

Janusz FIJAŁKOWSKI*

STRUKTURA KOSZTÓW W ŁAŃCUCHACH DYSTRYBUCYJNYCH KRAJOWEGO SYSTEMU LOGISTYCZNEGO

Streszczenie

Tematem opracowania jest zbadanie rozkładu kosztów logistycznych w łańcuchach transportowo-magazynowych łączących pierwotnych dostawców z docelowymi odbiorcami. W łańcuchach tych realizowane są przepływy strumieni ładunków i związanych z nimi informacji w obiektach liniowych (transport) i punktowych (buforowanie, rozdział, kompletacja, konsolidacja). W referacie przedstawiono pierwsze rezultaty badań oraz drogę dochodzenia do nich. Nawiązano przy tym do schematu blokowego krajowego systemu logistycznego (KSL) [1], lokalizując łańcuchy transportowo-magazynowe wśród wybranych obszarów funkcjonalnych KSL. Wyodrębniono w nich podsystemy logistyczne, a w nich procesy i czynności. Czynności, procesy i podsystemy są przedmiotem wymiarowania ze względu na wydajność i koszty. Koszty te dotyczą infrastruktury (tylko dla obiektów punktowych¹), urządzeń i pracy ludzi). Wyniki dotychczasowych badań przedstawiono w postaci wykresu kosztów przejścia jednostki ładunku w procesie przepływu ładunków, lub ładunków i informacji w wybranym łańcuchu logistycznym, na tle postaci w jakiej ta jednostka występuje w różnych ogniwach łańcucha. Wyniki końcowe badań będą służyć do wskazania najkosztowniejszych ogniw istniejących łańcuchów transportowo-magazynowych oraz do projektowania optymalnych (ze względu na koszty) nowych łańcuchów. Rozpatrywanie łączne kosztów obiektów punktowych i liniowych stwarza kryterium dla oceny efektów komodalnego transportu.

Słowa kluczowe: łańcuch dystrybucyjny, krajowy system logistyczny, dystrybucja wieloszczeblowa

1. PODSTAWOWE OKREŚLENIA I METODY KSZTAŁTOWANIA KOSZTÓW

Krajowy system logistyczny (KSL) ma strukturę systemu logistycznego w skali makro (rys. 1), ograniczonego przestrzennie – granicami kraju a towarowo – zewnętrznymi i wewnętrznymi źródłami oraz wpływami (pierwotnymi i pośrednimi).

Łańcuch transportowo-magazynowy (logistyczny) to szereg procesów przepływu i buforowania ładunków, często w ujęciu wariantowym, ułożonych w sekwencji ich drogi od nadawcy pierwotnego do odbiorcy finalnego, np. od producenta do konsumenta (rys. 2).

Ogniwami łańcucha logistycznego w konfiguracji KSL są:

- samodzielne² podsystemy logistyczne: obszary baz importowych (A_i) z ich elementami funkcjonalnymi (przeładunki, składowanie, kontrola itp.), obszary dystrybucji hurtowej (D_m) z całą infrastrukturą i wyposażeniem technologicznym, obszary eksportu (E_n) z elementami jak w A_i ,
- samodzielne podsystemy logistyczne nazwane tu Centrami Konsolidacji Ładunków (CKŁ), zlokalizowane na przepływach strumieni ładunków pomiędzy głównymi obszarami KSL (tabl.1 z opisem),
- podsystemy logistyczne na wejściu i wyjściu do i z obszarów wydobywania, rolnictwa i rybołówstwa (B_j) oraz obszarów produkcji i usług C_k , (z całą infrastrukturą i wyposażeniem technologicznym), realizujące przekształcanie strumieni ładunków

* Wydział Transportu Politechniki Warszawskiej

¹ Czyli kosztów ponoszonych w realnych systemach logistycznych w przypadku transportu samochodowego, który w tym stadium badań rozpatrywano.

² Obiekty, których podstawowa działalność to usługi logistyczne.

wchodzące na strumienie wymagane przez działalność podstawową obszaru i odwrotnie przekształcające wytwory działalności podstawowej w strumienie ładunków wychodzące z w/w obszarów,

- podsystemy logistyczne na wejściu³ do obszarów dystrybucji detalicznej F_p , (z całą infrastrukturą i wyposażeniem technologicznym) realizujące przekształcanie strumieni ładunków wchodzące do obszaru na wymagane przez działalność podstawową, tj. oferowanie i sprzedaż,
- podsystemy transportów zewnętrznych, docelowych i pośrednich, przedstawionych w tabl. 1.

Koszty eksploatacyjne składają się z *kosztów utrzymania* (K_U^R) i *kosztów pracy ludzkiej* (K_L^R), liczonych w zł/rok. Na koszty utrzymania składają się

- koszty utrzymania infrastruktury logistycznej (K_{UB}^R),
- koszty utrzymania wyposażenia niemechanicznego (K_{UW}^R),
- koszty utrzymania środków transportowych różnego typu (K_{UT}^R),
- koszty utrzymania środków sterowania (K_{US}^R).

Koszty eksploatacyjne liczone są dla ukształtowanych i zwymiarowanych ze względu na nakłady podsystemów logistycznych oraz dla ukształtowanych i zwymiarowanych ze względu na wydajność procesów przepływu ładunków i informacji. Wymiarowanie procesów dokonywane jest w oparciu o metodę MTM (Method Time Measurement).

Postacie ładunków w procesach przepływu w przykładowych łańcuchach logistycznych ograniczono do tzw. ładunków sztukowych: opakowanie jednostkowe (oj), średnie opakowanie zbiorcze (oz, zawiera 36 oj), średnia jednostka ładunkowa paletowa jednorodna (jłpj zawiera 64 oz), średnia jednostka ładunkowa paletowa skompletowana (jłpk zawiera 40 oz), średni samochód ciężarowy (Sc zawiera 20 lub 33 jłpj), samochód dostawczy (Sd zawiera 7 lub 15 jłpj i jłpk), średni wagon kolejowy (Wk – zawiera 33 jłpj).

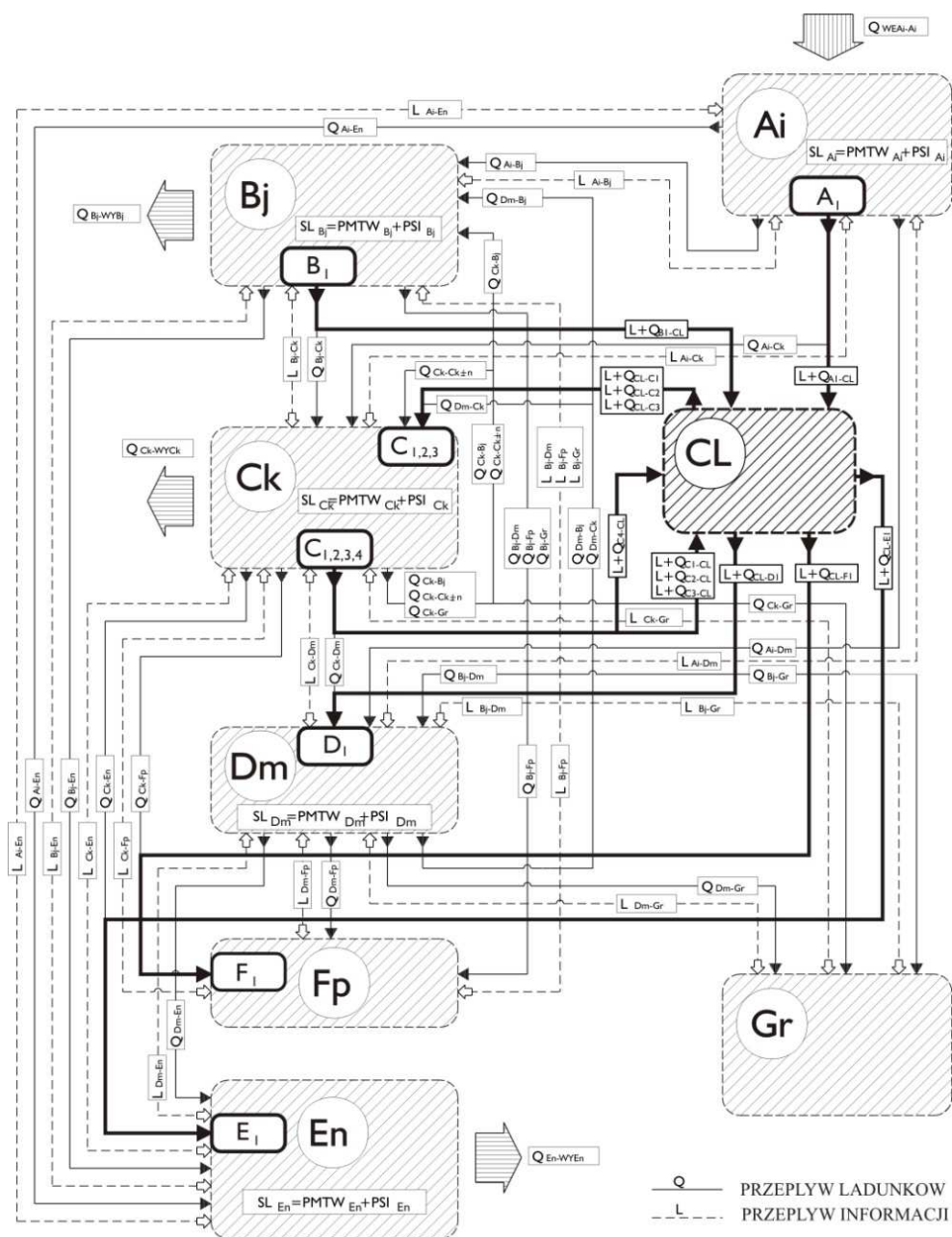
Opis do tablicy 1.

W tablicy krzyżowej zidentyfikowano rzeczowo podsystemy logistyczne transportu zewnętrznego (dalekiego) realizujące przepływy ładunków pomiędzy obszarami funkcjonalnymi Krajowego Systemu Logistycznego, przedstawionego w formie modelu blokowego na rys. 1 a w formie modelu procesowego na rys. 2. Założenia dla zidentyfikowania podsystemów logistycznych:

- Tablica stanowi orientację w bezpośrednich przepływach strumieni ładunków pomiędzy blokami obszarów funkcjonalnych KSL A_i , B_j , C_k , D_m , F_p , G_r , E_n z rys. 1 i Centrami Konsolidacji Ładunków KCŁ1, KCŁ2, KCŁ3 i KCŁ4, zlokalizowanymi odpowiednio na przepływach z A_i , B_j , C_k i D_m w dwustopniowych dostawach szeregowych, oraz CKŁ11, CKŁ22, CKŁ33, CKŁ44, na przepływach z CKŁ1, CKŁ2, CKŁ3, CKŁ4 w trzystopniowych dostawach szeregowych.
- Szeregowość oznacza, że ładunki np. do KCŁ1 spływają tylko z bloku A_i , do KCŁ2 tylko z bloku B_j , do KCŁ3 tylko z bloku C_k , do KCŁ4 tylko z bloku D_m oraz z CKŁ1 do CKŁ11, z CKŁ2 do CKŁ22, z CKŁ3 do CKŁ33, z CKŁ4 do CKŁ44.
- Istnieje możliwość rozszerzenia tablicy do n-stopniowych dostaw (wprowadzenie dodatkowych wierszy i kolumn, aż do KCL_n) oraz uruchomienie dostaw równoległych (przepływy do każdego n-tego KCL z A_i , B_j , C_k , D_m i dostawy pomiędzy centrami CKŁ – wypełnienie wolnych pól tablicy krzyżowej).

³ Wyjście z obszaru jest niesystemowe.

- Bloki obszarów funkcjonalnych F_p , G_r , E_n są, ze względu na ich działalność podstawową, traktowane w KSL tylko jako splywy.
- Struktury obiektów stanowiących źródła i splywy w modelu graficznym KSL przedstawiono graficznie (rys. 3 – rys. 9) i załączonych opisach.
- Struktury przykładowych centrów konsolidacji ładunków (CKŁ) można znaleźć w zadaniu 3 projektu.
- Ze względu na ograniczoną pojemność tablicy krzyżowej symbole niektórych typów transportu różnią się od ich symboli w zidentyfikowanych podsystemach logistycznych poszczególnych obszarów KSL.



Ai - import; Bj - wydobywanie, rolnictwo; Ck - produkcja i usługi;
 Dm - dystrybucja hurtowa; Fp - dystrybucja detaliczna; Gr - konsumpcja zbiorowa; En - export;
 SL - system logistyczny; PMTW - podsystem transportu wewnętrznego i magazynowania;
 PSI - podsystem informacyjny.

Rys. 1. Model graficzny krajowego systemu logistycznego z wpisanim centrum logistycznym (CL) lub centrum konsolidacji ładunków (CKŁ)

Źródło: opracowanie własne.

Tablica 1. Podsystemy logistyczne transportu zewnętrznego (dalekiego) w KSL

z/do	A_i	B_j	C_k	C_{k+1}	D_m	F_p	G_r	E_n	CKL1	CHL2	CKL3	CKL4	CKL11	CKL22	CKL33	CKL44
A_i	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B_j	T_{A-B}	T_{C-B}	T_{D-B}	-	-	-	-	-	T_{CKL1-B}	-	T_{CKL3-B}	T_{CKL4-B}	$T_{CKL11-B}$	-	$T_{CKL33-B}$	$T_{CKL44-B}$
sC_k	T_{A-C}	T_{B-C}	T_{C+1-C}	T_{D-C}	-	-	-	-	T_{CKL1-C}	T_{CKL2-C}	-	T_{CKL4-c}	$T_{CKL11-C}$	$T_{CKL22-C}$	-	$T_{CKL44-C}$
C_{k+1}	-	-	T_{C-C+1}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D_m	T_{A-D}	T_{B-D}	T_{C-D}	-	-	-	-	-	T_{CKL1-D}	T_{CKL2-D}	T_{CKL3-D}	-	$T_{CKL11-D}$	$T_{CKL22-D}$	$T_{CKL33-D}$	-
F_p	T_{A-F}	T_{B-F}	T_{C-F}	-	T_{D-F}	-	-	-	T_{CKL1-F}	T_{CKL2-F}	T_{CKL3-F}	T_{CKL4-F}	$T_{CKL11-F}$	$T_{CKL22-F}$	$T_{CKL33-F}$	$T_{CKL44-F}$
G_r	T_{A-G}	T_{B-G}	T_{C-G}	-	T_{D-G}	-	-	-	T_{CKL1-G}	T_{CKL2-G}	T_{CKL3-G}	T_{CKL4-G}	$T_{CKL11-G}$	$T_{CKL22-G}$	$T_{CKL33-G}$	$T_{CKL44-G}$
E_n	T_{A-E}	T_{B-E}	T_{C-E}	-	T_{D-E}	-	-	-	T_{CKL1-E}	T_{CKL2-E}	T_{CKL3-G}	T_{CKL4-G}	$T_{CKL11-E}$	$T_{CKL22-E}$	$T_{CKL33-E}$	$T_{CKL44-E}$
CKL1	T_{A-CKL1}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CKL2	-	T_{B-CKL2}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CKL3	-	-	T_{C-CKL3}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CKL4	-	-	-	T_{D-CKL4}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CKL11	-	-	-	-	-	-	-	-	$T_{CKL1-CKL11}$	-	-	-	-	-	-	-
CKL22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	$T_{CKL2-CKL22}$	-	-	-	-	-	-
CKL33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	$T_{CKL3-CKL33}$	-	-	-	-	-
CKL44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	$T_{CKL4-CKL44}$	-	-	-	-

T_{D-F} podsystemy logistyczne transportu zewnętrznego realizujące dostawy z bloków D_j do bloków F_p w ramach dostaw bezpośrednich w KSL
 $T_{CKL3-CKL33}$ podsystem logistyczny transportu zewnętrznego realizujący dostawy z podsystemu CKL3 do podsystemu CKL33
 Uwaga. Dla zidentyfikowania dostaw w układzie *równoległym* wystarczy wypełnić puste pola w tablicy krzyżowej

2. UKSZTAŁTOWANIE ŁAŃCUCHA TRANSPORTOWO-MAGAZYNOWEGO

Łańcuch transportowo-magazynowy, służący do zbadania w nim struktury kosztów, a głównie rozłożenia tych kosztów na poszczególne ogniwa łańcucha, został ukształtowany w dwóch przykładowych wariantach blokowych.

Wariant 1 (rys. 2), jako jednostopniowa struktura dystrybucji hurtowej (*DH*) w dwóch wersjach: – pierwsza wersja z magazynem regionalnym firmowym (*MRF*), zaopatrującym własną sieć sprzedaży detalicznej – łańcuch dystrybucyjny I; – druga wersja z centrum logistycznym (*CL*) zaopatrującym ogólną sieć sprzedaży detalicznej – łańcuch dystrybucyjny II.

Wariant 2 (rys. 3) jako dwustopniowa struktura dystrybucji hurtowej. W pierwszym stopniu jest przepływ ładunków przez Centrum Logistyczne (*CL*), w drugim stopniu przepływ ładunków przez Magazyn Regionalny Firmy Handlowej (*MRF*).

Do ukształtowania i wymiarowania podsystemów i procesów wybrano wersję pierwszą wariantu 1 łańcucha dystrybucyjnego z rys. 2. Procesy przepływu w poszczególnych podsystemach zapisano na rys. 4, zaznaczając przy każdym rodzaju czynności jednostkę przepływu strumienia ładunków.

Pokazany na rys. 4 łańcuch dystrybucyjny składa się z pięciu podsystemów.

Podsystem logistyczny na wyjściu z produkcji, obejmujący 5 rodzajów czynności (elementów), w tym transport wewnętrzny, składowanie, kontrola oraz załadunek; strumień ładunków ma postać jednostki ładunkowej paletowej jednorodnej (jłpj).

Podsystem logistyczny transportu zewnętrznego realizowany samochodami ciężarowymi załadowanymi w trzech wariantach po 20, 33 jłpj każdy, na odległość w dwóch wariantach: 25 i 250 km.

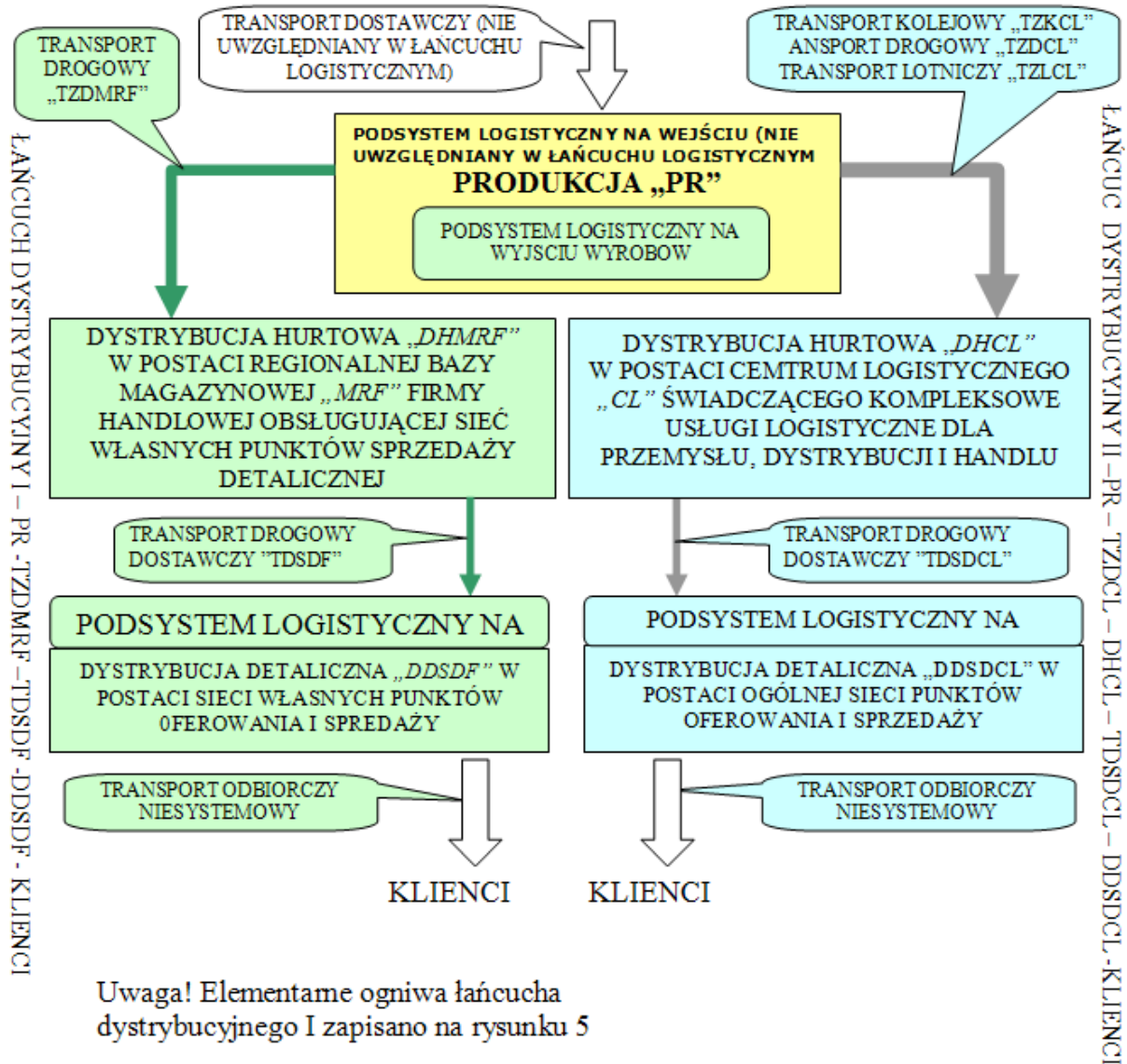
Podsystem magazynowy (buforowo-rozdzielczo-kompletacyjny), składający się z 10 rodzajów czynności (elementów), w tym: identyfikacja ładunków, wyładunek, transport wewnętrzny, składowanie, komisjonowanie, kontrola, tymczasowe składowanie, załadunek. Strumień ładunków w tym podsystemie występuje w trzech postaciach: jłpj, oz, jłpk.

Podsystem transportu dostawczego realizowany samochodami dostawczymi załadowanymi w dwóch wariantach: 7 i 15 jłpj i jłpk, na odległość w dwóch wariantach: 10 i 25 km.

Podsystem logistyczny na wejściu do obszaru dystrybucji detalicznej, składający się z rodzajów czynności (elementów, w tym: identyfikacja ładunków, wyładunek, tymczasowe składowanie, transport wewnętrzny oraz oferowanie. Strumień ładunków w tym podsystemie występuje w czterech postaciach: „oj”, „oz”, „jłpk”, „jłpj”.

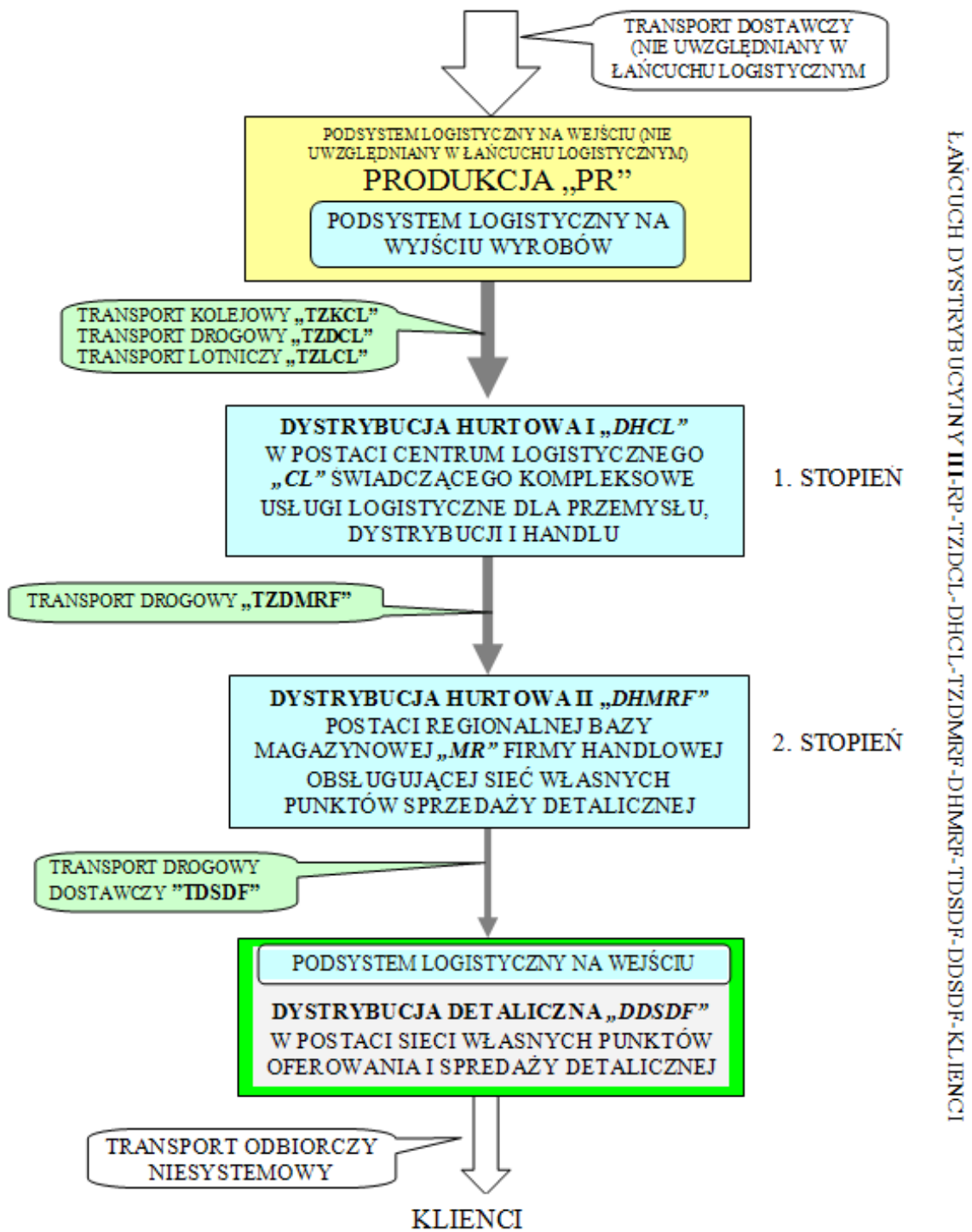
3. PROCEDURY KSZTAŁTOWANIA I OBLICZANIA KOSZTÓW LOGISTYCZNYCH

Procedury kształtowania i obliczania kosztów przepływu i buforowania strumieni ładunków i strumieni informacji (kosztów logistycznych) są różne dla podsystemów logistycznych punktowych (np. bazy magazynowe) i liniowych (transport zewnętrzny). W tych pierwszych znaczny udział mają koszty infrastruktury i wyposażenia oraz koszty przekształcania strumieni informacji, w drugich dominują koszty realizacji procesów przepływu ładunków.

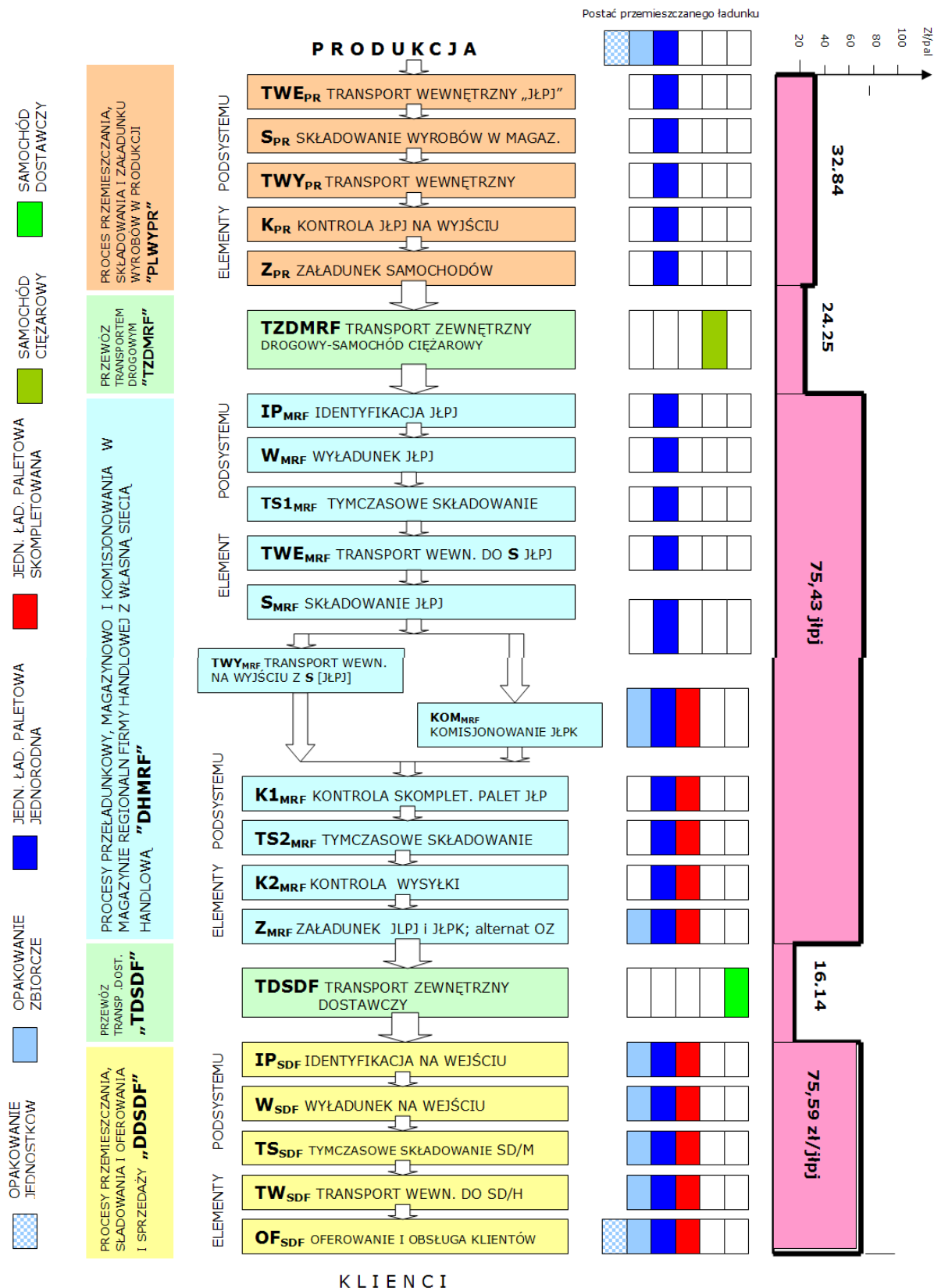


Rys. 2. Schemat blokowy przepływu ładunków w jednostopniowej dystrybucji hurtowej łańcucha transportowo-magazynowego.

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 3. Schemat blokowy przepływu ładunków w dwustopniowej dystrybucji hurtowej łańcucha transportowo-magazynowego
 Źródło: opracowanie własne.



Rys. 4. Rozłożenie kosztów w łańcuchu transportowo-magazynowym wyrobów – Wariant I; Jednostopniowa dystrybucja – łańcuch dystrybucyjny I – rys. 3.
Źródło: opracowanie własne.

3.1. Kształtowanie i obliczanie rocznych kosztów logistycznych podsystemów punktowych

Kształtowanie kosztów logistycznych ma miejsce już w stadium kształtowania wymiarowania podsystemów logistycznych ze względu na wydajność. Wymiarowanie ze względu na wydajność sprowadza się do obliczenia liczby potrzebnych, do realizacji w czasie dysponowanym netto $t_{zn_{i_L}}^{j_L}$ i_L -tych rodzajów czynności, pracowników j_L -tej kategorii pracy, oraz urządzeń j_U -tego typu, wg wzorów:

$$n^{j_L} = E\left[\sum_{i_L=1}^{n_p} \frac{\lambda_{i_L}^{D_{j_L}} \cdot t_{i_L}^{j_L}}{t_{zn_{i_L}}^{j_L}}\right] \text{ [pracowników/zmianę]} \quad (1)$$

$$n^{j_U} = E\left[\sum_{i_U=1}^{n_r} \frac{\lambda_{i_U}^{D_{j_U}} \cdot t_{i_U}^{j_U}}{t_{zn_{i_U}}^{j_U}}\right] \text{ [urządzeń]} \quad (2)$$

Zważywszy, że wartości zmiennych $\lambda_i^{D_j}$, t_i^j , $t_{zn_i}^j$, $n_{p/r}$ we wzorach 1 zależą od ustaleń projektowych rzeczowych, a koszty są m.in. funkcją n^j , to można przyjąć, że obliczanie kosztów poprzedzone jest ich kształtowaniem w projektowaniu procesów.

Zgodnie z wcześniejszymi określeniami roczne koszty eksploatacyjne K_E^R obliczono z wzoru:

$$K_E^R = K_U^R + K_L^R = K_{UB}^R + K_{UW}^R + K_{UT}^R + K_{US}^R + K_L^R \text{ [zł/rok]} \quad (3)$$

gdzie: K_{UB}^R – roczne koszty utrzymania elementów stałych (budynki, budowle inżynierskie, drogi itp.);

$$K_{UB}^R = \gamma_B \cdot N_B \quad (4)$$

N_B – nakłady na elementy stałe; γ_B – wskaźnik kosztów utrzymania elementów stałych,

$$K_{UW}^R \text{ – roczne koszty wyposażenia niemechanicznego; } K_{UW}^R = \gamma_W \cdot N_W \quad (5)$$

N_W – nakłady na wyposażenie niemechaniczne; γ_W – wskaźnik kosztów utrzymania

K_{UT}^R – roczne koszty środków transportu;

$$K_{UT}^R = \sum_{j_U=1}^r K_{UT}^{R_{j_U}} \cdot n^{j_U} = \sum_{j_U=1}^r (\gamma_{T_{j_U}} \cdot N_{T_{j_U}} + d_{j_U}) \cdot n^{j_U} \quad (6)$$

d_j – roczne koszty energii zużytej przez urządzenie j -tego typu, r – liczba typów urządzeń,

N_T – nakłady na środki transportowe; γ_T – wskaźnik kosztów utrzymania,

$$K_{US}^R \text{ – roczne koszty środków sterowania (zarządzania); } K_{US}^R = \gamma_S \cdot N_{SLS} \quad (7)$$

N_S – nakłady na środki sterowania; γ_S – wskaźnik kosztów utrzymania.

Wielkości wskaźników γ_B i γ_W wyznaczono na podstawie wytycznych VDI w wysokości:

$\gamma_B = 0,080$, $\gamma_W = 0,10$. Wielkości wskaźników γ_T i γ_S obliczono dla poszczególnych rodzajów środków transportowych i rodzajów urządzeń wg [1].

K_L^R – roczne koszty pracy ludzkiej;

$$K_L^R = \sum_{j_L=1}^p K^{R_{j_L}} \cdot n^{j_L} = \sum_{j_L} k_o^{j_L} \cdot (1 + \gamma_{kz}) \cdot g \cdot n^{j_L} \text{ [zł/rok]} \quad (8)$$

p – liczba kategorii pracy; $k_o^{j_L}$ – stawka godzinowa j_L -kategorii pracy; γ_{kz} – wskaźnik kosztów zakładowych; g – liczba godzin pracy w roku.

3.2. Kształtowanie i obliczanie rocznych kosztów logistycznych w podsystemach liniowych

Roczne koszty logistyczne podsystemów liniowych K_E^R również składają się z rocznych kosztów utrzymania K_U^R (sprowadzonych do K_{UT}^R) oraz rocznych kosztów pracy ludzkiej K_L^R policzonych tutaj wg poniższych wzorów: $K^R = K_U^R + K_L^R$ (9)

$$K_U^R = \sum_{j_U=1}^r \sum_{i_U=1}^{n_r} \lambda_{i_U}^{D_{j_U}} \cdot t_{i_U}^{j_U} \cdot d_{ri_U}^{j_U} \cdot k_{i_U}^{j_U} \quad (10)$$

$$K_L^R = \sum_{j_L=1}^P \sum_{i_L=1}^{n_p} \lambda_{i_L}^{D_{j_L}} \cdot t_{i_L}^{j_L} \cdot d_{ri_L}^{j_L} \cdot k_{i_L}^{j_L} \quad (11)$$

gdzie: $k^{j_U} = \frac{K_U^{R_{j_U}}}{g^{j_U} \cdot \varphi_{g_U}^{j_U}}$ – koszt godziny pracy urządzenia j_U -tego typu, (12)

$$K_U^{R_{j_U}} = \gamma_{j_U} \cdot N_{j_U} + d_{j_U} = (\alpha_1^{j_U} + \alpha_2^{j_U} + \beta^{j_U}) \cdot N_{j_U} + E_{j_U} \cdot p_E \quad (13)$$

α_1^j – wskaźnik odpisów amortyzacyjnych, zależny od czasu,

α_2^j – wskaźnik oprocentowania kapitału, zależny od czasu,

β^j – wskaźnik kosztów przeglądów, napraw i remontów, części zamiennych i materiałów eksploatacyjnych,

E_{j_U} – roczne zużycie energii przez urządzenie j_U -tygo typu,

p_E – cena jednostkowa energii,

d_{j_U} – liczba dni roboczych w roku,

$$\varphi_{g_U}^{j_U} = \varphi_t^{j_U} \cdot \varphi_{gt}^{j_U} \cdot \varphi_{zo}^{j_U}; \quad (14)$$

φ_t – współczynnik wykorzystania czasu pracy,

φ_{gt} – współczynnik gotowości technicznej urządzeń,

φ_{zo} – współczynnik zmiany obszaru pracy

$k_{i_L}^{j_L}$ – koszt godziny pracy urządzenia j_U -tytu wykonującego i_L czynność,

$k_{i_L}^{j_L} = k_o^{j_L} \cdot (1 + \gamma_{kz}) \cdot \frac{1}{\varphi_{g_L}}$ (15) $k_o^{j_L}$ – stawka godzinowa pracownika j_L -tej kategorii pracy.

$\varphi_{g_L}^{j_L} = \varphi_t^{j_L} \cdot \varphi_{zo}^{j_L}$ – współczynnik zmniejszający przy pracy ludzkiej. (16)

3.3. Miary ilustrujące strukturę rozkład kosztu przejścia ładunków przez podsystemy logistyczne w łańcuchu transportowo-magazynowym

Koszty eksploatacyjne w skali roku (K^R) dla podsystemów DHMRF i DDSDF) czy w skali jednego kursu dla podsystemów TZDMRF i TDSDF), pokazanych na rys.4, zostały odniesione do jednostki paletowej jednorodnej przechodzącej przez ten podsystem. W ten sposób miernikiem kosztowym w rozkładzie kosztów staje się tzw. wskaźnik kosztu przejścia jłpj przez podsystem:

$$\gamma_{kp} = \frac{K_E}{\lambda} \text{ [zł/jłpj]} \quad (17)$$

gdzie: λ – natężenie przepływu strumienia równoważnego jednej jłpj przez podsystem w czasie T,

K_E – koszty przejścia strumienia równoważnego jednej jłpj przez podsystem w czasie T.

Inne mierniki, które mogą niekiedy stanowić kryteria optymalizacji łańcucha logistycznego, mogą być wyznaczone w trakcie kształtowania podsystemów i procesów. Są to:

miernik udziału kosztów pracy ludzkiej K_L w kosztach eksploatacyjnych K_E - $\gamma_{kL} = \frac{K_L}{K_E}$,

miernik udziału kosztów przekształcenia strumieni informacji do K_E - $\gamma_{kN} = \frac{K_N}{K_E}$ i inne.

Wskaźniki kosztu przejścia jłpj przez podsystemy logistyczne punktowe składają się z sumy wskaźników przejścia przez ich elementy. Przykładowy zapis takiej sumy dla podsystemu logistycznego DDSDF (rys.4) ma postać jak niżej:

$$\gamma_{kp}^{DDSDF} = \frac{K_{E-IP_{SDF}}^R}{\lambda_{IP_{SDF}}^R} + \frac{K_{E-W_{SDF}}^R}{\lambda_{W_{SDF}}^R} + \frac{K_{E-TS_{SDF}}^R}{\lambda_{TS_{SDF}}^R} + \frac{K_{TW_{SDF}}^R}{\lambda_{TW_{SDF}}^R} + \frac{K_{OF_{SDF}}^R}{\lambda_{OF_{SDF}}^R} = \frac{K_{E-DDSDF}^R}{\lambda_{DDSDF}^R} \text{ [zł/jłpj]}. \quad (18)$$

Wartości składników wzoru 18 obliczono w p.4.5.

Wskaźniki kosztu przejścia dla podsystemów liniowych, tzn. γ_{kp}^{TZDMRF} oraz γ_{kp}^{TDSDF} mogą

być obliczane również ze wzorów jak niżej: $\gamma_{kp} = \frac{K_{Kr}}{\lambda_{Kr}} \text{ [zł/jłpj]} \quad (19)$

gdzie: K_{Kr} – koszt realizacji jednego kursu; $K_{Kr} = t_c^{Kr} \cdot (k_U + k_L) \text{ [zł/kurs]}, \quad (20)$

k_U – koszt godziny pracy samochodu ciężarowego (wg wzorów 12, 13 i 14),

k_L – koszt godziny pracy pracownika (wg wzorów 15 i 16),

λ_{Kr} – liczba jłpj w jednym kursie przy przepływach jednostek jednorodnych, np. w podsystemie TDDMRF,

λ_{Kr}^m – liczba jłpj i jłpk (jednostek ładunkowych paletowych skompletowanych), nazwanych jednostkami mieszanymi (jłpm), w podsystemie TDSDF Uwaga. Zważywszy, że wskaźniki odniesione są do jłpj, konieczne jest wprowadzenie we wzorze 19 współczynnika

$$\varphi_m = 1 + \frac{\tau}{\rho} - \tau \text{ wynikającego z zależności: } \lambda_{Kr} = \frac{\lambda_{Kr}^m}{m} = \frac{\lambda_{Kr}^m}{1 + \frac{\tau}{\rho} - \tau} \quad (21)$$

τ – stopień komisjonowania; ρ – stopień wypełnienia jednostki skompletowanej,

$$t_c^{Kr} - \text{czas realizacji jednego kursu } t_c^{Kr} = 2 \cdot \frac{L}{V_{sr}} + (t_z + t_w) \cdot \lambda_{Kr} + 2 \cdot t_k \text{ [h]}, \quad (22)$$

L – odległość punktu odbioru od punktu nadania [km],

t_z – czas załadunku jednej palety [h]; t_w – czas wyładunku jednej palety [h],

t_k – czas kontroli samochodu przy wjeździe lub przy wyjeździe [h].

4. WYNIKI OBLICZENIA KOSZTÓW I WSKAŹNIKÓW KOSZTÓW PRZEJŚCIA W PODSYSTEMACH.

4.1. Podsystem logistyczny PLWYPR

Charakterystyka obiektu:

- roczny przeładunek na wejściu $P_{WE}^R = 36.800$ jłpj
- liczba dni roboczych w roku $d_r = 250$
- współczynnik spiętrzeń dobowych na wejściu $\phi_{WE} = 1,3$
- dobowy przepływ na wejściu do magazynu w dobie miarodajnej $\lambda_{WE}^D = 190$ jłpj
- roczny przeładunek na wyjściu ze strefy składowania $P_{WYS}^R = 36.800$ jłpj
- współczynnik spiętrzeń dobowych na wyjściu $\phi_{WY} = 1,5$
- dobowe wyjście ze strefy składowania magazynu w dobie miarodajnej $\lambda_{WYS}^D = 220$ jłpj
- normatyw zapasu magazynowego wynosi $N = 12$ dni
- współczynnik wykorzystania czasu pracy w magazynie $\phi_t = 0,85-090$
- pojemność strefy składowania wynosi $Z_p = 1760$ miejsc paletowych
- powierzchnia całkowita magazynu $F_M = 2042$ m²
- kubatura magazynu $V_M = 15.694$ m³

Koszty i wskaźniki:

- roczne łączne koszty utrzymania $K_U^R = 661.680$ zł/rok
- w tym: koszty utrzymania infrastruktury $K_{UB}^R = 235.380$ zł/rok
- koszty utrzymania wyposażenia $K_{UWT}^R = 426.300$ zł/rok
- roczne łączne koszty pracy ludzkiej $K_L^R = 547.000$ zł/rok
- w tym: koszty obsługi strumieni ładunków $K_{LT}^R = 448.000$ zł/rok
- koszty obsługi strumieni informacji $K_{LN}^R = 99.000$ zł/rok
- roczne łączne koszty eksploatacyjne $K_E^R = 1.208.680$ zł/rok
- wskaźnik kosztu przejścia $\gamma_{kp} = \frac{1.208.680}{36.800} = 32,84$ zł/jłpj

4.2. Podsystem logistyczny TDDMRF

Dane dla wariantu 1: $L = 25,0$ km; $V_{sr} = 20$ km/h; $t_z = t_w = 0,04$ h; $\lambda_{Kr} = 20$ jłpm; $N = 180.000$ zł; $k_o = 13,20$ zł/h; $\gamma_{kz} = 0,55$; $t_k = 0,04$ h;

$$t_{c1}^{Kr} = 2 \cdot \frac{25,0}{20} + (0,04 + 0,04) \cdot 20 + 2 \cdot 0,04 = 2,5 + 1,6 + 0,08 = 4,18 \text{ h,}$$

$$k_U = \frac{180.000 \cdot (0,14 + 0,04 + 0,15)}{3.996 \cdot 0,80} + \frac{20 \cdot 18 \cdot 4,0}{100} = 18,58 + 14,4 = 32,98 \text{ zł/h,}$$

$$k_L = 13,20 \cdot (1 + 0,55) \cdot \frac{1}{0,85} = 24,07 \text{ zł/h,}$$

$$K_{Kr}^{TZDMRF-1} = (32,98 + 24,07) \cdot 4,18 = 238,47 \text{ zł/kurs,}$$

$$\gamma_{kp}^{TZDMRF-1} = \frac{238,47}{20} = 11,92 \text{ zł/jłp.}$$

Dane dla wariantu 2: $L = 250 \text{ km}$; $V_{sr} = 50 \text{ km/h}$; $t_z = t_w = 0,08 \text{ h}$; $\lambda_{Kr} = 33 \text{ jłp}$; $N = 300.000 \text{ zł}$; $k_o = 15,00 \text{ zł/h}$; $t_{kz} = 0,55$; $t_k = 0,08 \text{ h}$,

$$t_{c2}^{Kr} = 2 \cdot \frac{250}{50} + (0,04 + 0,04) \cdot 33 + 2 \cdot 0,08 = 12,8 \text{ h,}$$

$$k_U = \frac{300.000 \cdot (0,14 + 0,04 + 0,15)}{3.996 \cdot 0,80} + \frac{50 \cdot 18 \cdot 4,0}{100} = 30,97 + 36,00 = 66,97 \text{ zł/h,}$$

$$k_L = 15,0 \cdot (1 + 0,55) \cdot \frac{1}{0,85} = 27,35 \text{ zł/h,}$$

$$K_{Kr}^{TZDMRF-2} = (66,97 + 27,35) \cdot 12,8 = 1.207,30 \text{ zł/kurs,}$$

$$\gamma_{kp}^{TZDMRF-2} = \frac{1.207,3}{33} = 36,58 \text{ zł/jłp.}$$

4.3. Podsystem logistyczny DDMRF

Charakterystyka obiektu:

- roczny przeładunek na wejściu $P_{WE}^R = 34.560 \text{ jłpj}$
- liczba dni roboczych w roku $d_r = 250$
- współczynnik spiętrzeń dobowych na wejściu $\phi_{WE} = 1,3$
- dobowy przepływ na wejściu do magazynu w dobie miarodajnej $\lambda_{WE}^D = 180 \text{ jłpj}$
- roczny przeładunek na wyjściu ze strefy składowania $P_{WYS}^R = 34.560 \text{ jłpj}$
- dobowe wyjście ze strefy składowania magazynu w dobie miarodajnej $\lambda_{WYS}^D = 222 \text{ jłpj}$
- stopień komisjonowania wynosi $\tau = 0,75$
- stopień wypełnienia jednostki ładunkowej paletowej skompletowanej wynosi $\rho = 0,6$
- struktura średniej jednostki ładunkowej paletowej skompletowanej wynosi $w \cdot p = 10 \times 4$
- maksymalna liczba artykułów podlegająca komisjonowaniu wynosi 200
- normatyw zapasu magazynowego wynosi $N = 25 \text{ dni}$
- współczynnik wykorzystania czasu pracy w magazynie $\phi_t = 0,85-0,90$
- pojemność strefy składowania wynosi $Z_p = 3.456 \text{ miejsc paletowych}$
- powierzchnia całkowita magazynu $F_M = 3.714 \text{ m}^2$
- kubatura magazynu $V_M = 28.536 \text{ m}^3$

Koszty i wskaźniki:

- roczne łączne koszty utrzymania $K_U^R = 1.017.776$ zł/rok
- w tym: koszty utrzymania infrastruktury..... $K_{UB}^R = 427.968$ zł/rok
- koszty utrzymania wyposażenia $K_{UWT}^R = 589.808$ zł/rok
- roczne łączne koszty pracy ludzkiej $K_L^R = 1.589.120$ zł/rok
- w tym: koszty obsługi strumieni ładunków $K_{LT}^R = 1.115.000$ zł/rok
- koszty obsługi strumieni informacji $K_{LN}^R = 474.120$ zł/rok
- roczne łączne koszty eksploatacyjne $K_E^R = 2.606.896$ zł/rok
- wskaźnik kosztu przejścia $\gamma_{kp} = \frac{2.606.896}{34.560} = 75,43$ zł/jłpj
- wskaźnik udziału kosztów pracy ludzkiej $\gamma_{kL} = \frac{K_L^R}{K_E^R} = \frac{1.589.120}{2.606.896} = 0,61$
- wskaźnik udziału kosztów obsługi informacyjnej..... $\gamma_{kN} = \frac{K_{LN}^R}{K_L^R} = \frac{474.120}{1.589.120} = 0,30$

4.4. Podsystem logistyczny TDSDF

Dane dla wariantu 1: $L = 10$ km; $V_{sr} = 18$ km/h; $t_z = 0,045$ h; $t_w = 0,065$ h; $\lambda_{Kr}^m = 7$ jłpm/kurs; $N = 45.000$ zł; $k_o = 11,80$ zł/h; $\gamma_{kz} = 0,50$; $t_k = 0,04$ h; $\tau = 0,75$; $\rho = 0,6$;

$$t_{c1}^{Kr} = 2 \cdot \frac{10}{18} + (0,045 + 0,065) \cdot 7 + 2 \cdot 0,04 = 1,11 + 0,77 + 0,08 = 1,96 \text{ h}$$

$$k_U = \frac{45.000 \cdot (0,14 + 0,04 + 0,15)}{3996 \cdot 0,8} + \frac{10 \cdot 12 \cdot 4,0}{100} = 4,65 + 4,8 = 9,45 \text{ zł/h}$$

$$k_L = 11,8 \cdot (1 + 0,50) \cdot \frac{1}{0,85} = 20,82 \text{ zł/h} \quad \varphi_m = 1 + \frac{0,75}{0,6} - 0,75 = 1,5$$

$$K_{Kr}^{TZDMRF^{-1}} = (9,45 + 20,82) \cdot 1,96 = 59,33 \text{ zł/kurs}$$

$$\gamma_{kp}^{TZDMRF^{-1}} = \frac{59,33 \cdot 1,5}{7} = 12,70 \text{ zł/jłp.}$$

Dane dla wariantu 2: $L = 25,0$ km; $V_{sr} = 25$ km/h; $t_z = 0,045$ h; $t_w = 0,065$ h; $\lambda_{Kr}^m = 15$ jłp; $N = 75.000$ zł; $k_o = 12,20$ zł/h; reszta jak w wariantcie 1

$$t_{c2}^{Kr} = 2 \cdot \frac{25,0}{25} + (0,045 + 0,065) \cdot 15 + 2 \cdot 0,04 = 3,73 \text{ h/kurs}$$

$$k_U = \frac{75.000 \cdot (0,14 + 0,04 + 0,15)}{3.996 \cdot 0,80} + \frac{25 \cdot 14 \cdot 4,0}{100} = 7,74 + 14,0 = 21,74 \text{ zł/h}$$

$$k_L = 12,20 \cdot (1 + 0,50) \cdot \frac{1}{0,85} = 21,53 \text{ zł/h}$$

$$K_{Kr}^{TZDMRF-2} = (21,74 + 21,53) \cdot 3,73 = 161,40 \text{ zł/kurs}$$

$$\gamma_{kp}^{TZDMRF-2} = \frac{161,40 \cdot 1,5}{15} = 16,14 \text{ zł/jłp.}$$

4.5. Podsystem logistyczny DDSDF

Charakterystyka obiektu

Działka o powierzchni 3.000 m²; kubatura obiektu – 7.974 m³ Przepływy ładunków: roczny– 12.500 jłpj; dobowy 36 jłpj i 67 jłpk, co daje łącznie 4.984 oz. Normatyw zapasu N_z = 2 dni. Współczynnik spiętrzeń dobowych $\phi_{WE} = 1,6$. Wskaźnik komisjonowania $\tau = 0,75$. Wskaźnik wypełnienia jłpk $\rho = 0,6$.

Koszty i wskaźniki

	E l e m e n t y					Podsystem
	IP _{SDF}	W _{SDF}	TS _{SDF}	TW _{SDF}	OF _{SDF}	DDSDF
K _{UB} ^R =	37.875	37.875	37.875	37.875	130.775	283.275 zł/rok
K _{UT+S} ^R =	5.000	5.000	-	5.000	5.720	20.720 zł/rok
K _U ^R =	42.875	42.875	37.875	42.875	136.495	303.995 zł/rok
K _L ^R =	170.000	90.000	33.040	100.000	248.880	641.920 zł/rok
K _E ^R =	212.875	132.875	70.915	142.875	385.375	945.915 zł/rok
γ_{kp} =	17,03	10,63	56,67	11,43	30,83	75,59
γ_{kL} =						0,679
γ_{kN} =						0,460

5. Wnioski z uzyskanych wyników

- 5.1. Znajomość rozkładu i struktury kosztów w łańcuchu pozwala na krytyczne podejście do jego racjonalizacji, w przypadku łańcuchów eksploatowanych.
- 5.2. Znajomość wielkości kosztów w podsystemach i ich elementach pozwala na racjonalne kształtowanie łańcuchów logistycznych w stadium i projektowania.
- 5.3. Głównymi czynnikami (zmiennymi) przy badaniu wskaźników kosztu przejścia γ_{kp} ich struktury powinny być:
 - dla podsystemów liniowych odległości przewozu i ładowność środka transportowego oraz odpowiednia liczba racjonalnych modeli łańcuchów logistycznych, a w pogłębionych badaniach, przy obliczaniu wartości γ_{kp} dla określonego zadania logistycznego w podsystemie, konieczna będzie miarodajna dla praktyki gama tych zmiennych,
 - dla podsystemów punktowych ceny gruntów, technologie budowlane, technologie składowania, rozdziału, kompletacji i konsolidacji oraz z uwagi na znaczne (46%) koszty przekształcania strumieni informacji, technologie informacyjne i informatyczne; szczególnej uwagi wymagać będzie uwzględnienie, przy korzystaniu ze wskaźników, pojemności buforów (np. liczba miejsc paletowych w strefie składowania) w podsystemach punktowych, które obciążają koszty nie powiększając przepływu ładunków przez podsystem.
- 5.4. Już pierwsze wrywkowe⁴ wyniki kształtowania oraz obliczeń

⁴ Dla przeprowadzenia badań na racjonalnych modelach łańcuchów transportowo-magazynowych i przy miarodajnej liczbie zmiennych dla ukształtowania wariantowych podsystemów logistycznych, z możliwością ich konfrontowania z praktyką, potrzebny jest odrębny, dwuletni projekt badawczy o budżecie około 1,5 mln. Zł.

kosztów i wskaźników wskazują na duże zróżnicowanie kosztów eksploatacyjnych w poszczególnych podsystemach łańcucha logistycznego.

- 5.5. Na uwagę zasługuje fakt, że wskaźniki kosztów przejścia jednostki ładunku przez podsystemy punktowe są znacznie wyższe niż w podsystemach liniowych. Osłabia to rolę przewozów w łańcuchach logistycznych.
- 5.6. Efektów tzw. komodalnego transportu trzeba szukać we wszystkich ogniwach łańcucha logistycznego. W celu zintegrowania podsystemów punktowych z podsystemami liniowymi można traktować przekształcanie strumieni ładunków w podsystemach punktowych jako „transport z prędkością zerową”⁵

LITERATURA

- [1] Fijałkowski J.: *Transport wewnętrzny w systemach logistycznych. Wybrane zagadnienia*. OWPW, Warszawa 2003.
- [2] Fijałkowski J.: *Technologia magazynowania. Wybrane zagadnienia*. OWPW, Warszawa 1995.

COST STRUCTURE IN SUPPLY CHAIN OF NATIONAL LOGISTICS SYSTEM

Abstract

This paper aims in examining the distribution of the logistics and transportation costs in chains, linking the primary vendors with target consumers. This chains realize the streams of material flows and related information in linear objects (transport) and pointwise objects (buffering, distribution, picking, consolidation). This paper presents the first results of research and the way of the investigation according to the flowchart of the national logistics system (KSL) [1], locating transportation and warehouse chains in selected functional areas of KSL. This processes were divided into subsystems, processes and operations. Activities, processes and subsystems are subject to sizing in terms of performance and cost. These costs concern infrastructure (only for point-wise objects), equipment and labour force). The results of previous studies are presented in a graph of costs of the unit load movement through the logistics chain, against the form in which the body appears in various chain. The final results will serve to indicate the most expensive of the existing chains of cells in warehouse chain and to point optimal (due to costs) new chains. Examination of the total costs of point and linear objects creates a criterion for evaluating the effects of co-modal transport.

Keywords: supply chain, national logistic system, hierarchical distribution

⁵ Z takim podejściem zachodnich specjalistów w zakresie przepływu ładunków, autor spotkał się już w latach siedemdziesiątych.