

Monika ODLANICKA-POCZOBUTT  
Politechnika Śląska  
monika.odlanicka-poczobutt@polsl.pl

Dagmara K. ZUZEK  
Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie  
Zakład Ekonomii i Polityki Gospodarczej  
d.zuzek@ur.krakow.pl

Ewa KULIŃSKA  
Politechnika Opolska  
ekulinska@po.opole.pl

Katarzyna WARZECHA  
Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach  
warzecha@ue.katowice.pl

## **PROJEKTOWANIE SIECI LOGISTYCZNEJ NA PRZYKŁADZIE WYBRANEGO USŁUGODAWCY LOGISTYCZNEGO**

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono proces projektowania sieci logistycznej w zakresie wyboru centrum dystrybucji metodą środka ciężkości. Celem artykułu była analiza struktury sieci dystrybucji przedsiębiorstwa specjalizującego się w usługach logistycznych, mająca na celu ocenę przydatności istniejących rozwiązań pod kątem wdrażanego projektu obsługi nowego klienta – przedsiębiorstwa dostarczającego surowce do produkcji elementów dla branży motoryzacyjnej. Na podstawie udostępnionych materiałów dokonano audytu logistycznego badanego przedsiębiorstwa w zakresie realizowanych procesów logistycznych oraz analizy kanałów dystrybucji. W projektowanym rozwiązaniu zostały wzięte pod uwagę prognozowane przepływy towarów i istotne uwarunkowania lokalizacyjne w zakresie wyboru terminala cross-dockowego i organizacji transportu dla surowców importowanych z Czech i dystrybuowanych do trzech odbiorców w Polsce.

**Słowa kluczowe:** sieci logistyczne, kanały dystrybucji, metoda środka ciężkości, magazyn cross-dockowy, lokalizacja punktów sieci, centrum dystrybucji

## LOGISTIC NETWORK DESIGN FOR THE SELECTED LOGISTIC OPERATOR

**Abstract.** The paper presents the process of designing a logistics network in the area of the choice of distribution center by center of gravity method. The aim of the article was to analyze the structure of the distribution network company specializing in logistic services, designed to assess the suitability of existing solutions for project implemented a new customer service – the company supplying raw materials for the production of components for the automotive industry. On the basis of the materials made available, the logistic audit of the surveyed company was carried out in the scope of implemented logistic processes and analysis of distribution channels. The projected solution took into account the forecasted flows of goods and important localization conditions for the selection of the cross-dock terminal and transport organization for raw materials imported from the Czech Republic and distributed to three customers in Poland.

**Keywords:** logistic network, distribution channels, the method of the center of gravity, cross-dock stock, localization of network points, distribution center

### 1. Wprowadzenie

Dominujące obecnie w sieciach dystrybucji koncepcje outsourcingowe – sugerują zwrócenie uwagi na zagadnienia związane z lokalizacją centrów dystrybucyjnych, magazynów centralnych oraz punktów przeładunkowych. Przesłankami zmian zachodzących w sektorach przemysłowych i handlowych, które spowodowały przyjęcie koncepcji sieci w odniesieniu do koordynacji organizacji<sup>1</sup>, są głównie takie czynniki, jak: efektywność, koszty transakcyjne, zasoby, uczenie się oraz niepewność<sup>2</sup>. Istotne znaczenie mają również uwarunkowania geograficzne, wywierające znaczny wpływ na lokalizację. Firmy zdają sobie sprawę, że oszczędności można osiągnąć poprzez integrację kontroli zapasów z uwzględnieniem dwupoziomowych systemów dystrybucyjnych, zwanych również systemami dystrybucji wielu-sprzedawców-jeden-magazyn<sup>3</sup>.

W technikach lokalizacji istotne znaczenie, poza aspektem kosztów całkowitych, ma czynnik przestrzeni, czyli przede wszystkim odległość między punktami sieci. Obok realnej trasy, jaką pokonuje środek transportowy  $d(A_0;A_1)$ , dla dwóch punktów  $A_0[x_0;y_0]$  oraz  $A_1[x_1;y_1]$  wyróżniamy dwa analityczne podejścia do zagadnienia odległości:

---

<sup>1</sup> Jones C., Hestery W., Borgatti S.P.: A general theory of network governance: Exchange conditions and social mechanisms. "Academy of Management Review", No. 22, 1997.

<sup>2</sup> Czakon W.: Dynamika więzi międzyorganizacyjnych przedsiębiorstwa. Akademia Ekonomiczna, Katowice 2007, s. 115.

<sup>3</sup> Anily S.: The general multi-retailer EOQ problem with vehicle routing costs. "European Journal of Operational Research", Vol. 79(3), 1994, p. 451-473.

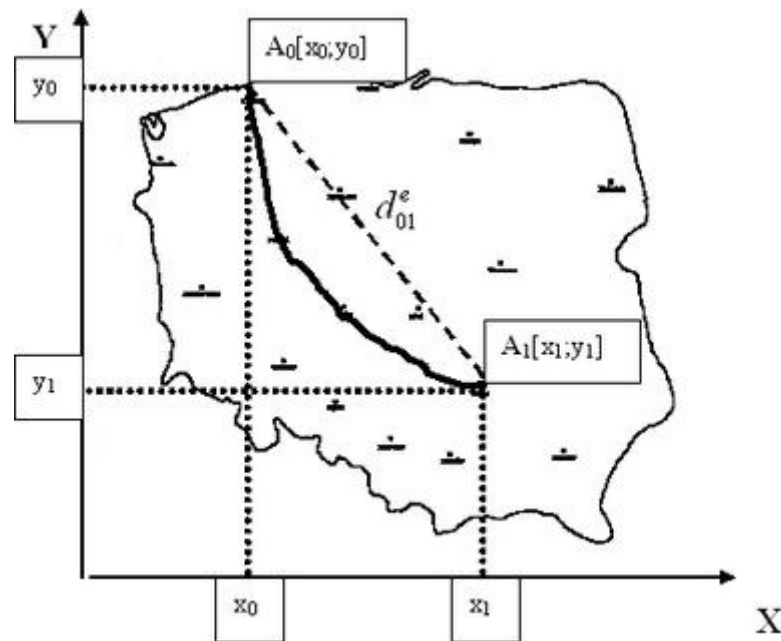
- euklidesowej, zapisanej wzorem:

$$d_{01}^e = \sqrt{(x_0 - x_1)^2 + (y_0 - y_1)^2} \quad (1)$$

- prostokątnej, zapisanej wzorem:

$$d_{01}^p = |x_0 - x_1| + |y_0 - y_1| \quad (2)$$

Przy dłuższych trasach między tymi trzema wielkościami występuje zależność przedstawiona na rys. 1.



Rys. 1. Zależność między wielkościami

Źródło: Coyle J.J., Bardi E.J., Langley C.J. Jr.: Zarządzanie logistyczne. PWE, Warszawa 2002.

Jeżeli stawki transportowe różnią się, najczęściej wykorzystywana jest metoda środka ciężkości. Bazuje ona na koncepcji odległości euklidesowej. Szukając optymalnej lokalizacji magazynu, obliczamy jego współrzędne  $[X;Y]$ . Metoda środka ciężkości pomaga określić miejsce lokalizacji stałego obiektu (np. zakładu produkcyjnego lub centrum dystrybucji) o najniższym koszcie przewozu materiałów dowożonych do obiektu i opuszczających go wyrobów gotowych na danym obszarze geograficznym, na który naniesiono siatkę pionowych i poziomych linii. Metoda ta pozwala zatem znaleźć „centrum ciężenia” (ang. *center of gravity*) o najniższym koszcie przemieszczenia surowców z jednej i wyrobów gotowych z drugiej strony<sup>4</sup>.

Aby prawidłowo zastosować metodę środka ciężkości, należy znać takie elementy, jak: współrzędne dostawców  $(x_i, y_i)$ , współrzędne odbiorców  $(x_j, y_j)$  oraz stawki przewozowe „od odbiorców” i „do dostawców”. Na tej podstawie określano masę towarową dla każdego z punktów dystrybucji ( $d_i$ ) oraz punktów sprzedaży ( $k_j$ ). Gdzie współrzędne dostawców oraz

<sup>4</sup> Coyle J.J., Bardi E.J., Langley C.J. Jr.: Zarządzanie logistyczne. PWE, Warszawa 2002, s. 577.

odbiorców określane są na mapie konturowej wraz z zaznaczoną siatką współrzędnych. Optymalna lokalizacja znajdować się będzie w punkcie  $C_x, C_y$ . Aby ją odnaleźć, należy zastosować wzór (3):

$$C_x = \frac{\sum_{i=1}^n r_i x_i z_i + \sum_{j=1}^m r_j x_j s_j}{\sum_{i=1}^n r_i z_i + \sum_{j=1}^m r_j s_j} \quad C_y = \frac{\sum_{i=1}^n r_i y_i z_i + \sum_{j=1}^m r_j y_j s_j}{\sum_{i=1}^n r_i z_i + \sum_{j=1}^m r_j s_j} \quad (3)$$

Gdzie:

$C_x, C_y$  – współrzędne środka ciężkości ;

$r_i, r_j$  – jednostkowe stawki przewozowe obowiązujące odpowiednio z i-tych punktów dostaw i j-tych punktów sprzedaży ;

$x_i, x_j$  – odległość z punktu 0 siatki do i-tych punktów dostaw i j-tych punktów sprzedaży na osi  $x$  ;

$y_i, y_j$  – odległość z punktu 0 siatki do i-tych punktów dostaw i j-tych punktów sprzedaży na osi  $y$  ;

$z_i, s_j$  – wielkość masy towarowej pozyskiwanej w i-tych punktach dostaw i wielkość sprzedaży w j-tych punktach sprzedaży .

Zgodnie z założeniami metody podstawową wielkością, jaka jest uwzględniana w funkcji celu, jest odległość. Współrzędne te mogą być ustalane na różne sposoby, należy jednak mieć na uwadze, że dokładność w tym zakresie ma podstawowe znaczenie dla jakości uzyskanego wyniku. Obecnie podstawowym elementem metody jest mapa, na którą należy nanieść punkty dostaw i odbioru ładunków, które mają być obsługiwane przez dany obiekt logistyczny<sup>5</sup>. Metoda środka ciężkości przeznaczona jest do wyznaczania miejsca lokalizacji obiektu położonego optymalnie względem punktów podaży i popytu<sup>6</sup>. Do przeprowadzenia obliczeń tą metodą należy posiadać pełne informacje o miejscach składowania surowców i lokalizacji odbiorców wyrobów gotowych oraz o ilości i asortymencie przemieszczanej masy<sup>7</sup>. Podczas rozwiązywania problemu lokalizacyjnego pomijane jest ukształtowanie sieci transportowej. Założenie to w przypadku transportu lądowego nigdy nie jest spełnione, dlatego uzyskiwane rozwiązanie zawsze jest obarczone pewnym błędem<sup>8</sup>.

Celem artykułu była analiza struktury sieci dystrybucji przedsiębiorstwa specjalizującego się w usługach logistycznych, mająca na celu ocenę przydatności istniejących rozwiązań pod

<sup>5</sup> Krzyszkowski A., Filipowicz J.: Logistyczne uwarunkowania lokalizacji centrów dystrybucji. „Logistyka”, nr 3, 2006.

<sup>6</sup> Beier F.J., Rutkowski K.: Logistyka. Oficyna Wydawnicza Szkoły Głównej Handlowej, Warszawa 2001.

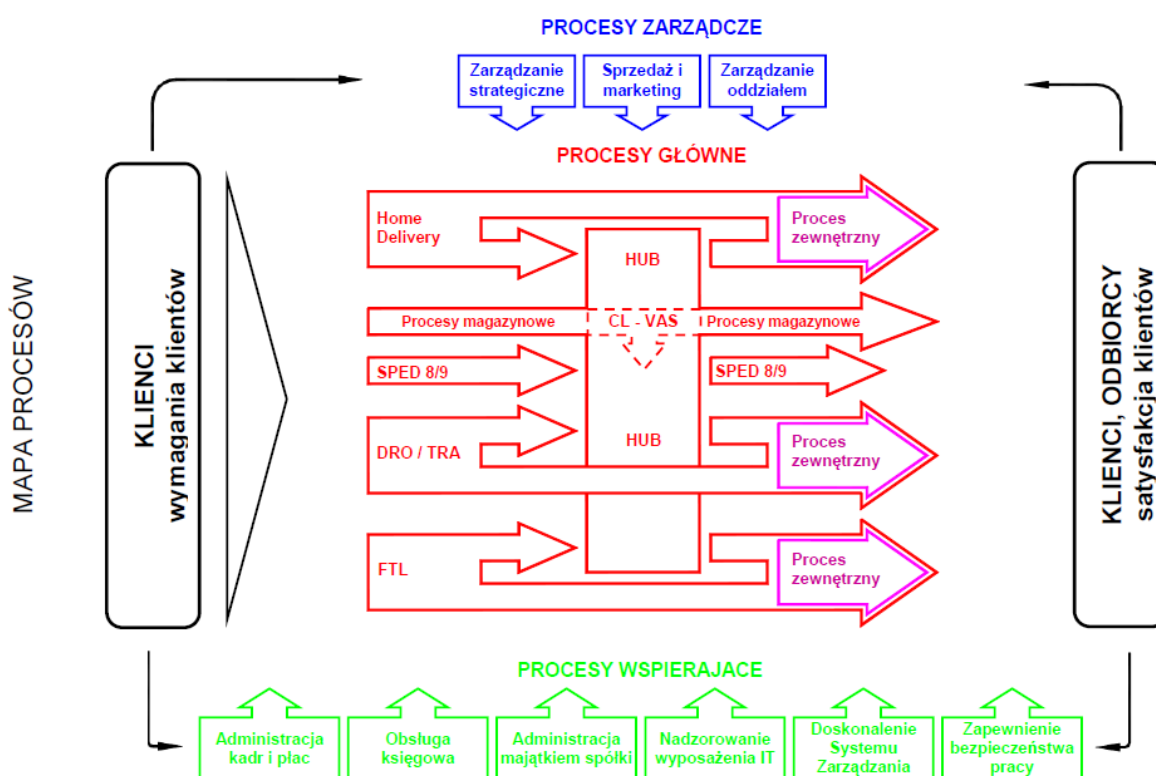
<sup>7</sup> Całczyński A.: Modele i metody lokalizacji ośrodków dystrybucyjnych. Monografie i Syntezy, nr 14. IWHIW, Warszawa 1981.

<sup>8</sup> Całczyński A.: Metody optymalizacyjne w obsłudze transportowej rynku. PWE, Warszawa 1992.

kątem wdrażanego projektu obsługi nowego klienta – przedsiębiorstwa dostarczającego surowce do produkcji elementów dla branży motoryzacyjnej. W analizie zostały wzięte pod uwagę prognozowane przepływy towarów w ramach procesów zaopatrzenia i dystrybucji. Surowce będą importowane z Ostrawy w Czechach, a nowy klient zamierza dostarczać swoje wyroby do 3 zakładów produkcyjnych w Polsce.

## 2. Charakterystyka badanego przedsiębiorstwa

Badane przedsiębiorstwo jest częścią międzynarodowego koncernu skupiającego ponad 350 oddziałów na całym świecie. Zatrudniając ponad 19 000 pracowników, firma jest jednym z wiodących przedsiębiorstw oferujących kompleksowe usługi logistyczne w Europie. W swoich lokalizacjach w 42 krajach całego świata przedsiębiorstwo opracowuje i realizuje indywidualne rozwiązania logistyczne dla klientów z różnych branż, dzięki inteligentnemu zarządzaniu łańcuchami logistycznymi w segmentach: Contract Logistics, Freight Logistics, Port Logistics i Public Transport. Przebieg procesów realizowanych w badanym przedsiębiorstwie przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Mapa procesów badanego przedsiębiorstwa  
Źródło: Księga Zintegrowanego Systemu Zarządzania firmy.

Dla badanej firmy, jako podmiotu świadczącego usługi wspierające z zakresu spedycji, transportu i magazynowania – najważniejszą rolę na rynku dostawców pełnią usługi oferowane przez firmy transportowe (bezpośredni przewoźnicy). Ponad 80% firm transportowych współpracujących z przedsiębiorstwem jest związanych z nim umowami o współpracy. W przypadku transportów drobnicowych wybrani przewoźnicy przydzielani są do obsługi tak zwanych „rejonów”, w których odpowiadają za codzienną dystrybucję i kolekcję przesyłek. Współpraca z przewoźnikiem odbywa się za pośrednictwem SMS na poziomie spedytor-dyspozytor-kierowca.

Firma posiada w Polsce 5 lokalizacji magazynowych. Standardem minimalnym magazynu jest budynek klasy A+, o wysokości składowania minimum 10 m, posiadający system alarmowy i system telewizji przemysłowej CCTV, a także wyposażony w system przeciwpożarowy z urządzeniami tryskaczowymi wg normy NFPA13. Operator logistyczny wykorzystuje swoje lokalizacje magazynowe do obsługi outsourcingu logistyki kontraktowej klientów. Poza usługami z tego zakresu magazyny pełnią dodatkowo funkcje terminali przeładunkowych.

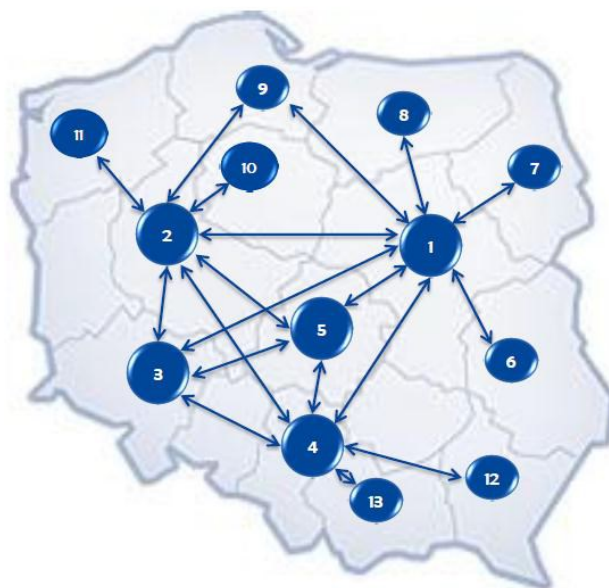
Czas składowania towarów zależy od terminów określonych przez klientów. W przypadku większości projektów stosowane są co najmniej 3-letnie umowy z klientami, w których badana firma udostępnia powierzchnię magazynową wraz z usługami dodatkowymi. Większość utrzymywanego stocku magazynowego jest szybko rotująca i poza samym składowaniem stanowi dla firmy źródło przychodów z tytułu usług dodatkowych i *handlingu*. Przedsiębiorstwo stara się unikać obsługi projektów stricte magazynowych, gdzie klient ogranicza się tylko do wynajęcia powierzchni magazynowej, a jego stock jest albo wolno rotujący, albo w ogóle nie rotuje. W przypadku takich projektów (magazyny buforowe), bez wykorzystania Usług Wartości Dodanej (ang. *Value Added Services*), realizowane są tylko krótkoterminowe umowy w przypadku aktualnie wolnych przestrzeni magazynowych, które nie mają perspektywy wykorzystania w innych projektach w najbliższym czasie.

Kanały dystrybucji przedsiębiorstwa można określić jako krótkie i zróżnicowane pod względem liczby pośredników na tym samym szczeblu, w podziale na wąskie i szerokie.

Kanał pośredni-krótki-wąski charakteryzuje wykorzystywanie w dystrybucji transportów dedykowanych, gdzie od momentu załadunku do dostarczenia – w całym procesie bierze udział tylko jeden przewoźnik i jeden środek transportowy. Kanał ten jest wykorzystywany w dostawach większych ilości towaru, gdzie nieopłacalne staje się przeładowywanie w terminalach logistycznych, ale także dostaw małych ilości towaru, w sytuacji gdy priorytetem jest czas. Dzięki wykorzystaniu tylko jednego dedykowanego środka transportu towar jest dostarczany odbiorcy nawet tego samego dnia na terenie całej Polski. Odbiorcami usługi w tym kanale są zarówno firmy z zapleczem magazynowym, producenci, którzy kierują towar od razu na halę produkcyjną, jak i klienci indywidualni.

Kanał pośredni-krótki-szeroki stanowi sieć dystrybucji drobnicowej, opartej na 8 terminalach dystrybucyjnych ulokowanych w najbardziej rozwiniętych przemysłowo

rejonach Polski oraz 5 partnerach zewnętrznymi, zlokalizowanymi w Szczecinie, Gdańsku, Olsztynie, Białymstoku i Lublinie. Rozlokowanie punktów dystrybucji przedstawia rys. 3. Organizacja przemieszczenia towarów w tym kanale polega na łączeniu ładunków od wielu klientów i konsolidowaniu (grupowaniu) ich w samochodach liniowych, kursujących wahadłowo pomiędzy terminalami. Transport liniowy między oddziałami odbywa się w godzinach nocnych, a następnie po rozładowaniu aut w terminalach ładunki są ponownie rozdzielane w celu dalszej ekspedycji.



Rys. 3. Sieć dystrybucji drobnicowej badanego przedsiębiorstwa w Polsce  
Źródło: Materiały udostępnione przez firmę.

Zasięg geograficzny kanałów dystrybucji przedsiębiorstwa jest szeroki – struktura posiadanej sieci i zasobów transportowych pozwala na dostarczenie towaru na terenie Polski w ciągu 24-48 godzin.

Zlecenia klientów zamawiających usługę spedycji drobnicowej w większości przyjmowane są poprzez internetową platformę spedycyjną eSpeed. Każdy klient otrzymuje dostęp on-line do tej platformy i może zamawiać przesyłki i drukować dokumenty transportowe bez konieczności kontaktu z biurem spedycyjnym. Program umożliwia również śledzenie drogi przesyłki Track&Trace. W przypadku transportów międzynarodowych oraz krajowych cało-pojazdowych zlecenie przesyłek odbywa się również drogą mailową, poprzez ustandaryzowany druk zlecenia, zgodny z procedurami ISO 9001. W przypadku klientów magazynowych stosowane jest najczęściej rozwiązanie EDI: interface pomiędzy systemem komputerowym klienta a programem SAP stosowanym przez firmę do zarządzania stockiem.

### **3. Diagnoza i założenia badawcze projektu wyboru lokalizacji dla nowego klienta**

W wyniku przeprowadzonej analizy należy stwierdzić, że procesy zaopatrzenia realizowane w badanym przedsiębiorstwie odpowiadają aktualnym potrzebom, a dzięki znacznej liczbie dostawców mogą być szybko dostosowane do zwiększającego się zapotrzebowania, co zmniejsza ryzyko zachwiania ciągłości realizowania usług. Dzięki umowom długoterminowym firma zapewnia sobie zasoby do obsługi kluczowych projektów. Ponadto, uwzględniając specyfikę rynku, korzysta również z oferty jednorazowych usługodawców, tym samym zwiększając elastyczność rozwiązań bez konieczności wiązania się długoterminowymi umowami. Obszar realizacji funkcji zaopatrzenia nie wymaga obecnie usprawnień.

Magazyny przedsiębiorstwa są rozlokowane w głównych centrach przemysłowych kraju, co odpowiada potrzebom klientów w zakresie odległości terminali od rynków zbytu. Magazyny spełniają standardy rynkowe i wpasowują się w bazową strukturę sieci dystrybucji drobnicowej. Zakres ten nie wymaga usprawnień w obecnej sytuacji, lecz można wziąć pod uwagę przebudowę sieci magazynów i terminali w przypadku pojawienia się nowych, uzasadniających to projektów. Przedsiębiorstwo może napotkać na ograniczenia zasobów na ewentualnych rynkach docelowych. W tym zakresie jest uzależnione od deweloperów oferujących powierzchnie magazynowe.

Zasoby przedsiębiorstwa w ramach transportu wewnętrznego są również dopasowywane do potrzeb. Proces zapewnienia transportu wewnętrznego jest optymalny i nie wymaga usprawnień.

Zgodnie z założeniem przyjętym na wstępie – celem podjętych badań jest zaprojektowanie sieci dystrybucji fizycznej towarów dla przedsiębiorstwa importującego surowce z Ostrawy i dostarczającego je do 3 fabryk w Polsce. Klientem firmy jest firma handlowa, która posiada w Polsce jedynie przedstawicielstwo, a całą obsługę logistyczną zamierza powierzyć zewnętrznemu operatorowi. Punkty dostaw to 3 fabryki producentów z branży motoryzacyjnej, znajdujące się w Częstochowie, Olkuszu i Jelczu-Laskowicach.

Projekt zakłada realizację dostaw całopojazdowych z magazynu klienta w Ostrawie do punktu przeładunkowego badanej firmy w Polsce, a następnie rozgrupowanie przesyłek i dostarczenie towaru do odbiorców, zgodnie z ustalonym harmonogramem dostaw. Założeniem projektu jest przyjęcie w ciągu roku 150 zestawów TIR, po 3 tygodniowo. W każdej dostawie będą się znajdować 33 palety jednego asortymentu towaru. Opisany proces jest typowym projektem cross-dockowym.

Optymalizacja polegać będzie na określeniu takiego punktu lokalizacji obiektu, który będzie zapewniał minimalizację kosztów ponoszonych na dostawę i przemieszczenie wyrobów gotowych. Określenie położenia poszukiwanego punktu prowadzone jest w ramach



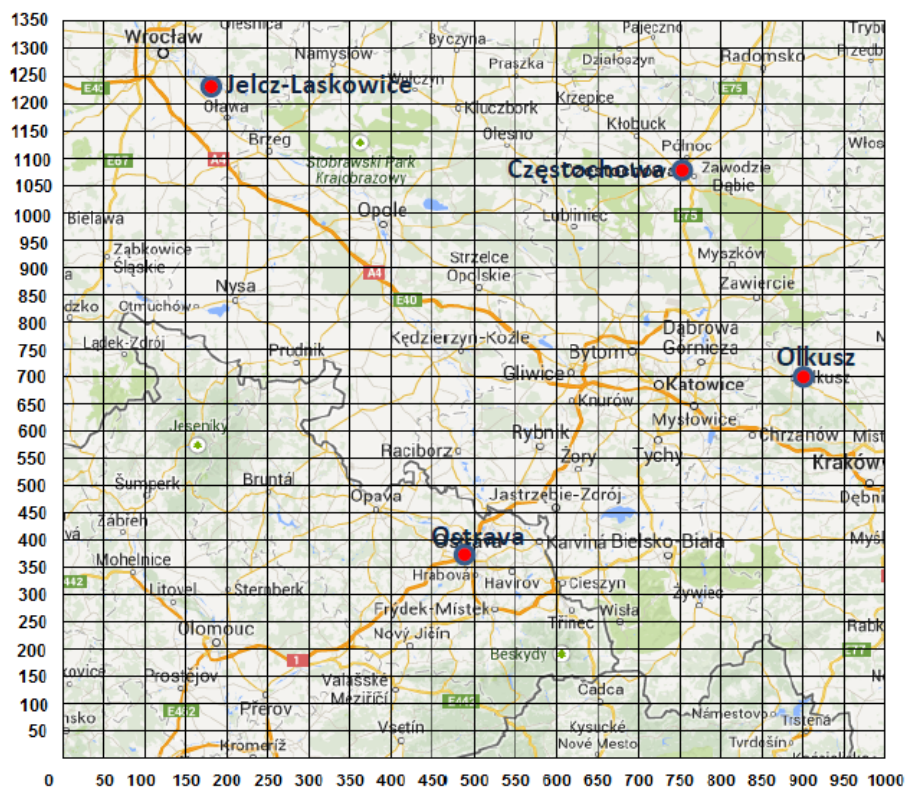
sieci geograficznej na obszarze, w którym realizowane są przewozy. Zastosowana technika pozwoli określić charakteryzujące się niskimi kosztami „centrum ciężenia” dla dostaw.

#### 4. Wyznaczenie optymalnej lokalizacji centrum dystrybucyjnego

W celu zaproponowania najkorzystniejszej lokalizacji cross-docku do obsługi tego projektu konieczne jest wskazanie jego położenia w stosunku do odległości od miejsca, skąd będą realizowane dostawy surowców do miejsc, gdzie ulokowani są odbiorcy, oraz wzięcia pod uwagę masy towaru, jaka będzie przemieszczana w danej relacji. Obliczenia przeprowadzono z wykorzystaniem wzoru (3), pozwalającego wyznaczyć środek ciężkości.

Na rys. 4 przedstawiono mapę wraz z siatką współrzędnych obejmującą rejon, w którym znajduje się punkt dostaw w Ostrawie oraz punkty sprzedaży w Gliwicach, Dąbrowie Górniczej i Jelczu-Laskowicach. Współrzędne położenia wszystkich punktów odczytano odpowiednio:

- Źródło zaopatrzenia: Ostrawa:  $x = 490$ ;  $y = 380$ ;
- Punkty zbytu:
  - Częstochowa:  $x = 755$ ;  $y = 1080$ ;
  - Olkusz:  $x = 900$ ;  $y = 700$ ;
  - Jelcz-Laskowice:  $x = 180$ ;  $y = 1230$ .



Rys. 4. Punkty dystrybucji i zaopatrzenia  
Źródło: mapy.google.pl.

Stawka transportowa – w przypadku dostaw z Ostrawy (CZ-700 10), przy zakładanym wolumenie 4950 palet (masa towarowa/rok) – wynosi 15,00 EUR w przeliczeniu na 1 europaletę. Koszty realizacji dostaw, jakie firma będzie musiała ponieść w przeliczeniu na 1 europaletę przy zakładanym poziomie sprzedaży, przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Koszty realizacji dostaw (na paletę)

Miejsce dostawy	stawka za 1 paletę	masa towarowa/rok
Częstochowa , PL 42-200	50,00 EUR	1480 palet
Olkusz, PL 32-300	50,00 EUR	2480 palet
Jelcz-Laskowice, PL 55-220	50,00 EUR	990 palet

Źródło: Opracowanie na podstawie Bentkowski J., Dziarmaga A., Klik M., Piekarski M.: Projektowanie sieci logistycznej dla Rheus Logistics S.A. Politechnika Śląska, Gliwice 2014, s. 26.

Tabela 2 zawiera obliczenia mające na celu wyznaczenie współrzędnych środka ciężkości dla najbardziej optymalnej lokalizacji cross-docku.

Tabela 2

Zestawienie współrzędnych dla metody środka ciężkości

ZAOPATRZENIE	Lokalizacja	Współrzędne		Stawka przewozowa	Masa towarowa	$r_i x_i z_i$	$r_i y_i z_i$	$r_i z_i$	
		$x_i$	$y_i$	$r_i$	$z_i$				
			€/ paleta	szt / palet					
	Ostrava	490	380	15	4950	36382500	28215000	74250	
	Suma:				4950	36382500	28215000	74250	
SPRZEDAŻ	Lokalizacja	Współrzędne		Stawka przewozowa	Masa towarowa	$r_j x_j s_j$	$r_j y_j s_j$	$r_j s_j$	
		$x_j$	$y_j$	$r_j$	$s_j$				
			€/ paleta	szt / palet					
		Częstochowa	755	1080	50	1485	56058750	80190000	74250
		Olkusz	900	700	50	2475	111375000	86625000	123750
	Jelcz-Laskowice	180	1230	50	990	8910000	60885000	49500	
	Suma:				4950	176343750	227700000	247500	

Źródło: Opracowanie na podstawie Bentkowski J., Dziarmaga A., Klik M., Piekarski M.: Projektowanie sieci logistycznej dla Rheus Logistics S.A. Politechnika Śląska, Gliwice 2014, s. 27.

Po podstawieniu wyliczonych wartości do wzoru otrzymano współrzędne dla najbardziej optymalnego rozwiązania, które zaprezentowane we wzorze (4).

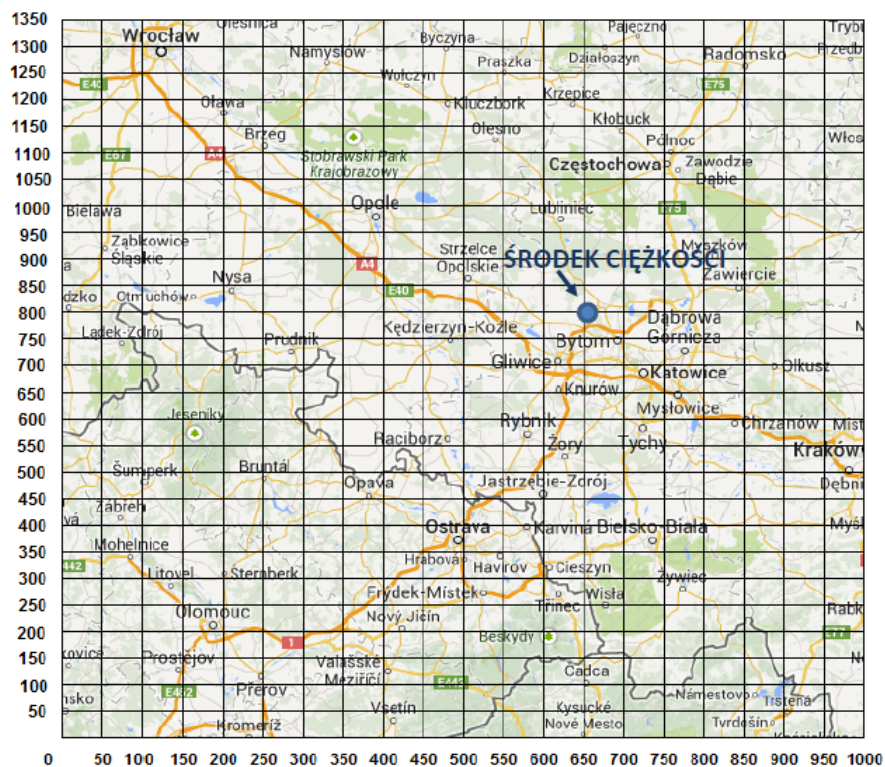
$$C_x = \frac{\sum_{i=1}^n r_i x_i z_i + \sum_{j=1}^m r_j x_j s_j}{\sum_{j=1}^n r_i z_i + \sum_{i=1}^m r_j s_j} = \frac{36382500 + 176343750}{74250 + 247500} = \frac{212726250}{321750} \approx 661,15 \quad (4)$$

$$C_y = \frac{\sum_{i=1}^n r_i y_i z_i + \sum_{j=1}^m r_j y_j s_j}{\sum_{j=1}^n r_i z_i + \sum_{i=1}^m r_j s_j} = \frac{28215000 + 227700000}{74250 + 247500} = \frac{255915000}{321750} \approx 795,38$$

Umieszczenie środka ciężkości o współrzędnych  $C_x = 661$ ,  $C_y = 795$  znajduje się w Aglomeracji Górnośląskiej, na północ od Bytomia. Lokalizację punktu przedstawiono na mapie, na rys. 5. Środek ciężkości znajduje się pomiędzy miejscowościami Wieszowa i Tarnowskie Góry, w okolicy drogi krajowej DK78. Najbliższy terminal przeładunkowy i magazyn badanej firmy znajduje się w Dąbrowie Górniczej i jest oddalony o około 43 km od wyznaczonego punktu.

Biorąc pod uwagę bliską lokalizację w obrębie Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego i dostępność środków potrzebnych do obsłużenia projektów cross-dockowych w tym terminalu, ten właśnie obiekt badanego przedsiębiorstwa będzie rekomendowany jako odpowiednia lokalizacja dla analizowanego przedsięwzięcia.

Decyzja o wyborze tej lokalizacji wymaga również analizy dostępności transportowej i dostępności zasobów ludzkich. Dąbrowa Górnicza jest dziewiątym pod względem wielkości miastem w Polsce. Miasto liczy 188 km<sup>2</sup> i liczy około 125 tys. mieszkańców.



Rys. 5. Lokalizacja punktu obliczonego zgodnie z metodą środka ciężkości  
Źródło: mapy.google.pl.

W pobliżu miasta przebiegają krajowe drogi ekspresowe i autostrady, takie jak:

- Autostrada A1 – Ostrawa–Gdańsk,
- Autostrada A4 – Zgorzelec–Medyka,
- Droga Ekspresowa S1 – Cieszyn–Pyrzowice,
- Droga krajowa DK94 – Legnica–Kraków,
- Droga krajowa DK1/DK86/S86 – Bielsko-Biała–Podwarpie,
- Droga krajowa DK79 – Bytom–Kraków.

Rekomendowane centrum dystrybucji znajduje się w bezpośrednim sąsiedztwie (500 m) węzła miejskiego z drogą ekspresową S1 oraz w następujących odległościach od kolejnych dużych węzłów drogowych:

- Drogi ekspresowej S1 z drogą DK94 – 3,5 km w kierunku północnym,
- Drogi ekspresowej S1 z drogą DK1/DK86 – 11 km w kierunku południowym,
- Drogi ekspresowej S1 z drogą DK79 – 15 km w kierunku północnym,
- Drogi ekspresowej S1 z Autostradą A4 – 18 km w kierunku północnym,
- Drogi ekspresowej S1 z Autostradą A1 – 23 km w kierunku południowym.

Lokalizacja magazynu przeładunkowego w takim miejscu jest zatem korzystna pod względem dostępności transportowej, a także pod względem możliwości elastycznego reagowania na zwiększone czasowo zapotrzebowanie na pracowników. Umieszczenie w 125-tysięcznej miejscowości oraz dobra komunikacja z dużymi miastami, jak Sosnowiec, Mysłowice i Zawiercie, dają możliwość dostępu do siły roboczej.

Wśród korzyści takiej lokalizacji należy wymienić:

- możliwość szybkiego reagowania na potrzeby odbiorców, dzięki usytuowaniu centrum logistycznego bliżej rynków zbytu,
- obniżenie negatywnego wpływu na środowisko naturalne poprzez zmniejszenie emisji CO<sub>2</sub> do atmosfery, dzięki zmniejszeniu liczby i długości przewozów.

Istotną korzyścią będzie także obniżenie kosztów oraz skrócenie czasu dostaw.

W tabeli 3 przedstawiono różnice w czasach dostaw w przypadku lokalizacji cross-docku w Polsce oraz dostawami bezpośrednio z Czech.

Tabela 3

#### Porównanie wariantów dystrybucji

	Ostrawa		Dąbrowa Górnicza			
	odległość [km]	czas przejazdu	odległość [km]	Skrócenie odległości [%]	czas przejazdu	Skrócenie czasu [%]
Częstochowa	174	1 h 51 min	63	276	53 min	209
Olkusz	145	1 h 35 min	29	500	32 min	297
Jelcz-Laskowice	222	2 h 17 min	191	16	1 h 58 min	16

Źródło: Opracowanie na podstawie Bentkowski J., Dziarmaga A., Klik M., Piekarski M.: Projektowanie sieci logistycznej dla Rheus Logistics S.A. Politechnika Śląska, Gliwice 2014, s. 44.

Wyniki przedstawione w tabeli wskazują, że wybór wariantu dystrybucji poprzez proponowany cross-dock pozwoli na skrócenie dystansu do pokonania przez samochody dostawcze o 16-500% w porównaniu do możliwości dystrybucji z Czech. Uzyskano również od 16% do 297% krótszy czas realizacji dostaw.

## 5. Podsumowanie

Na podstawie udostępnionych materiałów dokonano audytu logistycznego przedsiębiorstwa specjalizującego się w usługach logistycznych w zakresie realizowanych procesów logistycznych oraz analizy kanałów dystrybucji. W wyniku przeprowadzonego audytu w badanym przedsiębiorstwie stwierdzono, że przedsiębiorstwo posiada bardzo dobrze zorganizowaną sieć logistyczną odpowiadającą aktualnym potrzebom związanym z obsługą klientów. Analiza struktury sieci dystrybucji miała na celu ocenę przydatności istniejących rozwiązań pod kątem wdrażanego projektu obsługi nowego klienta – przedsiębiorstwa dostarczającego surowce do produkcji elementów dla branży motoryzacyjnej.

W procesie projektowania sieci logistycznej w zakresie wyboru centrum dystrybucji zastosowano metodę środka ciężkości, wspomagającą wybór miejsca lokalizacji. W projektowanym rozwiązaniu zostały wzięte pod uwagę prognozowane przepływy towarów i istotne uwarunkowania lokalizacyjne w zakresie wyboru terminala cross-dockowego i organizacji transportu dla surowców importowanych z Czech i dystrybuowanych do trzech odbiorców w Polsce.

Dla wdrożenia nowego projektu obsługi klienta w zakresie terminalu cross-dockowego i organizacji transportu dla surowców importowanych z Czech i dystrybuowanych w Polsce, zarekomendowano wybór lokalizacji w Dąbrowie Górniczej. Proponowane rozwiązanie spełnia oczekiwania w zakresie wysokiego poziomu obsługi logistycznej, będąc jednocześnie korzystnym pod względem ponoszonych kosztów. Pozwoli na szybkie reagowanie na potrzeby odbiorców, dzięki usytuowaniu centrum logistycznego bliżej rynków zbytu, oraz obniżenie negatywnego wpływu na środowisko naturalne, dzięki zmniejszeniu liczby i długości przewozów. Będzie miało również wpływ na skrócenie czasu dostaw. Istotne znaczenie miała także wysoka dostępność komunikacyjna oraz rozwinięta infrastruktura magazynowa i transportu wewnętrznego.

Do najważniejszych zalet zastosowanej metody środka ciężkości należy zaliczyć przede wszystkim prostotę oraz fakt, że pozwala skoncentrować się na rejonach, które są najbardziej atrakcyjne z logistycznego punktu widzenia. Z tego względu metoda środka ciężkości jest niejako punktem wyjścia do podejmowania decyzji dotyczących lokalizacji.

Metoda ma także swoje ograniczenia. Należy liczyć się z tym, że uzyskane rozwiązanie jest optymalne tylko w momencie wykonywania obliczeń. Trzeba na bieżąco śledzić wszelkie zmiany, które dotyczą stawek przewozowych, rozmieszczenia punktów zaopatrzenia lub rynków zbytu. Kolejnym ograniczeniem jest to, że metoda nie bierze pod uwagę warunków topograficznych, zatem może okazać się, że wybrany przez nas punkt znajduje się w miejscu, w którym jego zlokalizowanie będzie niemożliwe.

## Bibliografia

1. Anily S.: The general multi-retailer EOQ problem with vehicle routing costs. "European Journal of Operational Research", Vol. 79(3), 1994.
2. Beier F.J., Rutkowski K.: Logistyka. Oficyna Wydawnicza Szkoły Głównej Handlowej, Warszawa 2001.
3. Bentkowski J., Dziarmaga A., Klik M., Piekarski M.: Projektowanie sieci logistycznej dla Rheus Logistics S.A. Politechnika Śląska, Gliwice 2014.
4. Całczyński A.: Metody optymalizacyjne w obsłudze transportowej rynku. PWE, Warszawa 1992.
5. Całczyński A.: Modele i metody lokalizacji ośrodków dystrybucyjnych. Monografie i Syntezy, nr 14. IWHIW, Warszawa 1981.
6. Castells M.: The Rise of the Network Society: Economy, Society and Culture. Blackwell. Cambridge 2000.
7. Ciesielski M. (red.): Sieci logistyczne. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej, Poznań 2002.
8. Coyle J.J., Bardi E.J., Langley C.J. Jr.: Zarządzanie logistyczne. PWE, Warszawa 2002.
9. Czakon W.: Dynamika więzi międzyorganizacyjnych przedsiębiorstwa. Akademia Ekonomiczna, Katowice 2007.
10. Gajda M.: Kontrowersje wokół metod pomiaru deficytu i długu sektora publicznego. „Bank i Kredyt”, nr 11-12, 2003.
11. Jones C., Hestery W., Borgatti S.P.: A general theory of network governance: Exchange conditions and social mechanisms. "Academy of Management Review", No. 22, 1997.
12. Krzyszkowski A., Filipowicz J.: Logistyczne uwarunkowania lokalizacji centrów dystrybucji. „Logistyka”, nr 3, 2006.
13. Łupicka A.: Sieci logistyczne. Teorie. Modele. Badania. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej, Poznań 2006.