

SANDĖLIAVIMO PROCESŲ TOBULINIMAS SKAITMENIZAVIMO SPRENDIMAIS „X“ ĮMONĖS PAVYZDŽIU

Aurimas VALANTINAS, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Bioekonomikos plėtros fakultetas,
el. paštas: aurimas.valantinas@vdu.lt

Santrauka

Sandėliavimo paslaugas teikiančios įmonės nuolat ieško sprendimų, kaip efektyvinti sandėlio operacijas ir procesus, mažinti laiko sąnaudas ir gerinti ekonominius rezultatus. Tačiau jos susiduria su kaviifikuotų darbuotojų trūkumu, augančiais klientų lūkesčiais ir didėjančia konkurencija, kuri, pasak S. Winkelhaus ir E. H. Grosse (2020), skatina integruoti fizinius procesus su duomenų srautais. Remiantis A. A. Tubis ir J. Rohman (2023), tai iškelia pagrindinę problemą: kokius skaitmenizacijos sprendimus galima pritaikyti sandėlyje, siekiant, kad procesai būtų sklandesni, sumažėtų klaidų skaičius ir būtų pasiekta didesnė ekonominė nauda. Tyrimo tikslas – identifikavus UAB „X“ įmonės sandėliavimo procesų problemas, numatyti galimus skaitmenizacijos sprendimus. Tyrimo objektas – sandėliavimo procesų tobulinimas skaitmenizacijos sprendimais. Taikyti tyrimo metodai: dokumentų analizė, pusiau struktūruotas interviu ir stebėjimo metodas. Tyrimo rezultatai parodė, kad pagrindinės problemos UAB „X“ įmonėje – ilgai užtrunkančios priemonės operacijos dėl popierinių dokumentų, perteklinis darbuotojų judėjimas (11,8 km per pamainą) ir rankinio darbo nulemtas 1,4 proc. klaidų lygis. Siūlomi sandėliavimo procesų tobulinimo skaitmenizacijos sprendimai: sandėlio valdymo sistemos (WMS) įdiegimas, radijo dažnio (RF) terminalų integracija bei dinaminės ABC klasifikacijos taikymas, siekiant sutaupyti 61 680 Eur per metus atsipirkimo laikas – 0,73 metų.

Tyrimo metodų derinys (trianguliacija) buvo pasirinktas siekiant užtikrinti duomenų patikimumą ir objektyvumą: dokumentų analizė leido identifikuoti problemas pradiniam etape, stebėjimas – pamatuoti realias operacijų laiko sąnaudas natūralioje aplinkoje, o pusiau struktūruotas interviu suteikė gilesnes ekspertines įžvalgas, būtinas tinkamiems skaitmenizacijos sprendimams parinkti.

Reikšminiai žodžiai: sandėliavimo procesai, skaitmenizavimas, WMS, RF terminalai, atsipirkimo laikas.

Įvadas

Sandėliavimo logistika yra svarbi tiekimo grandinės dalis, tiesiogiai veikianti užsakymų įvykdymo greitį, atsargų apskaitos tikslumą ir kliento patirtį. Tema šiandieninėje ekonomikoje yra aktuali, kadangi tobulėjant technologijoms ir augant užsakymų srautams, įmonės nebegali remtis vien tradiciniais rankiniais procesais. Tai lemia tokios problemos kaip kvalifikuotų darbuotojų trūkumas, kylantys klientų lūkesčiai ir konkurencija, verčianti įmones mažinti paslaugų kainas. Skaitmenizavimo priemonės tampa būtinos, siekiant didesnio operacijų našumo, skaidrumo ir kaštų kontrolės, nes jos leidžia realiu laiku stebėti srautus ir greičiau priimti sprendimus S. Winkelhaus ir E.H. Grosse (2020) bei A.A. Tubis ir J. Rohman (2023). Autoriai pabrėžia, kad perėjimas prie „Logistikos 4.0“ reikalauja ne tik pavienių technologijų diegimo, bet ir holistinio požiūrio į išmanųjį sandėlį. Šis holistinis požiūris apima ne tik techninę įrangą, bet ir duomenų vientisumą visoje tiekimo grandinėje. Net ir pažangiausia WMS sistema negali veikti efektyviai, jeigu įmonėje nėra standartizuotų operacinių procedūrų (Sulalai et al., 2025). Todėl skaitmenizavimas turi būti suprantamas kaip procesas, transformuojantis tradicinę hierarchinę valdymo struktūrą į horizontalią, duomenimis grįstą sistemą, kurioje informacija apie atsargas pasiekama realiu laiku visiems suinteresuotiems skyriams. Išmaniųjų sandėlių sistemos sujungia fizinius procesus su kibernetinėmis sistemomis, taip įgalindamos decentralizuotą sprendimų priėmimą. Tai ypač svarbu dabartinėmis rinkos sąlygomis, kai, pasak T. I. Al. Barwani ir M. Reason (2025), skaitmeninė transformacija tampa nebe konkurenciniu pranašumu, o išgyvenimo sąlyga, leidžiančia lanksčiai reaguoti į tiekimo grandinės sutrikimus ir kintančius vartotojų įpročius. Atitinkamai, sandėlio valdymo sistemos (WMS) evoliucionuoja nuo paprastų apskaitos programų iki sudėtingų analitinių įrankių. Praktikoje didžiausią poveikį sandėliavimo procesų efektyvumui daro skaitmeninės sandėlio valdymo sistemos (WMS), automatizuotas duomenų rinkimas ir daiktų interneto (IoT) sprendimai, kurie padeda mažinti klaidų skaičių ir gerinti atsargų kontrolę (Jarašūnienė ir kt. 2023).

Tyrimo tikslas – išanalizavus įmonės UAB „X“ sandėliavimo procesus, nustatyti sandėliavimo procesų tobulinimo galimybes, grindžiamas skaitmenizavimo sprendimais.

Iškeltam tikslui pasiekti sprendžiami šie **uždaviniai**:

1. Parengti tyrimo metodiką ir atlikti UAB „X“ įmonės sandėliavimo procesų analizę.
2. Pagrįsti UAB „X“ įmonės sandėliavimo procesų tobulinimo būdus ir priemones taikant skaitmenizavimo sprendimus bei įvertinti jų ekonominį poveikį.

Tyrimų objektas ir metodai

Tyrimo objektas – sandėliavimo procesų tobulinimas skaitmenizacijos sprendimais.

Taikyti tyrimo metodai: mokslinės literatūros analizė ir sintezė, dokumentų analizė, pusiau struktūruotas interviu ir stebėjimo metodas.

Kaip teigia J. H. Kembro ir A. Norrman (2025), šiuolaikiniame sandėlyje fiziniai materialijų srautų judesiai turi būti derinami su informaciniais srautais, kad būtų galima užtikrinti greitą ir tikslų užsakymų vykdymą. Tyrime taikyta mišri metodika, apimanti dokumentų analizę, tiesioginį stebėjimą ir pusiau struktūruotą interviu. Siekiant objektyviai įvertinti šiuos srautus, pirminiam situacijos vertinimui pasirinkta dokumentų analizė, kuri, remiantis R. Drejeriu (2015), leidžia tiksliau identifikuoti sprendinias problemas dar prieš pradedant aktyvius tyrimo veiksmus. Realioje laiko sąnaudoms ir darbuotojų judėjimui matuoti taikytas tiesioginio stebėjimo metodas. K. Kardelis (2016) pabrėžia, kad stebėjimas leidžia fiksuoti įvykius natūralioje aplinkoje, nepasikliaujant vien subjektyvia respondentų nuomone. Remiantis šiuo metodu buvo skaičiuojamas realus darbuotojų atliekamos operacijos laikas chronometru. Norint gauti ekspertines išvalgas ir strateginį vertinimą, pasitelktas pusiau struktūruotas interviu su 5 sprendimus priimančiais asmenimis. Siekiant užtikrinti stebėjimo duomenų patikimumą, tiesioginis procesų laiko fiksavimas chronometru buvo vykdomas 5 darbo dienas, kiekvieną kritinę operaciją matuojant po 15 kartų. Norint gauti ekspertines išvalgas ir strateginį vertinimą, pasitelktas pusiau struktūruotas interviu su 5 sprendimus priimančiais asmenimis: dviem sandėlio vadovais, logistikos skyriaus vadovu, IT sistemų analitiku ir išoriniu logistikos konsultantu. Tokia tikslinė ekspertų atranka leido į problemą pažvelgti kompleksiskai, tiek iš operacinės, tiek iš technologinės perspektyvos. Kaip teigia K. Kardelis (2016), šis metodas suteikia galimybę lanksčiau reaguoti į respondento atsakymus ir gauti gilesnę informaciją nei taikant standartizuotą anketą. Interviu gairės buvo sudarytos remiantis trimis pagrindiniais blokais: operacijų efektyvumo vertinimu, technologinių barjerų identifikavimu ir darbuotojų pasirengimu pokyčiams. Kiekvienas interviu truko vidutiniškai 45 min., o gauti atsakymai buvo transkribuojami ir analizuojami naudojant turinio analizės principus. Tai leido ne tik statistiškai įvertinti klaidų dažnumą, bet ir suprasti priežastinį ryšį tarp popierinių dokumentų naudojimo ir darbuotojų motyvacijos smukimo. Tiesioginis stebėjimas buvo vykdomas atsitiktine tvarka pasirinktomis darbo dienomis, skirtingų pamainų metu, siekiant išvengti sezoniskumo ar dienos meto įtakos rezultatams. Stebėjimo metu buvo fiksuojamas ne tik bendras operacijos laikas, bet ir išskaidomi atskiri mikrojudiesiai (pvz., dokumentų paieška, prekių perkėlimas, duomenų įvedimas). Pusiau struktūruotas interviu buvo atliekamas su 5 įmonės atstovais, atstovaujančiais skirtingus lygmenis: nuo tiesioginių sandėlio operacijų vadovų iki IT sistemų analitikų. Ekspertų interviu rezultatai atskleidė ne tik technologinius, bet ir organizacinius barjerus. Informantai pabrėžė problemą dėl informacijos vėlavimo tarp padalinių: kadangi informacija apie gautas prekes sistemą pasiekia pavėluotai, pardavimų vadybininkai negali operatyviai patvirtinti užsakymų, o tai tiesiogiai veikia įmonės kokybinius rodiklius. Taip pat akcentuotas žmogiškasis faktorius, perėjimas prie naujų technologijų (skenerių) daliai ilgamečių darbuotojų taps psichologiniu iššūkiu, todėl sėkmingai skaitmenizacijai bus būtinos investicijos ne tik į įrangą, bet ir į personalo mokymus.

Tai leido į problemą pažvelgti tiek iš operacinės, tiek iš technologinės perspektyvos. Toks metodų derinys, vadinamas *trianguliacija*, užtikrina surinktų duomenų patikimumą vertinant problemines sritis bei leidžia tinkamai parinkti procesų tobulinimo skaitmenizacijos sprendimus, kurių vertinimas grindžiamas D. Perkumienės ir kt. (2022) išskirtais sandėlio efektyvumo rodikliais.

Tyrimo rezultatai atskleidė ne tik technologines, bet ir organizacines problemas, ypač informacijos vėlavimą tarp padalinių, taip pat – darbuotojų pasipriešinimą technologiniams pokyčiams, akcentuojant personalo mokymų svarbą skaitmenizacijos procese.

Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

Siekiant identifikuoti specifinius skausmo taškus įmonės UAB „X“ sandėliavimo veikloje, pirmajame tyrimo etape atliktas tiesioginis procesų stebėjimas natūralioje aplinkoje. Tyrimo metu surinkti duomenys apie kritinių operacijų trukmę ir pridėtinę vertę kuriantį laiką pateikiami 1 lentelėje.

1 lentelė. Įmonės „X“ sandėliavimo operacijų trukmės ir efektyvumo suvestinė
Table 1. Summary of duration and efficiency of warehousing operations of company "X"

Operacijos etapas <i>Operation stage</i>	Vid. trukmė (min.) <i>Avg. duration (min.)</i>	Pridėtinę vertę kuriantis laikas (%) <i>Value-adding time (%)</i>
Prekių priėmimas <i>Goods receiving</i>	48,5	35 %
Padėjimas į vietą <i>Put-away</i>	22,0	45 %
Užsakymų rinkimas <i>Order picking</i>	72,4	25 %
Galinė patikra <i>Final inspection</i>	12,8	80 %

Empirinė analizė atskleidė, kad prekių priėmimo procese net 65 % laiko sudaro neproduktyvios operacijos. Stebėjimo metu nustatyta, kad darbuotojai vidutiniškai sugaišta apie 30 min. vienai siuntai vien tik tikrindami popierines sąskaitas-faktūras ir rankiniu būdu vesdami duomenis į sistemą. Didžiausias optimizavimo potencialas identifikuotas užsakymų komplektavimo etape. Remiantis stebėjimo duomenimis, dėl netaikomos dinaminės ABC klasifikacijos ir neoptimalaus išdėstymo vienas komplektuotojas per pamainą nueina vidutiniškai 11,8 km. Toks didelis fizinis krūvis tiesiogiai koreliuoja su klaidų dažnumu pamainos pabaigoje – tyrimo laikotarpiu užfiksuotas vidutinis klaidų lygis siekė 1,4 % visų užsakymų.

Šiuos kiekybinius duomenis papildė ir patvirtino pusiau struktūruoto interviu su įmonės ekspertais rezultatai. Tyrimo dalyviai pabrėžė, kad dabartinis procesų organizavimas yra fragmentuotas, o realaus laiko informacijos trūkumas sukelia grandininę neefektyvumo reakciją. Informantai išskyrė dokumentų valdymo archajiškumą kaip pagrindinį „butelio kakliuką“ priėmimo zonoje, ir vertindami skaitmenizacijos įtaką procesų optimizavimui, visi tyrime dalyvavę specialistai pabrėžė, kad sandėlio valdymo sistemos (WMS) įdiegimas yra prioritetinga kryptis. Kaip teigė IT sistemų analitikas, siekiant 100 proc. tikslumo, būtina pereiti prie radijo dažnio (RF) terminalų, kurie leistų valdyti procesą jam vykstant, o ne tik fiksuoti faktą popieriniuose dokumentuose po operacijos atlikimo.

Atsižvelgiant į stebėjimo metu užfiksuotus laiko nuostolius ir ekspertų įžvalgas, straipsnyje siūlomas kompleksinis sandėliavimo procesų tobulinimo modelis, apjungiantis WMS modulio su „Dock-to-Stock“ funkcija įdiegimą, dinaminę ABC klasifikaciją maršrutų optimizavimui ir RF terminalų („pick-by-scan“) integraciją. Šių skaitmenizacijos sprendimų ekonominis pagrindimas ir atsipirkamumo (ROI) prognozė pateikiama 2 lentelėje.

2 lentelė. Skaitmenizacijos sprendimų ekonominio atsipirkamumo suvestinė

Table 2. Summary of economic return on digitalization solutions

Rodiklis <i>Indicator</i>	Vertė (Eur) <i>Value (Eur)</i>	Pastabos <i>Notes</i>
Numatomos investicijos (CAPEX) <i>Expected investments (CAPEX)</i>	45 000	Įranga, programinė įranga, mokymai <i>Equipment, software, training</i>
Metinė finansinė nauda iš klaidų mažinimo <i>Annual financial benefit from error reduction</i>	37 500	Išvengti klaidų taisymo nuostoliai <i>Avoided error correction losses</i>
Metinė nauda iš darbo laiko taupymo <i>Annual benefit from working time savings</i>	24 180	2015 sutaupytų val. × 12 Eur <i>2015 saved hours × 12 Eur</i>
Bendra metinė ekonominė nauda <i>Total annual economic benefit</i>	61 680	Finansinė ir operacinė vertė <i>Financial and operational value</i>
Atsipirkimo laikotarpis <i>Payback period (PB)</i>	0,73 metų <i>0.73 years</i>	Apie 9 mėn. <i>About 9 months</i>

Atlikta analizė rodo, kad investicijos į sandėliavimo procesų skaitmenizavimą UAB „X“ atveju yra ekonomiškai ypač efektyvios. Prognozuojama, kad RF terminalų diegimas sumažintų klaidų lygį nuo 1,4 % iki 0,2 %, kas sugeneruotų didžiausią tiesioginę finansinę grąžą – 37 500 Eur per metus iš išvengtų klaidų taisymo kaštų. WMS sistema priėmimo laiką sutrumpintų 30 %, o maršrutų optimizavimas komplektavimo našumą padidintų 25 %, leisdamas sutaupyti virš 2000 darbo valandų per metus.

Apskaičiuotas projekto atsipirkimo laikotarpis (PB), siekiantis 0,73 metų, viršija vidutinę logistikos sektoriaus investicijų grąžos normą ir įrodo, kad kompleksinis skaitmeninių sprendimų taikymas įmonei leidžia apdoroti didesnę užsakymų srautą su esamais žmogiškaisiais ištekliais, atstatant pelningumo maržas. Be tiesioginės finansinės naudos, ši transformacija užtikrina duomenų skaidrumą realiu laiku, kas ilgalaikėje perspektyvoje didina atsparumą rinkos svyravimams ir klientų lojalumą.

Išvados

1. Atlikus UAB „X“ sandėlio operacijų tiesioginį stebėjimą bei pusiau struktūruotą ekspertų interviu, nustatyta, kad įmonėje vyraujantys rankiniai procesai bei popierinis dokumentų valdymas riboja veiklos efektyvumą ir tampa kliūtimi tolimesnei plėtrai. Didžiausia problema nustatyta prekių priėmimo etape: apie 65 % viso operacijos laiko sugaištama neproduktyviam darbui, t.y. popierinių sąskaitų ir dokumentų tikrinimui ir duomenų perrašymui į sistemą, kas vidutiniškai užtrunka 30 min. vienai siuntai. Be to, dėl neoptimizuoto prekių išdėstymo ir dinaminės ABC klasifikacijos nebuvimo, darbuotojai priversti atlikti perteklinį judėjimą, per pamainą nueidami vidutiniškai 11,8 km. Toks fizinis krūvis mažina darbo našumą ir tiesiogiai koreliuoja su nustatytu 1,4 % klaidų lygiu, kurį lemia žmogiškasis faktorius ir vizualinio tikrinimo netikslumai.

2. Siekiant sumažinti nustatytus trūkumus, pasiūlytas kompleksinis skaitmenizavimo modelis, apimantis WMS sistemos diegimą su „Dock-to-Stock“ funkcija, RF terminalų naudojimą realaus laiko kontrolei bei dinaminės ABC klasifikacijos algoritmo integraciją. Atliktas ekonominio efektyvumo vertinimas parodė, kad šie sprendimai leistų ne tik padidinti komplektavimo našumą 25 %, bet ir sumažinti klaidų lygį nuo 1,4 % iki 0,2 %, taip sutaupant 37 500 Eur per metus vien iš išvengtų klaidų taisymo nuostolių. Prognozuojama, kad bendra metinė ekonominė nauda sieks 61 680 Eur, o pradinės 45 000 Eur investicijos (CAPEX) atsipirks per rekordiškai trumpą 0,73 metų laikotarpį. Be finansinių rodiklių, papildomai skaitmenizavimas užtikrintų procesų atsekamumą realiu laiku bei sumažintų darbuotojų fizinį krūvį, taip pat didinant ilgalaikį įmonės konkurencingumą dinamiškoje logistikos rinkoje.

Literatūra

1. Al Barwani, T. I., & Reason, M. (2025). The Impact of Digital Transformation on Warehouse Efficiency. *International Journal of Scientific Research & Engineering Trends*, 10 (1), 122–126. Prieiga per internetą: https://ijsret.com/wp-content/uploads/2025/01/IJSRET_V11_issue1_105.pdf (žiūrėta 2026-03-31)

2. Bartholdi, J. J., III, & Hackman, S. T. (2019). Warehouse and distribution science (Release 0.98.1). Prieiga per internetą: <https://www.warehouse-science.com/book/editions/wh-sci-0.98.1.pdf> (žiūrėta 2026-03-31)
3. Drejeris, R. (2015). Inovacijų vadybos pagrindai. Vytauto Didžiojo universitetas.
4. Jarašūnienė, A., Čižiūnienė, K., & Čereška, A. (2023). Research on impact of IoT on warehouse management. *Sensors*, 23(4), 2213 . <https://doi.org/10.3390/s23042213>
5. Kardelis, K. (2016). Mokslinių tyrimų metodologija ir metodai (2-asis patais. ir papild. leid.). Mokslo ir enciklopedijų leidybos centras.
6. Kembro, J. H., & Norrman, A. (2025). A strategic perspective on automated warehouse systems in retail: Insights from a multiple case study. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 55(11), 57–91 . <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-05-2024-0218>
7. Perkumienė, D., Ratautaitė, K., & Pranskūnienė, R. (2022). Innovative solutions and challenges for the improvement of storage processes. *Sustainability*, 14, 10616 . <https://doi.org/10.3390/su141710616>
8. Sulalai, S., Ongkunaruk, P., & Tsang, Y. P. (2025). Is Warehouse Management System (WMS) really important? A case study in a Thailand's warehouse. In Accelerated Innovation (AI): Sustainability for Better Humanity Conference (pp. 397–401). Toknowpress. Prieiga per internetą: <https://toknowpress.net/ISBN/978-961-6914-20-8/87.pdf> (žiūrėta 2026-03-31)
9. Tubis, A. A., & Rohman, J. (2023). Intelligent warehouse in Industry 4.0—Systematic literature review. *Sensors*, 23(8), 4105 . <https://doi.org/10.3390/s23084105>
10. Winkelhaus, S., & Grosse, E. H. (2020). Logistics 4.0: A systematic review toward a new logistics system. *International Journal of Production Research*, 58(1), 18–43. . <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1612964>

IMPROVEMENT OF WAREHOUSING PROCESSES THROUGH DIGITALIZATION SOLUTIONS: A CASE STUDY OF COMPANY X

Abstract

Companies providing warehousing services are constantly seeking solutions to optimize warehouse operations and processes, reduce time consumption, and improve economic performance. However, they face a shortage of qualified personnel, growing customer expectations, and increasing competition, which, according to Winkelhaus and Grosse (2020), drives the integration of physical processes with data flows. According to Tubis and Rohman (2023), this raises the main research problem: what digitalization solutions can be applied in a warehouse to streamline processes, reduce the error rate, and achieve greater economic benefits?

The aim of this research is to identify the warehousing process problems at UAB "X" and to propose potential digitalization solutions. The object of the research is the improvement of warehousing processes through digitalization solutions. The applied research methods include document analysis, semi-structured interviews, and observation.

The research results revealed that the main problems at UAB "X" include time-consuming receiving operations due to paper-based documentation, excessive employee movement (11.8 km per shift), and a 1.4% error rate caused by manual labor. The proposed digitalization solutions for improving warehousing processes include the implementation of a Warehouse Management System (WMS), the integration of Radio Frequency (RF) terminals, and the application of dynamic ABC classification. These solutions aim to generate annual savings of €61,680, with a payback period of 0.73 years.

A combination of research methods (triangulation) was chosen to ensure data reliability and objectivity: document analysis allowed for the identification of problems in the initial stage, observation enabled the measurement of actual operational time consumption in a natural environment, and semi-structured interviews provided the deeper expert insights necessary for selecting the appropriate digitalization solutions.

Keywords: warehousing processes, digitalization, WMS, RF terminals, payback period.