

dr Damian Ostrowski

Uniwersytet WSB Merito, Wydział WFiZ, Fabryczna 29-31,
53-609 Wrocław, Polska

E-mail: damian.ostrowski@wroclaw.merito.pl

ORCID: 0000-0001-8659-7001

mgr inż. Agnieszka Wierzbicka

Uniwersytet WSB Merito, Wydział WFiZ, Fabryczna 29-31,
53-609 Wrocław, Polska

E-mail: agnieszka.wierzbicka@wroclaw.merito.pl

ORCID:0009-0003-9143-2043

**Automatyzacja procesów magazynowych jako kierunek
doskonalenia obszaru logistyki kontraktowej**

**Automation of Warehouse Processes as a Direction for the
Improvement of Contract Logistics Operations**

Streszczenie: Logistyka kontraktowa obejmuje przekazywanie wybranych operacji logistycznych zewnętrznym operatorom w celu optymalizacji kosztów i utrzymania konkurencyjności. Celem artykułu była identyfikacja funkcjonalności zastosowanej automatyki w logistyce kontraktowej jako technologicznego rozwiązania wspierającego kreowanie nowych trendów biznesowych. Badanie, oparte na wywiadzie oraz analizie dokumentacji technicznej, potwierdziło, że implementacja automatyki znacząco skraca czas rozładunku naczep i usprawnia procesy magazynowe. Wyniki wykazały również dodatkowe możliwości rozwojowe urządzenia oraz jego potencjał do dalszej automatyzacji operacji logistycznych. Wnioski potwierdzają, że automatyzacja wyraźnie redukuje czas operacji, obniża koszty i zwiększa bezpieczeństwo pracy, co uzasadnia dalsze inwestycje w nowoczesne technologie w logistyce kontraktowej.

Abstract: Contract logistics involves outsourcing selected logistics operations to external operators to optimize costs and maintain competitiveness. The aim of the article was to identify the functionalities of automation applied in contract logistics as a technological solution supporting the creation of new business trends. The study, based on an interview and an analysis of technical documentation, confirmed that the implementation of automation significantly reduces trailer unloading time and streamlines warehouse processes. The results also revealed additional development opportunities for the device and its potential for further automation of logistics operations. The findings confirm that automation clearly reduces operation time, lowers costs, and increases work safety, which justifies further investments in modern technologies within contract logistics.

Słowa kluczowe: Logistyka kontraktowa, usługi logistyczne, e-commerce, automatyka, technologia

Keywords: Contract logistics, logistics services, e-commerce, automation, technology

1. Wprowadzenie

Usługi logistyki kontraktowej koncentrują się zazwyczaj na operacjach wydzielonych i wskazanych przez klienta, obejmując

swoją działalnością wybrane sektory, takie jak transport, spedycja, dystrybucja czy e-commerce, a także branże, w tym FMCG, retail oraz high-tech. Zakres tych usług jest precyzyjnie określony w kontrakcie zawierającym pomiędzy klientem a firmą outsourcingową, do której przekazywane są konkretne zadania i operacje realizowane w ramach logistyki kontraktowej. Zgodnie z definicją zaproponowaną przez Wiktorowską-Jasik (2011), logistyka kontraktowa to sformalizowana współpraca oparta na umowie, w ramach, której przedsiębiorstwo przekazuje realizację wybranych funkcji logistycznych wyspecjalizowanemu podmiotowi zewnętrznemu. Najczęściej rolę tę pełni operator logistyczny, dysponujący odpowiednimi zasobami i kompetencjami. Ze względu na charakter umowy współpraca ta ma zwykle wymiar długoterminowy. W literaturze coraz częściej stosuje się również pojęcie outsourcingu logistycznego.

Celem artykułu była identyfikacja funkcjonalności zastosowanej automatyki w logistyce kontraktowej jako technologicznego rozwiązania wspierającego kreowanie nowych trendów w biznesie. Niniejsze opracowanie stanowi próbę ukazania praktycznego zastosowania automatyki w procesach logistycznych oraz jej rzeczywistego wpływu na optymalizację wybranych etapów tych procesów. Na podstawie przeprowadzonej analizy wyników autor przedstawił wnioski potwierdzające realizację założonego celu badawczego.

2. Przegląd literatury

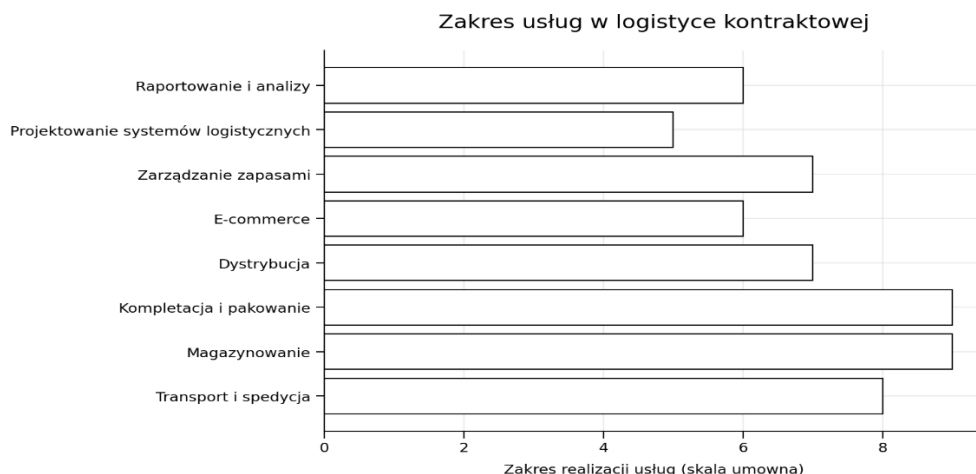
Koncepcja Przemysłu 4.0 jest ukierunkowana w rozwój firm poprzez integrację systemów oraz tworzenie sieci i integrację ludzi ze sterowanymi cyfrowo maszynami, wykorzystując przy tym Internet oraz technologie informacyjne (Gajdzik, Grabowska, 2018). W tym kontekście automatyzacja w logistyce i zarządzaniu magazynem stanowi fundamentalną zmianę w sposobie funkcjonowania łańcuchów dostaw, umożliwiając przezwyciężanie barier oraz wykorzystywanie nowych możliwości technologicznych. (Gaikwad i in., 2024). Według Miszewski (2019) automatyzacja magazynów optymalizuje pracę i obniża koszty, umożliwiając pracę całodobową, a w pełni zautomatyzowane obiekty maksymalizują wykorzystanie wysokości budynku, redukując potrzebę zakupu dużych gruntów. Alternatywnie stosowane systemy wspierające łączą precyzję maszyn z elastycznością człowieka, redukując błędy pracowników. Rozwój inteligentnych systemów produkcyjnych ukierunkowany jest na uzyskanie autonomii, zapewni wysoką elastyczność i efektywność produkcji (Bendkowski, 2017). Jak wskazuje Christopher (2016), nowoczesne systemy logistyczne coraz częściej opierają się na zaawansowanych rozwiązaniach technologicznych, które pozwalają skrócić czas realizacji procesów oraz lepiej wykorzystać dostępne zasoby, co dodatkowo wzmacnia znaczenie logistyki kontraktowej w budowaniu przewagi konkurencyjnej. Bowersox i in. (2019) podkreślają, że integracja automatyki z procesami magazynowymi i transportowymi pozwala operatorom logistyki kontraktowej na elastyczne dostosowanie się do zmiennych wymagań klientów oraz wzrostu wolumenu obsługiwanych operacji. Jak wskazują badania

(Dąbrowski, 2015), oprócz głównych założeń w świadczonych usługach logistyki kontraktowej, dodatkowym czynnikiem gwarantującym prowadzenie pełnej działalności są wymogi prawne, techniczne i infrastrukturalne, które wpływają obopólnie na obszar danego sektora. Natomiast według autora (Michalski, Kowalewska, 2019) outsourcing logistyczny w ramach logistyki kontraktowej stanowi długookresową strategię budowania przewagi konkurencyjnej oraz optymalizacji kosztów operacyjnych. Współcześni operatorzy jako partnerzy strategiczni i centra łańcuchów dostaw, realizują długoterminowe umowy obejmujące składowanie, zarządzanie zapasami oraz usługi o wartości dodanej (VAS), takie jak co-packing (przepakowywanie). Z kolei Rushton i in. (2017) zauważają, że automatyzacja stanowi istotny element budowania przewagi konkurencyjnej w logistyce kontraktowej, szczególnie w obszarach takich jak kompletacja, załadunek i rozładunek, gdzie kluczowe znaczenie mają czas, niezawodność oraz bezpieczeństwo procesów. Innym czynnikiem implementacji automatyki w logistyce kontraktowej jest szerokie spektrum technologii wspierających procesy magazynowe i dystrybucyjne, w tym m.in. systemy automatycznego składowania i pobierania (AS/RS), przenośniki rolkowe i taśmowe, sortery, roboty mobilne AMR, a także zautomatyzowane linie załadunku i rozładunku. Zastosowanie tego typu rozwiązań umożliwia znaczące skrócenie czasów realizacji operacji logistycznych, ograniczenie liczby błędów ludzkich oraz poprawę bezpieczeństwa pracy (Bowersox i in., 2019). Istotnym elementem automatyzacji jest również integracja urządzeń

technicznych z systemami informatycznymi, takimi jak WMS (Warehouse Management System), WES (Warehouse Execution System) czy TMS (Transport Management System). Umożliwiają one automatyzację i optymalizację głównych procesów logistycznych. Systemy WMS i TMS automatyzują kluczowe procesy logistyczne, usprawniając zarządzanie magazynem i transportem. W efekcie zwiększają szybkość, dokładność i efektywność całego łańcucha dostaw (Kozłowska, 2024). Dzięki wykorzystaniu technologii informatycznych operatorzy logistyki kontraktowej mogą szybciej reagować na zmienne wolumeny zleceń, szczególnie w sektorach takich jak e-commerce, gdzie kluczowe znaczenie mają szybkość realizacji i elastyczność operacyjna. Technologie Przemysłu 4.0, takie jak IoT, AI i Big Data, coraz silniej wpływają na logistykę i łańcuchy dostaw. Umożliwiają one zwiększenie efektywności operacyjnej, widoczność procesów oraz lepsze planowanie działań. Dodatkowo wspierają analitykę predykcyjną i podejmowanie decyzji opartych na danych (Zaman i in., 2025). Jak wskazują Leończuk i Golubiewska (2021), wdrażanie zaawansowanych technologii stanowi istotny czynnik budowania długotrwałej przewagi konkurencyjnej operatorów logistycznych oferujących kompleksowe usługi kontraktowe. Współczesne przedsiębiorstwa, dążąc do utrzymania konkurencyjności, koncentrują się na rozwoju działalności w różnych sektorach oraz aktywnym pozyskiwaniu klientów. W podstawowym zakresie logistyka kontraktowa oferuje klientom kompleksowy pakiet czynności realizowanych w obrębie danego magazynu, obejmujący odpowiednią liczbę pracowników, zaplecze techniczne, wyposażenie

oraz specjalistyczny sprzęt. Outsourcing logistyczny, w zależności od branży oraz specyfiki działalności przedsiębiorstwa, koncentruje się przede wszystkim na procesach magazynowych, takich jak: rozładunek pojazdów, przyjęcie towaru do magazynu, składowanie, kompletacja zamówień, etykietowanie, pakowanie, sortowanie przesyłek, organizacja transportu oraz dystrybucja (Bowersox i in., 2019). Rozszerzanie zakresu świadczonych usług przez operatorów outsourcingowych o kolejne funkcje logistyczne zarówno w odniesieniu do całości procesów, jak i ich wybranych elementów określone jest jako dostarczanie kompleksowych rozwiązań logistycznych (Leończuk, Golubiewska, 2021). Współczesny operator logistyczny to zintegrowane ogniwo sieci dostaw, odpowiedzialne za kompleksowe zarządzanie przepływem towarów zgodnie z zasadą 7W (właściwe dobro, czas, ilość, stan, miejsce, odbiorca, koszt). Precyzyjna harmonizacja tych elementów pozwala na optymalizację procesów w ramach łańcucha dostaw (Wiśniewska, 2009). Istotnym obszarem działalności logistyki kontraktowej jest sektor e-commerce (electronic commerce), który odnosi się do procesów kupna i sprzedaży realizowanych za pośrednictwem Internetu (Brzozowska-Woś, 2014). Dynamiczny rozwój handlu elektronicznego przyczynił się do poszerzenia kanałów dotarcia do klientów, usprawnienia organizacji handlu oraz wdrażania innowacyjnych rozwiązań technologicznych. Jak zauważa Zagajewski, Saniuk (2018), e-commerce nie tylko intensyfikuje wykorzystanie rozwiązań sieciowych, lecz także sprzyja budowaniu relacji oraz interakcji pomiędzy uczestnikami rynku. Działalność

operatorów logistyki kontraktowej może być realizowana w różnych modelach współpracy, określanych jako 1PL, 2PL, 3PL, 4PL oraz 5PL, w zależności od zakresu odpowiedzialności i rodzaju zawartego kontraktu z klientem (Zelkowski i in., 2018). W ramach outsourcingu logistycznego operatorzy przejmują odpowiedzialność za realizację zadań określonych w umowie, obejmujących zarządzanie łańcuchem dostaw zgodnie z wysokimi standardami logistycznymi. Zakres powierzanych funkcji logistycznych może obejmować między innymi: organizację transportu i spedycji, logistykę wewnątrzzakładową, składowanie, zarządzanie magazynem, projektowanie systemów logistycznych, pakowanie oraz paletyzację, wybór dostawców, obsługę opakowań zwrotnych oraz sporządzanie raportów, analiz prognostycznych (Grabowska, 2012). Podsumowując, automatyka i nowoczesne technologie stanowią obecnie nieodzowny element rozwoju logistyki kontraktowej. Ich zastosowanie nie tylko wspiera optymalizację kosztów i poprawę jakości obsługi klienta, lecz także umożliwia skalowanie działalności, wdrażanie innowacyjnych modeli biznesowych oraz dalszą profesjonalizację usług logistycznych.



Rys. 1. Zakres usług w logistyce kontraktowej.

Uwaga. Opracowanie własne na podstawie literatury (Bowersox i in., 2019, Grabowska, 2012).

Rysunek przedstawia przykładowy zakres usług realizowanych w ramach logistyki kontraktowej. Skala ma charakter umowny i odzwierciedla względny poziom zaangażowania operatorów logistycznych w poszczególne obszary działalności, takie jak transport i spedycja, magazynowanie, kompletacja i pakowanie, dystrybucja, obsługa e-commerce, zarządzanie zapasami, projektowanie systemów logistycznych oraz raportowanie i analizy. Największy udział w strukturze usług stanowią procesy magazynowe oraz operacje kompletacyjne, co potwierdza ich kluczowe znaczenie w outsourcingu logistycznym.

3. Metodologia badań

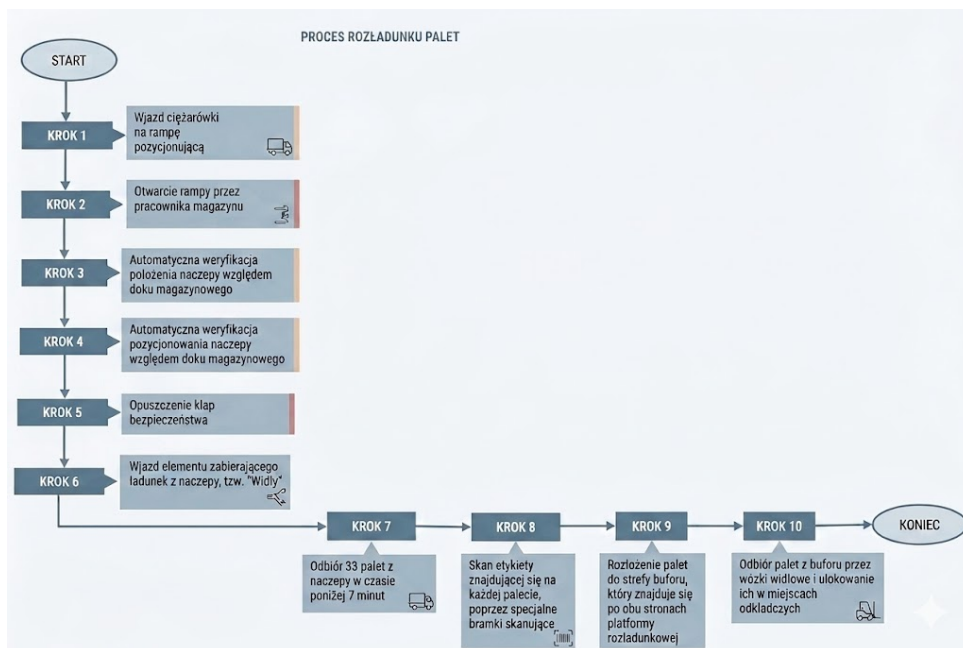
Przeprowadzone badanie miało na celu identyfikację oraz analizę funkcjonalności zastosowanych rozwiązań automatyki w logistyce kontraktowej, ze szczególnym uwzględnieniem ich roli jako technologii kreujących nowe trendy w działalności biznesowej. Prace badawcze zostały przeprowadzone na przełomie października i listopada 2022 roku w jednym z centrów logistycznych zlokalizowanych na terenie Polski. W przeprowadzonym badaniu zastosowano metodę wywiadu bezpośredniego, rozumianego jako usystematyzowaną i celową rozmowę badacza ze Specjalistą ds. Procesów Magazynowych. Dobór tej techniki umożliwił pozyskanie pogłębionych informacji dotyczących praktycznych aspektów wdrożenia oraz eksploatacji analizowanego rozwiązania technologicznego w rzeczywistych warunkach operacyjnych. Narzędziem badawczym był autorski zestaw sześciu pytań problemowych, opracowanych w oparciu o analizę literatury przedmiotu oraz wstępne rozpoznanie procesów logistycznych w przedsiębiorstwie. Pytania ukierunkowano na ocenę przebiegu wdrożenia, efektywności funkcjonowania oraz wpływu na organizację pracy urządzenia przeznaczonego do automatycznego rozładunku naczep za pomocą zautomatyzowanych wideł, tzw. Q Loader. Zastosowanie tej formy wywiadu pozwoliło na uzyskanie danych jakościowych o wysokim stopniu szczegółowości, odzwierciedlających doświadczenia użytkownika końcowego oraz specyfikę środowiska operacyjnego, w którym urządzenie jest eksploatowane.

Pytania obejmowały następujące zagadnienia:

1. Jakie są planowane kierunki rozwoju funkcjonalności Q-Loadera?
2. Jak przebiegał proces wdrożenia nowego urządzenia?
3. Jakie problemy wystąpiły podczas wdrożenia?
4. Jakie korzyści odnotowano po uruchomieniu automatycznych widel?
5. Jak długo trwał proces wdrożenia?
6. Jakie błędy projektowe pozostają nadal do rozwiązania?

Zastosowanie tej metody umożliwiło pozyskanie danych jakościowych dotyczących zarówno aspektów technicznych, jak i organizacyjnych związanych z implementacją automatyki magazynowej. W ramach prowadzonych badań autor posiłkował się szeregiem materiałów źródłowych, obejmujących dokumentację projektową, nagrania wideo przedstawiające proces implementacji oraz przebieg testów urządzenia automatycznego, a także dokumentację dostarczoną przez firmę wdrożeniową (m.in. instrukcje obsługi oraz instrukcje montażu urządzenia). Zgromadzone materiały umożliwiły kompleksową analizę funkcjonalną badanego systemu.

Proces rozładunku palet za pomocą linii rozładunkowej Q-Loader



Rys. 2. Schemat blokowy procesu rozładunku.

Uwaga. Opracowanie własne na podstawie dokumentacji projektowej firmy wdrożeniowej.

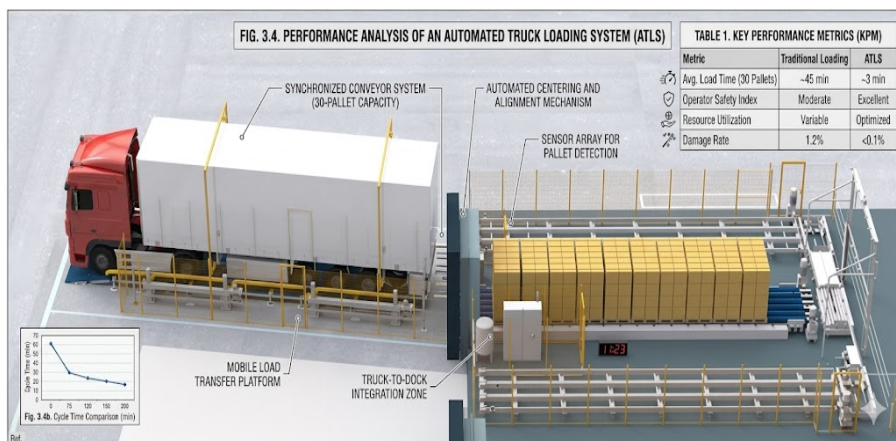
Powyższy schemat przedstawiony zautomatyzowany proces rozładunku palet w magazynie logistyki kontraktowej, obejmujący etapy od pozycjonowania naczepy przy rampie do umieszczenia jednostek ładunkowych w strefach buforowych, a następnie w wyznaczonych lokacjach magazynowych. Operator konsoli czuwa nad całym procesem rozładunku automatycznego, który trwa około 15 minut wraz z rozmieszczeniem palet na bufory. Sterowanie urządzeniem może odbywać się w trybie ręcznym lub automatycznym, z pulpitu stacjonarnego znajdującego się w magazynie przy urządzeniu Q-Loader. Głównym celem autora było

szczegółowe zapoznanie się z konstrukcją oraz zasadą działania modułu „widel” Q-Loader, odpowiedzialnego za zapewnienie ciągłości procesu rozładunku. Analizowane urządzenie, zgodnie z danymi eksploatacyjnymi, umożliwia rozładunek około 40 naczep w ciągu doby. W ujęciu teoretycznym, przy założeniu pracy w warunkach optymalnych, system ten może osiągnąć wydajność sięgającą nawet 72 naczep na dobę. Proces przewożenia palet z buforu, odbywa się za pomocą wózków widłowych operowanych przez operatora tych urządzeń, a także przez autonomiczne wózki samojezdniowe AGV. Dostawy dedykowane dla danej grupy artykułów są powiązane z systemem WMS. System Q-Loader pełni funkcję modułu komunikacyjnego i decyzyjnego w zautomatyzowanym środowisku intralogistycznym. Jego zadaniem jest generowanie i przekazywanie sygnałów sterujących do autonomicznych wózków AGV (Automated Guided Vehicles), informujących je o przypisaniu konkretnej jednostki ładunkowej (palety) do danego pojazdu. Po otrzymaniu komunikatu z Q-Loadera, wózek AGV inicjuje procedurę pobrania ładunku, która obejmuje:

- Nawigację autonomiczną do lokalizacji palety, realizowaną na podstawie algorytmów SLAM.
- Identyfikację ładunku poprzez skanowanie etykiety logistycznej.
- Wymianę danych z systemem WMS (Warehouse Management System), który dostarcza informacji o docelowej lokalizacji składowania przypisanej palety.

Po przetworzeniu danych z WMS, wózek AGV wykonuje zadanie transportowe poprzez autonomiczne przemieszczenie się do wskazanego adresu magazynowego, precyzyjne odstawienie palety w lokalizacji docelowej a następnie potwierdza wykonanie zadania poprzez komunikację zwrotną z WMS.

Cały proces stanowi przykład zintegrowanego systemu cyber-fizycznego (CPS), w którym sprzęt transportowy, oprogramowanie zarządzające i moduły komunikacyjne współpracują w czasie rzeczywistym, zapewniając automatyzację przepływu materiałów, minimalizację błędów oraz zwiększenie efektywności operacyjnej magazynu. Projekt został zaimplementowany w celu skrócenia czasu rozładunku towarów z naczep ciężarowych, a co za tym idzie, przyspieszenia całego procesu rozładunkowego wraz z szybszym rozmieszczeniem palet w lokalizacjach magazynowych. Głównym założeniem projektu było skrócenie i optymalizacja procesów magazynowo - rozładunkowych.



Rys. 3. Rysunek poglądowy linii rozładunkowej Q-Loader.

Uwaga. Opracowanie własne na podstawie dokumentacji projektowej.

4. Wyniki

W przeprowadzonym badaniu dokonano analizy uzyskanych wyników oraz sformułowano wnioski, które pojawiły się w trakcie jego realizacji. Analiza została opracowana na podstawie rozmowy ze Specjalistą ds. Procesów Magazynowych w badanym centrum logistycznym oraz dokumentacji projektowej dostarczonej przez firmę wdrożeniową. Kluczowym celem badania było poznanie funkcjonalności oraz korzyści wynikających z zastosowania zaimplementowanego urządzenia do rozładunku palet. Na podstawie zebranych informacji sformułowano szereg istotnych wniosków, które umożliwiły przeprowadzenie pogłębionej analizy wyników oraz osiągnięcie celu określonego we wstępie niniejszego artykułu.

Dzięki wdrożeniu automatycznego systemu rozładunku Q-Loader zyskano:

- Zautomatyzowane zarządzanie ładunkami oraz kontrolę rozładunku. Automatyczne przyjęcie palet do systemu WMS.
- Zminimalizowanie czasu rozładunku: automatyczny rozładunek 33 palet w 7 minut bez rozdzielania palet na bufory. Rozdzielenie palet na bufory, łączny czas rozładunku to 15 minut. Możliwość rozładowania 4 naczep w ciągu godziny. W ciągu doby kontraktowo można rozładować 72 naczepy.
- Rozładunek palet Euro w układzie 11×3.
- Zadowolenie kierowców z skróconego czasu postoju (możliwości wykonania większej liczby transportów w jednostce czasu).
- Obniżenie kosztów kapitałowych i operacyjnych.
- Zyskanie pełnej automatyzacji magazynu, wraz z dodatkowymi interfejsami między systemami magazynowymi – WMS.
- Zminimalizowanie ilości wypadków oraz uszkodzeń towarów.
- Zoptymalizowanie poziomu bezpieczeństwa w strefie rozładunku.
- Zmniejszenie zapotrzebowania na pracowników stałych.
- Ograniczenie ilości wózków widłowych oraz ich potencjalne awarie.
- Ustawienie kontroli wagi ładunku bezpośrednio podczas rozładunku towaru. Maksymalna waga palety 1200 kg - możliwość indywidualnego dopasowania.

- Brak konieczności przebudowy naczep ciężarówek pod platformę zewnętrzną. System bazuje naczepę i pozwala bardzo precyzyjnie ustawić urządzenie do naczepy, jest to rozwiązanie innowacyjne na skalę światową.
- Wdrożono autonomiczne wózki AGV w celu przyspieszenia procesu odbierania palet z buforu. Implementacja dwóch urządzeń technologicznych pozwoliła na obniżenie kosztów operacyjnych oraz zwiększenie wydajności realizowanych transportów.

Potrzeba obniżenia kosztów logistycznych w warunkach silnej konkurencji zarówno producentów, jak i firm logistycznych stworzyła impuls do dalszej rozbudowy Q-Loadera pod względem technicznym oraz automatycznym. Wprowadzane innowacje przyczynią się do powstania nowych, kluczowych korzyści, które mogą stać się istotnym elementem w realizacji strategii przedsiębiorstw dążących do zwiększenia efektywności operacyjnej. Istotnym kierunkiem rozwoju są również przyszłe testy, które umożliwią dostosowanie urządzenia do obsługi innych jednostek ładunkowych, takich jak palety z napojami, towary transportowane na przenośnikach, opakowania kartonowe czy sprzęt AGD. Obecnie Q-Loader wykorzystywany jest wyłącznie do rozładunku palet, jednak w przyszłości planowane jest jego zastosowanie również w procesach załadunkowych różnych typów jednostek ładunkowych. Rozszerzenie funkcjonalności urządzenia pozwoli nie tylko na osiągnięcie dodatkowych korzyści operacyjnych,

lecz także na skrócenie czasu załadunku, co przełoży się na dalszą optymalizację procesów logistycznych.

Główne założenia docelowego produktu zaprojektowanego przez firmę wdrożeniową, określają:

- Możliwość załadunku towarów w dowolnej orientacji palety oraz towarów bez palet, ze względu na zwiększające się zapotrzebowanie na rotację towarów.
- Zwiększenia maksymalnej wydajności jednego stanowiska załadunkowego o 300 - 400%.
- Możliwość indywidualnego dopasowania do rodzajów i rozmiarów palet.
- Krótsza droga wózków widłowych dowożących towar z wydzielonej części magazynu.
- Monitoring ładunku wraz z wydrukiem kontrolnym ładunku.
- Zwiększenie ilości ładowanych aut przy tej samej ilości doków.
- Skrócenie czasu przebywania osób obcych na terenie magazynu – zewnętrzni kierowcy.
- Zarządzanie własną flotą samochodową umożliwia redukcję czasu postoju poprzez skrócenie procesów załadunku/rozładunku.
- Zmniejszenie strat ciepła lub zimna w chłodniach podczas załadunków/rozładunków.
- Ochrona środowiska (eliminacja spalinowych wózków widłowych).

- Uzyskanie bezpiecznego i kontrolowanego procesu logistycznego w ramach zrównoważonego rozwoju.
- Możliwość automatycznego załadunku kontenera morskiego 40 st.
- Możliwość automatycznego ładowania naczepy „firanki” z unoszonym dachem.

Kluczowym osiągnięciem projektu jest możliwość instalacji kompletnego urządzenia do rozładunku palet bez konieczności ingerencji w konstrukcję magazynu ani modyfikacji jego infrastruktury budowlanej. System został trwale zakotwiczony do posadzki oraz nawierzchni zewnętrznej, co czyni go rozwiązaniem wysoce elastycznym i możliwym do implementacji w zróżnicowanych warunkach technicznych. Należy podkreślić, że stanowi to innowację o charakterze globalnym. Z tego względu opracowane rozwiązanie automatycznego rozładunku może być z powodzeniem wdrażane w innych obiektach magazynowych, a także komercjalizowane poza strukturami przedsiębiorstwa. Zastosowanie urządzenia tego typu umożliwia redukcję liczby doków przeładunkowych nawet pięciokrotnie, co w sposób bezpośredni wpływa na obniżenie kosztów inwestycyjnych ponoszonych przez deweloperów powierzchni przemysłowych. W efekcie możliwe staje się projektowanie centrów logistycznych o mniejszym zapotrzebowaniu infrastrukturalnym, przy jednoczesnym dostosowaniu ich do dynamicznie zmieniających się warunków rynkowych. Linia do automatycznego rozładunku palet stanowi rozwiązanie ekonomicznie uzasadnione, jednak jej znaczenie

wykracza poza aspekt finansowy. Wdrażanie automatyki, robotyki oraz technologii zgodnych z koncepcją Przemysłu 4.0 staje się obecnie kluczowym kierunkiem rozwoju przedsiębiorstw logistycznych. Centrum logistyczne, w którym oprócz implementacji Q-Loadera, zainwestowano również w autonomiczne wózki transportowe zintegrowane z systemem WMS, stanowi kolejny przykład rosnącej roli automatyzacji w optymalizacji procesów magazynowych i dystrybucyjnych. Analiza dokumentacji wdrożeniowej wykazała, że w trakcie implementacji linii rozładunkowej Q-Loader pojawiły się problemy o charakterze technicznym i systemowym. Wszystkie nieprawidłowości były jednak na bieżąco diagnozowane, korygowane i testowane w warunkach operacyjnych magazynu. Proces pełnej stabilizacji i osiągnięcia pełnej funkcjonalności urządzenia trwał ponad rok. Obecnie prowadzone są kolejne testy ukierunkowane na rozszerzenie funkcjonalności systemu, co umożliwi jego adaptację do obsługi szerszego spektrum jednostek ładunkowych oraz integrację z dodatkowymi rozwiązaniami technologicznymi.

5. Dyskusja

Wyniki wdrożenia Q-Loadera potwierdzają, że automatyzacja znacząco zwiększa efektywność procesów magazynowych. Artykuł wskazuje, że automatyczny rozładunek 33 palet w ciągu 7 minut, pozwala w ciągu doby można rozładować 72 auta, co dowodzi dużej przewagi czasowej nad metodami tradycyjnymi. Automatyzacja poprawiła również bezpieczeństwo i jakość pracy, zmniejszono ilość wypadków i uszkodzeń towarów. Wdrożenie wymagało jednak długiego okresu

stabilizacji, proces pełnej funkcjonalności trwał ponad rok. Co pokazuje złożoność projektów automatyzacyjnych. Mimo trudności przedsiębiorstwo wykazało wysoki poziom adaptacji do technologii Przemysłu 4.0, integrując Q-Loadera z WMS i wózkami AGV. Podsumowując, Q-Loader stanowi przykład skutecznej automatyzacji, przynoszącej wymierne korzyści operacyjne i kosztowe, jednocześnie ujawniając obszary wymagające dalszego rozwoju.

6. Wnioski

W przeprowadzonym badaniu szczegółowo scharakteryzowano kluczowe funkcjonalności oraz przedstawiono najważniejsze zalety linii rozładunkowej Q-Loader, podkreślając jej znaczenie w kontekście automatyzacji procesów logistycznych i zwiększania efektywności operacyjnej przedsiębiorstwa. Autor opracowania dążył do możliwie precyzyjnego i klarownego zaprezentowania celu badania, natomiast zastosowane pytania badawcze umożliwiły jednoznaczne zdefiniowanie zakładanego konceptu oraz przedstawienie osiągniętych wyników. Współczesne centra logistyczne intensyfikują działania ukierunkowane na pozyskiwanie wiedzy, zasobów oraz technologii umożliwiających rozwój infrastruktury magazynowej, wdrażanie innowacji oraz optymalizację procesów w całej strukturze organizacyjnej. Rozbudowa relacji w łańcuchu dostaw oraz ich integracja z rozwiązaniami charakterystycznymi dla Przemysłu 4.0 w tym technologiami sztucznej inteligencji prowadzi do systematycznego ograniczania udziału pracy fizycznej na rzecz zaawansowanych, zautomatyzowanych systemów technologicznych. Według Bujaka

(2017) „megatrendy” logistyczne, obejmujące globalne i długofalowe zmiany społeczne oraz gospodarczo-technologiczne, dodatkowo wzmacniają ten proces, czyniąc współczesne łańcuchy dostaw coraz bardziej złożonymi, dynamicznymi i zależnymi od innowacyjnych rozwiązań oraz wymogów ekologicznych. Rosnąca konkurencja na polskim rynku usług logistycznych przesuwa akcent z kryteriów kosztowych, na jakość, obejmującą szybkość, terminowość i bezpieczeństwo realizacji dostaw. Badania wskazują, że klienci coraz wyżej oceniają terminowość, czas realizacji, bezbłądność dostaw, poziom techniczny oraz kompleksowość usług, które stają się kluczowymi czynnikami konkurencyjności operatorów (Jezierski, 2019). Zastosowanie systemu automatycznego rozładunku ciężarówek umożliwia znaczącą i mierzalną redukcję czasu operacji, kosztów utrzymania personelu, zapotrzebowania na powierzchnię magazynową oraz wykorzystania sprzętu przeładunkowego, takiego jak wózki widłowe. Odpowiedni dobór oprogramowania i technologii pozwala skrócić czas rozładunku i załadunku nawet 2–3-krotnie. Analiza porównawcza wykazała, że tradycyjny rozładunek z wykorzystaniem elektrycznych wózków widłowych trwa średnio 40–60 minut dla jednego pojazdu ciężarowego, podczas gdy zastosowanie Q-Loadera pozwala zredukować ten czas do 3–5 minut. Uwzględniając dodatkowe czynności operacyjne, takie jak dokowanie pojazdu czy transport palet na pole odkładcze, całkowity czas cyklu wynosi 15–20 minut. Wyniki pomiarów oraz obserwacji jednoznacznie potwierdzają istotne oszczędności oraz korzyści operacyjne wynikające z wdrożenia wskazanego urządzenia. Głównym celem implementacji Q-Loadera

była minimalizacja czasu rozładunku towaru z naczep samochodów ciężarowych, co zostało jednoznacznie potwierdzone uzyskanymi wynikami badań. Podsumowując, wdrożenie Q-Loadera stanowi przykład efektywnego zastosowania nowoczesnych technologii w logistyce, prowadzącego do wymiernych korzyści operacyjnych, ekonomicznych i organizacyjnych. Wyniki badań potwierdzają zasadność inwestycji w automatyzację procesów magazynowych oraz wskazują na potrzebę dalszego rozwoju i integracji rozwiązań technologicznych w celu pełnego wykorzystania potencjału Przemysłu 4.0 w łańcuchu dostaw.

7. Ograniczenia i kierunki dalszych badań

Ograniczenia badania wynikają przede wszystkim z faktu, że analizę przeprowadzono w jednym centrum logistycznym, co ogranicza możliwość pełnego uogólnienia wyników, a także z tego, że Q-Loader „wykorzystywany jest wyłącznie do rozładunku palet”, co zawęża zakres oceny funkcjonalności urządzenia. Dodatkowo w artykule wspomniano o „problemach o charakterze technicznym i systemowym”, jednak bez ich szczegółowej klasyfikacji, a brak danych finansowych utrudnia ocenę opłacalności wdrożenia. Z tych powodów dalsze badania powinny koncentrować się na testowaniu Q-Loadera w różnych typach magazynów i branżach, analizie jego pracy z innymi jednostkami ładunkowymi, ocenie wpływu automatyzacji na zatrudnienie i kompetencje pracowników oraz na szczegółowej analizie kosztów i zwrotu z inwestycji. Warto również rozwijać badania nad integracją urządzenia z technologiami Przemysłu 4.0, takimi jak AI, IoT

czy Big Data, a także porównać Q-Loadera z innymi systemami automatycznego rozładunku oraz ocenić jego wpływ na zrównoważony rozwój i środowisko.

Bibliografia:

Bendkowski, J. (2017). Zmiany w pracy produkcyjnej w perspektywie koncepcji „Przemysł 4.0”. Zeszyty Naukowe. Organizacja i Zarządzanie / Politechnika Śląska, s. 23.

Bowersox, D. J. Closs, D. J. Cooper, M. B. Bowersox, J. C. (2019). Supply Chain Logistics Management (5th ed.). New York: McGraw Hill Education.

Brzozowska-Woś, M. (2014). Kierunki rozwoju handlu elektronicznego. Przedsiębiorstwo we współczesnej gospodarce teoria i praktyka / Research on Enterprise in Modern Economy theory and practice nr 1, Muzeum Historii Polski, s. 8-9.

Bujak, A. (2017). Rewolucja przemysłowa – 4.0 i jej wpływ na logistykę XXI wieku. Instytut Naukowo-Wydawniczy "SPATIUM". sp. z o.o. Logistyka, 1344 AUTOBUSY 6/2017, s. 1339.

Christopher, M. (2016). Logistics and Supply Chain Management (5th ed.). Harlow: Pearson Education.

Dąbrowski, T. (2015). Usługi logistyki kontraktowej szyte na miarę dla klienta z branży farmaceutycznej. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, s. 273.

Gaikwad, H. Parashar, M. Mistry, P. (2024). A study on automation technologies in warehouse management. *International Journal of Creative Research Thoughts (IJCRT)*. ISSN: 2320-2882. s. 900.

Gajdzik, B. Grabowska, S. (2018). Leksykon pojęć stosowanych w przemyśle 4.0. *Zeszyty Naukowe. Organizacja i Zarządzanie Politechnika Śląska*, s. 221-238.

Grabowska, J. (2012). Outsourcing usług logistycznych. *Zeszyty Naukowe. Organizacja i Zarządzanie / Politechnika Śląska*, s. 92.

Jezierski, A. (2019). Konkurencja na rynku usług logistycznych w Polsce, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2019, s. 115.

Kozłowska, J. (2024). Efektywność operacji logistycznych w e-commerce. *Zeszyty Naukowe Polskiego Towarzystwa Ekonomicznego w Zielonej Górze*, 21, s. 83-99. DOI: 10.26366/PTE.ZG.2024.263. s. 86.

Leończuk, D. Golubiewska, W. (2021). Kierunki rozwoju usługodawców logistycznych i ich wpływ na funkcjonowanie współczesnych łańcuchów dostaw. *Wydział Inżynierii Zarządzania Politechniki Białostockiej, Akademia Zarządzania 2021*, 5(3), s. 229.

Michalski, K. Kowalewska, M. (2019). Władza menedżera logistyki kontraktowej w łańcuchu dostaw. *Ekonomika i Organizacja Logistyki* 4 (2), 2019, DOI: 10.22630/EIOL.2019.4.2.14, s. 61.

Miszewski P. (2019). Rola nowoczesnych rozwiązań technologicznych w optymalizacji pracy współczesnego magazynu. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej. Journal of Trans Logistics, s. 178.

Rushton, A. Croucher, P. Baker, P. (2017). The Handbook of Logistics and Distribution Management (6th ed.). Kogan Page.

Wiktorowska-Jasik, A. (2011). Logistyka kontraktowa małych i średnich przedsiębiorstw (MŚP). Logistyka 5/2011, s. 1302.

Wiśniewska, A. (2009). Rola operatorów logistycznych w łańcuchach dostaw. Międzynarodowa Wyższa Szkoła Logistyki i Transportu. Logistyka i Transport, 8(1), s.182-183.

Zagajewski, A. Saniuk, S. (2018). E-commerce w dobie rozwoju koncepcji Przemysł 4.0. STE GROUP. Systemy Wspomagania w Inżynierii Produkcji, s. 83.

Zaman, J. Shoomal, A. Jahanbakht, M. Ozay, D. (2025). Driving Supply Chain Transformation with IoT and AI Integration: A Dual Approach Using Bibliometric Analysis and Topic Modeling. IoT and MDPI's Journal Cluster of Network and Communications Technology, s. 2. <https://www.mdpi.com/2624-831X/6/2/21>

Zelkowski, J. Gontarczyk, M. Kijek, M. Owczarek, P. (2018). Analiza i ocena operatorów logistycznych w Polsce. Oficyna Wydawnicza

Politechniki Warszawskiej. Prace Naukowe Politechniki
Warszawskiej, s. 461- 462.