

# Problem komiwojażera na przykładzie przedsiębiorstwa mleczarskiego

## *Traveling salesman problem for the dairy enterprise*

Celem artykułu było opracowanie projektu obsługi transportowej dla Okręgowej Spółdzielni Mleczarskiej z wykorzystaniem zagadnienia wielu komiwojażerów. W artykule obliczono przybliżone całkowite koszty realizacji przewozu i porównano je z obecnie ponoszonymi kosztami z tytułu outsourcingu procesów dystrybucji. Do rozwiązania zadania optymalizacyjnego komiwojażera wykorzystano program komputerowy.

### **Słowa kluczowe:**

problem komiwojażera, transport, koszt transportu, przedsiębiorstwo mleczarskie.

The purpose of the article was to develop transport service for the Okręgowa Spółdzielnia Mleczarska using multiple traveling salesman problems. In the paper calculated the approximate total costs of the transport and compared with current costs incurred in respect of the distribution process outsourcing. To solve the optimization task traveling salesman used a computer program.

### **Key words:**

traveling salesman problem, transportation, cost of transport, the dairy company.

## Wstęp

Przedsiębiorstwa zajmujące się dystrybucją swoich wyrobów napotykać na szereg trudności związanych z realizacją funkcji transportowej. Główny problem stanowi ustalenie planu przewozów towarów, który umożliwiłoby otrzymanie optymalnych wyników zgodnie z przyjętymi kryteriami optymalizacyjnymi. W przypadku, gdy przedsiębiorstwo posiada tylko jeden zakład, magazyn czy też centrum dystrybucyjne, z którego dostarcza wyroby na rynek, wyznaczenie najlepszego planu przewozów związane jest ze znalezieniem najkrótszej drogi łączącej poszczególnych nabywców towarów. Z kolei jeżeli jest więcej takich zakładów, magazynów i centrów dystrybucji, zlokalizowanych w różnych miejscach, wtedy celem jest również ustalenie, z którego miejsca ma być zaopatrywany w towar odpowiedni odbiorca oraz w jakiej kolejności mają być oni obsługiwani, tak aby zoptymalizować koszty transportu towaru, przy jednoczesnym uwzględnieniu zasobów jakimi dysponują odpowiednie miejsca (Michłowicz, 2009).

Określenie połączeń pomiędzy dostawcami a odbiorcami przy małej liczbie zarówno punktów dostaw, jak i odbioru nie stanowi większego problemu. Natomiast, gdy przedsiębiorstwo posiada większą liczbę tych punktów, wyznaczenie optymalnego planu przewozów wraz ze wzrostem liczby punktów jest coraz trudniejsze. Im więcej punktów, tym większa liczba kombinacji różnych połączeń, a wybór optymalnej kombinacji bez zastosowania odpowiedniej metody byłby niebywale trudny. Zasadniczym celem optymalizacji transportu w przedsiębiorstwie jest minimalizacja

kosztów transportu zarówno ponoszonych w drodze do odbiorcy, jak i w drodze powrotnej. Zapewnienie optymalnych kosztów transportu możliwe jest między innymi poprzez ustalenie kolejności obsługi odbiorców-zwane problemem trasowania pojazdów (Ambroziak i Jachimowski, 2011). Problem ten jest rozwinięciem jednego z najstarszych problemów optymalizacyjnych funkcjonujących w literaturze pod nazwą „problem komiwojażera”. Do przykładów metod umożliwiających rozwiązanie tego problemu należą: algorytm Little'a, algorytm poszukiwań lokalnych 2-optymalny i 3-optymalny, algorytm włączania oraz inne (Ignasiak, 2001; Sikora, 2008; Waters, 2001). Metody te jednak wykorzystuje się tylko do rozwiązania problemu w przypadku, gdy odbiorcy zaopatrywani są tylko z jednego zakładu, magazynu czy centa dystrybucyjnego.

Kolejną ważną decyzją związaną z realizacją funkcji transportowej jest możliwość zlecenia jej na zewnątrz. Podjęcie decyzji o stosowaniu outsourcingu jako sposobie realizacji zadań logistycznych jest dość trudne, szczególnie w branżach sektora spożywczego, które wymagają wysokiego poziomu specjalizacji przewozów. Jednak większość przedsiębiorstw odchodzi od posiadania własnej floty wybierając wyspecjalizowane firmy logistyczne, które również świadczą usługi dodatkowe, jak obrót palet czy odprawy celne (Dmowski, 2008). Zdarza się również tak, że przedsiębiorstwa realizują swoje potrzeby transportowe z wykorzystaniem dwóch form organizacji transportu. Przewozy na bliskie odległości realizowane są transportem własnym, natomiast przewozy na dalekie odległości wykonują przy wykorzystaniu firm zewnętrznych (Świetlińska, 2012).

Celem artykułu jest przedstawienie problemu komiwojażera dla Okręgowej Spółdzielni Mleczarskiej (OSM) z uwzględnieniem specyfiki działalności przedsiębiorstwa. Do rozwiązania zadania optymalizacyjnego w zakresie organizacji procesu transportowego wykorzystano program Trasy. Ponadto dokonano oceny rozwiązania projektowego z obecną sytuacją w przedsiębiorstwie.

## Problem komiwojażera

Problem komiwojażera należy do najstarszych problemów optymalizacyjnych związanych z funkcją transportową przedsiębiorstw i po raz pierwszy sformułowali go G.B. Dantzig i J. Ramser (Dantzig i Ramser, 1956). Polega on na znalezieniu najkrótszego cyklu długości  $n$  (zwanego cyklem *Hamiltona*) w  $n$ -wierzchołkowej sieci pełnej. Nazwa pochodzi od zwyczajnej ilustracji problemu, przedstawiającej go

z punktu widzenia wędrownego sprzedawcy (komiwojażera): dane jest  $n$  miast, które komiwojażer ma odwiedzić, oraz odległość lub cena podróży, albo czas podróży pomiędzy każdą parą miast (Michłowicz, 2009). Natomiast celem jest znalezienie najkrótszej/najtańszej/najszybszej drogi łączącej wszystkie miasta zaczynającej się i kończącej się w określonym punkcie w zależności od założonego kryterium.

Zastosowania zadania optymalizacyjnego wielu komiwojażerów możliwe jest, gdy przedsiębiorstwo: posiada jednorodną postać ładunkową, zunifikowaną technologię transportową, zunifikowaną technologię przeładunkową, a także znane są: sieć transportowa, dobowe zapotrzebowanie odbiorców, dokładne lokalizacje punktów odbiorców, charakterystyki środków transportowych.

Wykorzystując różne środki transportu, przy założeniu, że jeden pojazd może obsłużyć wiele tras zadanie optymalizacyjne planowania tras przewozu, ma następującą postać (Dutkiewicz i Kucharska, 2010):

Dane:

- baza  $p$ ,
- zbiór węzłów transportowych  $W = \{1, \dots, i, \dots, j, \dots, p, \dots, W\}$ ,
- ilość ładunku przeznaczona do dostawy w poszczególnych węzłach transportowych  $q_i$ ,
- zbiór numerów typów pojazdu  $M = \{1, 2, \dots, m, \dots, M\}$ ,
- maksymalne liczby tras jakie mogą obsłużyć poszczególne pojazdy  $K_m$ ,
- odległości między węzłami transportowymi  $d(i, j)$ ,
- czas pokonania bezpośrednich połączeń między węzłami transportowymi  $t(i, j)$ ,
- czasy obsługi ładunkowej w poszczególnych węzłach transportowych  $t_i(q_i)$ ,
- dopuszczalna pojemność poszczególnych pojazdów  $T_m$ .

Zmienne decyzyjne:

- przydział komiwojażerów w poszczególnych trasach do połączeń między węzłami transportowymi  $X = [x(i, j, m, k_m)]$ ,  $x(i, j, m, k_m) \in \{0, 1\}$   $k_m$  jest numerem trasy obsługiwanej przez  $m$ -ty pojazd.

Ograniczenia:

- przez każdy punkt odbiorczy może przechodzić wyłącznie jedna trasa

$$\forall i \in W \setminus \{p\} \sum_{i \in W(j)} \sum_{m \in M} \sum_{k_m}^{k_m} x(i, j, m, k_m) = 1 \quad (1)$$

$$\forall j \in W \setminus \{p\} \sum_{i \in W(j)} \sum_{m \in M} \sum_{k_m}^{k_m} x(i, j, m, k_m) = 1 \quad (2)$$

- każdy punkt odbiorczy musi być obsłużony tylko raz na danej trasie

$$\forall j \in W \setminus \{p\} \bigvee_{m \in M} \bigvee_{k_m \in \{1, \dots, K_m\}} \sum_{i \in W} x(i, j, m, k_m) = 1 \quad (3)$$

$$\forall i \in W \setminus \{p\} \bigvee_{m \in M} \bigvee_{k_m \in \{1, \dots, K_m\}} \sum_{i \in W} x(i, j, m, k_m) = 1 \quad (4)$$

- każda trasa musi rozpocząć się i zakończyć w bazie

$$\forall m \in M \bigvee_{k_m \in \{1, \dots, K_m\}} \sum_{j \in W} x(i, j, m, k_m) = 1 \quad (5)$$

$$\forall m \in M \bigvee_{k_m \in \{1, \dots, K_m\}} \sum_{j \in W} x(i, j, m, k_m) = 1 \quad (6)$$

- dopuszczalne ładowności pojazdów nie mogą być przekroczone

$$\forall m \in M \bigvee_{k_m \in \{1, \dots, K_m\}} \sum_{i \in W} \sum_{j \in W: j \neq p} x(i, j, m, k_m) \cdot q_i \leq Q_m \quad (7)$$

- dopuszczalne czasy pracy pojazdów nie mogą być przekroczone

$$\forall m \in M \sum_{i \in W} \sum_{j \in W: j \neq i} \sum_{k_m=1}^{K_m} x(i, j, m, k_m) \cdot (dt(i, j) + t_j) \leq T_m \quad (8)$$

$$\text{Funkcja celu: } F(X) = \sum_{i \in W} \sum_{j \in W: i \neq j} \sum_{m \in M} \sum_{k_m=1}^{K_m} x(i, j, m, k_m) \cdot (t(i, j) + t_j) \quad (9)$$

Funkcja celu (9) postuluje minimalizację długości (kosztu) marszruty przy ograniczeniach związanych z punktami odbiorczymi (1), (2), (3), (4), bazą (5), (6), pojazdami (7) oraz czasem pracy pojazdów (8).

Niestety problem komiwojżera nie podejmuje niektórych aspektów rzeczywistych problemów optymalizacji transportu takich jak: niesymetryczność kosztów transportu, dobowy czas pracy kierowcy, liczba baz magazynowych obsługujących dany region, zmieniająca się liczba pojazdów, okna czasowe odbiorców (Fisher, 1995; Ambroziak i Jachimowski, 2011).

## Identyfikacja zadania przewozowego przedsiębiorstwa

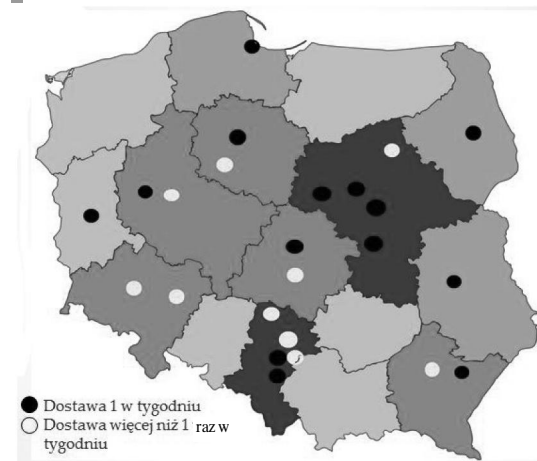
Okręgowa Spółdzielnia Mleczarska specjalizuje się w produkcji: mozzarelli, napoi fermentowanych, śmietany oraz twarogów. Łącznie z tych czterech grup produkowanych jest 30 odrębnych pozycji. Wszystkie wyroby gotowe są pakowane w opakowania zbiorcze i przewożone na jednostkach ładunkowych paletowych z wykorzystaniem transportu samochodowego do odbiorców.

Spółdzielnia swoje produkty dostarcza na teren całej Polski, spotkać się z nimi można zarówno w hipermarketach jak i małych sklepach osiedlowych. Z zakładu wyroby gotowe trafiają do 24 miast, w których zlokalizowanych jest 29 odbiorców (rys. 1). Do kluczowych klientów spółdzielni zaliczyć można między innymi: hipermarkety (Tesco, Carrefour), supermarkety (POLOmarket, PSS „Społem”), firmy zajmujące się dystrybucją artykułów mleczarskich: FARUTEX, ALPAN, a także sklepy spożywcze, pizzerie i inne.

Firma obecnie posiada własny samochód chłodnię, o pojemności 10jłp i łącznej masie nie przekraczającej 5 ton. Samochód ten obsługuje rynek lokalny, do których zaliczane są małe sklepy osiedlowe i spożywcze. Pozostałe przewozy realizuje z wykorzystaniem outsourcingu.

Ze względu na złożoność obliczeń oraz zmienność dostaw w tygodniu w artykule podjęto się zaprojektowania procesu przewozowego dla wybranych siedmiu punktów odbiorców. Punkty te charakteryzują się częstymi dostawami w tygodniu (min. 2, a max. 4 razy w tygodniu), ponadto liczba punktów odpowiada średniej liczbie wysyłek dziennie. W tabeli 1 przedstawione zostały charakterystyki

Rysunek 1  
Lokalizacja odbiorców



Źródło: opracowanie własne.

ki punktów niezbędne do rozwiązania zadania optymalizacyjnego.

Rozwiązanie i ocena zadania optymalizacyjnego wielu komiwojżerów

Do rozwiązania zadania optymalizacyjnego komiwojżera wykorzystano program komputerowy „Trasy” Jerzego Leszczyńskiego. Zebrane dane o punktach odbiorców (godziny otwarcia i zamknięcia punktu, wielkość zamówienia, odległość od bazy i pozostałych punktów) miały wpływ na liczbę potrzebnych samochodów do realizacji analizowanego przypadku. Do wykonania zadania przewozowego niezbędne były cztery samochody o ładowności do 3,5 t.

W analizowanym przykładzie wszystkie samochody miały 100% wykorzystania ładowności w momencie wyruszenia z bazy. Łączna niewykorzystana ładowność samochodów była na poziomie 12 700 kg. Na rysunku 2 w sposób losowy przedstawiono trasy wszystkich samochodów.

Jako kryterium oceny rozwiązania projektowego wykorzystano porównanie całkowitych kosztów przewozu ( $Kp$ ) w porównaniu do obecnych ponoszonych kosztów z tytułu outsourcingu procesu dystrybucji w przedsiębiorstwie. Do całkowitego kosztu przewozu zostały zaliczone koszty stałe ( $Ks$ ) oraz koszty zmienne ( $Kz$ ). Składniki poszczególnych kosztów wraz ze wzorami przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 1

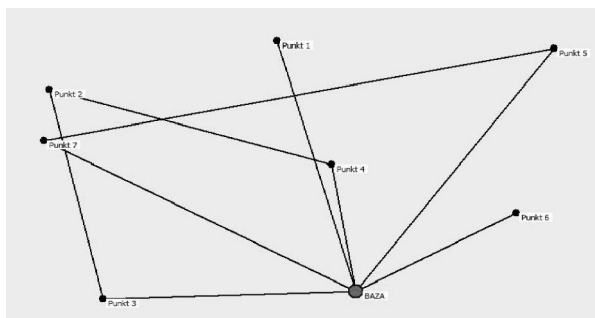
Charakterystyka wybranych punktów odbiorców OSM

Zapotrzebowanie punktów odbioru (kg)								
1) 150	2) 1500	3) 500	4) 1000	5) 1000	6) 500	7) 150		
Okna czasowe punktów odbioru (h)								
1) 6-12	2) 6-11	3) 6-12	4) 8-16	5) 6-17	6) 6-14	7) 6-17		
Odległości pomiędzy punktami w systemie (km)								
z/do	Baza	1)	2)	3)	4)	5)	6)	7)
Baza	0	263	200	246	111	20	286	297
1)	263	0	89	27	152	283	41	239
2)	200	89	0	69	70	206	116	321
3)	246	27	69	0	135	263	44	260
4)	111	152	70	135	0	139	176	278
5)	20	283	206	263	139	0	313	315
6)	286	41	116	44	176	313	0	274
7)	297	239	321	260	278	315	274	0
Czasy przejazdu pomiędzy punktami w systemie (min.):								
z/do	Baza	1)	2)	3)	4)	5)	6)	7)
Baza	0	394	300	369	166	30	429	446
1)	394	0	134	40	228	424	62	358
2)	300	134	0	104	105	309	174	482
3)	369	40	104	0	202	394	66	390
4)	166	228	105	202	0	208	264	417
5)	30	424	309	394	208	0	470	472
6)	429	62	174	66	264	470	0	411
7)	446	358	482	390	417	472	411	0

Źródło: opracowanie własne.

Rysunek 2

Trasy wszystkich samochodów



Źródło: opracowanie własne

Tygodniowe koszty z tytułu outsourcingu dla tego przykładu przedstawiono w tabeli 4.

Dla analizowanego przykładu przybliżone koszty kształtują się na poziomie:

- całkowity koszt miesięczny: 38 089,51 zł,
- całkowity koszt tygodniowy (tabela 3): 9 522,38 zł (średnio 0,85 zł/km),
- całkowity koszt roczny: 457 074,12 zł.

Dla analizowanego przykładu przybliżone koszty outsourcingu kształtują się na poziomie:

- całkowity koszt miesięczny: 15 620,00 zł,
- całkowity koszt tygodniowy (tabela 4): 3 905,00 zł (średnio 0,35 zł/km),

Tabela 2

Charakterystyka rozwiązania optymalizacyjnego

Punkt odbiorczy	Nr samochodu	Godzina
1	2	11:08 przyjazd samochodu i dowóz 150 kg 11:23 koniec obsługi i odjazd samochodu z ładunkiem: 3350 kg
2	1	9:19 przyjazd samochodu i dowóz 1500 kg 9:35 koniec obsługi i odjazd samochodu z ładunkiem: 1000 kg
3	1	11:18 przyjazd samochodu i dowóz 500 kg 11:33 koniec obsługi i odjazd samochodu z ładunkiem: 500 kg
4	1	7:19 przyjazd samochodu i dowóz 1000 kg 7:35 koniec obsługi i odjazd samochodu z ładunkiem: 2500 kg
5	3	6:03: przyjazd samochodu i dowóz 1000 kg 6:19 koniec obsługi i odjazd samochodu z ładunkiem: 2500 kg
6	4	11:43 przyjazd samochodu i dowóz 500 kg 11:58 koniec obsługi i odjazd samochodu z ładunkiem: 3000 kg
7	3	14:10 przyjazd samochodu i dowóz 150 kg 14:25 koniec obsługi i odjazd samochodu z ładunkiem: 2350 kg

Źródło: opracowanie własne.

- całkowity koszt roczny: 187 440,00 zł.

Tabela 3

Składniki całkowitego kosztu przewozu

Koszty stałe (Ks)		Koszt miesięczny (zł)
Koszt amortyzacji pojazdów ( $K_{AP}$ )	$K_{AP}(i, w) = \frac{\alpha_{AP}(i)}{N_{\bar{R}}^0} \times W_{PP}(i) \times \frac{1}{N_{k(w)}}$ <p> <math>\alpha_{AP}(i)</math> – roczna stawka amortyzacji pojazdu i-tego rodzaju środka transportowego  <math>N_{\bar{R}}^0</math> – liczba okresów 0 przypadająca w jednym roku (w miesiącach na rok)  <math>W_{PP}(i)</math> – wartość początkowa i-tego rodzaju środka transportowego (w zł)  <math>N_{k(w)}</math> – szacunkowa liczba kursów w ciągu miesiąca dla w-tej trasy przewozu </p>	325,00
Koszt podatku od środków transportowych ( $K_{PP}$ )	$K_{PP}(i, w) = \frac{P_p(i)}{N_{\bar{R}}^0} \times \frac{1}{N_{k(w)}}$ <p> <math>P_p(i)</math> – roczna wysokość podatku od pojazdu i-tego rodzaju środka transportowego </p>	0,00
Koszt ubezpieczenia pojazdów ( $K_{UP}$ )	$K_{UP}(i, w) = \frac{U_p(i)}{N_{\bar{R}}^0} \times \frac{1}{N_{k(w)}}$ <p> <math>U_p(i)</math> – roczna wysokość ubezpieczenia od pojazdu i-tego rodzaju środka transportowego </p>	1 833,33
Koszty zmienne (Kz)		Koszt miesięczny (zł)
Koszty zużycia paliwa ( $K_{ZP}$ )	$K_{ZP}(i, w) = (Z_{PP}(i, w) \times L_{PP}(i, w) + Z_{PL}(i, w) \times L_{PL}(i, w)) \times \frac{C_P(i)}{100}$ <p> <math>Z_{PP}</math> – średnie zużycie paliwa podczas jazdy próżnej dla i-tego rodzaju środka transportowego przypisanego do w-tej trasy przewozu w 1/100km  <math>L_{PP}(i, w)</math> – przebieg próżny dla i-tego rodzaju środka transportowego przypisanego do w-tej trasy przewozu w km  <math>Z_{PL}(i, w)</math> – średnie zużycie paliwa podczas jazdy ładownej dla i-tego rodzaju środka transportowego przypisanego do w-tej trasy przewozu w 1/100km  <math>L_{PL}(i, w)</math> – przebieg ładowny dla i-tego rodzaju środka transportowego przypisanego do w-tej trasy przewozu w km  <math>C_P(i)</math> – średnia cen paliwa netto dla i-tego rodzaju środka transportowego przypisanego do w-tej trasy przewozu </p>	23 456,60
Koszty zmienne (Kz)		Koszt miesięczny (zł)
Koszty okresowych przeglądów technicznych ( $K_{PT}$ )	$K_{PT}(i, w) = L_P(i, w) \times \frac{C_{PT}(i)}{L_{PT}(i)}$ <p> <math>L_P(i, w)</math> – całkowity przebieg dla i-tego środka transportowego przypisanego do w-tej trasy przewozu  <math>C_{PT}(i)</math> – cena netto okresowego przeglądu technicznego dla i-tego rodzaju środka transportowego przypisanego do w-tej trasy przewozu  <math>L_{PT}(i)</math> – przebieg całkowity pomiędzy kolejnymi okresowymi przeglądami technicznymi ładownej dla i-tego rodzaju środka transportowego przypisanego do w-tej trasy przewozu </p>	41,25
Koszty zużycia ogumienia ( $K_{ZO}$ )	$K_{ZO}(i, w) = L_P(i, w) \times \frac{C_{OP}(i) \times N_{OP}(i)}{L_{WO}(i)}$ <p> <math>C_{OP}(i)</math> – cena jednostkowa nowej opony netto dla i-tego rodzaju środka transportowego przypisanego do w-tej trasy przewozu relacji  <math>N_{OP}(i)</math> – liczba opon dla i-tego rodzaju środka transportowego przypisanego do w-tej trasy przewozu  <math>L_{WO}(i)</math> – przebieg całkowity między kolejnymi wymianami opon dla i-tego rodzaju środka transportowego przypisanego do w-tej trasy przewozu </p>	333,33
Koszty zużycia płynów eksploatacyjnych ( $K_{PE}$ )	$K_{PE}(i) = L_P(i, w) \times \sum_{j=1}^{NPE(i)} \frac{C_{PE}(i, j) \times N_{WP}(i, j)}{L_{WP}(i, j)}$ <p> <math>C_{PE}(i, j)</math> – cena jednostkowa płynu eksploatacyjnego netto j-tego rodzaju używanego przez i-ty rodzaj środka transportowego  <math>NPE(i)</math> – liczba rodzajów płynów eksploatacyjnych dla i-tego rodzaju środka transportowego przypisanego do w-tej trasy przewozu  <math>N_{WP}(i, j)</math> – ilość jednorazowo wymienianego płynu eksploatacyjnego j-tego rodzaju używanego przez i-ty rodzaj środka transportowego  <math>L_{WP}(i, j)</math> – przebieg między kolejnymi wymianami płynu eksploatacyjnego j-tego rodzaju używanego przez i-ty rodzaj środka </p>	50,00

Koszty wymiany części poza okresowymi przeglądami technicznymi ( $K_{NC}$ )	$K_{NC}(i, w) = L_P(i, w) \times \sum_{j=1}^{NNC(i, w)} \frac{C_{NC}(i, j) \times N_{WP}(i, j)}{L_{WC}(i, j)}$ <p> <math>NNC(i, w)</math> – liczba rodzajów części wymiennych dla i-tego rodzaju środka transportowego przypisanego do w-tej trasy przewozu  <math>C_{NC}(i, j)</math> – cena jednostkowa części j-tego rodzaju wymienianych przez i-ty rodzaj środka transportowego  <math>N_{WP}(i, j)</math> – liczba jednorazowo wymienianych części j-tego rodzaju przez i-ty rodzaj środka transportowego  <math>L_{WC}(i, j)</math> – przebieg między kolejnymi wymianami części j-tego rodzaju używanego przez i-ty rodzaj środka transportowego </p>	50,00
Koszty zatrudnienia kierowców ( $K_{ZK}$ )	$K_{ZK}(i, w) = (T_{CP}(i, w) \times K_{SZK}(i) + K_{DK}(i, w))$ <p> <math>T_{CP}(i, w)</math> – całkowity czas pracy kierowcy i-tego rodzaju środka transportowego przypisanego do w-tej trasy przewozu  <math>K_{SZK}(i)</math> – stawka godzinowa zatrudnienia i-tego rodzaju środka transportowego  <math>K_{DK}(i, w)</math> – koszt diet i-tego rodzaju transportowego przypisanego do w-tej trasy przewozu </p>	10 000,00
Koszty opłat drogowych ( $K_{OD}$ )	$K_{OD}(i, w) = L_{OD}(i, w) \times K_{SOD}(i, w)$ <p> <math>L_{OD}(i, w)</math> – całkowity przebieg po odcinakach płatnych dla i-tego rodzaju środka transportowego  <math>K_{SOD}(i, w)</math> – stawka opłaty drogowej dla i-tego rodzaju środka transportowego przypisanego do w-tej trasy przewozu </p>	2 000,00

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Bąk M. (red.). (2009). *Koszty i opłaty w transporcie*. Gdańsk: Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego i Koźlak A. (2008). *Ekonomika transportu. Teoria i praktyka gospodarcza*. Gdańsk: Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego.

Tabela 4

Dzienne koszty z tytułu outsourcingu procesu dystrybucji dla analizowanego przypadku

Nr samochodu	Łączna odległość (km)	Przebieg ładowny (km)	Przebieg nieładowny (km)	Koszt z tytułu outsourcingu (zł)	Koszt/odległość (zł/km)
1	496	250	246	369	0,74
2	526	263	263	88	0,17
3	632	335	297	236	0,37
4	572	286	286	88	0,15
Razem	2226	1134	1092	781	0,35

Źródło: opracowanie własne.

Przedsiębiorstwo z tytułu outsourcingu w przybliżeniu dla analizowanego przykładu zaoszczędza:

- w ujęciu tygodniowym: 5 617,38 zł
- w ujęciu miesięcznym: 22 469,51 zł,
- w ujęciu rocznym: 269 634,12zł.

## Wnioski

Dokonując porównania stanu obecnego z rozwiązaniem zaproponowanym w artykule, pod względem ponoszonych kosztów, przedsiębiorstwu nie opłaca

się rezygnować z usług firmy zewnętrznej realizującej procesy dystrybucji.

Na podstawie wyznaczonych przybliżonych kosztów realizacji procesu dystrybucji dostrzec można różnice w ponoszonych kosztach. Jeżeli przedsiębiorstwo wykonywałoby transport do odbiorców przy wykorzystaniu własnych środków transportu koszt kształtowałby się średnio około 0,85 zł/km, z kolei przy wykorzystaniu outsourcingu średni koszt wynosi 0,35 zł/km, wahając się w zależności od poszczególnych tras od 0,15 zł/km na trasie nr 4 do 0,74 zł/km na trasie wykonywanej samochodem nr 1.

## Literatura

- Ambroziak, T., Jachimowski, R. (2011). Wybrane aspekty zagadnienia okien czasowych w problemie trasowania pojazdów. *Automatyka*, 15 (2), 51–59.
- Bąk, M. (red.). (2009). *Koszty i opłaty w transporcie*. Gdańsk: Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego.
- Dantzig, G.B., Ramser, J.H. (2008). The truck dispatching problem. *Manage. Sci.*, (6), 80–91.
- Dmowski, A. (2008). Practical aspects of fleet management in food company. *Maintenance and Reliability*, (3), 62–69.
- Dutkiewicz, L., Kucharska, E. (2010). Algorytm planowania tras dostaw dla wielu komiwojażerów. *Automatyka*, 14 (3/2), 853–865.
- Fisher, M. (1995). Vehicle routing. Handbooks in OR & MS, vol. 8, Elsevier Science.
- Ignasiak, E. (2001). *Badania operacyjne*. Warszawa: PWE.
- Koźlak, A. (2008). *Ekonomika transportu. Teoria i praktyka gospodarcza*. Gdańsk: Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego.
- Michłowicz, E.: Problem komiwojażera dla kilku centrów dystrybucji. Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej. *Transport*, (70), 113-125.
- Sikora, W. (2008). *Badania operacyjne*. Warszawa: PWE.
- Świetlińska, M. (2012). Outsourcing procesów logistycznych w przedsiębiorstwach mleczarskich. *Logistyka*, (6), 613–618.
- Waters, D. (2001). *Zarządzanie operacyjne: towary i usługi*. Warszawa: PWN.