

Roland JACHIMOWSKI*, Michał KŁODAWSKI, Konrad LEWCZUK,
Jolanta ŻAK, Iłona JACYNA**

ANALIZA STRUKTURY SYSTEMU LOGISTYCZNEGO POLSKI W ASPEKCIE KOMODALNOŚCI

Streszczenie: W referacie przedstawiono założenia do budowy modelu Systemu Logistycznego Polski (LSP). Wyróżniono elementy punktowe oraz liniowe modelu. Zastosowano formalizację matematyczną do opisu jego struktury. Przedstawiono założenia do budowy modelu LSP oraz założenia ogólne odwzorowania struktury LSP. Następnie zaprezentowano odwzorowanie elementów LSP i powiązań transportowych między nimi w formie analitycznej i graficznej.

Słowa kluczowe: system logistyczny, transport, struktura systemu, model systemu

1. WPROWADZENIE

Biorąc pod uwagę definicję systemu można określić system logistyczny jako układ środków technicznych, organizacyjnych i ludzkich powiązanych ze sobą w taki sposób, aby sprawnie realizować przemieszczenie ładunków od nadawców do odbiorców, uwzględniając wszystkie niezbędne przekształcenia, przy minimalnych kosztach. Do fizycznej realizacji przemieszczania ładunków wykorzystywane są [2]:

- obiekty stałe: połączenia drogowe, kolejowe, wodne, stacje obsługi przewozów towarowych (np. stacje kolejowe, przeładunkowe, lotniska, itp.) - o zadanych charakterystykach;
- środki transportowe - pojazdy korzystające z infrastruktury;
- ludzie stanowiący posługujący się elementami wyposażenia technicznego dla realizacji przemieszczania ładunków;
- technologie przewozowe;
- system organizacyjny zapewniający prawidłowe wykorzystanie wyposażenia technicznego transportu.

System logistyczny jest określony: zadaniem - potrzebą przemieszczania obiektów (wielkość zadań logistycznych), składem - rodzajem i liczbą elementów tworzących wyposażenie i zasoby ludzkie systemu oraz organizacją - sposobem współdziałania elementów systemu podczas realizacji zadania.

Istotne znaczenie w prawidłowej realizacji procesów logistycznych w wymiarze krajowym będzie miała infrastruktura:

- liniowa, którą stanowi istniejące połączenia transportowe (np. kolejowe, drogowe, morskie, lotnicze itp.),
- punktowa, którą stanowią wyodrębnione przestrzennie obiekty służące do obsługi ładunków (np. stacje, punkty przeładunkowe, kompleksy magazynów, centra logistyczne itp.) wraz z wyposażeniem,
- informatyczna, którą stanowią wszelkie środki przekazu, standardy wymiany danych i środki zabezpieczające ich przepływ,

* Wydział Transportu Politechniki Warszawskiej

** Wydział Inżynierii Produkcji Politechniki Warszawskiej

– oraz suprastruktura, tj. przede wszystkim odpowiednie środki transportowe.

Komodalność systemu logistycznego Polski można osiągnąć poprzez racjonalne wykorzystanie infrastruktury transportowej. Wynika to z definicji pojęcia komodalności w transporcie, którą należy rozumieć nie jako cechę samego transportu, lecz jako cechę harmonijnego funkcjonowania (w tym także współdziałania) wszystkich podsystemów transportowych [3].

W kontekście definicji komodalności pożądane jest łączenie zalet poszczególnych rodzajów transportu, a tym samym realizacja przewozów z wykorzystaniem różnych środków transportowych. W konsekwencji dla racjonalnego wykorzystania różnych form transportu szczególnie ważne są węzły transportowe o złożonej strukturze umożliwiające zmianę środka transportowego oraz ewentualnie rodzaju transportu. Są to m.in.: centra logistyczne, terminale transportu kombinowanego oraz punkty przeładunkowe.

Aby opracować model Systemu Logistycznego Polski (LSP), niezbędnym jest zatem odwzorowanie czterech podstawowych jego właściwości, tj.: struktury, charakterystyk elementów struktury, potoku ruchu oraz organizacji rozumianej jako opis sposobu wykorzystania elementów struktury dla realizacji zadań logistycznych. Wygodnym odwzorowaniem struktury oraz charakterystyk elementów systemu jest sieć w ujęciu teorii grafów.

2. ZAŁOŻENIA DO BUDOWY MODELU LSP

Zgodnie z założeniami System Logistyczny Polski charakteryzuje się strukturą opisującą jego elementy oraz powiązania między nimi (a także z otoczeniem). Model systemu logistycznego Polski w aspekcie komodalności transportu możemy zapisać jako uporządkowaną czwórkę postaci:

$$\mathbf{MLSP}^K = \langle S^{LSP}, F^{LSP}, Q^{LSP}, O^{LSP} \rangle$$

gdzie:

\mathbf{MLSP}^K – model systemu logistycznego Polski,

S^{LSP} – struktura systemu logistycznego Polski,

F^{LSP} – zbiór charakterystyk elementów struktury LSP,

Q^{LSP} – wielkość zadań logistycznych, jakie LSP ma zrealizować,

O^{LSP} – sposób realizacji zadań logistycznych, przez LSP z uwzględnieniem komodalności.

3. ZAŁOŻENIA OGÓLNE ODWZOROWANIA STRUKTURY LSP

Zgodnie z definicją Systemu Logistycznego Polski zbiór jego elementów stanowią podsystemy krajowego systemu logistycznego oraz ich elementy (punkty nadania ładunków, tj.: przedsiębiorstwa produkcyjne, wydobywcze, import, eksport, odbiorcy, obiekty logistyczne takie jak centra logistyczne, terminale przeładunkowe, itp.). Punkty nadania ładunków takie jak: przedsiębiorstwa produkcyjne, wydobywcze, import/eksport, przejścia graniczne stanowią z jednej strony źródła, a z drugiej ujścia strumieni ładunków. Natomiast obiekty logistyczne takie jak: centra logistyczne, terminale przeładunkowe stanowią punkty przekształceń dokonywanych na strumieniach ładunków.

Powiązania pomiędzy wszystkimi elementami stanowiąc będą połączenia transportowe istniejące w rzeczywistej sieci transportowej.

Biorąc pod uwagę powyższe, strukturę Systemu Logistycznego Polski rozumianą jako zbiór elementów oraz zbiór relacji między tymi elementami można przedstawić w postaci grafu. Dla potrzeb opracowania modelu LSP przyjmujemy, że elementy systemu będą ponumerowane indeksem i . Zatem W będzie zbiorem numerów elementów LSP postaci:

$$W = \{1, \dots, i, \dots, i', \dots, W\},$$

przy czym W jest licznością zbioru W .

Zakładamy że, w zbiorze W , wyróżniono trzy rodzaje podzbiorów, tj.: zbiór numerów obiektów logistycznych będących źródłami strumieni ładunków (punkty nadania), zbiór numerów obiektów logistycznych będących ujściami strumieni ładunków (punkty odbioru) i zbiór numerów obiektów logistycznych w których dokonywane są przekształcenia na strumieniach ładunków.

W celu zdefiniowania zbioru źródeł strumieni ładunków (punktów nadania) zakładamy, że na zbiorze W elementów LSP zadane jest odwzorowanie α przeprowadzające elementy tego zbioru w elementy zbioru $\{0, 1\}$, tj:

$$\alpha: W \longrightarrow \{0, 1\},$$

przy czym jeżeli $\alpha(i)=1$, element o numerze i ($i \in W$) jest punktem nadania w Systemie Logistycznym Polski, zaś jeżeli $\alpha(i)=0$, wtedy element o numerze i ($i \in W$) jest punktem odbioru lub obiektem logistycznym typu centrum logistyczne lub punkt przeładunkowy.

Struktura LSP definiowana zatem jest następująco:

$$S^{LSP} = \langle W, L \rangle$$

gdzie:

W – zbiór numerów elementów LSP,

L – zbiór połączeń transportowych występujących między elementami LSP.

Zakładamy, że A będzie zbiorem numerów punktów nadania strumieni ładunków, tj.:

$$A = \{i: \alpha(i)=1, \text{ dla } i \in W\}$$

Dla zdefiniowania zbioru ujść strumieni ładunków (punktów odbioru) zakładamy, że na zbiorze W elementów LSP zadane jest odwzorowanie β przeprowadzające elementy tego zbioru w elementy zbioru $\{0, 1\}$, tj:

$$\beta: W \longrightarrow \{0, 1\},$$

przy czym jeżeli $\beta(i)=1$, wtedy element o numerze i ($i \in W$) jest punktem odbioru w Systemie Logistycznym Polski, zaś jeżeli $\beta(i)=0$, wtedy element o numerze i ($i \in W$) jest punktem nadania lub obiektem logistycznym typu centrum logistyczne, punkt przeładunkowy, itp.

Niech B będzie zbiorem numerów punktów odbioru strumieni ładunków, tj.:

$$B = \{i: \beta(i)=1, \text{ dla } i \in W\}$$

W celu zdefiniowania zbioru numerów obiektów logistycznych, w których dokonywane są przekształcenia na strumieniach ładunków przyjmujemy, że na zbiorze W elementów LSP

zadane jest odwzorowanie v przeprowadzające elementy tego zbioru w elementy zbioru $\{0, 1\}$, tj:

$$v: \quad W \longrightarrow \{0, 1\},$$

przy czym jeżeli $v(i)=1$, wtedy element o numerze i ($i \in W$) jest obiektem logistycznym typu centrum logistyczne, punkt przeładunkowy, itp. w systemie logistycznym Polski, zaś jeżeli $v(i)=0$, wtedy element o numerze i ($i \in W$) jest punktem nadania lub odbioru.

Niech V będzie zbiorem numerów punktów, w których dokonywane są przekształcenia na strumieniach ładunków, tj.:

$$V = \{i: \quad v(i)=1, \text{ dla } i \in W\}.$$

Uogólniając możemy powiedzieć, zbiór elementów systemu logistycznego Polski stanowią dostawcy, odbiorcy oraz pośrednicy.

Ostatecznie symbolem W oznaczono zbiór numerów elementów LSP, tj. zbiór numerów źródeł, ujść oraz punktów pośrednich które uczestniczą w przepływie strumienia ładunków przy czym:

$$W = A \cup V \cup B$$

gdzie:

- A –zbiór numerów punktów nadania strumieni ładunków (źródła, dostawców),
- V –zbiór numerów punktów, w których dokonywane są przekształcenia na strumieniach ładunków,
- B –zbiór numerów punktów odbioru strumieni ładunków.

4. ODWZOROWANIE ELEMENTÓW SYSTEMU LOGISTYCZNEGO POLSKI

Zgodnie z przyjętymi w poprzednim podrozdziale ustaleniami w strukturze systemu logistycznego Polski wyróżniamy trzy rodzaje elementów, tj. punkty nadania tzw. źródła, obiekty logistyczne typu centrum, punkty przeładunkowe, tj. punkty, w których następuje zmiana rodzaju środka transportowego (konsolidacja i dekonsolidacja ładunków) oraz punkty odbioru tzw. ujścia ładunków.

Jako punkty nadania i odbioru ładunków dla LSP stanowią podsystemu funkcjonalne zapisane w zadaniu 1 jako wydzielone podsystemy z krajowego systemu logistycznego, tj.:

- **IMPORT (IM)**: którego elementami są numery przejść granicznych: morskich, drogowych, kolejowych oraz lotniczych,
- **WYDOBYCIE, ROLNICTWO, RYBOŁÓWSTWO (ZP)**: którego elementami są numery kopalń, gospodarstw rolnych, itp.;
- **PRODUKCJA i USŁUGI (PU)**: którego elementami są numery zakładów przemysłowych oraz przedsiębiorstw świadczących usługi wspierające działania produkcyjne ;
- **EKSPORT (EK)**: którego elementami są numery przejść granicznych: morskich, drogowych, kolejowych, lotniczych, itp.;
- **DYSTRYBUCJA DETALICZNA (DD)**: którego elementami są numery sklepów, itp.;
- **KONSUMPCJA ZBIOROWA (KZ)**: którego elementami są numery miejsc konsumpcji zbiorowej, które w przypadku usług są jednoznaczne z miejscami ich wytwarzania – są to przedsiębiorstwa świadczące usługi przeznaczone dla zbiorowej konsumpcji przez finalnych odbiorców, np. hotele, restauracje, szpitale, itp.;
- **KONSUMPCJA INDYWIDUALNA (KI)**: którego elementami są numery gospodarstw domowych oraz przedsiębiorstw świadczących usługi przeznaczone dla indywidualnej konsumpcji przez finalnych odbiorców, np. zakłady fryzjerskie, itp.;

- RECYKLING i UTYLIZACJA (**RE**): którego elementami są numery przedsiębiorstw zajmujących się sortowaniem odpadów celem ich powtórnego wykorzystania, itp.

Przy takim założeniu, zdefiniowany wcześniej zarówno zbiór **A** jaki zbiór **B** będą zawierać elementy należące do wyżej wymienionych zbiorów. W związku z tym zakładamy, że zbiór **A** będzie zbiorem postaci:

$$A = \{i \equiv i^a : \alpha(i) = 1, i \in IM \cup ZP \cup PU \cup RE \subset W\}$$

Podobnie będzie ze zbiorem ujść **B**, który zapiszemy następująco:

$$B = \{i \equiv i^b : \beta(i) = 1, i \in EK \cup DD \cup PU \cup KZ \cup KI \cup RE\}$$

Z tego wynika, że elementy należące do zbioru źródeł **A** bądź do zbioru ujść **B** należą do wielu podsystemów funkcjonalnych w ramach LSP, tj.

$$A = IM \cup ZP \cup PU \cup DH \cup RE$$

$$B = EK \cup DD \cup PU \cup KZ \cup KI \cup RE$$

Elementy zbioru **V** to numery różnych obiektów logistycznych typu: centrum logistyczne, punkt przeładunkowy, terminal transportu intermodalnego, itp., w których dokonywane są przekształcenia na strumieniach ładunków, np. zmiana rodzaju środka transportowego, konsolidacja ładunków, dekonsolidacja ładunków, itp. Zatem elementy zbioru **V** stanowią węzły sieci transportowej, umożliwiające łączenie, rozdział potoków ruchu, zmianę rodzaju środka transportu, itp. Tego typu obiekty logistyczne umieszczone są na granicy działalności różnych rodzajów transportu, mogą też obsługiwać jeden rodzaj transportu.

W artykule punkty przeładunkowe dla przesyłu rurociągowego oraz punkty przeładunkowe obsługujące lotniczy transport towarowy są pomijane.

Zatem do zbioru **V** będą należeć elementy następujących podsystemów funkcjonalnych zapisanych w zadaniu 1 jako wydzielone z krajowego systemu logistycznego KSL, tj.:

- DYSTRYBUCJA HURTOWA (**DH**), którego elementami są hurtowni, centrów dystrybucyjnych, centrów logistycznych, itp.;
- PUNKTY OBSŁUGI ŁADUNKÓW (**PL**): jest to podsystem którego elementami są numery centrów logistycznych, portów morskich, terminali przeładunkowych, itp.

W związku z powyższym zbiór **V** możemy zapisać jako zbiór postaci:

$$V = \{i \equiv i^v : v(i) = 1, i \in (DH \cup PL) \subset W\}.$$

5. ODWZOROWANIE POWIĄZAŃ TRANSPORTOWYCH MIĘDZY ELEMENTAMI LSP

Ponieważ głównym elementem LSP jest system transportowy niezbędna jest identyfikacja połączeń transportowych. Przyjęto, że dla potrzeb LSP eksploatowane są bezpośrednie połączenia transportowe między poszczególnymi elementami LSP, tj. połączenia występujące:

- między punktami nadania strumieni ładunków a punktami w których dokonywane są przekształcenia na strumieniach ładunków;

- pomiędzy różnymi punktami w których dokonywane są przekształcenia na strumieniach ładunków;
- między punktami w których dokonywane są przekształcenia na strumieniach ładunków a punktami odbioru strumieni ładunków.

Jako połączenie transportowe w opracowaniu rozumiane są istniejące w rzeczywistej sieci transportowej połączenie drogowe lub kolejowe, lub inne jeżeli takie istnieje. Oczywiście, dla jednoznaczności dalszych rozważań przyjęto założenie, że jeżeli między określonym punktem nadania lub punktem odbioru a obiektem logistycznym istnieje wiele połączeń transportowych, wówczas w odwzorowaniu połączenia te będą uwzględniane jako ciąg komunikacyjny typu korytarz multimodalny.

Przyjmujemy, że na iloczynie kartezjańskim zbioru A numerów punktów nadania strumieni ładunków oraz zbioru V numerów punktów w których dokonywane są przekształcenia na strumieniach ładunków zadane jest odwzorowanie κ_1 , które elementy tego iloczynu przeprowadza w zbiór $\{0, 1\}$, tj.:

$$\kappa_1: A \times V \longrightarrow \{0, 1\},$$

przy czym $\kappa_1(i^a, i^v) \equiv \kappa_1_{i^a, i^v} = 1$, wtedy i tylko wtedy, gdy między węzłami i^a oraz i^v ($i^a \in A, i^v \in V$) może być eksploatowane bezpośrednie połączenie transportowe.

Niech elementy iloczynu kartezjańskiego zbioru A oraz zbioru V dla których $\kappa_1_{i^a, i^v} = 1$ tworzą zbiór $L^{A,V}$ bezpośrednich połączeń transportowych między punktami nadania strumieni ładunków oraz punktami w których dokonywane są przekształcenia na strumieniach ładunków, wówczas:

$$L^{A,V} = \{(i^a, i^v): \kappa_1_{i^a, i^v} = 1, \text{ dla } i^a \in A, i^v \in V\}.$$

Przyjmujemy, że na iloczynie kartezjańskim zbioru V numerów punktów w których dokonywane są przekształcenia na strumieniach ładunków zadane jest odwzorowanie κ_2 , które elementy tego iloczynu przeprowadza w zbiór $\{0, 1\}$, tj.:

$$\kappa_2: V \times V \longrightarrow \{0, 1\},$$

przy czym $\kappa_2(i^v, i^{v'}) \equiv \kappa_2_{i^v, i^{v'}} = 1$, wtedy i tylko wtedy, gdy między węzłami i^v oraz $i^{v'}$ ($i^v, i^{v'} \in V$) może być eksploatowane bezpośrednie połączenie transportowe.

Niech elementy iloczynu kartezjańskiego zbiorów V dla których $\kappa_2_{i^v, i^{v'}} = 1$ tworzą zbiór $L^{V,V}$ bezpośrednich połączeń transportowych między strumieni ładunków punktami w których dokonywane są przekształcenia na strumieniach ładunków, wówczas:

$$L^{V,V} = \{(i^v, i^{v'}): \kappa_2_{i^v, i^{v'}} = 1, \text{ dla } i^v, i^{v'} \in V\}.$$

Ponadto przyjmujemy, że na iloczynie kartezjańskim zbioru V numerów punktów w których dokonywane są przekształcenia na strumieniach ładunków oraz zbioru B numerów punktów odbioru strumieni ładunków zadane jest odwzorowanie κ_3 , które elementy tego iloczynu przeprowadza w zbiór $\{0, 1\}$, tj.:

$$\kappa_3: V \times B \longrightarrow \{0, 1\},$$

przy czym $\kappa_3(i^v, i^b) \equiv \kappa_3_{i^v, i^b} = 1$, wtedy i tylko wtedy, gdy między węzłami i^v oraz i^b ($i^v \in V, i^b \in B$) może być eksploatowane bezpośrednie połączenie transportowe.

Niech elementy iloczynu kartezjańskiego zbioru V oraz zbioru B dla których $\kappa_3_{i^v, i^b} = 1$ tworzą zbiór $L^{V,B}$ bezpośrednich połączeń transportowych między punktami w których dokonywane są przekształcenia na strumieniach ładunków oraz punktami odbioru strumieni ładunków, wówczas:

$$L^{V,B} = \{(i^v, i^b): \kappa_3_{i^v, i^b} = 1, \text{ dla } i^v \in V, i^b \in B\}.$$

Wobec powyższego oznaczając przez L zbiór wszystkich możliwych połączeń transportowych między źródłami, ujściami a miejscami lokalizacji centrów logistycznych oraz wzajemnych między tymi centrami logistycznymi zidentyfikowanymi w rozważanym obszarze, wiedząc, że zdefiniowane zbiory są rozłączne, można zapisać, że:

$$L = L^{A,V} \cup L^{V,B} \cup L^{V,V}.$$

Niech R będzie zbiorem rodzajów transportu

$$R = \{r: r \in \{1, 2, 3, 4\}\}$$

przy czym:

$r=1$ - transport drogowy; $r=2$ - transport kolejowy;

$r=3$ - transport lotniczy; $r=4$ - transport wodny (rzeczny, morski).

Zakładamy, że na iloczynie kartezjańskim $W \times R \times W$ zadane jest odwzorowanie β przeprowadzające elementy iloczynu w zbiór $\{0, 1\}$

$$\beta: W \times R \times W \rightarrow \{0, 1\}$$

przy czym $\beta(i, r, i') = 1$, jeżeli między węzłami i oraz $i' \neq i$ istnieje połączenie transportowe r -tego typu, natomiast w przeciwnym przypadku $\beta(i, r, i') = 0$.

Oczywiście między parą węzłów (i, i') może istnieć więcej niż jedno połączenie danego typu (np. drogowe). Z tego też powodu zasadnym jest zdefiniowanie zbioru numerów połączeń transportowy r -tego typu występujących między węzłami i oraz i' .

Niech RD będzie zbiorem połączeń transportowych występujących w LSP. Wówczas

$$RD = \{RD(i, r, i') : i \neq i' \ i \in W, i' \in W, r \in R\}$$

elementami zbioru RD są zbiory $RD(i, r, i')$ numerów połączeń transportowych r -tego typu występujących między węzłami i oraz i' , przy czym $i \neq i' \ i \in W, i' \in W, r \in R$. Uwzględniając poprzednie ustalenia

$$RD = PK \cup PD \cup PZ \cup PL$$

Na zbiorze RD określono odwzorowanie rd , które oznaczać będzie liczbę połączeń transportowych r -tego typu występujących między węzłami i oraz i' , przyjmujących wartości ze zbioru liczb naturalnych, tj.:

$$rd: RD \longrightarrow N$$

tzn. że wartość $rd(i, r, i') \in N$ ma interpretację liczby połączeń transportowych r -tego typu występujących między węzłami i oraz i' , przy czym $rd(i, r, i')$ utworzą macierz o wymiarach $W \times R \times W$.

Natomiast symbolem $RD(i, r, i')$ oznaczmy zbiór numerów połączeń transportowych r -tego typu występujących między węzłami i oraz i' , przy czym $i \neq i' \ i \in W, i' \in W, r \in R$ będzie miał postać:

$$RD(i, r, i') = \{rd_{(i,r,i')}^1, rd_{(i,r,i')}^2, \dots, rd_{(i,r,i')}^{rd(i,r,i')}, \dots, rd_{(i,r,i')}^{\overline{RD(i,r,i')}}\}$$

gdzie $\overline{RD(i, r, i')}$ jest liczebnością zbioru $RD(i, r, i')$.

6. GRAFICZNE PRZEDSTAWIENIE STRUKTURY LSP

Dzięki położeniu geograficznemu Polska posiada dogodne połączenia drogowe, kolejowe oraz lotnicze ze stolicami krajów UE oraz jest dobrze przygotowana do prowadzenia wymiany handlowej z państwami sąsiadującymi z Unią na wschodzie. Trzy główne polskie porty morskie na południowym wybrzeżu Morza Bałtyckiego posiadają połączenia z najważniejszymi portami na całym świecie.

Przez Polskę przebiegają 4 z 10-ciu europejskich korytarzy transportowych dotyczących Europy Środkowej i Wschodniej oraz jej połączeń z krajami Unii Europejskiej [5] **Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.** tj.:

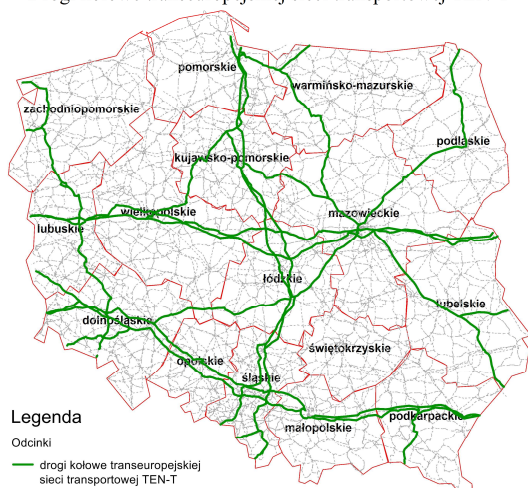
– Korytarz nr I: umownie od południowej granicy kraju z Słowacją przez Piotrków Trybunalski, woj. mazowieckie, podlaskie do granicy z Litwą.

- Korytarz nr II: umownie od zachodniej granicy kraju z Niemcami w Świecku przez woj. wielkopolskie, mazowieckie i lubelskie do granicy wschodniej z Białorusią w Terespolu.
- Korytarz nr III: umownie od zachodniej granicy z Niemcami w Zgorzelcu przez woj. dolnośląskie, śląskie, małopolskie i podkarpackie do granicy wschodniej z Ukrainą w Żurawicy-Medyce.
- Korytarz nr VI: umownie od portów morskich w Gdyni i Gdańsku przez woj. kujawsko-pomorskie, łódzkie, śląskie do granicy południowej ze Słowacją.

W strukturze modelu LSP jako punkt wyjścia przyjęto podstawowy układ dróg krajowych oraz wojewódzkich. Model kolejowy natomiast odwzorowuje główne linie kolejowe Polski, w tym te o znaczeniu międzynarodowym (AGC, AGTC) (rys. 1., rys. 2).

W celu zwiększenia przejrzystości map liczba dróg kołowych i linii kolejowych została ograniczona tylko do tych, które należą do transeuropejskiej sieci transportowej TEN-T (drogowe paneuropejskie korytarze transportowe a także linie kolejowe o znaczeniu międzynarodowym AGC AGTC).

Drogi kołowe transeuropejskiej sieci transportowej TEN-T



Rys. 1. Drogi kołowe transeuropejskiej sieci transportowej TEN-T

Źródło: opracowanie własne.

Linie kolejowe transeuropejskiej sieci transportowej TEN-T



Rys.2. Linie kolejowe transeuropejskiej sieci transportowej TEN-T (AGC, AGTC)

Źródło: opracowanie własne.

Struktura sieci drogowej

Sieć korytarzy transportowych TEN-T stanowi podstawą dla Unii Europejskiej multimodalną sieć połączeń transportowych, a jej zadaniem jest wspomaganie prawidłowego funkcjonowania rynku wewnętrznego UE. W tabeli 2 przedstawiono aktualny przebieg autostrad w Polsce.

Tab. 2. Przebieg autostrad w Polsce

Oznaczenie	Przebieg
A1	Gdańsk – Toruń – Katowice – Gorzyczki (gr.)
A2	Świecko (gr.) – Poznań – Łódź – Warszawa – Siedlce – Kukuryki (gr.)
A4	Jędrzychowice (gr.) – Wrocław – Katowice – Kraków – Rzeszów – Korczowa (gr.)
A6	Kołbaskowo (gr.) - Rzęsnica
A8	Bielany Wrocławskie – Wrocław – Psie Pole
A18	Olszyna (gr.) – Krzyżowa (A4)

Źródło: opracowanie własne na podstawie www.gddkia.gov.pl

Struktura sieci kolejowej

Kolej odgrywa znaczną rolę w realizacji tranzytu przez terytorium Polski. Większość tranzytowego ruchu towarowego przebiega w kierunku wschód – zachód oraz zachód – wschód, dwoma szlakami tranzytowymi przebiegającymi przez Polskę centralną i południową. Wykaz połączeń kolejowych w Polsce zaliczanych aktualnie do paneuropejskich korytarzy transportowych zamieszczono w tab. 3

Tab. 3. Obecny przebieg linii kolejowych sieci TEN-T w Polsce

Korytarz	Przebieg
I	Trakiszki – Suwałki – Białystok – Warszawa
IA	Braniewo – Elbląg – Tczew – Gdańsk
II	Kunowice – Poznań – Kutno – Warszawa – Łuków – Terespol Dodatkowo dla transportu towarowego: Łowicz – Pilawa – Łuków
III	Zgorzelec – Legnica – Wrocław – Opole – Katowice – Kraków – Tarnów – Przemyśl – Medyka Dodatkowo dla transportu towarowego: Wrocław – Opole – Gliwice
VI	Gdynia – Gdańsk – Tczew – Iława – Warszawa – Zawiercie – Katowice – Bielsko-Biała – Zwardoń / Zebrzydowice Dodatkowo dla transportu towarowego: Tczew – Inowrocław – Tarnowskie Góry; Chorzów – Pszczyna
TINA	Warszawa – Pilawa – Lublin – Dorohusk
TINA	Świnoujście – Szczecin – Rzepin / Poznań – Wrocław – Międzyzlesie
TINA	Kędzierzyn Koźle – Chałupki
TINA	Poznań – Inowrocław
TINA	Psary – Kraków

Źródło: Konsultacje w sprawie modyfikacji i uzupełnienia sieci TEN-T na terytorium Polski, Ministerstwo Infrastruktury 2008, http://www.mi.gov.pl/files/0/1786995/Konsultacje_w_sprawie_modyfikacji_i_uzupelnienia_sieci_TEN-T_na_terytoryum_Polski_Ministerstwo_Infrastruktury_2008.pdf.

Transport wodny śródlądowy jako element krajowego systemu logistycznego

Biorąc pod uwagę wszystkie uwarunkowania związane z transportem śródlądowym, zawartymi w poprzednich zadaniach, elementem krajowego systemu logistycznego powinna być ODW (odrzańska droga wodna).

Na elementy infrastruktury punktowej składają się między innymi:

- punkty przeładunkowe;
- terminale intermodalne;
- magazyny;
- przedsiębiorstwa produkcyjne;
- i inne.

Elementy infrastruktury punktowej mogą należeć zarówno do zbioru punktów nadania strumieni ładunków **A** jak i do zbioru punktów w których dokonywane są przekształcenia na strumieniach ładunków **V** oraz zbioru numerów punktów odbioru strumieni ładunków **B**.

Punkty przeładunkowe stanowią węzły sieci transportowej, umożliwiające łączenie, przekierowanie i rozdział potoków ruchu. Punkty przeładunkowe umieszczane są na granicy działalności różnych rodzajów transportu, mogą też obsługiwać jeden rodzaj transportu, z tego wyróżniamy:

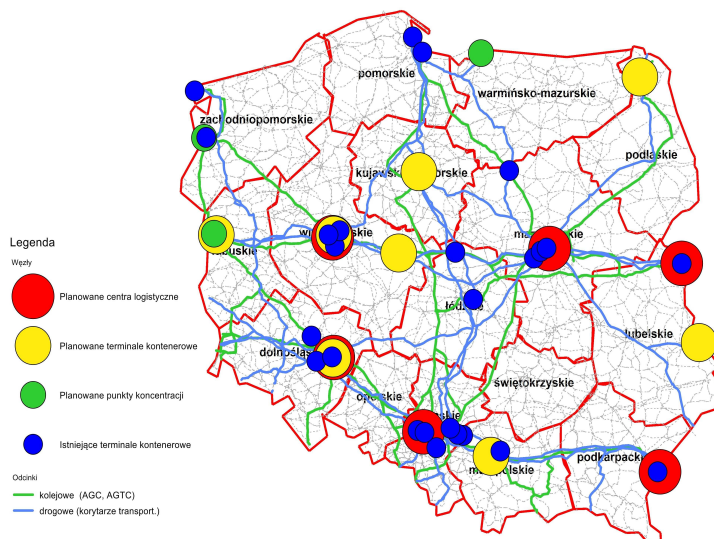
1. Punkty przeładunkowe kolejowo-drogowe;
2. Punkty przeładunkowe kolejowo-kolejowe;
3. Punkty przeładunkowe morsko-kolejowe i morsko-drogowe;
4. Punkty przeładunkowe żeglugi śródlądowej z transportem drogowym i kolejowym;
5. Punkty przeładunkowe rurociągowo-drogowe i rurociągowo-kolejowe.

Punkty przeładunkowe obsługujące lotniczy transport towarowy w pracy są pomijane ze względu na marginalny udział tego transportu w ogólnym przepływie towarów. Również

punkty przeładunkowe dla przesyłu rurociągowego, jak wcześniej wspomniano, nie będą rozważane w opracowaniu.

Układ większych istniejących i planowanych terminali kontenerowych, a także punktów koncentracji i centrów logistycznych przedstawiono na rys. 4. Do przedstawionych na rys. 3 planowanych centrów logistycznych należą:

- CL w Poznaniu,
- CL we Wrocławiu,
- CL w Warszawie,
- CL w Małaszewiczach,
- CL w Medyce.



Rys. 3. Główne „punkty styku” gałęzi transportu Systemu Logistycznego Polski

Źródło: opracowanie własne.

Innymi punktami pojawiania się i zanikania potoku ruchu w LSP są przejścia graniczne. Również w tym przypadku dotyczy to przepływu strumieni ładunków związanych z importem, eksportem i tranzytem przez terytorium Polski. przedstawiono wybrane przejścia graniczne nałożone na linie kolejowe i drogowe transeuropejskiej sieci transportowej TEN-T.

7. WNIOSKI

Transport oraz buforowania, jest jedną z dwóch kluczowych funkcji systemu logistycznego. Koszt realizacji transportu i efektywność transportu zależą od istniejącej struktury logistycznej. Liczba oraz własności poszczególnych elementów punktowych (punktów przeładunkowych; terminali intermodalnych itp.), a także połączeń drogowych wpływa bezpośrednio na komodalność transportu

LITERATURA

- [1] Jacyna M., Nowakowski T., Pyza D., Wasiak M.: Koncepcja krajowego systemu logistycznego w aspekcie komodalności transportu. WROLOG, Wrocław październik 2009
- [2] Jacyna M.: „Modelowanie i ocena systemów transportowych” Oficyna Wydawnicza PW Warszawa 2009 ISBN 978-83-7207-808-7
- [3] Sprawozdanie z realizacji Zadania Nr 1 Grantu Rozwojowego R10 002706 nt. ”Model systemu logistycznego Polski jako droga do komodalności transportu w Unii Europejskiej”
- [4] Sprawozdanie z realizacji Zadania Nr 4 Grantu Rozwojowego R10 002706 nt. ”Model systemu logistycznego Polski jako droga do komodalności transportu w Unii Europejskiej”
- [5] Sprawozdanie z realizacji Zadania Nr 6 Grantu Rozwojowego R10 002706 nt. ”Model systemu logistycznego Polski jako droga do komodalności transportu w Unii Europejskiej”
- [6] Sprawozdanie z realizacji Zadania Nr 7 Grantu Rozwojowego R10 002706 nt. ”Model systemu logistycznego Polski jako droga do komodalności transportu w Unii Europejskiej”
- [7] Transport – wyniki działalności w 2008 r., Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2009

STRUCTURE ANALYSIS OF LOGISTICS SYSTEM OF POLAND IN ASPECT OF CO-MODALITY

Abstract: The paper presents assumptions for the construction of Logistics System of Poland (LSP) Model. The point-wise and line-wise elements of the model are highlighted. The mathematical formalization was applied to describe its structure with assumptions for constructing LSP model as well as general assumptions for LSP structure mapping. Then the mapping of LSP elements and connections between them was presented in analytical and graphical form.

Keywords: logistics system, transport, system structure, system model.

Artykuł jest efektem prac realizowanych w ramach grantu rozwojowego R10 002706 nt. ”Model systemu logistycznego Polski jako droga do komodalności transportu w Unii Europejskiej”. ”Projekt został dofinansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju”.