

PROJEKTOWANIE CENTRUM LOGISTYCZNEGO

DESIGNING OF A LOGISTICS CENTER

Marian BRZEZIŃSKI

marian.brzezinski@wat.edu.pl

<https://orcid.org/0000-0002-7123-7448>

Wojskowa Akademia Techniczna

Wydział Bezpieczeństwa, Logistyki i Zarządzania

Instytut Logistyki

Dominika POSUNIAK

Wojskowa Akademia Techniczna

Wydział Bezpieczeństwa, Logistyki i Zarządzania

Instytut Logistyki

Streszczenie: *Celem artykułu jest przedstawienie procesu projektowania centrum logistycznego. Zawiera on sformułowanie zadania projektowego, lokalizację centrum logistycznego, zarys projektu centrum logistycznego oraz koncepcję przepływu materiałów w magazynie.*

Abstract: *The purpose of the article is to present the logistics center design process. It contains the wording of the design task, logistics center locations, the outline of the logistics center design, and the concept of material flow in the warehouse.*

Słowa kluczowe: *logistyka, centrum logistyczne, projektowanie*

Keywords: *logistics, logistics center, design*

WSTĘP

Umiejętność projektowania to podstawowy wymóg w stosunku do każdego inżyniera niezależnie od specjalności. Podstawowym motywem podejmowania procesu projektowania jest informacja o potrzebie oraz możliwościach i niemożliwościach realizacyjnych (ograniczeniach). Każdy projekt – w tym także centrum logistycznego – charakteryzuje się niepowtarzalnością i wysoką złożonością (Huang, Savelsbergh, Zhao, 2018; Rahmandoust, Soltani, 2019). Projektowanie każdego systemu, a takim niewątpliwie jest centrum logistyczne, wymaga spojrzenia holistycznego. Takie podejście jest niezwykle złożone, ale umożliwia osiągnięcie maksymalnego efektu funkcjonowania centrum logistycznego. Ponieważ jest on

złożony, stąd projektowanie wymaga zastosowania zasad i praw z wielu dziedzin nauki, m.in. teorii systemów, badań operacyjnych, modelowania systemów, teorii organizacji i zarządzania, ekonomii, controllingu, informatyki, maszynoznawstwa, eksploatacji maszyn i urządzeń, a także prawa, socjologii i ergonomii (Das, Rajak, Kumar, 2018; Liang, Wei, 2016; Aras, Boyaci, Verter, 2010). Złożony jest również proces projektowania i dlatego wymaga to stworzenia interdyscyplinarnych zespołów mających duże doświadczenie w tego typu przedsięwzięciach. Liczba publikacji z podstaw, zasad i procedur projektowania centrów logistycznych jest bardzo mała, stąd w ocenie autorów wszelkie opracowania na ten temat należy uznać za ważne i potrzebne (Liu, Ma, Jin, Jiang, 2017; Liu, Zhao, 2015; Zhang, Ruan, Liu, i in., 2012; Cilacı Tombuş, Aras, Verter, 2017). Trudno w jednym artykule przedstawić pełny proces projektowania centrum logistycznego (obiektu bardzo złożonego), dlatego ograniczono się do zaprezentowania jedynie zarysu procesu projektowania.

Celem opracowania jest przedstawienie zarysu procesu projektowania centrum logistycznego dla branży motoryzacyjnej i spożywczej.

1. ZADANIE PROJEKTOWE

Sformułowanie zadania projektowego obiektu logistycznego wiąże się z zebraniem odpowiednich informacji oraz danych. Ważnymi danymi związanymi z projektowaniem centrum logistycznego są wielkość dóbr materialnych oraz wymiary poszczególnych elementów (Mitkow, Kijek, 2014). W fazie formułowania zadania projektowego należy określić cel projektowania, a zatem zdefiniować potrzebę, która powinna być zaspokojona. Zadanie projektowe powinno być sformułowane ogólnie, aby nie ograniczać liczby możliwych rozwiązań.

Projektowanie centrum logistycznego, które jest systemem logistycznym, składa się z następujących etapów (Brzeziński, 2015):

- branży, struktury i wielkości przedsiębiorstwa;
- struktury produkcji i produktu;
- struktury dostawców i odbiorców;
- rodzaju produkcji;
- wymagań odbiorców wewnętrznych i zewnętrznych w stosunku do poziomu obsługi logistycznej;
- kosztów obsługi logistycznej.

Przedmiotem projektowania jest centrum logistyczne przeznaczone do obsługi logistycznej przedsiębiorstw krajowych i zagranicznych z branży motoryzacyjnej (automotive) oraz spożywczej.

Zakłada się, że centrum logistyczne będzie obsługiwać klientów z branży motoryzacyjnej z takich krajów, jak: Czechy, Słowacja, Węgry i Polska. Centrum będzie również współpracowało z kilkudziesięcioma dostawcami z Niemiec, Węgier, Czech,

Słowacji. Rozwój centrum w przyszłości pozwoli sięgnąć po kolejnych odbiorców z Europy, m.in. z Belgii i Francji, jednak niewykluczone, że współpraca obejmie także kraje spoza Starego Kontynentu.

Na początku działalności dostawcami w branży spożywczej będą podmioty z Polski, Włoch i Niemiec. Dostawy z Polski będą wykorzystywały przede wszystkim transport samochodowy oraz kolejowy, wyposażony w odpowiednie chłodnie i mroźnie lub kontenery mogące zapewnić odpowiednie temperatury przewożonym produktom, natomiast produkty z Włoch oraz Niemiec nie będą wymagały określonych temperatur i będą mogły być przewożone transportem lotniczym. Początkowo usług centrum logistycznego będą korzystać odbiorcy tylko z Polski, zarówno w branży spożywczej, jak i motoryzacyjnej. Będą nimi warsztaty samochodowe, fabryki samochodów oraz dealerzy autoryzowanych salonów samochodowych świadczący również usługi naprawy i konserwacji pojazdów. W branży spożywczej będą to sklepy, supermarkety oraz restauracje.

2. LOKALIZACJA CENTRUM LOGISTYCZNEGO

Istotnym przedsięwzięciem poprzedzającym wykonanie projektu centrum logistycznego jest określenie jego lokalizacji. Do najważniejszych czynników lokalizacyjnych centrów logistycznych należą: dostęp do dwóch (co najmniej) różnych gałęzi transportu (najczęściej transport samochodowy i kolejowy), kongestia dróg w okolicach centrum, tworzenie korzyści makroekonomicznych dla rozwoju regionu oraz mikroekonomicznych dla klientów korzystających z centrum, a ponadto lokalne prawo budowlane, nastawienie władz lokalnych, rzeźba terenu i koszty rozwoju centrum, dostępność usług przewozowych, ilość i kwalifikacje potencjalnych pracowników, bezpieczeństwo regionu oraz koszty reklamy (Brzeziński, 2006; Arivalagan, 2019).

Wstępna analiza rynku umożliwiła określenie dwóch wariantów lokalizacyjnych centrum logistycznego: Gliwice oraz Sulejówek k. Warszawy. Region województwa śląskiego ma bardzo dobre warunki do funkcjonowania centrum logistycznego – bardzo dobra infrastruktura, zarówno drogowa, kolejowa, jak i wodno-śródlądowa, bardzo dobre zaplecze techniczne, duży rynek konsumencki, dobre ośrodki dydaktyczne oraz duża liczba doświadczonych w fachu pracowników. Aglomeracja warszawska to główny ośrodek natężenia ładunków zarówno do krajowych, jak i zagranicznych odbiorców oraz nadawców. Warszawa ma bardzo dobre połączenia drogowe, kolejowe i lotnicze, a także bardzo dobry dostęp do specjalistów oraz zasobów technicznych.

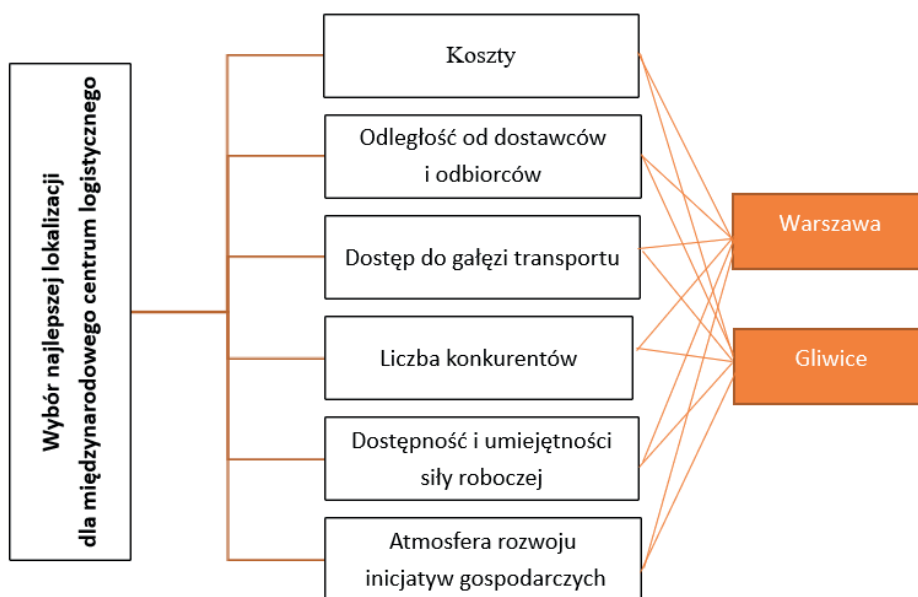
W celu wyboru jednego z dwóch określonych wstępnie wariantów lokalizacji centrum logistycznego można zastosować wybraną metodę analizy wielokryterialnej. W niniejszym opracowaniu do wyboru lokalizacji centrum logistycznego

zastosowano metodę AHP (ang. Analytic Hierarchy Process) (Pham, Ma, Yeo, 2017; Vidal Vieira, Ramos Toso, da Silva, Cabral Ribeiro, 2017; Xie, Gai, Li, 2010).

Pierwszym etapem zastosowania metody AHP jest utworzenie hierarchicznej struktury procesu decyzyjnego. W tym celu zbudowano model hierarchiczny, uwzględniając sześć kryteriów w lokalizacjach Gliwice oraz Warszawa, które są wariantami decyzyjnymi – rysunek 1.

Do najważniejszych kryteriów oceny wariantów decyzji zaliczono:

- K1 – koszty,
- K2 – odległość od dostawców i odbiorców,
- K3 – dostęp do gałęzi transportu,
- K4 – liczba konkurentów,
- K5 – dostępność i umiejętności siły roboczej,
- K6 – atmosfera rozwoju inicjatyw gospodarczych.



Rys.1. Model hierarchiczny dla wyboru najlepszej lokalizacji dla centrum logistycznego
Źródło: Opracowanie własne

Kolejnym etapem AHP jest określenie skali dominacji. W tym celu należy utworzyć macierz pierwszeństwa kryteriów, za pomocą której określa się dominację kryteriów względem siebie. Kryteria ocenia się korzystając z dziewięciostopniowej skali Saaty'ego. Skala ta pozwala określić stopień przewagi kryteriów względem siebie; 1 oznacza równowartość kryteriów, natomiast 9 – całkowitą przewagę. Za najważniejsze kryterium przyjęto K2 – odległość od dostawców i odbiorców, na

drugim miejscu K3 – dostęp do gałęzi transportu, na trzecim miejscu K1 – koszty, następnie K6 – atmosferę rozwoju inicjatyw gospodarczych oraz K5 – dostępność i umiejętności siły roboczej. Najniżej oceniono K4 – liczbę konkurentów. Macierz pierwszeństwa kryteriów przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Macierz pierwszeństwa kryteriów

Macierz pierwszeństwa kryteriów						
	K1	K2	K3	K4	K5	K6
K1	1,00	0,33	0,50	3,00	2,00	2,00
K2	3,00	1,00	2,00	5,00	4,00	4,00
K3	2,00	0,50	1,00	4,00	2,00	3,00
K4	0,33	0,20	0,25	1,00	1,00	0,50
K5	0,50	0,25	0,50	1,00	1,00	1,00
K6	0,50	0,25	0,33	2,00	1,00	1,00
Suma:	7,33	2,53	4,58	16,00	11,00	11,50

Źródło: Opracowanie własne

Do obliczenia wartości współczynników wagowych konieczne jest znormalizowanie utworzonej macierzy pierwszeństwa kryteriów, które przedstawia tabela 2. Aby znormalizować tabelę, wskaźnik względnej istotności czynnika pierwszego kryterium nad drugim należy podzielić przez sumę w kolumnie kryterium pierwszego. Następnie należy policzyć średnią arytmetyczną każdego wiersza, czyli współczynnik wagowy. Suma współczynników wagowych powinna być równa 1.

Tabela 2. Znormalizowana macierz pierwszeństwa kryteriów

Znormalizowana macierz pierwszeństwa kryteriów							
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	Wartość średnia:
K1	0,14	0,13	0,11	0,19	0,18	0,17	0,15
K2	0,41	0,39	0,44	0,31	0,36	0,35	0,38
K3	0,27	0,20	0,22	0,25	0,18	0,26	0,23
K4	0,05	0,08	0,05	0,06	0,09	0,04	0,06
K5	0,07	0,10	0,11	0,06	0,09	0,09	0,09
K6	0,07	0,10	0,07	0,13	0,09	0,09	0,09
SUMA:							1,00

Źródło: Opracowanie własne

Następnym krokiem jest porównanie wszystkich par wariantów decyzyjnych ze względu na każde z kryteriów oraz normalizacja utworzonych macierzy.

Kryterium K1– koszty.

Podstawą oceny kryterium K1 są średnie koszty najmu powierzchni magazynowej w latach 2016-2017 – tabela 3.

Tabela 3. Średnie koszty wynajmu powierzchni magazynowej w latach 2016-2017

Miasto/województwo	Stawka w EUR/m ²	
	2016	2017
Warszawa	4,8	4,8
Mazowieckie	3,2	3,0
Łódzkie	3,4	3,0
Dolnośląskie	3,3	3,3
Śląskie	3,2	3,1
Wielkopolskie	3,2	3,1
Pomorskie	3,2	3,4
Zachodniopomorskie	2,9	3,4
Małopolskie	3,8	4,3
Kujawsko-Pomorskie	3,3	3,1
Podkarpackie	3,5	2,9
Lubelskie	3,4	3,6

Źródło: Opracowanie własne

W Warszawie średnie koszty wynajmu powierzchni magazynowej wynosiły 4,8 euro na metr kwadratowy, natomiast w Gliwicach – w województwie śląskim – 3,2 euro na metr kwadratowy. K1 było zatem korzystniejsze dla Gliwic. Ponadto siła robocza w okolicach Gliwic jest tańsza niż w Warszawie. Stąd lokalizacja Gliwice została oceniona na 3 w skali Saaty'ego. Macierz kryterium K1 została przedstawiona w tabeli 4, a znormalizowana macierz kryterium K1 w tabeli 5.

Tabela 4. Macierz kryterium K1

Macierz kryterium K1		
	Warszawa	Gliwice
Warszawa	1,00	0,33
Gliwice	3,00	1,00
Suma:	4,00	1,33

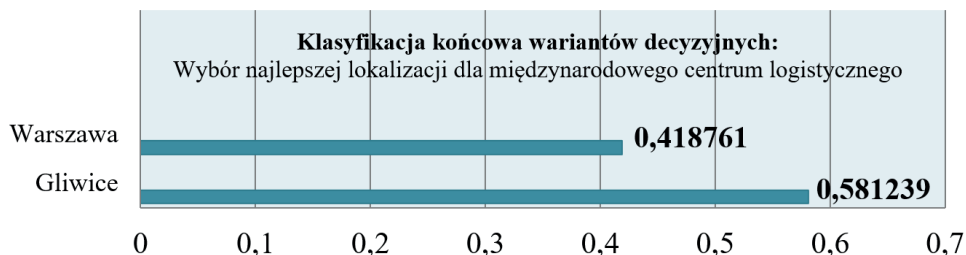
Źródło: Opracowanie własne

Tabela 5. Znormalizowana macierz kryterium K1

Znormalizowana macierz kryterium K1			
	Warszawa	Gliwice	Wartość średnia
Warszawa	0,25	0,25	0,25
Gliwice	0,75	0,75	0,75
SUMA:			1,00

Źródło: Opracowanie własne

Analogicznie zostały utworzone i znormalizowane macierze dla każdego kryterium. Po wykonaniu wszystkich obliczeń korzystniejszym miejscem pod lokalizację centrum logistycznego okazały się Gliwice, ze względu na to, że odległość od dostawców i odbiorców (kryterium 2) była znacznie mniejsza w przypadku Gliwic, a było to kryterium, które miało największą wagę. Wyniki przedstawione są na rysunku 2.



Rys. 2. Klasyfikacja końcowa wariantów decyzyjnych

Źródło: Opracowanie własne

Kolejnym krokiem inwestycji jest pozyskanie odpowiedniej działki. Działka, na której umieszczone będą magazyny, biura, parking, stacja paliw z myjnią, hotel z restauracją, serwisy, agencja celna, intermodalny terminal przeładunkowy, place przeładunkowe oraz składowisko, powinna odpowiadać wymogom dotyczącym manewrowania pojazdami i przemieszczania składów. Rozmieszczenie elementów centrum logistycznego będzie wymagało odpowiednich wymiarów działki. Oszacowano jej wielkość, a wymiary przedstawiono w tabeli 6. Na terenie działki planuje się umieścić 8 magazynów: 4 dla branży motoryzacyjnej – o wymiarach 150 x 80 m oraz 4 branży spożywczej – o wymiarach 120 x 100 m.

Tabela 6. Wymiary działki centrum logistycznego

Nazwa parametru	jm	Wartość
Długość działki	m	700
Szerokość działki	m	1500
Powierzchnia działki	m ²	1050000

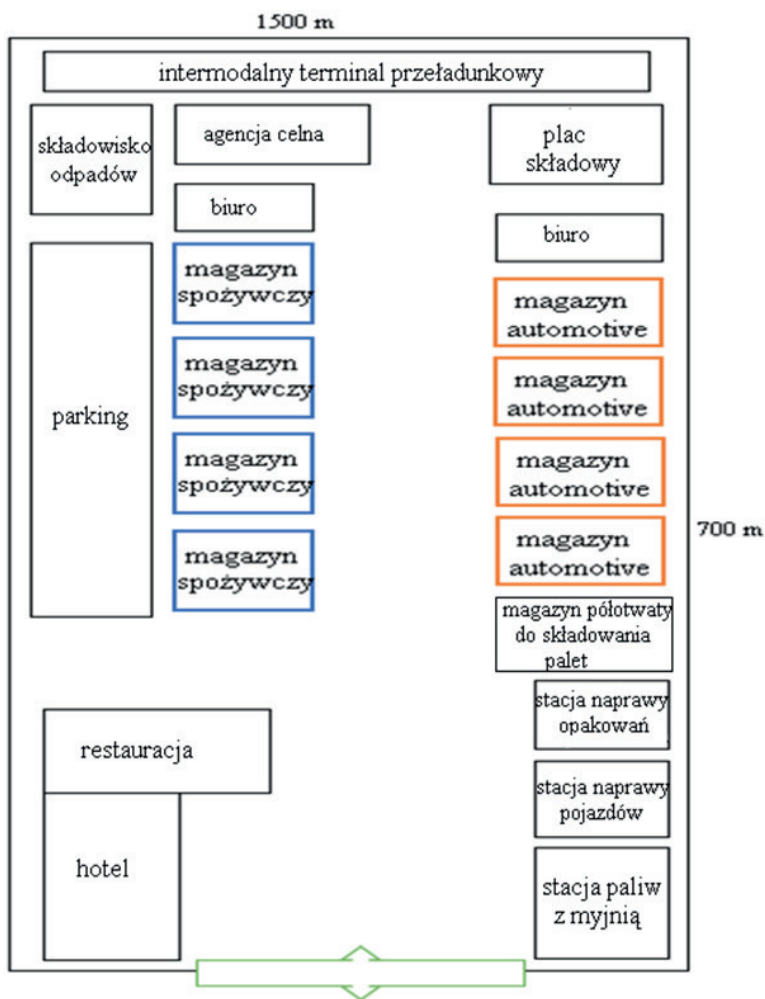
Źródło: Opracowanie własne

3. ZARYS PROJEKTU CENTRUM LOGISTYCZNEGO

Elementy centrum logistycznego to przede wszystkim zespół obiektów oraz wyposażenie techniczne wspomagające procesy logistyczne realizowane w centrum logistycznym (Zandkarimkhani, Nasiri, Heydari, 2018). Dzięki odpowiednio dobranej infrastrukturze przepływy dóbr w obiekcie będą odbywały się w sposób właściwy. Zależnie od wielkości i branży magazynów czy liczby towarów obsługiwanych w centrach logistycznych

pracownicy korzystają z różnych urządzeń, które mają za zadanie ułatwienie im pracy. Większość produktów, które są obsługiwane przez centrum logistyczne, wymaga budynków, w których towary mogą być czasowo przechowywane. Wybór rodzaju takiego miejsca zależy od właściwości fizykochemicznych składowanych towarów. Odpowiednie dobranie budowli jest bardzo ważne, ponieważ od niej zależy stan przechowywanych dóbr, w tym ich właściwości lub zniszczenia. Budowla musi mieć także odpowiednią wielkość, zależnie od ilości składowanych dóbr, liczby pracowników oraz maszyn.

Schemat rozmieszczenia elementów centrum logistycznego w Gliwicach został przedstawiony na rysunku 3.



Rys. 3. Schemat centrum logistycznego
Źródło: Opracowanie własne

Założono, że wszystkie magazyny w projektowanym centrum będą posiadały technologiczne układy workowe z oddzielnymi strefami przyjęć i wydań na jednej ścianie, dzięki czemu nie będą potrzebowały oddzielnych placów manewrowych. Pozwoli to także optymalnie wykorzystać przestrzeń oraz zmniejszyć ilość urządzeń transportu wewnętrznego. Oprócz rozmieszczenia elementów centrum logistycznego i ustalenia wymiarów magazynów należy określić takie parametry, jak: liczba poziomów składowania, pojemność magazynu, powierzchnia magazynu, dobowa liczba środków technicznych, liczba zatrudnionych osób w magazynie, liczbę regałów w magazynie, wymiary regałów, wymiary wózka widłowego, a także nakłady na inwestycję.

4. KONCEPCJA PRZEPŁYWU MATERIAŁÓW W CENTRUM LOGISTYCZNYM

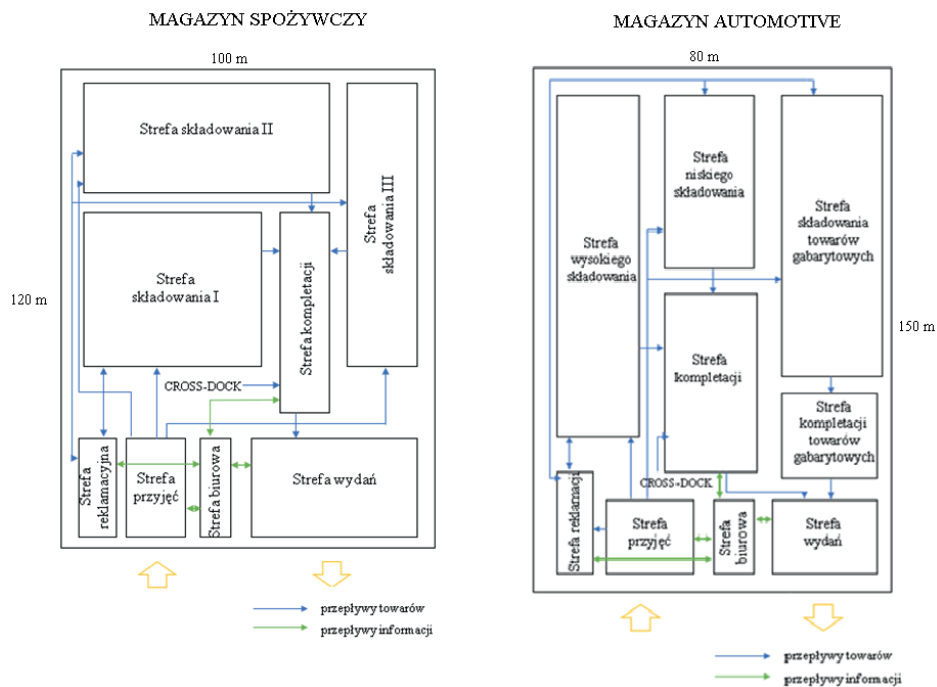
Opracowując koncepcję przepływu materiałów w centrum logistycznym, należy przyjąć, jaki będzie algorytm szeregowania zadań, czyli dyscyplina obsługi klientów. Koncepcja przepływu materiałów oraz informacji w magazynach projektowanego centrum logistycznego została przedstawiona na rysunku 4.

W przypadku magazynów branży motoryzacyjnej przyjęto, że klienci będą obsługiwani według regulaminu naturalnego – kolejności przybycia FIFO (First In, First Out). Zgodnie z tą zasadą w pierwszej kolejności wydawane będą te towary, które dotarły do strefy odbioru najwcześniej. Dzięki temu wyklucza się zbyt długie zaleganie niektórych partii towarów w magazynie.

Natomiast klienci magazynów spożywczych będą obsługiwani według zasady FEFO (First Expired, First Out). Polega ona na tym, że spośród jednostek ładunkowych tego samego towaru jako pierwszy wydawany jest ten, którego termin ważności upłynie jako pierwszy. Ma to związek z tym, iż każdy rodzaj żywności ma konkretną datę przydatności do spożycia.

Strefa składowania nazywana jest inaczej strefą główną, składa się ze strefy zajmowanej przez towary oraz luzy manipulacyjnej między regałami. Powierzchnia manipulacyjna przeznaczona jest do swobodnych manewrów podczas układania oraz pobierania zapasów z urządzeń do składowania bądź stosów. Składa się z dróg manipulacyjnych i transportowych.

Główną jednostką projektową strefy składowania tworzy moduł magazynowy. Jest to „fragment najmniejszej powtarzalnej części dwóch rzędów lub bloków jednostek ładunkowych wraz z luzami manipulacyjnymi oraz drogą pomiędzy nimi”. Moduły są używane do szacowania wielkości powierzchni składowej magazynu i kształtowania zagospodarowania. Wykorzystując zależności przedstawione w literaturze, można określić parametry każdego projektowanego magazynu (Korzeń, 1999).



Rys. 4. Koncepcja przepływu materiałów oraz informacji w magazynach projektowanego centrum logistycznego

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: Bartosiewicz S. (2015). Centra logistyczne w aspekcie zrównoważonego rozwoju. Warszawa: WAT, 37

Określenia parametrów dokonano na przykładzie magazynu branży spożywczej. Przyjęto, że w magazynie będą obsługiwane jednostki ładunkowe w postaci euro-palet o wymiarach 800 x 1200 mm. Towary będą miały wysokość ustaloną na 1 m. Jednostki ładunkowe będą ułożone na regałach w układzie rzędowym prostopadłe, co oznacza, że będą one ustawione krótszym bokiem do drogi manipulacyjnej. Ustalono, że w magazynie o wymiarach 100 x 120 m zmieści się 72 regały 4-poziomowe. Każdy z regałów będzie miał 19,5 m. Na jednym poziomie będą 72 regały, na których zmieści się 3024 pjł, co przy 4 poziomach, daje 12096 pjł. Oznacza to, że tyle jednostek jest w stanie pomieścić projektowany magazyn spożywczy.

Powierzchnię pojedynczego modułu wyznacza się ze wzoru:

$$\bar{M} = (2 \times d + G) \times l \quad (1)$$

gdzie:

d – moduł szerokości gniazda regałowego,

G – szerokość drogi manipulacyjnej,

l – moduł długości gniazda regałowego.

Szerokość drogi manipulacyjnej będzie uzależniona od rodzaju urządzeń manipulacyjnych. Jeżeli przyjąć, że obsługa jednostek ładunkowych będzie realizowana za pomocą wózków widłowych, można określić minimalne szerokości dróg transportowych. Należy przy tym korzystać z zależności przedstawionych w PN-68/M-78010. Zalecane minimalne szerokości dróg transportowych przedstawiono na rysunku 5. W przypadku projektowanego magazynu szerokość wózka widłowego wynosi 1,5 m i jest to środek transportu silnikowy.

Przeznaczenie drogi		Minimalna szerokość drogi [cm]	
		Dla bezsilnikowych środków transportowych	Dla silnikowych środków transportowych
Ruch jednokierunkowy	Tylko dla środków transportowych	$b = a + 60 \text{ cm}$	$b = a + 60 \text{ cm}$
	dla środków transportowych i ruchu pieszego	$b = a + 90 \text{ cm}$	$b = a + 100 \text{ cm}$
Ruch dwukierunkowy	Tylko dla środków transportowych	$b = 2a + 90 \text{ cm}$	$b = 2a + 90 \text{ cm}$
	dla środków transportowych i ruchu pieszego	$b = 2a + 180 \text{ cm}$	$b = 2a + 200 \text{ cm}$

Rys. 5. Zalecane minimalne szerokości dróg transportowych (PN-68/M 78010)

Źródło: <https://log4.pl/drogi-komunikacyjne-wewnetrzne-,416,12357.htm>

Symbole „a” i „b” na rysunku oznaczają:

a – szerokość środka transportu,

b – szerokość drogi.

W przypadku projektowanego magazynu będzie to ruch jednokierunkowy tylko dla silnikowych środków transportu, więc:

$$b = a + 60 \text{ cm} = 150 + 60 = 210 \text{ cm} = 2,1 \text{ m}$$

Mając powyższe dane, można obliczyć powierzchnię pojedynczego modułu:

$$\overline{M} = (2 \cdot 1,3 + 2,1) \cdot 0,9 = 4,23 \text{ [m}^2\text{]}$$

Istotnym elementem projektowanego centrum logistycznego jest opracowanie procesu zarządzania. Wymaga ono ustalenia uwarunkowań zewnętrznych i wewnętrznych centrum logistycznego, opracowania modelu systemu oraz procesów zarządzania, a także oceny efektywności funkcjonowania centrum logistycznego.

Należy również opracować podsystem informacyjny wspomagający zarządzanie centrum logistycznym, realizowany za pomocą narzędzi informatycznych.

Końcowym etapem projektowania centrum logistycznego jest ocena rozwiązań. Polega ona na porównaniu uzyskanych rezultatów z założeniami projektowymi, ustaleniu źródeł i przyczyn rozbieżności oraz wyeliminowaniu wad zaprojektowanego centrum logistycznego.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Projektowanie centrum logistycznego jest niewątpliwie zagadnieniem bardzo złożonym. Łączy w sobie zarówno zagadnienia inżynierskie i biznesowe. Powinno się charakteryzować myśleniem holistycznym, podejściem interdyscyplinarnym i zespołowym oraz zastosowaniem modeli matematycznych i symulacji. Takie podejście jest niezwykle złożone, ale umożliwia osiągnięcie maksymalnego efektu funkcjonowania centrum logistycznego. Autorzy przedstawili w artykule zarys procesu projektowania centrum logistycznego dla branży motoryzacyjnej i spożywczej. Zdając sobie sprawę z uproszczenia tego niezwykle złożonego zagadnienia i przedstawienia go tylko w zarysie, ze względu na niewielką liczbę publikacji z zakresu projektowania centrów logistycznych, autorzy wyrażają opinię, że przedstawione w artykule treści mogą stanowić dobry materiał dla studentów i pracowników zespołów projektujących systemy logistyczne.

LITERATURA

- [1] ARAS, N., BOYACI, T., & VERTER, V. (2010). Designing the reverse logistics network. *Closed loop supply chains: new developments to improve the sustainability of business practices*, 67-98.
- [2] ARIVALAGAN, R. (2019). Logistics network optimization in distributing critical medical supplies for a pharmaceutical company. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 8(3), 7767-7770. doi:10.35940/ijrte.C6320.098319.
- [3] BARTOSIEWICZ, S. (2015). *Centra logistyczne w aspekcie zrównoważonego rozwoju*. Warszawa: WAT.
- [4] BRZEZIŃSKI, M. (2006). *Logistyka w przedsiębiorstwie*. Warszawa: Bellona.
- [5] BRZEZIŃSKI, M. (2015). *Inżynieria systemów logistycznych*. Warszawa: WAT.
- [6] CILACI TOMBUŞ, A., ARAS, N., & VERTER, V. (2017). Designing distribution systems with reverse flows. *Journal of Remanufacturing*, 7(2-3), 113-137. doi:10.1007/s13243-017-0036-4.
- [7] DAS, D., RAJAK, M.K., & KUMAR, R. (2018). Reverse logistics network design for an e-commerce firm. Paper presented at the Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, 2018(JUL), 757-758.
- [8] HUANG, Y., SAVELSBERGH, M., & ZHAO, L. (2018). Designing logistics systems for home delivery in densely populated urban areas. *Transportation Research Part B: Methodological*, 115, 95-125. doi:10.1016/j.trb.2018.07.006.

- [9] KORZEŃ, Z. (1999). Logistyczne systemy transportu bliskiego i magazynowania, tom II. *Biblioteka Logistyczna*.
- [10] LIANG, F., & WEI, B. (2016). On research and practice of cold chain logistics center's systematic planning. Paper presented at the Proceedings of the 6th International Conference on Logistics and Supply Chain Management, 78-85.
- [11] LIU, B., MA, H., JIN, T., & JIANG, X. (2017). A research of designing underground tunnel logistics system network. Paper presented at the Proceedings of the 7th International Conference on Logistics and Systems Engineering 2017, 2017-December, 46-57.
- [12] LIU, Y., & ZHAO, Q. (2015). Research on logistics center layout based on SLP. In Proceedings of China Modern Logistics Engineering (pp. 17-28). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [13] MITKOW, S., & KIJEK, M. (2014). Wyznaczanie optymalnego położenia logistycznego w wykorzystaniem metody współrzędnych prostokątnych. *Gospodarka Materialowa i Logistyka*, (5 (CD)), 439-450.
- [14] PHAM, T.Y., MA, H.M., & YEO, G.T. (2017). Application of fuzzy delphi TOPSIS to locate logistics centers in vietnam: The logisticians' perspective. *Asian Journal of Shipping and Logistics*, 33(4), 211-219. doi:10.1016/j.ajsl.2017.12.004.
- [15] RAHMANDOUST, A., & SOLTANI, R. (2019). Designing a location-routing model for cross docking in green supply chain. *Uncertain Supply Chain Management*, 7(1), 1-16. doi:10.5267/j.uscm.2018.7.001.
- [16] VIDAL VIEIRA, J.G., RAMOS TOSO, M., DA SILVA, J.E.A.R., & CABRAL RIBEIRO, P.C. (2017). An AHP-based framework for logistics operations in distribution centres. *International Journal of Production Economics*, 187, 246-259. doi:10.1016/j.ijpe.2017.03.001.
- [17] XIE, D.D., GAI, Y.X., & LI, C. (2010). Study on the Selection of Railway Logistics Center Design Scheme Based on AHP-TOPSIS Method [J]. *Logistics Sci-Tech*, 6.
- [18] ZANDKARIMKHANI, S., NASIRI, M.M., & HEYDARI, J. (2018). Designing an open-loop supply chain network for recyclable products: A case study. *International Journal of Mathematics in Operational Research*, 13(3), 350-364. doi:10.1504/IJMOR.2018.094851.
- [19] ZHANG, Z., RUAN, J., LIU, X., WANG, J., WANG, P., & WANG, X. (2012, June). Logistics information systems model designing. In World Automation Congress 2012 (pp. 1-4). IEEE.