

Bogusz Wiśnicki  
Instytut Inżynierii Transportu  
Akademia Morska w Szczecinie  
Ul. Henryka Pobożnego 11  
70-507 Szczecin

## **Analiza kosztów systemu logistycznego w transporcie multimodalnym**

### **Streszczenie**

*Autor zdefiniował pojęcie kosztów systemu logistycznego i scharakteryzował koszty składowe. Podany został także model matematyczny pozwalający na obliczanie sumarycznych kosztów systemu logistycznego. Następnie powyższy model został zmodyfikowany tak aby odpowiadał potrzebom multimodalnego systemu logistycznego. Tak zbudowany nowy model pozwolił na dokonanie analizy kosztów przykładowego systemu logistycznego i wybranie najbardziej efektywnej ekonomicznie technologii przewozów multimodalnych. Dowiedziono, że technologią tą są dostawy ładunku za pośrednictwem codziennego pociągu blokowego. Policzono jaki wpływ na koszty systemu logistycznego mają takie parametry jak: wartość ładunku, poziom bezpieczeństwa systemu, roczny obrót ładunkowy czy koszty składowania. Obliczenia dowiodły, że koszty multimodalnego systemu logistycznego dla badanego wariantu przewozów są najbardziej wrażliwe na zmiany rocznych obrotów ładunkowych. Zależność przy tym ma charakter funkcji malejącej, tzn. wzrost obsługiwanej masy ładunkowej powoduje spadek kosztów systemu logistycznego. Dolną nieprzekraczalną granicę kosztów logistycznych stanowią sumaryczne koszty transportu, przygotowania przesyłki i wynajmu kontenera. Analiza wrażliwości kosztów multimodalnego systemu logistycznego na zmianę wartości jednostki ładunkowej, wskaźnika bezpieczeństwa i kosztu składowania, przyjmuje we wszystkich trzech przypadkach charakter funkcji rosnącej. Większą wrażliwość kosztów systemu logistycznego na zmiany powyższych parametrów należy oczekiwać w sytuacji wydłużenia się czasu dostawy ładunku, czyli czasu przewozu multimodalnego. Pracę kończą ogólne wnioski odnoszące się do europejskich systemów logistycznych.*

### **Summary**

*The Author explained the concept of costs of logistics system and distinguished principal components of these costs. The mathematical model enabling calculation of total costs of logistics system was given as well. Afterwards the model was modified in purpose to meet requirements of multimodal logistics system. The new model allowed to make costs analysis of exemplary multimodal system and allowed to make choice of economically most effective technology of multimodal transport. There was proven that the most effective is block train operating on daily basis. Afterwards the calculations were done to explain the influence on the model of such parameters as: the value of cargo, the system's safety level, the annual cargo turnover and the cost of storage. The calculations proved that costs of multimodal logistics system are the most sensitive to changes of the annual cargo turnover. The mutual relationship describes a decreasing function, that is an increase of the cargo turnover effects in a decrease of the costs of multimodal logistics system. The minimal level of these costs determines the sum of the costs of transport including stuffing the cargo and renting of a container. The analysis of sensitiveness of the model to changes of the value of cargo, the system's safety level and the cost of storage proved moderate relationship described by increasing function. More sensitive reactions of the model can be expected in case of lengthening of the multimodal transport. Finally, the paper includes the Author's conclusions relating to European logistics systems.*

Słowa kluczowe: koszty systemu logistycznego, multimodalny system transportowy

## Wstęp

Pojęcie kosztów systemu logistycznego jest trudne do zdefiniowania. W literaturze można zaobserwować brak pełnej przejrzystości i zgodności w odniesieniu do istoty i zakresu tego pojęcia. Nie łatwo jest precyzyjnie określić różnice pomiędzy kosztami systemu logistycznego a kosztami logistyki, kosztami zarządzania logistycznego, kosztami transformacji logistycznej, kosztami przepływów towarów i informacji lub kosztami łańcucha dostaw [1]. Jedną z definicji kosztów systemu logistycznego, opartą na teorii M. Kufla, brzmi następująco [2]:

*Koszty systemu logistycznego stanowią pieniężne odzwierciedlenie zużycia substancji majątkowej przedsiębiorstwa, wywołanego planowaniem, realizacją i kontrolą procesów przemieszczeń w czasie i przestrzeni wszystkich form materiałów.*

Składowe koszty systemu logistycznego obejmują:

- 1) koszty obsługi zamówień,
- 2) koszty magazynowania,
- 3) koszty opakowania i wysyłki,
- 4) koszty transportu,
- 5) koszty zarządzania zapasami.

System logistyczny ma charakter dynamiczny i poszczególne koszty składowe zmieniają swoje wartości. Należy przy tym pamiętać, że bardzo często koszty te nie tylko nie uzupełniają się, lecz są we wzajemnym konflikcie. Tzn. obniżenie wydatków w jednej grupie kosztów systemu logistycznego często powoduje zwiększenie wydatków w innej. W takiej sytuacji, obliczenie kosztów całego systemu logistycznego ma z reguły charakter szacunkowy w odniesieniu do dłuższego okresu działalności przedsiębiorstwa, np. jednego roku, lub jednego cyklu dostaw.

Poznanie kosztów systemu logistycznego przedsiębiorstwa pozwala na dokonanie szeregu analiz ekonomicznych. Analizy te mają na celu minimalizację nakładów finansowych, przy założeniu określonego poziomu obsługi klienta [3]. Efektem są decyzje odnoszące się do szeroko pojętego procesu produkcji, a w szczególności do [1]:

- 1) rodzaju użytych środków transportu,
- 2) zakresu automatyzacji procesów logistycznych,
- 3) tras i czasu przemieszczania wewnętrznego i zewnętrznego,
- 4) lokalizacji magazynów i wielkości zapasów,
- 5) wykorzystania zdolności produkcyjnych maszyn i urządzeń, w tym środków transportu,
- 6) pracochłonności procesu planowania i obsługi klienta.

Istnieje szereg ogólnych modeli matematycznych pozwalających na analizę kosztów systemu logistycznego. Można je podzielić na cztery główne kategorie: klasyczne modele ekonomiczne, modele odzwierciedlające gospodarkę zapasami, modele odnoszące się do konfliktów między poszczególnymi zasobami oraz modele optymalizacyjne. Modele te z reguły mają charakter niepełny i poprzez swoje ograniczenia nie pozwalają na pełną analizę systemu logistycznego. W dalszej części zostanie przedstawiony uniwersalny model systemu logistycznego odzwierciedlający dystrybucję towarów przedsiębiorstwa produkcyjnego. Następnie przez przekształcenie modelu uniwersalnego, zostanie zbudowany model odmiany systemu opartego o transport multimodalny. Model ten pozwoli na szczegółową analizę kosztów przykładowego systemu logistycznego.

## Model systemu logistycznego

Poniższy model pozwala na obliczenie wielkości sumarycznych kosztów systemu logistycznego przypadających na jedną sztukę ładunku w czasie trwania jednego cyklu dostawy (TLC)<sup>1</sup>. Jest to suma czterech składowych:

- 1) kosztów przygotowania przesyłki (PRC),
- 2) kosztów transportu (TRC),
- 3) kosztów zapasów związanych z cyklem dostawy (CSC),
- 4) kosztów zapasów w drodze (ITC),
- 5) kosztów zapasu bezpieczeństwa (SSC).

$$TLC = PRC + TRC + CSC + ITC + SSC$$

$$TLC = PRC + TRC + \left( \frac{1}{R} \times \frac{Q}{2} \times v \times h_w \right) + \left( \bar{L} \times v \times \frac{h_t}{365} \right) + \left( \frac{1}{R} \times v \times h_w \times K \times \sqrt{(\bar{L} \times d) + (\bar{D}^2 \times l)} \right)$$

Poszczególne zmienne oznaczają:

*PRC* – koszty przygotowania przesyłki, obejmujące koszty opakowania i jednostkowania poszczególnych sztuk ładunku, koszty sporządzenia i przekazania dokumentacji, koszty doboru przewoźnika(-ów) i inne koszty organizacji łańcucha transportowego,

*TRC* – koszty transportu, na które składają się opłaty frachtowe i inne opłaty związane z przemieszczaniem się ładunku po określonej trasie, np. cło, ubezpieczenie, ewentualne przeformowywanie jednostki w trakcie podróży,

*R* – roczny obrót ładunkowy liczony w sztukach ładunku,

*Q* – wielkość pojedynczej przesyłki liczona w sztukach ładunku,

*v* – wartość pojedynczej sztuki ładunku,

*h<sub>w</sub>* – roczny koszt składowania (opłata za składowanie wraz z kosztem zamrożenia kapitału) wyrażony w %,

$\bar{L}$ , *l* – czas dostawy wyrażony w dniach i liczony jako zmienna losowa czasu przewozu o wartości średniej  $\bar{L}$  i wariancji *l*,

$\bar{D}$ , *d* – dzienny popyt na towar liczony jako zmienna losowa ilości sztuk ładunku o wartości średniej  $\bar{D}$  i wariancji *d*.

*h<sub>t</sub>* – roczny koszt utrzymania zapasów (zamrożenia kapitału) wyrażony w %,

*K* – współczynnik bezpieczeństwa oznaczający poziom akceptowanego ryzyka wyczerpania się zapasów (tabela 1),

Tabela 1

Wartości współczynnika bezpieczeństwa *K*

Ryzyko wyczerpania zapasów	<i>K</i>	Ryzyko wyczerpania zapasów	<i>K</i>
10%	1,28	4%	1,75
9%	1,34	3%	1,88
8%	1,41	2%	2,05
7%	1,48	1%	2,33
6%	1,55	0,5%	2,58
5%	1,64	0,1%	3,09

Zródło: [5]

<sup>1</sup> Model został utworzony jako rozszerzenie modelu przedstawionego przez G. Blauwens, S. Janssens, B. Vernimmen, F. Witlox [5].

Model ten ma charakter uniwersalny i można go zastosować zarówno do prostych jak i złożonych systemów logistycznych. Po zmodyfikowaniu nadaje się do analizy efektywności ekonomicznej przewozów ładunków niejednostkowanych: masowych, ciekłych półprzetworzonych, wielkogabarytowych czy sztuk ciężkich. Może mieć zastosowanie do analizy systemów logistycznych wewnątrzzakładowych, systemów zaopatrzenia i dystrybucji w oparciu o dowolne środki transportu.

### Model multimodalnego systemu logistycznego

Transport multimodalny posiada swoją specyfikę, która ma swoje odzwierciedlenie w sposobie naliczania kosztów systemu logistycznego. Najważniejsze uwarunkowania są związane z rolą, jaką odgrywa operator transportu multimodalnego, oraz ze specyfiką multimodalnej jednostki ładunkowej. Operator odpowiada za cały łańcuch transportowy, wystawia jeden dokument przewozu na całą trasę od nadawcy do odbiorcy, a co najważniejsze pobiera jedną opłatę za przewóz na tej trasie. Opłata ta pokrywa ewentualne koszty składowania na terminalach pośrednich w trakcie przewozu. Multimodalna jednostka ładunkowa, którą stanowi kontener, nadwozie wymienne lub naczepa samochodowa, jest opakowaniem zbiorczym, które nie ulega przeformowywaniu podczas całej podróży. W tego typu jednostki, formowane są z reguły ładunki cenne, tzn. wymagające ochrony i możliwie najkrótszego czasu dostawy. Każda multimodalna jednostka stanowi oddzielną przesyłkę, tzn. nie stosuje się konsolidacji kilku kontenerów w jedną partię ładunkową, dla której sporządza się jeden dokument i nalicza jedną stawkę frachtową. Biorąc pod uwagę te uwarunkowania, wzór na obliczanie sumarycznych kosztów multimodalnego systemu logistycznego przybiera postać:

$$TLC_M = PRC + TRC + MUC + CSC + ITC + SSC$$

$$TLC_M = PRC + TRC + \left( \bar{L} \times \frac{s}{365} \right) + \left( \frac{1}{2R} \times v \times h_w \right) + \left( \bar{L} \times v \times \frac{h_t}{365} \right) + \left( \frac{1}{R} \times v \times h_w \times K \times \sqrt{(\bar{L} \times d) + (\bar{D}^2 \times l)} \right)$$

Poszczególne zmienne oznaczają:

$TLC_M$  – koszty multimodalnego systemu logistycznego,

$PRC$  – koszt formowania jednostki ładunkowej,

$TRC$  – koszty ponoszone na rzecz operatora transportu multimodalnego,

$MUC$  – koszt wynajmu jednostki ładunkowej,

$s$  – roczny koszt wynajmu jednostki ładunkowej,

$R$  – roczny obrót ładunkowy liczony w jednostkach ładunkowych,

$v$  – wartość jednostki ładunkowej,

$\bar{L}, l$  – czas dostawy wyrażony w dniach i liczony jako zmienna losowa czasu przewozu o wartości średniej  $\bar{L}$  i wariancji  $l$ ,

$\bar{D}, d$  – dzienny popyt na towar liczony jako zmienna losowa ilości jednostek ładunkowych o wartości średniej  $\bar{D}$  i wariancji  $d$ ,

$h_t$  – roczny koszt utrzymania zapasów ( $10\% < h_t < 20\%$ ),

$h_w$  – roczny koszt składowania ( $12\% < h_w < 22\%$ ),

$K$  – współczynnik bezpieczeństwa ( $1,28 < K < 1,64$ ).

### Analiza kosztów przykładowego multimodalnego systemu logistycznego

Przykładowy system logistyczny dystrybucji towarów oparty na transporcie multimodalnym, odpowiadający realiom rynku europejskiego cechuje się następującymi

parametrami. Przedsiębiorstwo produkujące elektronikę wysyła  $R = 2500$  kontenerów rocznie z fabryki, do oddalonego o ok. 1000 km odbiorcy zagranicznego, posiadającego własny magazyn na terenie dużego centrum logistycznego i własną sieć dystrybucji detalicznej. Kontenery są formowane na terenie fabryki, dowożone transportem samochodowym na pobliski terminal transportu multimodalnego i dalej odbywają podróż innymi dostępnymi środkami transportu, aż do odbiorcy<sup>2</sup>. Przedsiębiorstwo płaci za roczny wynajem każdego kontenera 20-stopowego  $s = 1450$  EUR i jego sformowanie  $PRC = 40$  EUR. Pozostałe koszty przewozu każdego kontenera, wliczając w to przewóz powroty pustej jednostki, są zawarte w stawce płaconej operatorowi transportu multimodalnego. Stawka ta przyjmuje różne wartości w zależności od możliwości, jakie stwarza dla realizacji połączeń multimodalnych usytuowanie początkowego i końcowego terminalu (centrum logistycznego). Można przyjąć cztery najbardziej prawdopodobne warianty w tym względzie, opierające się na wykorzystaniu transportu kolejowego (tabela 2).

Tabela 2

Warianty połączeń multimodalnych

Nr wariantu	Opis wariantu	TRC [EUR/kontener]
1	Przewóz jednym pociągiem blokowym, który codziennie kursuje między terminalami; średni czas dostawy wynosi $\bar{L}_1 = 1,58$ godz. przy wariancji $l_1 = 0,21$ .	$TRC_1 = 650$
2	Przewóz jednym pociągiem blokowym, który kursuje między terminalami z częstotliwością raz na tydzień; średni czas dostawy wynosi $\bar{L}_2 = 3,88$ godz. przy wariancji $l_2 = 1,01$ .	$TRC_2 = 650$
3	Przewóz łączony dwoma pociągami blokowym, z codzienną wysyłką i krótkim składowaniem na terminalu pośrednim; średni czas dostawy wynosi $\bar{L}_3 = 2,21$ godz. przy wariancji $l_3 = 0,46$ .	$TRC_3 = 790$
4	Przewóz wagonowy, realizowany różnymi nieregularnymi pociągami towarowymi; średni czas dostawy wynosi $\bar{L}_4 = 4,49$ godz. przy wariancji $l_4 = 2,00$ .	$TRC_4 = 750$

Zródło: Opracowanie własne

Warianty nie uwzględniają przewozu pociągiem dedykowanym tylko dla obsługi omawianych kontenerów, gdyż ilość kontenerów jest zbyt mała, by przewóz taki był ekonomicznie opłacalny. Ilość kontenerów potrzebna do uruchomienia takiego połączenia, o częstotliwości 5 razy w tygodniu, wynosi 15000 TEU w każdą stronę.

Pozostałe parametry systemu logistycznego wynoszą:

$$v = 50000 \text{ EUR,}$$

$$\bar{D} = 6,8 \text{ kontenera}$$

$$d = 1,3 \text{ kontenera}$$

$$h_t = 15\%,$$

$$h_w = 17\%,$$

$$K = 1,64.$$

Po podstawieniu do wzoru na obliczanie kosztów systemu logistycznego otrzymujemy poniższe wartości kosztów składowych i sumarycznych (tabela 3).

<sup>2</sup> Operator transportu multimodalnego może realizować zasadniczy przewóz między terminalem początkowym a końcowym (centrum logistycznym) przy wykorzystaniu wszystkich dostępnych środków transportu poza transportem drogowym.

Tabela 3

## Koszty przykładowego multimodalnego systemu logistycznego [EUR/kontener]

Koszty	Wariant 1	Wariant 2	Wariant 3	Wariant 4
Koszty przygotowania przesyłki ( <i>PRC</i> )	40,00	40,00	40,00	40,00
Koszty transportu ( <i>TRC</i> )	650,00	650,00	790,00	750,00
Koszty wynajmu kontenera ( <i>MUC</i> )	6,26	15,41	8,78	17,84
Koszty zapasów związanych z cyklem dostaw ( <i>CSC</i> )	1,70	1,70	1,70	1,70
Koszty zapasów w drodze ( <i>ITC</i> )	32,46	79,72	45,41	92,26
Koszty zapasu bezpieczeństwa ( <i>SSC</i> )	19,12	40,11	27,40	55,29
<b>Koszty systemu logistycznego (<i>TLC<sub>M</sub></i>)</b>	<b>749,54</b>	<b>826,94</b>	<b>913,29</b>	<b>957,09</b>

Źródło: Opracowanie własne

Powyższe zestawienie pozwala na wyciągnięcie wniosku, że wariant 1, czyli dostawy za pośrednictwem codziennego pociągu blokowego są najefektywniejsze ekonomicznie. Dla tej formy dostaw sumaryczne koszty systemu logistycznego są najniższe. Decydujące znaczenie mają stosunkowo niskie koszty transportu takim pociągiem. Bezpośredni pociąg kursujący nawet raz na tydzień okazuje się być ciągle tańszym rozwiązaniem w porównaniu z codziennym połączeniem łączonym przy użyciu dwóch pociągów blokowych. To drugie rozwiązanie cechuje dłuższy czas dostawy i związane z nim większe koszty wynajmu kontenera (*MUC*), zamrożenia kosztów zapasów związanych z cyklem dostawy (*CSC*), kosztów zapasów w drodze (*ITC*) i kosztów zapasu bezpieczeństwa (*SSC*).

Warto przeanalizować, jaki wpływ na koszty multimodalnego systemu logistycznego mają inne parametry poza kosztami transportu i czasem dostawy. Należy wziąć pod uwagę zmianę takich parametrów jak: roczny obrót ładunkowy  $R$ , wartość jednostki ładunkowej  $v$ , współczynnik bezpieczeństwa  $K$ , roczny koszt składowania  $h_w$ . Poniżej przedstawione zostały odpowiednie obliczenia odnoszące się do wcześniej przedstawionego wariantu 3 systemu logistycznego, w którym operator transportu multimodalnego wykorzystuje łączone połączenie dwoma pociągami blokowymi (tabela 4, tabela 5, tabela 6, tabela 7).

Tabela 4

## Wpływ zmian rocznego obrotu ładunkowego na koszty multimodalnego systemu logistycznego

Roczny obrót ładunkowy ( $R$ ) [kontenery]	500 (20%)	1500 (60%)	2500 (100%)	3500 (140%)	4500 (180%)
Koszty systemu logistycznego ( <i>TLC<sub>M</sub></i> ) [EUR/kontener]	1029,69 (113%)	932,68 (102%)	913,29 (100%)	904,97 (99%)	900,35 (98%)

Źródło: Opracowanie własne

Tabela 5

**Wpływ zmian wartości jednostki ładunkowej na koszty multimodalnego systemu logistycznego  
[EUR/kontener]**

<b>Wartość jednostki ładunkowej (<math>v</math>) [EUR]</b>	10000 (20%)	30000 (60%)	50000 (100%)	70000 (140%)	90000 (180%)
<b>Koszty systemu logistycznego (<math>TLC_M</math>) [EUR/kontener]</b>	853,68 (93%)	883,48 (97%)	913,29 (100%)	943,09 (103%)	972,90 (106%)

Źródło: Opracowanie własne

Tabela 6

**Wpływ zmian współczynnika bezpieczeństwa na koszty multimodalnego systemu logistycznego  
[EUR/kontener]**

<b>Współczynnik bezpieczeństwa (<math>K</math>)</b>	1,28 (78%)	1,46 (89%)	1,64 (100%)	2,36 (144%)	3,09 (188%)
<b>Koszty systemu logistycznego (<math>TLC_M</math>) [EUR/kontener]</b>	907,27 (99%)	910,28 (100%)	913,29 (100%)	925,32 (101%)	937,51 (103%)

Źródło: Opracowanie własne

Tabela 7

**Wpływ zmian rocznego kosztu składowania na koszty multimodalnego systemu logistycznego  
[EUR/kontener]**

<b>Roczny koszt składowania (<math>h_w</math>) [%]</b>	12,0 (70%)	14,5 (85%)	17,0 (100%)	29,5 (115%)	22,0 (129%)
<b>Koszty systemu logistycznego (<math>TLC_M</math>) [EUR/kontener]</b>	889,59 (97%)	901,44 (99%)	913,29 (100%)	925,14 (101%)	936,99 (103%)

$$h_t = h_w - 2\%$$

Źródło: Opracowanie własne

Obliczenia dowodzą, że koszty multimodalnego systemu logistycznego dla badanego wariantu przewozów są najbardziej wrażliwe na zmiany rocznych obrotów ładunkowych. Zależność przy tym ma charakter funkcji malejącej, tzn. wzrost obsługiwanej masy ładunkowej powoduje spadek kosztów systemu logistycznego. Spadek ten nie ma charakteru zależności liniowej gdyż dolną nieprzekraczalną granicę kosztów logistycznych stanowią sumaryczne koszty transportu, przygotowania przesyłki i wynajmu kontenera. Choć te trzy pozycje kosztów nie są w rzeczywistości stałe, to możliwości ich obliczenia są niewielkie nawet przy bardzo dużych ilościach przewożonego ładunku.

Analiza wrażliwości kosztów multimodalnego systemu logistycznego na zmianę wartości jednostki ładunkowej, wskaźnika bezpieczeństwa i kosztu składowania, pokazuje we wszystkich trzech przypadkach zależność o charakterze funkcji rosnącej. Wzrost wartości jednostki ładunkowej o 80% powoduje wzrost kosztów systemu logistycznego o 6%. Podobnie przedstawia się zależność pomiędzy kosztem składowania a kosztem systemu, wzrost tego pierwszego parametru o 29% daje w efekcie przyrost drugiego o 3%. Obliczenia wskazują mniejszą wrażliwość kosztów multimodalnego systemu logistycznego na zmianę współczynnika bezpieczeństwa. Wzrost współczynnika o 88%, odpowiadający obniżeniu się poziomu akceptowanego ryzyka wyczerpania się zapasów z 5% do 0,1%, powoduje zaledwie 3% wzrost kosztów systemu logistycznego. Większą wrażliwość kosztów systemu logistycznego na zmiany wartości jednostki ładunkowej, wskaźnika bezpieczeństwa i kosztu

składowania, należy oczekiwać w sytuacji wydłużenia się czasu dostawy ładunku, czyli czasu przewozu multimodalnego.

## Wnioski

Zaproponowany model multimodalnego systemu logistycznego pozwolił na analizę kosztów tegoż systemu. Przeprowadzona analiza systemu dystrybucji towarów z wykorzystaniem połączeń szynowo-drogowych na odległość ok. 1000 km pozwala na wyciągnięcie wniosków ogólnych odnoszących się do prawie wszystkich europejskich multimodalnych systemów logistycznych. Wnioski te są następujące:

1. Największą składową kosztów systemu logistycznego są koszty transportu ponoszone na rzecz operatora transportu multimodalnego. Są one w bardzo dużym stopniu zależne od dostępności transportowej nadawcy i odbiorcy przesyłki, z punktu widzenia możliwości organizacji połączeń multimodalnych między nimi. Najmniejsze koszty występują, gdy istnieje możliwość organizacji bezpośrednich połączeń charakteryzujących się dużą częstotliwością kursowania.
2. Im mniejsza jest częstotliwość regularnych połączeń tym większe są koszty systemu logistycznego. Dodatkowe nakłady związane są przede wszystkim z zamrożeniem kapitału, jaki stanowi jednostka ładunkowa, w trakcie trwania dostawy.
3. Koszty multimodalnego systemu logistycznego wyraźnie maleją wraz ze wzrostem masy ładunkowej przewożonej w ciągu roku. Charakterystyczne jest to, że wraz ze wzrostem masy ładunkowej koszty obniżają się najpierw dynamicznie, a następnie coraz wolniej zbliżają się asymptotycznie do poziomu wyznaczonego przez koszty przewozu.
4. Wpływ na koszty multimodalnego systemu logistycznego ma wartość jednostki ładunkowej, jednostkowego kosztu składowania oraz współczynnika określającego poziom akceptowanego ryzyka wyczerpania się zapasów. Wzrost wymienionych trzech parametrów powoduje wzrost kosztów systemu logistycznego. Ponieważ dwa pierwsze parametry są w dużym stopniu niezależne od dystrybutora ładunku, powinien on zwrócić szczególną uwagę na wartość współczynnika bezpieczeństwa przyjmowanego w systemie logistycznym. Powinien on być możliwie największy, co gwarantuje ciągłość dostaw i wiąże się z akceptowalnym przyrostem kosztów ogólnych.

## Literatura

- 1) Twaróg J. *Koszty logistyki przedsiębiorstw*, Biblioteka Logistyka, Poznań 2003
- 6) Kufel M. *Koszty przepływu materiałów w przedsiębiorstwach przemysłowych. Problemy budżetowania, ewidencji i kontroli*, Akademia Ekonomiczna we Wrocławiu, Wrocław 1990
- 7) Beier F.J., Rutkowski K. *Logistyka*, SGH, Warszawa 1993
- 8) Mc Giniis M.A. *A comparative evaluation of freight transportation models*, *Transportation Journal* 29(2)/1989
- 9) Blauwens G., Janssens S., Vernimmen B., Witlox F. *The importance of frequency for combined transport of containers*, University of Antwerp, Antwerp 2002