

## POTENCJAŁ SYSTEMU PRZEWOZOWEGO I JEGO OCENA

### Streszczenie

*W artykule omówiony został problem potencjału systemu przewozowego oraz jego ocena. W tym celu dokonano identyfikacji systemu przewozowego oraz ich klasyfikacji. Ponadto przedstawiono model systemu przewozowego oraz scharakteryzowano jego elementy, przedstawiono zapis formalny modelu systemu przewozowego. Szczególną uwagę zwrócono na potencjał systemu przewozowego i jego ocenę w aspekcie realizacji zadań przewozowych. Przedstawiono formalny zapis potencjału systemu przewozowego oraz zdefiniowano wskaźniki jego oceny zarówno cząstkowe jak i wskaźnik ogólny. Teoretyczne aspekty związane z potencjałem systemu przewozowego i jego oceny zweryfikowano na przykładzie problemu badawczego, który został przedstawiony w końcowej części artykułu.*

### WSTĘP

Problematyka modelowania systemów przewozowych jest ważnym aspektem wykorzystywanym w projektowaniu obsługi transportowej szerokiego spektrum podmiotów gospodarczych funkcjonujących na rynku.

Ważnym aspektem efektywnego funkcjonowania systemów przewozowych jest racjonalne wykorzystanie jego potencjału, który ma bezpośredni wpływ na koszty funkcjonowania przedsiębiorstwa a w sposób pośredni wpływa na jego konkurencyjność na rynku.

Problematyka modelowania systemów przewozowych koncentruje się na obszarach badawczych dotyczących aspektów technicznych, ekonomiczno-organizacyjnych oraz jakościowych. W każdym z ww. obszarów występują różne problemy decyzyjne obejmujące szerokie spektrum czynników, które należy uwzględnić. Z tego tytułu problematyka modelowania systemów przewozowych jest złożonym procesem decyzyjnym. Ze względu na problemy występujące w wielu podmiotach gospodarczych zwłaszcza w większych przedsiębiorstwach, zagadnienia dotyczące organizacji przewozów, przedstawiane są m.in. w pracach [1], [2], [4], [9], [10], w których dominuje problematyka:

- niesymetryczności kosztów transportu (koszt transportu towaru z miejscowości A do miejscowości B jest inny niż z miejscowości B do miejscowości A);
- różnorodności charakterystyk pojazdów (ładowność pojazdu lub ich pojemność);
- czasu pokonania trasy przez dany pojazd, który zależy od dobowego czasu pracy kierowcy;
- wielorodzajowości towarów transportowanych od nadawców do odbiorców itp.

Uwzględniając zidentyfikowane obszary badawcze należy zauważyć, że w problematyce modelowania systemów przewozowych ważnym zagadnieniem jest właściwe określenie związków między potencjałem systemu przewozowego, a wielkością zapotrzebowania na usługi przewozowe zgłaszane przez otoczenie oraz sposobem jego realizacji przez system przewozowy.

Podjęwana przez wielu Autorów problematyka organizacji systemów przewozowych w zakresie obsługi transportowej jest w większości ujmowana w aspekcie optymalizacji jednokryterialnej, gdzie zasadniczym kryterium oceny jest minimalizacja kosztu realizacji usługi przewozowej, maksymalizacja zysku, minimalizacja czasu realizacji usługi transportowej lub maksymalizacja wielkość pracy przewozowej. Problematyka uwzględniająca ocenę obsługi transportowej ze względu na wymienione kryteria znalazła odniesienie m.in. w pracach [5], [7], [9], [11].

W jednokryterialnej optymalizacji systemów przewozowych nie występują większe trudności przy ich ocenie. W praktyce jednak występują najczęściej problemy decyzyjne dotyczące, organizacji obsługi transportowej charakteryzujące się dużą złożonością. Szczególnie, jeżeli występuje hierarchiczna struktura powiązań [5], [9], [17]. Takie podejście wymaga od decydenta rozważenia przy ich rozwiązywaniu wielu aspektów, dotyczących m.in. kosztu realizacji usługi przewozowej, czasu wykonania usługi przewozowej czy dotrzymania czasu dostawy. Stąd poszukuje się wielokryterialnych metod optymalizacji, które byłyby pomocne w podejmowaniu właściwej decyzji w zakresie projektowania systemów przewozowych przy uwzględnieniu różnych celów użytkowników systemu [5], [6], [9], [13], [14].

## 1. SYSTEMY PRZEWOZOWE I ICH KLASYFIKACJA

### 1.1. Identyfikacja systemu przewozowego

Zróznicowanie przestrzenne miejsc popytu i podaży na określone dobra materialne ma wpływ na system organizacji i strukturę kierunkową przewozów. W tym aspekcie istotnym problemem jest właściwa obsługa transportowa wynikająca z potrzeb odbiorców danego obszaru sieci transportowej. Obsługa transportowa obszaru to realizacja przewozów ładunków środkami transportu różnego rodzaju (klasami), które na wymaganym poziomie obsługi oraz przy minimalnych kosztach zaspakajają potrzeby odbiorców (podmiotów gospodarczych) zlokalizowanych na danym obszarze. Obsługa transportowa determinowana jest zastosowanym systemem przewozowym [9].

W aspekcie prowadzonych badań przyjęto, że system przewozowy to system, który realizuje obsługę transportową podmiotów gospodarczych na danym obszarze z wykorzystaniem odpowiedniego potencjału przewozowego, który pozwala na zaspokojenie potrzeb w zakresie przewozów na wymaganym poziomie obsługi i przy minimalnych kosztach. Przy czym obsługa transportowa determinowana jest wielkością zadań przewozowych zgłoszonych do realizacji [9].

Zadanie przewozowe, określone jest potrzebami klientów systemu i charakteryzowane jest [9], [12]:

- rodzajem i ilością ładunków, które należy przemieścić,
- relacjami (trasami) przemieszczenia ładunków, zdefiniowane, jako pary punkt nadania ładunku i punkt odbioru ładunku,
- terminem przemieszczenia.

Realizacja zadań przewozowych, wymaga przygotowania odpowiedniego planu współdziałania elementów systemu przewo-

wego, mającego postać harmonogramów<sup>1</sup> [1], [9]. Zatem na potrzeby prowadzonych badań przyjęto, że organizacja systemu przewozowego (realizacji zadań przewozowych) określa: kto, czym, co ma realizować, kiedy, gdzie i w jakiej ilości.

Istotnym elementem procesu przemieszczania ładunków jest proces przewozowy, który w aspekcie prowadzonych badań został zdefiniowany, układ czynności organizacyjnych, (m.in. przygotowanie ładunku do przewozu, ustalenie planu przewozu) oraz wykonawczych (m.in. czynności ładunkowe, przewóz) mających na celu przemieszczenie ładunków lub ludzi z jednego lub kilku punktów początkowych, nazywanych punktami nadania do jednego lub kilku punktów końcowych, zwanych punktami odbioru, z wykorzystaniem odpowiedniego potencjału systemu przewozowego [9].

## 1.2. Klasyfikacja systemów przewozowych

Na potrzeby prowadzonych rozważań w zakresie modelowania systemów przewozowych w zastosowaniu do obsługi transportowej podmiotów gospodarczych niezbędna jest ich klasyfikacja. Ponieważ jednym z istotnych czynników wpływających na ocenę systemu, w tym i systemu przewozowego jest czas dostawy, możemy wyróżnić systemy przewozowe dostaw terminowych, dla których potrzeby przewozowe są realizowane w ściśle określonych chwilach lub bardzo krótkich przedziałach czasu oraz systemy przewozowe dostaw bezterminowych, dla których chwile te nie są określone (na ogół potrzeby przewozowe realizowane są w dłuższych przedziałach czasu) [9].

Inny rodzaj systemów przewozowych, który rozpatrywany jest w literaturze przedmiotu to systemy przewozów regularnych i nieregularnych. W systemach przewozów regularnych istnieje okres powtarzania się zapotrzebowań przewozowych, np. dobowy, tygodniowy, miesięczny, roczny. Systemy przewozowe, dla których takich okresów nie możemy wyróżnić, a zapotrzebowania przewozowe realizowane są w zależności od potrzeb nazywamy systemami przewozowymi nieregularnymi.

Systemy przewozowe klasyfikowane są także ze względu na rodzaj używanych środków transportu. Wyróżnia się wówczas systemy przewozowe: kolejowe, samochodowe, lotnicze i morskie. Ze względu na kryterium technologii przewozowych wyróżniamy systemy przewozowe: multimodalne, intermodalne oraz kombinowane.

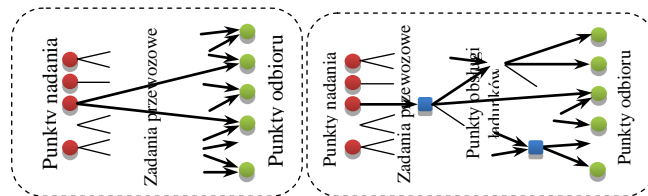
Uwzględniając złożoność problematyki występującej w modelowaniu systemów przewozowych oraz specyfikę technologii przewozu ładunków, wyróżniamy również systemy:

- przewozów całopojazdowych – występujące w przypadku, gdy mamy do czynienia z przewozem dużych partii dostaw i polegają na dostarczeniu ładunku odbiorcy bezpośrednio od nadawcy lub przewóz realizowany jest wieloetapowo. W praktyce tego typu rozwiązania są nazywane przewozami bezpośrednimi lub wieloetapowymi;
- scentralizowane – występujące, gdy wszyscy odbiorcy są obsługiwani z punktu obsługi ładunków, którym może być np.: centrum logistyczne, terminal przeładunkowy, magazyn itp. Obiekty tego typu mogą pełnić funkcje konsolidacji lub dekonsolidacji przesyłek, ponadto mogą pełnić funkcje magazynowe. Przewozy tego typu nazywane są przewozami drobnicowymi<sup>2</sup>;
- wieloszczeblowe o strukturze zdecentralizowanej – występują najczęściej w przypadku wyrobów standardowych, polegają na ich dystrybuowaniu do odbiorców w strukturach hierarchicznych

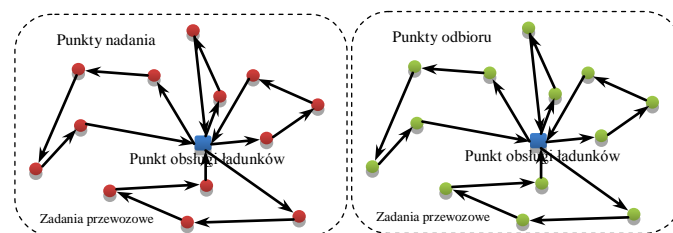
z uwzględnieniem wielu punktów obsługi ładunków (punkty te nazywane są również punktami tranzytowymi lub przelotowymi);

- wielogłębiowe – wyróżnione typy systemów przewozowych mogą dotyczyć przewozów realizowanych środkami różnych gałęzi transportu oraz wykorzystywanych technologii przewozowych.

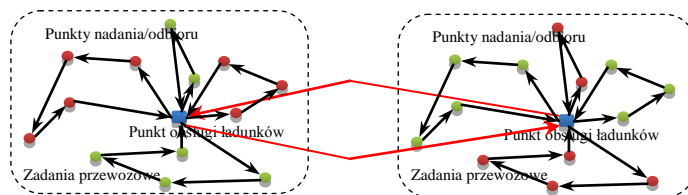
Przykłady organizacji systemów przewozowych zostały przedstawione na rys. 1÷3.



Rys. 1 Organizacja przewozów całopojazdowych – bezpośrednich/wieloetapowych



Rys. 2 Organizacja przewozów częściowych – drobnicowych w systemie konsolidacji/ dekonsolidacji ładunków



Rys. 3 Organizacja przewozów częściowych – drobnicowych w systemie konsolidacji/dekonsolidacji ładunków w połączeniu z przewozami całopojazdowymi – bezpośrednimi liniowymi

## 2. MODEL SYSTEMU PRZEWOZOWEGO

Jak już wcześniej wspomniano problematykę projektowania systemów przewozowych należy rozpatrywać w kategoriach systemowych. Aby dokonać właściwej analizy systemu przewozowego i zachodzących w nim procesów, konieczne jest opracowanie jego modelu. Model systemu przewozowego podobnie jak model systemu transportowego powinien, odzwierciedlać złożoność i współzależność zjawisk zachodzących w systemie oraz jego związki z otoczeniem [8], [9] [11].

Do fizycznej realizacji przemieszczania ładunków wykorzystywane są:

- obiekty stałe, do których zaliczamy m.in. połączenia drogowe, kolejowe, wodne oraz punkty obsługi ładunków;
- potencjał, obejmujący zasoby: techniczne, ludzkie, informacyjne, finansowe;
- system organizacyjny zapewniający prawidłowe wykorzystanie potencjału systemu przewozowego.

Celem działania systemu przewozowego jest optymalne – w sensie przyjętych kryteriów – zaspokajanie, zgłaszanych przez podmioty gospodarcze na danym obszarze, zadań przewozowych. Zatem do ich realizacji konieczne jest, aby system przewozowy posiadał zdefiniowaną strukturę, ustalone charakterystyki jej ele-

<sup>1</sup> Harmonogram przedstawia (zazwyczaj w postaci graficznej) plan realizacji operacji w czasie z uwzględnieniem zapotrzebowania na eksploatawane środki techniczne oraz zużywane zasoby materialne. Powinien on zawierać odpowiedzi na pytania: „kto/co” (jaki środek techniczny), „co robi” (jaka operację wykonuje) oraz „kiedy” (w jakim czasie). W przypadku, gdy poszczególne operacje procesów technologicznych przedsięwzięcia realizowane są w różnych miejscach, harmonogram powinien również zawierać odpowiedź na pytanie „gdzie” (w którym miejscu realizowana jest operacja).

<sup>2</sup> Drobnicowe przesyłki paletowe o wadze przeliczeniowej do 2500 kg, długości do 4 m (w transporcie krajowym) i 5 m (w transporcie międzynarodowym)

mentów, zadaną wielkość zadań przewozowych, określoną wielkość potencjału oraz organizację. Model systemu przewozowego definiowany będzie z wykorzystaniem następujących elementów:

- struktury przedstawiającej powiązania między punktami nadania i punktami odbioru zadań przewozowych (miejsca inicjujące powstawanie strumieni ładunków oraz miejsca, w których ten strumień zanika);
- charakterystyk elementów struktury przedstawiającej rzeczywiste właściwości elementów struktury (charakterystyki określone na węzłach i połączeniach sieci transportowej);
- zadań przewozowych wynikających z wielkości zapotrzebowania na usługi przewozowe zgłaszane przez nabywców usług przewozowych (stanowiące stronę popytu rynku - realizowanego lub przewidzianego do realizacji);
- organizacji rozumianej, jako sposób dostosowania potencjału przewozowego danego systemu do realizacji zapotrzebowania na usługi przewozowe;
- potencjału rozumianego, jako wyposażenie systemu przewozowego wraz z ich charakterystykami przedstawiającymi odwzorowanie rzeczywistych właściwości potencjału;

Zakładając, że odwzorowanie struktury systemu przewozowego oznaczane jest, jako  $GP$ , zbiór funkcji określonych na elementach struktury, jako  $FPT$ , wielkość zadań przewozowych, jako  $ZP$ , organizacja, jako  $OP$ , potencjał przewozowy, jako  $PP$ , model systemu przewozowego obsługi transportowej podmiotów gospodarczych ( $MSP$ ) ma postać:

$$MSP(GP, FPT, ZP, OP, PP) \quad (1)$$

Tak więc, aby zbudować model systemu przewozowego niezbędna jest znajomość jego struktury, charakterystyk określonych na elementach struktury, wielkości zadań przewozowych, opracowanego sposobu organizacji oraz znajomości potencjału przewozowego. Istotnym aspektem organizacji systemów przewozowych jest dostosowaniem potencjału przewozowego danego systemu przewozowego do zgłaszanych do realizacji zadań.

### 3. POTENCJAŁ SYSTEMÓW PRZEWOZOWYCH

Do realizacji przemieszczania niezbędne jest zaangażowanie odpowiednich środków transportu, urządzeń przeładunkowych, zespołów ludzkich, jak również zasobów finansowych. Ponadto konieczna jest do tego odpowiednia organizacja całego procesu przewozowego. Ponieważ właściwe przemieszczanie ładunków jest determinowane odpowiednim współdziałaniem różnych operatorów biorących udział w procesie przemieszczania, to wielkością poszukiwaną będzie taka organizacja, która zapewni obsługę odbiorców na danym obszarze sieci transportowej przy minimalizacji kosztów. Przy czym organizacja będzie rozumiana, jako dobór odpowiednich środków transportu, urządzeń przeładunkowych oraz zespołów ludzkich do realizacji ustalonego zadania przewozowego. Oznacza to, że do prawidłowej realizacji zadań przewozowych niezbędne jest, aby system dysponował odpowiednim potencjałem przewozowym.

Potencjał jest definiowany w zależności od celu i zakresu prowadzonych badań. Ogólnie można przyjąć, że potencjał to wielkość zdolności jednostki zasobu, jednostki produkcyjnej, środka transportu czy instalacji do realizacji określonych zadań przy normalnym poziomie obciążenia, odniesiona na jednostkę czasu [18]. Pojęcie potencjału używane jest nie tylko na potrzeby fizyki, chemii lub termodynamiki, ale również w naukach technicznych w tym i w transportie czy w logistyce.

Wielkość potencjału systemu przewozowego determinowana jest zasobami utożsamianymi ze środkami, które są konieczne do osiągnięcia założonego celu. Utożsamiając cel systemu przewo-

wego z realizacją zadań przewozowych na wymaganym poziomie obsługi i przy minimalnych kosztach, zasobami systemu przewozowego są zasoby ludzkie, techniczne, finansowe oraz informacyjne.

Przydział odpowiednich zasobów warunkuje realizację określonych zadań przewozowych. Istotnym z punktu widzenia funkcjonowania systemu przewozowego jest właściwe powiązanie tych zasobów oraz ich odpowiednie wykorzystanie. W dalszej części pracy zasoby systemu przewozowego niezbędne do realizacji procesu przewozowego rozumiane będą, jako potencjał tego systemu.

Biorąc pod uwagę powyższe, na potrzeby badań przyjęto następującą definicję potencjału systemu przewozowego.

Potencjał systemu przewozowego to jego zasoby techniczne, ludzkie oraz finansowe i zasady organizacji pracy, powiązane w taki sposób, aby zapewnić właściwą realizację ustalonych zadań przewozowych na wymaganym poziomie obsługi w sposób efektywny.

Zatem uwzględniając powyższe, dla każdego systemu przewozowego  $sp \in SP$  poszczególne rodzaje potencjału zapiszemy, jako:

$$\text{– potencjał techniczny: } PT(sp) = \{pt(sp)\}, \forall sp \in SP,$$

$$\text{– potencjał ludzki: } PL(sp) = \{pl(sp)\}, \forall sp \in SP,$$

$$\text{– potencjał finansowy: } PF(sp) = \{pf(sp)\}, \forall sp \in SP$$

Ponadto dla każdego potencjału systemu przewozowego są określone ich liczebności. Formalnie zapiszemy to w postaci:

$$\text{– potencjał techniczny: } I1(pt, sp) \in \mathbb{R}^+, \forall sp \in SP,$$

$$\text{– potencjał ludzki: } I2(pl, sp) \in \mathbb{R}^+, \forall sp \in SP,$$

$$\text{– potencjał finansowy: } I3(pf, sp) \in \mathbb{R}^+, \forall sp \in SP.$$

W systemie przewozowym możemy wyróżnić zarówno teoretyczne jak i rzeczywiste wskaźniki potencjału systemu przewozowego. Wynika to z tego, że poprzez realizację zadań przewozowych oraz w warunkach eksploatacji część tego potencjału ulega wyłączeniu z użytkowania. Zatem uwzględniając powyższe zależności, teoretyczne wskaźniki potencjału systemu przewozowego zapiszemy w postaci:

$$\text{– potencjał techniczny: } \varepsilon 1(pt, sp) \in \mathbb{R}^+, \forall sp \in SP,$$

$$\text{– potencjał ludzki: } \varepsilon 2(pl, sp) \in \mathbb{R}^+, \forall sp \in SP,$$

$$\text{– potencjał finansowy: } \varepsilon 3(pf, sp) \in \mathbb{R}^+, \forall sp \in SP.$$

natomiast rzeczywiste wskaźniki potencjału systemu przewozowego w postaci:

$$\text{– potencjał techniczny: } \kappa 1(pt, sp) \in \mathbb{R}^+, \forall sp \in SP,$$

$$\text{– potencjał ludzki: } \kappa 2(pl, sp) \in \mathbb{R}^+, \forall sp \in SP,$$

$$\text{– potencjał finansowy: } \kappa 3(pf, sp) \in \mathbb{R}^+, \forall sp \in SP.$$

Zarówno teoretyczny jak i rzeczywisty wskaźnik potencjału systemu przewozowego przyjmuje wartość z przedziału  $[0, 1]$ .

Uwzględniając powyższe rozważania wskaźniki opisujące potencjał systemu przewozowego, który może być wykorzystywany do realizacji zadań przewozowych będą miały postać:

$$\text{– potencjał techniczny: } \forall sp \in SP \quad w1(pt, sp) = I1(pt, sp) \cdot \varepsilon 1(pt, sp) \cdot \kappa 1(pt, sp)$$

$$\text{– potencjał ludzki: } \forall sp \in SP \quad w2(pl, sp) = I2(pl, sp) \cdot \varepsilon 2(pl, sp) \cdot \kappa 2(pl, sp)$$

$$\text{– potencjał finansowy: } \forall sp \in SP \quad w3(pf, sp) = I3(pf, sp) \cdot \varepsilon 3(pf, sp) \cdot \kappa 3(pf, sp)$$

Stąd funkcja potencjału systemu przewozowego, która uwzględnia zależności pomiędzy podstawowymi czynnikami potencjału ma postać:



$$\forall sp \in SP \quad PP(sp) = F(pt(sp), pl(sp), pf(sp)) \quad (2)$$

W szczególności, funkcję potencjału systemu przewozowego można zapisać w postaci;

$$\forall sp \in SP \quad PP(sp) = LP(sp), EP(sp), KP(sp) \quad (3)$$

przy czym:

$$\forall sp \in SP \quad LP(sp) = l1(pt, sp), l2(pl, sp), l3(pf, sp)$$

$$\forall sp \in SP \quad EP(sp) = \varepsilon1(pt, sp), \varepsilon2(pl, sp), \varepsilon3(pf, sp)$$

$$\forall sp \in SP \quad KP(sp) = \kappa1(pt, sp), \kappa2(pl, sp), \kappa3(pf, sp)$$

Każdy system przewozowy określoną ma bazową wartość potencjału  $WBP(sp)$ . Ocenę potencjału systemu przewozowego możemy przedstawić w postaci ogólnej, jako wskaźnik oceny potencjału przewozowego:

$$WOPP(sp) = PP(sp) \cdot (WBP(sp))^{-1}$$

i jest to stosunek wartości potencjału systemu przewozowego do bazowej wartości potencjału. Wskaźnik wykorzystywany jest do oceny systemu przewozowego w aspekcie dysponowania potencjałem przewozowym do realizacji zadań. System jest tym lepszy im wyższa jest wartość wskaźnika  $WOPP(sp)$ .

Realizacja procesów przewozowych wymaga wykorzystania różnych zasobów, zatem można wyróżnić potencjał ludzki, techniczny, finansowy oraz organizacji pracy i przepływu informacji. W dalszych rozważaniach skupiono się na doborze potencjału technicznego, ludzkiego oraz finansowego, natomiast potencjał informacyjny uwzględniono jedynie w sposób zapewniający realizację celu pracy. Przyjęto, że potencjał systemu przewozowego będzie determinowany:

- liczbą środków transportu odpowiedniego typu (klasy),
- liczbą pracowników (kierowców) zatrudnionych do realizacji zadań przewozowych,
- wielkością ponoszonych kosztów realizacji procesu przewozowego,
- przyjętych zasad organizacji pracy i przepływu informacji.

Obsługa transportowa szerokiego spectrum podmiotów gospodarczych wymaga dostosowania potencjału systemu do realizowanych zadań, które odbywa się na podstawie zgłaszanych i przewidywanych potrzeb przewozowych. Ponieważ wielkość zgłaszanych zadań przewozowych z uwagi na zmieniającą się sytuację na rynku może ulegać zmianom, dlatego dobór potencjału systemu przewozowego jest zagadnieniem trudnym i wieloaspektowym. Z jednej strony operatorzy biorący udział w procesie przemieszczania ładunków dążą do minimalizacji kosztów obsługi, z drugiej strony odbiorcy dążą do spełnienia ich oczekiwań na odpowiednim poziomie. Poszukuje się metod, które wspomagałyby podejmowanie decyzji uwzględniając powyższe aspekty. Jednym z podejść do tego zagadnienia jest opracowanie metodologii modelowania systemów przewozowych, uwzględniając właściwy dobór zasobów technicznych, ludzkich oraz zasad organizacji procesu przewozowego przy minimalizacji kosztów.

Zmiany w wielkości potencjału systemu przewozowego należy analizować nie tylko przy zmniejszaniu się potrzeb przewozowych, ale również przy ich wzroście. W analizach należy uwzględniać różne aspekty związane z potencjałem systemu przewozowego, np. przy analizie środków transportu należy uwzględnić ich liczbę, łączną i średnią ich ładowność oraz rodzaj i ich strukturę.

Podjęte decyzje w tym zakresie wpływają na zmianę zdolności przewozowej oraz stopień wykorzystania środków transportu. Ponadto wpływają na organizację procesu przewozowego, jakość zaspakajania potrzeb przewozowych oraz koszty transportu.

Czynnikiem charakteryzującym działalność transportową w procesach przemieszczania jest relacja pomiędzy kosztem transportu a poziomem świadczonych usług przewozowych. Najczęściej jednak, o wyborze rodzaju transportu decyduje rodzaj i wielkość przewożonego ładunku oraz odległość przewozu.

Na ogół, to, który rodzaj transportu zostanie zastosowany do przewozu jest wynikiem porównania kosztów transportu z takimi cechami obsługi transportowej jak szybkość dostawy (czas potrzebny na przewiezienie ładunku od nadawcy do odbiorcy) czy niezawodność obsługi (rzetelność, pewność, punktualność dostawy, zabezpieczenie ładunku przed uszkodzeniem lub utratą). Ponadto istotne znaczenie przy wyborze rodzaju transportu ma także dostępność infrastruktury (wraz z dostępnością w relacji dom-dom) danej gałęzi transportu oraz wielkość (masa) przewożonej jednorazowo przesyłki.

Na wielkość potencjału przewozowego wpływa również wydajność stosowanych urządzeń ładunkowych, mierzona najczęściej, jako ilość masy lub objętości ładunku przemieszczanego w jednostce czasu [9]. Na ogół, wydajność urządzenia ładunkowego jest zależna od parametrów technicznych danego urządzenia i organizacji procesów ładunkowych. Wyróżnia się wydajność [9]: teoretyczną (konstrukcyjną), techniczną, eksploatacyjną (praktyczną), średnią eksploatacyjną potencjalną oraz średnią eksploatacyjną rzeczywistą.

## 4. OCENA SYSTEMU PRZEWOZOWEGO W ASPEKTCIE DYSPONOWANIA POTENCJAŁEM PRZEWOZOWYM

### 4.1. Problem badawczy

Badany system przewozowy jest elementem systemu dystrybucji jednej z firm, zajmującej się produkcją i dystrybucją napojów. Koszty magazynowania oraz dostarczania produktów firmy do klientów stanowią drugą, co do wielkości pozycję w budżecie spółki.

Realizacja dostaw odbywa się w jednoszczelbowym systemie dystrybucji (dostawy bezpośrednie do klientów z magazynów przyfabrycznych). System ten realizowany jest trzema metodami: dystrybucja regularna, dostawy „Bulk” oraz dostawy specjalne. Kryterium wyboru sposobu realizacji zamówienia jest wielkość zamówienia, wyrażona w liczbie jednostek ładunkowych formowanych ze zgrzewek.

Badaniom poddano jeden z rejonów, w którym obsługiwanych jest 128 odbiorców. Dostawy realizowane są z magazynu dystrybucyjnego. Specyfika obsługi polega na tym, że każdy odbiorca ma na stałe przypisany dzień lub dni tygodnia, w których otrzymuje dostawy. Istnieją 3 grupy odbiorców, różniące się częstotliwością dostaw:

- odbiorcy obsługiwani 5 razy w tygodniu (codziennie od wtorku do soboty),
- odbiorcy obsługiwani 2 razy w tygodniu (wtorek i piątek lub środa i sobota),
- odbiorcy obsługiwani 1 raz w tygodniu.

Spośród obsługiwanych odbiorców 5 obsługiwanych jest codziennie, 22 odbiorców obsługiwanych jest 2 razy w tygodniu, do pozostałych 101 odbiorców dostawy realizowane są raz w tygodniu.

Taka specyfika dostaw wymaga opracowania trzech systemów przewozowych, w których uwzględniane są powyższe ograniczenia.

Dla każdego z odbiorców, zdefiniowane są wielkości zapotrzebowania oraz terminy dostaw. Ponadto dla każdego systemu przewozowego zdefiniowana została bazowa wartość potencjału oraz teoretyczne i rzeczywiste wskaźniki potencjału systemu przewozowego.

Rozwiązanie tak zdefiniowanego problemu badawczego wymaga opracowania modelu systemu przewozowego oraz sformułowania zadania optymalizacyjnego. Szerzej budowę modeli syste-

mów przewozowych oraz formułowanie zadań optymalizacyjnych dla różnych warunków brzegowych przedstawiono w pozycjach [9], [10], [12], [15], [16].

Rozwiązanie problemu uzyskano wykorzystując aplikację komputerową AOTCD szerzej opisaną w publikacji autora [9].

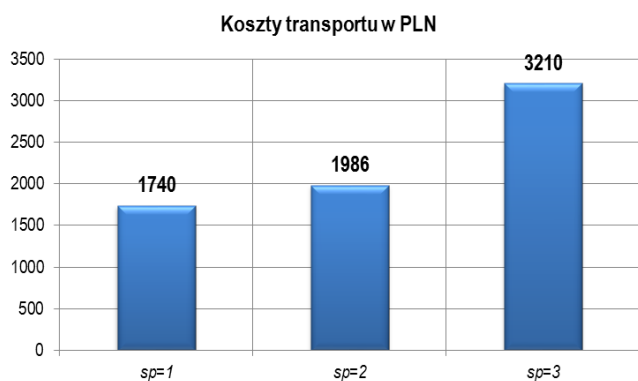
#### 4.2. Analiza wyników

Sformułowanie zadania optymalizacyjnego oraz jego rozwiązanie umożliwia dokonanie analizy uzyskanych wyników. Istotą problemu jest ocena potencjału systemu przewozowego z wykorzystując przy tym wskaźnik oceny potencjału przewozowego  $WOPP(sp)$ .

Analizy prowadzone były dla jednego tygodnia obsługi transportowej, zatem zasadne było wyróżnienie trzech systemów przewozowych odpowiadających, warunkom obsługi odbiorców. Bazowa wartość potencjału oraz teoretyczne wskaźniki potencjału systemu przewozowego dla każdego z trzech systemów są stałe, zmianie ulegały rzeczywiste wskaźniki potencjału systemu przewozowego. W wyniku rozwiązania tak zdefiniowanego problemu badawczego uzyskano dodatkowe wskaźniki oceny systemu przewozowego, którymi są:

- koszty transportu  $KT(sp)$ ,
- wskaźnik wykorzystania pojemności ładunkowej środków transportu  $WWP(sp)$ ,
- wskaźnik wykorzystania ładowności środków transportu  $WWL(sp)$ ,
- wskaźnik wykorzystanie czasu pracy środków transportu  $WWCT(sp)$ ,
- wskaźnik wykorzystanie czasu pracy kierowców  $WWCK(sp)$

Koszty transportu dla poszczególnych systemów przewozowych w zestawieniu dla jednego tygodnia przedstawia wykres 1.



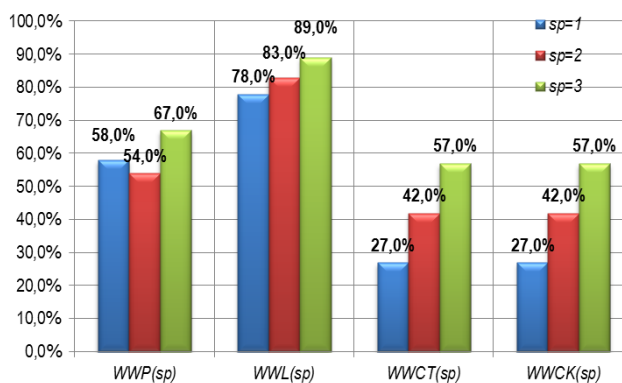
**Wykres. 1** Koszty transportu obsługi transportowej rejonu w ujęciu tygodniowym

W skali jednego tygodnia przedsiębiorstwo ponosi łączne koszty w wysokości 6936 zł. Inne wskaźniki charakteryzujące poszczególne systemy przewozowe zostały przedstawione na wykresie 2.

Wartości wskaźników, charakteryzujące poszczególne systemy przewozowe są zróżnicowane. Zróżnicowanie ich jest determinowane zarówno liczbą obsługiwanych odbiorców i wielkością zapotrzebowania jak i parametrami technicznymi ładunku i potencjału systemu przewozowego. Z analiz wynika, że średni wskaźnik wykorzystania środków transportu wynosi:

- pojemności ładunkowej 59,7 %,
- ładowności 83,3 %,
- czasu pracy 42,0 %.

Średni wskaźnik wykorzystania czasu pracy kierowców wynosi 42,0 %.



**Wykres. 2** Wartości wskaźników, charakteryzujące poszczególne systemy przewozowe w ujęciu tygodniowym

Analizie poddany został również wskaźnik oceny potencjału przewozowego. Uwzględniając liczebność potencjału systemu przewozowego, teoretyczne i rzeczywiste wskaźniki potencjału systemu przewozowego oraz bazową wartość potencjału, wskaźnik ten zawiera się w przedziale  $0,74 \div 0,84$ . Wartości wskaźnika oceny potencjału przewozowego poszczególnych systemów przewozowych przedstawiono na wykresie 3.



**Wykres. 3** Wartości wskaźnika oceny potencjału przewozowego poszczególnych systemów przewozowych

Analiza wyników uzyskanych w ramach weryfikacji teoretycznych aspektów oceny potencjału systemów przewozowych, wykazała, że wskaźniki potencjału systemów przewozowych mogą z powodzeniem być wykorzystywane w przedsiębiorstwach transportowych i być wykorzystywane w procesie podejmowania decyzji.

#### PODSUMOWANIE

Problem systemów przewozowych i ich oceny jest ważnym zagadnieniem zarówno w ujęciu naukowym jak i praktycznym. W rzeczywistych warunkach funkcjonowania przedsiębiorstw realizujących usługi przewozowe, przedsiębiorstwa te spotykają się z problemem organizacji przewozów, które minimalizują koszty transportu z jednej strony i które jednocześnie zapewniają wysokie standardy w obszarze obsługi klienta. Zatem istotne dla przedsiębiorstw jest posiadanie odpowiednich narzędzi oceny systemów przewozowych, które umożliwiłyby monitorowanie funkcjonowania systemów przewozowych i na tej podstawie podejmowanie ewentualnych decyzji korygujących. Z naukowego punktu widzenia jest to obszar wymagający pogłębionych analiz i badań w tym zakresie. Sytuacja taka jest determinowana dynamicznym otoczeniem, w jakim funkcjonują przedsiębiorstwa transportowe oraz rozwojem metod i narzędzi, które umożliwiają analizowanie i monitorowanie zachowania się systemów przewozowych w tym otoczeniu.

Posiadanie wiedzy przez przedsiębiorstwa transportowe w zakresie funkcjonowania systemów przewozowych oraz podejmowanie decyzji wyprzedzających, które zapobiegalyby powstawaniu sytuacji kryzysowych sprawia, że przedsiębiorstwa te są efektywne w swoim funkcjonowaniu oraz konkurencyjne na rynku w segmencie transportu.

## BIBLIOGRAFIA

1. Ambroziak T.: *Metody i narzędzia harmonogramowania w transporcie*. Wydawnictwo Instytutu Technologii i Eksploatacji – PIB, Warszawa 2007.
2. Bektas T.: *The multiple traveling salesman problems and overview of formulations and solution procedures Omega*. European Journal of Operational Research, vol. 34, 2006.
3. Calczyński A.: *Metody Optymalizacyjne w Obsłudze Transportowej Rynku*. PWE, Warszawa 1992.
4. Gambardella, L.M.E. Taillard G.: *A multiple ant colony system for vehicle routing problems with time windows*. [in:] Corne D., Dorigo M.F.: *New Ideas in Optimization*. McGraw-Hill. London, 1999.
5. Jacyna M.: *Modelowanie i ocena systemów transportowych*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2009.
6. Kasprzak T. (red.): *Systemy wspomaganie decyzji wielokryterialnych*. Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 1992.
7. Kryński H., Badach A.: *Zastosowania matematyki do podejmowania decyzji ekonomicznych*. PWN, Warszawa 1976.
8. Leszczyński J.: *Modelowanie systemów i procesów transportowych*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1994
9. Pyza D.: *Modelowanie systemów przewozowych w zastosowaniu do projektowania obsługi transportowej podmiotów gospodarczych*. Prace Naukowe Transport, z. 85, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2012.
10. Pyza D., Golda P.: *Transport Cargo Handling Shipments in Air Transport in the aspekt of Supply Chains*. Proceedings of 21st International Conference on System Engineering. IEEE Computer Society Order Number P4495, BMS Part Number: CFP11369-PRT, Library of Congress Number 2011933041, ISBN 978-0-7695-4495-3, Las Vegas Nevada USA 2011.
11. Pyza D., Jachimowski R.: *Modelling of Parcels' Transport System*. Transport Means 2015. Proceedings of the 19th International Scientific Conference. ISSN 1822-296X (print), ISSN 2351-7034 (online). Kaunas University of Technology, Lithuania 2015.
12. Pyza D.: *Optimization of transport in distribution systems with restrictions on delivery times*. Archives of Transport, Polish Academy of Sciences Committee of Transport, vol. 21, iss. 3-4, Warsaw 2009.
13. Pyza D.: *Multicriteria Evaluation of Designing Transportation System within Distribution Sub-Systems*. Logistics and Transport No 1(10), Wrocław 2010.
14. Pyza D.: *Multi-Criteria Evaluation of Transportation Systems in Supply Chains*. Archives of Transport, Polish Academy of Sciences Committee of Transport, vol. 23, iss. 1, Warsaw 2011.
15. Pyza D.: *Selected aspects of modeling of conveyance systems at random supply*. Archives of Transport, Polish Academy of Sciences Committee of Transport, volume 20, issue 3, ISSN 0866-9546, Warsaw 2008.
16. Pyza D.: *Transport systems modeling in hierarchical distribution*. International Conference on Industrial Logistics – ICIL 2012, University of Zagreb Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture, Zagreb Croatia 2012.
17. Sikora W.: *Modele i metody optymalnej dystrybucji dóbr*. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Poznaniu, Poznań 1993.
18. Słownik terminologii logistycznej. Biblioteka Logistyka, Poznań 2006.

## POTENTIAL OF TRANSPORT SYSTEM AND ITS EVALUATION

### Abstract

*The article discusses the problem of potential of transportation system and its evaluation. For this purpose, the identification of the transportation systems and their classification were done. More over the transportation system model, its elements and mathematical formulation were performed.*

*Particular attention has been paid to the potential of the transport system and its evaluation in terms of the transportation task realization. Also the mathematical formulation of the potential of transportation system and its partial and general evaluation indicators were presented.*

*The theoretical aspects of potential of transportation system and its assessment were verified on the calculation example, which was presented at the end of the article.*

Autor:

Prof. nzw. dr hab. inż. **Dariusz Pyza** – Politechnika Warszawska Wydział Transportu, Zakład Logistyki i Systemów Transportowych, e-mail: dpz@wt.pw.edu.pl