

WYRAZ Elżbieta<sup>1</sup>

## Czynniki wpływające na efektywność zautomatyzowanych magazynów

### WSTĘP

Magazyn jest ogniwem systemu logistycznego, w którym towary są tymczasowo przechowywane i kierowane do kolejnych ogniw sieci dostaw [1]. Magazyny mogą być jednocześnie punktami dostaw i odbioru, a także koncentracji lub rozdziału strumieni towarów w systemie logistycznym [2,3]. W magazynie zachodzą procesy związane z gromadzeniem zapasów dóbr materialnych, ich składowaniem we właściwych warunkach oraz przekazywaniem odbiorcom [2,4,5]. Konieczność magazynowania wynika m.in. z faktu, że czas produkcji poszczególnych dóbr nie pokrywa się z czasem ich konsumpcji. Różnice te są łagodzone przez odpowiednie gromadzenie zapasów w konkretnych magazynach.

W związku z tym magazynowanie odnosi się do działań dotyczących składowania towarów na dużą skalę w sposób systematyczny i uporządkowany i udostępnienie im wygodnie w razie potrzeby. Innymi słowy składowanie oznacza posiadanie lub zachowanie towarów w ogromnych ilościach od momentu ich zakupu lub wytworzenia aż do ich rzeczywistego wykorzystania lub sprzedaży.

W łańcuchach dostaw magazynowanie jest ważnym elementem działalności w dystrybucji towarów, surowców i ich produkcji. Stanowi integralną część sieci łańcucha dostaw, w którym działania, role i cele należy zsynchronizować z celami łańcucha dostaw [6]. Składowanie jest kosztowne pod względem zasobów ludzkich oraz obiektów i urządzeń niezbędnych, a także wpływa bezpośrednio na ogólną podaż łańcucha wydajności. Nieodpowiednie projektowanie i zarządzanie systemem magazynowania może doprowadzić do nieosiągnięcia wymaganego poziomu obsługi klienta, a także do wytwarzania zbyt wysokich kosztów.

## 1. CHARAKTERYSTYKA MAGAZYNOWANIA I AUTOMATYZACJI

### 1.1. Magazynowanie

Najnowsze trendy i presja związana z ciągłymi zmianami również w obrębie łańcucha dostaw i logistyki spowodowała zwiększenie poziomu obsługi klienta, optymalizację zapasów, czas kompresji oraz minimalizację kosztów - nieuchronnie zmieniły strukturę łańcucha dostaw oraz lokalizacji i pracy magazynów w ramach łańcuchów dostaw. Nowoczesny magazyn nie może już efektywnie funkcjonować bez wykorzystania procesów automatyzacji, ponieważ korzyści wynikające z zastosowania nowych technologii pozwalają osiągnąć zdecydowaną przewagę konkurencyjną danego przedsiębiorstwa nad innymi, które nie wdrożyły nowoczesnych technik usprawniających pracę i wydajność magazynu [7].

Początkowo, magazyny powstawały w formie kompletnie niezmechanizowanej. Wszelkie prace w tego typu magazynach odbywały się manualnie, z całkowitym wykorzystaniem pracy ludzi. Nie ulega wątpliwości, że taki typ magazynu cechuje się niską przepustowością oraz wydajnością pracy z uwagi na długi czas trwania poszczególnych czynności bez pomocy urządzeń mechanicznych. Kolejnym aspektem w niezmechanizowanych magazynach jest wymagana duża liczba pracowników, która niekorzystnie oddziałuje na koszty ponoszone przez zarządcę magazynu.

Istota usprawnienia pracy magazynu polega na tym, że jest ono podejmowane w miejscach, które wymagają znacznego wysiłku, dużej pracochłonności lub występują tam procesy niebezpieczne. W początkowych fazach, automatyzacja polegała np. na wprowadzeniu spaletyzowanej formy

<sup>1</sup> Mgr inż. E. Wyraz, Politechnika Krakowska, Wydział Mechaniczny, Instytut Pojazdów Szynowych, Pracownia Systemów Logistycznych

składowania i przeładunków, czy wdrożeniu żurawi samojezdnych o bardzo długim wysięgniku. W kolejnych etapach, następował dalszy rozwój paletyzacji, konteneryzacji oraz pakietyzacji. Powstawały różnego typu palety, przenośniki do przetaczania palet, specjalne regały paletowe, wózki widłowe, wózki podnośnikowe, kontenery różnej wielkości, dźwignice oraz suwnice. W magazynach zmechanizowanych realizacja pracy może odbywać się na zasadzie „człowiek do materiału” lub „materiał do człowieka”. Składowanie w magazynach zgodnie z pierwszą zasadą polega na wykorzystaniu wózków jezdnych podnośnikowych oraz układnic magazynowych i odbiorze materiałów z gniazd regałowych. Metodę tą można wykorzystać w magazynach wyposażonych w regały ramowe rzędowe.

## 1.2. Automatyzacja

### Rozwiązania automatyzacji

We współczesnych magazynach, automatyzacja jest niezwykle daleko posunięta i dotyczy dwóch stref magazynu: składowania i kompletacji, które wraz ze strefą wydań oraz przyjęć zostały przedstawione na rysunku 1.



Rys. 1. Rozmieszczenie stref magazynu [8]

Najczęstszymi rozwiązaniami mechanizacji w strefie składowania jest wykorzystanie mechanicznych układnic magazynowych lub wałkowych/rolkowych przenośników. Są one wyposażone w systemy sterowania automatycznego, które są w stanie przystosować się do odpowiedniego procesu składowania. W strefie kompletacji automatyzacja obejmuje urządzenia nowej generacji w postaci automatów lub robotów kompletacyjnych. Automaty kompletacyjne przeznaczone są do prac [9]:

- regałowych,
- sortujących,
- paletyzujących.

Na przestrzeni lat, można również obserwować automatyzację magazynów pod względem procesów kompletacji [10]. Jednym z przykładów może być kompletacja dynamiczna, kiedy to magazynowane ładunki transportowane są ze strefy składowania, za pomocą specjalnego układu wózków/przenośników/regalów, do punktów kompletacyjnych, gdzie pracownicy pobierają je i

rozmieszczają na odpowiedniej jednostce ładunkowej. Drugim przykładem jest system kompletacji oparty na metodzie Pick-to-Light [11, 12]. Działanie systemu polega na instalacji na półkach z ładunkiem listw z wyświetlaczami i przyciskami. Kiedy w strefie kompletacji znajdzie się towar, system zasygnalizuje pracownikowi obszar, w którym się on znajduje, aby mógł on go odebrać. Realizowane jest to poprzez zaświecenie się lampki sygnalizacyjnej. Po odebraniu towaru, pracownik potwierdza wykonaną czynność, a system wskazuje mu miejsce, z którego ma pobrać kolejny produkt.

### Oplacalność automatyzacji

Przed wprowadzeniem automatyzacji do gospodarki magazynowej każda firma powinna przeprowadzić ocenę efektywności ekonomicznej inwestycji. Wyróżnia się dwa rodzaje metod oceny efektywności inwestycji:

- metody tradycyjne,
- metody dynamiczne.

Metody dynamiczne są skierowane głównie do firm, w których odbywa się proces magazynowania. Podstawą tej metody jest mierzenie wartości pieniądza w czasie poprzez wykorzystanie stopy dyskontowej, inflacji, zmiany oprocentowania i ryzyka oraz innych czynników związanych z kosztami i korzyściami płynącymi z inwestycji. Jednakże ocena efektywności ekonomicznej nie uwzględnia aspektów związanych z trwałością i niezawodnością systemów [13]. W związku z tym należy również określić poziom niezawodności systemów.

Automatyzacja procesów nie musi być korzystna dla każdego rodzaju przedsiębiorstwa, jednakże stała się jednym z trendów zrównoważonego rozwoju. Magazyny poddawane są wdrożeniu nowoczesnych technologii przede wszystkim po to by otrzymać optymalny czas realizacji i kosztów całego procesu magazynowania [14]. Obejmuje to:

- zmniejszenie odległości przemieszczenia produktów,
- wzrost przepływu informacji,
- zmniejszenie liczby pomyłek - spowodowanych głównie błędami ludzkimi,
- obniżenie kosztów w obrębie obsługi zapasów,
- redukcję niekorzystnego wpływu procesów logistycznych na środowisko naturalne.

Rosnące zainteresowanie innowacyjnymi rozwiązaniami jest także związane z wzrastającymi cenami gruntów, wysokością wynagrodzeń dla pracowników oraz nieelastycznością tradycyjnych systemów. Ich zmiana na automatyczny zapewnia dokładność procesów magazynowych oraz minimalizuje zwroty zamówień.

Automatyzacja magazynu to nie tylko wdrożenie nowej technologii, zastąpienie ludzi maszynami, ale głównie opracowanie takiego systemu nadzoru, który będzie sprawować nadzór nad płynnością wszystkich procesów w przedsiębiorstwie [15]. Wyróżniamy wiele rodzajów automatyzacji począwszy od samego systemu zarządzania magazynem - najczęściej jedno z dwóch rozwiązań: system ERP, który integruje dane jakie są przetwarzane w przedsiębiorstwie albo system WMS, który szczegółowo obsługuje procesy magazynowe - aż do szeroko rozumianej technologii high-tech. Każda firma decydująca się na wprowadzenie nowoczesnych rozwiązań, powinna rozpatrzyć również zastosowanie standaryzacji, która jest jedną z podstawowych zasad Lean Manufacturing [16].

### Przykład zastosowania procesów automatyzacji

Przykład procesów zachodzących w magazynie typu mini-load przy wykorzystaniu nowoczesnych technologii przedstawiono w tabeli 1.

**Tab. 1.** Procesy zachodzące w magazynie typu mini-load [17]

Przyjęcie towaru na magazyn	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Wprowadzenie towaru na magazyn przy użyciu przenośnika teleskopowego</li> <li>– Automatyczny proces etykietowania przyjętego towaru</li> <li>– Przejście produktu przez bramkę kontrolną mierzącą zewnętrzne wymiary oraz wagę</li> <li>– Rejestracja towaru w systemie</li> </ul>
Transport wewnętrzny	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Przepływ produktów przy zastosowaniu:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>– przenośników taśmowych</li> </ul> </li> </ul>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>- przenośników rolkowych</li> <li>- stołów kulkowych</li> </ul>
Składowanie towarów	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ponowne przejście produktu przez bramkę kontrolną</li> <li>- Automatyczne składowanie w magazynie przez układnice</li> </ul>
Realizacja zamówienia	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wysłanie żądanego zamówienia do systemu zarządzania magazynem przez system host</li> <li>- Wysyłka do bufora zamówień</li> <li>- Pobieranie zamówienia przez układnice</li> <li>- Transport przenośnikiem taśmowym do ręcznego przepakowywania kartonów</li> <li>- Ponowna identyfikacja czytnikiem laserowym</li> <li>- Transport do strefy wysyłki</li> <li>- Automatyczny proces etykietowania wydawanego towaru</li> </ul>

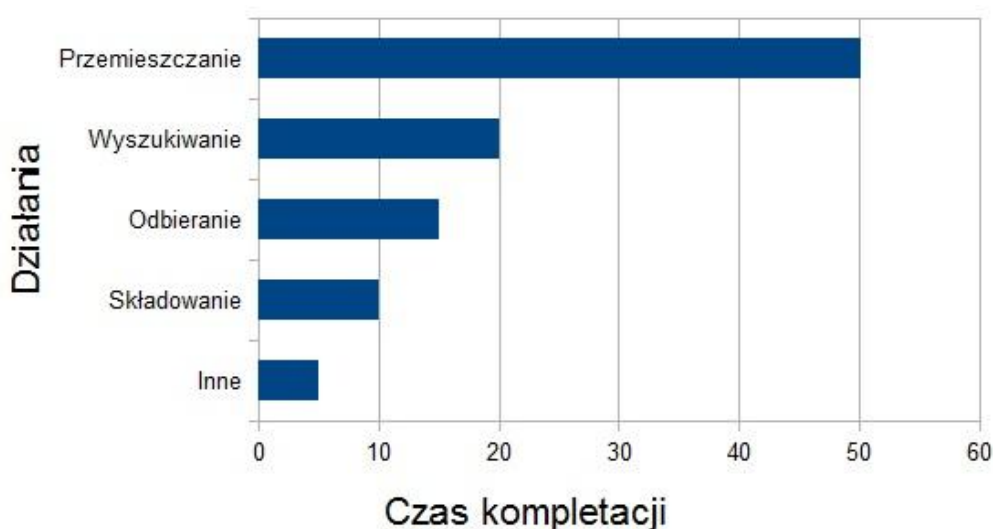
W magazynie zastosowano szereg rozwiązań z zakresu automatyzacji magazynu. Wybrane korzyści jakie wniosły one w usprawnienie pracy magazynu przedstawiono w tabeli 2.

**Tab. 2.** Korzyści wynikające z zastosowania nowoczesnych technologii w gospodarce magazynowej [17]

Warehouse Management System (WMS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- na poziomie operacyjnym minimalizuje straty i zwiększa efektywność</li> <li>- na poziomie strategicznym przekształca dane na wskazówki na przyszłość</li> <li>- zwiększona wydajność inwentaryzacji</li> <li>- większa dokładność realizacji zamówień</li> <li>- poprawa szybkości realizacji zamówień</li> <li>- zwiększenie obrotów zapasami</li> <li>- możliwość śledzenia zamówień i sprawdzania ich statusu w czasie rzeczywistym</li> <li>- sprawne lokalizowanie towaru</li> <li>- wyeliminowanie dokumentu papierowego na każdym etapie operacji odbywających się podczas procesów związanych z przyjmowaniem, składowaniem i wydawaniem towarów</li> </ul>
Zautomatyzowany system sortowania	<ul style="list-style-type: none"> <li>- oszczędność przestrzeni magazynowej ( mała powierzchnia sortowni, dzięki zwartej konstrukcji )</li> <li>- polepszenie produktywności – zasoby ludzkie</li> <li>- optymalizacja czasu przeznaczonego na identyfikację produktu pod względem wymiarów i wagi</li> </ul>
Automatyczny aplikator etykiet	<ul style="list-style-type: none"> <li>- duża szybkość, precyzja i powtarzalność naklejania etykiet</li> <li>- wyeliminowanie błędów ludzkich</li> <li>- automatyczna weryfikacja czytelności kodu kreskowego</li> <li>- wydruk zmieniających się danych</li> </ul>
Przenośnik taśmowy	<ul style="list-style-type: none"> <li>- wysoka przepustowość</li> <li>- możliwość transportu z dużą prędkością i ze zmianą poziomu nachylenia</li> <li>- niski poziom hałasu</li> </ul>
Przenośnik rolkowy	<ul style="list-style-type: none"> <li>- niskie tarcie pomiędzy transportowanym produktem a przenośnikiem</li> <li>- umożliwia transport zarówno poziomy, jak i pochyły</li> <li>- odporność na wysokie obciążenia</li> <li>- wysoka niezawodność</li> <li>- - duża elastyczność w stosunku do rodzaju obciążenia</li> </ul>
Stoły kulowe	<ul style="list-style-type: none"> <li>- łatwość ręcznej manipulacji towaru w różnych kierunkach przy użyciu niewielkiej siły</li> </ul>
Stoły wielokierunkowe	<ul style="list-style-type: none"> <li>- płynna zmiana trasy poszczególnych kartonów nawet przy dużych prędkościach przenośnika</li> </ul>
Układnica	<ul style="list-style-type: none"> <li>- nowa koncepcja konstrukcji szczytu masztu zapewnia dodatkową stabilność, co powoduje, że urządzenie w sposób optymalny znosi wysokie prędkości i przyspieszenia.</li> <li>- maksymalnie wykorzystanie powierzchni magazynowej pionowej</li> <li>- duża szybkość składowania i pobierania towarów</li> <li>- odporność na wysokie obciążenia</li> </ul>
Urządzenie przeładunkowe	<ul style="list-style-type: none"> <li>- możliwa obsługa kartonów o różnych wielkościach do bezpośredniego składowania i pobierania</li> </ul>
System hosta	<ul style="list-style-type: none"> <li>- usprawnia pracę WMS</li> </ul>

Teleskopowy przenośnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>– lekka konstrukcja, która umożliwia łatwe i bezpieczne przemieszczenie do miejsc rozładunku i załadunku</li> <li>– możliwość dostosowania wysokości i długości urządzenia do aktualnych wymagań</li> </ul>
------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Taki system zmniejsza koszty związane z czterema podstawowymi fazami procesu magazynowania: przyjęcia, składowania, kompletacji i wydania. Największa część kosztów pracy w działalności magazynowej przypada na podnoszenie i przenoszenie towarów [18]. W związku z tym tak ważny jest odpowiedni dobór maszyn i urządzeń pozwalających na ich zmniejszenie. Na rysunku 2 przedstawiono zależność czasową dla poszczególnych czynności związanych z kompletowaniem zamówienia w typowym magazynie. Pomimo, iż istnieje wiele przypadków, gdzie działania zakwalifikowane do „inne” znacznie wpływały na czas kompletacji zamówienia [19], przemieszczanie towarów nadal jest elementem dominującym [7].



Rys. 2. Zależność czasowa kompletacji zamówienia w typowym magazynie [20]

Dodatkowo automatyzacja:

- pozwala na maksymalne wykorzystanie powierzchni magazynowej
- usprawnia konsolidację magazynowanych towarów,
- redukuje liczbę błędnych załadunków,
- poprzez niezawodność dostaw poprawia jakość wykonywanych usług dla klientów między innymi poprzez terminowość realizacji zamówień, zgodność zamówienia z oczekiwaniami klienta pod względem ilości i postaci jednostki ładunkowej [21],
- wpływa na ogólny rozwój oraz poprawę wizerunku firmy.

Szczególne znaczenie wdrażania nowoczesnych technologii ma w firmach prosperujących poprzez wykorzystanie technik sprzedaży internetowej. Takie firmy charakteryzują nieregularne w czasie i wielkości zamówienia. Jeżeli taka firma nie posiada zautomatyzowanego magazynu może mieć problem z szybkim skompletowaniem zamówienia. W takim wypadku obniżana jest wydajność magazynu.

### Przykład niezautomatyzowanego magazynu

Przykładowe, podstawowe wyposażenie tradycyjnego magazynu wraz z jego wadami w porównaniu ze zautomatyzowanym magazynem przedstawiono w tabeli 3.

Tab. 3. Wyposażenie tradycyjnego magazynu wraz z jego wadami w porównaniu do zautomatyzowanego magazynu [17]

Wyposażenie magazynu	Wady
Ręczny system zarządzania magazynem (np. stosowanie	<ul style="list-style-type: none"> <li>– występowanie dużej ilości zwrotów</li> <li>– wysyłanie niekompletnego bądź błędnego zamówienia</li> </ul>

arkuszy kalkulacyjnych)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– wydłużony czas realizacji i zwiększone ryzyko pomyłek w obliczeniach bądź spisach indeksów towarowych</li> <li>– wydłużony czas inwentaryzacji i powstałych w trakcie pomyłek przy zliczaniu</li> <li>– proces wysoce nieefektywny i kosztowny</li> </ul>
Wózki widłowe	<ul style="list-style-type: none"> <li>– mniejsza wydajność, dłuższy czas pobierania i składowania towarów</li> <li>– większe odstępy między regałami spowodowane koniecznością zagospodarowania przestrzeni dla poruszających się wózków widłowych</li> <li>– większe ryzyko wystąpienia sytuacji zagrażających życiu bądź zdrowiu pracownikom</li> </ul>
Regały	<ul style="list-style-type: none"> <li>– niewykorzystanie pełnej pojemności magazynowej (wysokość regałów musi być dostosowana do możliwości wózka widłowego)</li> </ul>

Na błędy ludzkie wpływa wiele czynników, można do nich zaliczyć:

- złą organizację pracy i stres związany uzyskaniem jak najszybszej i dokładnej realizacji zamówienia,
- duże odległości do przebycia podczas kompletacji zlecenia,
- błędne, nieczytelne bądź ulokowane w złym miejscu oznaczenie towaru,
- problemy z szybką lokalizacją poszczególnych produktów,
- częste rotacje w zatrudnieniach.

W takim wypadku by usprawnić pracę magazynu należałoby zastąpić ręczny system zarządzania magazynem na system automatyczny, który pozwoli zredukować bądź wyeliminować wyżej wymienione wady, przedstawione w tabeli 3. Następnie należałoby przeprowadzić integrację z systemami IT, rozwiązaniami mobilnymi oraz automatycznym systemem zbierania danych. Kolejno zastosować system sortowania wraz z systemem przenośników oraz pracującą w kanale między regałami układnicę. Spowoduje to wzrost wydajności pracy w procesie podnoszenia i przenoszenia, a także składowania i pobierania towarów w magazynie oraz umożliwi szybką alokację do całej sieci sprzedaży zgodnie z długoterminową strategią rozwoju.

## WNIOSKI

Monitorowanie najnowszych trendów i dostępnych technologii logistycznych pokazało, że zastosowania rozwiązania z zautomatyzowanym magazynem prowadzonym przez układnice jest optymalne dla kompleksowej obsługi logistycznej - opłacalna głównie dla firm z wysokim przepływem materiałów. Ręczna obsługa palet powinna być zastąpiona przez zautomatyzowane systemy mini-load przeznaczone do opakowań o mniejszych rozmiarach, które są transportowane i przechowywane automatycznie, bez konieczności korzystania z palet i wózków widłowych.

Eliminowanie zbędnych procesów ma wiele zalet, takich jak przyspieszenie przepływu materiału i pozytywny wpływ na środowisko, np. eliminacja palet i folii termokurczliwych. W porównaniu do większości tradycyjnych metod takie rozwiązanie redukuje czas i dystans dla pracowników i minimalizuje błędy, które mogą wystąpić w przypadku ręcznego sortowania. System automatycznego przechowywania i pobierania (AS / RS) bezbłędne i na czas dostarcza towar, co jest niezwykle ważne.

Należy pamiętać, że automatyzacja magazynu niesie ze sobą koszty związane z kupnem nowego sprzętu czy oprogramowania. Jednak rozpatrując zagadnienie globalnie, można stwierdzić, iż mechanizacja jest przedsięwzięciem przynoszącym korzyści w postaci lepszego (często maksymalnego) wykorzystania przestrzeni magazynowej, zwiększenia wydajności pracy magazynu oraz oszczędności płynących z zatrudnienia mniejszej liczby pracowników.

## Streszczenie

Magazyn jest ogniwem systemu logistycznego, w którym towary są tymczasowo przechowywane i kierowane do kolejnych ogniw sieci dostaw. W związku z tym magazynowanie odnosi się do działań dotyczących składowania towarów na dużą skalę w sposób systematyczny i uporządkowany od momentu ich zakupu lub wytworzenia aż do ich rzeczywistego wykorzystania lub sprzedaży.

W czasach, gdzie coraz więcej firm decyduje się na sprzedaż swoich produktów z wykorzystaniem sklepów internetowych - co powoduje, że zamówienia są coraz mniejsze, a ich częstotliwość nieregularna - wykorzystanie nowoczesnych technologii w gospodarce magazynowej niesie ze sobą wiele korzyści. Jednak automatyzacja nie musi być opłacalna dla każdego przedsiębiorstwa, ale stała się jednym z trendów zrównoważonego rozwoju. Jeżeli dana firma chce pozostać konkurencyjna powinna przeanalizować każdy z procesów zachodzących w magazynie i dostosować do niego odpowiednią metodę automatyzacji. W przeciwnym wypadku może mieć problem z szybkim skompletowaniem zamówienia, przez co jest obniżana wydajność magazynu i spada wizerunek firmy. Czynnikiem wspólnym dla każdego rodzaju firmy powinno być wprowadzenie w pierwszej kolejności systemu zarządzania magazynem.

W porównaniu z tradycyjnym magazynem, gdzie większość działań odbywa się przy wykorzystaniu czynnika ludzkiego w magazynie automatycznym zostają one zastąpione przez maszyny i urządzenia. Zastosowanie nowoczesnych technologii podnosi sprawność funkcjonowania magazynu, ponieważ zostają skrócone czasy potrzebne na realizację poszczególnych procesów. Wraz z redukcją czasu zmniejsza się również poziom kosztów ponoszonych przez firmę, między innymi dzięki redukcji zasobów ludzkich, a co za tym idzie zmniejszeniu kosztów związanych z wynagrodzeniami. Poza redukcją czasu i kosztów, modernizacja i optymalizacja pracy magazynu zmniejsza również niekorzystny wpływ na środowisko naturalne.

**Słowa kluczowe:** automatyzacja procesów, magazynowanie, zautomatyzowany magazyn, tradycyjny magazyn

### The factors affecting the efficiency of automated warehouses

#### Abstract

Warehouse is the link of the logistics system in which goods are temporarily stored and routed to the next cell supply network. Therefore, the warehousing refers to activities relating to the storage of goods on a large scale in a systematic and orderly manner from the moment of purchase or production until their actual use or sale.

In times of ever-changing trends and demands of consumers, more and more enterprises introduces the automation of processes related to a warehouse. The warehouse automation is not only the implementation of a new technology, but mainly the development of such a surveillance system that will monitor the liquidity of all processes in the company.

If a company wants to remain competitive should analyze each of the processes occurring in the stock and adjust to the appropriate method automation. Otherwise, the company may have a problem with fast completing his contract, which is reduced warehouse efficiency and decreases the company's image. The factor common to every kind of business should be first a warehouse management system.

Compared with the traditional warehouse, where most of the action takes place using the human factor in the warehouse, they are automatically replaced by machinery and equipment. The use of modern technology increases the efficiency of the operation of the warehouse, because times are shortened needed for the implementation of the various processes. Along with the reduction of time also reduces the level of costs incurred by the company, including through the reduction of human resources, and thereby reducing the costs associated with salaries. In addition to reducing the time and cost of the modernization and optimization of warehouse operation also reduces the negative impact on the environment.

**Keywords:** automation of processes ,warehousing ,automated warehouse, traditional magazine

#### PODZIĘKOWANIA



Prezentowane wyniki badań zostały zrealizowane w ramach projektu  
EUREKA E!6726 LOADFIX dofinansowanego  
ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju



#### BIBLIOGRAFIA

1. Rutkowski K. (red.), Zintegrowane łańcuchy dostaw doświadczenia globalne i polskie. Oficyna Wydawnicza SGH, Warszawa 1999.
2. Ponikierska A., Gospodarka magazynowa - Terminologia podstawowa. PN-84/N-01800.

3. Coyle J. J., Bardi E. J., Langrey Jr. J. C.: Zarządzanie Logistyczne. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2002, s. 311-358.
4. Dwiliński L., Zarys logistyki przedsiębiorstwa. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2006, s. 171-185.
5. Skowronek C., Sarjusz-Wolski Z., Logistyka w przedsiębiorstwie. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2003, s. 146-156, 253-260.
6. Remko van Hoek A.H., Zarządzanie logistyką. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne 2009.
7. De Koster R., Le-Duc T., Roodbergen K.J. , Design and control of warehouse order picking: A literature review. European Journal of Operational Research 182, 2007, s. 481-501.
8. GUSS-EX - Integrator systemów transportu wewnętrznego i magazynowania, [http://www.guss-ex.com.pl/logistyka-magazynowa/obszary\\_dzialan](http://www.guss-ex.com.pl/logistyka-magazynowa/obszary_dzialan).
9. Markusik S., Infrastruktura logistyczna w transporcie Tom II Infrastruktura punktowa – magazyny, centra logistyczne i dystrybucji, terminale kontenerowe. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2010.
10. Lorenc A., Zwiększenie efektywności funkcjonowania magazynu w wyniku zastosowania dynamicznego podziału produktów na grupy. Logistyka 2014, nr. 6.
11. Van den Berg J.P., Integral Warehouse Management: The Next Generation in Transparency, Collaboration and Warehouse Management Systems. Management Outlook Publishing 2007.
12. Bragg S.M., Inventory Best Practices, 2<sup>nd</sup> Edition. John Wiley & Sons 2011.
13. Szkoła M., Porównawcza ocena efektywności kolejowych systemów ze zmianą szerokości torów z zastosowaniem analizy kosztu cyklu trwałości (LCC). Problemy Eksploatacji 2009, nr. 2.
14. Malanowska I., Fajfer P., Application of modern technologies for increasing warehouse management effectiveness. e-mentor 2 (39), 2011, s. 84-88.
15. Korzeń Z., Inteligentne magazyny-logistyczne uwarunkowania integracji systemów. Polski Kongres Logistyczny. LOGISTICS 2000.
16. Walentynowicz P., Współczesne koncepcje zarządzania produkcją, jakością i logistyką - Bariery wdrażania lean management w przedsiębiorstwach produkcyjnych w Polsce. Wyd. Politechniki Łódzkiej 2010, s. 70-86.
17. Wyraz E., Zastosowanie procesów automatyzacji w celu usprawnienia funkcjonowania magazynu, praca dyplomowa magisterska, Politechnika Krakowska, 2014/2015.
18. Ashayeri, J., Gelders, L.F., Warehouse design optimization. European Journal of Operational Research 21,1985, s. 285-294.
19. Dekker, R., de Koster, R., Roodbergen, K.J., Van Kalleveen, H., Improving order-picking response time at Ankors warehouse. Interfaces 34(4), 2004, s. 303-313.
20. Tompkins, J.A., White, J.A., Bozer, Y.A., Frazelle, E.H., Tanchoco, J.M.A., Facilities Planning. John Wiley & Sons, NJ 2003.
21. Gajewska T., Kaczor G., Analiza niezawodności dostaw w transporcie chłodniczym. Logistyka 2014, nr.5.