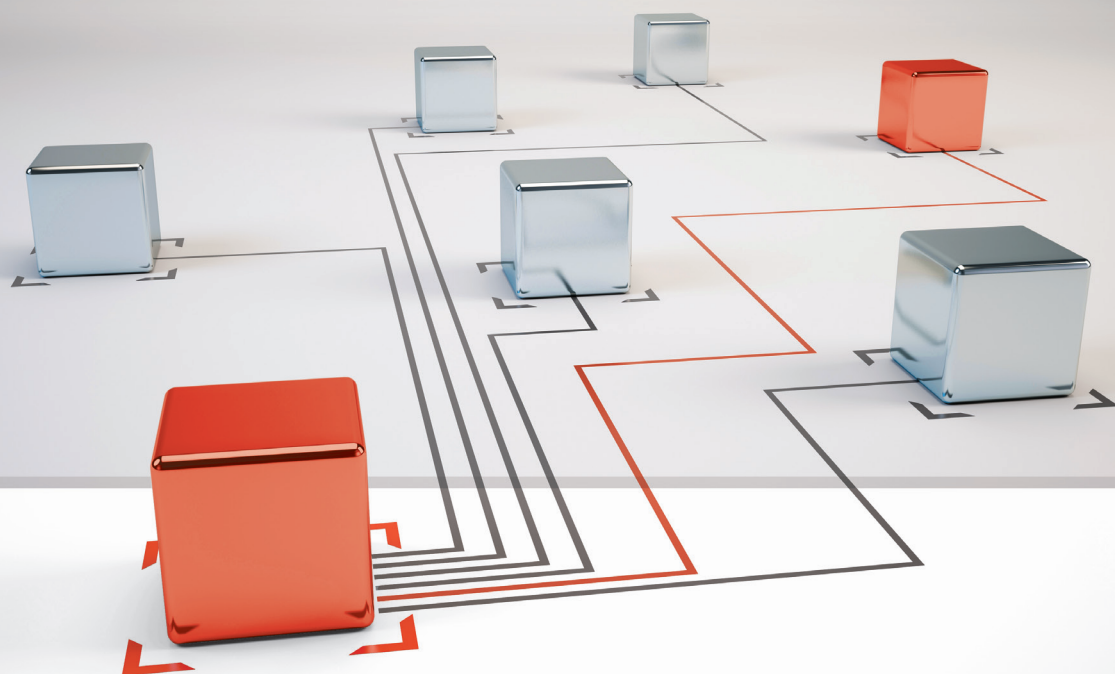


PROJEKTOWANIE SYSTEMÓW LOGISTYCZNYCH

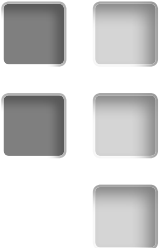
Marianna Jacyna
Konrad Lewczuk



PROJEKTOWANIE SYSTEMÓW LOGISTYCZNYCH

**PROJEKTOWANIE
SYSTEMÓW
LOGISTYCZNYCH**

**Marianna Jacyna
Konrad Lewczuk**



Projekt okładki i stron tytułowych: **Przemysław Spiechowski**

Fotografia na okładce: **Sashkin/Shutterstock**

Wydawca: **Adam Filutowski**

Koordynator ds. redakcji: **Renata Ziółkowska**

Redaktor: **Barbara Jaworska**

Produkcja: **Mariola Grzywacka**

Skład i łamanie: **Pracownia Obrazu – Anna Sandecka-Ląkocy**

Recenzenci: **prof. dr hab. inż. Lech A. Bukowski**
prof. dr hab. inż. Edward Michłowicz

Praca dofinansowana jest ze środków w ramach projektu PBS3 „System do modelowania i wizualizacji w 3D obiektów magazynowych (SIMMAG3D)” finansowanego z NCBR oraz ze środków statutowych na naukę.

Książka, którą nabyłeś, jest dziełem twórcy i wydawcy. Prosimy, abyś przestrzegał praw, jakie im przysługują. Jej zawartość możesz udostępnić nieodpłatnie osobom bliskim lub osobiście znanym. Ale nie publikuj jej w internecie. Jeśli cytujesz jej fragmenty, nie zmieniaj ich treści i koniecznie zaznacz, czyje to dzieło. A kopiując jej część, rób to jedynie na użytek osobisty.

Szanujmy cudzą własność i prawo.
Więcej na www.legalnakultura.pl
Polska Izba Książki

Copyright © by Wydawnictwo Naukowe PWN SA
Warszawa 2016

ISBN 978-83-01-18806-1

Wydanie I

Wydawnictwo Naukowe PWN SA
02-460 Warszawa, ul. Gottlieba Daimlera 2
tel. 22 69 54 321, faks 22 69 54 288
infolinia 801 33 33 88
e-mail: pwn@pwn.com.pl; reklama@pwn.pl
www.pwn.pl

Druk i oprawa: OSDW Azymut Sp. z o. o.

Spis treści

Wstęp	9
1. Założenia metodologiczne projektowania systemów logistycznych	15
1.1. Definicje podstawowych pojęć	15
1.2. System logistyczny	20
1.3. Elementy systemu logistycznego	29
1.4. Rodzaje systemów logistycznych	35
1.5. Procedura projektowania systemu logistycznego	43
2. Problemy decyzyjne w projektowaniu systemów logistycznych różnej skali	55
2.1. Obszary i cele projektowania systemów logistycznych	55
2.2. Procedura oceny poprawności funkcjonowania systemu logistycznego	57
2.3. Controlling logistyczny a projektowanie systemów logistycznych	60
2.4. Audyt logistyczny a projektowanie systemów logistycznych	65
2.5. Niezawodność na etapie projektowania systemu logistycznego	70
3. Funkcje i zadania systemów logistycznych	77
3.1. Funkcje i zadania systemów logistycznych różnej skali	77
3.2. Zadanie logistyczne – formułowania, rozwiązania, zakres przekształceń	94
3.3. Przykład formułowania zadania logistycznego	98
4. Modele przepływu ładunków i informacji w systemach logistycznych – zasady konstruowania, istota przekształceń	104

4.1. Założenia ogólne metod mapowania w procesach przepływu materiałów i informacji . . .	104
4.2. Symbolika stosowana w procesach przepływu – założenia, zasady stosowania	107
4.3. Narzędzia zapisu procesów logistycznych – założenia, zasady stosowania	110
4.4. Zastosowanie technik komputerowych do symulacji i wizualizacji procesów logistycznych na przykładzie magazynów	120
5. Kształtowanie systemów i procesów logistycznych	130
5.1. Kształtowanie funkcjonalno-przestrzenne systemów logistycznych	130
5.2. Kształtowanie procesu logistycznego	139
5.3. Dobór technologii magazynowania do zadań logistycznych	142
5.4. Dobór technologii transportowych do zadań logistycznych	144
5.5. Problemy doboru lokalizacji przestrzennej dla punktowych elementów systemu logistycznego.	150
6. Wymiarowanie systemów logistycznych	160
6.1. Szacowanie wielkości przepływów materiałowych w systemie logistycznym	160
6.2. Wyznaczanie powierzchni i kubatur.	167
6.3. Czasy realizacji zadań logistycznych	172
6.4. Pracochłonność procesów przepływów materiałów i informacji	178
6.5. Wymiarowanie procesów logistycznych ze względu na zasoby pracy	183
6.6. Organizacja procesu logistycznego – harmonogramowanie	186
7. Procedura obliczania nakładów i kosztów w systemach logistycznych	195
7.1. Założenia do obliczania nakładów i kosztów w systemach logistycznych	195
7.2. Szacowanie nakładów w fazie projektowania systemu logistycznego.	197
7.3. Zasady obliczania składowych kosztów eksploatacyjnych w projektowaniu systemów logistycznych	198
7.4. Zasady obliczania składowych kosztów operacyjnych w projektowaniu systemów logistycznych	207
8. Wielokryterialna ocena rozwiązań projektowych systemów logistycznych	210
8.1. Ocena rozwiązań systemów logistycznych w fazie projektowania.	210
8.2. Zasady wielokryterialnej oceny systemów logistycznych.	212

8.3. Podstawowe mierniki projektowe oceny rozwiązań logistycznych.	228
8.4. Mierniki logistyczne stosowane w wybranych obszarach projektowania systemu logistycznego.	232
9. Praktyczne przykłady projektowania systemu logistycznego	240
9.1. Terminal <i>cross-dockingowy</i>	240
9.2. Usprawnienie procesów magazynowych w magazynie dystrybucyjnym	251
Literatura	259
Spis rysunków	272
Spis tabel	275

Wstęp

Ciągłe dążenie do poprawy jakości życia ludzi wpływa na rozwój techniczny w różnych sferach życia gospodarczego, którego tempo i skala są obecnie nieporównywalne do żadnego wcześniejszego okresu w dziejach. Jednym z mierników poprawy jakości życia jest wzrost różnorodności, powszechności i dostępności do dóbr materialnych, które coraz częściej nie stanowią już podstawy przetrwania człowieka, ale służą rozrywce.

Dążenie do zwiększenia dostępności dóbr spowodowało dynamiczny rozwój metod i narzędzi, które wpływają na szybkość, pewność i bezpieczeństwo przepływu ładunków. Tym samym nastąpił dynamiczny rozwój logistyki, która począwszy od lat pięćdziesiątych XX wieku stała się narzędziem poprawy wydajności, jakości oraz zmniejszania kosztów gospodarki. Koniec wieku XX i początek XXI przyniosły gwałtowny rozwój technologii informacyjnych i sieci komputerowych, który przyczynił się do kolejnej rewolucji w obszarze dostępności do dóbr. Możliwość skutecznej i szybkiej komunikacji doprowadziła do przekształcenia lokalnych rynków zbytu w rynki globalne. Wraz ze wzrostem pokonywanych w transporcie ładunków odległości poprawiła się dostępność dóbr materialnych (wcześniej niedostępnych lub dostarczanych z dużym opóźnieniem).

Wzrost zapotrzebowania na usługi i produkcję wpłynął na rozwój firm zajmujących się dostarczaniem dóbr dla coraz bardziej wymagających klientów. Jednocześnie wzrosły wymagania w zakresie skrócenia czasu realizacji dostaw oraz zmniejszenia ceny jednostkowej produktów. Osiągnięcie takiego efektu możliwe jest, tylko jeśli wysiłki wytwórców, przewoźników, operatorów i dystrybutorów zostaną skoordynowane w celu dostarczenia właściwych towarów tam, gdzie są one potrzebne i zgodnie z oczekiwaniami odbiorców.

Rewolucja informacyjna wpłynęła również na zmianę modeli rynkowych i sposobu postrzegania logistyki jako czynnika krytycznego zapewniającego klientom finalnym towary, których potrzebują w momencie i miejscu najbardziej do tego

korzystnym. Postęp w dziedzinie handlu elektronicznego i wzrost różnorodności asortymentowej doprowadziły do znacznych zmian w modelach przepływu materiałów od wytwórców do finalnych odbiorców. Zwłaszcza w systemach ukierunkowanych na dystrybucję dóbr finalnych zauważalne stało się skrócenie przeciętnego czasu realizacji zlecenia (cyklu). Nastąpiło przejście z cykli kilkudniowych do jednodniowych i kilkugodzinnych. W rezultacie powstały systemy zdolne do efektywnego przemieszczania dóbr w każdym obszarze gospodarki.

Wśród nich coraz większego znaczenia nabierają systemy logistyczne, których zadaniem jest efektywne przemieszczanie dóbr materialnych od producentów do finalnych odbiorców. Projektowane systemy logistyczne stanowią odpowiedź na aktualne wymagania rynkowe, a więc charakteryzują się zwiększeniem stopnia niezawodności i elastyczności przy jednoczesnym zmniejszaniu kosztów.

Reasumując, zagadnienie projektowania systemów logistycznych wymaga zrozumienia mechanizmów ich funkcjonowania oraz podstawowych zasad czasowo-przestrzennej transformacji strumieni materiałów i produktów. Niezbędne do tego jest wypracowanie procedur i metod projektowania opartych na obserwacjach praktycznych. Niniejsza monografia ma na celu uporządkowanie aktualnej wiedzy na temat procedur projektowych oraz opracowanie uniwersalnych ram projektowania systemów logistycznych.

Projektowanie systemów logistycznych jest zagadnieniem złożonym, interdyscyplinarnym i wieloaspektowym. Intencją autorów publikacji jest przedstawienie praktycznego narzędzia wspomagającego poznanie zasad projektowania systemów logistycznych, zarówno w skali mikro, jak i makro. Takie podejście może być interesujące zarówno dla praktyków zajmujących się systemami logistycznymi, jak i pracowników nauki oraz studentów.

Przedstawiona w książce metodyka projektowania systemów logistycznych ujmuje kompleksowo problematykę kształtowania i wymiarowania systemów logistycznych, uwzględniając teoretyczne i praktyczne podejście. Zawiera z jednej strony istotę funkcjonowania systemów logistycznych, a z drugiej – zasady kształtowania i wymiarowania poszczególnych składowych projektu systemu logistycznego. Biorąc pod uwagę różną konfigurację funkcjonalną poszczególnych elementów, opisana została struktura, elementy oraz charakterystyki systemów logistycznych. Przedstawione podejście do kształtowania systemów logistycznych uwzględnia rodzaj systemu, specyfikę realizowanych zadań oraz uwarunkowania techniczne, technologiczne i organizacyjne. Podobnie wymiarowanie systemów logistycznych wymaga wzięcia pod uwagę wszystkich istotnych parametrów, począwszy od ustalenia wielkości przepływów dóbr rzeczowych poprzez obliczenie czasów cykli transportowych, pracochłonności, liczby urządzeń po koszty wynikające z pracy urządzeń i pracy ludzkiej.

Książka składa się z ośmiu rozdziałów tematycznych obejmujących zagadnienia projektowania systemów logistycznych oraz rozdziału dziewiątego zawierającego praktyczne przykłady projektowania.

W rozdziale pierwszym zaprezentowano założenia metodologiczne projektowania systemów logistycznych w różnej skali, a w szczególności definicje i klasyfikacje podstawowych pojęć wykorzystywanych w dalszej części. Treści rozdziału wprowadzają czytelnika w tematykę funkcjonowania i organizacji systemów logistycznych. Rozdział kończy się omówieniem uniwersalnej procedury projektowania składającej się z etapów obejmujących: formułowanie zadania logistycznego, kształtowanie i wymiarowanie wariantów projektowych systemu logistycznego oraz ocenę rozwiązań. Procedura projektowania została uszczegółowiona, na konkretnych przykładach, w kolejnych rozdziałach.

Rozdział drugi definiuje problemy decyzyjne występujące podczas projektowania systemów logistycznych poprzez określenie obszarów projektowania i zasad identyfikacji potrzeb projektowych. Potrzeby projektowe wynikają z oceny poprawności funkcjonowania systemu logistycznego opartej na controllingu logistycznym lub audycie logistycznym. Dodatkowo, w rozdziale nakreślono zagadnienie niezawodności systemów logistycznych jako istotnego czynnika wpływającego na rozwiązanie projektowe.

W rozdziale trzecim omówiono funkcje i zadania systemów logistycznych, wskazując na sposoby i metody uwzględnienia ich przy projektowaniu. Analiza funkcji i zadań, a także analiza funkcjonowania i potrzeb są podstawą formułowania zadania logistycznego dla systemu, będącego pierwszym etapem projektowym – niezależnie od skali i rodzaju systemu. Ponadto, w tym rozdziale omówiono zasady formułowania zadania logistycznego, które następnie przedstawiono na przykładzie i podano zakres danych projektowych umożliwiających sprawne projektowanie.

Rozdziały od czwartego do ósmego obejmują praktyczne i metodologiczne zagadnienia projektowania systemów logistycznych. W rozdziale czwartym przedstawiono narzędzia zapisu struktury systemu logistycznego oraz zapisu i modelowania przepływu materiałów i informacji. Omówiono podstawową symbolikę zapisu (mapowania) procesów logistycznych, procesów biznesowych i decyzyjnych oraz sposoby jej wykorzystania do opracowywania m.in. kart procesu przepływu materiałów, wykresów przepływu i innych narzędzi. Omówiono także założenia wizualizacji oraz symulacji procesów i obiektów logistycznych z wykorzystaniem narzędzi informatycznych.

W rozdziale piątym przedstawiono zagadnienie wielowariantowego podejścia do kształtowania systemów logistycznych. Omówiono problematykę funkcjonalno-przestrzennego ujęcia obiektów i sieci logistycznych oraz zagadnienie lokalizacji obiektów infrastruktury logistycznej. Na podstawie struktury funkcjonalnej systemu

przedstawiono zasady kształtowania procesów logistycznych (m.in. w obiektach węzłowych sieci) oraz podstawowe zasady doboru technologii transportu zewnętrznego, technologii transportu wewnętrznego i magazynowania do zadań logistycznych.

W rozdziale szóstym omówiono zasady wymiarowania systemów logistycznych ze względu na wydajność, tj. liczbowe ujęcie koncepcji systemu logistycznego ukształtowanej we wcześniejszym etapie projektowym. Przedstawiono sposoby szacowania powierzchni, kubatur i pojemności elementów obiektów logistycznych, a także zasady szacowania jednostkowych czasów realizacji zadań. Omówiono zasady wymiarowania wydajności systemu, w tym obliczania pracochłonności procesów przepływu materiałów i informacji oraz wyznaczania liczby pracowników i urządzeń. Zaprezentowano zasady organizacji procesów logistycznych z wykorzystaniem harmonogramów i wykresów natężenia pracochłonności.

W rozdziale siódmym omówiono strukturę kosztów logistycznych oraz zasady szacowania nakładów i kosztów pracy systemu logistycznego użyteczne w fazie projektowania.

Rozdział ósmy zamyka procedurę projektowania. W rozdziale przedstawiono miary oceny jakości rozwiązania projektowego, w tym mierniki ekonomiczne, techniczne i trudno mierzalne możliwe do wyznaczenia w kolejnych etapach projektowania oraz funkcjonowania systemu logistycznego. Następnie przedstawiono zasady oceny jednokryterialnej i wielokryterialnej wariantów projektowych na przykładzie metody oceny wielokryterialnej MAJA.

W rozdziale dziewiątym przedstawiono praktyczne przykłady projektowania systemów logistycznych ilustrujące zasady i metody omówione we wcześniejszych rozdziałach.

Tematyka książki wpisuje się w aktualne potrzeby nie tylko uczelni technicznych kształcących na kierunku transport lub logistyka, lecz także innych uczelni, na których wykładane są treści z zakresu systemów logistycznych, lub studiów podyplomowych z tego zakresu.

Tym samym książka jest adresowana do szerokiego grona odbiorców. Wiedza w niej zawarta ułatwi czytelnikowi wejście na poziom świadomego użytkownika, który przede wszystkim rozumie zasady funkcjonowania otaczających go systemów logistycznych, a specjalistom – projektantom da możliwość usystematyzowania wiedzy i nowego spojrzenia na zagadnienie projektowania rozwiązań logistycznych. Przedstawione metody oraz problemy projektowe są także materiałem dydaktycznym kierowanym nie tylko do studentów uczelni technicznych, ale także wszystkich zainteresowanych poszerzaniem swojej wiedzy w zakresie szeroko pojętej logistyki. Praktyczne przykłady zastosowania omawianych metod ułatwią percepcję treści, a układ książki odzwierciedlający kolejne etapy podstawowej procedury projektowania ułatwi analizę zagadnień projektowych.

Zamysłem autorów było połączenie w publikacji walorów monografii naukowej z zaletami dobrego podręcznika akademickiego zawierającego dużą dawkę praktycznej wiedzy. Dlatego w pracy można znaleźć nie tylko zagadnienia teoretyczne, lecz także metodologiczne poparte przykładami praktycznych zastosowań procedur projektowania wybranych elementów systemów logistycznych. Przedstawione przykłady aplikacyjne mogą być przydatne zarówno dla środowiska akademickiego, jak i w praktyce gospodarczej.

Autorzy

1. Założenia metodologiczne projektowania systemów logistycznych

Projektowanie jest pierwszym etapem cyklu życia systemu logistycznego. Wymaga ono znajomości szerokiego zakresu pojęć obejmującego: zagadnienia techniczne, ekonomiczne i gospodarcze, organizacyjne i informacyjne, a także socjologiczne. Dodatkowo wymaga opanowania procedur projektowania wspartych znajomością teorii systemów, analizy matematycznej, teorii optymalizacji i zasad prognozowania. Wszystkie te pojęcia można odnaleźć pośrednio lub bezpośrednio w definicjach samej logistyki formułowanych przez organizacje i autorytety zajmujące się systemami logistycznymi. Tworzą one założenia metodologiczne do projektowania systemów logistycznych.

1.1. Definicje podstawowych pojęć

Dla jednoznaczności rozważań konieczne jest uściślenie podstawowych pojęć stosowanych w dalszej części książki.

Logistyka (rozdz. 1.2)

- dziedzina naukowo-badawcza dotycząca organizowania procesów przemieszczania oraz magazynowania surowców, materiałów i wyrobów gotowych w ujęciu systemowym, zmierzającym do optymalizacji łańcuchów zaopatrzeniowych (od pozyskania surowca do konsumenta), a także zajmująca się zagospodarowaniem produktów użytkowych ([4], [16], [206] jako dziedzina naukowo-badawcza);
- działania obejmujące organizację, planowanie, kontrolę i realizację przepływu towarów od ich wytworzenia i nabycia, przez produkcję i dystrybucję oraz związanych z nimi informacji, aż do finalnego odbiorcy, mające na celu zaspokojenie wymagań rynku, przy minimalnych kosztach i minimalnym zaangażowaniu kapitału [1];

- dziedzina wiedzy i umiejętności potrzebnych do kształtowania i wymiarowania procesów przepływu materiałów i informacji, w celu zaspokojenia potrzeb w rozpatrywanym obszarze, przy racjonalnych nakładach (ujęcie inżynierskie za [58]);
- proces planowania, realizacji i kontroli wydajnego i oszczędnego przepływu i magazynowania surowców, półfabrykatów i gotowych wyrobów oraz związanych z nimi informacji od punktu dostawy do punktu odbioru, odpowiednio do wymagań klienta (definicja wg *Council of Supply Chain Management Professionals*).

System (rozdz. 1.2)

- pewna funkcjonalna całość, składająca się z takiej liczby elementów pozostających ze sobą w ściśle ustalonych powiązaniach, która jest niezbędna do tego, by całość ta pełniła przypisane jej funkcje ([6], [69], [90], [95], [184]). Przy czym system [95]:
 - jest pewną funkcjonalną całością znajdującą się w określonych wzajemnych relacjach z otoczeniem (tzw. idea wyodrębnienia systemu z otoczenia),
 - składa się z elementów (podsystemów), które oddziałują na siebie wzajemnie, przy czym oddziaływania te mają istotny wpływ na własności systemu (tzw. idea budowy systemu z elementów),
 - pełni określoną funkcję (realizuje cel), która stanowi podstawę do traktowania systemu jako całości, zdolnej do wykonywania założonego zadania (tzw. idea funkcji spełnianej przez system),
 - podlega większym lub mniejszym zmianom w czasie, zachowując przy tym pewne podstawowe własności (tzw. idea ograniczonej zmienności systemu w czasie).

System logistyczny (rozdz. 1.2)

- celowo zorganizowany i połączony zespół takich elementów (podsystemów), jak: zaopatrzenie, produkcja, transport, magazynowanie, odbiorca wraz z relacjami między nimi oraz między ich własnościami, warunkujący przepływ strumieni, środków finansowych i informacji [147];
- system przestrzenno-czasowej transformacji towarów, który składa się z obiektów logistycznych pozostających ze sobą w relacji wyrażonej przez przepływ strumieni materiałów i informacji między nimi [163];
- system (w skali makro) celowo zorganizowanych i połączonych ze sobą przepływami materiałowymi, informacyjnymi i finansowymi przedsiębiorstw oraz rynków zaopatrzenia i zbytu, w tym także rynków zagranicznych, obejmujących układ środków technicznych, organizacyjnych i ludzi wraz z relacjami między

nimi, warunkującymi efektywną realizację przepływów strumieni dóbr materialnych w całej gospodarce kraju [94].

Łańcuch dostaw

- grupa przedsiębiorstw realizująca wspólne działania niezbędna do zaspokojenia popytu na określone produkty w całym łańcuchu przepływu dóbr – od pozyskania surowców do dostaw do ostatecznego odbiorcy. Działaniami tymi mogą być: rozwój, produkcja, sprzedaż, serwis, zaopatrzenie, dystrybucja, zarządzanie zasobami, działania wspierające [55], [206];
- sieć powiązań współzależnych organizacji, które działając na zasadzie wzajemnej współpracy, wspólnie kontrolują, kierują i usprawniają przepływy rzeczowe i informacji od dostawców do ostatecznych klientów [53], [206];
- sieć organizacji zaangażowanych, poprzez powiązania z dostawcami i odbiorcami, w różne procesy i działania, które tworzą wartość w postaci produktów i usług dostarczanych ostatecznym konsumentom [53], [206].

Proces logistyczny

- zespół zadań związanych z przemieszczaniem i/lub zmianą postaci fizycznej oraz składowaniem jednostek (logistycznych) materiału za pomocą odpowiedniego sprzętu i pracowników, zorganizowany i sterowany przez specjalistyczne narzędzia informacyjne (ujęcie inżynierskie za [58]).

Magazyn

- jednostka funkcjonalno-organizacyjna przeznaczona do magazynowania dóbr materialnych (zapasów) w wyodrębnionej przestrzeni budowli magazynowej według ustalonej technologii, wyposażona w odpowiednie urządzenia i środki techniczne, zarządzana i obsługiwana przez zespół ludzi (wg PN-84/N-01800);
- miejsce w systemie logistycznym służące do składowania i rozdziału dóbr materialnych. Przeważnie duży, przestrzenny obiekt zlokalizowany w przemysłowych częściach miast i przedmieść [116].

Magazynowanie

- zespół czynności następujących po sobie w określonej kolejności. Składają się na nie czynności przyjęcia, buforowania, składowania, przechowywania, komisjonowania, przemieszczania, konserwacji i wydawania. Wszystkie podlegają ewidencjonowaniu i kontroli (wg PN-84/N-01800);
- zbiór czynności dokonywanych na jednostkach materiału i informacjach z pomocą ludzi, za pomocą urządzeń i środków transportowych, w całym obszarze magazynu, poczynwszy od: wyładunku środków transportu zewnętrznego,

poprzez przyjęcie, składowanie, komisjonowanie, wydanie, aż do załadunku środków transportu zewnętrznego, sterowany i kontrolowany przez specjalistyczne narzędzia informacyjne i informatyczne (za [58]).

Centrum logistyczne

- samodzielny podmiot gospodarczy dysponujący: wydzielonym terenem powiązanim z otoczeniem komunikacyjnym (głównie sieć dróg), infrastrukturą (drogi, place, parkingi, budowle inżynierskie i budynki), wyposażeniem, personelem, organizacją, świadczący usługi logistyczne (przewóz, przeładunki, magazynowanie, rozdział i kompletacja, funkcje zaopatrzeniowe i dystrybucyjne) w ramach doraźnych zleceń lub umów ciągłych z firmami zewnętrznymi (za [58], [82]);
- miejsce, w którym działa co najmniej dwóch przewoźników kierujących się wspólnymi zasadami w zakresie budowy i wykorzystania urządzeń transportowych, przeładunkowych oraz magazynów [150];
- geograficzne zgrupowanie niezależnych przedsiębiorstw i organizacji zajmujących się transportem ładunków (np. przewoźników, spedytorów, operatorów transportowych, biur celnych) i dodatkowo usługami towarzyszącymi (np. składowaniem, utrzymaniem, naprawami itp.) wyposażone co najmniej w terminal przeładunkowy (*Terminology on combined transport*, UNECE/ECMT/EC, United Nations, New York and Geneva, 2001).

Obiekt logistyczny

- element punktowy infrastruktury logistycznej, w którym możliwe jest realizowanie wszystkich bądź wybranych procesów i usług logistycznych, spośród których wymienić można: buforowanie, składowanie, przeładunki, rozdział i agregację, konsolidację i dekonsolidację oraz przetwarzanie (w tym proste procesy produkcyjne) strumieni materiałów;
- elementy węzłowe sieci logistycznej (np. magazyny dystrybucyjne i produkcyjne, centra logistyczne, centra zaopatrzenia, terminale przeładunkowe, porty itd.).

Projekt (rozdz. 1.5)

- zbiór czynności lub działań ludzkich, powiązanych ze sobą w założony sposób, niezbędnych do osiągnięcia celu często poprzez wytworzenie unikatowego produktu w skończonym przedziale czasu [57], [106], [125];
- przedsięwzięcie zmierzające do realizacji wyznaczonego celu, wymagające wykorzystania zasobów i ujęte w ramy ograniczeń czasowych, kosztowych i jakościowych [115];
- unikatowy zestaw skoordynowanych działań ograniczony czasem i kosztami, mający na celu uzyskanie zbioru określonych uprzednio produktów (zakres

spełniający cele projektu), zachowując przy tym normy jakości i wymagania. Czyli jest to tymczasowe przedsięwzięcie podejmowane w celu wytworzenia unikalnego produktu lub usługi [153].

Projektowanie (rozdz. 1.5)

- wywodzi się od łacińskiego słowa *proiectus*, które oznacza pomysł, zamiar, plan twórczego działania lub przedsięwzięcia, nową ideę, sugestię, jak też propozycję (za [57], [125]);
- w ujęciu procesowym oznacza zespół czynności zarówno fizycznych, jak i umysłowo-twórczych dokonywanych w kolejnych fazach analizy, syntezy oraz implementacji danego systemu [124];
- w naukach technicznych rozwiązania projektowe są utożsamiane z kreatywnym konstruowaniem przedmiotów i obiektów, strukturyzacją systemów technicznych oraz wartościowaniem w kategoriach technik czynnościowych i narzędziowych związanych przede wszystkim z kształtowaniem i konstruowaniem (za [57]).

Procedura projektowania systemów logistycznych (rozdz. 1.5)

- sposób (algorytm) postępowania przyczyniający się do wytworzenia projektu systemu logistycznego uwzględniający wiele czynników natury: przestrzennej, technologicznej, organizacyjnej, ekonomicznej.

Zadanie logistyczne (rozdz. 3.2)

- sformalizowany sposób zapisu obciążenia projektowanego systemu logistycznego pracą. Obciążenie to wynika z przewidywanej struktury zleceń klientów, potencjalnej dostępności materiałów i środków obsługi oraz wymogów technicznych. Zadanie logistyczne w sposób ilościowy i jakościowy opisuje strumienie materiałów na wejściu i na wyjściu systemu oraz zakres przekształceń tych strumieni, wymagane parametry technologiczne i organizacyjne oraz kryteria oceny jakości rozwiązania.

Komisjonowanie

- proces realizowany w magazynach dystrybucyjnych polegający na zestawieniu z materiałów oferowanych w magazynie jednostek wysyłkowych, przeważnie niejednorodnych, zgodnie ze zleceniem klienta. Komisjonowanie obejmuje procesy kompletacji, tj. pobierania materiałów i zestawiania ich w jednostki wysyłkowe oraz procesy gromadzenia i przetwarzania zleceń, kontroli i adresowania oraz pakowania i konsolidacji jednostek wysyłkowych. Jest to kluczowy składnik procesu magazynowego wpływający na jakość świadczonych przez

magazyn usług. W procesie komisjonowania zmianie ulega jedynie postać logistyczna materiałów.

Konfekcjonowanie

- proces realizowany w magazynach dystrybucyjnych polegający na zmianie postaci fizycznej i handlowej materiałów zgodnie ze zleceniem klienta. Najczęściej konfekcjonowanie polega na łączeniu materiałów w zestawy, wskutek czego wytworzony zostaje nowy rodzaj materiału. Konfekcjonowanie może być uznane za ostatnią fazę procesu produkcyjnego polegającą na różnicowaniu wyrobów zgodnie z zamówieniem klientów. Należy do grupy tzw. *value-added services* (VAS), tj. usług dodanych zwiększających wartość materiału.

Sieć logistyczna

- struktura podmiotów realizujących przepływy materiałowe od dostawców do odbiorców lub pośredniczących w tych przepływach, powiązanych ze sobą wzajemnymi zależnościami funkcjonalnymi, technologicznymi, ekonomicznymi i informacyjnymi [99];
- struktura kanałów logistycznych, którymi następuje przepływ materiałów od producenta do obiektów logistycznych, np. centrów dystrybucji, centrów handlowych i ostatecznych odbiorców [213];
- grupa niezależnych przedsiębiorstw konkurujących i kooperujących w celu poprawy sprawności i efektywności przepływu produktów oraz towarzyszących im informacji zgodnie z oczekiwaniami klientów [25].

Infrastruktura logistyczna

- infrastruktura liniowa, punktowa, informatyczna i komunikacyjna oraz środki transportu (zewnętrznego i wewnętrznego) i manipulacji służące do przemieszczania materiałów między elementami węzłowymi systemu logistycznego i zmiany postaci tych materiałów w elementach węzłowych (na podstawie [94]).

1.2. System logistyczny

Charakterystyczną cechą współczesnych przedsiębiorstw jest dążenie do wzrostu elastyczności w reagowaniu na potrzeby rynku. Duże nadzieje w budowaniu właściwych relacji między wytwórcami dóbr a ich odbiorcami pokłada się w logistyce [2], [58], [65], [85]. W literaturze przedmiotu istnieje wiele definicji pojęcia logistyka. Genezę oraz przykłady definicji pojęcia logistyki można znaleźć niemalże

we wszystkich opracowaniach z tej dziedziny zarówno krajowych, jak i zagranicznych [16], [65], [133], [163].

Na ogół **logistykę** postrzega się jako proces planowania, realizowania i kontrolowania sprawnego i ekonomicznie efektywnego przepływu surowców, materiałów do produkcji, wyrobów gotowych oraz odpowiedniej informacji związanej z tym przepływem, od dostawców do odbiorców w celu zaspokojenia wymagań klienta [1]. Choć są rozbieżności co do szczegółów w definiowaniu logistyki, to wszyscy autorzy są zgodni, że należy uwzględnić:

- fizyczny przepływ dóbr rzeczowych i związane z nim informacje,
- obsługę klientów na odpowiednim poziomie, tj. takim, kiedy wszystkie oczekiwania klienta względem usługi logistycznej zostały spełnione,
- minimalizację kosztów przepływu.

Zasadniczo zwraca się uwagę na trzy aspekty definiowania logistyki:

1. funkcjonalny (marketingowo-organizacyjny),
2. przedmiotowy (inżynierski),
3. ocenowy (efektywność działania).

W pierwszym, czyli w aspekcie funkcjonalnym, logistyka to działania obejmujące organizację, planowanie, kontrolę i realizację przepływu towarów od ich wytworzenia i nabycia, przez produkcję i dystrybucję, aż do finalnego odbiorcy, mająca na celu zaspokojenie wymagań rynku, przy minimalnych kosztach i minimalnym zaangażowaniu kapitału.

W ujęciu inżynierskim ma zastosowanie pojęcie tzw. logistyki stosowanej definiowanej jako dziedzina wiedzy i umiejętności niezbędnych do kształtowania i wymiarowania procesów przepływu ładunków i informacji w systemach logistycznych, w celu zaspokojenia potrzeb w rozpatrywanym obszarze, przy minimalnych nakładach i kosztach [58]. Logistyka stosowana obejmuje swym zakresem badanie, analizowanie, projektowanie systemów i procesów logistycznych, posługując się przy tym różnymi dyscyplinami nauki i dziedzinami techniki. Jako jej główne produkty wymienia się analizę istniejących systemów logistycznych, wdrożonych w różnych sferach życia gospodarczego oraz projekty nowych systemów [58], [65], [85].

Aspekt ocenowy logistyki to przede wszystkim ocena jakości realizacji usług, satysfakcji klienta oraz minimalizacji kosztów dostarczenia dóbr materialnych do odbiorców przy akceptowalnym poziomie ich realizacji.

Przytoczone definicje w mniejszym czy w większym stopniu opierają się na definicji, która została podana przez *Instytut Council of Logistics Management* w USA w 1962 r. [41], [65], [164]. ICLM definiuje logistykę jako proces planowania, realizowania i kontrolowania sprawnego i efektywnego ekonomicznie przepływu surowców, materiałów do produkcji, wyrobów gotowych oraz odpowiedniej informacji z punktu pochodzenia do punktu konsumpcji w celu zaspokojenia wymagań

klienta. Wśród działań logistycznych wymienia się m.in.: obsługę klienta, prognozowanie popytu, przepływ informacji, kontrolę zapasów, czynności manipulacyjne, realizowanie zamówień, czynności naprawcze i zaopatrywanie w części, lokalizację zakładów produkcyjnych i składów, procesy zaopatrzeniowe, pakowanie, obsługę zwrotów, gospodarowanie odpadami, czynności transportowe i składowanie.

Współczesna logistyka to nie tylko metoda zarządzania przepływem ładunków od dostawców do odbiorców w taki sposób, aby przepływ ten przebiegał bez zakłóceń, lecz także organizacja tego przepływu zapewniająca efektywność wszystkich uczestników procesu przepływu. Wymaga to od podmiotów uczestniczących w procesie przemieszczania wysokiej dyscypliny w zakresie dokładności, punktualności, niezawodności i jakości realizowanych usług. Konieczne jest przy tym dysponowanie odpowiednią infrastrukturą techniczną, która z jednej strony pozwoli na dostarczenie odpowiedniego towaru tam, gdzie jest potrzebny i o takiej jakości, jaka jest oczekiwana przez klienta, a z drugiej strony umożliwi minimalizację całkowitych kosztów realizacji takiego przepływu.

Należy nadmienić, że dostarczanie nabywcom pożądaných przez nich produktów atrakcyjnych cenowo i jakościowo jest głównym zadaniem dystrybucji. Przy czym z logistycznego punktu widzenia czynnikiem charakteryzującym działalność transportową przy realizacji zadań jest relacja pomiędzy kosztem transportu a poziomem obsługi logistycznej [94]. Zależność ta jest ważna tym bardziej, że w przemieszczaniu ładunków od producentów do odbiorców bierze udział wielu uczestników (operatorów logistycznych, spedytorów, przewoźników itp.), którzy działają bądź w zakresie produkcji, zaopatrzenia, bądź też przemieszczania, stanowiąc kolejne ogniwa procesu logistycznego. Stąd też celowe jest, aby w procesie przemieszczania ładunków właściwie skoordynować działania wszystkich uczestników w ramach sprawnie funkcjonującego systemu logistycznego.

Aby doprecyzować pojęcie systemu logistycznego w aspekcie projektowania systemów logistycznych w ujęciu inżynierskim, należy wyjść od samego terminu system. W teorii systemów pojęcie **system** odnosi się do obiektów, które są charakteryzowane za pomocą wybranego zestawu cech. Stąd w języku badacza system, z punktu widzenia celu badań, jest odwzorowaniem właściwości obiektu, wyróżnionych jego elementów i powiązań między nimi. Przy czym system [95]:

- jest pewną funkcjonalną całością znajdującą się w określonych wzajemnych relacjach z otoczeniem (tzw. idea wyodrębnienia systemu z otoczenia),
- składa się z elementów (podsystemów), które oddziałują na siebie wzajemnie, przy czym oddziaływania te mają istotny wpływ na własności systemu (tzw. idea budowy systemu z elementów),
- pełni określoną funkcję (realizuje cel), która stanowi podstawę do traktowania systemu jako całości, zdolnej do wykonywania założonego zadania (tzw. idea funkcji spełnianej przez system),

- podlega większym lub mniejszym zmianom w czasie, zachowując przy tym pewne podstawowe własności (tzw. ograniczonej zmienności systemu w czasie).

Zatem, system jest fragmentem rzeczywistości, który może być opisywany za pomocą zbioru elementów powiązanych ze sobą, a także z otoczeniem pewnymi zależnościami (oddziaływaniem, relacjami) w ten sposób, że stanowi funkcjonalną całość, która zawsze realizuje pewien ustalony cel. Istotne jest przy tym, aby zarówno elementy uwzględnione w opisie danego systemu, jak i przyjęte relacje między nimi nie były przypadkowe, muszą bowiem zapewniać funkcjonalną całość modelowanemu systemowi. Ponadto wymaga się, aby system zawierał tyle i tylko tyle elementów oraz relacji, ile jest koniecznych do pełnienia przez niego ustalonych funkcji [95].

Cechą charakterystyczną myślenia kategoriami systemowymi jest kompleksowy sposób rozpatrywania zagadnień oraz świadomość, że do wyjaśnienia całości nie wystarczy objaśnienie jej elementów, lecz musi przy tym nastąpić objaśnienie zależności występujących między jej elementami [3], [95], [163], [184]. Ponadto termin system można mieć zastosowanie tylko wówczas, gdy są spełnione następujące reguły [133], [184]:

- ścisłość – system powinien być ściśle określony, aby dokładnie było wiadomo, jakie elementy do niego należą, a jakie należą do jego otoczenia,
- niezmienność – określenie systemu powinno być niezmiennie w toku rozważań (badań systemowych), bowiem niedopuszczalne jest, aby pewne elementy raz były traktowane jako część systemu, natomiast niekiedy jako elementy jego otoczenia,
- zupełność – podział systemu na podsystemy powinien być zupełny, bowiem system nie może zawierać elementów nienależących do żadnego z jego podsystemów,
- rozłączność – podział systemu na podsystemy powinien być rozłączny, bowiem system nie może zawierać elementów należących do kilku podsystemów jednocześnie.

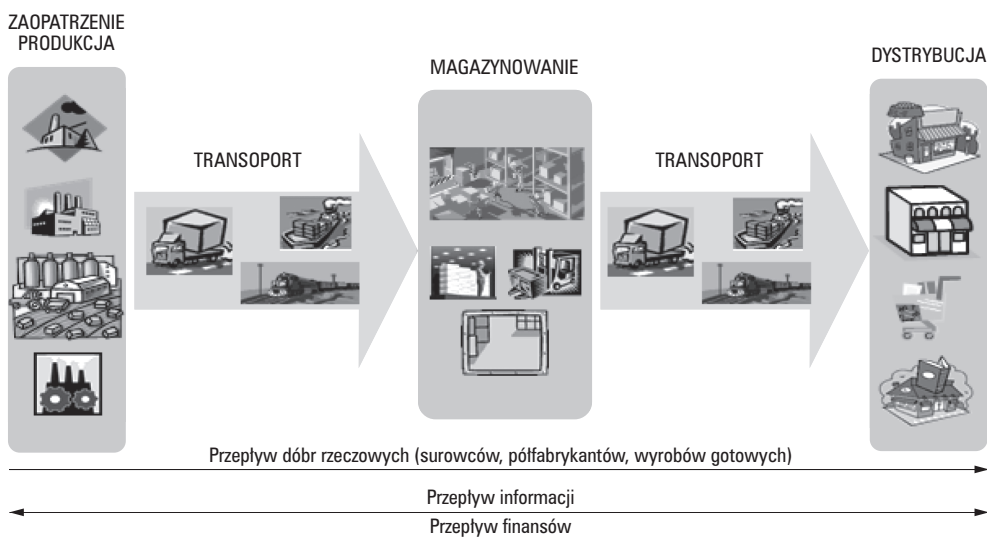
Z teorii systemów wynika, że pojęcie system jest bardzo ogólne i może być stosowane w odniesieniu do wielu różnorodnych fragmentów otaczającej nas rzeczywistości, w tym także do przepływu dóbr materialnych oraz do opisu, analizy i oceny funkcjonowania złożonych obiektów, takich jak systemy logistyczne.

Ze swej natury systemy logistyczne mają charakter usługowy. Stanowią wsparcie dla realizacji celów podstawowych przedsiębiorstw wytwórczych, produkcyjnych, ośrodków przemysłowych itp. Funkcjonowanie systemów logistycznych polega zatem na realizacji wielu zadań dla ustalonych procesów logistycznych.

Dobrze to odzwierciedla autor pracy [163], który wyjaśnia, że systemy logistyczne to systemy „przestrzenno-czasowej transformacji towarów”. Z procesów

transformacji czasowo-przestrzennych, ilościowych i jakościowych realizowanych podczas przepływu dóbr i informacji wynikają powiązania między elementami systemu. Stąd też wielu autorów, wychodząc od ogólnej teorii systemów, przy definiowaniu systemu logistycznego kładzie nacisk na jego strukturę, określając **system logistyczny** jako zbiór pewnych elementów powiązanych odpowiednimi relacjami. Jak pisze autor pracy [16], system logistyczny to „zbiór elementów logistycznych, których powiązania konkretyzują się poprzez procesy transformacji”. Natomiast autorka pracy [65] traktuje system logistyczny jako „zbiór podsystemów zaopatrzenia, produkcji, dystrybucji, transportu i magazynowania wraz z relacjami między nimi i ich właściwościami, ze stałą dążnością do podniesienia stopnia zorganizowania systemu”.

Reasumując, powiązania w systemie logistycznym wynikają z procesów transformacji czasowo-przestrzennych, ilościowych i jakościowych realizowanych podczas przepływu dóbr i informacji od wytwórców poprzez magazyny do odbiorców końcowych (rys. 1.1).



Rys. 1.1. System logistyczny wraz z wyróżnionymi elementami

Źródło: [82].

Przez badaczy nauk technicznych definicja systemu najczęściej jest podawana w ujęciu przyrodniczym, matematycznym lub cybernetycznym. Wydaje się, że z punktu widzenia analizy systemów logistycznych najbardziej adekwatna jest przyrodnicza lub cybernetyczna definicja systemu. Według pierwszej z nich system to *zbiór*

elementów materialnych, które na siebie oddziałują, a ich wzajemne powiązania tworzą wspólny cel (funkcję), który nie da się sprowadzić do funkcji jednego lub kilku wybranych elementów. Natomiast w ujęciu cybernetycznym system jest to funkcjonalna całość wyodrębniona z pewnego otoczenia, przy czym otoczenie oddziałuje na system poprzez bodźce (akcje, sygnały, wielkości wejściowe), a system oddziałuje na otoczenie poprzez 'pętlę sprzężenia zwrotnego' za pośrednictwem wielkości wyjściowych (reakcji) [9].

W tym kontekście, ze względu na wymagania odbiorców, powiązania między poszczególnymi elementami w systemie logistycznym powinny być precyzyjnie zdefiniowane i scharakteryzowane. Uwzględniając powyższe, system logistyczny to system, w którym są realizowane procesy przepływu strumieni ładunków i informacji. Procesy te są nieodłącznie związane z przekształcaniem strumieni ładunków oraz informacji ze względu na czas, miejsce i (lub) postać. Realizacja przepływów strumieni ładunków i informacji wymaga, aby system logistyczny dysponował odpowiednią strukturą opisaną pewnymi charakterystykami [91], [198], [203]. Stąd przy definiowaniu systemu logistycznego zwraca się uwagę na:

- relacje między wyróżnionymi elementami systemu logistycznego i zakłada, że jest to zbiór takich podsystemów, jak: zaopatrzenie, produkcja, transport i magazynowanie, zbyt, wraz z relacjami między nimi i między ich własnościami, ze stałym dążeniem do wzrostu stopnia zorganizowania systemu;
- dynamikę systemu logistycznego, uwzględniając różnorodne przepływy w nim zachodzące, tj. zakłada się, że system logistyczny to celowo zorganizowany i połączony w obrębie określonego układu gospodarczego fizyczny przepływ strumieni towarów, któremu towarzyszy przepływ środków finansowych i informacji.

W pierwszym przypadku podkreśla się, że system logistyczny zawsze dysponuje odpowiednimi zasobami. Podając za autorem pracy [58], system logistyczny jest definiowany jako *zbiór środków technicznych i organizacyjnych oraz ludzi wymaganych do planowania i realizowania przepływów, buforowania i rozdziału materiałów między producentami i hurtownikami a punktami sprzedaży detalicznej czy bezpośrednio konsumentami oraz współdziałających w sposób zapewniający efektywną realizację podstawowych funkcji firmy.*

Natomiast w drugim przypadku zwraca się uwagę, że system logistyczny to *celowo zorganizowany i zintegrowany – w obrębie danego układu gospodarczego – przepływ materiałów i produktów przez kolejne konfiguracje węzłów i ścieżek. Zakłada się przy tym, że wszelkie procesy logistyczne obejmujące przepływy od miejsc pozyskiwania surowców czy materiałów, wyrobów itp. do miejsc dostarczania wyrobów gotowych ostatecznemu nabywcy są realizowane w obrębie systemów logistycznych [3].*

Sposób opisu systemu logistycznego i jego definiowania zależy od jego umiejscowienia oraz funkcji, jakie ma pełnić. Różnorodność koncepcji definiowania systemów logistycznych determinuje różny ich podział. Więcej na temat klasyfikacji systemów logistycznych ze względu na wybrane kryteria przedstawiono w rozdziale 1.3.

Biorąc pod uwagę wyróżnione podejścia do definiowania systemu logistycznego, przyjmuje się następującą definicję systemu logistycznego.

Definicja systemu logistycznego

System logistyczny to zbiór celowo zorganizowanych i połączonych ze sobą przepływami materialowymi, informacyjnymi i finansowymi przedsiębiorstw oraz rynków zaopatrzenia i zbytu, obejmujących środki techniczne, organizacyjne i ludzkie wraz z relacjami między nimi, warunkującymi efektywną realizację przepływów dóbr materialnych w rozpatrywanym obszarze.

W aspekcie podanej definicji przykład krajowy system logistyczny obejmuje swoim zasięgiem całą gospodarkę, jest systemem usługowym dla pozostałych jej sfer (wydobycie, produkcja itd.) i realizuje zadania, które wynikają z nadań i odbiorów ładunków występujących w poszczególnych sferach gospodarki [94]. Podstawowe jego zasoby sprowadzają się zasadniczo do trzech elementów: podsystemu transportu zewnętrznego, podsystemu punktów obsługi ładunków oraz podsystemu organizacji i sieci przekazywania informacji.

Funkcjonowanie systemów logistycznych polega na realizacji wielu zadań dla ustalonych procesów logistycznych. Ważną rolę w poprawnej realizacji tych procesów w systemach logistycznych, tj. przepływów od miejsc pozyskiwania surowców (materiałów, wyrobów) do miejsc dostarczania wyrobów gotowych ostatecznemu nabywcy pełni system transportowy. Stosowane środki transportu oraz rozwiązania transportowo-spedycyjne wpływają na efektywność elementów systemu transportowego, w tym węzłów sieci logistycznej (np. punktów przeładunkowych, terminali transportu intermodalnego, centrów logistycznych). Przy czym nie wolno zapominać o dwóch najważniejszych cechach systemu logistycznego, tj.:

1. wysokim stopniu spójności, który oznacza, iż zmiana w jednym podsystemie systemu logistycznego powoduje zmiany w pozostałych podsystemach; wynika to z faktu, że poszczególne podsystemy są ze sobą powiązane i od siebie zależne;
2. elastyczności, która wyraża się reagowaniem systemu logistycznego na wpływ otoczenia ekonomicznego, otoczenia konkurencji, a w związku z tym podatnością na zmiany cen, podatków, a także poziomu inflacji.

Tak wielostronne ujęcie systemu logistycznego powoduje, że należy go rozpastrywać, wyróżniając w nim trzy płaszczyzny:

1. przestrzenną – połączenie elementów systemu i przepływ strumieni towarów,
2. organizacyjną – powiązania elementów systemu (relacje między nimi),
3. informacyjną – przepływ strumieni finansowych i informacji.

Na każdej z powyższych płaszczyzn występują przepływy oraz relacje między elementami odpowiadających im struktur. Płaszczyzny te są ze sobą silnie powiązane i razem tworzą spójną całość opisującą wielowymiarowość systemu logistycznego. Dotyczy to w równej mierze systemów w skali makro, jak i systemów logistycznych poszczególnych przedsiębiorstw. Niezależnie od skali systemu ważne jest właściwe dostosowanie jego wyposażenia do realizowanych zadań, tj. właściwe wykonanie projektu systemu logistycznego.

Właściwe ustalanie wyposażenia systemu logistycznego wymaga znajomości procedury procesu projektowania. Procedura projektowania systemów logistycznych obejmuje kilka etapów uwzględniających złożoność i wieloaspektowość procesów panowania przepływu materiałowego. Poprawna identyfikacja przepływów materiałowych stanowi podstawę wszelkich metod projektowania systemów logistycznych. Jak podkreśla autor pracy [124], tok projektowania systemu logistycznego, jeżeli ma być realizowany poprawnie, winien mieć jednoznaczne odniesienie do problematyki planowania przepływów materiałowych w analizowanym systemie. Nieodzowne jest przy tym powiązanie wszystkich występujących problemów cząstkowych dotyczących planowania przepływu materiałowego w systemie logistycznym w jeden projekt (rys. 1.2).

Ponadto konieczne jest uwzględnienie powiązania czynności projektowych oraz planowania przepływu materiałów i ich wzajemne uzależnienie. Według koncepcji planowania współbieżnego przepływ materiałów powinien być planowany równolegle z projektowaniem systemu logistycznego. Chodzi o zapewnienie możliwości ciągłych modyfikacji planu przepływu materiałów podczas projektowania systemu. Powiązania występujące między planowaniem materiałowym i informacyjnym przedstawiono na rys. 1.2.

Zgodnie z powyższym wyposażenie infrastrukturalne systemu logistycznego, które jest niezbędne do realizacji ustalonego zadania logistycznego, powinno być realizowane wariantowo dla różnych założeń w zakresie planu przepływu dóbr materiałowych przez jego elementy. Dopiero porównanie tak uzyskanych wariantów powinno pozwolić na znalezienie najlepszego rozwiązania dla systemu logistycznego (rozdział 8).

Można zatem powiedzieć, że projektowanie systemów logistycznych jest interdyscyplinarnym zagadnieniem obejmującym wiele dziedzin z obszaru techniki, informatyki i ekonomii. Procedura projektowa powinna uwzględniać wiele czynników