

JUSTYNA KOZŁOWSKA
ROBERT ROGACZEWSKI

LOGISTYKA E-COMMERCE

NOWOCZESNE ROZWIĄZANIA I WYZWANIA
W HANDLU MIĘDZYNARODOWYM



Logistyka e-commerce

**Justyna Kozłowska
Robert Rogaczewski**

Logistyka e-commerce

**Nowoczesne rozwiązania i wyzwania
w handlu międzynarodowym**



Poznań 2025

Projekt okładki:
Wydawnictwo Rys

Recenzja wydawnicza:
dr hab. inż. Adam Koliński, prof. WSL

Redakcja i korekta:
Sebastian Surendra

© Copyright by
Justyna Kozłowska

© Copyright by
Robert Rogaczewski

© Copyright by
Wydawnictwo Rys

Wydanie I
Poznań 2025

ISBN 978-83-68006-52-0

DOI 10.48226/978-83-68006-52-0

Publikacja została sfinansowana ze środków
Akademii Nauk Stosowanych w Koninie
oraz środków własnych autorów



Wydawnictwo Rys
ul. Kolejowa 41
62-070 Dąbrówka
tel. 600 44 55 80
e-mail: tomasz.paluszynski@wydawnictworys.com
www.wydawnictworys.com

Spis treści

Wstęp	7
Rozdział I. (Justyna Kozłowska)	
Handel międzynarodowy a logistyka e-commerce	9
1.1. Globalizacja e-commerce i jej wpływ na logistykę	9
1.2. Wyzwania w międzynarodowej logistyce e-commerce	11
1.3. Strategie optymalizacji kosztów w międzynarodowym e-handlu	15
1.4. Logistyka cross-border i jej rozwój na rynkach wschodzących	18
Rozdział 2. (Justyna Kozłowska)	
Wyzwania i innowacje w międzynarodowej logistyce e-commerce	23
2.1. Bariery w rozwoju międzynarodowej logistyki e-commerce	23
2.2. Przemiany w zarządzaniu łańcuchem dostaw w e-commerce	26
2.3. Innowacyjne modele dostaw międzynarodowych	29
2.4. Zintegrowane systemy logistyczne w międzynarodowym e-commerce	35
Rozdział 3. (Justyna Kozłowska)	
Rola logistyki w e-commerce – modele, wyzwania i perspektywy	39
3.1. Znaczenie e-commerce dla obszaru logistyki	39
3.2. Obsługa logistyczna obszaru e-commerce	43
3.3. Modele logistyczne w e-commerce	48
3.4. Wyzwania i szanse dla logistyki w branży e-commerce	56
Rozdział 4. (Robert Rogaczewski)	
Technologie wspierające logistykę w e-commerce	63
4.1. Automatyzacja procesów logistycznych	63
4.2. Sztuczna inteligencja i big data w logistyce e-commerce	67
4.3. Internet Rzeczy i jego wpływ na zarządzanie łańcuchem dostaw	75
4.4. Blockchain jako narzędzie zapewniające transparentność w e-logistyce	78
4.5. Robotyzacja magazynów – aspekty teoretyczne i praktyczne	82
4.6. System zarządzania magazynem (WMS) w e-commerce	87
Rozdział 5. (Robert Rogaczewski)	
Zrównoważona logistyka w e-commerce	91
5.1. Ekologiczne strategie logistyczne	91
5.2. Opakowania ekologiczne i ich wpływ na środowisko	96
5.3. Gospodarka w obiegu zamkniętym w logistyce e-commerce	99
5.4. Zastosowanie pojazdów elektrycznych i niskoemisyjnych w dostawach ...	102
5.5. Logistyka zwrotów a ekologia	105

Rozdział 6. (Robert Rogaczewski)	
Przyszłość logistyki w e-commerce.....	111
6.1. Nowe modele biznesowe i ich wpływ na logistykę	111
6.2. Wpływ globalnych trendów ekonomicznych na logistykę e-commerce.....	118
6.3. Inteligentne systemy zarządzania łańcuchem dostaw.....	124
Zakończenie	133
Bibliografia	137

Wstęp

Dynamiczny rozwój technologii informacyjnych wpłynął na ukształtowanie się nowego paradygmatu handlu – e-commerce, który w krótkim horyzoncie czasu przekształcił globalne rynki oraz sposób, w jaki konsumenci i przedsiębiorstwa realizują procesy zakupowe. Internet, jako kluczowy kanał dystrybucji i interakcji, stał się kluczowym elementem współczesnej gospodarki, a logistyka – spełniająca do niedawna funkcję wsparcia procesów handlowych – zyskała status strategicznego ogniwa kształtującego konkurencyjność i efektywność przedsiębiorstw działających w środowisku cyfrowym.

Wraz z postępującą globalizacją i internacjonalizacją działalności gospodarczej logistyka e-commerce zyskała wymiar międzynarodowy, stając się jednym z najbardziej złożonych i dynamicznie rozwijających się obszarów nowoczesnego zarządzania. Przepływ towarów, danych i usług w skali międzynarodowej wymaga współcześnie implementacji zintegrowanych rozwiązań, które łączą efektywność operacyjną z elastycznością, ze zrównoważonym rozwojem i z wysokim poziomem obsługi klienta. W tym kontekście kluczowego znaczenia nabierają takie zjawiska jak logistyka cross-border, cyfryzacja procesów, automatyzacja magazynów, a także implementacja nowoczesnych technologii, takich jak sztuczna inteligencja, Internet Rzeczy (IoT) czy blockchain.

Celem niniejszej monografii jest kompleksowa analiza uwarunkowań, wyzwań oraz innowacji wpływających na współczesną logistykę w e-commerce – zarówno w wymiarze krajowym, jak i międzynarodowym. Praca ukazuje, w jaki sposób logistyka staje się kluczowym elementem budowania przewagi konkurencyjnej w handlu elektronicznym oraz jakie czynniki determinują skuteczność jej funkcjonowania w zglobalizowanym środowisku gospodarczym.

W pierwszym rozdziale przedstawiono powiązania między handlem międzynarodowym a logistyką e-commerce, ze szczególnym uwzględnieniem wpływu globalizacji na strukturę i dynamikę procesów logistycznych. Omówiono także wyzwania i strategie optymalizacji kosztów w kontekście logistyki transgranicznej. Rozdział drugi koncentruje się na barierach rozwoju międzynarodowej logistyki e-commerce oraz na innowacjach, które umożliwiają ich przewyżczenie. Zwrócono uwagę na transformacje w zarządzaniu łańcuchem dostaw oraz pojawiające się zintegrowane modele logistyczne. W trzecim rozdziale przeanalizowano znaczenie e-commerce dla rozwoju logistyki, prezentując najważniejsze modele logistyczne, formy obsługi oraz wyzwania i szanse dla branży w perspektywie dalszej ekspansji cyfrowego handlu. Rozdział czwarty poświęcony jest technologiom wspierającym logistykę w e-commerce. Przedstawiono w nim kluczowe narzędzia transformacji cyfrowej, takie jak automatyzacja procesów, sztuczna inteligencja, big data, blockchain oraz systemy WMS. Rozdział piąty odnosi się do zagadnienia zrównoważonej logistyki. Omówiono ekologiczne strategie, gospodarkę w obiegu zamkniętym,

opakowania przyjazne środowisku oraz wykorzystanie pojazdów elektrycznych w dostawach miejskich i międzynarodowych. Z kolei ostatni rozdział podejmuje próbę określenia przyszłości logistyki w e-commerce, wskazując na nowe modele biznesowe, globalne trendy ekonomiczne oraz rozwój inteligentnych systemów zarządzania łańcuchem dostaw.

Monografia stanowi zatem próbę połączenia perspektywy teoretycznej i praktycznej, ukazując e-commerce jako złożony ekosystem, w którym logistyka odgrywa centralną rolę. Zawarte wnioski mogą być przydatne zarówno dla środowisk akademickich, jak i praktyków biznesu – menedżerów logistyki, analityków rynkowych oraz przedsiębiorców poszukujących skutecznych rozwiązań w obszarze międzynarodowej logistyki handlu elektronicznego.

Rozdział I.

Handel międzynarodowy a logistyka e-commerce

Handel międzynarodowy stanowi jeden z kluczowych czynników rozwoju gospodarki światowej, a jego współczesne funkcjonowanie coraz silniej powiązane jest z procesami cyfryzacji oraz dynamicznym rozwojem technologii informacyjno-komunikacyjnych. Zjawiska te sprzyjają intensyfikacji wymiany transgranicznej w modelu e-commerce, który znacząco redefiniuje tradycyjne mechanizmy funkcjonowania rynków międzynarodowych.

W literaturze podkreśla się, iż logistyka pełni fundamentalną funkcję w kreowaniu wartości dodanej w handlu elektronicznym, stając się nie tylko narzędziem wspierającym przepływ towarów, lecz także czynnikiem determinującym przewagę konkurencyjną przedsiębiorstw na arenie międzynarodowej. Sprawność procesów logistycznych warunkuje bowiem efektywność całego łańcucha dostaw, a tym samym wpływa na dostępność produktów, czas realizacji zamówień oraz poziom satysfakcji konsumentów.

1.1. Globalizacja e-commerce i jej wpływ na logistykę

W latach 2020-2025 globalny rynek handlu elektronicznego charakteryzował się systematycznym oraz dynamicznym wzrostem wartości obrotów. W 2020 roku wartość światowej sprzedaży online osiągnęła poziom około 4,25 biliona dolarów amerykańskich, co oznaczało wzrost o ponad 26% względem roku poprzedniego (Statistica Research Department, 2023). Tak znaczny przyrost był w dużej mierze konsekwencją pandemii COVID-19, która przyczyniła się do przyspieszenia procesów cyfryzacji w handlu oraz skokowego wzrostu liczby klientów korzystających z zakupów online (UNCTAD, 2021).

W kolejnych latach dynamika wzrostu uległa umiarkowanemu spowolnieniu, pozostając jednak na relatywnie wysokim i stabilnym poziomie. W 2021 roku wartość sprzedaży online wyniosła około 4,99 biliona USD, w 2022 roku osiągnęła poziom przekraczający 5,3 biliona USD, rok później wzrosła do około 5,8-5,9 biliona USD (Insider Intelligence, 2013). Z kolei w 2024 przekroczone zostały wartości 6,3 biliona USD, natomiast do końca 2025 roku przewiduje się wzrost do niemal 6,9 biliona USD. Analiza danych szacunkowych wskazuje, że średnioroczna stopa wzrostu CAGR (ang. *Compound Annual Growth Rate*) w badanym okresie oscyluje wokół 8-9% (Grand View Research, 2022). Choć dynamika wzrostu uległa zmniejszeniu względem rekordowego roku 2020, sektor handlu elektronicznego niezmiennie pozostaje jednym z najbardziej ekspansywnych segmentów globalnej gospodarki. Taki stan rzeczy wynika m.in. ze wzrostu zaufania

konsumentów do transakcji online, intensyfikacji procesów cyfryzacji w handlu, rozwoju infrastruktury logistycznej oraz coraz szerszej dostępności nowoczesnych systemów płatniczych i platform sprzedażowych (OECD, 2022).

Wzrost znaczenia e-commerce wywiera istotny wpływ na funkcjonowanie logistyki międzynarodowej, która musi dostosować się do rosnących wymagań dotyczących szybkości, niezawodności oraz jakości usług transgranicznych. Ewolucja oczekiwań klientów oraz intensyfikacja transakcji międzynarodowych generują konieczność ciągłej optymalizacji procesów logistycznych, w tym integracji systemów informatycznych, automatyzacji i rozwoju sieci dostaw (World Economics Forum, 2022). Szczegółowe dane dotyczące wartości globalnej sprzedaży e-commerce w ujęciu globalnym w latach 2020-2025 znajdują się w tabeli 1.1.

Tabela 1.1. Wartość globalnej sprzedaży e-commerce w latach 2020-2025 (w bilionach USD) oraz roczny wskaźnik wzrostu (%)

Rok	Wartość globalnej sprzedaży e-commerce (w USD)	Roczny wzrost (w %)
2020	4,248	+26,8
2021	4,988	+17,4
2022	5,311	+6,5
2023	5,784	+8,9
2024	6,330	+9,4
2025	~ 6,876-6,860	~ +8,4-8,6

Źródło: opracowanie własne na podstawie: (Sellers Commerce, 2025, Screen Pages, 2024)

Analiza danych zawartych w tabeli pozwala sformułować kilka kluczowych obserwacji dotyczących dynamiki oraz uwarunkowań rozwoju globalnego rynku e-commerce w latach 2020-2025. Przede wszystkim widoczna jest wyraźna tendencja wzrostowa, ponieważ wartość globalnej sprzedaży elektronicznej zwiększyła się z poziomu 4,25 biliona USD w 2020 roku do prognozowanego poziomu ok. 6,86 biliona USD w roku 2025. Oznacza to nominalny wzrost o ponad 60% w ciągu pięciu lat. Największy wzrost został odnotowany w roku 2020 (+26,8%), wywołany przez globalną pandemię COVID-19, która doprowadziła do gwałtownego przeniesienia aktywności konsumenckiej do kanałów cyfrowych. W kolejnych latach dynamika wzrostu nieznacznie obniżyła się, jako naturalny efekt stabilizacji następujący po okresie intensywnej transformacji cyfrowej. Jednakże utrzymująca się średnioroczna stopa wzrostu (CAGR) na poziomie 8-9% potwierdza, że e-com-

merce nadal rozwija się w sposób szybki i trwały. Za główne czynniki wzrostu w analizowanym okresie uznać można:

- rosnące zaufanie klientów do zakupów online;
- postęp w dziedzinie logistyki i infrastruktury dostaw;
- upowszechnienie nowoczesnych systemów płatności;
- szeroką dostępność technologii mobilnych;
- rozwój platform sprzedażowych i integrację z mediami społecznościowymi.

Warto również podkreślić rosnące znaczenie e-commerce dla transformacji struktur handlu detalicznego oraz wpływ na zmiany modelu konsumpcji i funkcjonowania globalnych łańcuchów dostaw. Rosnące oczekiwania klientów w zakresie szybkości dostawy, personalizacji oferty i bezpieczeństwa transakcji generują nowe wyzwania dla logistyki międzynarodowej, zarządzania danymi oraz regulacji prawnych. Według raportów branżowych wartość rynku e-commerce w 2025 roku wynosiła 6.419 biliona USD.. Utrzymujący się wzrost potwierdza, iż e-commerce stanowi nie tylko kluczowy segment gospodarki cyfrowej, ale również istotny czynnik stymulujący innowacje w powiązanych sektorach, głównie w logistyce.

Nieustannie postępująca globalizacja powoduje wzrost wartości rynku e-commerce, którego rozwój bezpośrednio oddziałuje na rozwój logistyki. Branża logistyczna jest jedną z najprężniej rozwijających się w Polsce i na świecie. Wprowadzanie nowych rozwiązań technologicznych, rozbudowa infrastruktury transportowej oraz rozwój modelu D2C, czyli transakcji kupna-sprzedaży zachodzącej bezpośrednio pomiędzy producentem a klientem, wpływają na powstawanie nowych modeli logistycznych e-commerce. Ponadto, procesy globalizacji, postęp technologiczny, a także towarzyszący im wzrost poziomu konkurencyjności wpływają na konieczność implementacji strategicznego podejścia do zarządzania przedsiębiorstwem, obejmującego proces opracowania, przygotowania, wdrożenia oraz kontroli przyjętej strategii. Ze względu na rolę i znaczenie logistyki w rozwoju przedsiębiorstw istotne jest wdrożenie efektywnej strategii logistycznej, która jako strategia cząstkowa umożliwi osiągnięcie podstawowych celów organizacji, a tym samym osiągnięcie przewagi konkurencyjnej. Opracowanie skutecznej strategii logistycznej wymaga odpowiedniego wyboru dystrybutorów, producentów i dostawców logistycznych (Nowakowska-Grunt, 2011).

1.2. Wyzwania w międzynarodowej logistyce e-commerce

W dobie globalizacji e-handel stał się jednym z głównych kanałów sprzedaży międzynarodowej. Coraz więcej przedsiębiorstw rozszerza działalność poza granice kraju, docierając do klientów na całym świecie. Jednakże globalny zasięg działania przedsiębiorstwa wiąże się z koniecznością dostosowania do zróżnicowanych uwarunkowań prawno-podatkowych, znacząco wpływających na efektywność operacyjną i kosztową działalności.

Wzrost roli e-commerce na rynkach międzynarodowych znacząco wpłynął na rozwój logistyki transgranicznej. Rozwój branży e-commerce umożliwia wielu firmom dostęp do potencjalnych klientów w wymiarze globalnym. Jednak realizacja zamówień online związana jest z wieloma trudnościami obejmującymi przepisy celne, podatkowe czy normy regulacyjne w poszczególnych krajach. Każde państwo posiada odrębne przepisy dotyczące importu, klasyfikacji towarów oraz wymaganych dokumentów celnych. Przedsiębiorstwa działające w obszarze branży e-commerce muszą dostosować swoje działania do tychże wymogów, co często wiąże się z dodatkowymi kosztami oraz wydłużonym czasem dostawy zamówienia. Na terenie Unii Europejskiej obowiązują jednolite stawki celne dla towarów importowanych spoza wspólnoty. Natomiast wysokość stawek uzależniona jest od rodzaju produktu oraz jego wartości (Komisja Europejska, 2025). W kontekście przepisów celnych istotną kwestią pozostaje określenie wartości, poniżej której przesyłki podlegają zwolnieniu z opłacenia cła oraz podatków, jest to tzw. wartość *de minimis*. Próg wartości różni się w zależności od kraju. W USA wynosi 800 USD, natomiast w krajach UE od 1 lipca 2021 r. dla podatku VAT został całkowicie zniesiony (Unia Europejska, 2019).

Opodatkowanie towarów zakupionych przez internet na rynkach zagranicznych jest jednym z najbardziej złożonych obszarów międzynarodowego e-commerce. Każda przesyłka podlega opodatkowaniu według lokalnych przepisów VAT lub GST (ang. *Goods and Services Tax*). W Europie obowiązuje zasada opodatkowania w kraju klienta, co oznacza, że przedsiębiorstwa muszą rejestrować VAT w poszczególnych państwach członkowskich lub korzystać z procedury OSS (ang. *One Stop Shop*). System OSS jest uproszczoną procedurą rozliczania podatku VAT w Unii Europejskiej. Został wprowadzony w ramach pakietu VAT e-commerce, obowiązującego od 1 lipca 2021 r. Dzięki OSS przedsiębiorstwa dokonujące sprzedaży wysyłkowej do klientów w innych krajach UE mogą rozliczać podatek VAT w jednym państwie członkowskim, bez konieczności rejestracji do VAT w kraju odbiorcy. Podatek jest następnie przekazywany do właściwych organów w innych państwach członkowskich. System znacząco upraszcza formalności i ogranicza koszty administracyjne dla firm prowadzących transgraniczną sprzedaż B2C (*business to consumer*) (Komisja Europejska, 2025).

Nieprzestrzeganie lokalnych przepisów podatkowych może skutkować karami, opóźnieniami w odprawie celnej oraz negatywnym wpływem na doświadczenie klienta. W związku z tym wiele firm korzysta z usług pośredników podatkowych lub integruje systemy automatyzujące obliczanie należności podatkowych.

Procedury odprawy celnej różnią się istotnie w zależności od kraju, co bezpośrednio wpływa na sposób prowadzenia transgranicznego handlu elektronicznego. Stany Zjednoczone charakteryzują się najmniej rygorystycznymi przepisami związanymi z importem, ponieważ próg *de minimis* jest stosunkowo niski, i kształtuje się na poziomie 800 USD. Ponadto, procedury celne są uproszczone, natomiast odprawa towarów szybka i mało kosztowna (U.S., 2025).

W Unii Europejskiej system celny jest bardziej sformalizowany, ponieważ każda przesyłka podlega opodatkowaniu VAT. Czas odprawy zależy od państwa członkowskiego, co czyni procedury umiarkowanie złożonymi. Z kolei Chiny stosują najbardziej restrykcyjne podejście, z bardzo niskim progiem de minimis, wysokimi barierami regulacyjnymi i długim czasem odprawy, co znacznie utrudnia handel e-commerce z tym krajem (General Administration of Customs, 2025).

Wraz z dynamicznym rozwojem transgranicznego handlu elektronicznego procedury odprawy celnej stają się jednym z kluczowych elementów wpływających na efektywność i konkurencyjność przedsiębiorstw e-commerce. Różnice w przepisach celnych, stawkach podatkowych oraz organizacji administracyjnej poszczególnych krajów znacząco determinują koszty, czas realizacji zamówień oraz poziom obsługi klienta, co bezpośrednio wpływa na procedury logistyczne e-commerce. Na rysunku 1.1 przedstawiono porównanie systemów odprawy celnej w Stanach Zjednoczonych, Unii Europejskiej oraz Chinach, jako trzech największych podmiotów na globalnym rynku e-commerce.

Analiza porównawcza systemów odprawy celnej w USA, UE i Chinach wskazuje na istotne różnice w zakresie dostępności rynków dla zagranicznych sprzedawców. Stany Zjednoczone oferują najbardziej liberalne podejście do e-commerce transgranicznego, opierający się na wysokim progu zwolnienia z ceł, niskich stawkach celnych i szybkim procesie odprawy, tworząc korzystne środowisko dla importerów oraz klientów. System europejski, choć bardziej sformalizowany i restrykcyjny pod względem fiskalnym, zapewnia transparentność oraz jednolite procedury w obrębie jednolitego rynku. Z kolei Chiny stosują najbardziej rygorystyczne podejście, chroniąc rynek wewnętrzny poprzez niskie progi de minimis, wysokie cła i wydłużone procedury weryfikacyjne. Z punktu widzenia przedsiębiorstw e-commerce, skuteczna ekspansja na dany rynek wymaga szczegółowej analizy lokalnych regulacji celnych i podatkowych oraz adaptacji strategii logistycznej do realiów danego obszaru prawnego.

 USA	 EU	 China
Prog de minimis 800 USD	Brak	Próg de minimis 50 RMB
Czas odprawy 1-2 dni	Czas odprawy 2-5 dni	Czas odprawy 2-7 dni
Koszt typowego cła Na elektronikę: 0-5,4%	Koszt typowego cła Na elektronikę: 0-14%	Koszt typowego cła Na elektronikę: 0-20%

Rysunek 1.1. Porównanie procedury celnej w USA, UE i Chinach

Źródło: opracowanie własne

Przedsiębiorstwa działające w branży handlu elektronicznego oraz logistyce e-commerce muszą także dostosować się do lokalnych regulacji dotyczących bezpieczeństwa produktów, etykietowania, norm środowiskowych oraz ochrony konsumentów. Przykładowo, produkty elektroniczne importowane do UE muszą posiadać oznaczenie CE, które potwierdza zgodność z unijnymi normami technicznymi. Niektóre państwa mają szczególnie rygorystyczne regulacje w tym obszarze, np. Chiny w zakresie importu towarów żywnościowych czy Australia w kontekście produktów pochodzenia zwierzęcego. Brak wiedzy o takich wymaganiach może prowadzić do zatrzymania przesyłek na granicy lub ich zwrotu do nadawcy, co generuje dodatkowe koszty operacyjne (Unia Europejska, 2025).

Skuteczne prowadzenie działalności w zakresie logistyki e-commerce wymaga odpowiedniej obsługi dokumentacji celnej, do której należą faktury handlowe, deklaracje celne, certyfikaty pochodzenia oraz zezwolenia. W zależności od kraju i rodzaju towaru wymagane dokumenty mogą się znacznie różnić. Cyfryzacja i integracja systemów ERP z platformami logistycznymi umożliwiają automatyzację tego procesu, jednak ich wdrożenie bywa kosztowne i czasochłonne (DHL, 2025).

W 2021 roku w polskim systemie prawnym wprowadzono kompleksowe rozwiązania w ramach tzw. pakietu VAT e-commerce (ang. *VAT e-commerce package*). Implementacja odpowiednich dyrektyw unijnych miała na celu reformowanie zasad opodatkowania podatkiem od wartości dodanej w sektorze handlu elektronicznego. Nowe regulacje, obejmujące m.in. procedury szczególne, zostały zaprojektowane w sposób ułatwiający rozliczenia podatkowe, zwiększający efektywność poboru VAT oraz ograniczający konieczność wielokrotnej rejestracji w różnych państwach członkowskich. Celem reform było stworzenie zharmonizowanego systemu podatkowego dla transgranicznych transakcji elektronicznych, odpowiadającego na wcześniej zidentyfikowane luki regulacyjne.

Po sześciu miesiącach obowiązywania przepisów Komisja Europejska, za pośrednictwem Dyrekcji Generalnej ds. Podatków i Unii Celnej (*Directorate-General for Taxation and Customs Union*), dokonała wstępnej ewaluacji wdrożenia przepisów. Wskazano na pozytywne rezultaty oraz szeroką akceptację dla rozszerzonej procedury OSS, która w znacznym stopniu uprościła procesy rozliczeniowe. Na dzień 1 lutego 2022 roku zarejestrowano łącznie 90 250 podmiotów w ramach procedury unijnej i nieunijnej, co świadczy o jej atrakcyjności dla przedsiębiorstw działających w obszarze transgranicznego e-handlu. W tym samym okresie odnotowano wpływy budżetowe z tytułu VAT w wysokości około 6,8 miliarda euro, co potwierdza skuteczność nowego modelu w zakresie fiskalnym. Jednym z kluczowych elementów reformy było również uszczelnienie systemu podatkowego w kontekście importu towarów o niskiej wartości, realizowanego w ramach nowo wprowadzonej procedury IOSS (*Import One Stop Shop*). Mechanizm ten umożliwił bardziej efektywną kontrolę nad przesyłkami pochodzącymi z państw trzecich. W efekcie zastosowania IOSS do budżetów państw członkowskich wpłynęło ponad 2 miliardy euro, z czego 700 milionów euro stanowił dodatkowy podatek

wynikający z likwidacji zwolnienia z VAT importowego dla przesyłek o wartości do 22 euro, które wcześniej stanowiły istotną lukę podatkową. Dodatkowo, dzięki nowym regulacjom ograniczono nadużycia związane z zaniżaniem wartości przesyłek. W konsekwencji odnotowano 270 milionów euro wpływów z tytułu podatku VAT (Suwalska, 2023).

W celu skutecznego zarządzania wyzwaniami logistycznymi i regulacyjnymi firmy e-commerce powinny przestrzegać następujących zasad:

- korzystanie z usług pośredników celnych i doradców podatkowych;
- automatyzacja obliczania ceł i VAT w koszyku zakupowym;
- informowanie klientów o potencjalnych kosztach importowych;
- budowanie lokalnych centr dystrybucji w kluczowych regionach;
- edukacja w zakresie międzynarodowych przepisów celno-podatkowych.

Luki informacyjne, brak spójnych przepisów prawa i procedur sprzyjają nadużyciom i przestępstwom celno-skarbowym podczas realizacji zamówień w handlu elektronicznym. Anonimowość uczestników rynku, skutkuje fałszowaniem tożsamości podmiotów realizujących transakcje oraz korzystanie z usługi VPN (ang. *Virtual Private Network*), umożliwiającej łączenie się z internetem z dowolnego miejsca na świecie za pomocą wirtualnego, szyfrowanego tunelu. Ponadto poważnym zagrożeniem pozostaje wirtualny charakter walut oraz metod rozliczenia transakcji. Kolejnym niebezpieczeństwem pozostaje proces kontroli towarów kupowanych przez internet, ponieważ zauważalny jest rosnący udział małych przesyłek o niskiej wartości, określane jako *small parcels tsunami* (Nowak, Stanisławiszyn, 2015). W opisie zawartości przesyłek nadawcy często dokonują zapisu *gift*, oznaczającego iż przesyłka nie posiada charakteru handlowego, co uprawnia jej odbiorcę do zwolnienia z fizycznej kontroli zakupionego towaru. Jednak często są to faktyczne transakcje handlowe, od których powinny być naliczane oraz pobierane należności przywózowe, natomiast dostarczane towary powinny zostać poddawane kontroli jakościowej (Basalisco i in., 2018).

1.3. Strategie optymalizacji kosztów w międzynarodowym e-handlu

Koszty logistyki w międzynarodowym e-commerce stanowią jeden z głównych czynników oddziałujących na rentowość operacyjną przedsiębiorstwa. Obsługa transgranicznych przesyłek generuje wyższe koszty niż dostawy krajowe, co spowodowane jest wyższymi kosztami transportu, różnicami podatkowymi, cłami czy skomplikowaną obsługą zwrotów. W warunkach rosnącej konkurencji, inflacji kosztowej oraz zmiennych preferencji konsumenckich przedsiębiorstwa z branży e-commerce zmuszone są do wdrażania strategii optymalizacyjnych w obszarze logistyki.

Koszty operacyjne w międzynarodowym handlu elektronicznym obejmują szeroki zakres działań, z których wiele ma charakter złożony i zależny od uwarunkowań lokalnych, skali działalności oraz wybranego modelu logistycznego. Wśród

głównych kategorii wydatków ponoszonych przez firmy e-commerce działające w skali międzynarodowej należą takie kategorie, jak transport międzynarodowy, magazynowanie i przeładunek towarów, obsługa zwrotów, integracja systemów informatycznych oraz opłaty podatkowo-celne. Transport międzynarodowy stanowi najistotniejszy składnik kosztów logistycznych. Obejmuje usługi kurierskie, a także przesyłki frachtowe morskie oraz lotnicze. Całkowity koszt dostawy znacząco zwiększają dopłaty paliwowe, cła, podatki importowe, opłaty portowe (Waters, 2010).

Kolejną istotną kategorię kosztów stanowi magazynowanie oraz przeładunek towarów. Proces ten odbywa się zarówno w dużych centrach dystrybucyjnych, jak i w mniejszych, lokalnych hubach logistycznych, zlokalizowanych w pobliżu rynków docelowych. Koszty magazynowania są silnie zróżnicowane geograficznie, ponieważ zależą od poziomu rozwoju infrastruktury logistycznej w danym kraju, lokalnych stawek za wynajem powierzchni magazynowej, jak również od poziomu automatyzacji procesów logistycznych (Kotler, 2019).

Koszty obsługi zwrotów jako kolejne obciążenie dla e-commerce wynikają głównie z oczekiwań klientów, które obejmują proste, szybkie oraz darmowe procedury zwrotu zamówionego towaru. Wymaga to od sprzedawców nie tylko zapewnienia infrastruktury zwrotnej takiej jak punkty odbioru, etykiety zwrotne, opakowania, ale i ponownego składowania i przetwarzania zwracanych towarów. Obsługa zwrotów generuje nie tylko koszty transportowe, ale również straty wynikające z obniżenia wartości towaru lub konieczności jego utylizacji (PcW, 2022).

Nieodzownym elementem międzynarodowego e-commerce są też zaawansowane systemy informatyczne. Koszty wdrożenia, a także utrzymania systemów takich jak ERP (ang. *Enterprise Resource Planning*), WMS (ang. *Warehouse Management System*), TMS (ang. *Transportation Management System*) czy platform integrujących sprzedaż, logistykę i obsługę klienta rosną wraz ze wzrostem ilości dokonywanych transakcji oraz wzrastającą podażą. Szczególnie w modelach wielokanałowych integracja systemów stanowi jedno z kluczowych wyzwań technologicznych, które bezpośrednio wpływa na efektywność i koszty działalności operacyjnej.

Koszty związane z regulacjami prawnymi obejmują opłaty celne oraz podatki. W zakresie transakcji transgranicznych przestrzegać należy zróżnicowanych przepisów podatkowych, a także uwzględniać obowiązujące cła, akcyzy, opłaty środowiskowe czy koszty związane z certyfikacją i oznakowaniem produktów wymaganym w danym kraju. Jednoczesna różnorodność oraz złożoność przepisów prawnych i podatkowych w skali globalnej stanowi dodatkowe obciążenie finansowe i organizacyjne. Powoduje także konieczność ścisłej współpracy przedsiębiorstw z branży e-commerce oraz logistyki z doradcami podatkowymi oraz prawnikami specjalizującymi się w handlu międzynarodowym (KPMG, 2021).

Rosnąca presja cenowa, zmienne koszty transportu i surowców, zmieniające się oczekiwania klientów powodują, iż przedsiębiorstwa działające w sektorze

międzynarodowego e-commerce zmuszone są do wdrażania strategii optymalizacji kosztów logistycznych. Proces wymaga zrównoważenia efektywności operacyjnej z jakością obsługi klienta, elastyczności z kontrolą kosztów oraz standaryzacji z dostosowaniem do lokalnych warunków rynkowych. W praktyce gospodarczej wyróżnić można kilka kluczowych kierunków działań znacząco wpływających na redukcję kosztów przy jednoczesnym zachowaniu konkurencyjności rynkowej. Jednym z najczęściej stosowanych rozwiązań w logistyce międzynarodowej jest konsolidacja transportu oraz zamówień. Proces obejmuje łączenie przesyłek pochodzących z różnych źródeł w jedną, wspólną jednostkę transportową, którą może być kontener, paleta lub ładunek kurierski. Wskazana strategia umożliwia obniżenie kosztu jednostkowego transportu, szczególnie w przypadku przesyłek lotniczych i morskich, gdzie stawki uzależnione są od objętości lub wagi przesyłki. Ponadto konsolidacja sprzyja bardziej efektywnemu wykorzystaniu przestrzeni ładunkowej oraz ogranicza liczbę operacji przeładunkowych, co z kolei przekłada się na krótszy czas obsługi i mniejsze ryzyko błędów logistycznych (Christopher, 2016).

Kolejną stosowaną przez przedsiębiorstwa strategią jest rozwój lokalnych centrów magazynowych oraz modeli fulfillment usytuowanych w niedalekiej odległości od klientów końcowych. Budowa lub wynajem lokalnych hubów logistycznych umożliwia skrócenie czasu dostawy, poprawę satysfakcji klientów oraz unikanie części opłat celnych i granicznych, które często towarzyszą przesyłkom międzynarodowym. Przykładem skutecznego wdrożenia takiej strategii jest działalność Amazona czy Zalando, które rozmieszczają swoje magazyny w sposób umożliwiający błyskawiczną realizację zamówień w wielu krajach jednocześnie. Przedsiębiorstwa korzystają też z usług zewnętrznych operatorów logistycznych, tzw. firm 3PL (ang. *Third-Party Logistics*) i 4PL (ang. *Fourth-Party Logistics*), oferujących elastyczne rozwiązania magazynowe, pakowanie, etykietowanie, a także obsługę zwrotów dostosowaną do lokalnych przepisów i preferencji klientów (Ciesielski, 2013).

Nieodzownym elementem redukcji kosztów w e-commerce jest również automatyzacja procesów logistycznych. Nowoczesne systemy kompletacji, sortowania, pakowania i zarządzania zapasami umożliwiają ograniczenie zatrudnienia, zmniejszenie liczby błędów, a także zwiększenie przepustowości operacyjnej magazynów. Amazon, jako jeden z liderów we wskazanym zakresie, wdrożył w centrach dystrybucyjnych roboty Kiva, automatyzujące transport wewnętrzny. Rozwiązanie to przyczyniło się do redukcji kosztów operacyjnych o 20-30% (McKinsey, 2021). Automatyzacja ogranicza wydatki, jednocześnie zwiększa elastyczność przedsiębiorstw, co jest kluczowe w sezonach szczytowych lub w warunkach gwałtownych zmian popytu.

Kolejnym obszarem, jaki wymaga optymalizacji kosztów, jest obsługa zwrotów, które w przypadku sprzedaży internetowej mogą stanowić nawet do 30% wszystkich zamówień. Szczególnie zauważalne jest to w branży odzieżowej i obuwniczej, co wynika ze specyfiki produktów (Lis, 2020). Koszty związane

z logistyką zwrotną obejmują nie tylko transport, ale i ponowne przyjęcie, sortowanie, ewentualne przetworzenie lub likwidację towaru. Firmy coraz częściej wdrażają rozwiązania takie jak lokalne punkty zwrotów, które znajdują się najczęściej w sklepach stacjonarnych, paczkomatach czy kioskach. Takie rozwiązanie ogranicza koszty wysyłki oraz przyspiesza proces zwrotu. Ponadto, kluczowe w e-commerce firmy wykorzystują narzędzia analityczne w celu przewidywania ryzyka zwrotów, co umożliwi wprowadzenie dynamicznych polityk zwrotów. Praktykę selektywnego ograniczania darmowych zwrotów testują takie marki jak Shein czy Zalando (Zalando, 2023a).

Optymalizacja kosztów operacyjnych dotyczy również zarządzania zapasami. Przedsiębiorstwa korzystać mogą z narzędzi predykcyjnych oraz algorytmów sztucznej inteligencji, umożliwiających dokładne prognozowanie popytu, optymalizację rotacji produktów oraz planowanie zapasów z uwzględnieniem sezonowości i trendów rynkowych. Takie podejście zmniejsza ryzyko zalegania towarów, minimalizuje konieczność wyprzedzaży i pozwala lepiej alokować zasoby magazynowe. Ponadto dane pochodzące z systemów BI (ang. *Business Intelligence*) i ERP często integrowane są w czasie rzeczywistym z systemami dostawców czy operatorów logistycznych, co przyspiesza decyzje operacyjne, a także zwiększa efektywność całego łańcucha dostaw (Accenture, 2022).

Outsourcing usług logistycznych, jako jedna ze strategii optymalizacji kosztów, polega na przekazaniu części lub całości procesów logistycznych zewnętrznym partnerom. Strategia umożliwi sprzedawcom skupienie się na kluczowych zadaniach operacyjnych, takich jak sprzedaż i marketing, przy jednoczesnym korzystaniu z infrastruktury oraz wiedzy specjalistycznych operatorów. Przedsiębiorstwa takie jak InPost Fulfillment, DHL Fulfillment czy Ship Bob oferują kompleksowe usługi fulfilmentu, magazynowania, pakowania, wysyłki i obsługi zwrotów. Dzięki czemu możliwe jest elastyczne skalowanie działalności bez konieczności ponoszenia kosztów inwestycyjnych we własną infrastrukturę (Ship Bob, 2021).

Wskazane strategie, począwszy od konsolidacji transportu, przez lokalizację magazynów, automatyzację i outsourcing, aż po zarządzanie zapasami, stanowią zestaw narzędzi umożliwiających racjonalizację kosztów w warunkach rosnącej złożoności logistyki międzynarodowej. Jednak ich skuteczność zależy od dopasowania do specyfiki branży, regionu działania oraz etapu rozwoju przedsiębiorstwa.

1.4. Logistyka cross-border i jej rozwój na rynkach wschodzących

Mianem transgranicznego handlu elektronicznego (ang. *cross-border e-commerce*) określa się międzynarodowe transakcje kupna-sprzedaży online, kiedy to sprzedawca zlokalizowany jest w innym kraju niż kupujący oraz podlega innej jurysdykcji. Wskazana definicja poza typowymi cechami handlu zawiera specyfikę wynikającą z odmiennej lokalizacji kupującego i sprzedającego, jednocześnie

akcentując odmienne dla stron transakcji przepisy prawne, zasady rozliczania transakcji walutowych, stawki podatkowe. Handel elektroniczny o charakterze transgranicznym to jeden z najszybciej rozwijających się segmentów globalnego rynku e-commerce. Dzięki upowszechnieniu internetu bariery związane z granicami państwowymi oraz procedurami celnymi stały się dla klientów znacznie mniej odczuwalne podczas dokonywania zakupów za granicą (Grottel, 2018).

Handel transgraniczny obejmuje transakcje dokonywane pomiędzy podmiotami należącymi do Unii Europejskiej, nawet jeśli obie strony posługują się tą samą walutą czy językiem. Ponadto, cross-border e-commerce obejmuje wszystkie transakcje zawierane pomiędzy przedsiębiorstwami (B2B), przedsiębiorstwami a konsumentami (B2C) oraz pomiędzy konsumentami (C2C). Rozwój handlu transgranicznego przynosi szereg korzyści zarówno dla kupujących, jak i dla sprzedających. Bez wątpienia wpływa na zwiększenie dostępności produktów bez ograniczeń czasowych czy miejsca zawierania transakcji. Kupujący mogą dokonać zakupu produktów unikalnych, niedostępnych na lokalnym rynku, często z niższą ceną i lepszą jakością, niezależnie od lokalizacji sprzedającego. Z kolei sprzedawcy mogą dotrzeć do większej liczby potencjalnych klientów. Jednocześnie wielu korzyściom towarzyszą pewne obawy oraz ryzyko. Kupujący mogą obawiać się długiego czasu realizacji zamówienia, wysokich kosztów dostawy, kosztownego i skomplikowanego procesu zwrotów, niepewności dotyczącej ostatecznej ceny ze względu na opłaty celne czy podatek VAT, braku możliwości bezpośredniego śledzenia lokalizacji przesyłki. Klientom towarzyszą również pewne bariery dotyczące korzystania z cross-border e-commerce, takie jak niezajomość języka obcego, brak zaufania do sprzedawcy zagranicznego, obawy o bezpieczeństwo danych osobowych czy płatności (Komisja Europejska, 2015).

Sprzedawcy rozwijający sprzedaż na skalę globalną, opracowując strategię, powinni rozważyć wszystkie korzyści wynikające z możliwości dotarcia do ogromnej liczny klientów bez fizycznej obecności. Rozpowszechnienie dostępu do internetu na całym świecie, intensywny rozwój e-handlu daje nieograniczone możliwości sprzedaży. Znaczenie odległości pomiędzy kupującym a sprzedającym, w kontekście czasu, kontaktu, możliwości sprzedaży maleje, jednak jednocześnie wraz ze wzrostem geograficznej odległości pomiędzy stronami transakcji rosną koszty logistyczne, handlowe czy obsługi płatności (Gomez-Herrera, Martens, Turlea, 2014). W transgranicznym e-commerce jedną z głównych barier rozwoju pozostają działania logistyczne. Sprzedawcy najczęściej wskazują na zbyt wysokie koszty dostawy, obsługi reklamacji i zwrotów. Ponadto badania prowadzone przez Komisję Europejską dowodzą, iż czym mniejsza firma, tym większe koszty logistyczne ponosi. Ze względu na obawy klientów związane z transgranicznymi zakupami online sprzedawcy powinni dokładnie zapoznać się z potrzebami klientów oraz ze specyfiką kulturową (Pluta-Zaremba, 2016).

W kontekście logistyki cross-border e-commerce związany jest ze znacznie większymi wyzwaniami niż handel krajowy. Proces dostarczania towarów po-

między różnymi krajami wymaga nie tylko zarządzania trasami transportowymi, ale i znajomości międzynarodowych przepisów celnych, fiskalnych, importowych i eksportowych. Wymaga to odpowiedniego oznakowania produktów, przygotowania dokumentacji transportowej oraz zastosowania właściwych kodów taryfowych HS. Jednym z najczęściej wskazywanych przez przedsiębiorstwa problemów jest skomplikowana oraz czasochłonna odprawa celna. Zarządzanie logistyką w kontekście cross-border oznacza również konieczność zapewnienia śledzenia przesyłek, optymalizacji czasu dostawy oraz skutecznej obsługi zwrotów. Proces zwrotu towaru w handlu międzynarodowym często bywa kosztowny i skomplikowany. Wymaga od sprzedawcy posiadania lokalnych punktów przyjęcia zwrotów lub współpracy z wyspecjalizowanymi firmami logistycznymi. Brak przejrzystej i przyjaznej polityki zwrotów może skutecznie zniechęcić konsumentów do zakupu. W świetle tak skomplikowanych procesów logistycznych coraz więcej przedsiębiorstw decyduje się na współpracę z globalnymi operatorami logistycznymi (np. DHL, FedEx) lub korzysta z usług centrów fulfillmentowych, takich jak Amazon FBA, zlokalizowanych w pobliżu kluczowych rynków zbytu. Pozwala to skrócić czas dostawy, uniknąć barier celnych oraz zwiększyć satysfakcję klienta końcowego (Komisja Europejska, 2020).

Koszty logistyczne rosną wraz ze wzrostem odległości geograficznej i brakiem lokalnej infrastruktury. Badania Komisji Europejskiej potwierdzają, że małe i średnie przedsiębiorstwa ponoszą proporcjonalnie wyższe koszty jednostkowe dostawy w porównaniu do dużych podmiotów. Stąd też logistyka pozostaje jedną z głównych barier rozwoju transgranicznego e-commerce, szczególnie dla firm rozpoczynających działalność eksportową. Handel transgraniczny w modelu e-commerce stanowi jedno z najbardziej dynamicznie rozwijających się zjawisk we współczesnym handlu międzynarodowym. Jego rozwój nie byłby możliwy bez odpowiednio skonstruowanego i zoptymalizowanego łańcucha dostaw, dostosowanego do wyzwań logistycznych wynikających z różnorodności prawnej, geograficznej i kulturowej uczestników rynku. Logistyka nie pozostaje wyłącznie funkcją wspierającą sprzedaż, ale przekształca się w kluczowy element kreowania przewagi konkurencyjnej oraz lojalności klientów. Konsumenty oczekują szybkiej, przewidywalnej i przejrzystej dostawy, niezależnie od lokalizacji sprzedawcy. Jednocześnie wydarzenia globalne, takie jak pandemia COVID-19, wojna w Ukrainie czy zakłócenia w łańcuchach dostaw, ukazały, jak wrażliwy i złożony jest międzynarodowy handel elektroniczny. Efektywna logistyka cross-border wymaga nie tylko efektywnego zarządzania operacyjnego, ale także adaptacji do dynamicznych zmian otoczenia, inwestycji w technologie cyfrowe czy strategicznego rozmieszczenia zasobów logistycznych. Logistyka w handlu cross-border obejmuje wszelkie operacje związane z przemieszczaniem towarów od sprzedawcy do kupującego zlokalizowanego w innym kraju. Kluczowe ogniwa tego procesu to:

- Magazynowanie (ang. *fulfillment*) – może odbywać się w kraju sprzedawcy w regionalnych centrach logistycznych lub za pośrednictwem partnerów trze-

cich (ang. *third-party logistics*, 3PL). Lokalizacja magazynu wpływa na czas dostawy oraz koszty transportu (Wang, 2020).

- Transport międzynarodowy – w zależności od wartości, rozmiarów i terminu dostawy wykorzystuje się transport lotniczy, morski, kolejowy i drogowy. Czas i koszt dostawy to kluczowe czynniki wpływające na decyzje zakupowe konsumentów (Deloitte, 2023).
- Procedury celne i opłaty – obejmują zgłoszenia celne, klasyfikację taryfową, dokumentację importową, naliczanie podatków i ceł. Różnice w regulacjach celnych między krajami wpływają na wydłużenie czasu realizacji dostawy (Komisja Europejska, 2022).
- Ostatnia mila (ang. *last mile delivery*) – końcowy etap dostawy, obejmujący przekazanie paczki odbiorcy, często wiąże się z największymi kosztami i trudnościami operacyjnymi, zwłaszcza w krajach o słabej infrastrukturze logistycznej (Universal Postal Union, 2021).
- Zwroty i reklamacje – w kontekście cross-border są bardziej kosztowne i czasochłonne niż w handlu krajowym, co może zniechęcać klientów do zakupów zagranicznych (McKinsey & Company, 2022).

Wszystkie etapy należy precyzyjnie zsynchronizować w celu zapewnienia efektywności i satysfakcji klienta. W logistyce cross-border ogromnego znaczenia nabierają cyfryzacja, automatyzacja i big data. Współczesna logistyka cross-border nie mogłaby funkcjonować bez intensywnego wykorzystania technologii cyfrowych. Cyfryzacja procesów pozwala na ich automatyzację, integrację i ciągłe monitorowanie, co z kolei poprawia efektywność operacyjną i skraca czas dostawy. Big data umożliwia analizę zachowań zakupowych, przewidywanie popytu oraz optymalizację tras dostaw i zarządzania zapasami. Firmy logistyczne wykorzystują dane z przeszłości do prognozowania wąskich gardeł i przeciwdziałania opóźnieniom (Accenture, 2022b). Z kolei Internet Rzeczy umożliwia śledzenie przesyłek w czasie rzeczywistym, monitoring temperatury i warunków transportu, a także automatyczne zgłaszanie nieprawidłowości (DHL, 2021). Natomiast sztuczna inteligencja wspiera klasyfikację produktów do taryf celnych, personalizację ofert, automatyczne przetwarzanie dokumentów celnych oraz dynamiczne zarządzanie zapasami (PwC, 2022a, 2022b). Blockchain stosowany jest do zapewnienia przejrzystości i bezpieczeństwa w łańcuchu dostaw, umożliwiając weryfikację każdego etapu dostawy oraz autentyczności towaru (IBM Blockchain, 2023).

Wdrożenie cyfrowych narzędzi jest szczególnie istotne na rynkach wschodzących, gdzie braki infrastrukturalne można częściowo kompensować technologią. Przykładem są mobilne aplikacje do śledzenia przesyłek w Afryce czy chatboty obsługujące zamówienia w Ameryce Łacińskiej. Wykorzystywanie nowoczesnych technologii obejmuje również korzystanie z platform e-commerce, które bezpośrednio wpływają na kształtowanie logistyki cross-border. Globalne platformy e-commerce, takie jak Alibaba, Amazon, MercadoLibre czy Jumia, odegrały kluczową rolę w upraszczaniu procesów logistyki transgranicznej. Ich działania

znacząco przyczyniły się do standaryzacji usług logistycznych, wdrażania innowacji technologicznych i obniżenia barier wejścia na rynki międzynarodowe. W tabeli 1.2. przedstawiono przykłady wykorzystania technologii cyfrowych przez wybrane przedsiębiorstwa.

Tabela 1.2. Nowoczesne technologie w logistyce cross-border w wybranych przedsiębiorstwach

Przedsiębiorstwo	Przykłady wdrożenia technologii
Alibaba Group	Poprzez usługę Cainiao Network stworzyła globalny system fulfillmentu zintegrowany z firmami kurierskimi i celnymi. Dzięki temu możliwa jest dostawa do ponad 200 krajów przy śledzeniu w czasie rzeczywistym
Amazon	Rozwinął rozbudowaną sieć centrów logistycznych (Fulfillment by Amazon – FBA), które umożliwiają szybkie dostawy międzynarodowe i uproszczoną obsługę zwrotów. Sprzedawcy mogą delegować niemal cały proces logistyczny firmie Amazon
MercadoLibre	Lider e-commerce w Ameryce Łacińskiej, inwestuje w rozwój własnej infrastruktury logistycznej (Mercado Envíos), co umożliwia obsługę milionów transakcji między państwami regionu
Jumia	Dominująca na rynku afrykańskim, rozwija tzw. model hub-and-spoke, gdzie logistyka bazuje na lokalnych partnerach i regionalnych centrach dystrybucji, umożliwiając dotarcie do odbiorców w krajach z ograniczoną infrastrukturą

Źródło: opracowanie własne na podstawie: (Cainiao 2023, Amazon Services Europe 2023, MercadoLibre 2023, Jumia Technologies AG 2022)

Dzięki takim rozwiązaniom możliwe jest nie tylko zwiększenie dostępności usług logistycznych, ale także kreowanie zaufania klientów, poprawa przejrzystości dostaw oraz ograniczenie kosztów operacyjnych. Technologie cyfrowe, działające często w oparciu o sieci mobilne i przetwarzanie danych w chmurze, umożliwiają firmom e-commerce wejście na rynki dotąd uważane za trudno dostępne. Co więcej, stanowią one fundament do dalszej automatyzacji procesów, integracji z lokalnymi systemami płatności czy dynamicznego zarządzania magazynem i popytem. W rezultacie digitalizacja logistyki staje się nie tylko odpowiedzią na lokalne ograniczenia infrastrukturalne, ale także strategicznym narzędziem rozwoju i skalowania działalności handlowej na poziomie międzynarodowym.

Rozdział 2.

Wyzwania i innowacje w międzynarodowej logistyce e-commerce

Rozwój międzynarodowego handlu elektronicznego generuje szereg wyzwań logistycznych, wynikających zarówno z rosnącej skali transakcji, jak i ze złożoności procesów obsługi transgranicznych przepływów towarów. Wyzwania te obejmują m.in. konieczność zapewnienia wysokiej elastyczności łańcuchów dostaw, minimalizacji czasu dostawy, optymalizacji kosztów transportu, a także dostosowania się do zróżnicowanych regulacji prawnych i standardów jakościowych obowiązujących na rynkach globalnych. Jednocześnie dynamiczny rozwój technologii sprzyja wdrażaniu innowacyjnych rozwiązań logistycznych, które stają się kluczowym narzędziem podnoszenia efektywności i konkurencyjności przedsiębiorstw. Automatyzacja procesów magazynowych, wykorzystanie sztucznej inteligencji, systemów śledzenia przesyłek czy rozwiązań opartych na big data i blockchain stanowią istotne elementy transformacji logistyki w erze cyfrowej.

2.1. Bariery w rozwoju międzynarodowej logistyki e-commerce

Rozwój e-commerce bezpośrednio wpływa na dynamiczny rozwój logistyki. Wraz ze wzrostem liczby transakcji internetowych rośnie zapotrzebowanie na sprawne systemy magazynowania, dystrybucji oraz dostaw do ostatecznego klienta. Logistyka staje się kluczowym ogniwem w realizacji procesów zakupowych online, odpowiadając za terminowość, jakość obsługi i elastyczność dostaw. E-commerce i logistyka są zatem ze sobą silnie powiązane, ponieważ postęp w jednej z tych dziedzin generuje rozwój drugiej, tworząc efekt sprzężenia zwrotnego.

Prowadzenie działalności w zakresie transgranicznego handlu elektronicznego wiąże się z szeregiem specyficznych barier, które wpływają zarówno na funkcjonowanie przedsiębiorstw, jak i na decyzje zakupowe konsumentów. Trudności związane są najczęściej z czasem i kosztami dostawy oraz zwrotami przesyłek. Jednakże mogą wynikać również z barier językowych, przepisów prawa międzynarodowego czy metod płatności.

Koszty przesyłek transgranicznych zazwyczaj są wielokrotnie wyższe niż krajowych. Czego powodem są głównie większe odległości występujące między punktem odbioru przesyłki przez klienta a sprzedawcą, brak interoperacyjności systemów operatorów oraz różnice w standardach logistycznych poszczególnych państw (Hübner i in., 2016). Ponadto, na wzrost kosztów dostawy oddziałują ograniczenia gabarytowe przesyłki, generując dodatkowe koszty operacyjne. Przystępny dla kupującego koszt dostawy kształtuje poziom lojalności klientów. Poza tym,

na wzrost zaufania do sprzedawcy wpływa możliwość szybkiego monitorowania statusu przesyłki (Fernie, Sparks, 2016). Realizacja przesyłek zagranicznych często związana jest z koniecznością przeprowadzenia odpraw celnych oraz kontroli administracyjnych, przez co czas dostawy może wynosić od kilku dni do kilku tygodni. Co więcej, zbyt niski poziom wsparcia językowego na platformach e-commerce utrudnia efektywną komunikację podczas składania zamówień, reklamacji czy zwrotów. Niespełna 61% sklepów internetowych w Unii Europejskiej oferuje obsługę klienta w więcej niż jednym języku, co znacznie ogranicza zasięg rynkowy sprzedawców w międzynarodowym sektorze e-handlu (OECD, 2019).

Rozwój międzynarodowej logistyki e-commerce w dużym stopniu uzależniony jest od efektywnej i jednocześnie dobrze funkcjonującej infrastruktury. Jedną z kluczowych przeszkód determinującą usprawnienie międzynarodowych łańcuchów dostaw pozostaje brak lokalnych partnerów logistycznych, co utrudnia realizację ostatniego etapu dostawy (ang. *last mile delivery*), szczególnie w mniej zurbanizowanych lub słabiej rozwiniętych regionach. Kolejnym wyzwaniem jest słaba integracja technologiczna pomiędzy systemami informatycznymi poszczególnych operatorów logistycznych i platform sprzedażowych, co prowadzi do braku płynności w przekazywaniu danych, opóźnień oraz trudności w śledzeniu przesyłek. Dodatkowo, wciąż występują bariery techniczne i brak ujednoczonych standardów, co powoduje problemy z interoperacyjnością, ogranicza automatyzację procesów oraz zwiększa koszty operacyjne. Kolejną kluczową barierą uniemożliwiającą rozwój e-commerce są rozliczenia walutowe, bowiem klienci preferują dokonywanie płatności w walucie lokalnej. Brak takiej możliwości często prowadzi do porzucania koszyka zakupowego oraz niepowracania do sklepu oferującego zapłatę wyłącznie w walutach obcych (Featherman, Hajli, 2016). Bariery rozwoju międzynarodowego e-commerce bezpośrednio oddziałują na rozwój logistyki w skali globalnej. Istotne bariery związane są także z zachowaniem klientów, obejmują takie czynniki jak niepewność związana z procedurami zwrotu towaru, brak zaufania do e-handlu czy brak wystarczającej umiejętności obsługi platform zakupowych (Kawa, Światowicz-Szczepańska, 2018). Regulacje prawno-podatkowe, jako kolejna bariera rozwoju logistyki e-commerce, obejmuje głównie problemy związane z brakiem transparentności ostatecznej ceny, uwzględniającej podatek VAT, cło oraz prowizje bankowe związane z przewalutowaniem. Proces zwrotu w handlu transgranicznym obciążony jest dodatkowymi kosztami przesyłki zwrotnej, ryzykiem niekorzystnego przewalutowania oraz barierami językowymi. Ponadto klienci często nie odzyskują pełnej wartości zakupu, co negatywnie wpływa na poziom zaufania nie tylko do danego sprzedawcy, ale i do całej branży e-commerce (Mollenkopf i in., 2018).

Rozwój międzynarodowego e-commerce niesie ze sobą ogromny potencjał dla firm chcących rozszerzać działalność na rynki zagraniczne. Jednak realizacja sprawnej logistyki transgranicznej napotyka na szereg barier utrudniających efektywne funkcjonowanie sektora. Wskazane bariery wywodzą się z różnorodnych

źródeł, poczynając od problemów infrastrukturalnych i technologicznych, przez regulacje prawne, aż po czynniki kulturowe i ograniczenia kompetencyjne. Na rysunku 2.1 przedstawiono pogrupowane ze względu na źródło pochodzenia, bariery wpływające na rozwój logistyki w międzynarodowym handlu elektronicznym.

W odpowiedzi na zidentyfikowane bariery w międzynarodowej logistyce e-commerce wdrażane są inicjatywy mające na celu poprawę efektywności i przejrzystości działań logistycznych. Jednym z takich rozwiązań jest platforma porównawcza kosztów dostawy (KEP), uruchomiona przez Komisję Europejską. Nazwa pochodzi od słów Kurier, Ekspres, Paczka (ang. *Courier, Express, Parcel*). Platforma umożliwia klientom oraz przedsiębiorcom porównywanie cen usług kurierskich w obrębie Unii Europejskiej, co zwiększa przejrzystość rynku i ułatwia wybór najkorzystniejszej oferty (Komisja Europejska, 2016).

Rysunek 2.1. Bariery w rozwoju międzynarodowej logistyki e-commerce



Źródło: opracowanie własne na podstawie: (Fernie, Sparks, 2019)

Drugim istotnym krokiem w kierunku standaryzacji jest wdrożenie uniwersalnego identyfikatora SSCC (ang. *Serial Shipping Container Code*) w etykiecie GS1, zgodnie z wytycznymi Europejskiego Komitetu Normalizacyjnego (ang. *European Committee for Standardization CEN*). Etykieta GS1 jest standardo-

wym oznaczeniem logistycznym wykorzystywanym globalnie do identyfikacji i śledzenia produktów oraz przesyłek w łańcuchu dostaw. System GS1 umożliwia standaryzację kodów kreskowych i identyfikatorów na całym świecie, co poprawia interoperacyjność pomiędzy systemami logistycznymi i partnerami handlowymi. Wskazane rozwiązanie umożliwia jednoznaczny identyfikację przesyłek niezależnie od operatora, wspiera integrację systemów informatycznych, a także wpływa na poprawę możliwości śledzenia paczek. System umożliwia skrócenie czasu dostawy oraz obniżenie kosztów operacyjnych (CEN, 2017).

Ponadto jednym z kluczowych elementów usprawniających funkcjonowanie międzynarodowej logistyki e-commerce są partnerstwa publiczno-prywatne oraz współpraca międzynarodowa z udziałem organizacji międzyrządowych oraz instytucji handlowych. Współdziałanie podmiotów publicznych z sektorem prywatnym ma na celu eliminowanie barier infrastrukturalnych, regulacyjnych i technologicznych, które wpływają negatywnie na efektywność łańcucha dostaw w handlu elektronicznym. Organizacje międzynarodowe, takie jak Światowa Organizacja Handlu, Światowy Związek Pocztowy czy Międzynarodowa Izba Handlowa, pełnią istotną funkcję w tworzeniu wspólnych ram regulacyjnych oraz w promowaniu standardów logistycznych i celnych, ułatwiających transgraniczną wymianę (World Trade Organization, 2017). WTO na podstawie umowy o ułatwieniach w handlu (ang. *Trade Facilitation Agreement*, TFA) promuje uproszczenie procedur celnych, tym samym umożliwiając krajom członkowskim redukcję kosztów handlu oraz czasu dostaw, szczególnie w kontekście małych i średnich przedsiębiorstw (Universal Postal Union, 2021). Z kolei Światowy Związek Pocztowy wspiera integrację systemów pocztowych z cyfrowymi platformami handlu elektronicznego oraz rozwija narzędzia do śledzenia przesyłek i elektronicznej wymiany danych, które przyspieszają obsługę przesyłek międzynarodowych. Międzynarodowa Izba Handlowa systematycznie dokonuje aktualizacji zasad standaryzacji dokumentacji handlowej oraz wspiera rozwój globalnych norm w zakresie logistyki i odpowiedzialności stron w obrocie transgranicznym (International Chamber of Commerce, 2020).

Dzięki wskazanym inicjatywom coraz częściej możliwe jest wdrażanie cyfrowych rozwiązań wspomagających odprawy celne, wspólne systemy identyfikacji przesyłek, a także programów pilotażowych, które testują nowoczesne modele logistyki ostatniej mili w różnych częściach świata. Tego typu działania przyczyniają się do zwiększenia transparentności, redukcji opóźnień i budowania zaufania między uczestnikami globalnego rynku e-commerce.

2.2. Przemiany w zarządzaniu łańcuchem dostaw w e-commerce

Zarządzanie łańcuchem dostaw (ang. *Supply Chain Management*, SCM), ze względu na wielość podejść, jest różnorodnie definiowane. W kontekście e-com-

merce SCM polega na zarządzaniu danymi, procesami oraz ludźmi związanymi z produktem od momentu zaplanowania produkcji, aż do etapu sprzedaży końcowemu nabywcy. Proces obejmuje działania związane z zakupami, zaopatrzeniem, produkcją, a także logistyką. Systemy SCM wspierają zarządzanie łańcuchem dostaw poprzez planowanie poziomu zapasów, nadzorowanie i koordynowanie przebiegu procesów, konfigurowanie produktów oraz struktury sieci dostaw, optymalizację działań logistycznych, identyfikację towarów i partnerów handlowych, a także analizę osiągniętych rezultatów. Bardziej zaawansowane systemy, bazujące na rozwiązaniach technologicznych i informacyjnych, obejmują działania związane wirtualizacją, przetwarzaniem danych w chmurze, wykorzystaniem sztucznej inteligencji czy systemów *Business Intelligence*. Postęp technologiczny w zarządzaniu łańcuchem dostaw wynika ze zmieniającego się podejścia do gospodarowania, ewolucji samych procesów gospodarczych, a także rosnącej roli wiedzy, informacji i potrzeby ich efektywnego przetwarzania. Nowoczesne systemy w zarządzaniu łańcuchem dostaw w e-commerce opierają się głównie na rozwiązaniach chmurowych oraz wirtualizacji danych. Pozwalają na przenoszenie zasobów obliczeniowych, przechowywanie i archiwizowanie informacji, a także wykorzystanie specjalistycznych narzędzi programistycznych w środowisku chmury obliczeniowej. Głównym celem ich zastosowania jest poprawa efektywności działania systemów oraz usprawnienie procesu gromadzenia i wymiany danych. Natomiast do podstawowych korzyści, jakie wynikają z wdrażania tychże rozwiązań, należą:

- lepszy dostęp do usług;
- możliwość współużytkowania zasobów;
- automatyzacja wielu oferowanych funkcji;
- elastyczne zarządzanie zarówno oprogramowaniem, jak i zasobami.

W dobie cyfrowej transformacji oraz rosnącej roli danych w procesach biznesowych, zarządzanie łańcuchem dostaw w e-commerce coraz częściej opiera się na zaawansowanych narzędziach analitycznych wspierających proces podejmowania decyzji, tzw. systemach *Business Intelligence* (BI). Odgrywają one istotną rolę we współczesnym zarządzaniu łańcuchem dostaw w sektorze e-commerce, umożliwiając wielowymiarową analizę danych oraz wspierając procesy decyzyjne na poziomie strategicznym. Technologia ta stanowi zintegrowany zbiór narzędzi i metod służących do pozyskiwania, gromadzenia, udostępniania oraz interpretowania informacji dotyczących funkcjonowania przedsiębiorstwa. Dzięki zastosowaniu interaktywnych kokpitów menedżerskich użytkownicy zyskują dostęp do bieżących danych w czasie rzeczywistym, co znacząco zwiększa efektywność zarządzania procesami logistycznymi i operacyjnymi. Wdrażanie rozwiązań BI w e-commerce przyczynia się do zwiększenia przejrzystości łańcucha dostaw, lepszej kontroli nad przepływem towarów i informacji oraz szybszej reakcji na zmieniające się warunki rynkowe. Odpowiedni dobór i integracja narzędzi informatycznych z systemem zarządzania przedsiębiorstwem stanowi kluczowy czynnik wspierający realizację długofalowych celów strategicznych, takich jak poprawa jakości obsługi klienta,

optymalizacja kosztów czy zwiększenie elastyczności organizacyjnej (Misztal, Fajczak-Kowalska, 2020).

Współczesne zarządzanie łańcuchem dostaw w e-commerce coraz częściej opiera się na zastosowaniu nowoczesnych technologii cyfrowych, których celem jest zapewnienie transparentności, elastyczności i efektywności operacyjnej. Jednym z kluczowych obszarów transformacji jest monitorowanie i śledzenie ładunków, które umożliwia obserwację przepływu towarów w czasie rzeczywistym, optymalizację tras oraz zapewnienie wysokiego poziomu obsługi klienta (Ocicka, 2021).

Wśród powszechnie wykorzystywanych narzędzi wspierających widoczność łańcucha dostaw znajdują się głównie technologie GPS, czujniki RFID, systemy kodów kreskowych, a także zaawansowane systemy zarządzania transportem (TMS) oraz platformy *visibility software*. Firmy takie jak Amazon i Zalando wdrożyły zaawansowane systemy do śledzenia przesyłek w czasie rzeczywistym, umożliwiając klientom bieżące monitorowanie zamówień poprzez aplikacje mobilne i platformy internetowe. Podobnie InPost, jako lider w zakresie dostaw do paczkomatów w Polsce, oferuje funkcje natychmiastowego śledzenia przesyłek z wykorzystaniem powiadomień *push* i dynamicznych aktualizacji statusu (Kacprzak i in., 2023).

Współczesne systemy *visibility* oferują różne poziomy zaawansowania. Począwszy od metod manualnych, opartych na e-mailach i arkuszach kalkulacyjnych, przez systemy półautomatyczne oparte na Elektronicznej Wymianie Danych (EDI), po w pełni zautomatyzowane rozwiązania *Real-Time Visibility* (RTV), które integrują dane z wielu źródeł dzięki interfejsom API i technologiom IoT. (Polski Przemysł, 2023). Systemy RTV umożliwiają także integrację z urządzeniami mobilnymi kierowców oraz telematyką pojazdów, co pozwala na ciągłą aktualizację danych lokalizacyjnych i warunków przewozu (Witkowski, 2020).

Wdrożenie zautomatyzowanego monitorowania przyczynia się do zwiększenia efektywności operacyjnej, ograniczenia liczby błędów i opóźnień, a także podniesienia poziomu satysfakcji klientów końcowych. Kupujący mogą samodzielnie sprawdzać status przesyłki, co zwiększa ich poczucie kontroli nad procesem zakupowym i redukuje liczbę zapytań do działów obsługi klienta. Z kolei przedsiębiorstwa zyskują pełną widoczność i możliwość szybkiego reagowania na zakłócenia. Transformacja systemów wsparcia obsługi logistycznej stanowi element szerszego zjawiska cyfryzacji logistyki, w której szczególną rolę odgrywają technologie SMAC (ang. *Social, Mobile, Analytics, Cloud*), umożliwiające dynamiczne reagowanie na potrzeby rynku, analizę dużych zbiorów danych i optymalizację działań operacyjnych w czasie rzeczywistym (Ocicka, 2021).

W dobie dynamicznego rozwoju e-commerce efektywne zarządzanie łańcuchem dostaw wymaga zastosowania nowoczesnych technologii cyfrowych, które zapewniają pełną widoczność procesów transportowych. Systemy monitorowania i śledzenia ładunków, oparte na rozwiązaniach takich jak GPS, RFID, kody kreskowe oraz zaawansowane platformy *visibility*, znacząco podnoszą efektywność

operacyjną oraz transparentność działań logistycznych. Zautomatyzowane metody monitoringu, w tym *Real-Time Visibility*, umożliwiają przedsiębiorstwom szybkie reagowanie na nieprzewidziane zdarzenia, optymalizację tras oraz minimalizację opóźnień. Jednocześnie klienci zyskują możliwość samodzielnego śledzenia przesyłek, co zwiększa ich satysfakcję i zaufanie do sprzedawców. Wdrożenie technologii SMAC oraz integracja systemów monitorowania z telematyką i Internetem Rzeczy staje się kluczowym czynnikiem przewagi konkurencyjnej w zarządzaniu łańcuchem dostaw w sektorze e-commerce. Transformacja ta przyczynia się do budowy bardziej elastycznych, przejrzystych i odpornych na zakłócenia sieci dostaw.

2.3. Innowacyjne modele dostaw międzynarodowych

Dynamiczny rozwój handlu elektronicznego znacząco zmienił oczekiwania klientów w zakresie dostaw towarów, które coraz częściej realizowane są bezpośrednio do domu klienta lub do wybranych punktów odbioru. Oferta usług zamawianych *online* obejmuje nie tylko dostawy produktów, lecz także usługi takie jak pranie odzieży i dywanów, nadawanie przesyłek czy wysyłka korespondencji. W odpowiedzi na nieustannie zmieniające się potrzeby sektor logistyczny pod silną presją konkurencji ze strony przedsiębiorstw o ugruntowanej pozycji, takich jak Amazon, Alibaba, Timo, Cargonexx, Uber Freight i uShip intensyfikuje wdrażanie zaawansowanych technologii i innowacji.

Wykorzystanie sensorów oraz technologii Internetu Rzeczy umożliwia operatorom logistycznym znaczną poprawę widoczności ładunków i procesów w całym łańcuchu dostaw. Zaawansowana analiza danych *big data*, pozyskiwanych z licznych źródeł, umożliwia optymalizację wykorzystania zasobów ludzkich, środków transportu i infrastruktury. Ponadto rozwój robotyki i automatyzacji przyczynia się do usprawnienia operacji logistycznych, ułatwiając skalowanie działalności i szybsze reagowanie na zmiany rynkowe. Szczególną uwagę w automatyzacji poświęca się autonomicznym pojazdom, które dzieli się na naziemne AGV (ang. *Autonomous Ground Vehicles*) oraz powietrzne AAV (ang. *Autonomous Aerial Vehicles*). Poziom autonomii wskazanych systemów może różnić się w zależności od zastosowania, a także stopnia zaawansowania technologicznego. Według analiz McKinsey wdrożenie autonomicznych pojazdów może przyczynić się do redukcji kosztów ostatniej mili dostaw do 40% (Schroder i in., 2018).

Drony, czyli bezzałogowe statki powietrzne (ang. *Unmanned Aerial Vehicles*, UAV), stanowią przykład autonomicznych systemów powietrznych, które mogą być zdalnie pilotowane lub działają autonomicznie według zaprogramowanych tras. Pierwotnie rozwijane w celach militarnych, obecnie ich zastosowanie wzrasta także w logistyce cywilnej, przynosząc nowe możliwości i wyzwania dla logistyki e-commerce.

Na rynku obserwuje się intensywny wzrost wykorzystania dronów w zastosowaniach cywilnych, w tym komercyjnych. Szymczak wskazuje na geodezję, meteorologię, rolnictwo, budownictwo, ratownictwo, a w szczególności na transport i logistykę jako branże, w których występuje wiele przykładów zastosowań tejże innowacji technologicznej. W literaturze przedmiotu zwraca się uwagę na istotną rolę start-upów logistycznych, które mogą funkcjonować zarówno jako konkurenci, jak i partnerzy tradycyjnych dostawców usług logistycznych, co ma kluczowe znaczenie dla przyszłości branży (Suchanek, 2020).

Zastosowania dronów w logistyce e-commerce obejmuje szerokie spektrum działań. Począwszy od logistyki wewnętrznej przedsiębiorstw, określanej mianem intralogistyki, przez nadzór infrastruktury, aż po realizację dostaw w obszarach miejskich i trudno dostępnych terenach wiejskich czy górskich. Przykłady implementacji obejmują m.in. dostawy przesyłek medycznych w kampusach szpitalnych realizowane przez takie firmy jak Matternet i UPS, monitoring bezpieczeństwa ładunków paliwowych przez PKP oraz sieci regularnych połączeń dronowych DP-DHL i EHang w dużych miastach. Ważnym etapem rozwoju innowacyjnych modeli dostaw międzynarodowych, było ogłoszenie przez firmę Amazon programu Amazon Prime Air, zakładającego dostarczanie lekkich przesyłek o masie do około 2,5 kg w ciągu 30 minut w promieniu 16 km (Levin, 2019).

Drony, jako autonomiczne bezałogowe statki powietrzne, oferują możliwość realizacji szybkich i efektywnych dostaw, co jest szczególnie cenne dla segmentu e-commerce oraz usług kurierskich. Firmy takie jak DP-DHL, UPS czy FedEx testują dostawy paczek, ze szczególnym uwzględnieniem przesyłek wymagających kontrolowanej temperatury, a także dostawy bezpośrednio do klientów w środowisku miejskim. Ponadto segment dostaw żywności intensywnie bada również możliwości wykorzystania dronów, gdzie zarówno sieci restauracji takich jak Domino's Pizza, Pizza Hut, jak i rozwijających się firm produkujących drony np. Flirtey, Flytrex, Zipline, Wing Alfabę rozwijają usługi szybkich dostaw posiłków i produktów spożywczych zamawianych online. Drony umożliwiają nie tylko skrócenie czasu dostawy i poprawę jakości obsługi klienta, ale także przyczyniają się do obniżenia kosztów operacyjnych i redukcji emisji CO₂, co wpisuje się w cele zrównoważonego rozwoju. Ich upowszechnienie i ciągły postęp może w istotny sposób zrewolucjonizować logistykę ostatniej mili, czyniąc ją bardziej efektywną, elastyczną i przyjazną dla środowiska (Cichosz, 2020).

Automatyzacja urządzeń transportowych stanowi istotny element koncepcji Internetu Rzeczy, której funkcjonowanie opiera się na wyposażeniu urządzeń w różnorodne czujniki i mechanizmy komunikacyjne, umożliwiające interakcję z otoczeniem. Poza zaawansowanymi komponentami elektronicznymi systemy te obejmują także procesy analityczne, które przetwarzają i porządkują dane, co pozwala na efektywne zarządzanie oraz optymalizację działania całej sieci transportowej. W kontekście bezpieczeństwa technologii niezbędne jest wyposażenie urządzeń w mechanizmy chroniące je przed cyberzagrożeniami, które stają się

coraz powszechniejsze. Szczególne ryzyko występuje w związku z urządzeniami dodatkowymi, takimi jak czujniki, czytniki czy sygnalizatory, które pracownicy wykorzystują w ramach systemu. Wskazane elementy mogą stanowić potencjalne punkty wejścia dla cyberprzestępców, dlatego każda organizacja stosująca systemy transportu dronami, zmuszona jest do ponoszenia dodatkowych kosztów związanych z odpowiednim zabezpieczeniem stosowanych rozwiązań technologicznych. Ponadto istotnym wyzwaniem są wysokie nakłady finansowe potrzebne do wdrożenia i testowania tego rodzaju zaawansowanych sieci dystrybucji, co jest często barierą dla szerszego zastosowania. Największym jednak zagrożeniem pozostaje sam sprzęt transportowy, ponieważ jego kradzieże oraz uszkodzenia wymagają odpowiednich środków ochrony i zabezpieczeń, w celu eliminacji zakłóceń ciągłości działania systemu (Perkowska, 2019).

Kolejną innowacją w modelu dostaw międzynarodowych są pojazdy autonomiczne, jako jedno z kluczowych nowoczesnych rozwiązań w obszarze transportu, którego rozwój jest intensywnie badany i testowany. Wykorzystują one zaawansowane systemy komputerowe, sztuczną inteligencję oraz rozbudowaną sieć czujników, takich jak kamery, sensory i radary, które pozwalają na bieżącą analizę otoczenia oraz skuteczne reagowanie na zmieniające się warunki drogowe. Dzięki temu pojazdy mogą poruszać się samodzielnie, bez bezpośredniego udziału kierowcy. W związku z coraz szerszym wykorzystaniem pojazdów autonomicznych, w Unii Europejskiej przyjęto 6-poziomą klasyfikację autonomii pojazdów według standardów SAE, która obejmuje stopniowe zwiększanie poziomu automatyzacji. Od pojazdów całkowicie sterowanych przez człowieka, aż po zupełnie autonomiczne, niewymagające żadnej ingerencji ludzkiej. Rozwiązanie to przynosi szereg korzyści dla logistyki e-commerce. Zaletami pojazdów autonomicznych są przede wszystkim:

- niezależność czasu jazdy od człowieka, co eliminuje konieczność dokonywania przerw i zmniejsza ryzyko zmęczenia kierowcy;
- możliwość utrzymania ekonomicznego i optymalnego stylu jazdy, co wpływa na oszczędność paliwa i redukcję kosztów transportu;
- kompensacja deficytu wykwalifikowanych kierowców, który z roku na rok staje się coraz bardziej odczuwalny na rynku pracy;
- potencjalna redukcja liczby wypadków drogowych dzięki systemom automatycznego reagowania, eliminującym błędy ludzkie;
- zwiększenie płynności przepływu towarów w łańcuchach dostaw dzięki optymalizacji tras i ruchu pojazdów.

Mimo licznych korzyści pojazdy autonomiczne napotykać również na szereg wyzwań i ograniczeń. Do najważniejszych z nich należą:

- wysokie koszty zakupu oraz napraw i serwisowania tak zaawansowanej technologii;
- konieczność posiadania dobrze wykwalifikowanego zaplecza technicznego, które będzie w stanie obsługiwać i naprawiać skomplikowane systemy;

- obecność luk systemowych, które mogą prowadzić do awarii lub błędów w funkcjonowaniu pojazdu;
- zagrożenia ze strony cyberprzestępczości, która może wykorzystywać luki w oprogramowaniu lub systemach komunikacyjnych pojazdów, co stwarza ryzyko ataków hakerskich i ingerencji z zewnątrz.

W świetle zidentyfikowanych wyzwań rozwój pojazdów autonomicznych wymaga nie tylko postępu technologicznego, ale również odpowiedniego przygotowania infrastruktury, regulacji prawnych oraz systemów bezpieczeństwa, które zapewnią efektywne i bezpieczne funkcjonowanie tej innowacji w codziennym transporcie (Kacprzak i in., 2023).

W modelach dostaw międzynarodowych wykorzystywana jest również robotyka. To dziedzina nauki i technologii zajmująca się projektowaniem, konstruowaniem oraz programowaniem robotów. Rola robotyki w logistyce znacząco wzrasta wraz z rozwojem technologii oraz zwiększeniem ilości zamówień w handlu międzynarodowym, ponieważ robotyka umożliwia automatyzację i usprawnienie zarządzania łańcuchem dostaw, przynosząc przedsiębiorstwom liczne korzyści i innowacje. W praktyce w firmach wdrażane są różnorodne rozwiązania automatyzujące procesy magazynowe. Roboty AGV (ang. *Automated Guided Vehicles*) potrafią samodzielnie poruszać się po magazynach, transportując towary między różnymi lokalizacjami. Z kolei roboty kompletne, tzw. pickery, mogą skanować, lokalizować i zbierać produkty z półek, dzięki czemu zastępują lub wspomagają pracę ludzi przy kompletacji zamówień. Wprowadzenie robotyzacji do logistyki niesie ze sobą wiele istotnych korzyści:

- możliwość pracy 24 godziny na dobę, co zwiększa ciągłość i wydajność procesów;
- wysoka powtarzalność i precyzja wykonywanych zadań, co podnosi jakość pakowania i paletyzacji towarów;
- zwiększenie elastyczności produkcji i magazynowania, umożliwiające szybkie dostosowanie się do zmieniających się potrzeb rynkowych;
- obniżenie kosztów operacyjnych dzięki redukcji pracy manualnej i optymalizacji procesów;
- zmniejszenie ryzyka zagrożeń dla zdrowia pracowników, dzięki ograniczeniu wykonywania niebezpiecznych lub monotonicznych czynności;
- poprawa bezpieczeństwa w miejscu pracy.

Robotyka w logistyce e-commerce stanowi nie tylko narzędzie zwiększające efektywność, ale również kluczowy element wspierający bezpieczeństwo i jakość działań logistycznych, co przekłada się na wyższą konkurencyjność przedsiębiorstw na rynku (Dobrzański, 2016).

Współcześnie zaobserwować można wiele przykładów efektywnego wdrażania robotyzacji w logistyce. Jednym z kluczowych obszarów jest automatyzacja procesów pakowania i sortowania produktów w magazynach. Zastosowanie robotów w tym obszarze przynosi szereg wymiernych korzyści, które przekładają

się na usprawnienie całego łańcucha dostaw. Roboty wykorzystywane w tychże procesach są wyposażone w zaawansowane systemy wizyjne oraz sensoryczne, które umożliwiają im precyzyjną identyfikację i klasyfikację produktów. Na przykład roboty mogą skanować etykiety, kody kreskowe lub QR, a także rozpoznawać cechy wizualne towarów, co pozwala na ich automatyczne sortowanie zgodnie z określonymi kryteriami, takimi jak rodzaj produktu, rozmiar, waga czy miejsce przeznaczenia. Po rozpoznaniu roboty kierują produkty na odpowiednie taśmy transportowe lub do wyznaczonych stref pakowania. Następnie następuje automatyczne pakowanie towarów w odpowiednie opakowania, które są dostosowane do specyfiki produktów, co zmniejsza ryzyko uszkodzeń podczas transportu. Cały proces odbywa się w sposób ciągły, jednocześnie zminimalizowany jest udział pracy ręcznej. Przykładem nowoczesnej technologii opartej na robotyzacji w magazynach logistycznych są roboty typu delta. Charakteryzują się one wyjątkową szybkością działania, wysoką precyzją oraz zdolnością do obsługi szerokiego spektrum produktów o różnorodnych kształtach i rozmiarach. Roboty delta mogą pracować w trybie ciągłym, bez przerw na odpoczynek, co pozwala na znaczne zwiększenie wydajności operacji magazynowych oraz skrócenie czasu realizacji cyklu pakowania i sortowania.

Wprowadzenie rozwiązań automatycznych do modeli logistycznych w e-commerce nie tylko podnosi efektywność i jakość obsługi, ale także przyczynia się do obniżenia kosztów operacyjnych i poprawy bezpieczeństwa pracy poprzez redukcję monotонnych i potencjalnie niebezpiecznych zadań wykonywanych przez pracowników (Kacprzak i in., 2023).

Tabela 2.1 przedstawia charakterystykę poszczególnych rozwiązań innowacyjnych w modelach dostaw.

Tabela 2.1. Charakterystyka innowacyjnych modeli dostaw

Model dostawy	Zalety	Wady	Przykłady firm
Drony	<ul style="list-style-type: none"> – Szybkie dostawy lekkich przesyłek na krótkie dystanse – Dostęp do trudno dostępnych terenów (góry, obszary wiejskie) – Redukcja emisji CO₂ – Możliwość pracy w godzinach niedostępnych dla tradycyjnych pojazdów – Poprawa customer experience dzięki skróceniu czasu dostawy 	<ul style="list-style-type: none"> – Wysokie koszty wdrożenia i zabezpieczeń systemów – Ograniczenia wagowe i dystansowe – Ryzyko kradzieży lub uszkodzenia sprzętu – Regulacje prawne i kwestie bezpieczeństwa lotów – Zależność od warunków pogodowych 	DP-DHL, Matternet, EHang, Amazon Prime Air, Wing (Alphabet), Zipline, Flirtey, Flytrex
Autonomiczne pojazdy	<ul style="list-style-type: none"> – Możliwość pracy 24 godziny na dobę bez przerw – Zwiększenie płynności ruchu i bezpieczeństwa na drogach – Redukcja liczby wypadków spowodowanych błędem człowieka – Optymalizacja stylu jazdy (oszczędność paliwa) – Rozwiązanie problemu deficytu kierowców 	<ul style="list-style-type: none"> – Bardzo wysokie koszty zakupu i utrzymania – Wymaganie zaawansowanego zaplecza technicznego – Luki systemowe i ryzyko cyberataków – Wyzwania prawne i regulacyjne – Ograniczona adaptacja w trudnych warunkach drogowych i klimatycznych 	Waymo (Google), Tesla, Uber ATG, Aurora, Nuro, Einride
Robotyzacja (w magazynach i centrach dystrybucji)	<ul style="list-style-type: none"> – Zwiększona wydajność i szybkość realizacji procesów – Praca 24 godziny na dobę bez zmęczenia – Poprawa jakości i powtarzalności operacji – Redukcja kosztów pracy i ryzyka dla zdrowia pracowników – Elastyczność w obsłudze różnorodnych produktów 	<ul style="list-style-type: none"> – Wysokie koszty inwestycji i utrzymania robotów – Konieczność zaawansowanego oprogramowania i integracji systemów – Ryzyko awarii sprzętu i konieczność serwisowania – Ograniczenia w przypadku niestandardowych lub bardzo delikatnych produktów 	Amazon Robotics (dawniej Kiva Systems), GEODIS, DP-DHL, Fetch Robotics, GreyOrange, Swisslog

Źródło: opracowanie własne na podstawie: (Levin, 2019)

Współczesne modele dostaw międzynarodowych dynamicznie ewoluują dzięki wdrażaniu innowacyjnych technologii takich jak drony, autonomiczne pojazdy oraz roboty. Drony stanowią nowoczesne rozwiązanie w logistyce ostatniej mili, umożliwiając szybkie i efektywne dostawy lekkich przesyłek na krótkie dystanse, zarówno w obszarach miejskich, jak i trudno dostępnych terenach. Ich zastosowanie przyczynia się do skrócenia czasu dostawy, obniżenia kosztów oraz zmniejszenia emisji CO₂, co wpisuje się w trendy zrównoważonego rozwoju. Autonomiczne pojazdy, wyposażone w zaawansowane systemy sztucznej inteligencji oraz sensory, stanowią przełom w transporcie drogowym, oferując większą efektywność, bezpieczeństwo oraz optymalizację przepływu towarów. Choć technologia ta wymaga jeszcze doskonalenia i wiąże się z wysokimi kosztami inwestycyjnymi oraz zagrożeniami cybernetycznymi, to jej potencjał w automatyzacji i optymalizacji łańcuchów dostaw jest ogromny. Z kolei, robotyzacja w magazynach i centrach dystrybucji pozwala na automatyzację takich procesów jak kompletacja, sortowanie czy pakowanie, co znacząco zwiększa wydajność, poprawia jakość operacji oraz zmniejsza ryzyko urazów pracowników. Roboty mogą pracować bez przerw, a ich zastosowanie jest coraz powszechniejsze w logistyce międzynarodowej, gdzie wymagane są szybkie i precyzyjne działania.

Łącznie te innowacyjne rozwiązania rewolucjonizują międzynarodowe dostawy, zwiększając ich efektywność, elastyczność oraz zrównoważoność, a także kształtują przyszłość globalnych łańcuchów dostaw. Konkurencja między kluczowymi firmami takimi jak Walmart i Amazon, dodatkowo napędza rozwój technologii i implementację rozwiązań w realnych warunkach, potwierdzając praktyczność i efektywność innowacji.

2.4. Zintegrowane systemy logistyczne w międzynarodowym e-commerce

Zarządzanie e-commerce w ujęciu międzynarodowym wymaga stosowania zintegrowanych systemów logistycznych, obejmujących kompleksowe podejście do kierowania przepływem towarów. Proces zaczyna się od momentu złożenia zamówienia dostawy, kończąc w momencie dostarczenia przesyłki do klienta. Zintegrowane systemy logistyczne obejmują integrację procesów, systemów informatycznych oraz współpracy z kontrahentami, w celu zapewnienia sprawnej i efektywnej realizacji zamówień. Rozwój handlu elektronicznego w skali międzynarodowej wymusił potrzebę wdrożenia nowoczesnych, zintegrowanych rozwiązań logistycznych, umożliwiających efektywne zarządzanie przepływem towarów oraz informacji. Wskazane systemy stanowią kompleksowe podejście do obsługi zamówień, w skład których wchodzi automatyzacja procesów, integracja systemów informatycznych oraz współpraca z partnerami zewnętrznymi, do których należą dostawcy, przedsiębiorstwa kurierskie i spedycyjne (Christopher, 2016).

Kluczowe aspekty zintegrowanych systemów logistycznych w międzynarodowym e-commerce obejmują następujące elementy:

- integracja procesów;
- interoperacyjność systemów informatycznych;
- współpraca z partnerami;
- zarządzanie łańcuchem dostaw.

Głównym elementem zintegrowanych systemów logistycznych pozostaje integracja wszystkich etapów realizacji zamówienia, począwszy od pierwszego kontaktu potencjalnego klienta ze stroną internetową sprzedawcy, kończąc na dostawie zamówienia. Integracja systemów na każdym etapie transakcji kupna-sprzedaży w e-commerce zapewnia terminową i efektywną obsługę klientów. Pierwszy etap transakcji obejmuje zarządzanie zamówieniami. W tym celu przedsiębiorstwa stosują systemy zarządzania zamówieniami (ang. *Order Management Software*, OMS). Systemy umożliwiają automatyczne przyjmowanie, przetwarzanie oraz śledzenie zamówień, bez względu na kanał sprzedaży. Dzięki takiemu podejściu możliwa jest synchronizacja informacji pomiędzy poszczególnymi działami przedsiębiorstwa, a także szybka reakcja na zmieniające się warunki rynkowe (Kisperska-Moroń, Krzyżaniak, 2009).

Kolejny etap procesu obejmuje działania związane z magazynowaniem. Skuteczne zarządzanie procesami magazynowymi, często realizowane są za pomocą systemów WMS (ang. *Warehouse Management System*). WMS umożliwia lokalizację towarów, kontrolę ich dostępności oraz optymalizację procesów kompletacji zamówień. Systemy umożliwiają także monitorowanie poziomu zapasów w czasie rzeczywistym (Frazelle, 2002). Kolejny etap, jakim jest pakowanie i wysyłka towaru w międzynarodowym e-commerce, wymaga dostosowania sposobów pakowania do wymogów logistycznych, a także regulacji celnych. Odpowiednie etykietowanie, zabezpieczenie przesyłek oraz organizacja międzynarodowego transportu wymagają współpracy sprzedawcy z wyspecjalizowanymi operatorami logistycznymi (Harrison, Van Hoek, 2011). Przedostatnim etapem procesu jest dostawa zamówionego towaru do klienta końcowego. Często realizowana jest przez firmy kurierskie. Stanowi jeden z najistotniejszych elementów, jakie wpływają na osiągnięcie satysfakcji przez klienta. Dzięki integracji z systemami firm kurierskich możliwe jest bieżące monitorowanie przesyłek oraz automatyzacja aktualizacji statusu zamówienia (Bowersox i in., 2013). Ostatnim etapem pozostaje obsługa zwrotów. W zakresie międzynarodowego e-commerce proces ten obejmuje międzynarodowe procedury, etykiety zwrotne, a także możliwość monitorowania procesu zwrotu przez klienta (Grant i in., 2017).

Zintegrowane systemy logistyczne w międzynarodowym e-commerce obejmują wykorzystywane przez przedsiębiorstwa systemy informatyczne. Stosowanie nowoczesnych systemów informatycznych do obsługi logistycznej wymaga efektywnej wymiany danych pomiędzy poszczególnymi systemami IT wykorzystywanymi w e-commerce. Należą do nich platformy e-commerce oraz systemy ERP, WMS

i OMS. Platformy e-commerce takie jak Shopify, Magento czy WooCommerce pełnią funkcję punktu wyjścia dla całego łańcucha logistycznego. Ich integracja wraz z poszczególnymi systemami umożliwia automatyzację aktualizacji stanów magazynowych, statusów zamówień oraz danych klientów (Laudon, Traver, 2021). Z kolei systemy ERP (ang. *Enterprise Resource Planning*) umożliwiają zarządzanie zasobami całego przedsiębiorstwa. Współdziałanie ERP z systemami logistycznymi pozwala na osiągnięcie optymalizacji zapasów, prognozowanie popytu, a także na synchronizację działań operacyjnych (Monk, Wagner, 2012). Natomiast systemy WMS i OMS pełnią funkcję technologicznego wsparcia w realizacji zamówień. Integracja systemów daje możliwość pełnej automatyzacji logistyki magazynowej z obsługą zamówień. Szczególne znaczenia nabiera to podczas dużej liczby transakcji międzynarodowych (Frazelle, 2002).

Logistyka e-commerce na poziomie międzynarodowym wymaga współpracy z partnerami zewnętrznymi. Natomiast efektywność logistyczna w e-commerce uzależniona jest od jakości współpracy z podmiotami zewnętrznymi, jakimi są firmy kurierskie i spedycyjne. Wybór odpowiednich partnerów logistycznych, integracja z ich systemami oraz negocjacja warunków współpracy mają decydujące znaczenie dla zapewnienia terminowej dostawy oraz śledzenia przesyłek w czasie rzeczywistym (Christopher, 2016). Dobry kontakt z dostawcami, a także efektywne planowanie transportu międzynarodowego, w tym również odpraw celnych, wpływa na stabilność dostaw oraz ograniczenie ryzyka związanego z przestojami w łańcuchu dostaw (Rushton i in., 2022).

Zintegrowane systemy logistyczne są kluczowe dla skutecznego zarządzania międzynarodowym łańcuchem dostaw. Wdrożenie zintegrowanych systemów umożliwia redukcję kosztów operacyjnych, dzięki lepszemu planowaniu transportu, magazynowaniu oraz negocjacji z przewoźnikami (Mentzer i in., 2001). Systemy umożliwiają także identyfikację i monitorowanie ryzyka, obejmującego opóźnienia transportowe, błędy magazynowe oraz problemy celne (Waters, 2011). Kontrola jakości na każdym etapie procesu logistycznego oraz sprawna obsługa reklamacji i zwrotów zwiększają zaufanie klientów i poprawiają ich doświadczenia zakupowe (Grant i in., 2017).

Zintegrowane systemy logistyczne w międzynarodowym e-commerce są niezbędne w celu zapewnienia efektywnego funkcjonowania firm działających na globalnych rynkach. Integracja procesów, systemów informatycznych oraz współpraca z partnerami zewnętrznymi są podstawą nowoczesnej logistyki, opartej na maksymalizacji efektywności operacyjnej oraz satysfakcji klienta. Wprowadzenie zintegrowanych systemów logistycznych w przedsiębiorstwie obsługującym procesy międzynarodowe przynosi wiele korzyści. Zostały one przedstawione w tabeli 2.2.

Tabela 2.2. Korzyści wynikające z wdrożenia zintegrowanych systemów logistycznych

Korzyść	Wyjaśnienie
Obniżenie kosztów	Automatyzacja i efektywne zarządzanie łańcuchem dostaw umożliwia zmniejszenie kosztów transportu, magazynowania oraz optymalizacji zapasów
Poprawa jakości obsługi klienta	Szybki i precyzyjny przepływ informacji oraz towarów pozwala na lepsze dostosowanie się do potrzeb klienta oraz skrócenie czasu realizacji zamówień
Zwiększenie konkurencyjności	Integracja systemów umożliwia szybsze reagowanie na zmiany rynkowe, zwiększając elastyczność i zdolność do konkurencji na rynkach międzynarodowych
Skalowalność	Zintegrowane systemy umożliwiają łatwe rozszerzanie działalności o nowe rynki i lokalizacje bez konieczności tworzenia osobnych struktur operacyjnych
Zwiększenie efektywności	Lepsza koordynacja procesów, redukcja błędów ludzkich oraz integracja danych w czasie rzeczywistym prowadzą do zwiększenia wydajności operacyjnej

Źródło: opracowanie własne na podstawie: (Rutkowski, 2018)

Zintegrowane systemy logistyczne stanowią kluczowy komponent efektywnego zarządzania łańcuchem dostaw w warunkach handlu międzynarodowego. Ich wdrożenie w przedsiębiorstwach prowadzących działalność międzynarodową umożliwia synergiczne połączenie procesów logistycznych, technologii informacyjnych oraz strategii operacyjnych (Coyle i in., 2016). Integracja systemów prowadzi do redukcji kosztów, zwiększenia przejrzystości przepływów towarów oraz informacji, a także poprawy jakości obsługi klienta na każdym etapie transakcji kupna-sprzedaży (Witkowski, 2020). Systemy zapewniają też większą elastyczność operacyjną, skalowalność oraz zdolność do szybkiego reagowania na zmienne warunki otoczenia rynkowego (Blaik, 2013). W rezultacie stają się one nie tylko narzędziem wspierającym bieżące funkcjonowanie przedsiębiorstwa, ale także elementem długofalowej strategii konkurencyjnej. Współczesne uwarunkowania handlu międzynarodowego sprawiają, iż integracja logistyczna przestaje być wyborem, a staje się koniecznością dla przedsiębiorstw dążących do utrzymania i rozwoju pozycji na rynku globalnym (Harrison i in., 2011).

Rozdział 3.

Rola logistyki w e-commerce – modele, wyzwania i perspektywy

Logistyka stanowi fundament funkcjonowania współczesnego handlu elektronicznego, determinując sprawność realizacji procesów zakupowych oraz poziom satysfakcji konsumentów. W warunkach globalizacji i intensywnej konkurencji przedsiębiorstwa e-commerce coraz częściej traktują logistykę nie jedynie jako narzędzie wspierające działalność operacyjną, lecz jako kluczowy element budowania przewagi konkurencyjnej. Efektywne modele logistyczne umożliwiają skrócenie czasu dostawy, redukcję kosztów oraz zwiększenie przejrzystości i elastyczności łańcucha dostaw. Jednocześnie logistyka w e-commerce napotyka liczne wyzwania, takie jak rosnące oczekiwania konsumentów w zakresie szybkości i niezawodności dostaw, zmienność regulacji prawnych na rynkach międzynarodowych czy kwestie związane ze zrównoważonym rozwojem i ograniczeniem negatywnego wpływu transportu na środowisko. Perspektywy rozwoju logistyki w sektorze e-commerce wiążą się natomiast z implementacją innowacyjnych rozwiązań technologicznych, takich jak automatyzacja procesów magazynowych, robotyzacja, sztuczna inteligencja, blockchain czy rozwiązania z zakresu logistyki zwrotów. Tendencje te wskazują na rosnącą rolę logistyki jako strategicznego czynnika rozwoju całej branży e-commerce.

3.1. Znaczenie e-commerce dla obszaru logistyki

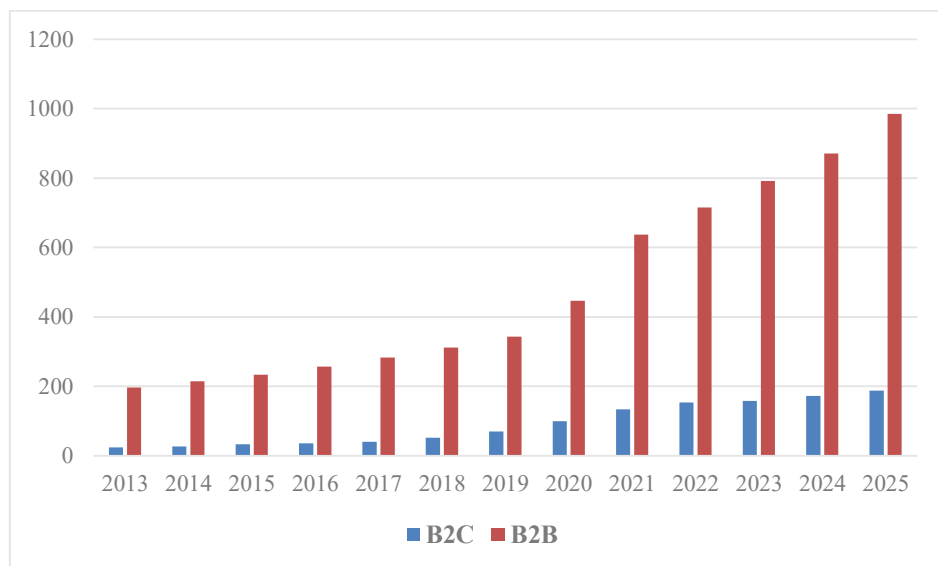
Handel detaliczny w internecie (e-commerce, e-handel, handel elektroniczny) zarówno w Polsce, jak i na świecie, każdego roku zyskuje na popularności. Szczególną rolę w funkcjonowaniu e-commerce zajmuje logistyka, bowiem w znaczącym stopniu wpływa na poziom obsługi klienta, co ma realny wpływ na odczuwane zadowolenie z przebiegu transakcji kupna-sprzedaży. Coraz częściej obsługa logistyczna staje się sposobem na wyróżnienie oferty w handlu elektronicznym oraz uzyskanie przewagi konkurencyjnej (Morawski, 2011).

Kluczowym warunkiem sprawnego funkcjonowania przedsiębiorstwa działającego w handlu internetowym jest wybór profesjonalnej i dopasowanej platformy sprzedażowej oraz staranne zaprojektowanie strony internetowej, która ułatwia kontakt z klientem i umożliwia szybkie, wygodne dokonywanie zakupów online. Istotne jest również nawiązanie współpracy z partnerami biznesowymi, co pozwala stworzyć efektywny łańcuch dostaw, a także zapewnienie klientom bezpiecznych metod płatności (Kozłowska, 2022).

Dynamika wzrostu wartości handlu elektronicznego w Polsce utrzymuje się od ponad dekady na poziomie powyżej 20%. Jednocześnie przewyższa dynamikę

wzrostu wartości handlu tradycyjnego. Dane te potwierdzają, iż elektroniczna forma dystrybucji cieszy się coraz większą popularnością, zarówno wśród klientów indywidualnych, jak i handlowców, którzy wzbogacają w ten sposób tradycyjne formy dystrybucji. Wartość e-commerce w Polsce w latach 2013-2022 przedstawia rysunek 3.1.

Rysunek 3.1. Wartość e-commerce w Polsce w latach 2013-2025 w mld zł



Źródło: opracowanie własne na podstawie Raportu IGE (2023) oraz Strategy& Polska (PwC, 2024)

Znaczne przyspieszenie wzrostu obrotów na rynku e-commerce odnotowane od roku 2020, niewątpliwie spowodowane było pandemią COVID-19. Polska była wśród 10 krajów europejskich, gdzie tempo wzrostu e-sprzedaży detalicznej kształtowało się na poziomie powyżej 30%. Ponadto wysoki poziom inflacji oraz negatywne nastroje rynkowe spowodowane oczekiwaniem nadchodzącego kryzysu gospodarczego, były przyczyną ograniczenia siły nabywczej oraz optymizmu konsumenckiego. Jednak doprowadziły do zwiększenia wydatków w różnych kategoriach towarów na e-zakupy wśród aż 76% polskich konsumentów. E-commerce pozostaje najszybciej rozwijającą się częścią polskiej gospodarki, co czyni go kluczowym dla przyszłości kraju. Rozwój e-commerce wymusza na logistyce dostarczanie nowoczesnych sposobów dystrybucji towarów, skracając czas dostawy oraz wychodząc naprzeciw nieustannie zmieniającym się potrzebom e-klientów. Badania prowadzone przez specjalistyczne firmy marketingowe badające potrzeby

e-klientów w zakresie e-logistyki obejmują następujące elementy wpływające na zachowania zakupowe e-klientów:

- dostępność śledzenia statusu zamówienia, dostawy;
- ekspresowa dostawa (ang. *same day delivery*);
- możliwość zmiany adresu dostawy;
- dropshipping (wysyłka zamówienia bezpośrednio od producenta, dostawcy);
- ekologiczne opcje dostaw (Izba Gospodarki Elektronicznej, 2023).

Współczesny konsument internetowy wyróżnia się szeregiem cech, które podlegają ciągłym zmianom, głównie za sprawą postępu technologicznego, który zapewnia niemal nieograniczony dostęp do informacji. Coraz większa świadomość praw konsumenckich, wysoki poziom wykształcenia oraz mobilność sprawiają, że klienci stają się bardziej wymagający. Poszukują atrakcyjnych ofert cenowych, produktów dopasowanych do indywidualnych preferencji oraz satysfakcji wynikającej z posiadania konkretnych dóbr. Współczesny e-klient pragnie samodzielnie zdecydować o miejscu i czasie dokonywania zakupów, a granica między sferą online i offline staje się coraz bardziej płynna. Zmiany te przyczyniły się do powstania nowego segmentu rynku, definiowanego jako e-klient (Kozłowska, 2024a).

Z punktu widzenia e-klienta obszar dostaw wiąże się z wygodą, często jest jednym z kryteriów wyboru e-sprzedawcy podczas dokonywania zakupów online. W związku z tym koszty przesyłki, dywersyfikacja punktów dostaw oraz szybkość realizacji dostaw nabierają coraz większego znaczenia. Jednym z przedsiębiorstw, które wychodzi naprzeciw oczekiwaniom e-klientów w obszarze e-logistyki, jest Allegro. W 2018 roku został wprowadzony program bezpłatnych dostaw Allegro Smart, do którego w 2022 roku należało ponad 5 milionów e-klientów, którzy dzięki uczestnictwu w programie zaoszczędzili na dostawach ponad 5,2 mld złotych. Ponadto, Allegro w odpowiedzi na zwiększającą się świadomość prośrodowiskową w zakresie rozwiązań dotyczących opakowań oraz e-logistyki podjęło działania mające na celu zmniejszenia oddziaływania na środowisko naturalne. Działania obejmują głównie korzystanie z certyfikowanych opakowań pochodzących z recyklingu, co realizuje cele klimatyczne.

Wraz z rozwojem e-commerce dostawy zakupionych towarów pozostają dynamicznie zmieniającym się elementem e-zakupów. Nieustannie zmieniające się preferencje e-klientów, poniekąd wymusiły na dostawcach usług e-logistycznych wiele innowacji. Obecnie e-klient posiada szeroki wachlarz form dostaw, zaczynając od dowozu zakupionych towarów do domu przez kuriera, po szereg wariantów odbioru w specjalnych automatach czy punktach odbioru. W 2022 roku w Polsce stało ponad 18 000 czynnych paczkomatów InPost, przy czym pierwszy z nich został uruchomiony w Krakowie w 2009 roku. W Polsce funkcjonuje 14 000 punktów odbioru paczek, głównie są to sieci sklepów Żabka, Delikatesy Centrum, kioski Ruchu, stacje paliw Orlen, Poczta Polska. E-klient może wybrać również odbiór zamówienia online w sieciach punktów stacjonarnych e-sprzedawcy, co wiąże się najczęściej z brakiem ponoszenia kosztów przesyłki. W 2022 roku w Polsce

dostawy do automatów paczkowych stanowiły 40% wszystkich przesyłek, natomiast 50% były to dostawy do miejsca zamieszkania. Z raportów Izby Gospodarki Elektronicznej prowadzonych w obszarze e-commerce wynika, iż na przestrzeni ostatnich 10 lat nastąpił znaczny wzrost popularności dostaw do punktów odbioru, przy jednoczesnym zmniejszeniu zainteresowania ze strony e-klientów przesyłkami pocztowymi i listami poleconymi. Ponadto regulacje związane z ograniczeniem handlu stacjonarnego podczas pandemii COVID-19, wzmocniły zainteresowanie handlem elektronicznym, co miało realny wpływ na zwiększenie pozycji dostaw kurierskich do domów oraz odbiory w automatach paczkowych. Zmiana preferencji z zakresie dostaw towarzyszy zwiększeniu oczekiwań w zakresie warunków dostawy, głównie w kontekście kosztów oraz czasu oczekiwania na dostawę. Ważnym czynnikiem dla e-klientów stała się również możliwość precyzyjnego określenia momentu dostawy, a także możliwość bieżącego śledzenia jej etapów. Oczekiwania e-klientów wywierające wpływ na funkcjonowanie obszaru logistyki w e-commerce zawarte są na rysunku 3.2.

Rysunek 3.2. Uwarunkowania rozwoju logistyki w e-commerce



Źródło: opracowanie własne na podstawie: (Izba Gospodarki Elektronicznej, 2023)

Wskazane zależności determinują działalność operatorów logistycznych, tym samym wyznaczają trendy rozwoju branży. Ponadto wzajemnie oddziałują na siebie. Możliwość śledzenia paczki, skrócenie czasu odbioru przesyłki, korzystanie z urządzeń mobilnych, dopasowanie miejsca i terminu odbioru zamówienia, możliwość ewentualnego zwrotu, to czynniki wpływające na poczucie zadowolenie wymagającego e-klienta (Pluta-Zaremba, 2017).

Handel elektroniczny zrewolucjonizował wiele aspektów logistyki XXI wieku, co wynika z wdrażania nowoczesnych technologii w transakcje kupna-sprzedaży. W obliczu rosnących potrzeb klientów, konkurencji oraz rozwoju technologii informatycznych branża e-commerce nastawiona jest na jak najszybszą identyfikację potrzeb klientów oraz ich realizację m.in. w postaci szybkiej realizacji zamówienia (Kawa, 2020).

3.2. Obsługa logistyczna obszaru e-commerce

Rozpoczęcie działalności z zakresie handlu elektronicznego powinno zostać poprzedzone decyzją dotyczącą obszaru logistyki, ze względu na jej skomplikowany charakter, zwłaszcza dla osób, które nie mają wcześniejszego doświadczenia związanego ze sprzedażą wysyłkową. E-sprzedawcy obsługujący niewielką liczbę dziennych zleceń, często podejmują działania logistyczne samodzielnie. Jednak wraz z rozwojem działalności, ze zwiększeniem intensywności zamówień pojawia się potrzeba powierzania obsługi logistycznej, wyspecjalizowanym podmiotom zewnętrznym. Logistyka to skomplikowana zależność występująca pomiędzy zaopatrzeniem a dystrybucją. Przy czym istotna jest relacja z klientem, na każdym etapie transakcji, począwszy od dokonania zamówienia po jego odbiór. Pozytywne doświadczenia e-klienta wpływają na kreowanie pożądaných przez e-sprzedawców doświadczeń zakupowych. Pokazuje to ogromne znaczenie infrastruktury logistycznej zarówno dla e-sprzedawcy, jak i dla e-klienta (Kaźmierczak, Szymczyk, 2021). Szybka dostawa oraz zamknięcie zamówienia jest korzystne dla kupującego, jak i sprzedającego (Kawa, 2017).

Efektywność działań logistycznych ma ogromne znaczenie dla klientów, jak i dla samych przedsiębiorstw działających w e-commerce, stanowiąc istotny czynnik decydujący o ich konkurencyjności. Kluczową rolę w tym zakresie odgrywa zarządzanie łańcuchem dostaw, które warunkuje sukces firm internetowych, szczególnie w obliczu rosnącej presji na skracanie czasu realizacji zamówień oraz ograniczanie kosztów operacyjnych (Kozłowska, 2024b).

Zaplecze logistyczne w e-commerce stanowi specyficzny obszar integrujący działania pozostałych obszarów. Przedsiębiorcy działający w zakresie handlu elektronicznego ze względu na specyficzny charakter działalności realizują założenia koncepcji zarządzania marketingowo-logistycznego, która opiera się na wykorzystaniu efektów synergicznych, będących wynikiem jednoczesnego

wdrożenia orientacji na przepływy oraz orientacji rynkowej. Ponadto, przepisy prawa zabezpieczają e-klientów, dając im prawo do zwrotu zakupionego towaru w ciągu 14 dni od jego dostarczenia bez podania przyczyny. Wskazane rozwiązanie ma na celu ochronę e-klientów przed nieuczciwymi sprzedawcami. Natomiast z punktu widzenia e-sprzedawcy generuje problemy, czyniąc logistykę bardziej skomplikowaną, ponieważ obejmuje obsługę zwrotów (Morawski, 2011).

Na rynku pojawiają się coraz bardziej innowacyjne i zaawansowane rozwiązania w zakresie łańcucha dostaw (ang. *supply chain*) dotyczące e-commerce, w tym procesów spedycji czy magazynowania. Jednocześnie rozwija się również profesjonalne doradztwo logistyczne, głównie w zakresie dostarczania usług logistycznych, wspierających przedsiębiorców funkcjonujących na rynku e-commerce. Logistyka e-commerce jest odpowiedzią na zmiany zachodzące w sposobie organizacji oraz zarządzania procesami, które wynikają ze specyfiki handlu. Logistyka e-commerce wymusza o wiele większy poziom wsparcia ze strony technologii informatycznych niż tradycyjna logistyka. W związku z tym realizacja procesu logistycznego w handlu elektronicznym oparta jest na specjalistycznym oprogramowaniu, wykorzystującym systemy geolokalizacyjne i automatyczną identyfikację systemu dostaw (Antonowicz, 2016). Od logistyki tradycyjnej różni się ona pod wieloma czynnikami, przedstawionymi w tabeli 3.1.

Tabela 3.1. Porównanie logistyki tradycyjnej z logistyką e-commerce

Wyszczególnienie	Logistyka tradycyjna	Logistyka e-commerce
Rodzaj przesyłek	Hurtowe	Detaliczne
Przepływ towarów	Regularny, prosty	Nieregularny, złożony
Miejsca docelowe	Kilka	Więcej niż kilka
Wartość zamówienia	Wysoka	Niska
Zapotrzebowanie	Stałe	Zmienne

Źródło: opracowanie własne na podstawie: (Komor, Budzyńska, Domańska, 2015)

Handel internetowy oparty jest głównie na sprzedaży pojedynczych sztuk produktów, co wynika z faktu, iż odbiorcami przesyłek są w większości klienci indywidualni. Powoduje to zmianę sposobu lokalizowania towarów w magazynach. Magazyn przeznaczony dla e-commerce musi spełniać wyższe wymagania logistyczne niż w przypadku handlu tradycyjnego, co wynika z konieczności szybkiej realizacji zamówień, a także obsługi zwrotów. Różnice występujące pomiędzy logistyką e-commerce a logistyką tradycyjną dotyczą również transportu. W e-commerce towar dostarczany jest do wielu lokalizacji. Natomiast w przypadku

sprzedawców detalicznych proces realizacji zamówień charakteryzuje się dużym poziomem schematyczności. Dostawy towaru są regularne, produkty kieruje się do określonego punktu odbioru, gdzie dochodzi do procesów pakowania oraz wydawania. W związku z tym potrzeby logistyczne są mniejsze. Branżę e-logistyki charakteryzuje również cyfryzacja procesów oraz automatyzacja, dzięki którym następuje płynna integracja e-sklepu z centrum realizacji zamówień. Logistyka dla e-commerce związana jest także z wszelkimi procesami obejmującymi realizację zamówień, tj. kompletowanie, pakowanie, wysyłka oraz współpracę z przedsiębiorstwami przewozowymi. Usługi logistyczne dla e-sklepów obejmują też obsługę zwrotów i reklamacji oraz utylizację zużytego sprzętu. Wielu sprzedawców internetowych korzysta z outsourcingu logistyki, ponieważ koszty utrzymania własnego magazynu byłyby zbyt wysokie. Powodem może być również brak doświadczenia w zakresie logistyki. W skład kompleksowej obsługi e-logistycznej wchodzi następujące działania:

- a) Magazynowanie towarów – sposób magazynowania uzależniony jest głównie od ich rodzaju. Największą trudność przysparza przechowywanie produktów świeżych, oferowanych przez e-markety spożywcze, ponieważ wymagają określonej temperatury przechowywania, a miejsce składowania podlega procedurom jakościowym. Ponadto, magazyn wymaga zatwierdzenia oraz podlega kontroli Państwowego Inspektoratu Sanitarnego. Na rynku funkcjonują wyspecjalizowane firmy logistyczne, które obsługują również magazynowanie świeżych produktów. Co więcej, dostępne są rozwiązania magazynowe umożliwiające skrócenie czasu kompletowania zamówienia, przeznaczone dla określonych branż czy produktów. Magazyny e-commerce zarządzane są w odmienny sposób niż tradycyjne. Wynika to z konieczności szybkiego kompletowania i wysyłki zamówienia do e-klienta;
- b) Kompletowanie zamówień i wysyłka do klienta – w branży e-commerce ważne są szybka realizacja zamówień oraz brak pomyłek. Sprawna obsługa zleceń gwarantuje efektywny poziom obsługi klienta. Czas reakcji oraz jakość obsługi to elementy determinujące osiągnięcie przewagi konkurencyjnej. Błędy występujące w obszarze obsługi zleceń czy kompletowania towaru mogą mieć ogromny wpływ na wielkość sprzedaży. Zatem wybór specjalistycznej firmy e-logistycznej zapewnia e-sprzedawcy pewnego rodzaju przewagę konkurencyjną (<https://eizba.pl/wp-content/uploads/2018/07/Poradnik-E-Commerce-Polska-Logistyka.pdf>).
- c) Zaplecze technologiczne – firmy logistyczne świadczące usługi dla e-commerce umożliwiają integrację oprogramowania informatycznego z procesami logistycznymi na niemal każdym etapie łańcucha dostaw. Umożliwia to pozyskanie informacji na temat realizacji zamówień czy wielkości stanów magazynowych. E-logistyka opiera się na zarządzaniu łańcuchem dostaw dla wielu różnych kontrahentów, magazynów dystrybucyjnych, środków transportu oraz klientów w sposób zoptymalizowany i efektywny pod względem czasu i kosztów.

Zważywszy na fakt, iż każde z ogniw może mieścić się w innej lokalizacji, jest to niezwykle trudne do wykonania przy użyciu wyłącznie tradycyjnych metod (Szczaniecka, Smarzyńska, 2019).

- d) Obsługa e-klienta – usługi e-logistyczne obejmują kompleksową obsługę e-klienta, poprzez kontakt mailowy czy telefoniczny dotyczący informacji o statusie zamówienia w czasie rzeczywistym czy obsługą zwrotów i wymiany towarów. Główną rolą logistycznej obsługi klienta w e-commerce jest kreowanie zadowolenia e-klienta na każdym etapie dokonywania transakcji (Krzywdzińska, 2017).
- e) Logistyka posprzedażowa – operatorzy logistyczni są odpowiedzialni za dostawę zamówienia do e-klienta, ale również za ewentualne wymiany i zwroty oraz reklamacje. E-sprzedawcy, którzy korzystają z outsourcingu w zakresie usług logistycznych, nie podejmują się działań związanych z oceną zwróconych produktów, analizą ich kompletności czy przekierowaniem do odpowiednich magazynów. Bowiem to na firmie logistycznej ciąży obowiązek prawidłowej organizacji oraz transportu zwróconych czy zareklamowanych towarów do odpowiedniej lokalizacji magazynowej lub miejsca wyznaczonego przez e-sprzedawcę. Ponadto wyspecjalizowane firmy logistyczne, wspierające e-sprzedawców odpowiedzialne są również za rozpakowanie i przepakowanie paczek, zwrot należności dla zamawiającego za zakupiony towar oraz dodatkowe działania, dzięki którym towar jest przywracany do stanu idealnego, umożliwiającego ponowną sprzedaż. Logistyka zwrotów pozostaje silnym trendem w e-commerce (Kawa, 2017). Firmy logistyczne, wychodząc naprzeciw nieustannie wzrastającym oczekiwaniom e-klientów, oferują różnego rodzaju udogodnienia, głównie w formie wydłużenia czasu zwrotu zakupionych towarów bądź darmowej przesyłki zwrotnej z odbiorem przez kuriera lub nadaniem w paczkomacie czy punkcie obsługi klienta (Iwińska-Knop, 2015).

Logistykę w e-commerce można zatem rozpatrywać w trzech obszarach:

- zaopatrzenia (kontaktu z dostawcami);
- wewnętrznym (magazynowanie, kompletacja);
- dostaw (wysyłki zamówionego towaru).

Tematyka zaopatrzenia w e-commerce oraz związana z nim logistyka wciąż pozostaje obszarem mało poznany. Źródła zaopatrzenia są jednym z głównych elementów przewagi konkurencyjnej w e-handlu, zatem przedsiębiorcy nie są skłonni do podawania informacji w tym zakresie. Strategia cenowa pozostaje zasadniczym elementem konkurowania pomiędzy e-sprzedawcami. Poziom trudności zarządzania procesem logistyki zaopatrzenia wzrasta wraz z ilością dostawców, oferowanych produktów oraz zatrudnieniem. Związane jest to ze zwiększeniem liczby strumieni zaopatrzenia, jakie należy obsłużyć. Szybka oraz bezproblemowa realizacja zaopatrzenia stanowi zasadniczy czynnik wpływający na odniesienie sukcesu rynkowego e-sprzedawcy. Ponadto, jest niezwykle ważny, kiedy przedsiębiorca działa w modelu *just in time*, polegającym na sprowadzaniu towaru od

dostawcy dopiero po złożeniu zamówienia przez e-klienta. We wskazanym modelu ewentualnie braki towaru u dostawcy, bądź opóźnienia w dostawie mogą powodować niezadowolenie zamawiającego, co może przyczynić się do wydawania negatywnych opinii o e-sprzedawcy a także utratę zaufania do niego. Współpraca e-sprzedawcy z dostawcą oparta jest na umowach dwustronnych, obejmujących podział obowiązków dotyczący kosztów zaopatrzenia, czasu realizacji zamówienia, warunków reklamacji. Informacje te objęte są tajemnicą handlową. Komunikacja e-sprzedawcy z dostawcą często odbywa się za pomocą elektronicznej wymiany danych (ang. EDI – *Electronic Data Interchange*). Ma ona na celu automatyzację procesów zamówienia i realizacji. EDI umożliwia e-sprzedawcy weryfikację dostępności towarów oraz złożenie zamówienia o każdej porze dnia. Ponadto może być zintegrowany z modułem obsługi logistycznej. Kolejnym obszarem obsługi logistycznej w e-commerce jest realizacja wewnętrznych procesów logistycznych związanych z gospodarką magazynową, obejmującą zarządzanie zapasami, obsługą zamówień, reklamacjami i zwrotami czy logistyką zwrotną. Ostatnim z rozpatrywanych obszarów logistyki w e-commerce są dostawy, które wiążą się z fizycznym dostarczeniem zamówienia do klienta. Jest to niezwykle ważna część realizacji obsługi zamówienia, ponieważ dotyczy fizycznej interakcji z klientem. Czas realizacji zamówienia mierzony od momentu złożenia zamówienia do jego fizycznej dostawy, obok ceny towaru, stanowi najważniejsze kryterium wyboru e-sprzedawcy, zatem posiada realny wpływ na odniesienie przewagi konkurencyjnej w handlu elektronicznym. Coraz częściej e-sprzedawcy gwarantują dostawę zamówienia w ciągu 48 czy 24 godzin od złożenia zamówienia. Fakt ten stanowi wyzwanie dla obsługi logistycznej. Czas dostawy zdeterminowany jest przez wiele czynników, głównie dostępność towaru, szybkie przetworzenie zamówienia, ewidencję płatności, sprawność obsługi magazynowej. Jednak największy wpływ na szybkość realizacji zamówienia ma sposób, w jaki zamówienie zostaje przekazane z magazynu e-sprzedawcy do e-klienta. We wskazanym zakresie występuje szereg różnorodnych rozwiązań, poczynając od obioru osobistego, poprzez wybór z wielu dostępnych form odbioru, takich jak paczkomaty, punkty partnerskie czy dostawę kurierską. Każda ze wskazanych form charakteryzuje się określonym poziomem dostępności w danym miejscu zamieszkania e-klienta oraz kosztem dostawy (Morawski, 2011).

Usługi logistyczne w e-commerce mają istotne znaczenie głównie w relacji typu B2C, w której e-sprzedawca dostarcza zamówienie dla e-klienta. Handel elektroniczny w Polsce obsługują następujący dostawcy usług kurierskich:

- Dynamic Parcel Distribution (DPD);
- United Parcel Service (UPS);
- Poczta Polska;
- DHL International GmbH;
- General Logistics Systems B.V. (GLS);
- DB Schenker;

- Stacja z Paczką;
- Kurier48;
- Paczkomaty InPost i inne.

Mnogość dostawców usług kurierskich stwarza e-klientom możliwość wyboru dostawy, spełniającej indywidualne oczekiwania. Duża konkurencja wymusza wprowadzanie innowacyjnych form dostaw. Jedną z najwygodniejszych form są paczkomaty, zlokalizowane przy stacjach benzynowych, dużych sklepach, dworcach czy parkingach. Skąd paczkę odebrać można w dogodnym czasie, w ciągu 48 godzin od umieszczenia jej w segmencie. Ponadto duża popularność paczkomatów wynika z faktu, iż e-klient podczas składania zamówienia może wybrać najbardziej dogodną dla siebie lokalizację paczkomatu. Rozwiązanie to jest odpowiedzią na problem dostaw kurierskich do domu, które wymagają obecności w celu fizycznego odbioru paczki. Działalność e-commerce na rynku usług logistycznych w segmencie B2C dynamicznie się rozwija. Dzięki temu e-klientom oferowane są nowoczesne i nieustannie ulepszane rozwiązania. Różnorodność sposobów dostarczenia przesyłek do e-klienta wpływa na wygodę zakupów internetowych (Bręgiel i in., 2020).

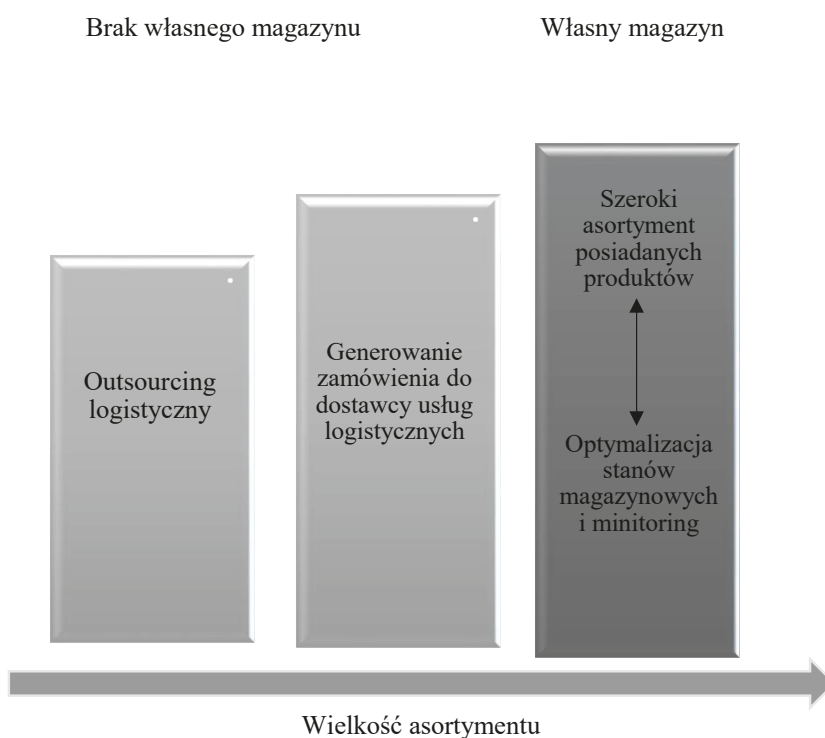
Równocześnie istotnym elementem wygody zakupów internetowych jest uproszczony i intuicyjny proces zwrotów. Dla wielu e-klientów, zwłaszcza tych, którzy po raz pierwszy dokonują zwrotu, procedura ta może być stresująca i czasochłonna, jeśli wymaga samodzielnego przygotowania przesyłki, zamówienia kuriera czy wypełniania skomplikowanych formularzy. Dlatego nowoczesne rozwiązania logistyczne w e-commerce coraz częściej obejmują interaktywne formularze zwrotu oraz łatwy kontakt z obsługą klienta, co pozwala zminimalizować trudności związane ze zwrotami. Takie działania zwiększają komfort zakupów, budują pozytywne doświadczenia konsumentów i sprzyjają ich lojalności wobec sklepu (Kawa, 2019a, 2019b).

3.3. Modele logistyczne w e-commerce

Modele logistyczne w e-commerce ze względu na specyfikę funkcjonowania rynku, różnią się od tradycyjnych modeli. Rozwiązania logistyczne w obszarze dystrybucji oraz zaopatrzenia w handlu elektronicznym obejmują usługi firm logistycznych związane z metodami zarządzania asortymentem, zapasami i transportem, a także doбором właściwej formy outsourcingu logistycznego. Preferowane przez e-sprzedawcę rozwiązanie logistyczne wynika z wielu czynników, głównie jednak uwarunkowane jest odsetkiem towarów jakie dostępne są w ofercie sprzedażowej online. Wyróżnia się kilka modeli logistycznych dedykowanych e-sprzedawcom, począwszy od outsourcingu logistycznego w formie np. dropshippingu lub modelu, opartego na składaniu zamówienia do dostawcy po dokonaniu zakupu przez e-klienta. Pośrednim rozwiązaniem jest posiadanie własnego magazynu przez

e-sprzedawcę, w którym przechowywany jest towar oferowany przez internet. Rozwiązanie to jest charakterystyczne dla sklepów internetowych oferujących dużą ilość różnorodnych produktów. Wskazane podejście określane jest mianem koncepcji długiego ogona i stosowane w celu dotarcia do jak największej liczby klientów charakteryzujących się różnorodnymi cechami i potrzebami (Chodak, 2014). Klasyfikacja rozwiązań logistycznych ze względu na odsetek towaru w magazynie została zobrazowana za pomocą rysunku 3.3.

Rysunek 3.3. Klasyfikacja rozwiązań logistycznych ze względu na odsetek towaru w magazynie



Źródło: opracowanie własne na podstawie: (Chodak, 2014)

Alternatywnym rozwiązaniem dla posiadania własnego magazynu jest korzystanie z outsourcingu logistycznego bądź prowadzenie e-handlu w oparciu o dokonywanie zamówień do dostawcy towaru dopiero po otrzymaniu zamówienia do e-klienta. Outsourcing logistyczny jest rozwiązaniem funkcjonującym w oparciu o podpisanie umowy z firmą logistyczną, która przejmuje część bądź całość proce-

sów dotyczących zarządzania logistycznego. Inaczej podmiot świadczący tego typu usługi nazwać można mianem operatora logistycznego, którego usługi obejmują organizację, aktywizację i nadzór przepływu dóbr oraz informacji. Szczegółowy zakres działań operatora logistycznego wynika z umowy współpracy ze sprzedawcą internetowym. Outsourcing logistyczny sklepu internetowego związany jest z kilkoma procesami, mianowicie obsługą dostaw, magazynowaniem, pakowaniem, wysyłką oraz obsługą zwrotów. Outsourcing logistyczny ma szereg korzyści dla e-sprzedawcy w zakresie kosztów, zarządzania i konkurencyjności, zostały one przedstawione w tabeli 3.2.

Tabela 3.2. Korzyści wynikające z korzystania z outsourcingu logistycznego

Korzyści		
Koszty	Zarządzanie	Konkurencyjność
Brak kosztów związanych z utrzymywaniem magazynów	Koncentracja na działalności operacyjnej	Możliwość wejścia na nowe rynki
Brak kosztów ponoszonych na infrastrukturę logistyczną	Specjalizacja	Szybsza realizacja zamówień
Mniejszy poziom zatrudnienia	Wywłaszczenie struktury organizacyjnej	Pełna informacja dla e-klienta dotycząca wysłanej przesyłki, np. informacje SMS
Brak kosztów związanych z podnoszeniem kwalifikacji w zakresie logistyki	Elastyczność na zmiany zachodzące w otoczeniu	Specjalistyczny sprzęt do pakowania przyczynia się do mniejszej liczby uszkodzeń i zwrotów

Źródło: opracowanie własne na podstawie: (Chodak, 2014)

Outsourcing logistyczny nie jest jednak pozbawiony wad, do których należą następujące problemy:

- brak kontroli przez e-sprzedawcę nad procesami logistycznymi;
- ograniczony kontakt z e-klientem;
- mniejsze możliwości indywidualnej modyfikacji oferty, np. obniżki cen dostarczenia przesyłki do odbiorcy;
- obniżenie poziomu jakości procesów informatycznych, np. nieterminowa aktualizacja pozycji asortymentowych;
- problemy związane z obsługą reklamacji;

- wpływ obsługi logistycznej na doświadczenia zakupowe e-klienta, kojarzone wyłącznie z danym e-sprzedawcą, który nie jest przyczyną części problemów związanych z zamówionym towarem.

Outsourcing logistyczny dzieli się ze względu na stopień obsługi logistycznej. Pierwszym elementem outsourcingu jest skorzystanie z usług zewnętrznej firmy kurierskiej lub pocztowej w celu dostarczenia zamówienia do e-klienta. Jest to najpopularniejsza forma outsourcingu logistycznego, jednak jej zakres ograniczony jest wyłącznie do usługi transportowej. W praktyce gospodarczej przyjęto tego typu współpracę jako metodę dostarczania towarów, mimo iż jest to jeden z modeli outsourcingu logistycznego. Kolejnym elementem jest skorzystanie z usług firmy zewnętrznej, której zadaniem jest przejęcie procesów związanych z obsługą magazynową oraz pakowaniem. Dostawcy przesyłają zamówione towary do pośrednika, którego zadaniem jest ich magazynowanie. W literaturze przedmiotu tę część outsourcingu określa się jako 3PL lub 4PL. Występują one w powiązaniach, w których poszczególne ogniwa łańcuch dostaw są bardziej rozbudowane. Wyróżnia się następujące modele logistyczne w e-commerce:

1. własny magazyn;
2. dropshipping;
3. one stop commerce;
4. Just-in-Time;
5. Fulfillment.

Pierwszy model zakłada prowadzenie własnego magazynu przez e-sprzedawcę, który dokonuje zamówienia u dostawcy towarów, po czym magazynuje zapasy, następnie realizuje zamówienie internetowe. Dostawa zamówienia odbywa się za pośrednictwem transportu własnego lub zewnętrznego. W tym modelu sprzedawane są wyłącznie te produkty, które sprzedawca posiada w magazynie.

Dropshipping polega na wysyłce zamówionego przez e-klienta towaru bezpośrednio z magazynu producenta czy dostawcy. Usługa obejmuje magazynowanie produktów, przyjmowanie zamówień i ich kompletowanie, wystawianie dokumentów sprzedażowych, wysyłkę zamówienia do e-klienta. W modelu tym e-sprzedawca pełni funkcję pośrednika, pozyskującego e-klientów. Ponadto przyjmuje zamówienia, dokonuje wystawienia zleceń kierowanych do dystrybucji oraz pobiera opłaty za transakcję. Rozwiązanie to jest podobne do *pseudo-just-in-time*, jednak w modelu tym dostawca nie wysyła towaru do e-sklepu, lecz prosto do klienta. Funkcją e-sklepu jest wyłącznie pośredniczenie między e-klientem a dostawcą.

One stop commerce obejmuje kompleksową obsługę świadczoną przez firmy logistyczne. W modelu tym operator logistyczny w imieniu klienta prowadzi pełną obsługę sklepu internetowego (Antonowicz, 2016).

Poza logistyką usługi firmy zewnętrznej obejmują także obsługę e-klientów, działania marketingowe, rozwiązania informatyczne, a nawet finanse i księgowość. Obecnie ta forma nie jest powszechnie stosowana. Ponadto wykorzystywana jest przez duże przedsiębiorstwa. Większą popularnością cieszą się modele oparte

na przekazywaniu w outsourcing procesów związanych z magazynowaniem oraz dostarczaniem przesyłek do e-klientów. E-sprzedawcy rzadko decydują się na przekazanie firmie zewnętrznej wszystkich swoich procesów (Piszcz, 2016).

Just-in-time jest popularnym modelem logistycznym stosowanym przez e-sklepy. Polega na pośredniczeniu e-sprzedawcy między e-klientem a dostawcą. E-sprzedawca oferuje asortyment określonego dostawcy lub dostawców z zaznaczeniem dokładnego terminu realizacji zamówienia. Po dokonaniu zamówienia przez e-klienta następuje zakup towaru u dostawcy, po otrzymaniu którego e-sprzedawca kompletuje i pakuje zamówienie, po czym wysyła je do zamawiającego.

Fulfillment to model, w którym firma outsourcingowa świadczy usługi logistyczne. E-sprzedawca nie posiada własnego magazynu. Towar po zakupie przechowywany jest w magazynie zewnętrznej firmy. Operator logistyczny w imieniu e-sprzedawcy przyjmuje towar oraz składowe go. W związku z tym przejmuje odpowiedzialność za towar (Niedźwiedzińska, 2018).

Każdy z wymienionych modeli charakteryzuje się określonymi zaletami oraz wadami. E-sprzedawca powinien dokładnie przeanalizować własne możliwości związane z obsługą procesów logistycznych oraz realnie określić przewidywane przychody i koszty prowadzonej działalności w celu podjęcia decyzji o wyborze sposobu prowadzenia działalności handlowej w internecie z uwzględnieniem wszystkich jej obszarów, w tym logistyki. Zalety i wady poszczególnych modeli logistycznych w e-commerce zostały przedstawione w tabeli 3.3.

Tabela 3.3. Zalety i wady poszczególnych modeli logistycznych w e-commerce

	Zalety	Wady
Własny magazyn	<ul style="list-style-type: none"> • Dostępność oferowanych do sprzedaży produktów • Szybka wysyłka zamówienia. • Niezależność od dostawców. • Brak problemów z terminami dostaw. • Towar zamawiany hurtowo sprzedawany jest z marżą handlową. • Transakcje kupna-sprzedaży odbywają się bez pośredników. • Kontrola nad zwrotami, wymianami i reklamacjami. • Możliwość indywidualizacji zamówienia, np. dołączenie gratisowych produktów lub specjalnego opakowania. • Możliwość lepszego planowania promocji i kampanii marketingowych w oparciu o dostępne stany magazynowe. • Możliwość szybkiego reagowania na zmiany trendów rynkowych (np. zwiększenie dostępności towarów sezonowych). 	<ul style="list-style-type: none"> • Zamrożenie kapitału w towarze. • Ograniczona powierzchnia lokalowa. • Koszty utrzymania magazynu. • Ponoszenie odpowiedzialności za ewentualne pomyłki i braki. • Konieczność zatrudnienia i przeszkolenia personelu magazynowego. • Ryzyko strat związanych z przeterminowaniem lub uszkodzeniem towarów.

	Zalety	Wady
Dropshipping	<ul style="list-style-type: none"> • Brak kosztów magazynowania oraz brak konieczności posiadania sprzętu specjalistycznego np. taśm, opakowań, wózków, ponieważ e-sprzedawca nie zajmuje się wysyłką zamówienia. • Eliminacja działań związanych z rozliczaniem oraz przyjmowaniem zwrotów. • Brak konieczności porozumienia z firmami kurierskimi. • Wymagany wyłącznie komputer z dostępem do internetu. • Możliwość szybkiego rozpoczęcia działalności bez dużego kapitału początkowego. • Łatwość testowania nowych produktów i kategorii asortymentu. 	<ul style="list-style-type: none"> • Brak wpływu na przebieg transakcji. • Wyższy koszt towaru oferowanego dla klienta. • Niezadowolenie klienta z przebiegu transakcji wpływa na wizerunek wyłącznie e-sprzedawcy. • Zależność od jakości obsługi dostawcy (np. czas pakowania, jakość opakowań). • Ryzyko różnic między opisem produktu a faktyczną dostawą do klienta.
One stop commerce	<ul style="list-style-type: none"> • Szerokie wsparcie w zakresie logistyki, obsługi klienta, marketingu, finansów, rachunkowości. • Operator logistyczny dostosowuje się do zmian popytu zachodzących na rynku. • Koordynacja działań i komunikacja między stronami na wysokim poziomie. • Zmniejszenie liczby kontrahentów, z którymi trzeba prowadzić oddzielne umowy i negocjacje. • Kompleksowe raportowanie i dostęp do analiz biznesowych w jednym miejscu. 	<ul style="list-style-type: none"> • Wysokie koszty usług zewnętrznych. • Brak całkowitej kontroli nad procesami zachodzącymi w przedsiębiorstwie. • Niezadowolenie e-klienta wpływa na wizerunek e-sprzedawcy. • Stosowana wyłącznie przez duże przedsiębiorstwa. • Ryzyko uzależnienia się od jednego operatora (trudna zmiana dostawcy usług). • Możliwe ograniczenia w elastycznym dostosowaniu oferty do specyfiki niszowych branż.

	Zalety	Wady
Just-in-time	<ul style="list-style-type: none"> • Minimalizacja kosztów poprzez brak konieczności posiadania własnego magazynu oraz zakupu zapasu towarów. • Możliwość prowadzenia działalności handlowej jednoosobowo. • Zwiększona elastyczność finansowa dzięki braku zamrożonego kapitału w zapasach. • Możliwość oferowania szerszego asortymentu bez konieczności utrzymywania go na stanie. 	<ul style="list-style-type: none"> • Długi czas realizacji zamówienia. • Możliwość pojawienia się błędów i pomyłek podczas kompletowania zamówienia. • Możliwe braki towarów u dostawców. • Konieczność synchronizacji systemu dostawcy z e-sprzedawcą. • Konieczność podjęcia współpracy z firmami kurierskimi. • Ryzyko opóźnień w transporcie międzynarodowym. • Wysoka wrażliwość na zakłócenia w łańcuchu dostaw (np. strajki, kryzysy).
Fulfillment	<ul style="list-style-type: none"> • Oszczędność czasu. • Redukcja kosztów związanych z koniecznością posiadania wyposażenia i obsługi magazynu. • Brak konieczności posiadania fizycznego sklepu, wystarczy posiadanie komputera z dostępem do Internetu. • Wysoka jakość i wydajność w realizacji zadań powierzonych specjalistycznym firmom logistycznym. • Dostęp do nowoczesnych technologii logistycznych (systemy śledzenia przesyłek, automatyzacja procesów). • Skalowalność – łatwe zwiększanie wolumenu obsługi w szczytach sprzedaży (np. Black Friday, święta). 	<ul style="list-style-type: none"> • Brak pełnej kontroli e-sprzedawcy nad jakością wysyłanego towaru. • Wysokie koszty wdrożenia. • Narzucane limity na zamówienia. • Uzależnienie reputacji e-sprzedawcy od jakości pracy firm zewnętrznych. • Szczytna zależność opłaty za usługi niezależnie od zastojów w sprzedaży. • Standaryzacja usług związanych z dystrybucją, bez możliwości wyróżnienia własnej marki np. sposobem pakowania przesyłek czy ich zawartością.

Źródło: opracowanie własne na podstawie: (Cywiński, 2021)

Analiza porównawcza zalet i wad poszczególnych modeli logistycznych wykorzystywanych w e-commerce wskazuje, iż żaden z tychże modeli nie jest pozbawiony negatywnych elementów. Posiadanie własnego magazynu niesie ze sobą wiele zalet, związanych z jakością oraz terminowością realizacji zamówienia. Jednak, niewątpliwie koszty utrzymania własnego magazynu wraz z jego wyposażeniem stanowią duże obciążenie finansowe oraz wymagają posiadania doświadczenia. Natomiast modele oparte na outsourcingu logistycznym odciążają e-sprzedawcę z realizacji wielu działań, np. kompletowania czy wysyłki towaru, jednak największą wadą tychże modeli jest niebezpieczeństwo utraty kontroli nad przebiegiem realizacji zamówienia. Każdy e-sprzedawca musi zdecydować o wyborze odpowiedniego modelu logistycznego, biorąc pod uwagę skalę własnej działalności, możliwości finansowe, technologiczne, własne doświadczenie, ilość dostępnej powierzchni użytkowej.

3.4. Wyzwania i szanse dla logistyki w branży e-commerce

Do zadań logistycznej obsługi e-klienta należy eliminacja ewentualnych rozbieżności, nazywanych luką występującą pomiędzy sferą wytwarzania a konsumpcji towarów czy usług. Luki te obejmują obszary związane z czasem, dostępnością asortymentu. Działania logistycznej obsługi e-klienta niwelują powstałe luki w sposób wpływający na zadowolenie oraz wysoki poziom jakości obsługi (Tokarski, Tokarska, 2021). Obsługa logistyczna e-klienta stanowi zasadniczą część obsługi całościowej transakcji zawieranej przez internet. Ponadto, jest wyznacznikiem jakości e-sprzedawcy. W związku z tym kluczowe jest utrzymywanie jej na jak najwyższym wysokim poziomie, aby wśród e-klientów budować lojalność i zaufanie (Tokarski, Witaszewska, 2022).

Nowe trendy w handlu pojawiły się wraz z rozwojem nowoczesnych technologii informacyjnych. Jednym z nich stało się wykorzystanie internetu w celu dotarcia do e-klienta oraz zaoferowania mu produktu spełniającego nawet największe oczekiwania, co przekłada się na zawarcie transakcji kupna-sprzedaży online. Dostawa zamówionego przez e-klienta towaru, jest nieodłącznym elementem każdej transakcji w handlu elektronicznym. W związku tym szybki i nieustanny rozwój e-commerce stawia kolejne wyzwania branży logistycznej, która podobnie jak branża marketingowa odgrywa kluczową rolę w zarządzaniu e-commerce. W dobie zmieniającego się otoczenia rynkowego operatorzy logistyczni dostrzegają konieczność wcielania się w rolę integratorów łańcucha dostaw w e-commerce. Potrzeby logistyczne zarówno odbiorców, jak i dostawców są zróżnicowane, co wynika z różnorodności oferowanych produktów, wartości transakcji oraz jakości obsługi. Ponadto, e-klient staje się coraz bardziej wymagający pod względem własnych oczekiwań wobec zakupów online (Antonowicz, 2016).

W świetle definicji e-logistyki jako dziedziny logistyki polegającej na wykorzystaniu internetu i systemów informatycznych mających celu koordynowanie oraz integrowanie procesów i działań, jakie prowadzą do dostarczenia produktów od producentów lub detalistów do e-klientów, zasadna jest teza, według której e-commerce wpływa na branżę logistyczną, a także powoduje zmiany w jej funkcjonowaniu. Nowoczesna e-logistyka charakteryzuje się wykorzystaniem technologii opartej o globalizacji, automatycznej identyfikacji, systemach dostawy i efektywnym zarządzaniu magazynem. Sprawia to, iż oczekiwania klienta zostają spełnione (Chabrowski, 2016).

W roku 2023 wartość światowego rynku e-commerce w 2023 roku sięgnęła 16 bln dolarów. Prognozy wskazują, że w 2032 r. wartość ta przekroczy 57 bln dolarów. Przewiduje się, iż w Europie przychody z handlu elektronicznego mają wzrastać o około 9-10% rocznie w kolejnych latach (Mironczuk, 2023). Zgodnie z Raportem Perspektywy rozwoju e-commerce w Polsce w latach 2018-2027 przygotowanym przez Strategy& prognozowana wartość rynku e-commerce w Polsce w 2027 roku wynosi 187 mld zł, 54% tej wartości pochodzić będzie z działu elektroniki, mody zdrowia i urody. Do 2027 roku liczba e-klientów w Polsce zwiększy się o 3,4 mln przy jednoczesnym wzroście e-sprzedawców o 100 tys. Dane te wskazują na potrzebę znaczącego zwiększenia efektywności łańcucha dostaw w kontekście:

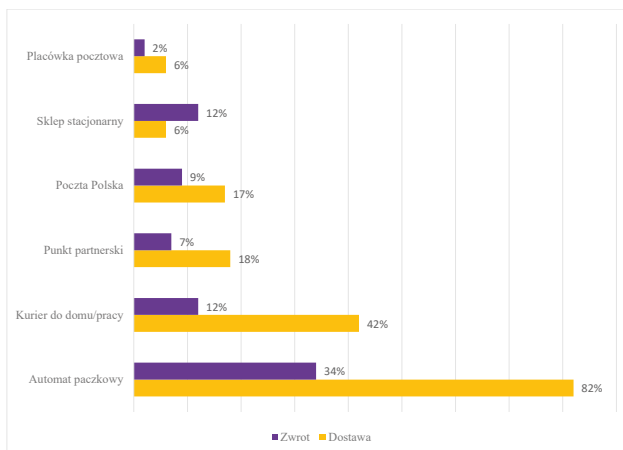
- osiągnięcia kolejnego stopnia zaawansowania związanego z modelem zakupowym;
- usprawnienia bądź outsourcingu wybranych procesów z łańcucha dostaw;
- wypracowania nowoczesnego modelu wyboru rozwiązań i technologii w obszarze łańcucha dostaw;
- partnerstwa z szerszą grupą podmiotów logistycznych (Strategy, 2018).

Z kolei w Raporcie Gemius E-commerce w Polsce (2023) znajdują się informacje obejmujące preferencje e-klientów dotyczące poszczególnych aspektów zakupów przez Internet, w tym dotyczących obszaru logistyki. Wskazany obszar nie jest postrzegany przez e-klientów jako osobny element e-zakupów. Z perspektywy e-klientów jest to zintegrowana część zamówienia. E-klienci oceniający czas dostawy czy jakość opakowania, oceniają e-sprzedawcę, nie uwzględniając faktu, iż często nie ma on wpływu na poszczególne elementy transakcji. Wynika to z braku informacji na ten temat. W Raporcie Gemius obszar logistyki oceniony był przez 1608 internautów w wieku powyżej 15 lat, w okresie od 28 czerwca do 6 lipca 2023 roku, w formie ankiet CAWI. Celem badania w obszarze logistyki było poznanie postaw, zwyczajów i motywacji związanych z kupowaniem online w obszarze:

- napotkanych problemów podczas realizacji zamówienia;
- form, czasu i kosztów dostawy;
- form zwrotów;
- funkcjonalności automatów paczkowych;
- firm kurierskich, godzin oczekiwania na kuriera;
- postrzegania form dostawy poprzez pryzmat ekologii.

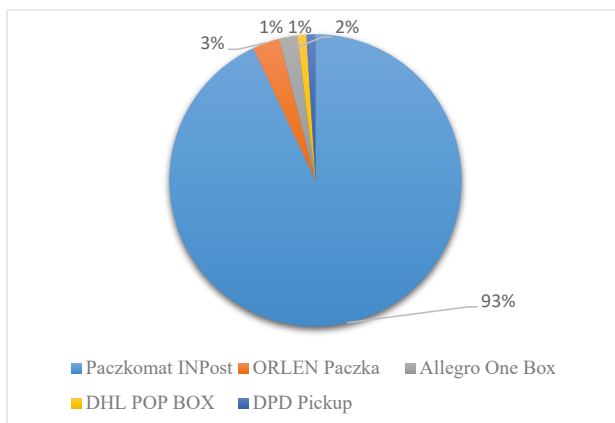
Na podstawie wymienionych czynników mających wpływ na ocenę obszaru logistyki opracowano niezbędne elementy strategii dystrybucji w e-commerce, jaką powinni kierować się operatorzy logistyczni, świadczący usługi outsourcingu logistycznego. Wyniki badania Gemius, na podstawie których opracowano założenia wskazanej strategii, przedstawiono na rysunkach 3.4-3.7.

Rysunek 3.4. Formy dostawy i zwrotów preferowane przez e-klientów



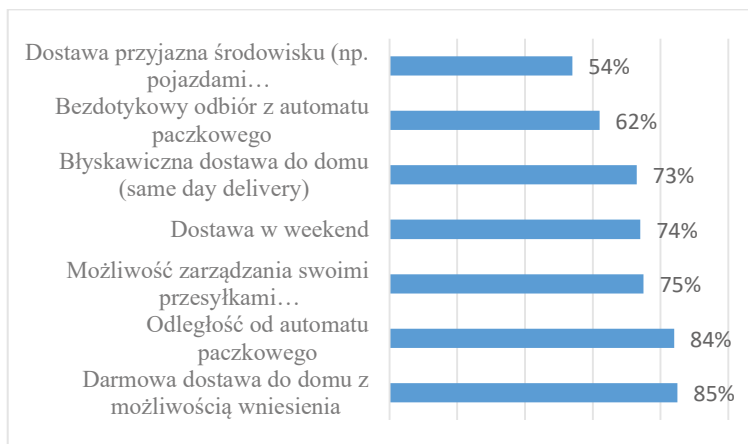
Źródło: opracowanie własne na podstawie: (Gemius, 2024)

Rysunek 3.5. Wybór automatu paczkowego przez e-klientów



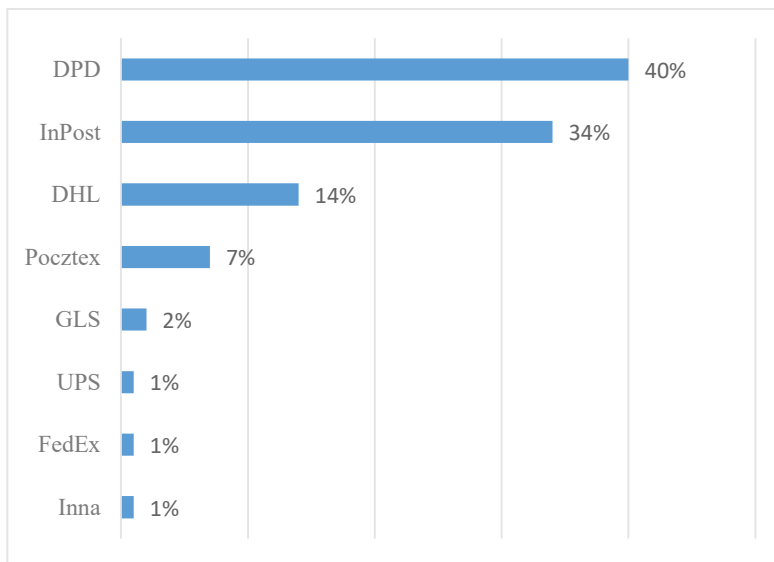
Źródło: opracowanie własne na podstawie: (Gemius, 2024)

Rysunek 3.6. Dodatkowe formy dostawy motywujące do zakupów online



Źródło: opracowanie własne na podstawie: (Gemius, 2024)

Rysunek 3.7. Wybór firm kurierskich przez e-klientów



Źródło: opracowanie własne na podstawie: (Gemius, 2024)

W kwestii dostarczenia oraz zwrotów towaru e-klienci najczęściej wybierają dostawę do automatu paczkowego, z wyraźną preferencją paczkomatów InPost, w dalszej kolejności dostawę kurierem. Dodatkowe opcje dostawy zasadniczo są motywujące do dokonywania zakupów online. Wysoko oceniana przez respondentów okazała się darmowa dostawa z możliwością darmowego wniesienia, bliska odległość do automatu paczkowego, zarządzanie przesyłką poprzez aplikację, dostawa w weekend oraz błyskawiczna dostawa do domu w tym samym dniu. Dostawa, odbywająca się do 12 godzin od momentu złożenia zamówienia motywuje do częstszych zakupów 83% badanych. Ponadto, darmowa dostawa również jest czynnikiem motywującym, przy czym im wyższa wartość zakupionych produktów, tym częstsze jest oczekiwanie ich darmowej dostawy. Koszt dostawy wynoszący 20 zł i więcej jest akceptowalny wyłącznie przez 4% respondentów, do zakupów o wartości powyżej 500 zł. E-klienci oczekują dostawy w godzinach 10.00-20.00. Najbardziej ekologiczną dostawą w opinii e-klientów jest dostawa do automatu paczkowego, punktu partnerskiego i oddziału sklepu. Automat paczkowy jest wyborem metody dostawy dla e-klientów dokonujących zakupu o wartości do 200 zł. Dla większości badanych ta forma wysyłki jest najwygodniejsza. Analiza wyników badania przeprowadzonego przez Gemius dowodzi, iż najefektywniejsza strategia logistyki dystrybucji w e-commerce powinna opierać się na najważniejszych dla e-klientów warunków dostawy, do których należą:

- dostawa/zwrot zamówienia do automatu paczkowego InPost lub przesyłka kurierska InPost lub DPD;
- darmowa dostawa;
- darmowa opcja wniesienia przesyłki do domu;
- możliwość zarządzania przesyłką w aplikacji mobilnej;
- dostawa w czasie do 12 h od momentu złożenia zamówienia;
- dostawa w godzinach 10.00-20.00.

Połączenie wskazanych elementów związanych z dostarczeniem przesyłki w największym stopniu zaspokoi potrzeby e-klienta. Koordynacja działań logistycznych związanych z dystrybucją przyniesie realne efekty dla operatorów logistycznych w postaci zadowolenia e-klientów, które przełoży się na zadowolenie e-sprzedawcy z usług powierzonych firmie zewnętrznej. Logistyka dystrybucji jest jednym z elementów jakie świadczą operatorzy logistyczni, umożliwia dokonywanie analiz z punktu widzenia e-klienta. Należy pamiętać o pozostałych elementach, które ważne są pod kątem e-sprzedawcy. Wyłącznie całościowe podejście do zarządzania procesem logistycznym w e-commerce umożliwi wypracowanie idealnego rozwiązania, jakie zastosować można w praktyce gospodarczej.

Wyniki badań dowodzą, iż trend, w którym e-klient staje się coraz bardziej wymagającym podmiotem e-commerce, będzie się utrzymywał. Dynamiczne zmiany, jakie zaszły na rynku w ostatnich kilku latach, znacznie wpłynęły na preferencje e-klientów, którzy zwracają uwagę nie tylko na cenę produktu, ale i na usługi komplementarne związane z zakupem przez internet, w szczególności koszty

i szybkość dostawy. Różnica w kosztach dostawy na poziomie zaledwie 1 zł ma wpływ na 38% e-klientów biorących udział w badaniu Gemius, natomiast różnica 2 zł skłania e-klientów do zmiany formy dostawy. E-klienci oczekują możliwości wyboru w zakresie dostępnych form dostawy, często rezygnują z zakupu gdy nie odnajdują odpowiedniego dla siebie wariantu dostawy. Wskazane zależności prowadzą do wniosku, iż e-sprzedawcy powinni stosować dywersyfikację operatorów logistycznych w celu zmniejszenia utraty tzw. porzuconych koszyków.

Logistyka jest istotnym obszarem obsługi e-klienta. Skuteczna logistyka, która widziana jest oczami e-klienta, wpływa na wizerunek e-sprzedawcy oraz jego sukces rynkowy. Logistyka w e-commerce staje się elementem przewagi konkurencyjnej e-sprzedawców. Towary oferowane przez poszczególnych e-sprzedawców często są jednorodne, nawet pod względem ceny. W związku z tym działania podejmowane w celu osiągnięcia wysokiej sprzedaży, oparte są na poziomie obsługi e-klienta. Można do niej zaliczyć m.in. dostępność towaru, terminowość i wygodę dostawy, dodatkowe usługi związane z dostawą. Dlatego e-sprzedawcy powinni podnosić poziom wiedzy oraz świadomości na temat oczekiwań współczesnego e-klienta w obszarze logistyki. Wykorzystując tym samym dostępne na rynku rozwiązania w obszarze wsparcia oraz optymalizacji rozwiązań logistycznych przeznaczonych dla e-commerce. W obszarze tym na uwagę zasługuje outsourcing logistyczny, zwłaszcza dropshipping, posiadający wiele zalet (Morawski, 2011).

Procesy logistyczne związane z dystrybucją zamówienia do e-klienta należą do najważniejszego obszaru związanego z transakcją kupna-sprzedaży w Internecie. Szybka, darmowa dostawa i zwroty to jedne z głównych oczekiwań współczesnego e-klienta. E-sprzedawcy chcą zapewnić swoim klientom elastyczną dostawę zamówionego towaru, natomiast oczekiwaniem e-kupujących jest dokonywanie zakupów online z możliwością zarządzania miejscem oraz czasem odbioru swojej paczki, a także preferowanymi opcjami zwrotu. Zatem kluczowe pozostają czas oraz wygoda. Wzrasta również świadomość społeczeństwa w zakresie ekologii, co przekłada się na oczekiwania e-klientów wobec stosowania np. wielorazowych opakowań czy pochodzących z recyklingu. Mylne jest przekonanie, iż mali przedsiębiorcy posiadający wąski asortyment czy niemający doświadczenia z sprzedaży nie mają równych szans z dużymi przedsiębiorcami, którzy utrzymują własne magazyny oraz procesy logistyczne. Najlepszym rozwiązaniem może być skorzystanie z outsourcingu logistycznego. Dzięki temu e-sprzedawca może skupić się na pozostałych elementach prowadzenia działalności, np. marketingiem i reklamą (Niedźwiedzińska, 2018).

W wielu państwach, w tym na terenie Unii Europejskiej, konsumenci mają możliwość odstąpienia od umowy zawartej na odległość i zwrotu zakupionego towaru bez konieczności podawania przyczyny. Taki rodzaj zwrotu określany jest mianem zwrotu konsumenckiego. Proces ten jest jednak znacznie bardziej skomplikowany niż samo zrealizowanie zamówienia i dostarczenie produktu do klienta. Obejmuje on m.in. ocenę stanu oraz jakości zwracanego towaru, a na-

stępnie podjęcie decyzji dotyczącej jego dalszego wykorzystania. W zależności od stanu produktu może on zostać zutylizowany, poddany naprawie lub ponownie wprowadzony do obrotu (Kawa, 2023).

Rozdział 4.

Technologie wspierające logistykę w e-commerce

Wzrost znaczenia handlu internetowego zmusza przedsiębiorstwa do ciągłego usprawniania działań logistycznych. Nie ulega wątpliwości, iż proces ten ma bezpośredni wpływ na satysfakcję klientów i efektywność operacyjną. Kluczowe znaczenie zyskują technologie takie jak robotyzacja procesów magazynowych, blockchain oraz systemy zarządzania magazynem (WMS). Fundamentem efektywnego e-commerce stają się technologie cyfrowe, sztuczna inteligencja czy Internet Rzeczy, które kształtują rozwój logistyki w e-commerce, umożliwiając szybszą realizację zamówień, lepsze zarządzanie magazynem oraz skuteczne monitorowanie przesyłek. Coraz częściej w logistyce e-commerce wykorzystywana jest technologia blockchain, która w sposób znaczny wpływa na poprawę i zwiększenie bezpieczeństwa oraz transparentności w przepływie informacji w łańcuchu dostaw. Zastosowanie nowoczesnych technologii w zakresie logistyki przyczynia się w rezultacie do skrócenia czasu realizacji zamówienia, poprawy jakości obsługi klienta oraz zwiększenia elastyczności systemów logistycznych w handlu elektronicznym.

4.1. Automatyzacja procesów logistycznych

Kluczową rolę w zarządzaniu przedsiębiorstwem odgrywa procesowe ujęcie logistyki. Procesy logistyczne należy traktować zatem jako uporządkowany łańcuch operacji związany z przepływem materiałów i informacji. Procesy logistyczne coraz częściej związane są z biznesem międzynarodowym, należy zatem dostrzegać potrzebę ich integracji i internacjonalizacji, a więc rozpatrywać je na płaszczyźnie przedsiębiorstwa narodowego, poprzez międzynarodowe, multinarodowe, aż do globalnego. Procesy logistyczne w ujęciu międzynarodowym zapoczątkowane zostały procesami integracji gospodarczej. Jedną z przyczyn rozwoju logistyki jest rosnąca potrzeba integracji źródeł zaopatrzenia, produkcji i obrotu pomiędzy firmami z różnych regionów świata (Rogaczewski, 2018).

Automatyzacja¹ procesów logistycznych stanowi obecnie jeden z kluczowych elementów strategii przedsiębiorstw dążących do zwiększenia efektywności operacyjnej, redukcji kosztów oraz skrócenia czasu realizacji zamówień. Implementacja zaawansowanych technologii, takich jak zintegrowane systemy automatycznego składowania i pobierania (AS/RS), robotyka magazynowa, sztuczna inteligencja (AI) oraz rozwiązywania z zakresu Internetu Rzeczy, przyczynia się do transformacji

¹ Automatyzacja to działanie, które polega na implementacji rozwiązań technologicznych, informatycznych lub wspomaganiu pracy ludzkiej przez technologie, systemy informatyczne oraz maszyny, które umożliwiają wykonywanie określonych zadań bez konieczności ciągłego nadzoru człowieka.

struktury i funkcjonowania współczesnych łańcuchów dostaw. Automatyzacja umożliwia nie tylko optymalizację przepływu towarów i informacji, lecz także zwiększa elastyczność firm wobec dynamicznie zmieniających się potrzeb konsumentów, zwłaszcza w kontekście intensywnego rozwoju sektora e-commerce. Według Rut i Ostafil (2020) cyfryzacja, robotyzacja, automatyzacja i zarządzanie w czasie rzeczywistym odnoszą się do prawie wszystkich operacji i procesów przedsiębiorstwa.

Sektor e-commerce rozwija się w szybkim tempie, stawiając przed przedsiębiorstwami logistycznymi zarówno nowe wyzwania, jak i szanse. Technologie sztucznej inteligencji (AI) oraz uczenia maszynowego (ML) odgrywają coraz większą rolę w transformacji procesów logistycznych, oferując możliwość znacznego usprawnienia zarządzania łańcuchem dostaw. Wdrożenie AI i ML w logistycę e-commerce pozwala nie tylko zwiększyć wydajność operacyjną, ale także poprawić jakość obsługi klienta i ograniczyć koszty działalności. Dzięki wykorzystaniu zaawansowanych algorytmów oraz analizie dużych zbiorów danych technologie te umożliwiają prognozowanie popytu, optymalizację procesów i personalizację usług, co w konsekwencji wzmacnia konkurencyjność firm na rynku (Kozłowska, 2024c).

Podjmując rozważania w zakresie automatyzacji procesów logistycznych, należy wskazać na ideę „Przemysłu 4.0” oraz „Logistyki 4.0”, a więc na czwartą rewolucję przemysłową. Przemysł 4.0 to nowoczesna koncepcja transformacji przemysłu, która zakłada cyfryzację i integrację procesów produkcyjnych poprzez połączenie systemów fizycznych z cyfrowymi. Opiera się on na wykorzystaniu zaawansowanych technologii informacyjno-komunikacyjnych (ICT), takich jak IoT, sztuczna inteligencja, analiza danych czy automatyzacja, tworząc inteligentne i samodzielnie komunikujące się środowisko produkcyjne (Łagutko i in., 2023). Zastosowanie zaawansowanych, wzajemnie połączonych technologii prowadzi do rozproszenia i uniezależnienia procesów produkcyjnych od jednej centralnej jednostki. Dzięki tej integracji możliwe staje się powiązanie potrzeb społecznych z funkcjonowaniem zakładów produkcyjnych, systemami magazynowymi oraz logistyką, co w rezultacie pozwala na budowę globalnych, zintegrowanych łańcuchów wartości (Zhang i in., 2021). Warto przy tej okazji podkreślić, iż Przemysł 4.0 oraz e-commerce to obszary zasadniczo odrębne, jednakże coraz częściej zaobserwować można ich wzajemne przenikanie. E-commerce koncentruje się na realizacji transakcji handlowych w środowisku cyfrowym, natomiast Przemysł 4.0 odnosi się do transformacji procesów produkcyjnych poprzez zastosowanie nowoczesnych technologii, takich jak inteligentne systemy, automatyzacja czy cyfryzacja. Integracja tych dwóch koncepcji nabiera kluczowego znaczenia szczególnie w kontekście budowy wydajnych, elastycznych i zautomatyzowanych łańcuchów dostaw. Połączenie technologii przemysłowych z platformami sprzedaży online pozwala na optymalizację zarządzania w zakresie zapasów, logistyki oraz poprawę jakości obsługi klienta. Rozwiązania e-commerce coraz częściej

współpracują z technologiami charakterystycznymi dla Przemysłu 4.0, takimi jak IoT, przetwarzanie danych w chmurze czy zaawansowana analityka big data.

Szczególnie istotną rolę w Przemysle 4.0 odgrywa logistyka. Logistyka 4.0 oznacza szeroką informatyzację branży logistycznej wspólnie z należącymi do niej elementami systemów logistycznych i uczestników łańcucha dostaw (Rogaczewski i in., 2020). Informatyzacja sprawia, że informacje o uczestnikach i obiektach łańcucha dostaw dostępne są w formie cyfrowej. Podobnie jak w przypadku internetu, który służy połączeniu komputerów, należy postrzegać informatyzację jako kompleksowe połączenie wszystkich obiektów i traktować ją jako Internet rzeczy (Cieślak, Rogaczewski, 2019). W związku ze zmianą struktury i organizacji przemysłu pojawiają się również zmiany w usługach związanych z przemysłem, w szczególności logistyką i transportem. Zmiany te mogą być różnorodne. Poniżej przedstawiono ważniejsze aspekty (IND4LOG4):

- cyfryzacja przyczynia się do większej integracji w obszarze firm transportowych i logistycznych z przemysłem, procesy transportowe stanowią istotny aspekt w zarządzaniu procesami produkcyjnymi;
- technologia w obszarze techniki pojazdowej (niezależne prowadzenie) oraz silna automatyzacja czynności logistycznych (w powiązaniu z robotyką) zmieniają klasyczne modele biznesowe logistyki i gospodarki transportowej oraz prowadzą do konsolidacji branży;
- automatyzacja prowadzi do utraty klasycznych czynności w obszarze transportu i logistyki, ma miejsce utrata mniej wymagających miejsc pracy, jednakże wiąże się to z drugiej strony z tworzeniem nowych w obszarach związanych z IT.

Współczesny rozwój sprawia jednak, iż w literaturze spotkać się można z oznaczeniem „*Logistyka 5.0*”. Doskonale wiadomo, iż człowiek nie może być ogniwem pośredniczącym w realizacji procesów biznesowych, w tym w obszarze zarządzania logistyką. W nowej koncepcji człowiek znajduje się w centrum oraz widoczna jest tendencja dążenia do zrównoważonego rozwoju przy jednoczesnym wykorzystaniu technologii. Widoczna jest zatem współpraca pomiędzy maszynami i ludźmi, co w przypadku Logistyki 4.0 nie było to oczywiste, gdyż to technologie automatyzowały zadania zastępując pracowników produkcyjnych. Nie jest to jednak jednoznaczne z tym, iż wszystkie przedsiębiorstwa wdrażają nowe podejście. Bez wątplenia Logistyka 5.0 jest uzupełnieniem Logistyki 4.0 w kontekście zrównoważonego rozwoju i roli człowieka (Nicoletti, 2025).

Współczesne przedsiębiorstwa stają w obliczu licznych złożonych procesów, które każdego dnia muszą funkcjonować bez zakłóceń w ramach globalnych struktur. W obliczu dynamicznych zmian w globalnej gospodarce i otoczeniu biznesowym zdolność do szybkiej adaptacji staje się konieczna. Firmy znajdują się pomiędzy oczekiwaniami klientów i wymaganiami rynku z jednej strony a własnymi możliwościami działania i wydajnością z drugiej. Aby sprostać tym wyzwaniom, warto inwestować w optymalizację wewnętrznych procesów, co pozwala na zwiększenie efektywności przedsiębiorstwa oraz utrzymanie jego

konkurencyjności. Optymalizacja będzie zatem możliwa dzięki wprowadzeniu automatyzacji procesów logistycznych w przedsiębiorstwie. Według Winkelhausa i Grosse (2020) automatyzacja logistyki oznacza zastosowanie technologii i systemów cyfrowych, które pozwalają na zautomatyzowane zarządzanie transportem, magazynowaniem i przepływem towarów. Ma to na celu zwiększenie wydajności operacyjnej oraz minimalizację kosztów i ryzyka ludzkich błędów w zarządzaniu łańcuchem dostaw. Współcześnie, rosnące znaczenie handlu elektronicznego oraz zmiany przyzwyczajęń konsumenckich przyczyniają się do tego, iż przedsiębiorcy stawiani są w obliczu nowych wyzwań logistycznych, jak chociażby wysyłka towaru w 24 godziny czy też zarządzanie zwrotami towarów w modelu e-commerce. Aby spełnić te wymagania i uzyskać tym samym przewagę konkurencyjną, konieczne jest wdrożenie wydajnych procesów logistycznych, które będą skoncentrowane na usprawnianiu procesów, ograniczaniu pomyłek oraz redukcji kosztów.

W związku z rosnącą potrzebą zwiększenia efektywności operacyjnej i ograniczenia zależności od pracy manualnej automatyzacja logistyki staje się nieodzownym elementem transformacji współczesnych przedsiębiorstw. Postępujący rozwój gospodarczy oraz nasilająca się konkurencja sprawiają, że przedsiębiorstwa nieustannie dążą do wdrażania innowacyjnych rozwiązań, które umożliwią im zwiększenie efektywności produkcyjnej oraz poprawę jakości oferowanych produktów. Automatyzacja logistyki obejmuje wdrażanie autonomicznych systemów transportu i składowania, które znacząco usprawniają operacje magazynowe i cały łańcuch dostaw (Ten Hompel, Schmidt, 2007). Według Dobrzańskiego automatyzacja działań logistycznych, takich jak transport ładunków, manipulacja towarami, paletyzacja i depaletyzacja, a także wdrażanie zrobotyzowanych stanowisk pracy czy kompletnych zautomatyzowanych linii produkcyjnych, staje się coraz bardziej powszechnym zjawiskiem na skalę globalną. Korzyści płynące z automatyzacji logistyki to przede wszystkim:

- maksymalizacja wydajności podstawowych procesów magazynowych, tj. przyjęcia, przechowywania, kompletacji oraz wysyłki towarów (urządzenia AGV² czy roboty przemysłowe mogą pracować nieprzerwalnie 24 godziny na dobę przez 7 dni w tygodniu);
- ograniczenia kosztów logistycznych;
- eliminacja pomyłek (zautomatyzowane urządzenia zapobiegają licznym błędom, jak chociażby eliminują niewłaściwie przydzielanie towarów do lokalizacji);
- ścisła kontrola stanu magazynowego (systemy ERP nadzorują pracę urządzeń automatycznych i tym samym monitorują operacje logistyczne);
- maksymalne wykorzystanie powierzchni magazynowej (szczególnie istotne w kontekście e-commerce).

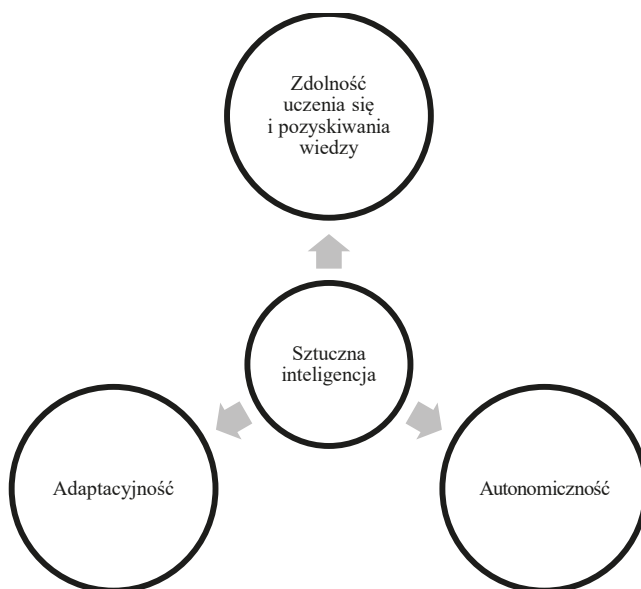
² Samojezdne wózki magazynowe.

4.2. Sztuczna inteligencja i big data w logistyce e-commerce

Sztuczna inteligencja i big data to jedne z ważniejszych narzędzi automatyzacji logistyki w e-commerce. Sztuczna inteligencja jest prawdopodobnie najczęściej definiowana jako „zdolność maszyn do wykonywania zadań, które zazwyczaj wymagają ludzkiej inteligencji” (Gignac, Szodorai, 2024). Według Haenleina i Kaplana (2019) sztuczna inteligencja to „zdolność maszyny do naśladowania inteligentnego ludzkiego zachowania”. Z kolei zdaniem Capelanda (2023) sztuczna inteligencja (AI) to technologia umożliwiająca komputerom lub zautomatyzowanym urządzeniom podejmowanie działań, które normalnie wymagają ludzkiej inteligencji – takich jak uczenie się, rozumowanie, rozpoznawanie wzorców czy podejmowanie decyzji.

Według Mroczki (2023) system sztucznej inteligencji powinien zawierać w sobie cechy, które charakteryzują inteligencję człowieka. Fundamentalną cechą AI jest zatem umiejętność uczenia się, którą należy rozumieć jako autonomiczne uczenie się AI w oparciu o dostarczone wcześniej przez człowieka dane. Dość trafnie przedstawił on cechy sztucznej inteligencji (rysunek 4.1.):

Rysunek 4.1. Cechy sztucznej inteligencji



Źródło: (Mroczko, 2023)

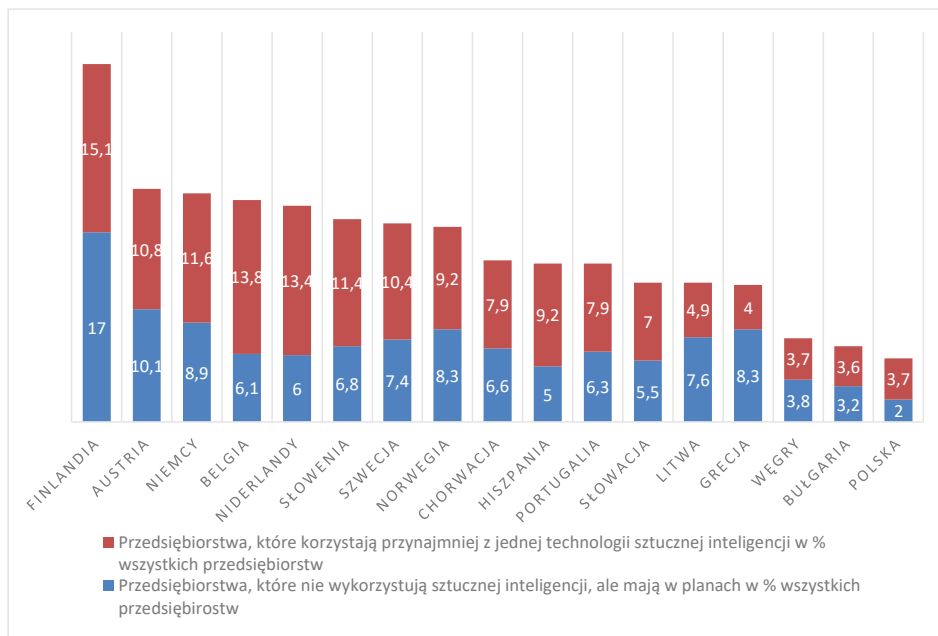
Jednymi z kluczowych cech współczesnych systemów sztucznej inteligencji są adaptacyjność oraz autonomiczność, które warunkują ich efektywność i zdolność do działania w złożonym i zmiennym środowisku. Adaptacyjność odnosi się do zdolności sztucznej inteligencji do uczenia się w oparciu o dane oraz do adaptowania swojego zachowania do zmieniających się warunków bez konieczności ręcznego programowania (Alpaydin, 2020). Według Krupa (2023) adaptacyjność to umiejętność przystosowywania się do nieznanymi wcześniej warunków otoczenia. Autonomiczność z kolei to umiejętność systemów sztucznej inteligencji do samodzielnego podejmowania decyzji oraz funkcjonowania bez ciągłej ingerencji człowieka (Nilsson, 2010). Autonomiczne pojazdy, roboty przemysłowe czy systemy zarządzania logistyką to tylko nieliczne przykłady zastosowania tej cechy. Kluczowym aspektem autonomiczności jest również odpowiedzialność i przejrzystość działania (European Commission, 2021a, 2021b).

Należy również wskazać na obszary zastosowania ww. cech sztucznej inteligencji, szczególnie w kontekście e-commerce i logistyki. W zakresie adaptacyjności systemy sztucznej inteligencji analizują historię zakupów, wyszukiwań czy interakcji człowieka i następnie dynamicznie dobierają ofertę produktów lub sieci. Adaptacyjność pozwala podejmować reakcje na zmieniające się preferencje użytkowników w czasie rzeczywistym. Adaptacyjność sztucznej inteligencji wykorzystywana jest również w zarządzaniu zapasami. Algorytmy uczą się sezonowych trendów, lokalnych wzorców popytu i danych pogodowych, aby właściwie optymalizować i dostosowywać zapasy (np. sieć sklepów Walmart). W przypadku autonomiczności należy wskazać chociażby na roboty magazynowe (np. w Amazon), które samodzielnie przemieszczają towary w centrach dystrybucyjnych, omijają przeszkody oraz optymalizują trasę. Systemy te swoje decyzje podejmują bez udziału operatorów w czasie rzeczywistym.

Z ekonomicznego punktu widzenia najnowsze postępy w obszarze sztucznej inteligencji są korzystne, gdyż pozwalają na obniżenie kosztów prognozowania. Wiele aspektów podejmowania decyzji nie jest bezpośrednio związanych z prognozowaniem. Jednak lepsze i powszechnie dostępne prognozy wspierane przez sztuczną inteligencję mogą mieć charakter transformacyjny, ponieważ prognozowanie stanowi element wielu ludzkich działań (OECD, 2020).

Należy również wskazać, jak wygląda wdrażanie sztucznej inteligencji w przedsiębiorstwach UE. Zgodnie z danymi z początku 2023 roku 15% wszystkich przedsiębiorstw wykorzystuje sztuczną inteligencję lub też rozważa jej zastosowanie. Należy podkreślić, że im wyższy jest odsetek firm już korzystających ze sztucznej inteligencji w danym kraju, tym większy jest zazwyczaj również odsetek przedsiębiorstw, które rozważają jej wykorzystanie.

Rysunek 4.2. Przedsiębiorstwa, które wykorzystują lub planują wykorzystać narzędzie sztucznej inteligencji w poszczególnych krajach w 2023 r.



Źródło: opracowanie własne na podstawie: (Ifo Institut, 2024)

Kolejnym ważnym narzędziem w kontekście nowoczesnych rozwiązań w logistyce jest big data. To obecnie termin o globalnym zasięgu, powszechnie używany zarówno w przemyśle, jak i środowisku akademickim. Częste wykorzystywanie tego pojęcia w różnych kontekstach i warunkach stwarza jednak ryzyko rozmycia jego definicji (Yaseen, Obaid, 2020). Warto zatem dokonać przeglądu literaturowego tego pojęcia.

Big data odnosi się do bardzo dużych zbiorów danych, które stale się powiększają. Ze względu na swoją wielkość i złożoność nie mogą być efektywnie obsługiwane przy użyciu standardowych narzędzi do zarządzania danymi. Choć mają cechy wspólne z tradycyjnymi danymi, to wyróżnia je przede wszystkim ogromna skala. Analiza big data opiera się na wykorzystaniu zaawansowanych metod analitycznych, które umożliwiają przetwarzanie i interpretację zróżnicowanych typów danych – zarówno uporządkowanych, częściowo uporządkowanych, jak i nieuporządkowanych – pochodzących z wielu różnych źródeł (Bhalla, n.d.). Zdaniem Gandomiego i Haidera (2015) big data odnosi się do zbiorów danych, które przekraczają możliwości typowych systemów baz danych pod względem przechowywania, zarządzania i analizy. Cechuje je duża objętość, różnorodność

i złożoność. Z kolei według Zikopoulosa i Eatona (2011) big data to zbiór narzędzi, technologii i praktyk, które wykorzystywane są do przechowywania, przetwarzania i analizy bardzo dużych i złożonych zbiorów danych. Najczęściej przekraczają one możliwości tradycyjnych systemów informatycznych. Według Kitchin (2014) big data to sposób analizy danych, który koncentruje się nie tyle na ich ogromnej ilości, co na wykorzystaniu nowoczesnych technologii umożliwiających pozyskiwanie wartościowych informacji z danych nieustrukturyzowanych, dynamicznych i pochodzących z różnorodnych źródeł. Jagadish i in. (2014) uważają natomiast, iż big data to zintegrowane podejście do pracy z danymi, które ze względu na swój ogromny rozmiar, dynamiczne zmiany i brak spójności, wymagają wykorzystania skalowalnych technologii przetwarzania rozproszonego oraz zaawansowanych technik analitycznych, takich jak statystyka i uczenie maszynowe.

Pojęcie big data opisuje pięć cech, do których zaliczyć należy objętość (volume), prędkość (velocity), różnorodność (variety), wartość (value) i wiarygodność (veracity). Właściwości poszczególnych cech przedstawiono poniżej:

Tabela 4.1. Cechy big data

Nazwa cechy	Charakterystyka
Objętość	Ze względu na fakt, iż współcześnie gromadzone dane mają duże rozmiary, istnieje możliwość przechowywania danych i ich wykorzystywanie za pomocą systemów rozproszonych. Dane mogą pochodzić z wielu źródeł, do których zaliczyć należy media społecznościowe, czujniki IoT, transakcje biznesowe czy urządzenia mobilne.
Prędkość	Prędkość danych odnosi się do szybkości, z jaką dane napływają oraz czasu, w jakim są analizowane. Konieczność analizowania danych w czasie rzeczywistym powoduje, iż muszą być przesyłane strumieniowo.
Różnorodność	Dane pozyskiwane są z różnych źródeł i tym samym cechuje je zróżnicowany charakter.
Wiarygodność	Wiarygodność danych to inaczej ich prawdziwość, dlatego też powinny zwierać prawdziwe informacje. Big data zawiera często błędy lub dane niepełne, co wymaga podjęcia odpowiednich działań.
Wartość	Należy dokonać oceny, które dane będą właściwe i wartościowe, a które nieużyteczne. Kluczowe jest uzyskanie użytecznych wniosków, które mogą wspierać decyzje biznesowe.

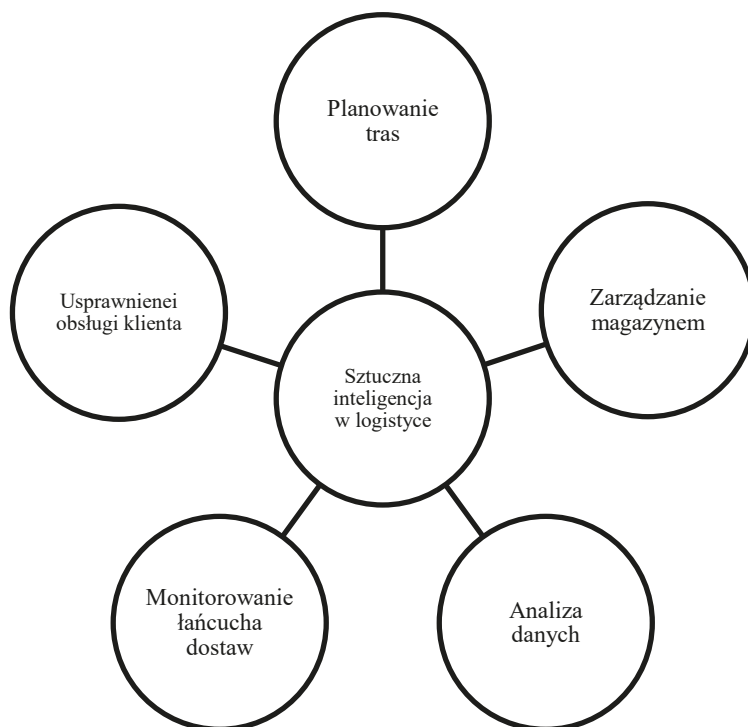
Źródło: opracowanie na podstawie (Racka, 2016; Gandomi, Haider, 2015; Kaisler i in., 2013).

Sztuczna inteligencja i big data radykalnie zmieniają oblicze logistyki w e-commerce, usprawniając jej działanie, zwiększając elastyczność oraz lepiej dostosowując ją do potrzeb klientów. Ich połączenie umożliwia bardziej efektywne zarządzanie procesami, trafniejsze prognozowanie oraz personalizację usług, co w realiach międzynarodowej rywalizacji stanowi istotną przewagę konkurencyjną. Według m.in. Chena (2012) wykorzystanie sztucznej inteligencji i big data w logistyce e-commerce pozwala firmom działać szybciej, sprawniej i bardziej zorientować się na potrzeby klientów. Dzięki temu możliwe jest dokładniejsze planowanie, automatyzacja procesów oraz lepsze dopasowanie usług, co zwiększa konkurencyjność przedsiębiorstw na globalnym rynku. Według Mroczyki (2023) nowoczesna koncepcja logistyki rozwija się wraz z rozwojem technologii informatycznych. To właśnie dzięki niej można optymalizować przepływy materialne i informacyjne, automatyzować procesy logistyczne oraz efektywnie zarządzać łańcuchem dostaw.

Firmy logistyczne mogą wykorzystywać big data oraz sztuczną inteligencję do optymalizacji swoich procesów, przewidując trendy popytu oraz efektywnie zarządzając stanami magazynowymi i trasami dostaw. Sztuczna inteligencja w logistyce oznacza zastosowanie technologii takich jak uczenie maszynowe, głębokie sieci neuronowe, analiza języka naturalnego czy robotyka w celu automatyzacji i optymalizacji działań operacyjnych.

Sztuczna inteligencja w logistyce polega na wykorzystaniu algorytmów uczenia maszynowego (ML), głębokiego czytania (Deep Learning), przetwarzania języka naturalnego (NLP) oraz robotyki do automatyzacji i optymalizacji procesów. Zastosowanie sztucznej inteligencji w logistyce obejmuje m.in. (rysunek 4.3.):

Rysunek 4.3. Obszary zastosowania sztucznej inteligencji w logistyce



Źródło: (Bukowski, 2019)

W obszarze planowania tras sztuczna inteligencja pozwala optymalizować trasy transportowe i tym samym minimalizować koszty transportu, biorąc pod uwagę takie aspekty, jak ilość złożonych zamówień, odległość czy koszty paliwa. Algorytmy sztucznej inteligencji umożliwiają dynamiczną optymalizację trasy uwzględniając w czasie rzeczywistym takie okoliczności jak chociażby kongestia czy warunki pogodowe. Przykładem przedsiębiorstwa, które planuje i optymalizuje swoje trasy, jest DHL. Działania te realizuje w oparciu o połączenia technologii i planowania strategicznego. Niezbędnym narzędziem jest zaawansowane oprogramowanie, za pomocą którego oprócz planowania tras możliwa jest analiza danych o ruchu drogowym czy optymalizacja układu magazynów.

DHL wprowadził narzędzie do zarządzania ryzykiem – DHL Resilience360. System ten umożliwia przedsiębiorstwom w czasie rzeczywistym śledzić i analizować sytuację w ich łańcuchach dostaw, uwzględniając ewentualne zagrożenia. Dzięki temu możliwe jest szybkie reagowanie na zakłócenia oraz niestabilność środowiskową czy społeczno-polityczną. Działania te mogą być zatem wyko-

rzystane jako element budowania przewagi konkurencyjnej. DHL Resilience360 umożliwia podmiotom gospodarczym identyfikację kluczowych zagrożeń w ich łańcuchu dostaw, ich wizualizację oraz budowę macierzy ryzyka w celu opracowania odpowiednich działań zapobiegawczych i naprawczych. Narzędzie to łączy informacje o klęskach żywiołowych, kradzieżach, zagrożeniach geopolitycznych i innych ryzykach z globalną siecią produkcyjną i dystrybucyjną klienta. Po zwizualizowaniu całego łańcucha wartości, system oferuje przegląd ryzyka w czasie rzeczywistym oraz wskazuje na możliwe sposoby reagowania (UD, 2014).

Kluczowa rola sztucznej inteligencji widoczna jest również w kontekście zarządzania magazynem, chociażby poprzez roboty magazynowe. Te z kolei nabywają umiejętności optymalizacji ścieżek przemieszczania się i sposobów składowania towarów. Bardziej efektywne stają się chociażby podstawowe procesy magazynowe, takie jak przyjmowanie i wydawanie towarów czy ich kompletowanie. Następnym obszarem jest analiza danych z wykorzystaniem sztucznej inteligencji w kontekście logistyki. Działania te pozwalają na identyfikację trendów i wzorców, dzięki czemu podejmowane decyzje biznesowe są dużo trafniejsze. Istotnym aspektem jest również monitorowanie łańcucha dostaw. Sztuczna inteligencja w tym zakresie umożliwia monitorowanie łańcucha dostaw w czasie rzeczywistym. Proces ten pozwala na błyskawiczną reakcję w sytuacji wystąpienia jakichkolwiek problemów.

W kontekście automatyzacji magazynów wykorzystanie sztucznej inteligencji przyczynia się do zwiększenia efektywności operacyjnej, redukcji kosztów oraz minimalizacji błędów wynikających z czynnika ludzkiego. Mówiąc o sztucznej inteligencji w magazynowaniu i logistyce, wskazać należy na liczne rozwiązania:

- zrobotyzowane systemy magazynowe (wózki AGV wykorzystują sztuczną inteligencję do autonomicznego poruszania się po magazynie, transportowania towarów czy współpracowania z pracownikami magazynowymi);
- systemy wizyjne (kamery i czujniki połączone z algorytmami rozpoznawania obrazu dokonują identyfikacji towarów oraz kontrolują jakość i wspomagają proces rozpoznawania zamówień);
- zarządzanie zapasami i optymalizacja przestrzeni magazynowej (sztuczna inteligencja analizuje dane sprzedażowe, sezonowość oraz rotację produktów, aby zoptymalizować ułożenie towarów i minimalizować czas niezbędny do ich pobrania);
- predykcja i automatyczne uzupełnianie poziomu stanów magazynowych (systemy analizują historię zamówień i przewidują zapotrzebowanie, automatyzując jednocześnie procesy zaopatrzenia);
- zarządzanie procesami i HR (sztuczna inteligencja planuje zmiany, alokuje zadania oraz monitoruje wydajność pracowników wskazując jednocześnie na możliwości optymalizacji określonych procesów).

Z praktycznego punktu widzenia warto prześledzić działalność wybranych przedsiębiorstw polskich i zagranicznych w zakresie automatyzacji magazynów z wykorzystaniem sztucznej inteligencji.

Tabela 4.2. Automatyzacja magazynów z wykorzystaniem SI – przykłady polskich firm

Firma	Technologie sztucznej inteligencji i automatyzacji	Opis zastosowania	Korzyści
InPost	Sztuczna inteligencja + IoT do planowania tras i zarządzania sortownikami	Automatyczne sortowanie przesyłek w centrach dystrybucyjnych	Szybsza dostawa, efektywniejsze wykorzystanie zasobów
Żabka	Automatyzacja i SI w centrum dystrybucyjnym, roboty AGV, predykcja sprzedaży	Centrum dystrybucyjne z robotami mobilnymi i systemami zarządzania stanami magazynowymi	Elastyczność, redukcja strat, lepsze prognozy
LPP (Reserved, Cropp)	Automatyzacja kompletacji zamówień, systemy WMS ze sztuczną inteligencją, inteligentne sortowniki	Centrum e-commerce z systemami do zarządzania ruchem towarów	Skrócenie czasu pakowania i wysyłki
Rohlig SUUS Logistics	Systemy predykcyjne i AI do zarządzania przepływami i zapasami	Automatyzacja procesów magazynowych	Skrócenie cyklu dostaw, precyzja operacyjna

Źródło: opracowanie własne na podstawie: (Żabka Polska, 2023; LPP, 2022; InPost, 2023a, 2023b)

Tabela 4.3. Automatyzacja magazynów z wykorzystaniem SI – przykłady zagranicznych firm

Firma	Technologie sztucznej inteligencji i automatyzacji	Opis zastosowania	Korzyści
Amazon	Amazon Robotics (AGV), computer vision, machine learning	Roboty transportujące regały do pracowników; predykcja popytu; analiza zachowań	Wydajność, skrócenie czasu pakowania, redukcja błędów
Walmart	Sztuczna inteligencja do predykcji popytu, zarządzania zapasami i wykrywaniem braków	Systemy predykcyjne wspierające zaopatrzenie magazynów i sklepów	Zmniejszenie braków, optymalizacja rotacji
JD.com	Pełna automatyzacja (sztuczna inteligencja + roboty AMR), zarządzanie flotą i inwentaryzacją	Autonomiczne magazyny, sztuczna inteligencja zarządzająca zapasami i przemieszaniem towarów	Minimalizacja kosztów pracy ludzkiej
Zebra Technologies	Sztuczna inteligencja do identyfikacji i analizy przepływu towarów, systemy śledzenia RFID	Analiza ścieżek towarów, predykcja braków magazynowych	Lepsza widoczność operacyjna

Źródło: opracowanie własne na podstawie: (Zebra Technologies, 2021; Amazon, 2025; Walmart, 2021; JD Logistics, 2021).

Reasumując, należy podkreślić, iż sztuczna inteligencja oraz big data rewolucjonizują logistykę e-commerce, umożliwiając tym samym automatyzację procesów, optymalizację łańcuchów dostaw i zwiększenie efektywności operacyjnej.

4.3. Internet Rzeczy i jego wpływ na zarządzanie łańcuchem dostaw

IoT to technologia stosunkowo nowa. Jest to system rozproszonych, wzajemnie powiązanych cyfrowo identyfikatorów, komunikatorów, czy sensorów wbudowanych w rzeczy lub noszonych przez osoby i zwierzęta, mogących się identyfikować i przysyłać dane przez sieć telekomunikacyjną bez potrzeby interakcji człowiek – człowiek lub człowiek – komputer (Puślecki, 2021). Według Portera i Heppelmanna (2014) zestawienie słów „Internet Rzeczy” powstało po to,

aby odwzorować sytuację, w której wzrasta liczba inteligentnych, połączonych produktów oraz aby podkreślić nowe możliwości, jakie mogą one ze sobą wnieść. Inni autorzy podkreślają, iż Internet Rzeczy to umiejscowione w maszynach i innych obiektach fizycznych sensory i urządzenia uruchamiające, których celem jest gromadzenie danych, zdalne monitorowanie oraz podejmowanie decyzji i prowadzenie procesów udoskonalenia we wszystkich obszarach działalności (Dobbs i in., 2015). Internet Rzeczy należy również postrzegać jako globalną infrastrukturę umożliwiającą zdalne monitorowanie, sterowanie i automatyzację obiektów fizycznych za pomocą internetu, z wykorzystaniem zintegrowanych technologii czujnikowych i sieciowych (Gubbi i in., 2013).

Należy zatem podkreślić, iż Internet Rzeczy to system, w którym przedmioty mogą się ze sobą komunikować za pośrednictwem człowieka lub też bez jego udziału. Według Malucha (2018) budowa narzędzi tworzących rozwiązania Internetu Rzeczy opiera się na:

- obiektach wyposażonych w sensory, czujniki czy nadajniki, które umożliwiają komunikację, odbiór poleceń oraz gromadzenie i przekazywanie informacji;
- systemach i rozwiązaniach informatycznych będących odbiornikiem zgromadzonych i przekazanych przez obiekty danych, a także miejscem ich przetwarzania i podejmowania decyzji (np. komputery przenośne, tablety, smartfony, domowe chmury obliczeniowe);
- infrastrukturze umożliwiającej komunikację, czyli przesyłanie danych między obiektami.

Aby lepiej zobrazować ideę Internetu Rzeczy w biznesie, należy wskazać na obszary, w których wspiera on działalność międzynarodową przedsiębiorstw.

Tabela 4.4. IoT w wybranych przedsiębiorstwach międzynarodowych

Nazwa firmy	Obszar użycia	Przykład
Siemens	Przemysł 4.0 / Smart Manufacturing	IoT umożliwia zdalne monitorowanie maszyn, prognozowanie awarii oraz automatyzację procesów produkcyjnych w zakładach produkcyjnych zlokalizowanych w różnych krajach. Siemens stosuje platformę o nazwie MindSphere do zbierania danych z urządzeń w fabrykach, optymalizując jednocześnie procesy i minimalizując przestoje.
Maersk	Smart Logistics	IoT zapewnia śledzenie lokalizacji, temperatury, wilgotności i stanu przesyłek w czasie rzeczywistym co jest kluczowe dla transportu międzynarodowego. Maersk, największy operator kontenerowy świata, wykorzystuje czujniki cofania IoT do monitorowania warunków przewozu (np. w chłodniach), zapewniając tym samym bezpieczeństwo przewożonego ładunku oraz zgodność z normami sanitarnymi.
Walmart	Handel detaliczny (Retail)	IoT umożliwia analizę ruchu klientów, optymalizację ekspozycji produktów, zarządzanie zapasami i personalizację oferty w czasie rzeczywistym. Walmart stosuje IoT do zarządzania temperaturą w lodówkach, śledzenia zapasów oraz automatycznego zamawiania towaru.
Tesla	Motoryzacja i mobilność (Connected Vehicles)	IoT umożliwia zdalne diagnozowanie pojazdów, aktualizacje oprogramowania, optymalizację trasy oraz zarządzanie flotą międzynarodową. Tesla stosuje IoT do przesyłania danych z samochodów użytkowników z różnych krajów – w celach diagnostycznych, aktualizacji oraz rozwijania autonomicznego prowadzenia.
Hilton Hotels	Hotele i turystyka (Smart Hospitality)	IoT umożliwia inteligentne zarządzanie pokojami, personalizację doświadczeń gości i efektywność energetyczną w hotelach działających globalnie. Hilton Hotels wdrożył rozwiązania IoT umożliwiające gościom sterowanie klimatyzacją, oświetleniem i rozrywką przez aplikację mobilną w wielu krajach.

Źródło: opracowanie własne

Internet rzeczy, usług i danych staje się obecnie infrastrukturą, która definiuje kolejną rewolucję przemysłową. IoT odgrywa coraz ważniejszą rolę w kontekście cyfrowej rewolucji przemysłowej. Integracja urządzeń, maszyn, systemów oraz ludzi w jedną, inteligentną sieć umożliwia wdrażanie nowoczesnych rozwiązań w takich obszarach jak zarządzanie procesami, produkcja, logistyka czy obsługa klienta. Dzięki temu przedsiębiorstwa mogą działać szybciej, wydajniej i bardziej elastycznie niż kiedykolwiek wcześniej.

4.4. Blockchain jako narzędzie zapewniające transparentność w e-logistyce

Kolejnym ważnym elementem współczesnych trendów technologicznych jest *blockchain*. W dobie szybko rozwijającego się e-commerce oraz globalizacji łańcuchów dostaw na znaczeniu nabiera przejrzystość i wzajemne zaufanie pomiędzy uczestnikami procesów logistycznych. Klienci oczekują bieżących informacji o lokalizacji i statusie przesyłek, natomiast firmy logistyczne muszą precyzyjnie śledzić każdy etap transportu. W tym kontekście technologia blockchain staje się przełomowym rozwiązaniem, które umożliwia bezpieczne, trwałe i przejrzyste zapisywanie informacji związanych z operacjami logistycznymi.

Technologia ta zapewnia bezpieczne i przejrzyste transakcje, co ma istotne znaczenie w biznesie międzynarodowym. Blockchain to technologia rozproszonych rejestrów danych służących do ustrukturyzowania, przechowywania i przesyłania informacji biznesowych z wykorzystaniem Internetu. Technologia ta, jak wynika z jej nazwy, jest rozproszoną strukturą danych – tzw. bloków, które są połączone w nierozzerwalny łańcuch. W tych blokach przechowywane są zakodowane informacje (Wodnicka, 2019). Według Dikarieva i Miłosza (2018) blockchain to zdecentralizowana i rozproszona baza danych w modelu *open source* w sieci o architekturze peer-to-peer bez centralnych komputerów i nieposiadająca scentralizowanego miejsca przechowywania danych.

Aby zobrazować obszary w przedsiębiorstwie, w których zastosowanie znajduje technologia blockchain, należy prześledzić działalność wybranych przedsiębiorstw międzynarodowych w tym obszarze.

Tabela 4.5. Wykorzystanie technologii blockchain w wybranych przedsiębiorstwach

Nazwa przedsiębiorstwa	Obszar zastosowania	Przykład
IBM + Maersk (TradeLens), Carrefour, De Beers	Logistyka i łańcuch dostaw	Śledzenie pochodzenia towarów (<i>traceability</i>), automatyczne rejestrowanie przepływu produktów
Ripple, JP Morgan (JPM Coin), Circle	Finanse	Płatności transgraniczne, inteligentne kontrakty, tokenizacja aktywów
we.trade (blockchain platforma banków europejskich)	Handel międzynarodowy	Automatyzacja umów handlowych za pomocą smart kontraktów
LVMH (Aura Blockchain), Prada, Cartier	Luksus i moda	Auentykacja produktów premium (NFT, tagi blockchainowe)
Walmart + IBM, Nestlé	Rolnictwo i żywność	Rejestrowanie całego łańcucha od pola do sklepu
Sovrin Foundation, Microsoft ION	Zarządzanie danymi osobowymi	Zdecentralizowane tożsamości cyfrowe (Self Sovereign Identity)

Źródło: opracowanie własne

Jak wynika z powyższego, zastosowanie technologii blockchain w różnych obszarach działalności przedsiębiorstw międzynarodowych może korelować z poprawą efektywności, obniżeniem kosztów przetwarzania, bezpieczeństwem transakcji i produktów, poprawą jakości danych, zwiększeniem satysfakcji klienta oraz większym zaufaniem do marki. O ile technologia blockchain według Öztürk i Yildizbaşı (2020) jest innowacją rozpatrywaną w głównej mierze z punktu widzenia transakcji finansowych, jej stosowanie daje wiele możliwości i korzyści w zakresie logistyki. Często technologia ta pozwala na redukcję kosztów.

Korzyści wynikające z zastosowania technologii blockchain w zarządzaniu łańcuchami dostaw, szeroko omawiane w literaturze naukowej, koncentrują się wokół czterech kluczowych kategorii: zwiększenia transparentności i możliwości śledzenia przepływu towarów, intensyfikacji zaangażowania oraz współpracy interesariuszy, cyfrowej integracji procesów logistycznych, a także rozwoju wspólnych, zdecentralizowanych platform handlowych (Saber i in., 2019; Chang i Chen, 2020). W oparciu o klasyfikację zaproponowaną przez OECD technologia blockchain znajduje zastosowanie przede wszystkim w trzech podstawowych ob-

szarach funkcjonalnych: obsłudze transakcji finansowych, systemach rejestracji i uwierzytelniania danych, a także w implementacji tzw. inteligentnych kontraktów, umożliwiających automatyzację warunków umownych (OECD, 2018).

W logistyce e-commerce blockchain wykorzystuje się m.in. do:

- weryfikacji pochodzenia towarów;
- monitorowania warunków transportu (np. w zakresie temperatury);
- rejestracji zmian statusu przesyłki;
- automatyzacji procesów poprzez smart contracts.

To właśnie dzięki technologii blockchain w e-logistyce możliwa jest niezmiennosc danych (raz zapisane informacje nie mogą ulec zmodyfikowaniu), transparentność łańcucha dostaw (każdy uczestnik ma wgląd w pełną historię przesyłki), szybsze rozliczenia i automatyzacja (automatyczne płatności po dostawie), redukcja błędów czy większe zaufanie do klienta (możliwość śledzenia drogi towaru).

Ze względu na fakt, iż sieci blockchain posiadają konstrukcję systemów rozproszonych, wykazują odporność na modyfikacje i w związku z tym odgrywają istotną rolę w łańcuchach dostaw. Współcześnie kooperuje ze sobą wiele ogniw łańcucha dostaw, są to firmy oraz instytucje. Wykorzystanie technologii blockchain umożliwi rejestrowanie informacji w zakresie położenia (lokalizacji) oraz przynależności materiałów i produktów. Każde ogniwo łańcucha dostaw ma możliwość nadzorowania i przemieszczania się towarów pomiędzy poszczególnymi przedsiębiorstwami. Ze względu na fakt, iż w systemie blockchain nie ma możliwości modyfikacji danych, nie ma wątpliwości co do tego, która strona jest odpowiedzialna w przypadku niepowodzenia. Podjęcie tych działań pozwala na zapewnienie przejrzystości łańcucha dostaw, co z kolei może być istotne w kontekście efektywnego zarządzania produktami. Niewątpliwie pozwoli to na zwiększenie zaufania wśród klientów poprzez wykazanie autentyczności produktów oraz śledzenia ich historii.

Technologia blockchain zapewnia zatem przejrzystość i bezpieczeństwo transakcji. Współcześnie kluczową rolę odgrywają tzw. smart contracts³ w zarządzaniu łańcuchem dostaw. Dzięki temu rozwiązaniu możliwe jest zautomatyzowanie szeregu operacji, eliminując jednocześnie błędy ludzkie. Kluczowym zadaniem inteligentnych kontraktów jest nadzorowanie stanu towarów w czasie rzeczywistym.

Podczas wdrażania technologii blockchain w łańcuchu dostaw należy uwzględnić następujące etapy:

³ Inteligentne kontrakty (smart contracts) to zautomatyzowane mechanizmy zapisane w technologii blockchain. Umożliwiają one samodzielne wykonanie zapisanych w nich warunków bez konieczności angażowania stron trzecich. W obszarze zarządzania łańcuchem dostaw stanowią one innowacyjne rozwiązanie, które ma na celu zwiększeniu poziomu automatyzacji procesów, poprawienie transparentności działań oraz zwiększenie efektywności (Saber i in., 2019).

Rysunek 4.4. Etapy wdrażania technologii blockchain w łańcuchu dostaw



Źródło: opracowanie własne

Wdrożenie technologii blockchain w strukturze łańcucha dostaw, mimo iż wiąże się z określonymi wyzwaniami technologicznymi i organizacyjnymi, może przynieść przedsiębiorstwom wiele realnych korzyści. Poprzez zwiększenie transparentności, wzmocnienie bezpieczeństwa danych oraz usprawnienie operacji logistycznych możliwe staje się nie tylko bardziej efektywne zarządzanie przepływem dóbr i informacji, ale również budowanie silniejszych relacji opartych na zaufaniu z klientami i partnerami biznesowymi.

Analizując rolę i możliwości zastosowania technologii blockchain, wskazać należy na bariery zastosowania w łańcuchu dostaw (Brzeziński, 2020).

Tabela 4.6. Wybrane bariery w stosowaniu technologii blockchain w łańcuchu dostaw

Bariery organizacyjne	Bariery związane z łańcuchem dostaw
a) brak specyficznej wiedzy w zakresie technologii b) brak instrumentów do wdrażania technologii, c) brak danych.	a) brak świadomości lub niewielka wiedza klientów w zakresie technologii blockchain, b) brak kooperacji partnerów w łańcuchu dostaw, c) brak koordynacji partnerów łańcucha dostaw.
Bariery technologiczne	Bariery zewnętrzne
a) niedojrzałość technologii, b) ograniczona infrastruktura IT, c) obawy w zakresie bezpieczeństwa.	a) niepewność rynku związana z wykorzystaniem technologii blockchain, b) brak zaangażowania branży we wdrażanie technologii blockchain.

Źródło: (Brzeziński, 2020)

Technologia blockchain znajduje coraz szersze zastosowanie w logistyce i zarządzaniu łańcuchem dostaw, dostarczając korzyści w zakresie transparentności, bezpieczeństwa, automatyzacji i współpracy między partnerami. Blockchain umożliwia dokładne monitorowanie pochodzenia produktów, automatyzację działań operacyjnych za pomocą inteligentnych kontraktów oraz budowanie wzajemnego zaufania między uczestnikami bez konieczności angażowania pośredników. Jej zastosowanie przekłada się na obniżenie kosztów, lepszy przepływ informacji oraz wyższy poziom bezpieczeństwa procesów logistycznych.

4.5. Robotyzacja magazynów – aspekty teoretyczne i praktyczne

Robotyzacja magazynów dotyczy wdrażania zaawansowanych, zautomatyzowanych urządzeń i systemów w przestrzeniach magazynowych. Celem tego działania jest optymalizacja procesów logistycznych poprzez zwiększenie efektywności operacyjnej oraz poprawa warunków bezpieczeństwa pracy. Proces ten stanowi istotny element Przemysłu 4.0, który łączy technologie cyfrowe z tradycyjnymi procesami produkcyjnymi i logistycznymi. Wdrożenie robotyzacji wpisuje się w szersze ramy transformacji cyfrowej łańcuchów dostaw, co niewątpliwie sprzyja automatyzacji oraz inteligentnemu zarządzaniu przepływem materiałów i informacji w przedsiębiorstwie (Wang i in., 2016). Natomiast robotem nazywać należy maszynowo napędzane urządzenie, które dysponuje pewnym stopniem autonomii, działa fizycznie w określonym otoczeniu i realizuje przypisane mu zadania. Postępy w dziedzinie mechatroniki, techniki regulacji, elektrotechniki, a przede wszystkim sztucznej inteligencji i uczenia maszynowego, pozwalają tzw. autonomicznym robotom na postrzeganie otoczenia oraz interaktywną i bieżącą adaptację ich zachowań. Działają one jako systemy „percepcji – działania – uczenia się”, które nie wymagają stałego nadzoru ze strony człowieka. Dzięki temu nowoczesne roboty mogą stanowić niezawodne wsparcie nie tylko w środowisku przemysłowym, ale również poza nim (Habib, 2020).

Robotyzacja magazynu obejmuje przede wszystkim roboty mobilne (*AMR – Autonomus Mobile Robots*), które przemieszczają się samodzielnie po magazynie transportując towary do pracowników lub innych stanowisk kompletacyjnych; systemy AS/RS (*Automated Storage and Retrieval Systems*), które jako automatyczne systemy składują i pobierają towar zazwyczaj z magazynów wysokiego składowania; roboty współpracujące (określane mianem *coboty*), które wspierają pracowników przy powtarzających się lub ciężkich czynnościach; drony magazynowe, które wykorzystuje się do procesów inwentaryzacji oraz kontroli zapasów, szczególnie w miejscach, które są niedostępne dla człowieka w kontakcie wzrokowym oraz roboty wykorzystujące sztuczną inteligencję i systemy wizyjne.

Rozwój robotów mobilnych AGV oraz AMR znacząco wpłynął na sposób realizacji zamówień w handlu elektronicznym. Współczesny handel elektroniczny

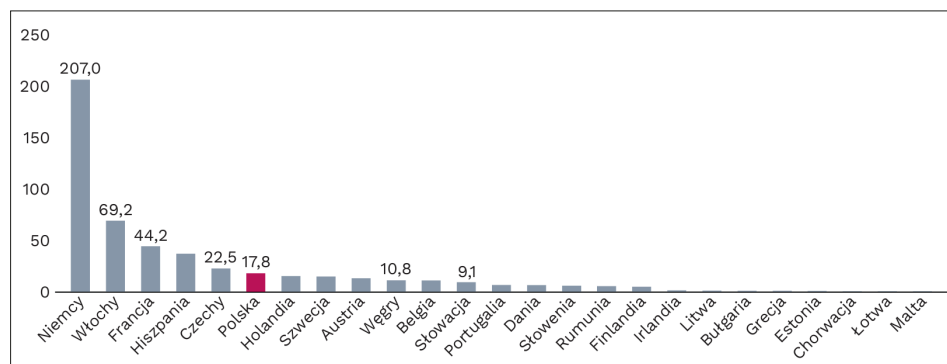
przekształcił się w nowe narzędzie sprzedaży i marketingu, które stanowi platformę umożliwiającą przedsiębiorstwom oferowanie swoich produktów i usług do szerszego grona odbiorców (Kawa, 2017). Robotyzacja magazynów staje się istotna w wielu przedsiębiorstwach światowych, w tym w polskich. Pozwala ona pośrednio uzyskać korzyści skali i optymalizować działania w magazynie. Jedną z polskich firm, która wprowadziła do swojego zakładu robotyzację, jest firma LPP Logistics, która w przedsiębiorstwie odpowiedzialna jest za logistykę Grupy LPP⁴. W 2024 roku uruchomiony został obiekt magazynowy o powierzchni 100 tys. m² i wyposażony w zaawansowane technologie automatyczne oraz rozwiązania oparte na sztucznej inteligencji (www.fabrykiwpolisce.pl, 2025). Firma zakłada, iż ten obiekt będzie jednym z najbardziej zrobotyzowanych magazynów z sektorze odzieżowym w Europie, w którym zaangażowanych zostanie ponad 1400 robotów z wydajnością składowania nawet 16 milionów sztuk asortymentu (www.lpplogistics.com, 2025). Kolejnym przykładem jest przedsiębiorstwo z branży obuwniczej CCC S.A., które również w 2024 roku rozpoczęło budowę dla sieci HalfPrice nowego centrum logistycznego. Zgodnie z treścią raportu finansowego grupy kapitałowej za okres 1.02.2024-31.02.2025 r. w centrum zastosowane znajdują zaawansowane technologicznie systemy, które będą wykorzystywały roboty i układy do automatyzacji procesów magazynowych. Należy podkreślić, iż centralnym ogniwem centrum będzie sorter bazujący na automatycznych robotach. Wykorzystując technologię laserową, sensoryki i oprogramowanie przetwarzające duże ilości danych, sorter zautomatyzuje proces wytwórczy pojemników wysyłkowych do docelowego sklepu (Raport finansowy grupy kapitałowej CCC, 2025). Podobne rozwiązania wprowadziły firmy Allegro oraz Empik.com. Allegro wybudowało nowe, zautomatyzowane centrum logistyczne, w którym wdrożono roboty oraz automatyczną sortownię paczek oraz zaawansowany system WMS, co niewątpliwie wpłynęło na zwiększenie przepustowości magazynu. Z kolei Empik.com uruchomił automatyczne linie sortujące oraz roboty AGV w swoim centrum logistycznym, co pozwoliło na szybsze i bardziej efektywne kompletowanie zamówień internetowych. Zaawansowane systemy z zakresu automatyzacji magazynu wprowadziło również przedsiębiorstwo Kramp⁵. W magazynie tej firmy funkcjonuje flota 80 wózków widłowych z autopilotem indukcyjnym. Pozwala ona na eliminację konieczności ręcznego prowadzenia wózków. W tym przypadku operator steruje tylko przód/tył oraz podnosi ładunek. Rozwiązanie to pozwoliło o 40% zwiększyć wskaźnik zagęszczenia palet, co przełożyło się na wyższą efektywność składowania i zredukowało koszty operacyjne (www.kramp.com, 2025).

⁴ Grupa LPP to polska firma odzieżowa zarządzająca markami, takimi jak Reserved, Cropp, House, Mohito oraz Sinsay. Zajmuje się projektowaniem, produkcją oraz dystrybucją odzieży, również w obszarze e-commerce.

⁵ Kramp to europejski lider w dostarczaniu części zamiennych, akcesoriów i rozwiązań technicznych dla sektora rolniczego, ogrodniczego, leśnego oraz budowlanego.

Analizując poziom robotyzacji w Unii Europejskiej, warto wskazać, iż liderem pod kątem liczby zainstalowanych robotów w przetwórstwie przemysłowym są Niemcy. Posiadali one w 2022 r. 207 tys. robotów przemysłowych. Na drugim i trzecim miejscu znalazły się kolejno Włochy i Francja (69 tys. i 44,2 tys. zainstalowanych robotów). W 2022 r. Polska zajmowała 6. miejsce w kontekście liczby robotów używanych w przetwórstwie przemysłowym w krajach UE (rysunek 4.5).

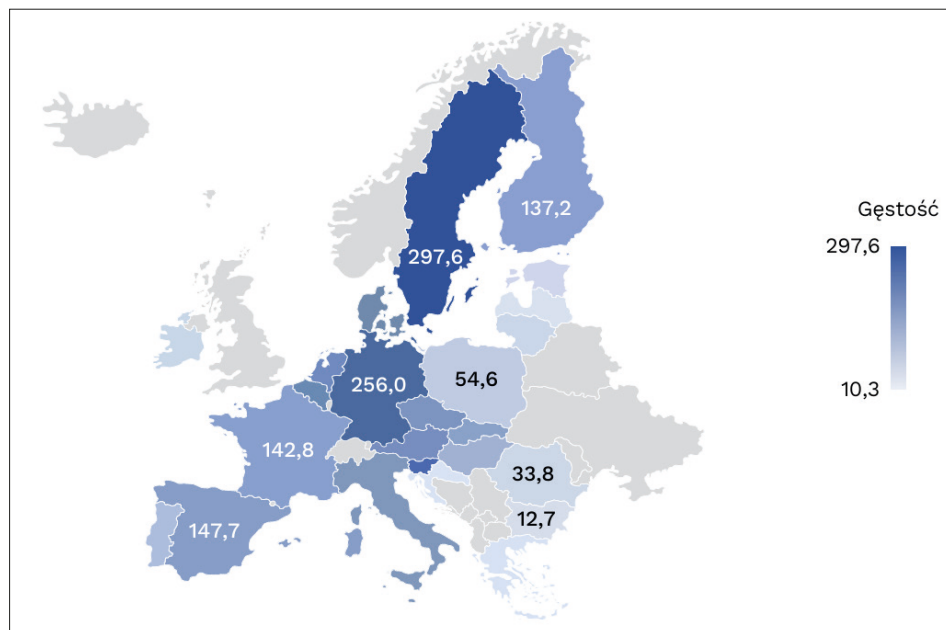
Rysunek 4.5. Liczba robotów wykorzystywanych w przetwórstwie przemysłowym w krajach UE w 2022 r. (w tys.)



Źródło: (Leśniewicz, 2024)

Leśniewicz (2024) w raporcie na temat robotyzacji w Polsce wskazuje głównie na sektor przemysłowy, który jest głównym beneficjentem robotów i wskazuje na gęstość robotyzacji odpowiadającą liczbie robotów w przeliczeniu na 10 tys. pracowników. Gęstość ta przedstawia się w odniesieniu do wybranych krajów UE następująco:

Rysunek 4.6. Gęstość robotyzacji wyrażona liczbą robotów na 10 tys. pracowników przetwórstwa przemysłowego

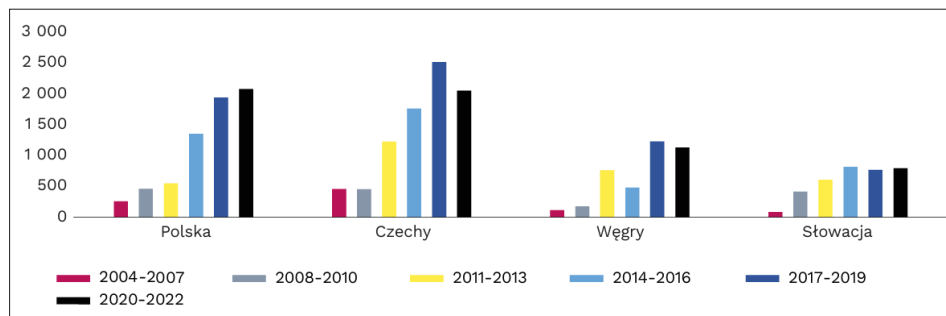


Źródło: (Leśniewicz, 2024)

W 2022 roku największe nasycenie robotami przemysłowymi wśród krajów UE odnotowano w Szwecji, gdzie na każde 10 tysięcy pracowników przemysłu przypadało średnio 297,6 robotów. Wysokie wskaźniki robotyzacji występowały również w Słowenii (258,4) i Niemczech (256). Dla porównania w Polsce współczynnik ten wyniósł zaledwie 54,6, co oznacza wyraźnie niższy poziom automatyzacji niż w większości państw regionu. Polska znacząco odbiega od liderów w zakresie gęstości robotyzacji. Państwa o wyższej gęstości robotyzacji często cechuje większa produktywność i konkurencyjność przemysłu. Niska automatyzacja z kolei może wskazywać na większą zależność od pracy fizycznej i wolniejsze wdrażanie nowoczesnych technologii.

Warto również wskazać na średnią roczną liczbę robotów instalowanych w krajach o porównywalnym wskaźniku rozwoju do Polski i należących do Grupy Wyszehradzkiej (rysunek 4.7).

Rysunek 4.7. Średnia roczna liczba robotów instalowanych w krajach Grupy Wyszehradzkiej w latach 2004-2022 w sektorze przetwórstwa przemysłowego



Źródło: (Leśniewicz, 2024)

Grupa Wyszehradzka, w skład której wchodzi Polska, Czechy, Słowacja i Węgry, jest istotnym ośrodkiem przemysłowym Europy Środkowej. Choć państwa te łączy wspólna przeszłość oraz podobne uwarunkowania ekonomiczne, to poziom wdrożenia robotyzacji w sektorze przetwórstwa przemysłowego wykazuje między nimi zauważalne różnice.

Gęstość robotyzacji w tych krajach w przeliczeniu na liczbę robotów na 10 tys. pracowników kształtowała się w 2022 r. na następującym poziomie:

Tabela 4.7. Gęstość robotyzacji w krajach Grupy Wyszehradzkiej w 2022 r.

Kraj	Gęstość robotyzacji
Czechy	165,9
Słowacja	146,5
Węgry	109,5
Polska	54,6

Źródło: (Leśniewicz, 2024)

Należy podkreślić, iż te różnice wynikają chociażby ze struktury przemysłu. Polska gospodarka w dużej mierze opiera się na montażu i pracochłonnych sektorach, w których nie zawsze można wykorzystać roboty. Inaczej kształtuje się to w Czechach lub na Słowacji, gdyż dominuje tam wysoko zautomatyzowany przemysł motoryzacyjny. W Polsce widoczny jest również niższy poziom inwe-

stycji w automatyzację. Szczególnie w sektorze MŚP polskie przedsiębiorstwa częściej wybierają tańszą siłę roboczą aniżeli inwestycje w robotyzację. W Czechach i na Słowacji, ze względu na wysoki udział inwestycji oraz zależność od zagranicznych koncernów motoryzacyjnych, widoczna jest wysoka gęstość robotyzacji, gdyż wraz z transferem kapitału przekazywany jest know-how.

4.6. System zarządzania magazynem (WMS) w e-commerce

W obecnych czasach trudno znaleźć przedsiębiorstwo, handlowe, produkcyjne czy usługowe, które nie wykorzystywałoby do prowadzenia ewidencji magazynowych zintegrowanych systemów informatycznych, a więc systemów klasy WMS (Warehouse Management System), które pozwalają na zarządzanie magazynem. W sektorze e-commerce, gdzie kluczowe znaczenie mają szybkość dostaw i precyzja operacyjna, system zarządzania magazynem (WMS – Warehouse Management System) pełni kluczową funkcję w optymalizacji procesów logistycznych i zapewnieniu ich płynności.

System WMS to zaawansowane narzędzie informatyczne wspierające kompleksowe zarządzanie procesami magazynowymi – począwszy od przyjęcia towarów, poprzez ich lokalizację i przechowywanie, aż po kompletację zamówień i wysyłkę do klientów. Dzięki pracy w czasie rzeczywistym WMS zapewnia pełną kontrolę nad stanami magazynowymi oraz automatyzuje i usprawnia działania logistyczne, zwiększając efektywność i dokładność operacji (Richards, 2017). Według Miszewskiego (2019) WMS pozwala określić strukturę magazynu, tzn. wyznaczyć jego sektory oraz wskazać, gdzie się one znajdują. System ten wspomaga takie czynności magazynowe, jak operacje przyjęć i wydań oraz umożliwia śledzenie i identyfikowanie towaru. Zastosowanie tego systemu umożliwia efektywniejsze zarządzanie dostępną powierzchnią magazynową oraz redukuje udział pracy człowieka w całym procesie magazynowania do niezbędnego minimum. Według Urbasa i in. (2011) właściwie zaprojektowany magazynowy system informatyczny powinien uwzględniać możliwość realizowania całego zakresu operacji i czynności występujących w magazynie. System klasy WMS określany jest jako program, który pozwala zarządzać przepływami i ruchem w magazynie. Pozwala on na koordynowanie prac magazynowych i tym samym usprawnia procesy (Łazicki i in., 2016) Nadrzędnym celem systemów klasy WMS jest wspomaganie zarządzania sferą operacyjną powiązaną z przepływami towarów w obszarze magazynów. Standardowy model systemu WMS dotyczy kompleksowej obsługi strumieni przepływu materiałów, począwszy od wejścia towaru do magazynu, poprzez składowanie, jego kompletowanie, a skończywszy na wyjściu towaru z magazynu. Przez cały czas realizacji procesów logistycznych w magazynach system WMS powinien weryfikować poprawność wykonywanych zadań (Jonak, Nieoczym, 2014).

Technologia RFID (Radio-Frequency Identification) znajduje coraz szersze zastosowanie w zarządzaniu procesami magazynowymi, szczególnie w kontekście integracji z systemami WMS. Jest to nowoczesna forma automatycznej identyfikacji obiektów z wykorzystaniem fal radiowych, umożliwiająca bezprzewodowe przesyłanie i odczytywanie danych bez konieczności bezpośredniego kontaktu czy manualnej ingerencji (Sun, 2012). Systemy RFID opierają się na współpracy specjalnych czytników z elektronicznymi znacznikami (tagami), które mogą być umieszczane zarówno na pojedynczych produktach, jak i na opakowaniach zbiorczych, co znacząco usprawnia identyfikację, kontrolę stanów magazynowych oraz śledzenie przepływu towarów w czasie rzeczywistym (Sosnowski, 2017, s. 106).

W zarządzaniu magazynem powszechnie wykorzystywane są również kody kreskowe, definiowane jako układ ciemnych i jasnych linii o zróżnicowanej szerokości, reprezentujących określone znaki, które mogą być odczytywane automatycznie przez urządzenia optyczne (Janiak, 2000). Współczesne kody kreskowe, w związku z rosnącą potrzebą przekazywania większej ilości informacji, przybierają coraz bardziej zróżnicowane formy, nie zawsze ograniczając się do tradycyjnych, równoległych linii. Aby możliwy był skuteczny odczyt tych kodów, niezbędna jest kompatybilność pomiędzy urządzeniami drukującymi i skanującymi. Kluczowym komponentem nowoczesnych zintegrowanych systemów informatycznych wspierających logistykę magazynową jest również technologia elektronicznej wymiany danych (EDI). Jej głównym celem jest eliminacja wielokrotnego, ręcznego przetwarzania danych oraz zwiększenie precyzji i efektywności wymiany informacji poprzez integrację systemów informatycznych różnych podmiotów (Bendkowski, Kramarz, 2006).

Wdrażanie systemu WMS w magazynie to proces wymagający starannego przygotowania i analizy. Kluczowym elementem projektu implementacyjnego powinna być dokładna ocena dotychczasowych operacji magazynowych, zwłaszcza pod kątem możliwości zastosowania technologii automatycznej identyfikacji. Istotne jest również zaprojektowanie odpowiednich oznaczeń w formie kodów kreskowych dla wszystkich lokalizacji magazynowych oraz dla opakowań jednostkowych i zbiorczych. Etap ten stanowi fundament pierwszej fazy wdrażania systemu WMS (Majewski, 2016).

System WMS umożliwia bardziej efektywne zarządzanie przepływem informacji i lepszą koordynację operacji magazynowych. Korzyści płynące z jego zastosowania obejmują m.in.:

- bieżące monitorowanie poziomu zapasów;
- poprawę efektywności pracy;
- ograniczenie liczby błędów podczas kompletacji zamówień;
- możliwość automatycznego uzupełniania stanów magazynowych;
- precyzyjne określenie dostępności towarów;
- zwiększenie elastyczności operacyjnej;
- zdalny dostęp do danych;
- wyższy poziom obsługi klienta.

Automatyzacja operacji magazynowych, zwłaszcza w zakresie kompletacji zamówień, zyskuje na znaczeniu. Celem tych rozwiązań jest częściowe lub całkowite zastąpienie pracownika w takich zadaniach jak kompletowanie palet, ich pakowanie, etykietowanie oraz transportowanie do odpowiedniej lokalizacji magazynowej lub strefy wysyłki. Zastosowanie zaawansowanych systemów informatycznych w logistyce i gospodarce magazynowej przyczynia się do zwiększenia efektywności operacyjnej, redukcji kosztów związanych z eksploatacją floty transportowej oraz zapewnia większą elastyczność w zarządzaniu przepływem towarów w ramach łańcucha dostaw (Rogaczewski, 2021). Pełna automatyzacja procesów magazynowych nie jest jednak jedynym możliwym rozwiązaniem kwestii automatyzacji procesów magazynowych. W magazynach, w których jednak praca człowieka jest nieodzowna, wprowadza się szereg systemów, które wspomagają pracę ludzką. Pozwala to ograniczyć ilość popełnianych błędów oraz wykorzystać naturalne zdolności manualne ludzi oraz ich inteligencję, która w odniesieniu do sztucznej inteligencji potrafi reagować na sytuacje nieprzewidywalne (Miszewski, 2019). Przykładem takich rozwiązań są chociażby systemy kompletacji takie jak: Pick-By-Point, Pick-By-Light czy Pick-By-Voice.

W kontekście zastosowania systemów WMS w e-commerce warto przedstawić wybrane rozwiązania przedsiębiorstw z tej branży. Jednym z przedsiębiorstw stosujących np. zaawansowaną integrację WMS z robotyką, jest Amazon. Przedsiębiorstwo to wykorzystuje własny system WMS, który jest zintegrowany z robotami Kiva. Roboty te automatycznie transportują regały do stanowisk kompletacyjnych. Dostarczanie regałów do pracowników pozwala przede wszystkim na brak konieczności przemieszczania się pracowników, stanowi oszczędność czasu oraz zwiększa wydajność i eliminuje liczbę błędów. Również w Zalando w centrach dystrybucji system WMS dokonuje analizy danych w czasie rzeczywistym, zarządzając lokalizacją towarów, kolejnością zamówień i optymalizując ścieżki kompletacyjne. Umożliwia to przede wszystkim skrócenie czasu dostawy, redukcję błędów w procesie kompletacji oraz wyższą elastyczność w przypadku zamówień dużych ilości. System WMS dla przykładu w firmie eObuwie współpracuje z automatycznym magazynem AutoStore. Magazyn ten umożliwia zautomatyzowane przechowywanie i wydawanie towarów. Wdrożenie tego systemu pozwoliło na skrócenie czasu kompletacji oraz oszczędność miejsca. Allegro z kolei korzysta z własnego systemu WMS w magazynach One Fulfillment, który dokonuje automatycznego sortowania oraz w czasie rzeczywistym kontroluje zapasy.

Rozdział 5.

Zrównoważona logistyka w e-commerce

Zrównoważona logistyka to współcześnie ważny aspekt w zarządzaniu przedsiębiorstwami. Skupia się ona w głównej mierze na procesach związanych z opracowywaniem i wdrażaniem nowoczesnych technologii i rozwiązań logistycznych, które niwelują problemy organizacyjne i ekonomiczne w ramach działalności gospodarczej, a jednocześnie noszą miano przyjaznych dla środowiska.

Zrównoważona logistyka w e-commerce to podejście do zarządzania łańcuchem dostaw i procesami logistycznymi w handlu internetowym. Ma ono na celu minimalizację negatywnego oddziaływania na środowisko przy jednoczesnym zachowaniu efektywności operacyjnej i wysokiej jakości obsługi klienta (Kawa, Pierański, 2022).

Zrównoważona logistyka w handlu zagranicznym obejmuje przede wszystkim optymalizację tras dostaw (planowanie tras przejazdu w sposób, który pozwoli obniżyć zużycie paliwa oraz zredukować ilość przejechanych kilometrów); wykorzystywanie ekologicznych środków transportu (pojazdy elektryczne czy inwestycje w transport intermodalny); minimalizację opakowań (stosowanie materiałów z recyklingu, biodegradowalnych czy też opakowań wielokrotnego użytku); konsolidację zamówień (łącznie przesyłek, aby zmniejszyć częstotliwość transportu); logistykę zwrotną (ekologiczne zarządzanie zwrotami i recyklingiem produktów) (Thomas i in., 2023).

Według Kawy (2023) zrównoważona logistyka w e-commerce jest koncepcją opartą na równoważeniu aspektów ekonomicznych, środowiskowych oraz społecznych działalności logistycznej. Wymiar środowiskowy koncentruje się na ograniczaniu negatywnego wpływu procesów logistycznych w e-commerce, w szczególności poprzez redukcję emisji gazów cieplarnianych oraz zmniejszenie zanieczyszczeń generowanych przez transport i opakowania. Wymiar społeczny odnosi się natomiast do warunków pracy, rozwoju kompetencji pracowników, poszanowania praw człowieka oraz wpływu handlu elektronicznego na społeczeństwo. Wymiar ekonomiczny obejmuje efektywność kosztową, jakość i terminowość realizacji zamówień oraz zdolność przedsiębiorstw do generowania zysków przy jednoczesnym uwzględnianiu aspektów środowiskowych i społecznych.

5.1. Ekologiczne strategie logistyczne

Przedsiębiorstwa funkcjonują w warunkach ciągłych zmian makroekonomicznych, które wymagają nieustannego dostosowywania się do obowiązujących norm, przy jednoczesnym utrzymaniu konkurencyjnej pozycji rynkowej. Orga-

nizacje muszą równoważyć rosnące oczekiwania społeczne z intensywną presją konkurencyjną, skłaniającą kadrę zarządzającą do systematycznej modernizacji oraz wdrażania rozwiązań cyfrowych. W konsekwencji przedsiębiorstwa dążą do aktywnego udziału w rozwoju technologii, aby nie pozostawać w tyle względem innych podmiotów działających w tej samej branży (Grynia, 2022). Współczesna logistyka obejmuje wszystkie działania związane z planowaniem, organizowaniem, realizacją i kontrolą przepływu materiałów i informacji, zarówno wewnątrz, jak i między firmami. Strategia logistyczna określana jest mianem strategii funkcjonalnej, która jest kompozycją długookresowych, skoordynowanych wewnętrznie i zewnętrznie decyzji i działań w zakresie lokalizacji, transportu, magazynowania, kształtowania i kontroli zapasów oraz obsługi nabywców, służących osiągnięciu przewagi konkurencyjnej (Witkowski, 1995). Wyodrębnienie strategii logistycznej jest dość trudnym zadaniem, gdyż problemy logistyczne, występujące w łańcuchu dostaw, mają charakter złożony i zależą od wielu czynników.

Strategia logistyczna stanowi podstawę do projektowania i zarządzania systemem logistycznym oraz procesami w nim zachodzącymi (Delfmann, 1990). Można zatem dokonać zasadniczego rozróżnienia pomiędzy planowaniem strukturalnym logistyki a planowaniem procesów (Delfmann, Reihlen, 2002). Decyzje strukturalne wpływają na konfigurację sieci logistycznej, wyznaczając tym samym kierunek późniejszego świadczenia usług w obszarze logistyki. Dość często wymagają one określonych nakładów kapitałowych i z tego też powodu noszą miano długofalowych i nieodwracalnych. Z kolei planowanie procesów dotyczy koordynacji wszystkich procesów transportu, obsługi i magazynowania, które następnie odbywają się w sieci, łącząc ze sobą przestrzeń i czas (Delfmann, Reihlen, 2002).

Poprzez swoją strategię logistyczną przedsiębiorstwo ma możliwość określenia, jakie strategiczne rozwiązania logistyczne zastosuje do potencjalnie zupełnie odmiennych kombinacji produkt-rynek oraz jakie priorytety dla usług zaoferuje swoim klientom (Schulte, 1999). Według Ciesielskiego (1999) współcześnie strategię logistyczną należy traktować jako rozwinięcie strategii konkurencyjnej. Stopień, w jakim logistyka zostanie ostatecznie uwzględniona w planowaniu strategii konkurencyjnej, zależy od branży i od przedsiębiorstwa. Według Weber i Kummer (1998) znaczenie logistyki w strategii konkurencyjnej można indywidualnie określić poprzez strukturyzację działań logistycznych, wykorzystując do tego kryteria atrakcyjności logistycznej i kompetencji logistycznych. Zdolność przedsiębiorstwa do zaplanowania i implementacji właściwej koncepcji logistycznej jest oceniana na podstawie kompetencji logistycznych.

Współcześnie szczególnie ważne są kwestie ekologiczne w logistyce. Stanowią one ważne ogniwo zrównoważonego rozwoju. Ekologia w logistyce powinna zapobiegać negatywnym skutkom funkcjonowania systemów logistycznych głównie w obszarze produkcji, transportu czy magazynowania dóbr (Korzeń, 2001). Konsumenci dokonują zakupu w sklepach, które troszczą się o środowisko, a kwestia ekologii w logistyce staje się ważnym aspektem w przypadku budowania

pozytywnego wizerunku marki. Przedsiębiorstwa, również te realizujące sprzedaż w ramach e-commerce, generują ogromne ilości odpadów czy emitują dwutlenek węgla. Świadomość klientów powoduje, iż wybierają oni marki, które działają zgodnie z zasadami ekologii.

Coraz częściej przedsiębiorstwa realizują zasady zielonej logistyki, a więc podejmują działania, które mają na celu integrację aspektów ekologicznych z procesami logistycznymi, takimi jak transport, magazynowanie i zarządzanie odpadami. Wykonywanie działalności gospodarczej zgodnie z zasadami zielonej logistyki to sposób na budowanie lojalności klientów, ale również wpisywanie się w rosnące wymagania prawno-społeczne.

Według Phama i in. (2023) zielonej logistyki nie należy traktować jako pojęcia wyłączenie naukowego lub ekonomicznego. Stanowi ona kolejny etap w rozwoju logistyki przedsiębiorstw. Według Ingaldi i Klimeckiej-Tatar (2020) umiejętność wdrażania i zarządzania zieloną logistyką zapewnia przedsiębiorstwom (np. transportowym) przewagę konkurencyjną, jednocześnie wskazując na strategiczną wizję podmiotu. Abstrahując od poprawy aspektów ekonomicznych i środowiskowych działalności przedsiębiorstw, zielona logistyka również w sposób pozytywny oddziałuje na państwo i społeczeństwo. Ważnym obszarem jest też ochrona środowiska, realizowana poprzez zastosowanie nowoczesnych rozwiązań z emisjami w transporcie i magazynowaniu.

Analiza dostępnych źródeł literaturowych pozwala na wyodrębnienie siedmiu kluczowych elementów tworzących podstawę omawianej koncepcji. Elementy te stanowią wzajemnie powiązane filary, na których opiera się zielona logistyka, łącząc działania logistyczne z realizacją celów środowiskowych. W literaturze przedmiotu autorzy zazwyczaj skupiają się na wybranych aspektach tych filarów, akcentując ich rolę w ograniczaniu negatywnego oddziaływania procesów logistycznych na środowisko. Zbiorcze ujęcie omawianych elementów zaprezentowano w tabeli 5.1.

Tabela 5.1. Filary zielonej logistyki

Filar zielonej logistyki	Opis
Efektywność energetyczna	Racjonalizacja zużycia energii w całym łańcuchu dostaw poprzez wdrażanie energooszczędnych rozwiązań transportowych, technologicznych oraz infrastrukturalnych.
Transport niskoemisyjny	Wykorzystanie środków transportu o ograniczonej emisji zanieczyszczeń, w tym pojazdów elektrycznych i hybrydowych, a także zwiększanie udziału transportu kolejowego i wodnego.
Optymalizacja łańcucha dostaw	Redukcja liczby przewozów oraz skracanie tras transportowych dzięki zastosowaniu nowoczesnych systemów planowania i zarządzania logistyką
Ekologiczne opakowania	Stosowanie opakowań przyjaznych środowisku, w tym materiałów biodegradowalnych i pochodzących z recyklingu, w celu ograniczenia zużycia surowców i ilości odpadów.
Zarządzanie odpadami	Organizacja procesów związanych z minimalizacją odpadów, ich segregacją, odzyskiem i recyklingiem, a także właściwą utylizacją pozostałości produkcyjnych i logistycznych.
Zrównoważony rozwój i ekoinnowacje	Wdrażanie innowacyjnych technologii i rozwiązań organizacyjnych wspierających zrównoważony rozwój, takich jak automatyzacja procesów czy inteligentne systemy magazynowe.
Spółeczna odpowiedzialność biznesu (CSR)	Podjęmowanie działań prospołecznych i prośrodowiskowych, obejmujących m.in. ograniczanie emisji, inwestowanie w odnawialne źródła energii oraz modernizację infrastruktury logistycznej.

Źródło: opracowanie własne

Zaprezentowane filary zielonej logistyki podkreślają złożoność tego podejścia oraz jego istotną rolę w ograniczaniu oddziaływania procesów logistycznych na środowisko. Ujęcie tych elementów w sposób całościowy umożliwi lepsze zrozumienie mechanizmów łączenia wymogów ekologicznych z efektywnością funkcjonowania przedsiębiorstw.

W kolejnej części pracy zostaną przedstawione strategie logistyczne, które pozwalają na praktyczną realizację założeń zielonej logistyki. Do ważniejszych strategii ekologicznych w obszarze logistyki zaliczyć należy:

- zrównoważony transport;
- zarządzanie opakowaniami;

- magazynowanie i zarządzanie zapasami;
- zielone łańcuchy dostaw;
- technologie i cyfryzacja;
- edukacja i świadomość ekologiczna.

W ramach zrównoważonego transportu należy wskazać na optymalizację tras, transport multimodalny czy wybór pojazdów niskoemisyjnych. W przypadku zarządzania opakowaniami należy zwrócić uwagę chociażby na opakowania wielokrotnego użytku czy ich minimalizację. Z kolei magazynowanie i zarządzanie zapasami powinno uwzględniać energooszczędne magazyny oraz systemy zarządzania zapasami. Konieczne jest również wprowadzenie systemów monitorowania pojazdów czy też analiza danych z wykorzystaniem sztucznej inteligencji.

Poniżej przedstawiono wybrane strategie ekologiczne z przykładowymi działaniami i korzyściami.

Tabela 5.2. Wybrane strategie ekologiczne

Obszar strategii	Przykładowe działania	Korzyści
Zrównoważony transport	<ul style="list-style-type: none"> • Optymalizacja tras • Transport multimodalny • Pojazdy elektryczne/hybrydowe 	<ul style="list-style-type: none"> • Mniejsza emisja CO₂ • Niższe zużycie paliwa • Redukcja kosztów transportu
Zarządzanie opakowaniami	<ul style="list-style-type: none"> • Opakowania wielokrotnego użytku • Biodegradowalne/recyklingowe materiały • Minimalizacja opakowań 	<ul style="list-style-type: none"> • Mniej odpadów • Oszczędność materiałów • Poprawa wizerunku firmy
Magazynowanie i zarządzanie zapasami	<ul style="list-style-type: none"> • Energooszczędne magazyny • Systemy WMS do kontroli zapasów 	<ul style="list-style-type: none"> • Niższe zużycie energii • Mniejsze marnotrawstwo produktów • Efektywniejsza logistyka
Zielone łańcuchy dostaw	<ul style="list-style-type: none"> • Wybór ekologicznych dostawców • Śledzenie śladu węglowego • Circular Economy 	<ul style="list-style-type: none"> • Redukcja emisji w całym łańcuchu dostaw • Odpowiedzialność społeczna • Oszczędności materiałowe
Technologie i cyfryzacja	<ul style="list-style-type: none"> • Monitorowanie floty • AI i analityka danych w logistyce 	<ul style="list-style-type: none"> • Optymalizacja tras i zapasów • Redukcja pustych przebiegów
Edukacja i świadomość	<ul style="list-style-type: none"> • Szkolenia dla pracowników • Kampanie ekologiczne w firmie 	<ul style="list-style-type: none"> • Wyższa efektywność procesów • Poprawa kultury organizacyjnej

Źródło: opracowanie własne

Ekologiczne strategie logistyczne powodują nie tylko korzyści dla środowiska, ale często też redukcję kosztów operacyjnych i poprawę wizerunku firmy. Należy zatem potwierdzić, iż logistyka jest jedną z głównych płaszczyzn modernizacji, mając na celu redukcję kosztów i optymalizację zysków (Bajdor, 2012).

5.2. Opakowania ekologiczne i ich wpływ na środowisko

Opakowania są nieodzownym ogniwem funkcjonowania większości przedsiębiorstw. Bezpieczeństwo towarów od producenta do konsumenta ma kluczowe znaczenie i uzależnione jest przede wszystkim od procesów pakowania i logistyki (Schmidt, 2019). Według unijnej dyrektywy 94/62/WE opakowania, w których przechowywane są pojedyncze produkty, mogą mieć charakter handlowy, zbiorczy oraz transportowy. Opakowanie handlowe służy do przechowywania i ochrony produktu. Ma bezpośredni kontakt z artykułem, co pozwala utrzymać go w optymalnym stanie. Z kolei opakowanie zbiorcze zawiera określoną liczbę opakowań jednostkowych. Pełni funkcję dodatkowej ochrony produktu i ułatwia jego sprzedaż na większą skalę. Natomiast opakowania transportowe zawierają określoną liczbę opakowań handlowych lub zbiorczych, tworząc jednostkę ładunkową (Mecalux, 2021). Należy podkreślić, iż opakowania spełniają różne funkcje. Według Szymonika (2018) opakowanie powinno spełniać następujące funkcje:

- funkcja ochronna;
- funkcja magazynowa;
- funkcja transportowa;
- funkcja manipulacyjna;
- funkcja informacyjna;
- funkcja recyklingowa;
- funkcja produkcyjna.

Funkcja ochronna ma na celu przede wszystkim zabezpieczenie towaru podczas jego pakowania, ochronę towaru przed utratą lub też obniżeniem jego jakości w drodze do konsumenta oraz ochronę towaru przy wysyłce przez obciążeniami mechanicznymi czy klimatycznymi (Baraniecka, 2002). Z kolei funkcja magazynowa przyczynia się do tego, iż opakowanie gwarantuje optymalne układanie w stopy lub piętrzenie, natomiast transportowa ma za zadanie ułatwić załadunek i rozładunek, zagwarantować optymalne wykorzystanie kubatury środka transportowego oraz zabezpieczyć ładunek przed kradzieżą czy zniszczeniem. Dla porównania funkcja manipulacyjna polega na ułatwieniu realizowania czynności ładunkowych ręcznie bądź mechanicznie z wykorzystaniem systemów gęstego składowania. Funkcja informacyjna wykorzystuje różne znaki, liczby, rysunki czy symbole na opakowaniach, aby dokonać m.in. identyfikacji towarów kruchych, szybko psujących się czy wymagających szczególnego traktowania. Z kolei funkcja recyklingowa opakowania powinna zapewnić możliwość powtórnego

wykorzystania opakowania bądź też jego recykling. Funkcja produkcyjna powinna zagwarantować, iż opakowanie umożliwi przygotowanie odpowiedniej ilości towarów na wejście do produkcji i pobranie odpowiedniej ilości towarów na wyjście z produkcji. Według Schmidta (2019) opakowania oddziałują pozytywnie na dystrybucję oraz bezpieczeństwo produktów, wydłużając ich trwałość, ułatwiają transport oraz pomagają redukować koszty, gdyż właściwe rozmieszczenie i zapakowanie produktów pozwala optymalnie wykorzystać dostępne miejsce oraz zabezpieczyć transportowany towar.

Opakowania ekologiczne to opakowania, które zostały wytworzone z materiałów pochodzenia naturalnego lub też materiałów, które mogą być poddane recyklingowi. Stanowią one alternatywę dla tradycyjnych opakowań wykonanych z tworzyw sztucznych (Ćwikowska, Hudz, 2023). Opakowania stanowią współcześnie jeden z ważniejszych obszarów, który wspiera implementację strategii nastawionej na efektywność i zrównoważony rozwój. Oprócz szampowego postrzegania opakowań, głównie z ochronnego punktu widzenia, opakowanie z jednej strony ma za zadanie wyróżnić produkt, z drugiej natomiast poprawić efektywność produktu na płaszczyźnie logistyczno-produkcyjnej. Opakowania nie należy rozpatrywać wyłącznie w kontekście logistyki, ale również w ujęciu środowiskowym.

Zrównoważone zarządzanie opakowaniami w przedsiębiorstwie odnosi się do stworzenia i wdrażania strategii mających na celu uczynienie materiałów opakowaniowych oraz procesów bardziej przyjaznych dla środowiska. Celem jest tutaj minimalizowanie wpływu opakowań na środowisko w całym cyklu życia produktu, zapewniając jednocześnie funkcjonalność i efektywność ekonomiczną. Wdrażanie zrównoważonych praktyk w zakresie zarządzania opakowaniami pozwala przedsiębiorstwom w osiąganiu zarówno korzyści środowiskowych, jak i ekonomicznych (np. poprzez ograniczenie kosztów związanych z utylizacją odpadów, usprawnienie procesów logistycznych oraz wzmacnianie wizerunku marki). Współcześnie wykorzystywane materiały w opakowaniach są bardziej przyjazne dla środowiska, tj. biodegradowalne lub nadające się do recyklingu lub ponownego wykorzystania. W przypadku projektowania opakowań dąży się przede wszystkim do zmniejszenia ilości materiałów opakowaniowych, jednakże należy zwrócić uwagę na zapewnienie bezpieczeństwa dostaw. Obejmuje to również optymalizację rozmiaru opakowań w celu redukcji kosztów transportu i zużycia energii.

Aby opakowanie mogło być uznane za ekologiczne czy też zrównoważone, ważne jest, aby spełniło kilka zasad, które zostały określone przez Koalicję ds. Zrównoważonych Opakowań⁶ (www.sustainablepackaging.org). Powinno:

- być korzystne, bezpieczne i zdrowe dla społeczeństwa przez cały cykl jego życia;
- spełniać kryteria rynku pod względem wydajności i kosztów;

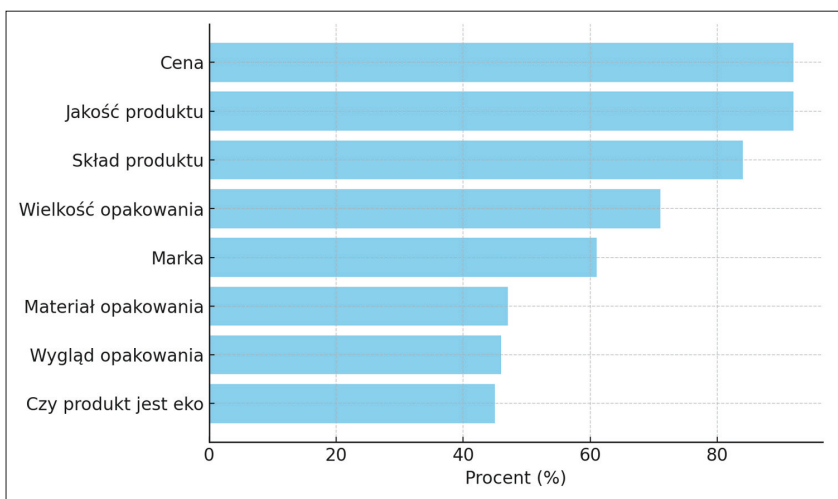
⁶ Coalition for Sustainable Packaging.

- być pozyskiwane, wytwarzane, przemieszczane i poddawane powtórnemu przetworzeniu przy użyciu energii odnawialnej;
- być wytwarzane z wykorzystaniem czystych technologii produkcji oraz najlepszych praktyk;
- być wyprodukowane z materiałów, które nie mają właściwości toksycznych przez cały cykl życia produktu;
- być zaprojektowane w sposób, który optymalizuje zużycie materiałów i energii.

Podsumowując, opakowanie musi być wykonane z materiałów ekologicznych, biodegradowalnych oraz możliwych do ponownego użycia lub recyklingu.

Warto zatem przywołać jeden z raportów⁷ dotyczących opakowań (Interzero 2023)⁸. Mimo faktu, iż współcześnie przedsiębiorstwa chcą być bardziej ekologiczne, a konsumenci tej ekologiczności oczekują, raport wskazuje, iż produkt ekologiczny nie jest najważniejszym kryterium wyboru klientów.

Rysunek 5.1. Czynniki wpływające na wybór produktu



Źródło: opracowanie własne na podstawie: (Interzero, 2023)

Dla konsumentów kluczowymi kryteriami podczas zakupów są cena i jakość produktu (92%), a tuż za nimi jego skład (84%). Jeśli chodzi o opakowania, największe znaczenie mają ich rozmiary (71%), natomiast nieco mniej uwagi

⁷ Raport z badań – co Polacy wiedzą o opakowaniach i jak sobie radzą z segregacją odpadów.

⁸ Badanie zostało zrealizowane na ogólnopolskiej reprezentatywnej próbie dorosłych Polaków. W ramach projektu zebrano opinie N=1000 osób. Wywiady zostały przeprowadzone przy użyciu techniki CAWI (Computer Assisted Web Interview) przez Opinia24.

przykładają do materiału, z którego są wykonane (47%). Najmniejszą wagę przywiązują do tego, czy produkt jest ekologiczny – jedynie 45% respondentów bierze to pod uwagę.

Przywołać warto przykłady opakowań ekologicznych. Najczęściej wykorzystywanymi opakowaniami ekologicznymi są opakowania papierowe i kartonowe. Ten rodzaj opakowań wykonywany jest z papieru z recyklingu lub z certyfikatem FSC oraz nadają się do recyklingu i biodegradacji. Opakowania nie powinny zawierać śladu węglowego, w przypadku opakowań kartonowych czy papierowych wytworzonych z materiałów pochodzących z recyklingu, ślad ten jest znikomy. W przypadku opakowań, które powstają z takich materiałów naturalnych jak bambus, wzrost zużycia tych surowców wpływa na pochłanianie dwutlenku węgla z atmosfery. Jeżeli przedsiębiorstwa chcą mieć neutralność węglową, powinny rozważyć stosowanie takowych komponentów. Kolejnym rodzajem opakowania ekologicznego jest opakowanie szklane. Szkło jest materiałem w pełni podatnym na recykling i może być wielokrotnie przetwarzane bez utraty jego właściwości. Opakowania biodegradowalne z kolei są wykonane z materiałów pochodzenia naturalnego i w związku z tym ulegają biodegradacji w warunkach naturalnych. Średni czas rozkładu takich opakowań wynosi 90 dni.

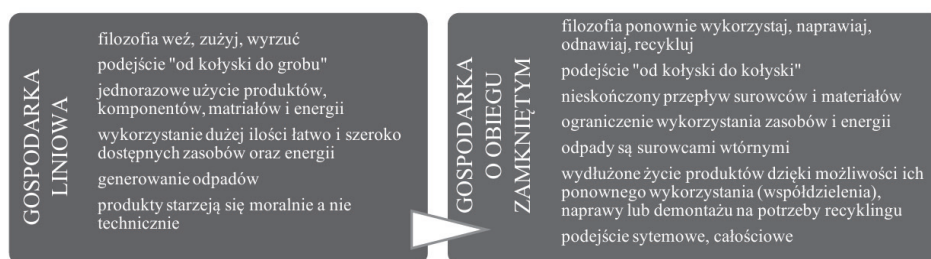
Przedsiębiorstwa, które podejmują decyzję w kierunku stosowania opakowań ekologicznych, robią ważny krok w kierunku zrównoważonego rozwoju i ochrony środowiska. Jednakże muszą podołać wyzwaniom z tym związanym. Produkcja opakowań ekologicznych jest droższa w porównaniu do opakowań tradycyjnych, co niekiedy może stanowić barierę dla niektórych przedsiębiorstw. Wyzwaniem jest również ograniczona dostępność materiałów ekologicznych, co może rzutować na ograniczenia w zakresie ich masowego wykorzystania. Ze względu na fakt, iż niektóre opakowania ekologiczne są bardziej podatne na wilgoć czy uszkodzenia, ta kwestia stanowi wyzwanie dla transportu czy logistyki.

5.3. Gospodarka w obiegu zamkniętym w logistyce e-commerce

Rozwój e-commerce w ostatnim czasie, szczególnie po pandemii COVID-19, znacznie zwiększył skalę procesów logistycznych, począwszy od magazynowania, przez kompletację zamówień, aż po transport i zwroty. Rosnąca dynamika rozwoju sektora przesyłek wiąże się z istotnymi implikacjami środowiskowymi, obejmującymi m.in. intensyfikację wykorzystania materiałów opakowaniowych, wzrost emisji gazów cieplarnianych, w tym dwutlenku węgla, oraz zwiększoną generację odpadów. W obliczu tych wyzwań coraz większego znaczenia nabiera koncepcja gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ), której fundamentalnym celem jest minimalizacja strat zasobowych przy jednoczesnej maksymalizacji ich ponownego wykorzystania w ramach zrównoważonych procesów produkcyjnych i logistycznych (Ellen MacArthur Foundation, 2019). Światowa Rada Biznesu ds. Zrównoważonego

Rozwoju (WBCSD) ujmuje gospodarkę o obiegu zamkniętym jako podejście, którego nadrzędnym celem jest utrzymanie jak najwyższej wartości zasobów, produktów i materiałów poprzez tworzenie systemu sprzyjającego ich długiej żywotności oraz wielokrotnemu wykorzystaniu. W ramach tej koncepcji szczególny nacisk kładzie się na działania takie jak konserwacja, regeneracja i recykling. WBCSD wskazuje ponadto szereg zasad towarzyszących realizacji GOZ, do których należą m.in. trwałość, odnawialność, ponowne użycie, naprawa, wymiana, modernizacja, renowacja czy ograniczenie zużycia surowców (WBCSD, 2017). GOZ oznacza zatem systemowe przejście od gospodarki liniowej, która opiera się na podejściu *weź – zużyj – wyrzuć*, do nowego podejścia *weź – użyj – powtórz* (rysunek 5.2). Polega ono na zamykaniu obiegu cykli wydłużonego życia produktów i postrzeganiu odpadów jako cennych surowców wtórnych.

Rysunek 5.2. Charakterystyka gospodarki liniowej i gospodarki o obiegu zamkniętym



Źródło: (Jastrzębska, 2017)

Pojęcie gospodarki o obiegu zamkniętym odnosi się do idei gospodarki cyrkularnej, natomiast ma swoje źródła w nurtach ekonomiki ekologicznej oraz ekologii przemysłowej. W przeciwieństwie do linearnej gospodarki przepływowej, która wraz z początkiem uprzemysłowienia koncentrowała się na pozyskiwaniu surowców, produkcji i przepływie towarów jako wskaźnikach wzrostu i dobrobytu, ale jednocześnie wiązała się z typowym zużyciem zasobów i zauważalnym pogorszeniem jakości środowiska, gospodarka o obiegu zamkniętym stawia na pierwszym miejscu wartość dóbr i materiałów oraz związane z nimi oddziaływanie na środowisko (Zimmermann i in., 2020).

Gospodarka o obiegu zamkniętym służy ochronie zasobów naturalnych, w tym działań na rzecz klimatu, ochronie środowiska oraz zdrowia ludzkiego, z uwzględnieniem zasady przeczności. Ponadto ma na celu zapewnienie bezpieczeństwa surowcowego. Gospodarka o obiegu zamkniętym powinna przyczyniać się do ograniczenia negatywnego wpływu materiałów i produktów w całym cyklu

życia – poprzez oszczędność surowców pierwotnych i ich zastępowanie surowcami wtórnymi – oraz do zmniejszenia wytwarzania odpadów i poprawy gospodarowania nimi (Nanayakkara i in., 2022).

Fundamentalnym założeniem GOZ jest rozwiązanie problemu nadmierności konsumpcji odpadów. W tym systemie wykluczona zostaje kwestia ewentualnego końca życia produktu bądź usługi. Gospodarce o obiegu zamkniętym należy przypisać 5 podstawowych modeli biznesowych, tj. łańcuch dostaw obiegu zamkniętego; odzyskiwanie i recykling; wydłużenie życia produktu, platforma współdzielenia oraz produkt jako usługa (Kwiecień, 2018). Korzyści wynikające z wdrażania gospodarki o obiegu zamkniętym, zarówno dla środowiska, jak i dla przedsiębiorstwa, można rozpatrywać w kilku wymiarach. Pierwszym aspektem jest aspekt ekologiczny przyczyniający się do redukcji odpadów, które trafiają na składowiska. Powoduje on zmniejszenie zużycia surowców naturalnych oraz wpływa na redukcję emisji gazów cieplarnianych dzięki lepszemu wykorzystaniu zasobów. Z kolei aspekt społeczny dotyczy promowania świadomości wśród konsumentów, przyczynia się do wzrostu zatrudnienia w sektorach powiązanych z GOZ oraz poprawia jakość życia dzięki ekologicznemu środowisku. Z kolei korzyści ekonomiczne to przede wszystkim obniżenie kosztów produkcji poprzez ponowne wykorzystanie materiałów, rozwój nowoczesnych modeli biznesowych czy też tworzenie nowych rynków i miejsc pracy w obszarach związanych z GOZ (OECD, 2019).

Przedsiębiorstwa, które zdecydowały się funkcjonować na zasadach gospodarki opartej na zasobach, podejmują działania, aby te zasoby w pełni wykorzystać, ograniczając tym samym odpady i marnotrawstwo. Istotne zatem jest, aby przedsiębiorstwo potrafiło odzyskiwać odpady na każdym etapie cyklu życia produktu. Firmy w e-commerce podejmują konkretne działania mające na celu wdrażanie zasad gospodarki o obiegu zamkniętym.

Mówiąc o liderach w obszarze gospodarki obiegu zamkniętego, wskazać warto na organizowany corocznie konkurs Stena Circular Economy Award, który wyłania lidera GOZ. Liderem GOZ została w 2024 r. firma AI RADAR CYRKULARNY. Firma świadczy usługi posprzedażowe, specjalizując się w przedłużaniu cyklu życia elektroniki użytkowej, sprzętu IT oraz innych urządzeń oraz opracowała system AI Radar Cyrkularny, który wspiera i nadzoruje samodzielną naprawę przez konsumentów (www.stenarecycling.com; 22.08.2025). Warto przywołać również inne firmy, które oparte są na GOZ. Jedną z firm, która zdecydowała się na taki krok oraz oferuje klientom możliwość uczestniczenia w zrównoważonym cyklu życia produktu, jest firma Superpharm, posiadająca sieć aptek i drogerii. Wdrożyła ona program „EkoPharm”, który zachęca klientów do zwrotu zużytych opakowań po lekach czy też kosmetykach. Przedsiębiorstwo współpracuje z firmami zajmującymi się recyklingiem, aby zapewnić właściwe przetwarzanie tych odpadów (www.superpharm.pl). Innym przykładem firm wdrażających GOZ jest IKEA, która dla przykładu rozwija usługi naprawy, odsprzedaży czy też recyklingu mebli. Z kolei

firmy z branży meblarskiej ograniczają odpady technologiczne, wdrażając nowy proces przygotowania drewna i wykonując produkty z odpadów (np. zrębków). Innym przykładem jest firma z grupy LPP (branża odzieżowa), która wprowadziła program pozyskiwania używanej odzieży, zapewniając tym samym jej recykling oraz ponowne wykorzystanie materiałów.

Handel elektroniczny należy postrzegać jako ważne ogniwo w transformacji modelu gospodarki z linearnego („weź–produkcuj–zużyj–wyrzuć”) na cyrkularny, w którym centralną rolę odgrywają ponowne wykorzystanie, remont, recykling i wydłużanie cyklu życia produktów. Platformy e-commerce – w szczególności internetowe marketplace oferujące sprzedaż produktów używanych lub odnowionych – znacząco wydłużają użytkowość dóbr, co przyczynia się do redukcji potrzeb produkcyjnych i obciążenia środowiska (www.ecommerce news.eu, 22.08.2025). Wzrost znaczenia logistyki, szczególnie logistyki zwrotnej, oraz inteligentne rozwiązania w zakresie opakowań są kluczowym aspektem efektywnego wdrożenia zasad gospodarki cyrkularnej. Daje to możliwość ponownego wykorzystania komponentów i opakowań (www.ecommerceinstitut.de, 22.08.2025).

E-commerce uchodzi za naturalne ogniwo wspierające gospodarkę o obiegu zamkniętym, ze względu chociażby na swoją strukturę czy też innowacje i możliwości technologiczne. Platformy internetowe ułatwiają ponowne wykorzystanie produktów, umożliwiając sprzedaż używanych dóbr. Dzięki temu cykl życia produktu jest wydłużony. Z kolei logistyka zwrotna jest integralnym elementem zrównoważonego e-commerce i daje możliwość zwrotu produktu w celu naprawy, ponownego użycia czy recyklingu.

5.4. Zastosowanie pojazdów elektrycznych i niskoemisyjnych w dostawach

Chcąc sprostać nowym wyzwaniom o charakterze społecznym, gospodarczym i środowiskowym oraz dopasować się do europejskiej polityki rozwoju transportu, konieczne jest wdrażanie rozwiązań, które będą wpływały na ograniczenie emisji CO₂. Od dziesięcioleci globalne procesy gospodarcze przyczyniają się do rozwoju sektora transportu towarowego. Jeśli wcześniej wpływ ten ograniczał się głównie do sieci transportowych o zasięgu międzynarodowym i krajowym, to od początku XXI wieku widać go również w miastach, gdzie znacznie wzrosła liczba dostaw drobnych przesyłek.

Zastosowanie pojazdów elektrycznych i niskoemisyjnych w dostawach staje się współcześnie kluczowe w kontekście zrównoważonego rozwoju i transformacji. Punktem wyjścia dla rozważań w zakresie zastosowania takich pojazdów w dostawach, jest krótka charakterystyka rodzajowa pojazdów oraz ich zastosowanie. W zasadzie należy wyróżnić pojazdy elektryczne (EV), które wykorzystuje się w miastach na potrzeby realizacji dostaw miejskich, oraz pojazdy niskoemisyjne

(oprócz pojazdów elektrycznych w tej grupie znajdują się pojazdy zasilane gazem ziemnym lub wodorem) (BMDV, 2023).

Według Cichoń i Dudkowiaka (2024) liczba pojazdów w Polsce ma wyraźne tendencje wzrostowe, jednakże wzrost ten nie jest tak imponujący jak w krajach Europy Zachodniej. Na koniec czerwca 2024 roku w Polsce zarejestrowanych było łącznie 125.487 samochodów osobowych i użytkowych z napędem elektrycznym, a więc w porównaniu do roku poprzedniego o 12,3% więcej.

Oczywiście wdrożenie pojazdów elektrycznych i niskoemisyjnych w dostawach daje wiele korzyści. Do podstawowych zaliczyć należy redukcję emisji spalin co w następstwie prowadzi do poprawy jakości powietrza w miastach; ograniczenie hałasu, co pozytywnie rzutuje na komfort życia mieszkańców, szczególnie w mocno zurbanizowanych miastach. Należy wskazać również na niższe koszty eksploatacji w porównaniu do tradycyjnych pojazdów spalinowych czy też na zgodność z regulacjami poprzez spełnianie norm emisji spalin oraz dostosowanie do stref niskiej emisji w miastach. Analizując korzyści koniecznie wskazać trzeba na innowacje technologiczne, gdyż wdrożenie pojazdów w dostawach wprowadza innowacje w powiązanych technologiach, takich jak telemetria⁹, zarządzanie flotą czy inteligentne systemy ładowania.

Pojazdy elektryczne i niskoemisyjne są współcześnie rozpowszechnione w branży logistycznej. Branża TSL wykorzystuje tego typu pojazdy w różnych celach, tj. w:

- dystrybucji miejskiej;
- składowaniu w magazynie i w transporcie wewnętrznym;
- transporcie ciężkich ładunków;
- flotach komercyjnych.

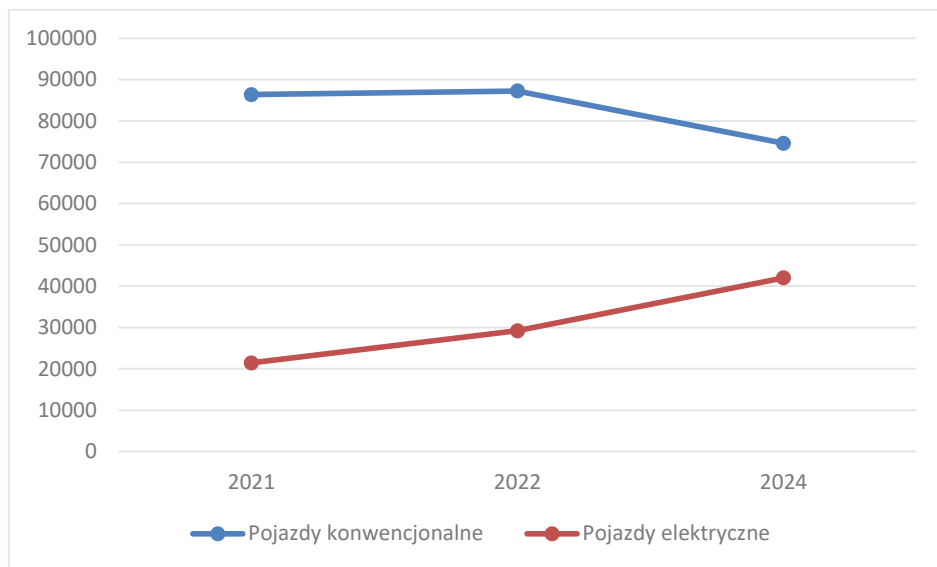
Szczególną rolę odgrywają pojazdy elektryczne (samochody dostawcze i ciężarówki), wykorzystywane w logistyce miejskiej. Sprawdzają się one przede wszystkim w świadczeniu dostaw do domów lub realizacji usług kurierskich, w których wprowadzono restrykcje w formie ograniczenia emisji spalin. Również tego rodzaju pojazdy znajdują zastosowanie w magazynie i w transporcie wewnętrznym. W magazynach czy w centrach dystrybucji zastosowanie znajdują różnego rodzaju wózki widłowe oraz inne pojazdy zasilane energią elektryczną do obsługi ładunków. Są to oprócz powszechnie wykorzystywanych środków transportu o charakterze przerywanym czy ciągłym autonomiczne roboty mobilne. Coraz powszechniejszy staje się też transport ładunków ciężkich z wykorzystaniem długodystansowych ciężarówek elektrycznych. Również firmy kurierskie coraz częściej korzystają z elektrycznej floty pojazdów, aby zredukować koszty operacyjne, a także obniżyć emisję dwutlenku węgla, tym samym spełniając normy środowiskowe (www.mecalux.pl, 26.08.2025).

⁹ Jako telemetrię należy rozumieć proces rejestracji i transmisji różnych pomiarów oraz danych pochodzących z urządzenia końcowego użytkownika lub systemu informatycznego (www.wapro.pl, 24.08.2025).

Zastosowanie pojazdów o napędzie elektrycznym w łańcuchu dostaw i w logistyce jest coraz bardziej istotne. Firmy decydują się na wprowadzenie do floty tych pojazdów najczęściej aby usprawnić zrównoważony rozwój i wydajność operacyjną. Firmami, które w szczególnym stopniu zaangażowane są w dostawę towarów, są przedsiębiorstwa z branży KEP¹⁰. Branża ta jest jedną z najszybciej rozwijających się branż w sektorze TSL, co wymaga od operatorów właściwie rozwiniętej sieci połączeń szczególnie na terenie dużych aglomeracji miejskich.

Stąd też de facto przedsiębiorstwa świadczące głównie usługi kurierskie muszą dostosować swoją infrastrukturę transportową do współczesnych wyzwań, jakimi jest chociażby wykorzystywanie pojazdów elektrycznych na potrzeby świadczenia usług. DHL dla przykładu dąży do tego, aby do 2030 roku 66% floty pojazdów dostawczych składało się z pojazdów elektrycznych. Ponadto do 2030 roku zapowiedziano również zwiększenie udziału paliw alternatywnych i elektryfikacji w transporcie ciężkim do ponad 30% (www.group.dhl.com, 26.08.2025). Na rys. 5.3 przedstawiono udział pojazdów zasilanych konwencjonalnie i elektrycznie.

Rysunek 5.3. Pojazdy zasilane energią elektryczną i konwencjonalną w DHL Group



Źródło: opracowanie własne na podstawie: www.group.dhl.com, 26.08.2025

¹⁰ Rynek usług kurierskich, ekspresowych i paczkowych.

Z kolei operator logistyczny UPS dąży do tego, aby do 2025 roku 40% jego pojazdów naziemnych było zasilanych alternatywnymi źródłami energii, a do 2050 roku firma osiągnęła neutralność węglową. Na chwilę obecną firma posiada już w swoim taborze ponad 18 000 pojazdów na paliwo alternatywne i z zawansowanymi technologiami (www.about.ups.com, 26.08.2025). Również działania w zakresie zrównoważonego rozwoju podjęła firma FedEx. Do końca 2040 roku, w odpowiedzialności za planetę oraz dążąc do osiągnięcia neutralności węglowej, firma planuje posiadać w pełni elektryczną flotę do odbioru i dostawy przesyłek (www.fedex.com, 26.08.2025).

5.5. Logistyka zwrotów a ekologia

Zgodnie z przyjętą klasyfikacją systemów logistycznych wyróżnia się następujące podsystemy: logistykę zaopatrzenia, logistykę produkcji, logistykę dystrybucji oraz logistykę zwrotów obejmującą zarówno towary, jak i surowce wtórne oraz odpady (Pfohl, 1999). Według Huk (2020) logistyka zwrotów często łączona jest z szerszym pojęciem – logistyką zwrotną. Warto zatem wskazać na rozbieżności znaczeniowe tych pojęć, choć niekiedy w literaturze przedmiotu pojęcia te traktowane są jako synonimy. Logistyka zwrotna, określana w literaturze jako *reverse logistics*, odgrywa w odniesieniu do ekologii kluczową rolę. Stanowi ona połączenie kilku płaszczyzn, tj. gospodarki cyrkulacyjnej, redukcji odpadów oraz efektywności zasobów. Według Cartera i Ellram (2002) logistyka zwrotna to minimalizacja zużycia materiałów poprzez wdrażanie strategii odwrotnego łańcucha dostaw, ukierunkowanych na intensyfikację użycia materiałów pochodzących z odzysku, ich recyklingowi oraz ograniczenia ogólnej konsumpcji surowców. Z kolei według Szołtyśka (2009) logistykę zwrotów należy postrzegać jako ogół procesów zarządzania przepływami odpadów – obejmujących zarówno produkty pełnowartościowe, jak i uszkodzone, lecz uznane przez ich dysponentów za odpady – oraz powiązanych z nimi przepływów informacji. Procesy te obejmują drogę od miejsca powstania odpadów (ich wejścia do systemu logistycznego) do miejsca ich ostatecznego przeznaczenia. Celem logistyki zwrotnej jest ponowne wykorzystanie produktów, odzyskanie ich wartości (poprzez naprawę, recykling lub przetworzenie) bądź ich właściwe unieszkodliwienie, przy jednoczesnym zapewnieniu efektywności ekonomicznej i minimalizacji negatywnego oddziaływania odpadów na środowisko naturalne. Według Sadowskiego (2010) logistykę zwrotną należy traktować jako element koncepcji zrównoważonego rozwoju, postrzeganego jako prawo obecnych pokoleń do realizacji aspiracji rozwojowych bez naruszania możliwości zaspokajania potrzeb przyszłych generacji. W tym ujęciu logistyka zwrotna stanowi wdrożenie idei zrównoważonego rozwoju na płaszczyźnie przedsiębiorstwa, poprzez zapewnienie efektywnego i racjonalnego wykorzystania wszystkich komponentów produktów, które posiadają określoną wartość użytkową lub materiałową.

Według Starostki-Patyk (2016), rozpatrując organizację procesów logistyki zwrotnej w przedsiębiorstwach, należy zwrócić uwagę na kluczowe różnice w stosunku do logistyki klasycznej, wynikające przede wszystkim z odmiennych celów, kierunku przepływów materiałowych i informacji, a także specyfiki obsługiwanych strumieni (tabela 5.3).

Tabela 5.3. Rozbieżności między procesami logistyki klasycznej a zwrotnej

Procesy logistyki klasycznej	Procesy logistyki zwrotnej
Oparte na zyskach i optymalizacji kosztów	Oparte na regulacjach prawnych i środowiskowych, ale również na zyskach i optymalizacji kosztów
Relatywnie łatwiejsze i bezpośrednie prognozowanie zapotrzebowania na produkty	Dużo trudniejsze prognozowanie zwrotów produktów
Można stosować tradycyjne techniki marketingowe	Występują czynniki komplikujące marketing
Czas przetwarzania i etapy są dobrze zdefiniowane	Czas przetwarzania i etapy zależą od kondycji zwróconych produktów
Dobra są transportowane z jednej lokalizacji do wielu różnych lokalizacji	Zwrócone produkty są zbierane z różnych lokalizacji do jednej lokalizacji przetwórczej
Szybkość jest przewagą konkurencyjną	Szybkość nie jest kluczowym czynnikiem
Standaryzacja opakowań produktów	Wysoce zróżnicowane opakowania lub ich brak
Szacowanie kosztów łatwiejsze dzięki systemom rachunkowym	Określenie i wizualizacja kosztów jest skomplikowana
Wysoka przejrzystość procesów podczas monitorowania produktów w czasie rzeczywistym	Niska przejrzystość procesów z uwagi na braki informacji o możliwościach monitorowania
Relatywnie łatwe zarządzanie zmianami w cyklu życia produktów	Dopasowywanie się do zmian w cyklu życia produktów jest trudniejsze

Źródło: (Starostka-Patyk, 2016)

Według Kawy (2019) proces zwrotów w handlu elektronicznym jest przez klientów postrzegany jako uciążliwy i czasochłonny. Wymaga on dodatkowego nakładu czasu, a nierzadko również poniesienia kosztów po stronie konsumentów. Sytuacja ta może generować stres, szczególnie wśród osób dokonujących zwrotu po raz pierwszy. Klienci często nie dysponują wystarczającymi informacjami dotyczącymi procedury zwrotu, w tym miejsca i sposobu jego zgłoszenia, zasad

przygotowania i pakowania przesyłki, organizacji odbioru przez firmę kurierską lub punktu jej nadania. Dodatkowym źródłem niepewności jest brak jasnych informacji dotyczących kosztów zwrotu oraz terminu zwrotu środków finansowych. Z tego względu uproszczenie i standaryzacja procedur zwrotów, ukierunkowane na potrzeby użytkowników, stanowią istotny element poprawy jakości obsługi klienta w handlu elektronicznym. Współcześni konsumenci oczekują od firm – zarówno sprzedawców, producentów, jak i usługodawców – realizacji działalności w myśl zasad zrównoważonego rozwoju oraz z poszanowaniem środowiska naturalnego. Realizacja tych oczekiwań jest możliwa dzięki wdrażaniu rozwiązań i technologii, które umożliwiają ponowne użycie, odzysk oraz recykling produktów zwracanych przez klientów. Co więcej, przedsiębiorstwa mogą podejmować inicjatywy edukacyjne i proekologiczne, które motywują nabywców do bardziej świadomych decyzji zakupowych i odpowiedzialnego korzystania z prawa zwrotu.

Rozpatrując logistykę zwrotną, należy wskazać na procesy związane z obsługą zwrotów produktów od klientów końcowych do sprzedawcy i producenta. Szczególną rolę logistyka zwrotna odgrywa w sprzedaży internetowej (e-commerce) i znacząco różni się od tradycyjnych kanałów dystrybucji. E-commerce wyróżnia przede wszystkim wysoki odsetek zwrotów, zróżnicowane przyczyny zwrotów czy też rozproszone źródło powstawiania zwrotów. Oczywiście właściwa organizacja logistyki zwrotnej wpływa na satysfakcję klienta i aspekty środowiskowe. Według Janczewskiego (2016) logistyka zwrotna w obszarze sprzedaży i eksploatacji obejmuje m.in. obsługę nadwyżek magazynowych oraz towarów uszkodzonych w procesie transportu. Dotyczy również zwrotów produktów wykorzystywanych w kampaniach promocyjnych, w tym egzemplarze pokazowych, a ponadto obejmuje nowe towary odesłane przez klientów jako niepożądane z różnych przyczyn. Ważnym elementem są również zwroty produktów objętych gwarancją, reklamowanych z powodu wad i usterek, a także wyrobów częściowo zużytych, które wymagają serwisu lub naprawy. Janczewski dokonał również zestawienia źródeł przepływu zwrotnego produktów i opakowań (tabela 5.4).

Tabela 5.4. Źródła przepływu powrotnego produktów i opakowań

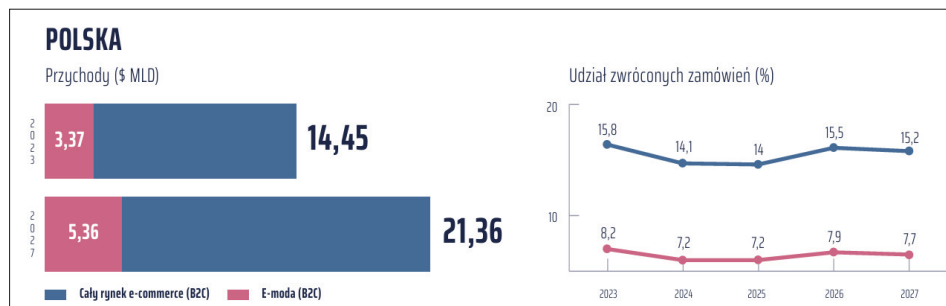
	Przepływy między partnerami wymiany	Przepływy od końcowych użytkowników
Produkty	<ul style="list-style-type: none"> – nadwyżki magazynowe – uszkodzenia w transporcie – kampanie marketingowe – produkty demonstracyjne – produkty wycofane ze sprzedaży – produkty sezonowe – produkty niemodne i przestarzałe 	<ul style="list-style-type: none"> – zwroty gwarancyjne – produkty uszkodzone – produkty o całkowicie wyczerpanym zasobie pracy – produkty zlikwidowane
Opakowania	<ul style="list-style-type: none"> – zwracane – wielokrotnego użytku – zlikwidowane i wymagające zbiórki i utylizacji 	<ul style="list-style-type: none"> – ponownie używane – przeznaczone do recyklingu – wymagające zbiórki i utylizacji

Źródło: (Janczewski, 2016)

Rozpatrując logistykę zwrotną, szczególnie w kontekście zarządzania odpadami, warto wskazać na różnice właśnie między logistyką zwrotną a zarządzaniem odpadami. Odnosi się ono w głównej mierze do skutecznego zbierania i przetwarzania odpadów, z kolei logistyka zwrotna obejmuje strumień przepływu, w których zachodzi możliwość odtworzenia wartości z wycofywanych produktów (Sadowski, 2009).

W obliczu dynamicznego rozwoju handlu internetowego prognozuje się, że do 2027 roku globalna wartość sprzedaży online osiągnie poziom 5,56 biliona dolarów. Rozwój ten niesie jednak ze sobą istotne wyzwania, gdyż to właśnie w kanale e-commerce odnotowuje się najwyższy odsetek zwrotów w porównaniu z innymi formami sprzedaży.

Rysunek 5.4. Wartość rynków e-commerce (B2C) i udział zwrotów w latach 2023-2027



Źródło: (Polski Instytut Transportu Drogowego, 2024)

Warto zauważyć (rysunek 5.4), iż według danych w zakresie wartości rynków e-commerce i udziału zwrotów widoczny jest prognozowany wzrost przychodów z branży e-commerce, szczególnie w kontekście branży modowej. Do 2026 roku nadal prognozuje się wzrost udziału zwróconych zamówień, od roku 2027 prognozuje się z kolei spadek udziału zwróconych zamówień.

Rozdział 6.

Przyszłość logistyki w e-commerce

Przyszłość logistyki w e-commerce będzie z pewnością zależała od zdolności branży w zakresie efektywnego wdrażania i wykorzystywania nowoczesnych technologii. Z pewnością będzie oparta na automatyzacji magazynów, inteligentnym zarządzaniu zapasami czy też szybkim dostarczaniu produktów do klientów. Nieodzownym elementem będzie skupianie się przedsiębiorstw na zrównoważonej logistce, a więc takiej logistyce, która wykorzystuje ekologiczne opakowania, pojazdy elektryczne czy też konsoliduje dostawy, aby osiągnąć korzyści cenowe. W perspektywie dostaw „last mile” coraz większe znaczenie odgrywają autonomiczne pojazdy, zaś technologie AR i VR wspierają planowanie przestrzeni magazynowej oraz wizualizację procesów logistycznych.

6.1. Nowe modele biznesowe i ich wpływ na logistykę

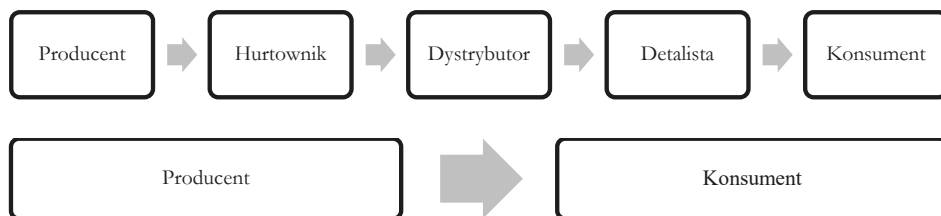
Dynamiczny rozwój e-commerce sprawia, że klienci wymagają szybszej i bardziej elastycznej obsługi. W odpowiedzi firmy logistyczne i sprzedawcy wprowadzają nowatorskie rozwiązania, które przekształcają tradycyjną logistykę, zarówno pod względem technologii, jak i sposobu zarządzania procesami. Współcześnie, ze względu na rosnące zapotrzebowanie na usługi handlu zagranicznego, zachodzi konieczność modyfikacji bieżących modeli biznesowych, aby zwiększyć zyski dla przedsiębiorstwa. Przedsiębiorstwa e-commerce powinny łączyć kilka kluczowych elementów, aby spełnić oczekiwania klientów. Są to chociażby segmentacja klientów, kanały dystrybucji, relacje z klientami, kluczowi partnerzy, zasoby czy działania, ale również struktura kosztów.

W logistyce, a szczególnie w e-commerce, nowe modele biznesowe to połączenie powyższych elementów, aby zagwarantować wartość dodaną dla klientów. Do takich modeli zaliczyć należy: Direct to Customer (D2C), marketplace i inne platformy pośredniczące, Omnichannel i „Click&Collect”, subskrypcje i model „dokładnie na czas”.

D2C ma swoje korzenie w systemie barterowym. Był to czas, gdy ludzie angażowali się w wymianę towaru za towar. Jest to najstarsza forma wymiany handlowej, kiedy nie było potrzeby istnienia pośrednika (Jotform, 2022). Model Direct-to-Consumer (D2C) polega na tym, że producent omija pośredników (hurtowników, dystrybutorów, tradycyjne sklepy detaliczne) i sprzedaje swoje produkty bezpośrednio klientowi końcowemu, wykorzystując do tego własne kanały – najczęściej sklep internetowy, aplikację mobilną czy czasem własne punkty sprzedaży (Gertner, Stillmann, 2001). Pojawienie się modeli biznesowych

D2C zakłóciło tradycyjne modele handlu detalicznego i dało początek nowym, innowacyjnym sposobom prowadzenia działalności. W rezultacie znaczna liczba przedsiębiorstw przechodzi na strategię D2C, aby pozyskiwać i rozwijać nowe źródła przychodów i pozostać konkurencyjnymi na szybko zmieniającym się rynku cyfrowym (Mandel, 2021). Marki coraz częściej wybierają model D2C ze względów strategicznych – zmieniły się nawyki zakupowe konsumentów, szczególnie po pandemii COVID-19. Dzięki bezpośredniemu kontaktowi z klientem firmy zyskują lepszy wgląd w jego potrzeby, kontrolę nad przekazem i prezentacją produktów oraz niezależność od pośredników w zakresie danych. D2C postrzegane jest także jako sposób na zwiększenie zysków i dywersyfikację kanałów sprzedaży. Nadrzędnym celem tego modelu jest eliminacja odsprzedawców, producentów oraz innych podmiotów, które utrudniają bezpośrednie dotarcie do klienta końcowego (rysunek 6.1). Eliminacja pośredników umożliwia producentom oferowanie swoich wyrobów w niższych cenach niż w tradycyjnym modelu sprzedaży. Dzięki temu zyskują oni pełną kontrolę nad procesem dystrybucji oraz dostęp do danych o klientach. Dodatkowo zarządzanie całym cyklem – od rozwoju produktu, przez marketing, aż po dostawę – pozwala firmom zwiększać swoją przewagę konkurencyjną (Gunz, 2023).

Rysunek 6.1. Tradycyjny model biznesowy vs. D2C



Źródło: opracowanie własne

Różnice między modelem tradycyjnym i D2C w odniesieniu do poszczególnych czynników zestawiono w tabeli 6.1.

Tabela 6.1. Tradycyjny model sprzedaży detalicznej vs. model sprzedaży bezpośredniej (D2C)

Czynniki	Model sprzedaży tradycyjnej	Model sprzedaży bezpośredniej
Długość łańcucha dostaw	Tradycyjny model detaliczny obejmuje pośredników, takich jak hurtownicy i detaliści. W związku z tym łańcuch dostaw jest dłuższy.	Łańcuch dostaw w modelu biznesowym D2C (Direct-to-Consumer) jest krótszy, ponieważ nie występują w nim pośrednicy tacy jak hurtownicy czy detaliści. W rezultacie skraca się czas, w jakim produkt trafia do klienta.
Wpływ na relację z konsumentami	W tradycyjnym modelu sprzedaży detalicznej marki napotykają trudności w zakresie bezpośredniej interakcji z klientami końcowymi, gdyż w procesie dystrybucji uczestniczą pośrednicy.	Relacja marki z klientami ulega wzmocnieniu wraz z eliminacją pośredników. Sprzyja to również budowaniu długoterminowych więzi z klientami.
Kontrola nad brandingiem	Detaliści promują produkty marki w swoich sklepach, jednak obowiązujące u nich wytyczne dotyczące brandingu ograniczają kontrolę marki nad działaniami marketingowymi.	Model D2C pozwala markom w pełni rozwijać swoją strategię brandingową dzięki bezpośredniej sprzedaży do klientów. Umożliwia to tworzenie spersonalizowanych ofert oraz daje większą kontrolę nad sposobem promowania produktów.
Wykorzystanie przestrzeni cyfrowej	Marki działające w tradycyjnym modelu sprzedaży detalicznej mogą, ale nie muszą, być obecne w internecie. Większość ich sprzedaży realizowana jest za pośrednictwem ruchu w sklepach stacjonarnych.	Marki działające w modelu D2C w znacznym stopniu polegają na ruchu online do generowania sprzedaży. Ich reklamy cyfrowe są precyzyjnie kierowane i dostosowane do wybranych segmentów odbiorców.
Modele cenowe	Marki funkcjonujące w tradycyjnym modelu detalicznym często doświadczają niepewności w zakresie stabilności przychodów. Ograniczony kontakt z klientami może osłabiać ich lojalność i utrudniać długoterminowe utrzymanie relacji.	Marki D2C często wykorzystują model cen subskrypcyjnych, który pozwala generować przewidywalne przychody i sprzyja długoterminowej lojalności klientów.
Personalizacja	Marki funkcjonujące w tradycyjnym modelu detalicznym obsługują głównie rynek masowy, co ogranicza ich zdolność do personalizacji produktów dla poszczególnych klientów.	Marki działające w modelu D2C mają możliwość tworzenia produktów wysoce dopasowanych do indywidualnych potrzeb różnych grup klientów.

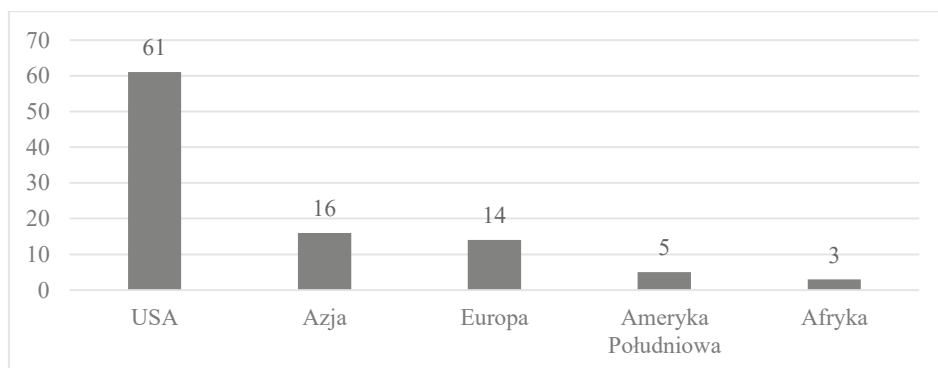
Czynniki	Model sprzedaży tradycyjnej	Model sprzedaży bezpośredniej
Identyfikacja niezaspokojonych potrzeb klientów	Marki funkcjonujące w tradycyjnym modelu detalicznym nie mają bezpośredniego kontaktu z klientami, co utrudnia im wykrywanie niezaspokojonych potrzeb oraz podejmowanie działań odpowiadających na te potrzeby.	Dzięki bezpośredniej interakcji z klientami marki D2C mogą dokładniej obserwować ich preferencje i zachowania. Umożliwia to szybkie wykrywanie niezaspokojonych potrzeb rynku oraz tworzenie produktów i usług lepiej odpowiadających oczekiwaniom konsumentów.

Źródło: opracowanie własne na podstawie: (Locus, 2022)

Kolejnym przykładem modelu biznesowego w e-commerce są marketplace i inne platformy pośredniczące. Marketplace to platforma internetowa umożliwiająca wielu sprzedawcom oferowanie swoich produktów czy usług w jednym miejscu. Klienci dokonują zakupów zarówno w sklepach internetowych, jak i na platformach sprzedażowych typu marketplace, przy czym te drugie cieszą się szczególnie dużą popularnością. Marketplace'y, to środowiska skupiające wiele podmiotów. Są to zarówno producenci, jak i klasyczni sprzedawcy, którzy oferują na platformach swoje usługi i produkty. Platformy marketplace odgrywają coraz istotniejszą rolę jako kanały sprzedaży wykorzystywane zarówno przez przedsiębiorstwa działające w handlu tradycyjnym, jak i przez podmioty funkcjonujące wyłącznie w środowisku internetowym. Sprzedawcy często uznają je za atrakcyjne narzędzie sprzedażowe, gdyż umożliwiają pozyskanie nowych grup klientów oraz upraszczają procesy związane z obsługą transakcji (Kawa, Wałęsik, 2019).

Zgodnie z raportem GS1 Polska (2022) 100 największych platform marketplace zarobiło 1,86 mld USD (rysunek 6.2).

Rysunek 6.2. 100 największych platform marketplace na świecie w 2021 r.

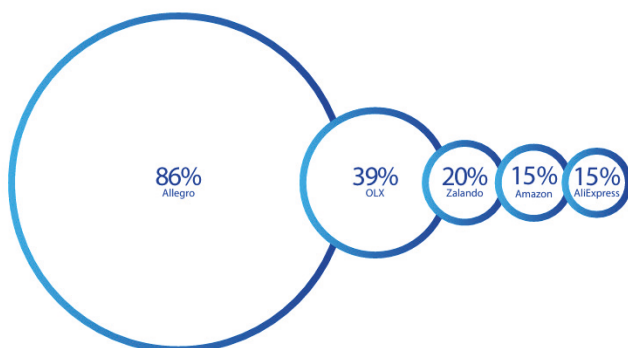


Źródło: opracowanie na podstawie raportu: (GS1 Polska, 2022)

Najwięcej największych platform marketplace zlokalizowanych zostało w USA. Jednakże największym marketplace pod względem obrotów okazał się chiński Taobao oraz Tmall, które należą do grupy Alibaba. Na kolejnych miejscach znalazły się Amazon, JD.com czy Shopee (Ghavami, 2024). Warto przywołać kilka marketplace'ów sprzedających swoje towary w Polsce tylko online. Są to: Allegro.pl, Ebay.pl, Amazon.de, Arena.pl, Zalando.pl czy Fruugo.pl. Marketplace coraz częściej pełnią rolę głównego kanału sprzedaży zarówno dla tradycyjnych, jak i internetowych sprzedawców. Dla wielu firm stanowią wygodne rozwiązanie, ponieważ umożliwiają pozyskiwanie nowych klientów i obsługę ich zakupów. W zasadzie większość oferowanych produktów i usług na platformach pochodzi od firm zewnętrznych, choć w przypadku takich platform jak Allegro.pl czy Amazon.de oferowane są własne produkty. Aby platformę można było uznać za marketplace, firmy muszą mieć możliwość oferowania swoich produktów.

W raporcie dotyczącym e-commerce w Polsce za rok 2023 przedstawiono wyniki badań dotyczących chociażby spontanicznej znajomości serwisów w e-handlu, tzw. marketplace (rysunek 6.3).

Rysunek 6.3. Znajomość serwisów w e-handlu przez respondentów



Źródło: (E-commerce w Polsce, 2023)

Nowoczesne modele sprzedaży obejmują również modele sprzedaży wielokanałowej. Wyróżnić należy multi-, cross- oraz omnichannel (Beck, Rygl, 2015). W sprzedaży typu multichannel przedsiębiorstwo oferuje różnego rodzaju kanały sprzedaży, które są od siebie niezależne i ukierunkowane na różnego rodzaju klientów. Z kolei model cross-channel wprowadza integrację między tradycyjnymi sklepami a elektronicznymi kanałami. Z punktu widzenia sprzedaży e-commerce istotna jest strategia omnichannel. Integruje ona różne kanały komunikacji i sprzedaży. Model ten ma na celu stworzenie spójnego i kompleksowego doświadczenia zakupowego, łączącego różne kanały kontaktu z marką, tak aby klient mógł wybrać najbardziej dogodny dla siebie sposób interakcji na każdym etapie procesu zakupowego (Verhoef i in., 2015). Według Prałata (2017) system sprzedaży omnichannel obejmuje:

- sieć sklepów stacjonarnych;
- sklep internetowy wraz z katalogiem online i obsługą call center;
- przedstawicieli handlowych działających w terenie.

Według Piotrowicza i Cuthbertsona (2014) model ten kształtuje się najczęściej w wyniku ewolucji modelu wielokanałowego w ten sposób, że każdy etap procesu zakupowego jest projektowany i realizowany tak, aby klient miał poczucie ciągłości kontaktu z marką, a nie wyłącznie z pojedynczym kanałem sprzedaży. Według Krzepickiej i Tarapata (2016) efektywny model omnichannel opiera się na trzech podstawowych filarach: odpowiednio zaplanowanej strategii, nowoczesnych technologiach oraz zintegrowanych kanałach komunikacji. Kluczowe znaczenie ma zagwarantowanie w tym przypadku spójności działań we wszystkich kanałach i maksymalnej wygody dla klienta. Brak tych elementów sprawia, że konsumenci z łatwością wybiorą ofertę konkurencji. Według Antonowicza (2017) jest to strategia sprzedażowa, której cel stanowi połączenie różnych kanałów kontaktu

z klientem i dostosowanie ich do jego oczekiwań, tak aby zwiększyć poziom satysfakcji oraz zapewnić mu jak najlepsze doświadczenia zakupowe.

Ostatnio dość popularna usługa „click and collect” („kliknij i odbierz”) jest kluczowym elementem strategii omnichannel. Łączy zakupy online z odbiorem osobistym w punkcie stacjonarym. Proces „click and collect” trafnie obrazuje poniższy rysunek:

Rysunek 6.4. Typowy proces „click and collect” z punktu widzenia klienta i kupującego



Źródło: opracowanie własne

Zgodnie z powyższym procesem klient dokonuje w pierwszej kolejności zakupów poprzez stronę internetową lub też aplikację mobilną sklepu bez konieczności opuszczania domu. Podczas składania zamówienia klient, wskazując na opcję „click and collect” wybiera sklep lub też punkt odbioru, w którym takie zamówienie zostanie odebrane. Po złożeniu zamówienia klient otrzymuje potwierdzenie zamówienia oraz kluczowe informacje w zakresie czasu i miejsca odbioru

zakupionych towarów. W wybranym sklepie czy też punkcie odbioru pracownicy dokonują kompletacji zamówienia i przygotowują towar do odbioru przez klienta. W kolejnym etapie klient przychodzi do sklepu lub punktu odbioru w wybranym czasie i dokonuje odbioru zamówiona. Klient na miejscu ma możliwość dokonania zwrotu towarów, jeżeli te nie spełniają jego oczekiwań, oczywiście z uwzględnieniem warunków handlowych sklepu.

Należy również wskazać na korzyści stosowania tej usługi dla klientów i firm.

Tabela 6.2. Korzyści ze stosowania usługi „Click and Collect” z punktu widzenia klienta i producenta

Grupa	Korzyści
Klienci	<ul style="list-style-type: none"> – szybki odbiór produktów bez oczekiwania na dostawę kurierem, – możliwość sprawdzenia produktów poprzez zabranie ich do domu (kosmetyki, odzież), – oszczędność kosztów dostawy, – wygoda i elastyczność – odbiór w dogodnym czasie.
Firmy	<ul style="list-style-type: none"> – zwiększenie zarówno sprzedaży online, jak i w punktach stacjonarnych, – lepsze zarządzanie magazynem i przepływem towarów, – większa lojalność klienta wynikająca z wygodnej i szybkiej obsługi.

Źródło: opracowanie własne na opracowanie na podstawie: (Kumar, Reinartz, 2016)

Integracja usługi Click & Collect w strategii omnichannel umożliwia firmom oferowanie klientom wygodniejszych zakupów, obniżenie wydatków związanych z logistyką oraz zwiększenie obrotów (Anchanto, 2024). W Polsce wiele przedsiębiorstw, zarówno z polskim, jak i zagranicznym kapitałem, oferuje tę usługę. Są to chociażby Lidl Polska, Sephora Polska, IKEA, Empik czy Castorama Polska.

6.2. Wpływ globalnych trendów ekonomicznych na logistykę e-commerce

W dzisiejszych czasach e-commerce odgrywa coraz większą rolę w życiu konsumentów na całym świecie. Innymi słowy, aby świadomie podejmować decyzje zakupowe oraz skutecznie prowadzić własny biznes w sieci, warto być na bieżąco z trendami w handlu internetowym (Laudon, Traver, 2022). Wraz z ciągłym rozwojem technologii trendy w sprzedaży internetowej również ulegają znacznym zmianom. Przedsiębiorstwa muszą stale dostosowywać się do nowych rozwiązań oraz oczekiwań rynkowych, aby zdobyć przewagę konkurencyjną

i dostarczyć klientowi produkt bądź usługę zgodnie z jego wymaganiami. Według Szymańskiego (2017) dynamiczny i ciągły rozwój handlu internetowego wpływa na powstawanie różnych alternatywnych form sprzedażowych.

Do najważniejszych trendów e-commerce należą m.in. sztuczna inteligencja i uczenie maszynowe, handel mobilny (określany jako m-commerce) czy handel społecznościowy (social commerce). Szczególny nacisk należy kłaść na ekologię i zrównoważony rozwój, bo tych właśnie rozwiązań coraz częściej oczekują klienci. Również takie rozwiązania, jak wirtualna rzeczywistość (VR) czy też rozszerzona rzeczywistość (AR) zaczynają odgrywać kluczową rolę w podejmowaniu decyzji zakupowych przez klientów.

Zastosowanie sztucznej inteligencji i algorytmów uczenia maszynowego umożliwia analizę zachowań klientów, dostosowanie oferty do ich indywidualnych potrzeb oraz usprawnienie procesów logistycznych poprzez integrację z systemami WMS. Z kolei handel mobilny to rodzaj zakupów, które dokonywane są z wykorzystaniem urządzeń mobilnych (dedykowanych aplikacji). Według Durlachera (2001) m-commerce to każda transakcja opiewająca na daną kwotę i realizowana za pomocą mobilnej sieci komórkowej. Według UNCTAD (2002) mobile commerce to proces kupna lub sprzedaży towarów i usług z wykorzystaniem przenośnych urządzeń bezprzewodowych, do których zaliczyć należy telefony komórkowe lub PDA. Coraz większa liczba transakcji jest dokonywana za pomocą urządzeń mobilnych, co wymaga dostosowania sklepów internetowych do potrzeb użytkowników smartfonów i tabletów. Z kolei Safieddine (2017) rozpatruje m-commerce jako rozwinięcie handlu elektronicznego (e-commerce) i odnosi się do realizowania transakcji, promocji oraz innych działań biznesowych za pomocą urządzeń mobilnych, umożliwiających zakupy i sprzedaż w dowolnym miejscu i czasie. Według Balasubramaniam i in. (2024) m-commerce ma wiele zastosowań. Oto trzy główne typy handlu mobilnego:

- zakupy;
- płatności;
- bankowość.

Współczesny konsument uzyskał znacznie łatwiejszy dostęp do zakupów dzięki dynamicznemu rozwojowi technologii cyfrowych. Internet umożliwia realizację transakcji handlowych w sposób szybki i wygodny przy wykorzystaniu urządzeń mobilnych, co określane jest mianem zakupów mobilnych (m-shopping). Wraz ze wzrostem liczby użytkowników smartfonów i tabletów cała przestrzeń internetowa została dostosowana do potrzeb urządzeń mobilnych. Strony internetowe, aplikacje oraz platformy mediów społecznościowych projektowane są z myślą o ergonomii i intuicyjności obsługi na ekranach mobilnych, co znacząco poprawia doświadczenia zakupowe użytkowników.

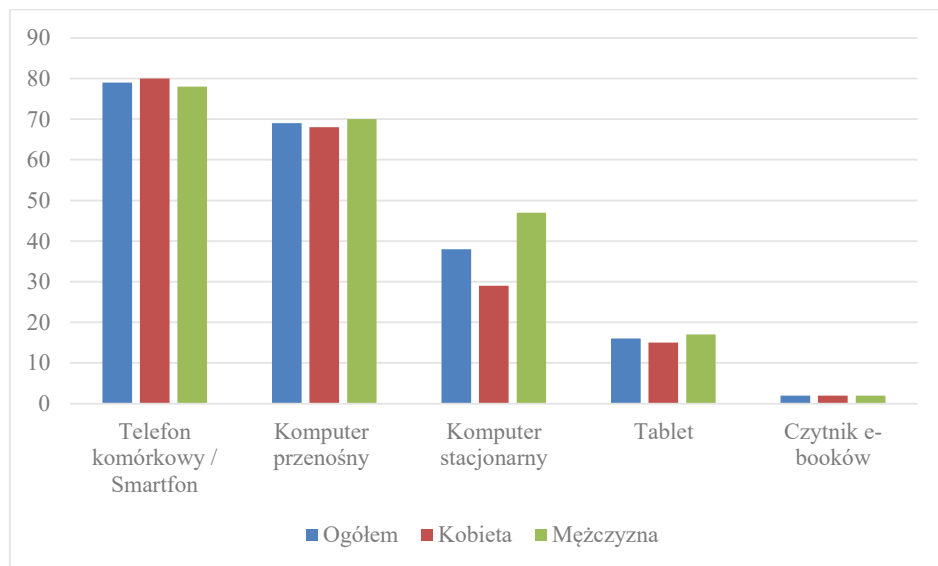
Niezależnie od rodzaju zobowiązań finansowych – takich jak regulowanie rachunków za media czy płatności za produkty konsumpcyjne – wszystkie te operacje mogą być realizowane przy wykorzystaniu urządzeń mobilnych. Wpro-

wadzenie tego typu rozwiązań istotnie podniosło poziom wygody użytkowników w obszarze dokonywania płatności. Konsument zyskał możliwość szybkiego, bezpiecznego i nieskomplikowanego regulowania należności wobec wybranego podmiotu handlowego za pomocą telefonu komórkowego.

Bankowość mobilna należy do najczęściej stosowanych form m-commerce na świecie. Do niedawna trudno było przewidzieć, że usługi bankowe mogą osiągnąć tak wysoki poziom prostoty i dostępności. Obecnie znaczną część podstawowych operacji finansowych użytkownicy są w stanie zrealizować bezpośrednio za pomocą urządzeń mobilnych, mimo istniejących ograniczeń związanych z zakresem świadczonych usług oraz limitami transakcyjnymi (Dahlberg i in., 2015).

Warto zatem przywołać raport e-commerce w Polsce za 2023 rok. Według przeprowadzonych badań urządzeniami najczęściej wykorzystywanymi do e-zakupów były smartfon i laptop, najrzadziej czytnik e-booków. Wyniki badań ogółem i z podziałem na płeć odnośnie rodzaju urządzeń wykorzystywanych przez internet w ciągu 12 miesięcy kształtowały się następująco (rysunek 6.5).

Rysunek 6.5. Urządzenia wykorzystywane przez respondentów do zakupów mobilnych w %



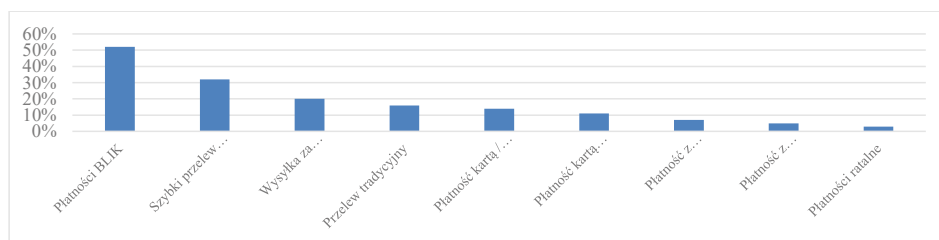
Źródło: opracowanie własne na podstawie: (E-commerce w Polsce, 2023)

Dość ciekawym zjawiskiem, współcześnie dominującym w e-commerce, jest handel społecznościowy (social commerce). Według Brzozowskiej-Woś (2011) handel społecznościowy to ważny obszar handlu elektronicznego, który wykorzystuje popularne narzędzia internetowe, takie jak poczta elektroniczna, fora dyskusyjne, kanały RSS czy strony WWW, w celu wspierania społecznych aspektów zachowań konsumenckich social commerce skupia się przede wszystkim na ułatwianiu nawiązywania relacji między użytkownikami, wzajemnym oddziaływaniu oraz współpracy konsumentów w trakcie podejmowania decyzji zakupowych. W myśl autorki social commerce może być realizowany w następujących obszarach:

- social shopping;
- oceny i recenzje;
- rekomendacje znajomych;
- fora i społeczności tworzone wokół marki;
- optymalizacja serwisu w mediach społecznościowych;
- reklamy i aplikacje w serwisach społecznościowych.

Social commerce stanowi nowy kierunek w handlu elektronicznym, w którym kluczowe znaczenie mają użytkownicy oraz ich wzajemne interakcje. Trend ten umożliwi tworzenie bardziej angażujących i spersonalizowanych doświadczeń zakupowych, wspierając lojalność konsumentów i rozszerzając możliwości sprzedaży w środowisku online (Geibel, Kracht, 2023). Zgodnie z przeprowadzonymi badaniami w 2023 i powstałym w związku z tym raportem e-commerce w Polsce wskazać należy, iż średnia liczba zakupów w social mediach w ciągu ostatniego roku wyniosła 7,3 razy w roku, natomiast średnie roczne wydatki opiewały na 705 PLN. Najpopularniejszą formą płatności była płatność za pomocą BLIK oraz szybkie przelewy bankowe przez serwisy płatności. Najrzadziej wybierano płatności ratalne. Zestawienie firm płatności wykorzystywanych do zakupów w social mediach przedstawiono na rysunku 6.6.

Rysunek 6.6. Formy płatności wykorzystywane do zakupów w social mediach w 2023 roku



Źródło: opracowanie własne na podstawie: (E-commerce w Polsce, 2023)

Analizując rolę e-commerce we współczesnej gospodarce i wskazując na nowoczesne rozwiązania w tym obszarze, wskazać należy na zjawisko określane mianem metaverse (metawersum). Według Mystakidis (2022) metaverse można zdefiniować jako trwałe i wzajemnie połączone środowiska wirtualne, w których użytkownicy mają możliwość pracy, rozrywki oraz budowania relacji społecznych niezależnie od miejsca, czasu i rodzaju urządzenia. Jest to zjawisko łączące elementy rzeczywistości fizycznej, rozszerzonej (AR) i wirtualnej (VR), umożliwiające interakcję w czasie rzeczywistym. Jest to rewolucyjna forma interakcji cyfrowej, oferująca niemal nieograniczony, wciąż niewykorzystany potencjał, który stwarza ogromne możliwości na rynku. Metaverse współcześnie należy upatrywać jako nową przestrzeń rozwoju e-commerce. Dzięki takim rozwiązaniom, jak wirtualne showrooms czy przymierzalnie klienci mogą podejmować decyzję zakupowe w bardziej przemyślany sposób.

Według Enyeji i in. (2024) coraz powszechniejszymi narzędziami stosowanymi w handlu zagranicznym są wirtualna rzeczywistość (VR) oraz rozszerzona rzeczywistość (AR). Pozwalają one na tworzenie takich zakupów, które są bardziej angażujące i interaktywne. Według Cunha i Krupsky (2025) AR i VR są fundamentem metawersum w e-commerce.

Umożliwiają tworzenie interaktywnych prezentacji produktów i wirtualnych reklam, które przyciągają uwagę zwłaszcza młodszych pokoleń. Generacja Z oczekuje doświadczeń zakupowych porównywalnych do gier komputerowych, stąd też rozwiązanie to jest skierowane w głównej mierze do nich. Głównym wyzwaniem pozostaje jednak wysoki koszt technologii oraz ograniczona dostępność dla małych i średnich przedsiębiorstw.

Technologia wirtualnej rzeczywistości (VR) pozwala użytkownikom całkowicie zanurzyć się w cyfrowym środowisku, w którym produkty mogą być oglądane w trójwymiarowej, realistycznej przestrzeni. Z kolei rozszerzona rzeczywistość (AR) umożliwia nakładanie wirtualnych elementów na rzeczywisty świat, co pozwala m.in. na wirtualne przymierzanie odzieży, sprawdzanie dopasowania mebli w pomieszczeniach czy wizualizację kosmetyków w naturalnym otoczeniu użytkownika. Integracja technologii VR i AR w e-commerce otwiera nowe perspektywy w obszarze marketingu, umożliwiając firmom projektowanie innowacyjnych kampanii oraz zwiększanie poziomu zaangażowania i interakcji konsumentów z marką.

Według Chen i Li (2022) dotychczasowe badania nad zastosowaniem VR/AR w e-commerce skupiały się przede wszystkim na perspektywie indywidualnego konsumenta, koncentrując się głównie na technologicznych właściwościach tych narzędzi. W przyszłości warto rozszerzyć te badania o analizę poznawczych i emocjonalnych reakcji użytkowników w różnych kontekstach handlu elektronicznego, uwzględniając zarówno korzyści, jak i potencjalne ograniczenia związane z wykorzystaniem VR/AR. Autorzy podkreślają (Chen, Li 2022), iż dalsze badania powinny koncentrować się również na wpływie technologii VR/AR na handel elektroniczny z perspektywy organizacyjnej, wykorzystując teorie organizacyjne

do analizy zastosowania VR/AR w różnych kontekstach e-commerce. Takie podejście może dostarczyć istotnych wniosków dotyczących implementacji VR/AR w działalności online oraz w funkcjonowaniu przedsiębiorstw.

Włączenie technologii rozszerzonej (AR) i wirtualnej rzeczywistości (VR) do platform e-commerce stanowi istotną zmianę jakościową w doświadczeniach zakupowych online. Dzięki nim użytkownicy mogą w realistyczny sposób wizualizować i testować produkty, co sprzyja bardziej świadomym decyzjom zakupowym. Z kolei zastosowanie systemów rekomendacji opartych na sztucznej inteligencji pozwala na dalszą personalizację oferty, zwiększa poziom zaangażowania konsumentów oraz wzmacnia wartość interakcji pomiędzy klientem a marką (Nongmeikapam i in., 2023).

Rozwój technologii cyfrowych przyczynia się do coraz szerszego wykorzystania rozwiązań immersyjnych w e-commerce, takich jak rozszerzona (AR) i wirtualna rzeczywistość (VR). Technologie te, mimo podobnych założeń, różnią się zakresem zastosowań oraz wpływem na doświadczenia zakupowe, co uzasadnia ich porównanie.

Tabela 6.2. Zestawienie AR i VR w zastosowaniach e-commerce

Kryterium	AR – rozszerzona rzeczywistość	VR – wirtualna rzeczywistość
Charakter technologii	Nakładanie elementów cyfrowych na obraz rzeczywisty	Pełne zanurzenie użytkownika w środowisku wirtualnym
Wymagany sprzęt	Smartfon, tablet, kamera	Gogle VR, kontrolery, komputer
Poziom immersji	Niski–średni	Bardzo wysoki
Łatwość wdrożenia	Wysoka	Ograniczona
Dostępność dla klientów	Bardzo wysoka	Ograniczona
Główne zastosowania	Wizualizacja produktu w rzeczywistym otoczeniu	Wirtualne sklepy i showroomy
Wpływ na decyzję zakupową	Bezpośredni i szybki	Pośredni, oparty na doświadczeniu
Koszty wdrożenia	Relatywnie niskie	Wysokie
Skala wykorzystania	Masowa	Selektywna
Typowe branże	Meble, moda, kosmetyki, elektronika	Nieruchomości, motoryzacja, luksus

Źródło: opracowanie własne

Reasumując, technologie rozszerzonej (AR) i wirtualnej rzeczywistości (VR) odgrywają ważną rolę w rozwoju handlu elektronicznego, jednak ich zastosowanie różni się pod względem funkcjonalnym. AR, ze względu na łatwą dostępność i prostotę implementacji, jest częściej wykorzystywana jako narzędzie wspomagające decyzje zakupowe klientów. Z kolei VR służy głównie do kreowania zaawansowanych, immersyjnych doświadczeń oraz wzmacniania wizerunku marki. Ostateczny wybór rozwiązania technologicznego powinien być uzależniony od charakteru działalności, przyjętej strategii oraz potrzeb odbiorców.

6.3. Inteligentne systemy zarządzania łańcuchem dostaw

Łańcuch dostaw należy definiować jako sieć organizacji zaangażowanych poprzez powiązania z dostawcami i odbiorcami w różne procesy i działania. Tworzą one wartość w postaci produktów i usług dostarczonych ostatecznym konsumentom (Christopher, 2000). W ramach łańcucha dostaw kluczową rolę odgrywa właściwe nim zarządzanie. Z tego też tytułu spotkać można się z wieloma sposobami ujmowania tego terminu, co utrudnia jednoznaczne pojmowanie i interpretację istoty i celu.

Łańcuch dostaw to zespół przedsiębiorstw wraz z ich zasobami, które są skoordynowane pionowo. Pomiędzy nimi zachodzą przepływy materiałowe i informacyjne, które są nastawione na dostarczenie produktu do konsumenta w oparciu o ustalone warunki. Objęcie zarządzaniem logistycznym przepływów materiałowych i informacyjnych świadczy o istnieniu łańcucha logistycznego realizowanego w ramach łańcucha dostaw (Twaróg, 2016). Warunkiem koniecznym do tworzenia łańcucha dostaw jest łańcuch magazynowo-transportowy, nazywany łańcuchem logistycznym. Łańcuch logistyczny według Gołembskiej to taki łańcuch magazynowo-transportowy, który stanowi technologiczne połączenie punktów magazynowych i przeładunkowych drogami przewozu towarów oraz organizacyjne i finansowe skoordynowanie operacji, procesów zamówień i polityki zapasów wszystkich ogniw tego łańcucha (Gołembska, 2010).

Zarządzanie łańcuchem dostaw (Supply Chain Management – SCM) z kolei to proces decyzyjny, które jest związany z koordynowaniem fizycznych, informacyjnych oraz finansowych strumieni popytu i podaży, które przepływają pomiędzy jego uczestnikami. Jest to realizowane w celu osiągnięcia przez nich przewagi konkurencyjnej i uzyskanie wartości dodanej (Witkowski, 2010). Sedno istoty i znaczenia SCM przedstawiają definicje, które zostały zestawione przez Blaika:

Tabela 6.3. Przegląd wybranych definicji

Autor definicja (rok)	Wymiar koncepcyjno-funkcjonalny SCM	Zakres przedmiotowo-podmiotowy SCM	Cele SCM
D. Simchi-Levi (2000)	Dyscyplina skupiająca się na integracji	Sfera dostawców, producentów, centrów dystrybucji, detalistów	Wykreowanie i dostosowanie oferty produkcji i dystrybucji dla właściwego klienta, we właściwym czasie, miejscu i cenie i po minimalnych kosztach
M. Christopher (2000)	Zarządzanie relacjami	Dostawcy, odbiorcy, klienci	Dostarczenie najwyższej wartości dla klienta po niższych kosztach dla całego łańcucha
J. Witkowski (2003)	Proces decyzyjny związany z synchronizowaniem strumieni	Fizyczne, informacyjne i finansowe strumienie popytu i podaży przepływające między uczestnikami łańcucha dostaw	Osiągnięcie przewagi konkurencyjnej i tworzenie wartości dodanej z korzyścią dla wszystkich ogniw łańcucha, klientów oraz pozostałych interesariuszy
H. Beckmann (2004)	Kształtowanie, sterowanie i rozwój	Od pozyskania surowców do świadczenia usług dla ostatecznych nabywców (przepływy materialne, informacyjne i środków finansowych)	Tworzenie wartości
H. Wannenwetsch (2005)	Skuteczne współdziałanie łańcucha	Wszystkie fazy łańcucha tworzenia wartości od dostawców, poprzez producentów, do klientów	Tworzenie wartości

Źródło: (Blaik, 2017)

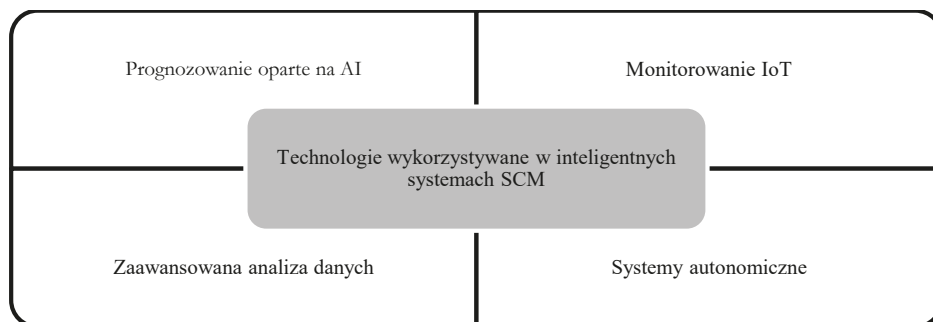
Podjmując rozważania w zakresie logistyki i zarządzania łańcuchem dostaw, warto przedstawić dość ciekawe przemyślenia, które zaprezentowali Larson i Hall-dorsson. Podjęli oni próbę wskazania na podobieństwa i różnice znaczeniowe ww. pojęć, przede wszystkim przyjmując punkt widzenia przedstawicieli teorii i praktyki. Należy zatem wskazać na cztery płaszczyzny interpretacji współzależności między wspomnianymi kategoriami. Są to:

- tradycjoniści (uważają, że SCM jest częścią logistyki, wychodzącą poza przedsiębiorstwo, wzdłuż linii zewnętrznej logistyki oraz między organizacjami);
- przemianowanie etykiety (SCM jest logistyką, przemianowaną formą zintegrowanej logistyki – co niewątpliwie wskazuje na brak różnicy pomiędzy tymi pojęciami);
- unioniści (uważają, że logistyka jest częścią SCM, można ją postrzegać jako element szerszego problemu funkcjonowania łańcucha dostaw oraz redukują logistykę do jednego z wielu procesów lub obszarów biznesu);
- punkty styku (SCM jest szeroką strategią, która przecina wiele obszarów biznesu) (Blaik, 2004; Rutkowski, 2004).

Reasumując poczynione rozważania, należy wskazać, iż zadaniem zarządzania łańcuchem dostaw jest optymalizacja całego łańcucha dostaw w zakresie jego sprawności i efektywności (Blaik, 2004). Kluczową rolę odgrywa tutaj integracja pomiędzy jego poszczególnymi ogniwami w zakresie przepływu surowców, materiałów, półproduktów i produktów oraz informacji, co niewątpliwie przekłada się na sprawne i zwinne zarządzanie nim.

Współcześnie kluczową rolę w łańcuchu dostaw odgrywają inteligentne systemy zarządzania. Rozwiązania te wykorzystują nowoczesne technologie cyfrowe, które wspierają m.in. procesy planowania, monitorowania czy też je optymalizują w całym łańcuchu dostaw. Inteligentny łańcuch dostaw to system, który dzięki sztucznej inteligencji, Internetowi Rzeczy i analizie danych potrafi samodzielnie zarządzać procesami, przewidywać problemy i nieustannie poprawiać swoją efektywność. Zamiast reagować dopiero na zdarzenia, taki łańcuch dostaw działa proaktywnie, dostosowuje się do zmian i automatycznie optymalizuje swoje działanie (Symestic, n/d). W związku z tym należy wskazać na kluczowe technologie, wykorzystywane w inteligentnych systemach zarządzania łańcuchem dostaw (rysunek 6.7).

Rysunek 6.7. Technologie wykorzystywane w inteligentnych systemach zarządzania łańcuchem dostaw



Źródło: opracowanie własne

Prognozowanie oparte na sztucznej inteligencji bazuje na zastosowaniu algorytmów sztucznej inteligencji, głównie uczenia maszynowego, aby móc przewidzieć przyszłe zdarzenia czy trendy w łańcuchu dostaw, a więc popyt, zapotrzebowanie na surowce czy też terminy i harmonogram dostaw (Choi i in., 2018). Zastosowanie powyższej metody prognozowania gwarantuje dokładniejsze prognozy, aniżeli stosowanie tradycyjnych metod statystycznych. Również Internet Rzeczy odgrywa coraz ważniejszą rolę w zarządzaniu łańcuchem dostaw, to jest w zakresie przepływu surowców, materiałów i wyrobów gotowych oraz informacji. Zastosowanie czujników, nadajników RFID czy też inteligentnych etykiet umożliwi bieżące monitorowanie każdego etapu przepływu w łańcuchu dostaw. Ponadto zastosowanie IoT w monitorowaniu łańcucha dostaw umożliwi:

- śledzenie lokalizacji pojazdów i przesyłek w czasie rzeczywistym;
- kontrolę warunków transportu;
- bieżącą informację w zakresie poziomu stanów zapasów magazynowych;
- wczesne wykrycie zakłóceń czy też opóźnień w dostawach;
- zwiększenie przejrzystości łańcucha dostaw.

Rysunek 6.8. IoT w zarządzaniu łańcuchem dostaw



Źródło: opracowanie własne

W obszarze produkcji instalowane są czujniki IoT, które odpowiedzialne są za monitorowanie procesów wytwórczych, jakość produktów czy ich parametry, następnie dane są rejestrowane w systemie i przesyłane do centralnej bazy danych. Jednym z systemów wspierających zarządzanie produkcją jest system MES (Manufacturing Execution System). Ten system informatyczny służy do zarządzania produkcją i monitorowanie w czasie rzeczywistym procesów produkcyjnych. Pozwala również na zbieranie danych o ich przebiegu. Dla przykładu system MES czeskiej firmy Pharis (www.pharis.cz) umożliwia kompleksowe śledzenie procesów produkcyjnych, zbieranie danych oraz ich analizę w czasie rzeczywistym, aby łatwiej sterować procesami i reagować na ewentualne awarie maszyn. Przyczynia się również do zwiększenia efektywności, redukcji kosztów oraz poprawy przejrzystości całego cyklu produkcyjnego. Do kluczowych funkcji systemów MES zaliczyć należy (tabela 6.4):

Tabela 6.4. Funkcje systemów MES w wybranych obszarach funkcjonalnych przedsiębiorstwa

Produkcja	Kontrola jakości	Czas pracy	Magazyn
<ul style="list-style-type: none"> – elektroniczne przydzielanie zadań wraz z instrukcjami, – integracja z procesami kontroli jakości, – raportowanie produkcji w czasie rzeczywistym. 	<ul style="list-style-type: none"> – zarządzanie terminami przydatności, wynikami inspekcji czy też przydzielanie zadań kontroli jakości, – kontrola specyfikacji oraz śledzenie wyników jakości. 	<ul style="list-style-type: none"> – wprowadzanie czasu pracy za pomocą kart zbliżeniowych, – elastyczne zasady określania czasu pracy. 	<ul style="list-style-type: none"> – automatyczne przydzielanie zadań przyjęcia dostawy, – kontrola zapasów, – zarządzanie zapasami produktów i materiałów pakujących, – reguły nadawania numerów identyfikacyjnych wysyłanych wyrobów.

Źródło: opracowanie własne na podstawie: (www.pharis.cz, 30.09.2025)

Z kolei w magazynach wykorzystywana jest technologia IoT oraz RFID na potrzeby automatycznej identyfikacji towarów czy też monitorowania stanów zapasów w magazynie. Niewątpliwie system umożliwi rzeczywiste sprawdzanie lokalizacji produktów, kontrolę zapasów i optymalizację rozmieszczenia w ma-

gazynie. W transporcie z kolei zastosowanie IoT umożliwia śledzenie przesyłek w czasie rzeczywistym. Ponadto system zapewni monitorowanie tras, czasu dostawy czy warunków przewozu. Klient z kolei ma możliwość dostępu do informacji w czasie rzeczywistym. Dotyczy to chociażby statusu zamówienia, lokalizacji przesyłki czy planowanego czasu dostawy.

Kolejną technologią wykorzystywaną w SCM jest zaawansowana analiza danych, która możliwa jest dzięki zastosowaniu odpowiednich metod, technik i narzędzi, które umożliwiają przetwarzanie dużych zbiorów danych. Ogniwami zaawansowanej analizy danych są uczenie maszynowe, analiza predykcyjna i preskryptywna, analiza big data oraz Data Mining (odkrywanie ukrytych wzorców i relacji w danych) (Govindan i in., 2018). Szczególnie w kontekście produkcji i logistyce zastosowanie takich narzędzi umożliwi monitorowanie maszyn oraz prognozowanie popytu w czasie rzeczywistym, co w rezultacie przełoży się na optymalizację łańcucha dostaw. Również systemy autonomiczne odgrywają ważną rolę w inteligentnym zarządzaniu łańcuchem dostaw. Odpowiedzialne są one za prognozowanie popytu i planowanie (systemy analizują dane historyczne, trendy rynkowe czy zmienne ekonomiczne, aby właściwie dostosować i zaplanować zamówienia), optymalizację transportu i logistyki (systemy autonomicznie planują najbardziej efektywne trasy transportu), odpowiadają za zarządzanie magazynem (roboty czy wózki autonomiczne kompletują zamówienia i dostarczają towary do właściwych doków załadunkowych), automatyzację procesów zakupowych (systemy mogą autonomicznie dokonywać zamówień do dostawców w zależności od poziomu zapasów) oraz monitorowanie i reagowanie w czasie rzeczywistym (World Economic Forum, 2025). Inteligentne systemy zarządzania łańcuchem dostaw (SCM) wykorzystują sztuczną inteligencję, IoT i robotykę do automatyzacji planowania, magazynowania i transportu. Umożliwiają prognozowanie popytu, optymalizację zapasów oraz szybkie reagowanie na zmiany rynkowe. Systemy autonomiczne podejmują decyzje samodzielnie, np. w sprawie zamówień czy przekierowania przesyłek w razie zakłóceń. Dzięki temu zwiększają efektywność operacyjną, obniżają koszty i ograniczają błędy ludzkie, szczególnie w kontekście handlu elektronicznego. Wymagają jednak inwestycji w technologie, integracji z istniejącymi systemami i odpowiedniego nadzoru dla bezpieczeństwa i niezawodności łańcucha dostaw.

Przywołując inteligentne systemy zarządzania łańcucha dostaw, wspomnieć należy o systemie TMS (Transportation Management System), który w głównej mierze odpowiedzialny jest za zarządzanie transportem. W ramach tego systemu realizowane są takie czynności, jak planowanie tras, konsolidacja przesyłek, monitorowanie dostaw oraz optymalizacja kosztów transportu. System TMS jest również narzędziem informatycznym wspierającym planowanie, monitorowanie i rozliczanie procesów transportowych w przedsiębiorstwie. Obejmuje on nie tylko obsługę przewozów, lecz także integruje działania różnych obszarów organizacji, takich jak księgowość, administracja, planowanie oraz magazyn (Warsewicz,

2022). Z punktu widzenia przedsiębiorstwa transportowego system TMS stanowi kompleksowe narzędzie wspierające planowanie, realizację oraz kontrolę zleceń transportowych. System umożliwia rejestrację i obsługę zleceń, kompletowanie ładunków, planowanie środków transportu oraz powiązań pomiędzy pojazdami i kierowcami. Pozwala na precyzyjne wyznaczanie planowanych i rzeczywistych tras przejazdu, automatyczne obliczanie czasu realizacji zleceń oraz ocenę ich rentowności już na etapie planowania. Dzięki integracji z rozwiązaniami telematycznymi i systemami GPS TMS zapewnia bieżące monitorowanie lokalizacji pojazdów, kontrolę zużycia paliwa, analizę tankowań oraz weryfikację poprawności danych dotyczących przebiegu i stanu paliwa. Dodatkowo system wspiera komunikację z kierowcami, m.in. poprzez wysyłanie informacji o trasie, oraz umożliwia generowanie i rejestrację dokumentacji transportowej, takiej jak karty drogowe, co przekłada się na zwiększenie efektywności operacyjnej i przejrzystości procesów transportowych. Opierając się na przedstawionych podstawowych założeniach, wybór systemu TMS staje się kluczowym czynnikiem determinującym efektywność procesów logistycznych oraz funkcjonowanie łańcucha dostaw. Odpowiednio dobrane oprogramowanie TMS umożliwia usprawnienie optymalizacji tras, zarządzania przewozami oraz monitorowania transportu w czasie rzeczywistym, co przekłada się na redukcję kosztów i wzrost satysfakcji klientów (Kütahya i in., 2025).

Postęp technologiczny i cyfryzacja stwarzają innowacyjne modele i instrumenty pozwalające zmierzyć się podmiotom z nowymi uwarunkowaniami. Jednym z trendów są współcześnie cyfrowe bliźniaki (Digital Twins). Są to wirtualne modele łańcucha dostaw, które umożliwiają symulację scenariuszy i ocenę skutków decyzji operacyjnych. Za prekursora definicji cyfrowych bliźniaków (CB) uznaje się Grievesa (Zarzycka, 2024). Grieves (2023) określa cyfrowego bliźniaka jako cyfrowy konstrukt fizycznego systemu, funkcjonujący jako samodzielny byt i pozostający w ścisłej relacji z jego rzeczywistym odpowiednikiem. Z kolei Haag i Anderl (2018) postrzegają cyfrowego bliźniaka jako zbiór wszystkich cyfrowych artefaktów tworzonych w trakcie rozwoju produktu, powiązanych z danymi generowanymi podczas jego eksploatacji. Według Glaessgena i Stargela (2012) cyfrowy bliźniak stanowi zintegrowaną symulację złożonego produktu, która obejmuje najlepsze dostępne modele fizyczne, aktualizacje czujników oraz historię użytkowania, umożliwiając wierne odwzorowanie cyklu życia rzeczywistego obiektu. Natomiast Negri i in. (2017) definiują cyfrowego bliźniaka jako cyfrową ilustrację produktu, wykorzystującą technologie pozwalające na jego odwzorowanie w wirtualnej przestrzeni (*twinning*), w celu osiągnięcia takich samych korzyści jak w świecie rzeczywistym. Najbardziej syntetyczne ujęcie przedstawia Kuhn (2017), który opisuje cyfrowego bliźniaka jako cyfrową reprezentację obiektu funkcjonującego w realnym świecie.

W obszarze logistyki oraz zarządzania łańcuchem dostaw technologia cyfrowych bliźniaków znajduje zastosowanie w modelowaniu przepływu materiałów,

analizie wykorzystania infrastruktury logistycznej, identyfikowaniu potencjalnych wąskich gardeł oraz weryfikacji alternatywnych wariantów decyzyjnych bez konieczności ingerowania w rzeczywiste procesy operacyjne. Umożliwia to ocenę konsekwencji zmian organizacyjnych, zakłóceń w dostawach czy zmienności popytu jeszcze na etapie planowania.

Wdrożenie rozwiązań Digital Twins sprzyja zwiększeniu efektywności funkcjonowania systemów logistycznych, ograniczeniu kosztów operacyjnych, podniesieniu niezawodności procesów oraz skuteczniejszemu zarządzaniu ryzykiem. W perspektywie długookresowej technologia ta wspiera rozwój inteligentnych i zrównoważonych łańcuchów dostaw, wpisując się w założenia koncepcji Przemysłu 4.0.

Inteligentne systemy zarządzania łańcuchem dostaw odpowiadają na rosnącą złożoność współczesnych rynków, wykorzystując nowoczesne technologie informatyczne, takie jak sztuczna inteligencja, analityka danych oraz Internet Rzeczy. Rozwiązania te wspierają planowanie i koordynację przepływu materiałów oraz informacji w całym łańcuchu dostaw.

Ich głównym zadaniem jest zwiększenie przejrzystości procesów logistycznych oraz umożliwienie szybkiego reagowania na zmiany popytu i zakłócenia operacyjne. Analiza danych w czasie rzeczywistym pozwala na prognozowanie zapotrzebowania, optymalizację zapasów oraz usprawnienie planowania transportu. W efekcie inteligentne systemy przyczyniają się do poprawy efektywności kosztowej, niezawodności dostaw oraz jakości obsługi klienta, jednocześnie wspierając rozwój zrównoważonych łańcuchów dostaw.

Zakończenie

Analiza zagadnień obejmujących międzynarodową logistyką e-commerce wskazuje, iż rozwój handlu elektronicznego stawia przed przedsiębiorstwami szereg różnorodnych wyzwań, wymagających zarówno innowacyjnych rozwiązań technologicznych, jak i elastycznych strategii zarządzania. Współczesny e-commerce nierozdzielnie powiązany jest z nieustannie postępującą globalizacją rynku, co wpływa na zwiększenie konkurencyjności firm oraz konieczność optymalizacji procesów logistycznych na wielu poziomach. Globalizacja wymusza integrację łańcucha dostaw, umożliwiając skuteczne dostarczanie produktów do klientów na całym świecie, przy jednoczesnym zachowaniu kontroli nad kosztami i czasem realizacji zamówień.

Rozdział pierwszy ukazał znaczenie globalizacji dla logistyki e-commerce, podkreślając rolę strategii optymalizacji kosztów oraz rozwój logistyki cross-border na rynkach wschodzących. Firmy działające na rynku globalnym w celu utrzymania stabilnej pozycji rynkowej zmuszone są inwestować w nowoczesne technologie umożliwiające monitorowanie oraz optymalizację przepływu towarów. Jednocześnie przekłada się to na wyższą konkurencyjność oraz satysfakcję klientów. Przykładem mogą być platformy integrujące systemy magazynowe i transportowe, takie jak SAP Logistics czy Oracle SCM Cloud, umożliwiające bieżącą kontrolę nad przepływem towarów, planowaniem trasy dostaw i minimalizowaniem czasu realizacji zamówień. Rozdział drugi poświęcony został wyzwaniom i innowacjom w logistyce międzynarodowej. Omówiono bariery, takie jak regulacje prawne, zróżnicowanie standardów, ograniczenia infrastrukturalne oraz ryzyka związane z obsługą dostaw na dużą skalę. Jednocześnie wskazano innowacyjne modele dostaw oraz zintegrowane systemy logistyczne, które umożliwiają przedsiębiorstwom skuteczniejsze zarządzanie łańcuchem dostaw. Firmy takie jak Amazon czy Alibaba wprowadzają zintegrowane platformy monitorowania zamówień i optymalizacji tras, a także wykorzystują systemy zarządzania zapasami w czasie rzeczywistym, co znacząco poprawia efektywność operacyjną. Rozdział trzeci skupił się na roli logistyki w e-commerce, prezentując modele logistyczne oraz wskazując kluczowe wyzwania i szanse dla branży. Skuteczna logistyka e-commerce obejmuje kompleksowe podejście do obsługi klienta, planowania dostaw, zarządzania zwrotami oraz integrację systemów informatycznych. Współczesne przedsiębiorstwa coraz częściej korzystają z narzędzi takich jak Last Mile Delivery Solutions, umożliwiających personalizację dostaw pod kątem czasu i miejsca odbioru, co znacząco podnosi komfort i satysfakcję klienta. W rozdziale czwartym oraz piątym skoncentrowano się na wpływie nowoczesnych technologii na logistykę e-commerce. Wskazano rolę automatyzacji, sztucznej inteligencji, Internetu Rzeczy, technologii blockchain czy systemów zarządzania magazynem w usprawnianiu procesów logistycznych i budowaniu przewagi konkurencyjnej. Podkreślono również rosnące znaczenie

ekologicznych strategii logistycznych, w tym wykorzystania opakowań przyjaznych środowisku, gospodarki obiegu zamkniętego czy niskoemisyjnych środków transportu. Rozdział szósty poświęcono wpływowi nowych modeli biznesowych oraz globalnych trendów ekonomicznych na logistykę e-commerce. Wzrost popularności modeli subskrypcyjnych, marketplace'ów czy sprzedaży bezpośredniej do konsumenta (D2C) stawia przed współczesną logistyką nowe wymagania, takie jak większa elastyczność magazynów, szybka realizacja zamówień i adaptacja do zmiennych wolumenów sprzedaży.

Rozwój e-commerce wymaga coraz większego uwzględniania aspektów personalizacji usług i doświadczenia klienta w całym łańcuchu dostaw. Przedsiębiorstwa działające w branży e-commerce oraz e-logistyki muszą nie tylko szybko dostarczać produkty, ale także reagować na zmieniające się potrzeby klientów, oferując elastyczne opcje dostawy, śledzenie przesyłek w czasie rzeczywistym oraz kompleksowe systemy obsługi zwrotów. Integracja technologii cyfrowych z logistyką umożliwi bieżące analizowanie danych dotyczących zachowań klientów, co pomaga w prognozowaniu popytu i optymalizacji stanów magazynowych.

Podsumowując, logistyka e-commerce w kontekście międzynarodowym jest obszarem wymagającym synergii między technologią, strategią zarządzania a świadomością ekologiczną. Skuteczne funkcjonowanie przedsiębiorstw w tym sektorze wymaga inwestowania w nowoczesne narzędzia informatyczne, automatyzację procesów, rozwój kompetencji pracowników, a także wdrażanie praktyk proekologicznych. Wyzwania, takie jak skracanie czasu dostaw, optymalizacja kosztów czy dostosowanie się do zmieniających się oczekiwań konsumentów, stają się okazją do wprowadzania innowacji i budowania przewagi konkurencyjnej. W świetle przeprowadzonych analiz stwierdzić można, że przyszłość logistyki e-commerce w kontekście handlu międzynarodowego kształtowana będzie przez nieustanne innowacje technologiczne, zrównoważone praktyki operacyjne, a także zmieniające się oczekiwania klientów. Wdrożenie inteligentnych systemów, automatyzacja procesów, rozwój ekologicznych strategii logistycznych oraz wykorzystanie potencjału sztucznej inteligencji i big data stwarzają przedsiębiorstwom szansę na efektywne funkcjonowanie na rynku międzynarodowym, poprzez zwiększenie efektywności operacyjnej oraz poprawę jakości obsługi klienta.

Logistyka e-commerce w perspektywie globalnej stanowi nie tylko element wspierający sprzedaż, ale staje się strategicznym obszarem działalności przedsiębiorstw. Logistyka decyduje o konkurencyjności, innowacyjności oraz odpowiedzialności wobec środowiska i społeczeństwa. Wyzwania związane z cyfryzacją, globalizacją oraz ekologią będą nieustannie kształtować branżę. Przy czym umiejętne wykorzystanie nowoczesnych narzędzi czy metod zarządzania pozwoli firmom na dynamiczny rozwój, utrzymanie wysokiej jakości usług, a także zbudowanie trwałej przewagi konkurencyjnej na rynku międzynarodowym. W perspektywie dalszego rozwoju handlu elektronicznego przedsiębiorstwa, które z sukcesem połączą nowoczesne technologie, strategię logistyczną oraz działania proekolo-

giczne, będą skutecznie odpowiadać na wymagania globalnego rynku, ale także wyznaczać nowe standardy w obszarze e-logistyki, tworząc wzorce efektywności i innowacyjności dla całej branży.

Bibliografia

- Accenture (2022a). *AI in logistics: Unlocking predictive value*. Pobrano z: <https://www.accenture.com> (dostęp: 12.06.2025).
- Accenture (2022b). *Big data in logistics*. Pobrano z: <https://www.accenture.com> (dostęp: 12.06.2025).
- Alpaydin, E. (2020). *Introduction to Machine Learning (4th ed.)*. London: MIT Press.
- Amazon Robotics (2025). *Technology powering Amazon fulfillment*. Pobrane z: <https://www.aboutamazon.com> (dostęp: 20.07.2025).
- Amazon Services Europe (2023). *FBA guide for international sellers*. Pobrano z: https://m.media-amazon.com/images/G/02/Pan_EU_FBA_handbook/Pan_EU_EN.pdf (dostęp: 20.07.2025).
- Anchanto (2024). *Click & Collect: Why It's Essential for Omnichannel Retail*. Anchanto. Pobrano z: <https://anchanto.com/click-collect-service-why-its-a-key-component-of-omnichannel-order-management> (dostęp: 10.08.2025).
- Antonowicz, M. (2016). Handel internetowy – implikacje dla logistyki. *Handel Wewnętrzny*, 2(361).
- Antonowicz, M. (2017). Strategia omnichannel – wyzwanie dla logistyki. *Handel Wewnętrzny*, 370(5).
- Bajdor, P. (2012). Comparison between sustainable development concept and Green Logistics: The literature review. *Polish journal of management studies*, 5.
- Baraniecka, A. (2002). Marketingowe i logistyczne funkcje opakowań. *Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu*, 21.
- Basalisco, B., Wahl, J.S., Okholm, H.B. (2018). *Economic effects of online marketplace bans*. Copenhagen Economics. Pobrano z: <https://www.copenhageneconomics.com/publication/economic-effects-of-online-marketplace-bans/> (dostęp: 7.06.2025).
- Beck, N., Rygl, D. (2015). Categorization of multiple channel retailing in Multi-Cross-and Omni Channel Retailing for retailers and retailing. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 27.
- Bendkowski, J., Kramarz, M. (2006). *Logistyka stosowana. Metody, techniki, analizy*. Gliwice: wyd. Politechniki Śląskiej.
- Bhalla, R. (n.d.). Introduction to Big Data [w:] S. Singh (red.). *Introduction to Big Data*. Phagwara: Lovely Professional University.
- Blaik, P. (2017). *Logistyka. Koncepcja zintegrowanego zarządzania*. Warszawa: PWE.
- Bowersox, D.J., Closs, D.J., Cooper, M.B. (2013). *Supply chain logistics management*. New York, NY: McGraw-Hill Education.
- Bręgiel, E., Wicenta, K., Majchrzak, J. (2020). Marketingowe ujęcie działalności e-commerce na rynku usług logistycznych. *Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Organizacja i Zarządzanie*, (82), 21-34.
- Brzeziński, J. (2020). Zastosowanie technologii blockchain w łańcuchach dostaw. W J. Brzeziński, A. Rudnicka (Red.), *Nowoczesne trendy w logistyce i zarządzaniu łańcuchem dostaw*. Łódź: Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego.
- Bukowski, L. (2019). Logistics decision-making based on the maturity assessment of imperfect knowledge. *Engineering Management in Production and Services*, 11(4).

- Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV). (2023). *Elektromobilität und alternative Antriebe im Güterverkehr*. Berlin: BMDV.
- Cainiao (2023). *Global logistics network overview*. Alibaba Group.
- Carter, C.R., Ellram, L.M. (1998). Reverse logistics: A review of the literature and framework for future investigation. *Journal of business logistics*, 19(1).
- CEN (2017). *Recommendation for SSCC implementation in cross-border parcel logistics*. European Committee for Standardization.
- Chabrowski, P., Wiśniewska, I., Nisztuk, T., Olender, K., Porzeczyński, M., Śledzik, M. (2015). *Raport E-commerce: Jak sprostać wyzwaniom dynamicznego rozwoju i stać się dominującym graczem*. Fundacja im. L. Pagi.
- Chang, S.E., Chen, Y. (2020). When Blockchain Meets Supply Chain: A Systematic Literature Review on Current Development and Potential Applications, *IEEE Access*, (8).
- Chen, H., Chiang, R.H.L., Storey, V.C. (2012). Business intelligence and analytics: From big data to big impact. *MIS Quarterly*, 36(4).
- Chen, H., Li, H. (2022). VR/AR Application in E-commerce: a Literature Review (2022). *WHICEB2022 Proceedings*, 56.
- Chodak, G. (red.). (2014). *Wybrane zagadnienia logistyki w sklepach internetowych – modele, badania rynku*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej.
- Choi, T.-M., Wallace, S.W., Wang, Y. (2018). Big data analytics in operations management. *Production and Operations Management*, 27(10). Pobrano z: <https://doi.org/10.1111/poms.12838> (dostęp: 10.09.2025).
- Christopher, M. (2000). *Logistyka i zarządzanie łańcuchem dostaw. Strategie obniżki kosztów i poprawy poziomu usług*. Warszawa: PCDL.
- Christopher, M. (2016). *Logistics & supply chain management (5th ed.)*. Harlow: Pearson.
- Cichoń, A., Dudkowiak, M. (2024). *Pojazdy elektryczne w Polsce – statystyki*. Pobrano z: <https://dudkowiak.pl/elektromobilnosc> (dostęp: 26.08.2025).
- Cichosz, M. (2020). *Drony w logistyce ostatniej mili*. Warszawa: Szkoła Główna Handlowa.
- Ciesielski, A. (red.). (2013). *Logistyka w e-gospodarce*. Warszawa: PWE.
- Ciesielski, M. (1999). *Logistyka w strategiach firm*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Cieślak, R., Rogaczewski, R. (2019). *Czynniki determinujące efektywność przedsiębiorstw produkcyjnych*. Konin: Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Koninie.
- Copeland, B J. (2023). *Artificial intelligence*. Encyclopedia Britannica.
- Coyle, J.J., Langley, C J., Novack, R.A., Gibson, B. J. (2016). *Supply chain management: A logistics perspective (10th ed.)*. Boston, MA: Cengage Learning.
- Cunha, M.N., Krupsky, O.P. (2025). Transforming online retail: The impact of augmented and virtual reality on consumer engagement and experience in e-commerce. *Uluslararası Sosyal Siyasa ve Mali Araştırmalar Dergisi*, 5(1).
- Ćwikowska, S., Hudz, V. (2023). Ekologiczne opakowania jako zgodna ze środowiskiem alternatywa. *Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie. Ekonomia i Organizacja Logistyki*, 8 (4).
- Cywiński, M. (2021). Paradoks rozwojowy w okresie ograniczonej działalności gospodarczej. *Przedsiębiorstwo i Finanse*, 2/2021, 19-30.
- Dahlberg, T., Guo, J., Ondrus, J. (2015). A critical review of mobile payment research. *Electronic commerce research and applications*, 14(5), 265-284.
- Dave, C. (2015). *Digital Business and E-Commerce management: Strategy, Implementation and Practice*. (6th ed.). Harlow, England: Pearson Education.

- Delfmann, W. (1990). Marketing und Logistik integrieren. *Jahrbuch der Logistik*, 1, 10-15.
- Delfmann, W., Reihlen, M. (2002). Strategisches Logistikmanagement [w:] D. Arlnold, H. Isermann, A. Kuhn, H. Tempelmeier (Red.). *Handbuch Logistik*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag.
- Deloitte. (2023). *Global powers of retailing 2023*. Pobrano: <https://www2.deloitte.com> (dostęp: 09.08.2025).
- DHL (2021). *Internet of things in supply chains*. Bonn. Pobrano z: <https://www.dhl.com/next-gen-wireless-logistics> (dostęp: 09.08.2025).
- DHL (2022). *Fulfillment solutions for international retailers*. Pobrano z: <https://www.dhl.com> (dostęp: 9.08.2025).
- DHL (2023). *Global e-commerce logistics: Trends and solutions*. Pobrano z: <https://www.dhl.com/global-en/microsites/ec/ecommerce-insights/insights/reports/2025-ecommerce-trends-report.html> (dostęp: 9.08.2025).
- Dikariev, H., Miłosz, M. (2018). Technologia blockchain i jej zastosowania, *Journal of Computer Science Institute*, nr (6).
- Dobbs, R. et al. (2015). *No Ordinary Disruption*. New York: PublicAffairs.
- Dobrzański, P. (2016). Wykorzystanie robotów w procesach logistycznych. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Organizacja i Zarządzanie*, z. 99.
- Durlacher Ltd. (2001). *UMTS Report: An Investment Perspective*. Durlacher Research Ltd. London.
- Dyrektywa 94/62/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 20 grudnia 1994 r. w sprawie opakowań i odpadów opakowaniowych.
- Elert, B. (2017). Czas galopujących technologii – myślące łańcuchy dostaw. *Logistics Manager*, 74-81.
- Ellen MacArthur Foundation (2019). *Completing the picture: How the circular economy tackles climate change*. Ellen MacArthur Foundation.
- Enyejo, J.O., Obani, O.Q., Afolabi, O., Igba, E., Ibokette, A.I. (2024). Effect of Augmented Reality (AR) and Virtual Reality (VR) experiences on customer engagement and purchase behavior in retail stores. *Magna Scientia Advanced Research and Reviews*, 11(2).
- European Commission, E-commerce Europe (2015). *European B2C e-commerce light report*. Pobrano z: <https://www.ecommerce europe.eu/facts figures/free downloads> (dostęp: 17.07.2025).
- European Commission (2016). *Geo-blocking practices in e-commerce: Issues paper. European Commission*. Pobrano z: <https://ec.europa.eu> (dostęp: 17.07.2025).
- European Commission (2020). *User survey on cross-border parcel delivery*. Pobrano z: <https://ec.europa.eu> (dostęp: 17.07.2025).
- European Commission (2021a). *Proposal for a regulation laying down harmonized rules on artificial intelligence (Artificial Intelligence Act)*. Bruksela. Pobrano z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52021PC0206> (dostęp: 07.08.2025).
- European Commission (2021b). *VAT One Stop Shop (OSS)*. Pobrano z: https://ec.europa.eu/taxation_customs/business/vat/oss_en (dostęp: 17.0.2025).
- European Commission (2022). *Cross-border parcel delivery report*. Brussels.
- European Union. (n.d.). *CE marking*. Pobrano z: https://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/labels-markings/ce-marking/index_en.htm (dostęp: 17.07.2025).

- Eurostat (2017). *Eurostat statistics explained: E-commerce statistics*. Pobrano z: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/E-commerce_statistics (dostęp: 19.07.2025).
- Fabryki w Polsce (2025). *Magazyn przyszłości? LPP Logistics stawia na robotyzację*. Pobrano z: <https://fabrykiwpolsce.pl/magazyn-przyszlosci-lpp-logistics-stawia-na-robotyzacje> (dostęp: 27.07.2025).
- Featherman, M. S., Hajli, N. (2016). Self-service technologies and e-services risks in social commerce era. *Journal of Business Research*, 69(7), 2485-2490. Pobrano z: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2016.02.042> (dostęp: 17.07.2025).
- Fernie, J., Sparks, L. (2019). *Logistics and retail management: Emerging issues and new challenges in the retail supply chain (5th ed.)*. London: Kogan Page.
- Frazelle, E.H. (2002). *World-class warehousing and material handling*. New York, NY: McGraw-Hill.
- Gandomi, A., Haider, M. (2015). Beyond the hype: Big data concepts, methods, and analytics. *International Journal of Information Management*, 35(2), 137-144.
- Geibel, R.C., Kracht, R. (2023). *Social Commerce – Origin and Meaning. Digital Management in Covid-19 Pandemic and Post-Pandemic Times: Proceedings of the International Scientific-Practical Conference (ISPC 2021)*. Cham: Springer International Publishing.
- General Administration of Customs, PRC. (n.d.). *Import tariff rules for e-commerce goods*. Pobrano z: <http://english.customs.gov.cn> (dostęp: 10.07.2025).
- Gertner, R.H., Stillman, R.S. (2001). Vertical Integration and Internet Strategies in the Apparel Industry. *The Journal of Industrial Economics*, 49(4).
- Ghavami, F. (2024). *Top global online marketplaces: Key data and statistics. Digital Commerce 360*. Pobrano z: <https://www.digitalcommerce360.com> (dostęp: 10.09.2025)
- Gignac, G.E., Szodorai, E.T. (2024). Defining intelligence: Bridging the gap between human and artificial perspectives. *Intelligence*, 104.
- Glaessgen, E., Stargel, D. (2012). The digital twin paradigm for future NASA and US Air Force vehicles. In *53 r. AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC structures, structural dynamics and materials conference 20th AIAA/ASME/AHS adaptive structures conference 14th AIAA*.
- Gołębska, E. (2010). Istota logistyki, podstawowe pojęcia. [W:] E. Gołębska (Red.), *Kompendium wiedzy o logistyce*. Warszawa: Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne.
- Gomez-Herrera, E., Martens, B., Turlea, G. (2014). The drivers and impediments for cross-border e-commerce in the EU. *Information Economics and Policy*, 28.
- Govindan, K., Cheng, T.E., Mishra, N., Shukla, N. (2018). Big data analytics and application for logistics and supply chain management. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 114.
- Grand View Research (2022). *E-commerce market size, share & trends analysis report by model, by platform, by region, and segment forecasts 2022-2030*. Pobrano z: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/e-commerce-market> (dostęp: 10.07.2025).
- Grant, D.B., Trautrim, A., Wong, C.Y. (2017). *Sustainable logistics and supply chain management (2nd ed.)*. London: Kogan Page.
- Grieves, M.W. (2023). Digital twins: past, present, and future. In *The digital twin* (pp. 97-121). Cham: Springer International Publishing.
- Grottel, M. (2018). Rozwój transgranicznego handlu internetowego – wyzwania dla administracji celnych. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, Studia Ekonomiczne*, (352), 66-75.

- Grynia, A. (2022). Cyfryzacja jako determinanta międzynarodowej konkurencyjności gospodarki. Przypadek krajów Europy Środkowo-Wschodniej. *Optimum. Economic Studies*, 110(4), 17-32.
- GS1 Polska (2022). *Elektroniczne platformy sprzedażowe (marketplace'y) w Polsce*. Pobrano z: <https://gs1pl.org>, 14.09.2025.
- Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*, 29(7), 1645-1660.
- Gunz, C. (2023). *Key success factors for direct-to-consumer (D2C) business models in e-commerce*. Dornbirn: FH Vorarlberg.
- Haag, S., Anderl, R. (2018). Digital twin—Proof of concept. *Manufacturing letters*, 15, 64-66.
- Habib, M.K. (Ed.). (2020). *Handbook of Research on Advanced Mechatronic Systems and Intelligent Robotics*. Hershey: IGI Global.
- Haenlein, M., Kaplan, A. (2019). A brief history of artificial intelligence: On the past, present, and future of artificial intelligence. *California Management Review*, 61(4).
- Harrison, A., & Van Hoek, R. (2011). *Logistics management and strategy: Competing through the supply chain (4th ed.)*. Harlow: Pearson Education.
- Heppelmann, J., Porter, M. (2014). *How Smart, Connected Products Are Transforming Competition*, Harvard Business Review.
- Hübner, A., Kuhn, H., Wollenburg, J. (2016). Last mile fulfilment and distribution in omni-channel grocery retailing: A strategic planning framework. *International Journal of Retail & Distribution Management*, 44(3), 228-247. Pobrano z: <https://doi.org/10.1108/IJRDM-11-2014-0154> (dostęp: 10.07.2025).
- Huk, K. (2020). *Logistyka zwrotów a podejście procesowe—zależności i etapy tworzenia. Wybrane aspekty zarządzania procesami, projektami i ryzykiem w przedsiębiorstwach*. Łódź: Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego.
- IBM (2023). *Applications in global supply chains*. IBM Institute for Business Value.
- Ifo Institut (2024). *Künstliche Intelligenz (KI): Verbreitung, Anwendungen und Hindernisse in Deutschland im europäischen Vergleich*. Ifo Zentrum für Industrieökonomik und neue Technologien. Pobrano z: https://www.ifo.de/DocDL/ifo-IHK-Studie_ki-europ-vergleich.pdf (dostęp: 13.10.2025)
- IND4LOG4 (2016). *Industrie 4.0 und ihre Auswirkungen auf die Transportwirtschaft und Logistik*. Berlin: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie.
- Ingaldi, M., Klimecka-Tatar, D. (2020). People's Attitude to Energy from Hydrogen – From the Point of View of Modern Energy Technologies and Social Responsibility, *Energies*, 13(24).
- InPost (2023a). *Poznaj drogę przesyłki do maszyny Paczkomat InPost*. Pobrano z: <https://inpost.pl/aktualnosci-poznaj-droge-przesylki-do-maszyny-paczkomat-inpost> (dostęp: 1.07.2025).
- InPost (2023b). *Raport roczny i rozwiązania technologiczne*. Pobrano z: <https://inpost.pl> (dostęp: 1.07.2025).
- Insider Intelligence (2023). *Global ecommerce forecast 2023*. Pobrano z: <https://www.insiderintelligence.com/content/global-ecommerce-forecast-2023> (dostęp: 10.07.2025).
- International Chamber of Commerce (2020). *Digital trade: Policies & standards for an inclusive future*. Pobrano z: <https://iccwbo.org> (dostęp: 17.07.2025).

- Interzero (2023). *Raport z badań – co Polacy wiedzą o opakowaniach i jak sobie radzą z segregacją odpadów*. Warszawa: Interzero Organizacja Odzysku Opakowań S.A.
- Iwińska-Knop, K. (2015). Logistyczna obsługa klienta jako determinanta zakupów w handlu elektronicznym. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego. Ekonomiczne Problemy Usług*, 852.
- Janczewski, J. (2016). Logistyka zwrotna w łańcuchu dostaw. *Zarządzanie Innowacyjne w Gospodarce i Biznesie*, (2/23).
- Janiak, T. (2000). *Kody kreskowe. Rodzaje, standardy, sprzęt, zastosowania*. Wyd. 2. Poznań: ILiM.
- Jastrzębska, E. (2017). Gospodarka o obiegu zamkniętym – nowa idea czy stare podejście? Dobre praktyki społecznie odpowiedzialnych przedsiębiorstw. *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, (491).
- Jonak, J., Nieoczym, A. (2014). *Logistyka w obszarze produkcji i magazynowania*. Lublin: Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej.
- Jotform. (2022). *Direct-to-consumer retail: An introduction for sellers*. Pobrano z: <https://www.jotform.com/direct-to-consumer> (dostęp: 14.09.2025).
- Jumia Technologies AG (2022). *Logistics and distribution network report. Lagos*.
- Kacprzak, M., Kusy, J., Zdral, J., Perzyńska, A. (2023). *Logistyka przyszłości – wpływ sztucznej inteligencji na logistykę*. Warszawa: Wydawnictwo Przemysłowe.
- Kaisler, S., Armour, F., Espinosa, J. A., Money, W. (2013). *Big data: Issues and challenges moving forward. In 2013 46th Hawaii International Conference on System Sciences*.
- Kawa, A. (2017). Ma być wygodnie i elastycznie. Usługi logistyczne dla e-handlu. *TSL Biznes*, 11(85).
- Kawa, A. (2019a). Returns in E-commerce as a value for customers from different perspectives. *Business Logistics in Modern Management. Croatia*. Pobrano z: <https://ojs.srce.hr/index.php/plum/issue/view/411> (dostęp: 5.01.2025).
- Kawa, A. (2019b). *Returns in e-commerce as a value for customers from different perspectives* [Paper presentation]. 19th International Scientific Conference: Business Logistics in Modern Management.
- Kawa, A. (2020). Improving logistics connectivity of e-commerce in the ASEAN region. In L. Chen, F. Kimura (Eds.), *E-commerce connectivity in ASEAN* (pp. 51-77). Economic Research Institute for ASEAN and East Asia.
- Kawa, A. (2023). E-commerce as a game changer for logistics in a sustainable context. *European Management Studies*, 21(1), 100-118. <https://doi.org/10.7172/1644-9584.99.5> (dostęp: 21.12.2025).
- Kawa, A., Pierański, B. (2022). Green logistics in E-commerce. *LogForum*, 17(2). Pobrano z: <https://doi.org/10.17270/J.LOG.2021.588> (dostęp: 12.07.2025).
- Kawa, A., Światowiec-Szczepańska, J. (2018). Logistics strategies in the era of e-commerce. *LogForum*, 14(4). Pobrano z: <https://doi.org/10.17270/J.LOG.2018.296> (dostęp: 12.07.2025).
- Kawa, A., Wałęsiak, M. (2019). Marketplace as a key actor in e-commerce value networks. *LogForum*, 15(4).
- Każmierczak, M., Szymczyk, J. (2021). Rozwój e-commerce w Polsce i jego wpływ na logistykę, część 2. *Gospodarka Materialowa i Logistyka*, 73(4).
- Kisperska-Moroń, D., Krzyżaniak, S. (Eds.). (2009). *Logistyka*. Poznań: Wydawnictwo ILiM.

- Komisja Europejska. (n.d.). *Taryfa Celna Unii Europejskiej (TARIC)*. Pobrano z: https://ec.europa.eu/taxation_customs/dds2/taric (dostęp: 17.07.2025).
- Komor, A., Budzyńska, K., Domańska, K. (2015). Analiza porównawcza handlu tradycyjnego i elektronicznego. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego. Problemy Zarządzania, Finansów i Marketingu*, 2(41) (dostęp: 10.07.2025).
- Korzeń, Z. (2001). *Ekologistyka*. Poznań: ILiM.
- Kotler, T. (2019). *Strategie zarządzania logistyką*. Warszawa: C.H. Beck.
- Kozłowska, J. (2022). E-commerce w opinii ludzi młodych. *Zeszyty Naukowe ZPSB Firma i Rynek*, 62(2), 42-52.
- Kozłowska, J. (2024a). Efektywność operacji logistycznych w e-commerce. *Zeszyty Naukowe Polskiego Towarzystwa Ekonomicznego w Zielonej Górze*, 21.
- Kozłowska, J. (2024b). Optymalizacja procesów logistycznych w e-commerce za pomocą sztucznej inteligencji i uczenia maszynowego, *Management and Quality*, 6(3).
- Kozłowska, J. (2024c). Wpływ obsługi logistycznej na zachowanie e-klientów. *Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej Zarządzanie*, 54(1).
- KPMG (2021). *Global tax compliance and e-commerce report*. Pobrano z: <https://home.kpmg/xx/en/home/insights/2021/03/global-tax-compliance-and-ecommerce.html> (dostęp: 12.06.2025).
- Krzepicka, A., Tarapata, J. (2016). Wszechkanałowa strategia marketingowa–omnichannel. *Studia i Prace WNEiZ US*, 43.
- Krzywdzińska, L. (2018). Innowacje w logistyce i w logistycznej obsłudze klienta jako jedno z możliwych źródeł przewagi konkurencyjnej przedsiębiorstwa. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu. Zarządzanie*, 44(4), 23-38.
- Kuhn, T. (2017). Digitaler zwilling. *Informatik-Spektrum*, 40(5), 440-444.
- Kumar, V., Reinartz, W. (2016). Creating enduring customer value. *Journal of marketing*, 80(6).
- Kurp, F. (2023). *Sztuczna inteligencja od podstaw*. Gliwice: Helion.
- Kütahya, C.K., Doğaner Duman, B., Altuntaş, G. (2025). Multi-Criteria Evaluation of Transportation Management System (TMS) Software: A Bayesian Best–Worst and TOPSIS Approach. *Sustainability*, 17(17), 7691.
- Kwiecień, K. (2018). Gospodarka o obiegu zamkniętym–wyzwania dla przedsiębiorstw. *Gospodarka w Praktyce i Teorii*, 52(3), 47-59.
- Łagutko, T., Zagajewski, A., Binek Z., Motykiewicz-Janiak, R., Kończak, A. (2023). Wpływ e-commerce na Przemysł 4.0. *Zeszyty Naukowe Systemy Wspomagania w Inżynierii Produkcji*. Zielona Góra.
- Larson, P., Halldorsson, A. (2004). Logistics versus Supply Chain Management: An International Survey, *International Journal of Logistics, Research and Application*, 7.
- Laudon, K.C., Traver, C. G. (2021). *E-commerce 2021: Business, technology and society*. Harlow: Pearson.
- Laudon, K.C., Traver, C. G. (2022). *E-commerce 2023: Business, technology and society*. Harlow: Pearson.
- Łazicki, A., Krużycka, L., Zieliński, L., Jurek, R., Jaworska, E., Krzyżak, P. (2019). *Zarządzanie magazynem: zapasy, WMS, Lean, bezpieczeństwo: praca zbiorowa*. Warszawa: Wydawnictwo Wiedza i Praktyka.
- Leśniewicz, F. (2024), *Robotyzacja w Polsce w 2023 roku*, Warszawa: Polski Instytut Ekonomiczny.

- Levin, A. (2019). *Google spinoff's drone delivery business first to get FAA approval*. Pobrano z: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2019-04-23/google-spinoff-s-drone-delivery-business-first-to-get-faa-approval> (dostęp: 20.07.2025).
- Lis, A. (2020). Koszty zwrotów w logistyce e-commerce. *Logistyka*, 3.
- Locus (2022). *Traditional Retail Business Model vs Direct-to-Consumer Business Model*. Pobrano z: <https://locus.sh/resources/direct-to-consumer-business-model-vs-traditional-retail-business-model>, (dostęp: 14.09.2025).
- LPP Logistics (2025). *LPP Logistics wdrożyło rozwiązania robotyczne w podbydgoskim fulfillment center*. Pobrano z: <https://www.lpplogistics.com/informacje-prasowe/lpp-logistics-wdrozylo-rozwiazania-robotyczne-w-podbydgoskim-fulfillment-center> (dostęp: 27.07.2025).
- LPP (2022). *Zrównoważony rozwój i logistyka przyszłości*. Pobrano z: <https://www.lppsa.com> (dostęp: 10.10.2025).
- Majewski, J. (2016). *Systemowe zarządzanie magazynem*. Wyd. 2. Warszawa: Warszawska Oficyna Wydawnicza.
- Malucha, M. (2018). Internet rzeczy – kontekst technologiczny i obszary zastosowań. *Studia i Prace WNEiZ US*, (54/2), 51-69.
- Mandel, P. (2021). *The rising shift towards D2C*. Quicklizard. Pobrano z: <https://www.quicklizard.com/blog/the-rising-shift-towards-d2c/> (dostęp: 10.11.2025).
- McKinsey & Company (2021). *The future of warehouse automation*. Pobrano z: <https://www.mckinsey.com/industries/retail/our-insights/automation-has-reached-its-tipping-point-for-omnichannel-warehouses> (dostęp: 18.06.2025).
- McKinsey & Company (2022). *How to win in cross-border e-commerce*. *McKinsey & Company*. Pobrano z: <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/industries/logistics/our-insights/signed-sealed-and-delivered-unpacking-the-cross-border-parcel-market-s-promise> (dostęp: 18.06.2025).
- Mecalux (2021). *Rodzaje opakowań i ich rola w logistyce*. Pobrano z: <https://www.mecalux.pl/blog/rodzaje-opakowan-handlowe-zbiorcze-transportowe> (19.08.2025).
- Mentzer, J.T., DeWitt, W., Keebler, J.S., Min, S., Nix, N.W., Smith, C.D., Zacharia, Z.G. (2001). Defining supply chain management. *Journal of Business Logistics*, 22(2), 1-25.
- MercadoLibre, Inc. (2023). *Annual report. MercadoLibre, Inc.* Pobrano z: <https://www.annualreports.com/Company/mercadolibre-inc> (dostęp: 18.06.2025).
- Mirończuk, K. (2023). *E-commerce – jak było w 2023 roku i jak będzie w przyszłości?* Pobrano z: <https://www.money.pl/gospodarka/e-commerce-jak-bylo-w-2023-roku-i-jak-bedzie-w-przyszlosci-6967670775962496a.html> (dostęp: 17.06.2025).
- Miszewski, P. (2019). Rola nowoczesnych rozwiązań technologicznych w optymalizacji pracy współczesnego magazynu. *Journal of Trans Logistics*, 5(1), 175-182.
- Misztal, A., Fajczak-Kowalska, A. (2020). Systemy informatyczne wspomagające realizację strategii logistycznych przedsiębiorstw, [w:] A. Fajczak-Kowalska (red.), *Technologie i nowe trendy w zarządzaniu a rozwój przedsiębiorstw sektora TSL. Wybrane problemy ekonomii, informatyki i zarządzania*. Łódź: Monografie Politechniki Łódzkiej.
- Mollenkopf, D.A., Stolze, H., Tate, W.L., Ueltschy, M. (2018). Green, lean, and global supply chains. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 48(5). Pobrano z: <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-05-2017-0155> (dostęp: 5.06.2025).
- Monk, E., Wagner, B. (2012). *Concepts in enterprise resource planning (4th ed.)*. Boston, MA: Cengage Learning.

- Morawski, P. (2011). Logistyka sklepów internetowych. *Przedsiębiorczość i Zarządzanie*, 12(9), 125-140.
- Mroczko, F. (2023). Sztuczna inteligencja i jej wykorzystanie w logistyce [w:] L. Kowalczyk, F. Mroczko (red.). *Pedagogika, zarządzanie, psychologia i inżynieria zarządzania wobec wyzwań współczesności. Prace Naukowe Wyższej Szkoły Zarządzania i Przedsiębiorczości*, 53(1).
- Mystakidis, S. (2022). *Metaverse. Encyclopedia*, 2(1).
- Nanayakkara, P.R., Jayalath, M.M., Thibbotuwawa, A., Perera, H.N. (2022). *A circular reverse logistics framework for handling e-commerce returns. Cleaner Logistics and Supply Chain*, 5.
- Negri, E., Fumagalli, L., Macchi, M. (2017). A review of the roles of digital twin in CPS-based production systems. *Procedia manufacturing*, 11, 939-948.
- Nicoletti, B. (2025). *Logistics 5.0. In: Artificial Intelligence for Logistics 5.0*. Cham: Palgrave Macmillan.
- Niedźwiedzińska, H. (2018). Rozwiązania logistyczne w handlu elektronicznym. *Logistyka*, 12(18), 931-935.
- Nilsson, N.J. (2010). *The Quest for Artificial Intelligence*. Cambridge University Press.
- Nongmeikapam, T.S., Sakshi S., Swapnil, S., Ayush, A., Aryan, D., Aryan, N. (2023). Transforming E-Commerce: Augmented Reality (AR) and Virtual Reality (VR) Integration for Interactive and Immersive Shopping Experiences. Conference: 2023 7th International Conference on Electronics, Materials Engineering & Nano-Technology (IEMENTech).
- Nowak, T., Stanisławiszyn, P. (red.). (2015). *Prawo celne i podatek akcyzowy: Blaski i cienie dziesięciu lat członkostwa Polski w Unii Europejskiej*. Warszawa: Wolters Kluwer..
- Nowakowska-Grunt, J. (2011). Strategie przedsiębiorstw na rynku usług logistycznych w Polsce i Europie. *Logistyka*, nr 5/2011, 887-892.
- Oeicka, B. (2021). Cyfryzacja łańcuchów dostaw – kierunki rozwoju i wyzwania. *Gospodarka Materialowa i Logistyka*, (9), 2-10. <https://doi.org/10.33226/1231-2037.2021.9.1> (dostęp: 12.06.2025).
- OECD. (2018). *Transformative Technologies and Jobs of the Future: Background Report for the Canadian G7 Innovation Ministers' Meeting, Montreal, Canada, 27-28 March 2018*. OECD Publishing. Pobrano z: <https://www.oecd.org/innovation/transformative-technologies-and-jobs-of-the-future.pdf> (dostęp: 17.07.2025).
- OECD (2019). *E-commerce in the time of COVID-19*. <https://www.oecd.org/coronavirus/policy-responses/e-commerce-in-the-time-of-covid-19-3a2b78e8/> (dostęp: 17.07.2025).
- OECD (2020). *Künstliche Intelligenz in der Gesellschaft*, OECD Publishing, Paris, Pobrano z: <https://doi.org/10.1787/6b89dea3-de> (dostęp: 17.07.2025).
- OECD (2022). *Consumer trust in the digital economy*. OECD Publishing. Pobrano z: <https://www.oecd.org/sti/consumer/consumer-trust-digital-economy.pdf> (dostęp: 17.07.2025).
- Öztürk, C., Yildizbaşı, A. (2020). Barriers to implementation of blockchain into supply chain management using an integrated multi-criteria decision-making method: a numerical example, *Soft Computing*, (24).
- Perkowska, K. (2019). Innowacyjna sieć dostaw z wykorzystaniem dronów transportowych. *Zarządzanie Innowacyjne w Gospodarce i Biznesie*, 1(28). Kraków: Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie, 117-127.
- Pfohl, H. C., (1999), *Zarządzanie logistyką. Funkcje i instrumenty. Zastosowanie koncepcji logistyki w przedsiębiorstwie i w stosunkach między przedsiębiorstwami*. Poznań: Biblioteka Logistyka.

- Pham, N. D. K., Dinh, G. H., Pham, H. T., Kozak, J., Hoang, P. N. (2023). Role of green logistics in the construction of sustainable supply chains. *Polish Maritime Research*, 30, 191-211.
- Piotrowicz W., Cuthbertson R. (2014), Introduction to the Special Issue Information Technology in Retail: Toward Omni channel Retailing, *International Journal of Electronic Commerce*, Vol. 18, No. 4.
- Piszcz, A. (2016). Rozwój handlu internetowego w Polsce. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach. Seria Administracja i Zarządzanie*, 111, 297-305.
- Pluta-Zaremba, A. (2016). Transgraniczny handel elektroniczny – perspektywy rozwoju i wyzwania logistyczne. *Gospodarka Materialowa i Logistyka*, (6). Szkoła Główna Handlowa, 9-16.
- Pluta-Zaremba, A. (2017). Rozwój usług logistycznych implikowany dynamicznym wzrostem rynku e-commerce. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach. Studia Ekonomiczne*, 321, 83-99.
- Polski Instytut Transportu Drogowego (2024). *Logistyka w E-commerce*. Pobrano z: www.pitd.org.pl (29.08.2025).
- Polski Przemysł. (2023). *Real-Time Visibility – klucz do monitorowania transportu w czasie rzeczywistym*. Pobrano z: <https://polskiprzemysl.com.pl> (dostęp: 12.07.2025).
- Prałat, E. (2017), Możliwości elektronicznych zakupów na polskim rynku B2B, *Nierówności Społeczne a Wzrost Gospodarczy*, Nr 52.
- Puślecki, Z. W. (2021). Sztuczna inteligencja (AI), Internet rzeczy (IoT) i sieć piątej generacji (5G) w nowoczesnych badaniach naukowych. *Człowiek i Społeczeństwo*, 52.
- PwC (2022a). *AI in logistics: Efficiency and automation*. Pobrano z: <https://pwc.com> (dostęp: 10.06.2025).
- PwC (2022b). *E-commerce and logistics in Europe*. Pobrano z: <https://pwc.com> (dostęp: 10.06.2025).
- PwC (2024). *Perspektywy rozwoju e-commerce w Polsce 2024-2028.*, Pobrano z: <https://www.pwc.pl/pl/media/2024/2024-08-21-prognozy-strategyand-polski-rynek-e-commerce-bedzie-wart-192-mln-zl-w-2028-roku.html>, (dostęp: 29.07.2025).
- Racka, K. (2016). Big Data – znaczenie, zastosowania i rozwiązania technologiczne. *Zeszyty Naukowe PWSZ w Płocku. Nauki Ekonomiczne*, 1 (23).
- Raport finansowy grupy kapitałowej CCC (2025). *Skonsolidowane sprawozdanie zarządu z działalności Grupy Kapitałowej CCC S.A.* Pobrano z: <https://corporate.ccc.eu/raporty> (dostęp: 16.07.2025).
- Raport Gemius (2024). *E-commerce w Polsce 2023*. Pobrano z: <https://www.gemius.pl> (dostęp: 9.06.2025).
- Raport IGE (2023). *Dekada polskiego e-commerce*. Pobrano z: <https://ige.org.pl> (dostęp: 9.06.2025).
- Raport Strategy (2022). *Perspektywy rozwoju rynku e-commerce w Polsce 2018-2027*. Pobrano z: <https://www.pwc.pl/pl/publikacje.html> (dostęp: 10.06.2025)
- Richards, G. (2017). *Warehouse management: a complete guide to improving efficiency and minimizing costs in the modern warehouse*. Kogan Page Publishers.
- Rogaczewski, R. (2018). Charakterystyka podstawowych procesów logistycznych [w:] P. Szczypa (red.). *Rachunkowość i podatki w logistyce. Od teorii do praktyki* (101-138). Warszawa: Wydawnictwo CeDeWu.

- Rogaczewski, R. (2021). Analiza procesów magazynowych i obsługa towarów w wybranym przedsiębiorstwie [w:] P. Bełch (red.), *Logistyka i transport – wybrane zagadnienia w świetle badań naukowych i praktyki gospodarczej*. Rzeszów: Wydawnictwo Politechniki Rzeszowskiej.
- Rogaczewski, R., Cieślak, R., Suszyński, M. (2020). The impact of digitalization and Industry 4.0 on the optimization of production processes and workplace ergonomics. *Zeszyty Naukowe Małopolskiej Wyższej Szkoły Ekonomicznej w Tarnowie*, 48(4), 133-145. <https://doi.org/10.25944/znmwse.2020.04.133145> (dostęp: 29.12.2025).
- Rushton, A., Croucher, P., Baker, P. (2022). *The handbook of logistics and distribution management (7th ed.)*. London: Kogan Page.
- Rut, J., Ostafil, M. (2020). *Cyfryzacja i automatyzacja procesów zachodzących w przedsiębiorstwach. Przegląd Nauk Stosowanych*, Wydawnictwo Politechniki Opolskiej, 26(1).
- Rutkowski, K. (2004) Zarządzanie łańcuchem dostaw – próba sprecyzowania terminu i określenia związków z logistyką, *Gospodarka Materialowa i Logistyka*, 12, Warszawa: PWE.
- Rutkowski, K. (2018). *Logistyka międzynarodowa*. Warszawa: Oficyna Wydawnicza SGH.
- Saberi, S., Kouhizadeh, M., Sarkis, J., Shen, L. (2019). Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management. *International Journal of Production Research*, 57(7).
- Sadowski, A (2009). Zarys rozwoju logistyki zwrotnej. *Logistyka*, 5.
- Sadowski, A. (2010). *Ekonomiczne i ekologiczne aspekty stosowania logistyki zwrotnej w obszarze wykorzystania odpadów*. Łódź: Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego.
- Safieddine, F. (2017). *M-commerce. Innovations in E-systems for business and commerce*. Apple Academic Press.
- Schmidt, S. (2019). Die Rolle der Verpackung in Logistikprozessen – Auswirkungen auf eine Nachhaltige Logistik im Lebensmittelbereich. In: Wellbrock, W., Ludin, D. (red.) *Nachhaltiges Beschaffungsmanagement. Springer Gabler*, Wiesbaden. Pobrano z: https://doi.org/10.1007/978-3-658-25188-8_13 (dostęp: 12.11.2025)
- Schroder, J., Heid, B., Neuhaus, F., Kasser, M., Klink, C., Tatomir, S. (2018). *Fast-forwarding last-mile delivery – implications for the ecosystem*. New York: McKinsey & Company.
- Schulte, C. (1999). *Logistik: Wege zur optimierung der supply chain*. München: Vahlen.
- Screen Pages. (2024). *A dive into the global e-commerce market trends*. Pobrano z: https://www.screenpages.com/wp-content/uploads/2024/05/5-Global_e.pdf (dostęp: 07.07.2025)
- Szczaniecka, E., Smarzyńska, N. (2019). Logistyka wyprzedzająca, czyli innowacyjne podejście do branży e-commerce. *Transport Przemysłowy i Maszyny Rolnicze*, 4(019), 66-70.
- SellersCommerce. (2025). *51 ecommerce statistics in 2025*. Pobrano z: <https://www.sellerscommerce.com/blog/ecommerce-statistics/> (dostęp: 7.07.2025)
- ShipBob. (2021). *Third-party logistics report*. Pobrano z: <https://www.shipbob.com/press> (dostęp: 12.06.2025).
- Sosnowski, P. (2020). Nowoczesne technologie mobilne w magazynowaniu w świetle koncepcji Internet of Things. *Napędy i Sterowanie*, 22(3).
- Starostka-Patyk, M. (2016). *Logistyka zwrotna produktów niepełnowartościowych w zarządzaniu przedsiębiorstwami produkcyjnymi*. Warszawa: Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne.
- Strategy& Polska (PwC), *Perspektywy rozwoju e-commerce w Polsce 2024-2028*, PwC Polska, Pobrano z: <https://www.pwc.pl/pl/media/2024/2024-08-21-prognozy-strate>

- gyand-polski-rynek-e-commerce-bedzie-wart-192-mln-zl-w-2028-roku.html (dostęp: 13.06.2025).
- Suchanek, M. (Ed.). (2020). *TranSopot 2019 Conference*. Cham: Springer International Publishing.
- Sun, C. (2012). *Application of RFID technology for logistics on internet of things*. AASRI procedia, 1.
- Suwalska, M. (2023). Zmiany legislacyjne na gruncie podatku od towarów i usług, [w:] Biernacki, M., Kowalak R. (red.), *Rachunkowość*, Debiuty Studenckie, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, Wrocław.
- Symestic (n/d). *Intelligent Supply Chain*. Pobrano z: <https://www.symestic.com/en-us/what-is/intelligent-supply-chain>, (dostęp: 8.09.2025).
- Szołtysek, J. (2009). Ewolucja logistyki zwrotnej. *Logistyka*, 5.
- Szymański, G. (2017). M-commerce jako nowy trend współczesnych konsumentów. *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, (501).
- Szymonik, A. (2018). *Ekologistyka. Teoria i Praktyka*. Warszawa: Difin.
- Ten Hompel, M., Schmidt, T. (2007). *Warehouse Management: Automation and Organization of Warehouse and Order Picking Systems*. Berlin: Springer.
- Thomas, J., VEDI, K.V., Gupta, S. (2023). An analysis of sustainable e-commerce logistics in supply chain management. *International Journal of Science and Research Archive*, 8(1), 965-972. Pobrano z: <https://doi.org/10.30574/ijrsa.2023.8.1.0485> (dostęp: 10.09.2025)
- Tokarski, D., Tokarska, N. (2021). Znaczenie logistyczno-marketingowej obsługi klienta w usługach bankowych. W H. Mruk, A. Sawicki (red.), *Marketing. Konceptje i doświadczenia*. Pelplin: Wydawnictwo Bernardium.
- Tokarski, D., Witaszewska, O. (2022). Znaczenie logistycznej obsługi klienta w e-commerce. W H. Mruk, A. Sawicki (Red.), *Marketing. Konceptje i doświadczenia*. Pelplin: Wydawnictwo Bernardium.
- Trojanowski, T. (2017) Projektowanie zrównoważonych produktów. *Zeszyty Naukowe. Organizacja i Zarządzanie*, Politechnika Śląska, z. 100.
- Twaróg, S. (2016). Łańcuch dostaw. [w:] S. Kauf, E. Płaczek, A. Sadowski, J. Szołtysek, S. Twaróg (red.), *Vademecum logistyki*, Difin, Warszawa, 2016.
- U.S. Customs and Border Protection. (2016, March 10). *Section 321 de minimis value increases to \$800*. Pobrano z: <https://www.cbp.gov/newsroom/national-media-release/section-321-de-minimis-value-increases-800> (dostęp: 19.06.2025).
- UD Umweltdialog (2014). *Instrument für Risikomanagement*. Pobrano: www.umweltdialog.de (dostęp: 13.10.2025).
- UNCTAD (2002) *E-Commerce and Development Report 2002, United Nations Conference on Trade and Development*, New York.
- UNCTAD (2021). *COVID-19 and e-commerce: A global review. United Nations Conference on Trade and Development*. Pobrano z: <https://unctad.org/webflyer/covid-19-and-e-commerce-global-review> (dostęp: 17.07.2025).
- Unia Europejska (2019). *Ustawa wykonawcza UE nr 2019/1992 z dnia 21 listopada 2019 r. dotycząca zmian w systemie VAT w e-commerce*, Dziennik Urzędowy UE, 2019.
- Universal Postal Union (2021). *Cross-border e-commerce: Global perspectives*. Geneva, Universal Postal Union. Pobrano z: <https://www.upu.int> (dostęp: 12.06.2025).
- Universal Postal Union (2021). *E-commerce guide for postal operators*. Pobrano z: <https://www.upu.int> (dostęp: 12.06.2025).

- Urbas, A., Czech, P., Barcik, J. (2011). Rola i znaczenie zarządzania informatycznego w magazynie. *Zeszyty Naukowe. Transport/Politechnika Śląska*, 93-100.
- Verhoef, P.C., Kannan, P.K., Inman, J.J. (2015). From multi-channel retailing to omni-channel retailing: introduction to the special issue on multi-channel retailing. *Journal of retailing*, 91(2).
- Walmart Inc. (2021). Walmart's AI-powered supply chain innovations. Pobrano z: <https://corporate.walmart.com> (dostęp: 14.06.2025).
- Wang, H. (2020). *Cross-border e-commerce logistics: Current issues and future trends*, Springer.
- Wang, L., Törngren, M., Onori, M. (2015). Current status and advancement of cyber-physical systems in manufacturing. *Journal of manufacturing systems*, 37, 517-527.
- Warsewicz, M. (2022). *Narzędzia wspierające optymalizację transportu drogowego*. Wrocław: Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu.
- Waters, D. (2010). *Logistyka. Zarządzanie łańcuchem dostaw*. Warszawa: PWE.
- Waters, D. (2011). *Supply chain risk management*. London: Kogan Page.
- WBCSD (2017). CEO Guide to the Circular Economy. Pobrano z: www.wbcso.org (21.08.2025).
- Weber, J., Kummer, S. (1998). *Logistikmanagement*. Stuttgart: Springer.
- Winkelhaus, S., Grosse, E.H. (2020). Logistics 4.0: a systematic review towards a new logistics system. *International Journal of Production Research*, 58(1), 18-43. Pobrano z: <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1612964> (dostęp: 12.06.2025).
- Witkowski, J. (1995). *Strategia logistyczna przedsiębiorstw przemysłowych*. Wrocław: Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej.
- Witkowski, J. (2010) *Zarządzanie łańcuchem dostaw. Koncepcje, procedury, doświadczenia*. Warszawa: PWE.
- Witkowski, J. (2020). *Zarządzanie łańcuchem dostaw*. Warszawa: PWE.
- Wodnicka, M. (2019). Technologie blockchain przyszłością logistyki. *Zeszyty Naukowe Małopolskiej Wyższej Szkoły Ekonomicznej w Tarnowie*, 1(41), 43-54.
- World Economic Forum (2020). *The future of the last-mile ecosystem*. Pobrano z: <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-the-last-mile-ecosystem/> (dostęp: 18.06.2025)
- World Economic Forum (2025). *Harnessing AI technology to build autonomous supply chains*. Pobrano z: <https://www.weforum.org/stories/2025/03/harnessing-ai-technology-to-build-autonomous-supply-chains> (dostęp: 14.09.2025).
- World Trade Organization (2017). *Trade facilitation agreement: A business guide for developing countries*. Pobrano z: <https://www.wto.org> (dostęp: 13.06.2025).
- Wulfraat, M. (2020). *Amazon's Supply Chain Strategy*. MWPVL International.
- Yaseen, H.K., Obaid, A.M. (2020). Big data: Definition, architecture & applications. *JOIV: International Journal on Informatics Visualization*, 4(1), 45-51.
- Żabka Polska (2023). *Raport ESG i innowacji technologicznych*. Pobrano z: <https://zabkagroup.com> (dostęp: 17.06.2025).
- Zalando SE (2024). *Annual report 2023*. Pobrano z: <https://corporate.zalando.com/en/investor-relations/annual-report-2023> (dostęp: 14.06.2025).
- Zarzycka, A.M. (2023). Cyfrowe bliźniaki a funkcjonowanie przedsiębiorstwa w turbulentnym otoczeniu. *Kwartalnik Nauk o Przedsiębiorstwie*, 68(2), 101-108.
- Zebra Technologies. (2021). *AI and real-time visibility in warehouse management*. Pobrano z: <https://www.zebra.com> (dostęp: 14.06.2025).

- Zhang, C., Chen, Y., Chen, H., Chong, D. (2021). *Industry 4.0 and its Implementation*. 26(5), 1773-1783. Pobrano z: <https://doi.org/10.1007/s10796-021-10153-5> (dostęp: 17.06.2025).
- Zikopoulos, P., & Eaton, C. (2011). *Understanding big data: Analytics for enterprise class hadoop and streaming data*. McGraw-Hill Osborne Media.
- Zimmermann, T., Memelink, R., Rödiger, L., Reitz, A., Pelke, N., John, R., Ninnemann, J. (2020). *Die Ökologisierung des Onlinehandels: neue Herausforderungen für die umweltpolitische Förderung eines nachhaltigen Konsums*. Umweltbundesamt.

ISBN 978-83-68006-52-0

DOI 10.48226/978-83-68006-52-0