagerina duomenų apdorojimo kokybę, atsargų stebėseną, mažina žmogiškųjų klaidų tikimybę ir didina darbo našumą (Dhamodharan, Padmaavathy, 2023). Praktiniame lygyje plačiai taikomas brūkšninių kodų skenavimas, kuris spartina operacijas, nors galimi lipdukų pažeidimai ir duomenų generavimo klaidos (Khan et al., 2022). Augant automatizacijos mastui, sandėliavimo funkcijose diegiami robotizuoti sprendimai, galintys atlikti inventurizaciją, atrinkimą ar pakrovimą, didinant tikslumą ir greitį (Belter, 2023).

Sandėlio kaštų struktūroje užsakymų atrinkimas yra vienas brangiausių etapų, sudarantis reikšmingą užsakymo įvykdymo kaštų dalį (Urzua et al., 2019). Atrinkimo efektyvumą lemia strategijos pasirinkimas: individualus surinkimas, grupinis, atrinkimas per partijas arba pagal lokaciją (Richards & Grinsted, 2024). Alternatyvus modelis, kryžminis prijungimas (*cross-docking*), kai prekės perkraunamos iš atvykstančių transporto priemonių tiesiai į išvykstančias, eliminuojant tradicinį sandėliavimo etapą. Tai mažina sandėliavimo ir komplektavimo kaštus, trumpina pristatymo laiką ir didina operatyvumą (Mavi et al., 2020).

Užsakymų valdymas yra esminė sandėliavimo logistikos funkcija, užtikrinanti prekių srauto tikslumą ir operacijų koordinaciją (Dede, Cengel, 2020). Literatūroje jis apibrėžiamas kaip procesų visuma, apimanti užsakymų priėmimą, vykdymą ir stebėseną nuo užsakymo pateikimo iki pristatymo ir kai kuriais atvejais – grąžinimo (Maiti, 2021). Užsakymų valdymo ciklą sudaro užsakymo pateikimas, priėmimas, išsiuntimas ir pristatymas, o sėkmei būtina sklandi komunikacija tarp visų dalyvių (Flora, 2024).

Augant užsakymų kiekiui ir į procesą įsitraukiant daugiau darbuotojų, didėja operacinių klaidų rizika, tai yra vėlavimai, netiksliai atrinktos prekės, kurios tiesiogiai veikia reputaciją ir kliento pasitenkinimą (Maiti, 2021). Todėl akcentuojami KPI rodikliai, padedantys identifikuoti kritines vietas ir priimti sprendimus efektyvumui didinti. Tarp svarbiausių rodiklių išskiriamas grąžinimų procentas, kaip atrinkimo ir kokybės indikatorius, ir užsakymo įvykdymo greitis, kuris stipriai koreliuoja su kliento lojalumu (Maiti, 2021).

Užsakymų valdymo sistemų (OMS) diegimas ypač aktualus e. komercijoje dėl didelių užsakymų apimčių ir didelio greičio, tikslumo reikalavimų (Lopienski, 2024). OMS integracija su sandėlio valdymo sistemomis ir vežėjais leidžia konsoliduoti duomenis, automatizuoti dokumentų ir etikečių spausdinimą, taikyti vežėjų parinkimo logiką ir sumažinti žmogiškųjų klaidų tikimybę (Glover, 2023). Tokia integracija tampa tiesioginiu tiltu į kurjerių veiklą, nes būtent užsakymo paruoštumo statusas, siuntos parametrai ir laiko langai nulemia vežėjo surinkimo ir pristatymo planavimą.

Apibendrinant galima teigti, kad sandėlio logistikos operacijos tiekimo grandinėje apima prekių priėmimo, saugojimo, atrinkimo, pakavimo ir išsiuntimo procesus, taip pat užsakymų valdymą ir informacijos srautų koordinavimą, kurie užtikrina sklandų prekių judėjimą nuo tiekėjų iki galutinio vartotojo ir leidžia efektyviai subalansuoti paklausos ir pasiūlos svyravimus. Kadangi sandėlio operacijų rezultatas tiesiogiai atsispindi prekių pristatyme galutiniam vartotojui, siekiant visapusiškai įvertinti tiekimo grandinės efektyvumą, būtina plačiau išanalizuoti paskutinės mylios logistiką, kurioje kurjerių veikla tampa lemiamu veiksnium užtikrinant greitą ir patikimą užsakymų pristatymą.

2. Kurjerių veikla paskutinės mylios logistikos kontekste

Paskutinė mylia apibrėžiama kaip galutinis prekių pristatymo etapas nuo paskirstymo, įvykdymo taško iki galutinio gavėjo, kuriame susikerta klientų lūkesčiai, miesto infrastruktūra, pristatymo langai ir kaštų spaudimas. Mokslinė literatūra pažymi, kad *last-mile* sprendimų spektras sparčiai plečiasi, alternatyvūs pristatymo taškai, paštomatai, dalijimosi ekonomikos modeliai, tačiau jų veiksmingumas priklauso nuo visos grandinės koordinavimo (Diab et al., 2022).

Paskutinė mylia apibrėžiama kaip galutinis prekių pristatymo etapas nuo paskirstymo, įvykdymo taško iki galutinio gavėjo, kuriame susikerta klientų lūkesčiai, miesto infrastruktūra, pristatymo langai ir kaštų spaudimas.

Kurjerių veikla paskutinėje mylioje iš esmės yra operacinio planavimo uždavinys, kuriame paslaugos lygi, pristatymo greitis ir patikimumas būtina suderinti su sąnaudomis ir pajėgumais. Vienas dažniausių iššūkių yra pristatymo laiko langai, kai klientai ar paslaugos standartai nustato konkrečias valandas, per kurias kurjeris turi atvykti. Tokie laiko langai didina planavimo sudėtingumą: kurjerių maršrutai turi būti sudaromi taip, kad būtų įmanoma aptarnauti daugiau

gavėjų per ribotą laiką, o bet koks vėlavimas sandėlyje, pavyzdžiui, vėluojantis užsakymo paruošimas ar mieste esančios spūstys, parkavimo ribojimai, sukuria domino efektą visai dienos maršruto sekai. Šią priklausomybę ypač aiškiai rodo integruotos e. komercijos operacijų studijos, kuriose pabrėžiama, kad pristatymo laiko langai turi būti vertinami kartu su sandėlio atrinkimo ir komplektavimo sprendimais, nes klientų pasirinkti laiko langai veikia atrinkimo sąrašų sudarymą ir transporto planavimą vienu metu (Silva et al., 2023).

Kitas svarbus kurjerių veiklos aspektas yra nepavykę pristatymai ir grąžinimų srautai. Paskutinėje mylioje dažnai susiduriama su situacijomis, kai gavėjo nėra namuose, adresas netikslus, pasikeičia pristatymo sąlygos arba klientas inicijuoja grąžinimą. Tai didina pakartotinių bandymų skaičių ir kaštus, o organizacijai sukuria papildomą operacinį krūvį, papildomos kelionės, skambučių centras, grąžinimo apdorojimas. Dėl šios priežasties literatūroje vis daugiau dėmesio skiriama alternatyviems pristatymo modeliams, tokiems kaip paštomatams, siuntų spintelėms, atsiėmimo taškams ar kelioms galimoms pristatymo vietoms. Pavyzdžiui, tyrimai apie pristatymą su spintelėmis rodo, kad klientas gali būti aptarnautas tiesiogiai namuose arba per spintelę, o kurjerių maršrutai planuojami taip, kad vienoje kelionėje būtų galima pristatyti siuntas ir surinkti grąžinimus tiek iš namų, tiek iš spintelėlių. Tai mažina nepavykusių pristatymų dalį ir leidžia efektyviau išnaudoti kurjerių laiką (Montemanni et al., 2023).

E. komercijos įmonėms paskutinės mylios operacijos prasideda sandėliuose, kurie tampa užsakymų įvykdymo „įėjimo tašku“, būtent čia suformuojamas pristatymo išpareigojimas, terminai, paslaugos lygis, o paskutinės minutės koordinavimas naudojamas prisitaikyti prie paklausos ir operacinių sutrikimų (Raj et al., 2024).

Be to, e. komercijos *last-mile* logistika vertinama kaip kompleksinių rizikų laukas, operacinių, reputacinių, tvarumo, kuri būtina valdyti per procesų integraciją, duomenų skaidrumą ir lankstumą (Raj et al., 2024).

Kurjerių veiklos planavimas susijęs su maršrutų ir laiko langų problematika, kuri logistikos moksle laikoma viena fundamentalių optimizavimo sričių kurjerių kompanijoms, aptarnaujančioms siuntų paėmimo ir pristatymo užklausas. Praktiniu lygmeniu tai reiškia, kad kurjerių maršrutų kokybė ir pristatymo punktualumas priklauso nuo to, ar sandėlis laiku paruošia siuntas, ar teisingai pateikia duomenis, svoris, matmenys, adresai, specialūs nurodymai, ar užtikrina sklandų siuntų perdavimą vežėjui (Cherkesly, Gschwind, 2022).

Svarbi kryptis yra pristatymo lankstumas per kelių pristatymo vietų ir skirtingų laiko langų parinkimą. E. komercijos kontekste vartotojai gali nurodyti kelias pageidaujamas vietas, tokias kaip namai, darbas, artimo žmogaus adresas, paštomatas, parduotuvė ir skirtingus laiko langus, o sistema optimizuoja paskirstymą, siekdama sumažinti paskutinės mylios kaštus ir padidinti pristatymo sėkmės tikimybę. Tokie modeliai literatūroje siejami su geresniu paslaugos lygiu ir mažesniu papildomų bandymų skaičiumi, nes kurjerių veikla adaptuojama prie realių vartotojų elgsenos scenarijų, o ne tik prie vieno adreso (Santana et al., 2022).

Galiausiai, kurjerių veikla paskutinėje mylioje yra neatsiejama nuo sandėlio procesų, ji prasideda ne nuo išvykimo į maršrutą, o nuo to momento, kai sandėlyje suformuojamas pristatymo išpareigojimas: siunta turi būti teisingai sukomplektuota, supakuota, paženklinta, suvesti tikslūs duomenys, svoris, matmenys, adresas, specialūs nurodymai ir ji turi būti parengta paėmimo laikui. Todėl literatūra nuosekliai rodo, kad paskutinės mylios efektyvumas stipriai priklauso nuo integruoto planavimo ir duomenų vientisumo visoje grandinėje. Tokia sąveika tampa kritinė e. komercijoje, kur pristatymo greitis ir tikslumas yra pagrindiniai konkurencinio pranašumo elementai, o bet kokie sandėlio ar informacinių sistemų netikslumai tiesiogiai atsispindi kurjerių darbo našume ir kliento patirtyje (Santana et al., 2022).

Apibendrinant galima teigti, kad kurjerių veikla paskutinės mylios logistikos kontekste apima galutinį prekių pristatymo etapą nuo paskirstymo ar užsakymų įvykdymo taško iki galutinio gavėjo, kuriame būtina suderinti klientų lūkesčius dėl greito ir patikimo pristatymo su transportavimo kaštais, miesto infrastruktūros apribojimais ir operaciniais pajėgumais. Mokslinė literatūra rodo, kad šio etapo efektyvumą lemia kurjerių maršrutų planavimas, pristatymo laiko langų valdymas, nepavykusių pristatymų mažinimas ir alternatyvių pristatymo sprendimų, tokių kaip paštomatai ar atsiėmimo taškai, taikymas. Taip pat pabrėžiama, kad paskutinės mylios procesai yra glaudžiai susiję su sandėlio operacijomis, nes siuntų paruošimo tikslumas, duomenų kokybė ir savalaikis jų perdavimas vežėjui turi tiesioginę įtaką kurjerių darbo efektyvumui ir galutinei klientų aptarnavimo kokybei.

3. Sandėlio logistikos operacijų ir kurjerių veiklos sąveika tiekimo grandinėje

Sandėlio operacijos ir kurjerių veikla tiekimo grandinėje susijusios per keturis pagrindinius sąveikos mechanizmus:

- informacijos srautus,
- laiko sinchronizavimą,
- fizinio perdavimo procesus,
- technologinių sistemų integraciją.

Informacijos srautai ir duomenų kokybė: M. Christopher (2022) logistiką sieja su vieningu prekių judėjimo ir duomenų apsikeitimo planu, todėl informacijos kokybė, tikslumas, savalaikiškumas, prieinamumas yra sąveikos pagrindas. Jei sandėlyje netiksliai suformuojami siuntos duomenys, tai iš karto sukelia efektą kurjerių grandyje, neteisingas pristatymo adresas, netikslus matmenų ir svorio įrašas ar neatitikimai etiketėse didina klaidų tikimybę, vėlavimus ir grąžinimus. S. Maiti (2021) grąžinimų rodiklį įvardija kaip vieną pagrindinių užsakymo įvykdymo kokybės indikatorių, o tai reiškia, kad sandėlio klaidos tiesiogiai atsiranda paskutinėje mylioje.

Laiko sinchronizavimas: e. komercijoje pristatymo pažadas klientui priklauso nuo sandėlio įvykdymo spartos ir vežėjo paėmimo grafiko. Tai sukuria priklausomybę nuo laikų: sandėlis turi paruošti siuntas iki nustatyto laiko, kad

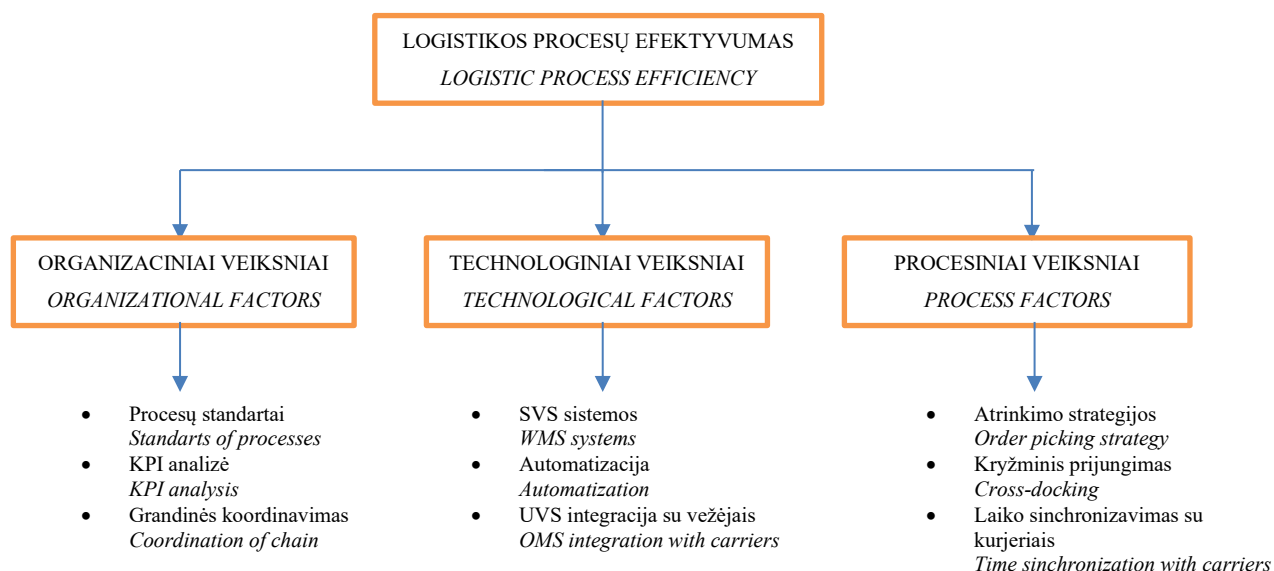
kurjeris galėtų jas paimti ir įtraukti į maršrutus. Literatūra apie *last-mile* koordinavimą pabrėžia, kad adaptacija prie paklausos ir paskutinės minutės sprendimai yra būtini siekiant išlaikyti paslaugos lygį (Diab et al. 2022).

Fizinio perdavimo procesas: sandėlio pusėje užsakymo įvykdymas apima atrinkimą, pakavimą, ženklimą, dokumentų paruošimą ir išsiuntimo registravimą (Maiti, 2021). Kurjerių pusėje tai reiškia, kad paėmimo metu siuntos turi būti sugrupuotos pagal maršrutus, regionus, paslaugos tipą, paruoštos greitam pakrovimui ir tinkamai paženklintos. M. Glover (2023) siūlo praktinius sprendimus, tokius kaip masinis etikečių spausdinimas, automatizavimas, kurie mažina laiką ir klaidas pačiame perdavimo etape.

Technologinių sistemų integracija: užsakymų valdymo integracija su sandėlio valdymu ir transporto valdymu leidžia sukurti bendrą duomenų teisingumą, matomumą, užsakymo būsenas, siuntų sekimą, vežėjų parinkimą ir pristatymo informavimą. Praktiniuose šaltiniuose akcentuojama, kad integruotos sistemos mažina klaidas, vėlavimus ir gerina vykdymo greitį, nes sujungia užsakymo valdymą, sandėlio srautą ir paskutinės mylios vykdymą. Nors dalis šių šaltinių yra labiau taikomieji, jie pagrindžia integracijos kryptį, kuri sutampa su mokslinėmis įžvalgomis apie koordinavimo svarbą tiekimo grandinėje (Lopienski, 2024).

4. Logistikos procesų efektyvumą lemiantys veiksniai

Remiantis analizuota mokslinė literatūra, logistikos procesų efektyvumą sandėlio ir kurjerių sąveikos kontekste galima suskirstyti į tris pagrindines veiksmų grupes: organizacinius, technologinius ir procesinius veiksmus. Šios veiksmų grupės tarpusavyje yra glaudžiai susijusios ir kartu formuoja bendrą logistikos sistemos veikimo efektyvumą. Efektyvi tiekimo grandinė gali būti užtikrinama tik tada, kai šie veiksniai veikia kompleksiskai ir yra koordinuojami tarp visų tiekimo grandinės dalyvių.



Šaltinis: sudaryta autoriaus (2026)
Source: created by author (2026)

1 pav. Logistikos procesų efektyvumą lemiantys veiksniai

Fig. 1. Factors determining logistics process efficiency

Organizaciniai veiksniai yra susiję su logistikos procesų planavimu, darbuotojų veiklos organizavimu ir skirtingų tiekimo grandinės dalyvių koordinavimu. Vienas svarbiausių organizacinių aspektų yra aiškiai apibrėžti procesų standartai, kurie reglamentuoja prekių atrinkimo, pakavimo ir perdavimo vežėjui procedūras. Standartizuoti procesai padeda sumažinti veiklos variaciją, sumažinti klaidų tikimybę ir užtikrinti vienodą darbo kokybę skirtinguose sandėliuose ar skirtingose pamainose. Kitas svarbus organizacinis aspektas yra KPI rodiklių taikymas ir nuolatinė jų analizė. Tokie rodikliai kaip užsakymų įvykdymo greitis, grąžinamų siuntų procentas, pristatymo punktualumas ar klaidų skaičius leidžia įmonėms identifikuoti silpnąsias logistikos proceso vietas ir priimti duomenimis pagrįstus sprendimus. Nuolatinė rodiklių stebėseną taip pat leidžia vertinti procesų tobulinimo rezultatus ir užtikrina nuolatinio tobulinimo kultūrą organizacijoje. Taip pat svarbus organizacinis veiksnys yra tiekimo grandinės dalyvių koordinavimas. Kadangi sandėlio operacijos ir kurjerių veikla vyksta skirtinguose organizaciniuose vienetuose arba net skirtingose įmonėse, būtina užtikrinti efektyvų informacijos apsikeitimą ir veiklos sinchronizavimą. Tinkamai organizuotas bendradarbiavimas tarp sandėlių, transporto kompanijų ir klientų leidžia sumažinti operacinius trikdžius ir pagerinti visos tiekimo grandinės veiklos efektyvumą.

Technologiniai veiksniai tampa vis svarbesni šiuolaikinėje logistikoje, ypač augant elektroninės prekybos apimtims ir didėjant užsakymų kiekiui. Vienas svarbiausių technologinių sprendimų yra sandėlio valdymo sistemos diegimas ir nuolatinis jos tobulinimas. Šios sistemos leidžia automatizuoti daugelį sandėlio operacijų, optimizuoti atsargų valdymą ir pagerinti informacijos tikslumą. Be to, automatizacijos sprendimai leidžia padidinti operacijų greitį ir sumažinti žmoniškųjų klaidų tikimybę. Robotais atliekamos atrinkimo sistemos, automatinės rūšiavimo linijos ar autonominiai transportavimo įrenginiai gali žymiai padidinti sandėlio našumą ir užtikrinti didesnę procesų tikslumą. Svarbus technologinis veiksnys yra ir užsakymų valdymo sistemos integravimas su sandėlio valdymo sistema ir transporto paslaugų teikėjais. Tokia integracija leidžia realiu laiku keistis duomenimis apie užsakymus, siuntų statusą ir pristatymo informaciją. Tai užtikrina sklandų informacijos srautą tarp sandėlio ir kurjerių ir leidžia operatyviai reaguoti į galimus logistikos proceso sutrikimus.

Procesiniai veiksniai apima konkrečius logistikos operacijų vykdymo metodus ir darbo organizavimo principus. Vienas svarbiausių procesinių sprendimų yra tinkamos atrinkimo strategijos pasirinkimas, kuris priklauso nuo sandėlio dydžio, užsakymų struktūros ir prekių asortimento. Efektyviai parinkta atrinkimo strategija leidžia sumažinti darbuotojų judėjimo laiką ir padidinti užsakymų vykdymo greitį. Kitas svarbus procesinis sprendimas yra kryžminio prijungimo taikymas. Šis metodas leidžia sumažinti sandėliavimo laiką ir išvengti papildomų prekių perkrovimo operacijų, nes prekės iš atvykstančių transporto priemonių iš karto perkraunamos į išvykstančias transporto priemones. Tai leidžia sumažinti sandėliavimo kaštus ir sutrumpinti bendrą užsakymo įvykdymo laiką. Taip pat itin svarbus procesinis veiksnys yra laiko sinchronizavimas su vežėjais. Sandėlio darbuotojai ir kurjeriai turi dirbti koordinuotai, kad siuntos būtų paruoštos būtent tuo momentu, kai jos turi būti paimamos transportavimui. Tinkamas laiko planavimas leidžia sumažinti laukimo laiką, optimizuoti transporto maršrutus ir užtikrinti greitesnį užsakymų pristatymą klientams.

Išvados

1. Atlikta mokslinės literatūros analizė atskleidė, kad sandėlio logistikos operacijų ir kurjerių veiklos sąveika tiekimo grandinėje yra sisteminė ir dėsninga, o ne atsitiktinė. Nustatyta, kad sandėlis ir paskutinė mylia funkcionuoja kaip vientisa operacinė sistema: sandėlio procesų tikslumas, greitis ir duomenų kokybė tiesiogiai lemia kurjerių veiklos efektyvumą, o pristatymo laiko langai ir maršrutų apribojimai grįžtamai veikia sandėlio planavimo sprendimus.

2. Tyrimo rezultatai atskleidė, kad tiekimo grandinės efektyvumą lemia ne pavienių grandžių optimizavimas, bet jų tarpusavio koordinavimas. Didžiausias veiklos sutrikimų ir kaštų augimo potencialas koncentruojasi sąveikos taškuose, tai yra informacijos perdavime, laiko sinchronizavime, siuntų perdavimo procese ir sistemų integracijoje. Todėl efektyvi paskutinės mylios logistika neįmanoma be integruotų sandėlio valdymo, užsakymų valdymo ir transporto planavimo sprendimų.

3. Nustatyta, kad logistikos procesų efektyvumas sandėlio ir kurjerių veiklos kontekste priklauso nuo organizacinių, technologinių ir procesinių veiksnių sinergijos. Automatizacija, sandėlio valdymo sistemų ir užsakymų valdymo sistemų integracija, aiškūs KPI ir racionaliai parinktos atrinkimo ir pristatymo strategijos sudaro sąlygas mažinti klaidas, trumpinti užsakymo įvykdymo laiką ir didinti klientų pasitenkinimą. Taigi, konkurencinis pranašumas e. komercijos aplinkoje formuojamas per visos tiekimo grandinės suderintą veikimą, o ne atskirų jos dalių greitinimą.

Literatūra

1. Adeodu, A., Maladzhi, R., Katumba, M. G. K. K., & Daniyan, I. (2023). Development of an improvement framework for warehouse processes using lean six sigma (DMAIC) approach. A case of third party logistics (3PL) services. *Heliyon*, 9(4).
2. Belter, J., Hering, M., & Weichbroth, P. (2023). Motion trajectory prediction in warehouse management systems: A systematic literature review. *Applied Sciences*, 13(17), 9780. <https://doi.org/10.3390/app13179780>
3. Cherkesly, M., & Gschwind, T. (2022). The pickup and delivery problem with time windows, multiple stacks, and handling operations. *European Journal of Operational Research*, 300(2), 566-581. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2021.11.021>
4. Dhamodharan, S., & Padmaavathy, P. A. (2023). Investigation on warehouse management system and its impact on business performance in textile industry. *E3S Web of Conferences*, 398, 05008. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202344905008>
5. Diab, Y., Mohammad, W., Elomri, A., & Triki, C. (2022). Innovative solutions in last mile delivery: Concepts, practices, challenges, and future directions. *Sustainability*, 14(4), 2194.
6. Flora, M. (2024). Complete guide to the order management process in ecommerce. *ShipBob*. Prieiga per internetą: <https://www.shipbob.com/blog/order-management/#h-what-is-order-management> (žiūrėta 2026-03-27)
7. Ghiani, G., Laporte, G., & Musmanno, R. (2022). Introduction to logistics systems management: *With Microsoft Excel and Python examples*. Wiley.
8. Glover, M. (2023). Maximizing efficiency in your order management and fulfillment process. *Veeqo*. Prieiga per internetą: <https://www.veeqo.com/blog/ecommerce-order-management-process> (žiūrėta 2026-03-27)
9. Harrison, A., Van Hoek, R., Skipworth, H., & Aitken, J. (2019). *Logistics management and strategy (6th ed.)*. Pearson.
10. Hugos, M. (2024). *Essentials of supply chain management (5th ed.)*. Wiley.

11. Kamali, A. (2019). Smart warehouse vs. traditional warehouse. *CiiT International Journal of Automation and Autonomous System*, 11(1), 9-16.
12. Khan, M., Huda, N., & Zaman, U. (2022). Smart warehouse management system: Architecture, real-time implementation and prototype design. *Machines*, 10(2), 150. <https://doi.org/10.3390/machines10020150>
13. Minashkina, D., & Happonen, A. (2023). Warehouse management systems for social and environmental sustainability: A systematic literature review and bibliometric analysis. *Logistics*, 7(3), 40. <https://doi.org/10.3390/logistics7030040>
14. Christopher, M. (2022). *Logistics and supply chain management* (6th ed.). Pearson.
15. Maiti S. (2021). *Order Management*. Prieiga per internet: <https://educationleaves.com/wp-content/uploads/2021/07/Order-Management.pdf>
16. Mavi R., Goh M., Mavi N., Jie F., Brown K., Biermann S. & Khanfar A. (2023). Cross-Docking: A Systematic Literature Review. *Sustainability*, 12(11), 4789. <https://doi.org/10.3390/su12114789>
17. Montemanni R., Dell'Amico M. & Novellani S. (2023). Pickup and delivery with lockers. *Transportation Research Part C*, 150, 104022. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2023.104022>
18. Raj R., Singh A., Kumar V., De T. & Singh S. (2024). Assessing the e-commerce last-mile logistics' hidden risk hurdles. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 10, 100131. <https://doi.org/10.1016/j.clscn.2023.100131>
19. Richards G. (2021). *Warehouse management: The definitive guide to improving efficiency and minimizing costs in the modern warehouse* (3rd ed.). Kogan Page.
20. Sanders N. (2020). *Supply Chain Management: A Global Perspective* (2nd ed.). Wiley.
21. Santana, A., Munuzuri, J., Espejo, A., & Diaz, M. (2022). Improving e-commerce distribution through last-mile logistics with multiple possibilities of deliveries based on time and location. *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, 17(2), 27. <https://doi.org/10.3390/jtaer17020027>
22. Silva, V., Amaral, A., & Fontes, T. (2023). Sustainable urban last-mile logistics: A systematic literature review. *Sustainability*, 15(3), 2285. <https://doi.org/10.3390/su15032285>
23. Straka M. (2019). *Distribution and Supply Logistics*, Cambridge Scholars Publishing.

INTERACTION OF WAREHOUSE LOGISTICS OPERATIONS AND COURIER ACTIVITIES IN THE SUPPLY CHAIN

Abstract

As e-commerce volumes increase within supply chains and customer expectations for fast and reliable delivery continue to grow, the interaction between warehouse logistics operations and courier activities becomes increasingly significant. In the scientific literature, these two components of the supply chain are often analysed separately, with insufficient emphasis on their interdependence.

The aim of the article is to analyse the interaction between warehouse logistics operations and courier activities within the supply chain and to identify the key factors determining the efficiency of logistics processes. Based on the analysis of scientific literature, it is evident that warehouse operations and last-mile logistics form an integrated and interdependent system, where the accuracy, speed, and data quality of warehouse processes directly influence the efficiency of courier activities. The findings indicate that supply chain efficiency is determined not by the optimization of individual components, but by their coordination, with the greatest potential for disruptions concentrated at interaction points such as information flows, time synchronization, and process integration. Furthermore, it was established that the efficiency of logistics processes depends on the synergy of organizational, technological, and process-related factors, which enables the reduction of errors, shortening of order fulfilment time, and improvement of customer satisfaction.

Keywords: warehouse logistics, logistics operations, courier activities, supply chain, last mile, logistics process efficiency.