

# WYZNACZENIE OPTIMALNEGO MIEJSCA MAGAZYNU TOWARÓW SZYBKO PSUJĄCYCH SIĘ W TRANSPORCIE MIĘDZYNARODOWYM

DOI: 10.24136/atest.2018.318

Data zgłoszenia: 30.08.2018. Data akceptacji: 25.09.2018.

*W artykule przedstawiono sposoby oraz główne czynniki wpływające na wybór lokalizacji optymalnego miejsca magazynu. Przedstawiono propozycję usprawnienia cyklicznie realizowanej trasy przejazdu pojazdu przewożącego na znacznych odległościach towar szybko psujący się. Wyznaczono i zaproponowano lokalizację magazynu, z którego towar dostarczany będzie bezpośrednio do odbiorców.*

## WSTĘP

Firmy produkcyjne zajmujące się dystrybucją towarów szybko psujących się poszukują rozwiązań obniżenia kosztów dystrybucji poprzez wyznaczenie optymalnej trasy przewozu lub określenia współrzędnych nowego miejsca składowania. Spora ilość produkcji często eksportowana jest również na rynek Unii Europejskiej. Surowiec do produkcji (np. ryby) dostarcza się w postaci schłodzonej lub zamrożonej. Na linii technologicznej odbywa się dalsza jego obróbka. W zależności od asortymentu, surowiec dzielony jest na porcje i pakowany, bądź poddaje się go dalszemu procesowi solenia, wędzenia i pakowania. Wyrób gotowy w zależności od zamówienia poddaje się procesowi zamrażania, magazynowania w chłodni i wysyła transportem chłodniczym do klienta. Firmy często współpracują z dużymi odbiorcami, dlatego jakość dostarczanych towarów jest istotna z punktu dalszej współpracy. Ważnym jest aby towar dotarł do odbiorcy w postaci takiej jaka jest wymagana. W przypadku transportu zagranicznego realizowanego na dużych odległościach nie zawsze łatwo utrzymać warunki sprzyjające właściwemu przechowywaniu towaru szybko psującego się. Dlatego ciekawym rozwiązaniem jest stworzenia dodatkowych magazynów, do których sukcesywnie dostarczany będzie towar. Z takich magazynów dystrybucja będzie znacznie łatwiejsza oraz skuteczniejsza i efektywniejsza.

## 1. SPOSOBY WYBORU LOKALIZACJI OPTIMALNEGO MIEJSCA MAGAZYNU

Wybór lokalizacji obiektu ma za zadanie dogłębną analizę zalet i wad tych regionów i miast, które uznano za potencjalne miejsca lokalizacji obiektów logistycznych firm. Analizy te mają często charakter ilościowy jak i jakościowy. Charakter ilościowy dotyczy takich kwestii jak wartość siły roboczej, dostępność transportu bliskość rynków i klientów, jakość życia, podatki i bodźce rozwoju przemysłowego, sieci dostaw, koszty gruntów i dostępność usług komunalnych oraz priorytety firmy. Realizacja prac na tym etapie ułatwia powołanie zespołu działu wyboru miejsca lokalizacji. Zbiera on zbiera dane o wspomnianych aspektach jakościowych charakteryzujących potencjalne miejsce węzła lokalizacji. Przegląd wstępny zebranych propozycji, dokonany przez zespół pozwala wyeliminować rejon, które nie nadają się do lokalizacji obiektów firmy

z logistycznego punktu widzenia. Czynniki, które mają wpływ na przeprowadzenie analizy lokalizacji to między innymi:

- zmieniające się wymagania w zakresie obsługi,
- zamiana lokalizacji rynków zbytu i/lub rynków zaopatrzenia,
- zmiana formy własności firmy,
- presja kosztowa,
- zagrożenia ze strony konkurencji,
- zmiana organizacji w formie [2].

Miejsca wytworzenia i zatrzymania się produktów nazywamy obiektem logistycznym, czyli są to firmy zajmujące się przetwarzaniem surowców i wytwarzaniem ich, składy, punkty i węzły transportowe. Lokalizacja stanowi istotny element decyzji logistycznej ze względu na to, że wpływa na wiele innych czynników np. poziom obsługi klienta, koszty transportu czy też zarządzanie zapasami. Podejmowanie decyzji lokalizacyjnych stanowi niezbędne czynniki, które kształtują ponoszone przez firmę koszty związane z logistyką, marketingiem czy też produkcją [3].

Znaczenie głównych czynników wyboru lokalizacji jest zależne od branży, jak i konkretnej firmy w danej branży. Czynniki mające wpływ na wybór lokalizacji przedstawione zostały w tab. 1.

**Tab. 1. Główne czynniki wyboru lokalizacji [3]**

Czynniki regionalne	Czynniki lokalne
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ "wartość" siły roboczej,</li> <li>▪ dostępność transportu,</li> <li>▪ bliskość rynków i klientów,</li> <li>▪ jakość życia,</li> <li>▪ podatki i bodźce rozwoju przemysłowego,</li> <li>▪ sieci dostawców,</li> <li>▪ koszty gruntów i dostępność usług komunalnych,</li> <li>▪ priorytety firmy.</li> </ul>	<p>Dostępność transportu:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ samochodowego,</li> <li>▪ lotniczego,</li> <li>▪ kolejowego,</li> <li>▪ wodnego.</li> </ul> <p>Czy dany punkt znajduje się w/poza:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ obszarem miejskim,</li> <li>▪ dostępność siły roboczej,</li> <li>▪ koszty gruntów i podatki,</li> <li>▪ dostępność usług komunalnych.</li> </ul>

Decyzje dotyczące lokalizacji składają się z następujących czynników:

- prawo budowlane,
- stosunek władz do takiego rodzaju działalności,
- rzeźba terenu i koszty budowy składu,
- dostępność usług przewozowych,
- dostępności siły roboczej - pod względem ilościowym i jakościowym,
- podatki, ubezpieczenia oraz inne obciążenia finansowe,
- potencjalne zagrożenia np. powódzie, kradzieże,
- istniejąca infrastruktura transportowa,
- zjawisko kongestii transportowej.

Należy mieć na uwadze, że wymienione czynniki nie są stałe. Zależne są od wykonywanej branży, w której działa dana firma. Konkretna lokalizacja obiektu stanowi przyszłość sukcesów lub porażek danej firmy. Zależy to również od wielu innych czynników

takich jak siła robocza, dostępność transportu, bliskość rynku i klientów, jakość życia [3].

Do głównych czynników kształtujących koszty logistyczne, należy lokalizacja obiektu. Problem lokalizacji wielu obiektów wiąże ze sobą liczbę, wielkość lokalizacji, obszary zaopatrzenia i zbytu, które musi połączyć ze sobą sieć. W koncepcji logistycznej kosztów należy uwzględnić koszty cząstkowe, koszty transportu, koszty utrzymania zapasu, koszty wynajmu powierzchni składowej i koszty realizacji zamówienia. Zmniejszenie odległości obiektów wpływa na obniżenie kosztów transportu, ponieważ stawki przewozowe nie są równoważne z odległością. Wynika to ze zmniejszenia kosztów transportu ale nie rekompensuje powiększonych kosztów magazynowania. Żeby zoptymalizować proces przepływu należy przeanalizować zasady rozplanowania i projektowania magazynu zachowując dane parametry: optymalne są budynki jednokondygnacyjne, skrócenie przepływu drogi, automatyzacja sprzętu, zminimalizowanie operacji magazynowych, maksymalne wykorzystanie wysokości budynku.

W tabeli 2 przedstawiono czynniki decydujące o wyborze obiektów składowych [4].

**Tab. 2.** Czynniki decydujące o wyborze formy własności obiektów składowych [4]

Czynniki	Magazyn	
	własny	obcy
wielkość obrotu zapasów	mała	duża
zmiennosc popytu	stabilna	zmienna
liczba odbiorców na rynku	duża	mała
specjalna kontrola zapasów w magazynie	jest	brak
wymagany poziom obsługi klienta	wysoki	niski
wymagane zabezpieczenie	duże	małe
możliwość wykorzystania magazynu do innych celów	jest	brak

Istnieje wiele modeli, według których można przeprowadzić analizę. Są to między innymi:

- model optymalizacyjny,
- model heurystyczny.

Model optymalizacyjny opiera się na procedurach matematycznych, które gwarantują znalezienie najbardziej optymalnego rozwiązania zdefiniowanego matematycznie. Modele optymalizacyjne zakładają pewne ograniczenia. Do strategicznych problemów rozpatrywanych w czasie modelowania sieci logistycznej należy:

1. Racjonalizacja sieci: utrzymanie poziomu obsługi klienta, liczba i rozmieszczenie centrów dystrybucji, liczba i rozmieszczenie zakładów produkcyjnych, ile i co będą produkować poszczególne zakłady.
2. Pytania typu "co się stanie jeśli" w odniesieniu do: problemów otoczenia (zmian rynkowych, klęsk żywiołowych, przerw w dostawach prądu), problemów decyzyjnych i polityki gospodarczej przedsiębiorstwa (rozbudowy zakładów produkcyjnych, wprowadzenie nowego produktu).
3. Wrażliwość na zmianę kosztów i poziomu obsługi: koszt dystrybucji a poziom obsługi klienta, prognoza popytu [2].

Model heurystyczny rozwiązuje problem ogólnie zdefiniowany, lecz nie zapewniający wyniku optymalnego. Metoda ta polega na sprowadzeniu problemu do wielkości dogodnej jego rozwiązania oraz w automatycznej analizie różnych wariantów w celu odnalezienia najlepszego rozwiązania. Opracowana metoda siatki udowadnia, że modele heurystyczne mogą dać najlepsze przybliżenia lokalizacji o jak najniższym koszcie.

Optymalne miejsce na magazyn powinno znajdować się:

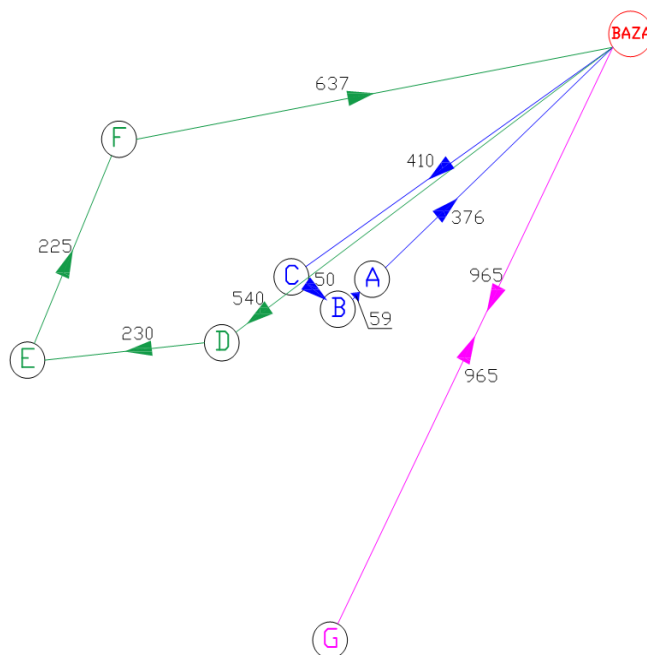
- w promieniu 20 mil (32,2 km) od głównego rynku zbytu,
- w odległości co najmniej 250 mil (400km) od centrów dystrybucji innych firm,
- w odległości 3 mil (4,8 km) od autostrady między stanowej,
- w promieniu 40 mil (64km) od głównego portu lotniczego (Ballou, 2004).

Modele heurystyczne-decyzyjne są czasami wykorzystywane w procesie podejmowania decyzji jako reguły praktyczne. Przykładem mogą być: lokalizowanie centrów dystrybucji jak najbliższych miejsc, gdzie jest zgłaszany popyt na produkty przedsiębiorstwa, zaopatrywanie klientów najbliższego obiektu dystrybucyjnego, wybieranie dogodnego miejsca lokalizacji nowego obiektu dystrybucyjnego, który posiada jak najniższe koszty, dostarczanie zamówionych produktów do klientów w ciągu 24 godzin od momentu złożenia przez nich zamówienia.

## 2. WYZNACZENIE LOKALIZACJI MAGAZYNU

Podstawowym czynnikiem branym pod uwagę w analizie lokalizacji jest dostępność oraz koszt usługi transportowej. Jedną z dość powszechnie stosowanych metod wyboru lokalizacji magazynu dystrybucyjnego firmy jest metoda siatki. Metoda ta polega na sprowadzeniu problemu do wielkości dogodnej jego rozwiązania oraz w automatycznej analizie różnych wariantów w celu odnalezienia najlepszego rozwiązania. Opracowana metoda siatki udowadnia, że modele heurystyczne mogą dać najlepsze przybliżenia lokalizacji o jak najniższym koszcie [1].

Optymalizacja kosztów związana z wyznaczeniem lokalizacji magazynu wymaga rozsądnego podejścia w czasie kryzysu. Przede wszystkim umiejętnie zarządzanie dystrybucją w firmie i znalezienie dogodnego rozwiązania dla przedsiębiorstwa. Obecnie analizowana firma produkcyjna prowadzi dystrybucje w kilku miastach na terenie Unii Europejskiej. Trasy dystrybucji przez te miasta, realizują trzy ciągniki siodłowe z naczepą. Na rys. 1 zaprezentowano usytuowanie miejscowości wraz z odległościami ich dzielącymi oraz trasami jakie realizują poszczególne pojazdy.

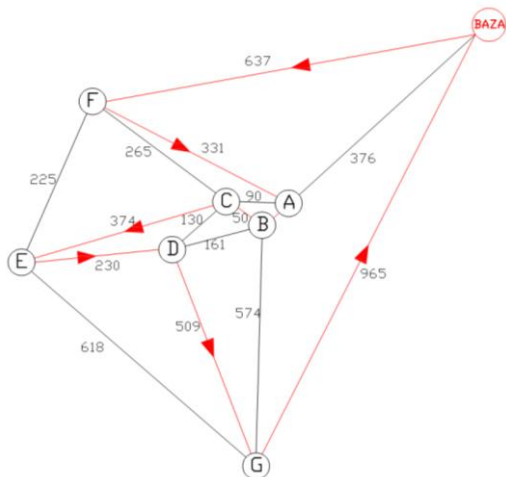


**Rys. 1.** Miejscowości dystrybucji oraz trasy przejazdu pojazdów transportujących towar do odbiorców

Pierwszy ciągnik siodłowy przewożąc towar pokonuje łącznie trasę 895 km. Przejazd drugiego ciągnika wyznaczoną trasą zależy jest od wielkości dostawy, ponieważ większa ilość towaru nie

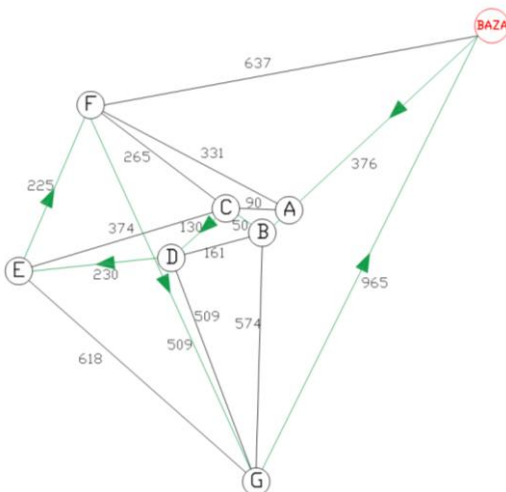
mieści się na samochodzie i często potrzebny jest drugi samochód, który jedzie już z niewielką ilością towaru. Łączna długość trasy to 1632 km. Trzeci ciągnik siodłowy pokonuje trasę z zakładu produkcyjnego tylko do jednego miejsca dystrybucji. Trasa ta obejmuje łącznie odległość 1930 km.

Najbardziej optymalnym rozwiązaniem byłoby dostarczanie towaru do wszystkich miejscowości przy użyciu jednego pojazdu podczas jednego kursu. W przypadku kursów z niewielkimi ilościami towaru do wszystkich miejscowości trasę realizuje jeden pojazd. Na rys. 2 zaprezentowano trasę jaka jest realizowana w takim przypadku.



**Rys. 2.** Obecnie realizowana trasa przez wszystkie punkty dystrybucji towaru

Do wyznaczenia najkrótszej drogi przejazdu pojazdu dostarczającego cyklicznie towar wykorzystano algorytm najbliższego sąsiada. Na rys. 3 zaprezentowano trasę jaką powinien realizować pojazd w celu usprawnienia przejazdu a tym samym zwiększyć efektywność oraz zmniejszyć koszt transportu. W przypadku towaru szybko psującego się czas jest jednym z najważniejszych parametrów wpływających na jakość towaru.



**Rys. 3.** Propozycja trasy po usprawnieniu

Łączna długość trasy przed usprawnieniami to 3121km, natomiast po wprowadzeniu zmiany kolejności przejazdu, długość trasy może się skrócić do 2823km. Daje to o 298km trasę krótszą, co w przełożeniu na cyklicznie powtarzające się tego typu kursy może przynieść spore oszczędności finansowe firmie.

Ze względu jednak na specyfikę oraz ilości przewożonego towaru najlepszym rozwiązaniem będzie stworzenie magazynu, do którego towar sukcesywnie będzie dostarczany bezpośrednio

z zakładu produkcyjnego a następnie dystrybuowany do poszczególnych odbiorców. Do wyznaczenia optymalnej lokalizacji magazynu wykorzystano metodę siatki. Główną zaletą metody siatki jest jej prostota oraz możliwość, że stanie się ona znakomitym punktem wyjścia do analizy lokalizacji. W aspekcie rachunkowym analiza ta jest prosta w zastosowaniu. Metoda siatki umożliwi zebranie niezbędnych danych z rejestru sprzedaży, zakupów oraz dokumentów przewozowych. Umożliwia to dokładniejsze ustalanie położenia rynków i źródeł zaopatrzenia firmy przez uwzględnienie ilościowe między stawkami przewozowymi a odległościami. Czynnikiem niezbędnym i decydującym o liczbie magazynów jest konieczność zapewnienia odpowiedniego poziomu obsługi klienta, który jest ściśle związany z rozszerzeniem substytucyjności produktu. Jeśli firma konkurencyjna zapewni klientom na danym rynku szybką obsługę to zwiększają swoją wielkość sprzedaży. Czynnikiem ściśle powiązany z obsługą klienta jest dobranie odpowiedniego transportu. Najważniejszym elementem w analizie lokalizacji jest dostępność i koszt usługi transportowej. Metoda siatki pełni główną rolę jako lokalizacja stałego obiektu i wytworzenia wyrobów gotowych. Umożliwia przemieszczanie surowców z jednej na drugą stronę po jak najniższym koszcie.

W analizowanej firmie towar zostaje dostarczany do dostawców, aby później mogli przewieźć towar do pobliskich klientów. Każdy z dostawców i klientów może być zidentyfikowany na podstawie współrzędnych geograficznych.

Do wyznaczenia lokalizacji nowego magazynu, który ma powstać na terenie dystrybucji towarów, należało ustalić stawki przewozowe jak i wielkość dostawy dla każdej partii. Każdy dostawca posiada inną stawkę przewozową jak i swoją wielkość dostawy, którą musi dostarczyć na czas.

W celu wyznaczenia lokalizacji magazynu, wykorzystując odpowiednie zależności, należy policzyć:

1.  $C_{md}$  - koszt dostawy do magazynu:

$$C_{md} = \sum T_{di} \times R_{di} \times Q_{di},$$

gdzie:

$T_{di}$  - stawka przewozowa,

$R_{di}$  - odległość od początku układów współrzędnych do punktu oznaczającego położenie (i,j) wzdłuż osi współrzędnych (x),

$Q_{di}$  - wielkość partii towaru pobieranego od (i) dostawcy.

2.  $C_{mk}$  - koszt dostawy od magazynów do klienta:

$$C_{mk} = \sum T_{kj} \times R_{kj} \times Q_{kj},$$

gdzie:

$T_{kj}$  - stawka przewozowa od magazynu do klienta,

$R_{kj}$  - odległość od początku oznaczającego współrzędną na (x),

$Q_{kj}$  - wielkość partii towarów z magazynu do (j) klienta.

3.  $C_d$  - koszt jednostkowy dostawcy:

$$C_d = \sum T_{di} \times Q_{di},$$

gdzie:

$T_{di}$  - stawka przewozowa,

$Q_{di}$  - wielkość partii towarowej nabywanego od (i) dostawcy.

4.  $C_k$  - koszt jednostkowy klientów:

$$C_k = \sum T_{kj} \times Q_{kj},$$

gdzie:

$T_{kj}$  - stawka przewozowa do (j) klienta,

$Q_{kj}$  - wielkość partii towarowej dostarczonego do magazynu i klienta.

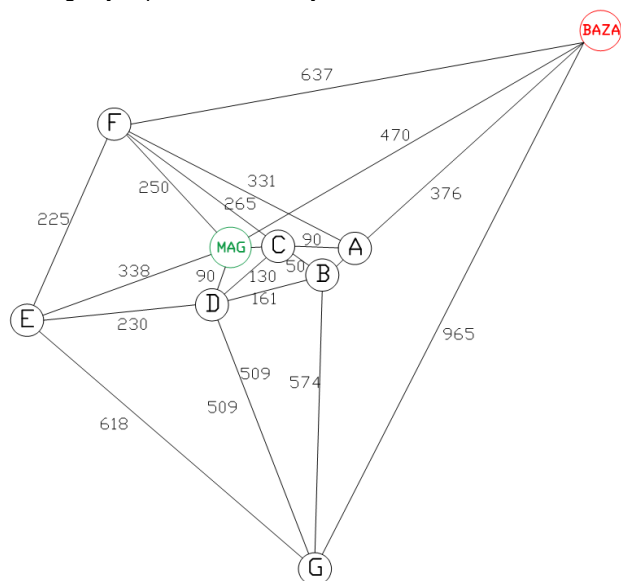
5.  $M_{(x,y)}$  - wyznaczenie współrzędnych geograficznych dla nowej lokalizacji:

$$M_{(x,y)} = (C_{md} + C_{mk}) / (C_d + C_k)$$

Przeprowadzone obliczenia oraz analiza wykazały, że najbardziej korzystna lokalizacja dla nowego magazynu powinna znajdować się w pobliżu dostawy do punktu C i D. Na rys. 4 zaprezentowano



propozycję lokalizacji magazynu wraz z odległościami pomiędzy poszczególnymi punktami dostawy.



Rys. 4. Propozycja lokalizacji magazynu

Wykorzystana do analizy metoda posiada również swoje wady, ponieważ nie uwzględnia siatki dróg. Dojazd do wyznaczonego miejsca magazynu może być dość trudny, zwłaszcza dla dużych samochodów ciężarowych. Dlatego w analizie uwzględniono aby lokalizacja nowego magazynu była jak najbliższą węzła komunikacyjnego, mieszczącej się przy skrzyżowaniu pobliskich dróg. Proponowane miejsce lokalizacji nowego magazynu ma bardzo dogodne położenie pod względem dojazdu samochodami, ponieważ możliwy jest szybki wjazd na dwie autostrady mieszczące się niedaleko. Unika się przy tym przejazdu przez obszar zabudowany. Natomiast towar z miejsca produkcji może być sukcesywnie dostarczany do magazynu, z którego poszczególni dostawcy będą dostarczać go do swoich klientów.

Możliwe, że stałe zapotrzebowanie klientów będzie opłacalne dla firmy i postawienie dużego magazynu, do którego będzie dostarczać towar przyniesie oczekiwane oszczędności oraz zadowolenie klientów. Wybudowanie nowego magazynu wiąże się oczywiście z dużymi kosztami. Lokalizacja magazynu to duże przedsięwzięcie inwestycyjne i nie można np. za pół roku, gdy straci się klientów, zburzyć i postawić nowego w innej lokalizacji.

Dystrybucja zapewnia przedsiębiorstwu fizyczne przemieszczenie towarów od przedsiębiorstwa do odbiorcy. Zapewnia fizyczny przepływ produktów do klientów, stwarzając nabywcom dogodność pod względem zakupu w odpowiednim miejscu, czasie, asortymencie. Dzięki sprawnie funkcjonującej dystrybucji, przedsiębiorstwa nie tylko umieszczają swoje produkty na rynku, ale także uzyskują wpływy finansowe z przychodów ze sprzedaży. Nie bez znaczenia są także koszty, jakie powstają w kanałach dystrybucji – zwłaszcza wobec rosnących kosztów transportu. Dlatego dystrybucję można traktować jako ważne ogniwo systemu logistycznego. Dystrybucja spełnia w przedsiębiorstwie także inne ważne funkcje. Poprzez system dystrybucji można kształtować relacje z klientami, przekazywać informacje o nowych produktach jak również uzyskiwać wiedzę o rynku.

## PODSUMOWANIE

Transport towarów szybko psujących się jest bardziej kosztowny i wymaga lepszego planowania logistycznego niż transport pozostałych produktów. Wynika to z faktu, że towary, które ulegają szybkiemu zepsuciu wymagają przewożenia specjalnie przystosowanymi w tym celu pojazdami, które gwarantują ujemne temperatury w trakcie całego procesu przewozu. Są to pojazdy znacznie droższe w eksploatacji niż zwykle pojazdy do przewozu towarów. Ponadto w towarach szybko psujących się występuje ograniczony czas przewozu, po którym towar może ulec zniszczeniu lub pogorsza się jego parametry jakościowe.

Analiza zaproponowanych rozwiązań usprawnienia transportu towarów szybko psujących się wykazała, że:

1. Można zminimalizować długość cyklicznie pokonywanej trasy w przypadku realizacji niewielkich ilości dostaw do poszczególnych klientów. W każdym takim przypadku podczas jednego kursu pojazdu trasę można skrócić o 298km.
2. Wybudowanie magazynu na terenie potencjalnych odbiorców towaru spowoduje, że pojazd transportujący towar z miejsca produkcji nie będzie musiał odwiedzać wszystkich klientów. Towar będzie dostarczany bezpośrednio do magazynu a z niego dystrybuowany do poszczególnych klientów. Droga jaką będzie pokonywał pojazd przewożący towar szybko psujący się to zaledwie 470km.

## BIBLIOGRAFIA

1. Ballou R. H., Business Logistics. Supply Chain Management. New Jersey, Prentice Hall, 2004
2. Coyle J. J., Bardi J., Zarządzanie logistyczne, Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2002
3. Matulewski M., Konecka S., Fajfer P., Wojciechowski A., Systemy Logistyczne. Komponenty. Działania. Przykłady. Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań 2008
4. Rut J., Kulińska E., Zarządzanie magazynem w przedsiębiorstwie produkcyjno – handlowym, Logistyka produkcji 2011, nr 4

### Determination of the optimal storage location for perishable goods in international transport

*The article presents methods and main factors influencing the selection of the optimal location of storage space. A solution was suggested to improve the cyclically implemented route of a vehicle transporting perishable goods over long distances. The location of the warehouse, from which the goods will be delivered directly to the recipients, was proposed and designated.*

Autorzy:

Dr inż **Wiesław Szada-Borzyszkowski** – Politechnika Koszalińska, Zamiejscowy Wydział Przemysłu Drzewnego;  
wieslaw.szada-b@tu.koszalin.pl

Mgr inż. **Monika Szada-Borzyszkowska** – Politechnika Koszalińska, Wydział Mechaniczny;  
monika.szada-borzyszkowska@tu.koszalin.pl