




# WOLAŃSKI



## EWALUACJA EFEKTÓW WSPARCIA W RAMACH III OSI PRIORYTETOWEJ PONADREGIONALNA INFRASTRUKTURA KOLEJOWA PO PW 2014-2020, W TYM WPŁYWU NA REDUKCJĘ BARIER ROZWOJU MAKROREGIONU POLSKI WSCHODNIEJ

ZAŁĄCZNIK 6. ZAŁOŻENIA MODELU KOSZTOWEGO DLA  
TRANSPORTU TOWARÓW

SIERPIEŃ 2019



dr Michał Wolański

Paulina Kozłowska

Wiktor Mrozowski

Maciej Pańczak

Mateusz Pieróg

Łukasz Widła-Domaradzki

WSPÓŁPRACA:

Jakub Kaczorowski

Badanie ewaluacyjne współfinansowane przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego.



## SPIS TREŚCI

1.	Model kosztowy dla transportu kolejowego.....	2
1.1.	Koszty zmienne .....	2
1.1.1.	Oplaty za dostęp do infrastruktury PKP PLK.....	2
1.1.2.	Energia elektryczna .....	3
1.1.3.	Paliwo.....	4
1.2.	Koszty quasi-stałe .....	5
1.2.1.	Obsada .....	7
1.2.2.	Lokomotywa.....	8
1.2.3.	Wagony.....	9
1.3.	Koszty stałe .....	10
1.3.1.	Narzut kosztów centrali .....	10
2.	Podsumowanie .....	11
3.	Zestawienie wartości wejściowych i wyjściowych .....	12



# 1. MODEL KOSZTOWY DLA TRANSPORTU KOLEJOWEGO

Model przedstawia koszt wykonania konkretnego zadania przewozowego z wykorzystaniem transportu kolejowego. Zadanie przewozowe jest wybrane w sposób reprezentatywny dla danego segmentu i roku.

Przedmiotem modelu jest zatem przewóz dwukierunkowy, obejmujący również zwrot pustych wagonów, który stanowi część zadania i jego kosztów<sup>1</sup>.

Podstawowy model przedstawia uśrednione koszty zadania przewozowego w ujęciu rocznym dla roku dla ogółu przewozów towarowych.

Wartościami wejściowymi do modelu są:

- średnia masa pociągu brutto ( $M_b$ ) – pozyskana jako iloraz pracy przewozowej i pracy eksploatacyjnej z SOLK;
- odległość przewozu ( $s$ ), czyli długość odcinka, dla którego liczony jest koszt przewozu.

Całkowity koszt przewozu stanowi suma kosztów zmiennych (koszty dostępu do infrastruktury, energii i paliwa), quasi-stałych (koszty personelu i taboru) i stałych (tzw. koszty narzutu centrali), według wzoru:

$$\text{Koszt całkowity kolej} (K_{ck}) = (K_i + K_{en} + K_p + K_o + K_l + K_w + K_s)$$

## 1.1. KOSZTY ZMIENNE

### 1.1.1. OPŁATY ZA DOSTĘP DO INFRASTRUKTURY PKP PLK

Całkowity koszt dostępu do infrastruktury stanowi suma kosztów dostępu dla składu ładownego oraz składu próżnego. Każdy ze składników sumy obliczany jest jako iloczyn odległości oraz stawki dla przedziału masowego, do którego należy skład.

Masa składu ładownego to suma masy ładunku netto, masy wagonów oraz masy lokomotywy. Sposób wyznaczenia wymienionych wartości zostanie przedstawiony w kolejnym podrozdziale.

Stawki dostępu dla modelu prezentującego dane w ujęciu rocznym zostały obliczone na podstawie rzeczywistych stawek cennikowych.

Koszt opracowania indywidualnego rozkładu jazdy został w modelu pominięty.

Szczegółowa wysokość kosztu dostępu do infrastruktury dla zadania przewozowego kształtuje się następująco:

$$\text{Koszty dostępu do infrastruktury } (K_i) = PLK_f (M_f) * s + PLK_e (M_e) * (1 - BACK) * s$$

Gdzie:

<sup>1</sup> W modelu przyjęto, że po rozładunku skład wraca na tą samą stację załadunkową, tą samą trasą, po której był prowadzony pociąg ładowny.

**PLK<sub>f</sub> (M<sub>f</sub>)** – stawka dla zadanej masy składu ładownego (**M<sub>f</sub>**),

**M<sub>f</sub>** – masa składu ładownego (por. Rozdział 1),

**BACK** – prawdopodobieństwo uzyskania ładunku powrotnego (por. część 1.2),

**PLK<sub>e</sub> (M<sub>e</sub>)** – stawka dla zadanej masy składu próżnego (**M<sub>e</sub>**),

**M<sub>e</sub>** – masa składu próżnego (por. część 1.2).

### 1.1.2. ENERGIA ELEKTRYCZNA

Całkowity koszt energii elektrycznej stanowi suma kosztów energii dla składu ładownego oraz składu próżnego. Koszt dla każdego ze składów to suma kosztów bezpośrednich za moc umowną oraz kosztów pośrednich w odniesieniu do ilości energii pobranej. W modelu przyjęto, że przewoźnik wykorzystuje lokomotywy elektryczne tam, gdzie to możliwe, dokonując zmiany trakcji na styku odcinka zelektryfikowanego i niezelektryfikowanego.

Kalkulacja energii pobieranej jest prowadzona na podstawie taryfy Bt21 PKP Energetyka S.A, na którą składają się dwa składniki – ilość energii pobranej oraz moc umowna. Przedstawiają się one następująco:

*Ilość energii pobranej [MWh]=praca przewozowa na odcinku zelektryfikowanym [brtkm]\*WJZE\*0,001*

*Moc umowna [kW]= ilość energii pobranej / współczynnik czasu wykorzystania mocy*

Gdzie *WJZE* jest współczynnikiem jednostkowego zużycia energii, zależnym od przeciętnej masy brutto pociągów prowadzonych trakcją elektryczną przez danego przewoźnika, który przyjmuje wartości z przedziału 10,1 – 17,6.

*Współczynnik wykorzystania czasu mocy* jest wartością stałą i wynosi od 70 do 120 w zależności od wielkości całkowitego zużycia energii przez danego przewoźnika. Uzyskane wartości poboru energii oraz mocy umownej stanowią podstawę do wyliczenia kosztu zużycia energii według następującego schematu który zawiera Tabela 1.

Tabela 1. Zestawienie składników taryfy Bt21 PKP Energetyka S.A. wraz z metodą wyliczenia.

SKŁADNIK TARYFY	METODA WYLICZENIA
Bezpośredni koszt energii	281,44 PLN / MWh
Stawka zmienna sieciowa	152,63 PLN / MWh
Oplata jakościowa	11,52 PLN / MWh
Łączne koszty bezpośrednie	445,59 PLN / MWh
Stawka stała sieciowa	15,53 PLN / kW
Oplata przejściowa	2,10 PLN / kW
Łączne koszty pośrednie	17,63 PLN / kW

Źródło: opracowanie własne.

Każdy ze składników sumy obliczany jest dla zelektryfikowanej części trasy przewozu oraz masy brutto składu z lokomotywą. Jako procent elektryfikacji przyjęto 0%, jeżeli według SOLK na danym odcinku nie są dostępne urządzenia trakcyjne lub 100%, jeżeli są dostępne.

**$Koszt\ energii\ elektrycznej\ (Ken) = 445,59 * ilość\ energii\ pobranej\ przez\ skład\ ładowny + 17,63 * moc\ umowna\ dla\ składu\ ładownego + 445,59 * ilość\ energii\ pobranej\ przez\ skład\ ładowny + 17,63 * moc\ umowna\ dla\ składu\ próżnego$**

### 1.1.3. PALIWO

Całkowity koszt paliwa stanowi suma kosztów paliwa dla składu ładownego, składu próżnego oraz dla prac manewrowych. Składniki sumy dla każdego ze składów obliczane są dla niezelektryfikowanej części trasy przewozu. Procent elektryfikacji obliczono w identyczny sposób jak wyżej.

Rzeczywiste spalanie jednostkowe ON zależy od następujących czynników:

- typ i seria lokomotywy,
- masa brutto pociągu,
- profil linii,
- prędkość techniczna na danym odcinku,
- styl jazdy maszynisty,
- liczba zatrzymań pociągu na drodze przebiegu (im więcej, tym większe zużycie).

W obliczu niemożności uwzględnienia wszystkich wyżej wymienionych czynników dokonano estymacji krzywej spalania jednostkowego ON w zależności od masy brutto pociągu. Najlepiej dopasowanym do rzeczywistych danych dot. spalania równaniem ( $R_2 = 0,88$ ) okazała się funkcja wielomianowa o następującej postaci:

$$spalanie\ jednostkowe = 0,0598 * masa\ brutto^{0,5989}$$

Olej napędowy jest wykorzystywany także w przypadku konieczności wykonywania manewrów na bocznicy klienta lub przy rampie przeładunkowej. Manewry te polegają na przestawianiu grup wagonów oraz jazdach manewrowych w obrębie stacji i/lub terminala. W praktyce przyjmuje się uśrednione spalanie jednostkowe lokomotywy wykonującej manewry na poziomie 20 litrów ON na godzinę, taka wartość stanowi również punkt odniesienia w niniejszym modelu kosztowym.

Koszt paliwa dla prac manewrowych został obliczony przy uwzględnieniu mnożnika prac manewrowych, dla którego autorzy opracowania przyjęli wartość 1 (prace manewrowe na jednym krańcu trasy).

Jako cenę paliwa wykorzystano średnią roczną cenę oleju napędowego Orlen Ekodiesel według cenników hurtowych producenta.

$$Koszt\ paliwa\ (Kp) = 0,0598 * M_f^{0,5989} * (1 - P_e) * s * ON + (1-BACK) * 0,0598 * M_e^{0,5989} * (1 - P_e) * s * ON + MAN * 12 * 20 * ON$$

Gdzie:

$P_e$  – udział odcinka prowadzonego trakcją elektryczną w całości trasy,

**ON** – cena litra oleju,

**MAN** – mnożnik prac manewrowych (przyjmujący wartości: 0 – brak prac manewrowych, 1 – prace manewrowe na jednym krańcu trasy, 2 – prace manewrowe na obu krańcach trasy).

## 1.2. KOSZTY QUASI-STALE

Do kosztów quasi-stałych zaliczono wydatki przewoźnika których nie można bezpośrednio odnieść do pracy eksploatacyjnej, tj. koszty drużyn trakcyjnych i manewrowych oraz koszty taboru trakcyjnego i wagonów. W tym celu przygotowano listę typowych ładunków przewożonych koleją. Dla każdego rodzaju ładunku dopasowano typ wagonu przeznaczony do jego przewożenia wraz z mnożnikiem eksploatacji i masą wagonu (por. Tabela 2).

Ponadto, wyznaczono typowe masy netto ładunków (w przypadku przewozów intermodalnych – na podstawie faktycznych danych o przewozach, w przypadku pozostałych rodzajów przewozów ustalono je ekspercko na podstawie doświadczeń krajowych przewoźników) i prawdopodobieństwo na pozyskanie ładunku zwrotnego.

Tabela 2. Zestawienie typowych ładunków wożonych koleją wraz z rodzajem, liczbą, masą oraz mnożnikiem kosztów eksploatacji wagonów oraz prawdopodobieństwem pozyskania ładunku zwrotnego.

RODZAJ I ODBIORCA PRZESYŁKI	RODZAJ WAGONÓW	LICZBA WAGONÓW (W)	MASA NETTO (M <sub>E</sub> )	P. ŁADUNKU ZWROTNEGO (BACK)	MNOŻNIK KOSZTÓW EKSPLOATACJI (M <sub>W</sub> )	MASA WAGONU	ŚREDNI ZAŁADUNEK NA WAGON
Węgiel – duży odbiorca (EC, zakłady chemiczne)	E,F	40	2300	0,07	1,25	20,00	57,5
Węgiel – mały odbiorca (PEC, małe zakłady, cukrownie)	E,F	26	1500	0,07	1,25	20,00	57,7
Kruszywo	E,F	36	2050	0,03	1,25	20,00	56,9
Koks	E,F	35	1400	0,07	1,25	20,00	40,0
Ruda żelaza	E	40	2300	0,24	1,00	20,00	57,5
Ciężkie produkty naftowe	Z	34	1800	0,18	1,10	26,00	52,9
Przesyłki intermodalne	S	20	485,8	0,81	0,80	22,00	24,3
Chemia różna	Z	27	1300	0,18	1,10	26,00	48,1

RODZAJ I ODBIORCA PRZESYŁKI	RODZAJ WAGONÓW	LICZBA WAGONÓW (W)	MASA NETTO (M <sub>E</sub> )	P. ŁADUNKU ZWROTNEGO (BACK)	MNOŻNIK KOSZTÓW EKSPLOATACJI (M <sub>w</sub> )	MASA WAGONU	ŚREDNI ZAŁADUNEK NA WAGON
Cement, nawozy sypkie	T,U	30	1200	0,18	1,35	24,50	40,0
Drewno	E,R	40	1600	0,07	0,80	20,00	40,0
Zboże	T,U	32	1800	0,07	1,35	23,00	56,3
Całopociągowa drobnica – wagony kryte	H	20	1000	0,07	2,05	30,00	50,0

Źródło: Opracowanie własne.

Na jej podstawie obliczono wartość załadunku na wagon dla każdego rodzaju ładunku jako iloraz masy netto i liczby wagonów występujących podczas realizacji typowego zadania przewozowego dla danego dobra.

Rodzaje ładunków przyporządkowano do segmentów. Wykorzystując średnią ważoną obliczono średni załadunek na wagon (mając na uwadze maksymalną ładowność typu wagonu). Wagi dla danego segmentu stanowią udziały wielkości przewozów poszczególnych dóbr w całości przewozów ładunków koleją (opracowane na podstawie danych GUS). W niniejszym badaniu przeliczono koszty przewozu dla segmentu ogółu przewozów towarowych.

Wyżej wymieniony zbiór danych pozwolił na ustalenie wielkości średniego ładunku netto oraz tary (masy wagonów) na podstawie średniej masy pociągów w danym segmencie. Średnia masa netto ładunku została obliczona przy uwzględnieniu średniej masy i ładowności wagonu oraz przy przyjęciu masy lokomotywy równej 100 ton<sup>2</sup>. Tara została ustalona na podstawie ww. danych o masie wagonu próżnego. Masa brutto pociągu to suma ładunku netto, tary oraz średniej masy lokomotywy na poziomie 120 t.

Rodzaje ładunków dopasowane do typowych przewozów w zakresie jednego segmentu wykorzystano również do stworzenia średniej ważonej wartości parametru BACK, czyli prawdopodobieństwa uzyskania ładunku powrotnego.

Uzyskane wartości (prawdopodobieństwo uzyskania ładunku powrotnego **BACK**, mnożnik eksploatacji wagonu **M<sub>w</sub>**, masa ładunku netto **M<sub>n</sub>**, tara **T**, liczba wagonów **w**) posłużyły do

<sup>2</sup> Przybliżenie wynika z faktu że wg danych z SEPE z lat 2012-2014 masa lokomotywy wynosiła 100 ton niezależnie od jej typu.



obliczenia kosztów eksploatacji wagonów oraz kosztów obsady, zaś masa składu ładownego  $M_f$  i próżnego  $M_e$  – do obliczenia wspomnianych wcześniej kosztów dostępu do infrastruktury.

$M_b$  (masa brutto) – wartość wejściowa do modelu

$M_n$  (masa netto) =  $(2 * (M_b - 100) * \text{średni załadunek na wagon}) / (\text{średni załadunek na wagon} + (\text{BACK} * \text{średni załadunek na wagon}) + (2 * \text{masa wagonu}))$

$T$  (tara) =  $(M_n * \text{masa wagonu}) / \text{średni załadunek na wagon}$

$M_f = 120 + T + M_n$

$M_e = 120 + T$

$w = M_n / \text{średni załadunek na wagon}$  [zaokrąglono w górę]

#### 1.2.1. OBSADA

Co do zasady, jazdy pociągowe mogą być prowadzone w pojedynczej obsadzie, często jednak niezbędne jest zatrudnienie pomocnika maszynisty lub rewidenta, np. w przypadku konieczności zmiany czoła pociągu lub zmiany środka trakcyjnego. Podczas prac manewrowych niezbędne jest zaangażowanie dwuosobowej drużyny manewrowej (maszynista + ustawiacz).

Jednostkowe zarobki członków drużyn przedstawiają się następująco:

##### 1.2.1.1. MASZYNISTA

Biorąc pod uwagę przeciętne wynagrodzenie maszynistów zatrudnionych w polskich firmach przewozowych, średni całkowity koszt pracodawcy wynosi 8 200 PLN miesięcznie, po uwzględnieniu narzutu na wydatki związane z podróżami służbowymi - 10 900 PLN miesięcznie.

Podany koszt miesięczny odniesiono do godziny pracy pociągowej lub manewrowej uwzględniając rezerwę urlopową, chorobową oraz wymiar czasu pracy w 2016 roku.

*godzinny koszt pracy =  $10900 / (169,2 * 0,82) = 78,56 \text{ PLN} / h$*

##### 1.2.1.2. USTAWIACZ, POMOCNIK MASZYNISTY, REWIDENT

Biorąc pod uwagę przeciętne wynagrodzenie ustawiaczy/pomocników maszynisty/rewidentów zatrudnionych w polskich firmach przewozowych, średni całkowity koszt pracodawcy wynosi 6 400 PLN miesięcznie, po uwzględnieniu narzutu na wydatki związane z podróżami służbowymi - 8 100 PLN miesięcznie. Podany koszt miesięczny odniesiono do godziny pracy pociągowej lub manewrowej uwzględniając rezerwę urlopową, chorobową oraz wymiar czasu pracy w 2016 roku.

*godzinny koszt pracy =  $8100 / (169,2 * 0,82) = 58,98 \text{ PLN} / h$*

Koszty obsady zostały obliczone jako suma kosztów dla czasu jazdy w 50% w pojedynczej oraz 50% w podwójnej obsadzie oraz dla podwójnej obsady przy wykonywaniu prac manewrowych. Dla mnożnika prac manewrowych autorzy opracowania przyjęli wartość 1 (prace manewrowe na jednym krańcu trasy).

Jako  $v$  przyjęto średnią dopuszczalną prędkość na badanym odcinku.

**Koszty obsady ( $K_o$ ) = (2 - BACK) \* (78,56 + 0,5 \* 58,98) \* (s / v) + (78,56 + 58,98) \* 12 \* MAN**

## 1.2.2. LOKOMOTYWA

Na łączne koszty pojazdu trakcyjne składają się koszty utrzymania oraz koszty kapitałowe. W modelu przyjęto że skład zawsze prowadzony jest jedną lokomotywą.

Na koszty utrzymania składają się m.in.:

- koszty nabycia materiałów eksploatacyjnych (oleje, smary, klocki hamulcowe, bezpieczniki);
- koszty nieplanowych napraw;
- koszty planowych napraw bieżących (tzw. „małe” utrzymanie lub utrzymanie poziomu 1-3);
- koszty planowych napraw rewizyjnych oraz głównych (tzw. „duże” utrzymanie lub utrzymanie poziomu 4-5);
- dające się przypisać w sposób bezpośredni koszty personelu zaangażowanego w utrzymanie i naprawy lokomotyw.

Faktyczny roczny koszt utrzymania lokomotywy zależy przede wszystkim od obowiązującej Dokumentacji Systemu Utrzymania dla danego typu oraz od statusu własnościowego lokomotywy (jeśli jest ona leasingowana, często naprawy poziomu 4 i 5 wykonuje leasingodawca). Biorąc pod uwagę strukturę ilostanu taboru poruszającego się po polskich torach, można przyjąć kwotę 1 200 000 PLN rocznie na potrzeby niniejszego modelu.

W praktyce rozdziela się ww. koszty utrzymania na pokonane przez lokomotywę kilometry, jest to klucz rozliczeniowy najlepiej odzwierciedlający zużycie jej części biegowych. Przy rocznym przebiegu lokomotywy rzędu 320.000 kilometrów uzyskujemy zatem następującą wartość jednostkowego kosztu utrzymania:

$$\text{jednostkowy koszt utrzymania lokomotywy} = 1200000 \text{ PLN} / 320000 \text{ km} = 3,75 \text{ PLN/km}$$

Poprzez koszt kapitałowy lokomotywy należy rozumieć jej amortyzację lub wysokość opłat leasingowych w zależności od przyjętej metody finansowania. Okres amortyzacji lokomotyw wynosi z reguły 20-24 lata, przeciętna wartość początkowa (biorąc pod uwagę ilostan taboru poruszającego się po polskiej sieci kolejowej) wynosi zaś 6 200 000 PLN. W przypadku leasingu miesięczna rata wynosi od 70 000 do 120 000 PLN w zależności od typu lokomotywy – przeciętnie 95 000 PLN w skali miesiąca.

Kluczem rozliczeniowym przyjętym do rozliczenia kosztu kapitałowego lokomotywy na poszczególne przewozy jest czas przewozu, uwzględniający czas jazd pociągowych oraz czas pozostawania wagonów pod za- i rozładunkiem. Przy założeniu, że tabor jest wykorzystywany przez 300 dni w roku, z reguły przez całą dobę, a połowa lokomotyw będących w dyspozycji przewoźnika jest amortyzowanych, połowa zaś leasingowanych, przeciętny godzinny koszt kapitałowy lokomotywy wynosi:

$$\text{koszt kapitałowy lokomotywy} = [6200000 / (22*300*24)] * 0,5 + [(365/300) * 95000 / (25*24)] * 0,5 = 100,52 \text{ PLN/h}$$

Całkowity koszt eksploatacji lokomotywy to suma iloczynu jednostkowego kosztu utrzymania lokomotywy i trasy wykonanej przez skład w obu kierunkach (przy uwzględnieniu prawdopodobieństwa uzyskania ładunku powrotnego – w tym przypadku koszty pokrywa nadawca ładunku powrotnego) oraz kosztu kapitałowego lokomotywy i całkowitego czasu przejazdu,

obejmującego rzeczywisty czas przejazdu w obie strony i czas pozostawiania wagonów pod za- i rozładunkiem.

$$\text{Koszt lokomotywy (K}_1\text{)} = (3,75 * (2 - \text{BACK}) * s + 100,52 * t)$$

Gdzie:

$$t = 2s/v + 12 * \text{MAN}$$

### 1.2.3. WAGONY

Koszty utrzymania oraz koszt kapitałowy wagonów różnią się diametralnie w zależności od zastosowanego typu wagonu i stopnia jego specjalizacji, dlatego na potrzeby niniejszego modelu wprowadzono dodatkową zmienną ( $M_w$ ), za pomocą której dokonywane jest rozróżnienie typu wagonów zadysponowanych do danego przewozu.

Mnożnik kosztów eksploatacji wagonów ( $M_w$ ) może przyjmować następujące wartości:

- 0 – wagony prywatne (dostarczone przez odbiorcę usługi logistycznej lub inny podmiot, niebędące w dyspozycji przewoźnika);
- 0,8 – wagony typu „R”, „S” (platformy normalnej budowy do przewozu ładunków intermodalnych i produktów stalowych);
- 1 – wagony typu „E” (węglarki normalnej budowy do przewozu węgla, koksu, kruszywa, drewna, rud metali itp.);
- 1,1 – wagony typu „Z” (cysterny do przewozu produktów naftowych, chemikaliów płynnych oraz gazu ziemnego);
- 1,25 – wagony typu „F” (węglarki specjalnej budowy do przewozu węgla i kamienia) 1,35 – wagony typu „T”, „U” (kryte zbiornikowe do przewozu cementu, zbóż i innych materiałów sypkich wymagających przykrycia);
- 2,05 – wagony typu „G”, „H” (kryte do przewozu ładunków drobnicowych).

Koszty związane z utrzymaniem wagonów obejmują m.in. zakup materiałów eksploatacyjnych (oleje, smary, klocki hamulcowe) oraz koszty nieplanowych napraw. Faktyczny roczny koszt utrzymania jednego wagonu typu węglarka wynosi około 15 000 PLN. Kluczem rozliczeniowym stosowanym do podziału rocznych kosztów utrzymania wagonów na poszczególne przewozy są pokonywane przez nie kilometry. Przy rocznym przebiegu wagonu na poziomie 320.000 kilometrów uzyskujemy następujący koszt jednostkowy:

$$\text{jednostkowy koszt utrzymania wagonu} = 15000 \text{ PLN} / 320000 \text{ km} = 0,047 \text{ PLN} / \text{km}$$

Na potrzeby niniejszego badania przyjęto wykorzystanie wagonu typu „E”.

#### 1.2.3.1. KOSZT KAPITAŁOWY

Poprzez koszt kapitałowy wagonu należy rozumieć jego amortyzację lub wysokość opłat leasingowych w zależności od przyjętej metody finansowania. W przypadku amortyzacji do kosztu kapitałowego należy doliczyć także koszty przeprowadzanych napraw rewizyjnych (NR w okresach 6-letnich – szacunkowy koszt 50 000 PLN), które powodują istotne ulepszenie (zwiększenie wartości księgowej) środka trwałego, jakim jest wagon. W takim układzie przeciętny koszt nabycia oraz ulepszania wagonu typu „E” wynosi 215 000 PLN, okres amortyzacji zaś – 12 lat. Rynkowe stawki opłat leasingowych w przypadku wagonów typu „E” kształtują się zaś na poziomie 60,00

PLN dziennie za wagon. Kontynuując wyjściowe założenie, iż tabor jest wykorzystywany przez 300 dni w roku, z reguły przez całą dobę, a połowa *poolu* taborowego jest amortyzowana, połowa zaś leasingowana, otrzymujemy następujący jednostkowy koszt kapitałowy wagonu:

$$\text{koszt kapitałowy wagonu} = [215\,000 / (12 * 300 * 24)] * 0,5 + [(365 / 300) * (60 / 24)] * 0,5 = 2,77 \text{ PLN / h}$$

Całkowity koszt eksploatacji wagonów to iloczyn liczby wagonów niezbędnych do przewozu modelowego ładunku (**w**) oraz mnożnika eksploatacji wagonu (**M<sub>w</sub>**) oraz sumy jednostkowych kosztów utrzymania wagonu i trasy wykonanej przez skład w obu kierunkach (przy uwzględnieniu prawdopodobieństwa uzyskania ładunku powrotnego – w tym przypadku koszty pokrywa nadawca ładunku powrotnego) oraz kosztu kapitałowego lokomotywy i całkowitego czasu przejazdu, obejmującego rzeczywisty czas przejazdu w obie strony i czas pozostawiania wagonów pod załadunkiem (**t**).

$$\text{koszt wagonów } (\mathbf{K_w}) = (\mathbf{M_w * w * (0,047 * (2 - \text{BACK}) * s + 2,77 * t)})$$

## 1.3. KOSZTY STAŁE

### 1.3.1. NARZUT KOSZTÓW CENTRALI

Ostatnią składową kosztów zamykającą model kosztowy jest tzw. narzut kosztów centrali. Składają się nań m.in.: koszty obsługi dyspozytorskiej, koszty przejazdów niehandlowych (technologicznych) taboru, koszty stałe związane z utrzymaniem taboru (utrzymanie hal naprawczych i personelu), koszty ogólnego zarządu. W praktyce narzut kosztów centrali wynosi, w zależności od uzyskanych korzyści skali, od 4,5% w przypadku PKP Cargo do ok. 18% w przypadku małych firm przewozowych dysponujących skromnym *poolem* taborowym.

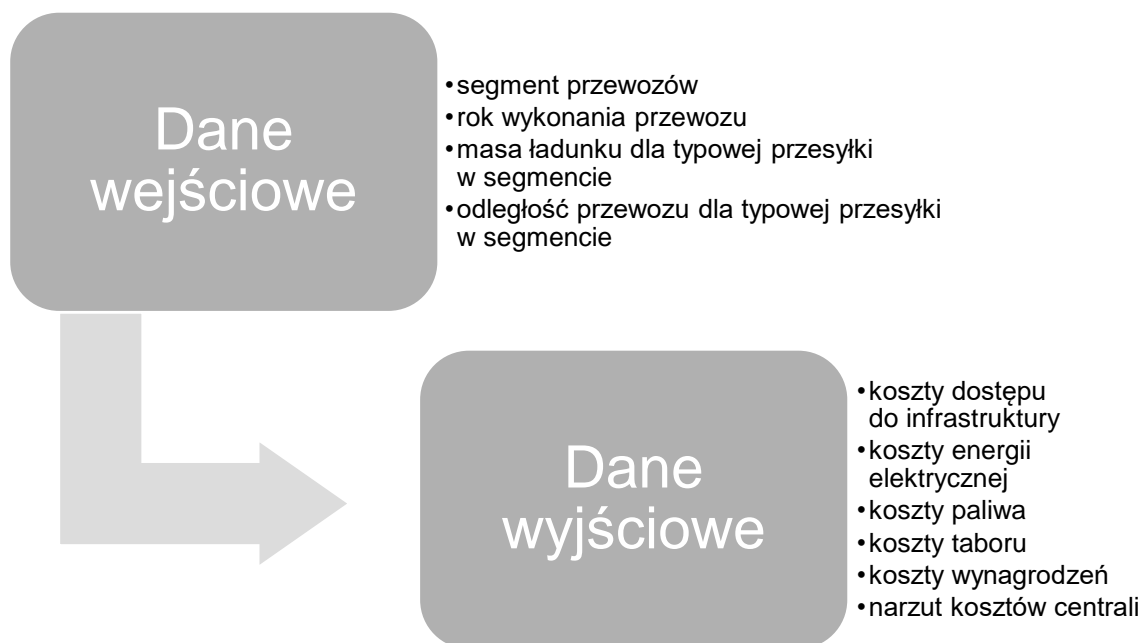
Na potrzeby niniejszego modelu przyjęto wartość 10%. Wysokość kosztu całkowitego po uwzględnieniu narzutu kosztów centrali stanowi punkt wyjścia do ustalenia ceny przewozu.

$$\text{koszt centrali } (\mathbf{K_s}) = (\mathbf{K_i + K_{en} + K_p + K_o + K_l + K_w}) * 0,1$$

## 2. PODSUMOWANIE

Podsumowanie wartości wejściowych do modelu i wartości wyjściowych określa Rysunek 1.

Rysunek 1. Założenia modelu kosztowego prowadzenia przewozów kolejowych



Źródło: opracowanie własne.

### 3. ZESTAWIENIE WARTOŚCI WEJŚCIOWYCH I WYJŚCIOWYCH

Tabela 3. Zestawienie wartości wejściowych i wyjściowych z modelu kosztowego

<b>ID</b>	<b>PROCENT ELEKTRYFIKACJI</b>	<b>DŁUGOŚĆ ODCINKA</b>	<b>PRĘDKOŚĆ POCIĄGÓW TOWAROWYCH</b>	<b>STAWKA DOSTĘPU DLA SKŁADU ŁADOWNEGO</b>	<b>STAWKA DLA SKŁADU PRÓŻNEGO</b>	<b>MASA POCIĄGU BRUTTO</b>	<b>ŁĄCZNY KOSZT NADAWCY ŁADUNKU</b>
JEDNOSTKA	%	KM	KM/H	PLN	PLN	T	PLN
13B-IZ SIEDLCE	100	29,528	60	11,89	7,32	1412,752	<b>7 291,02 zł</b>
25H-IZ SKARŻYSKO KAM.	100	63,591	53,1889	11,89	7,32	1412,752	<b>9 682,31 zł</b>
25J-IZ SKARŻYSKO KAM.	100	33,066	59,06159	10,06	5,93	1412,752	<b>7 435,16 zł</b>
26A-IZ LUBLIN	100	48,539	79,43488	11,89	7,32	1412,752	<b>8 509,97 zł</b>
31A-IZ BIAŁYSTOK	0	34,967	60	11,35	6,82	1412,752	<b>7 973,90 zł</b>
31B-IZ BIAŁYSTOK	0	30,816	60	11,35	6,82	1412,752	<b>7 652,66 zł</b>
32A-IZ BIAŁYSTOK	0	70,116	40	9,59	5,48	1412,752	<b>10 732,85 zł</b>

EWALUACJA EFEKTÓW WSPARCIA W RAMACH III OSI PRIORYTETOWEJ  
PONADREGIONALNA INFRASTRUKTURA KOLEJOWA PO PW 2014-2020

ID	PROCENT ELEKTRYFIKACJI	DŁUGOŚĆ ODCINKA	PRĘDKOŚĆ POCIĄGÓW TOWAROWYCH	STAWKA DOSTĘPU DLA SKŁADU ŁADOWNEGO	STAWKA DLA SKŁADU PRÓŻNEGO	MASA POCIĄGU BRUTTO	ŁĄCZNY KOSZT NADAWCY ŁADUNKU
32B-IZ BIAŁYSTOK	0	6,307	40	9,59	5,48	1412,752	<b>5 759,40 zł</b>
41B-IZ OLSZTYN	0	38,328	1,184102	0	0	1412,752	-
52A-IZ BIAŁYSTOK	0	25,703	0,198466	0	0	1412,752	-
68A-IZ LUBLIN	0	104,387	74,74047	13,52	8,39	1412,752	<b>13 575,66 zł</b>
72A-IZ LUBLIN	0	8,514	50	11,35	6,82	1412,752	<b>5 938,71 zł</b>
108C-IZ RZESZÓW	0	67,436	48,93551	9,59	5,48	1412,752	<b>10 393,86 zł</b>
201C-IZ BYDGOSZCZ	0	36,873	79,3086	13,52	8,39	1412,752	<b>8 190,42 zł</b>
203F-IZ ZIELONA GÓRA	0	54,439	69,17547	11,35	6,82	1412,752	<b>9 429,97 zł</b>
203G-IZ ZIELONA GÓRA	0	57,311	69,52625	13,52	8,39	1412,752	<b>9 853,33 zł</b>

# WOLAŃSKI



ID	PROCENT ELEKTRYFIKACJI	DŁUGOŚĆ ODCINKA	PRĘDKOŚĆ POCIĄGÓW TOWAROWYCH	STAWKA DOSTĘPU DLA SKŁADU ŁADOWNEGO	STAWKA DLA SKŁADU PRÓŻNEGO	MASA POCIĄGU BRUTTO	ŁĄCZNY KOSZT NADAWCY ŁADUNKU
210A-IZ SZCZECIN	0	55,464	58,13261	9,59	5,48	1412,752	<b>9 408,04 zł</b>
216A-IZ OLSZTYN	100	24,844	99,39829	14,15	8,97	1412,752	<b>6 993,85 zł</b>
216B-IZ OLSZTYN	100	28,591	70	14,15	8,97	1412,752	<b>7 305,23 zł</b>
216C-IZ OLSZTYN	100	30,619	70	14,15	8,97	1412,752	<b>7 449,74 zł</b>
219C-IZ OLSZTYN	0	55,137	45,01786	9,59	5,48	1412,752	<b>9 500,41 zł</b>
219D-IZ OLSZTYN	0	55,99	30	9,59	5,48	1412,752	<b>9 829,02 zł</b>
275E-IZ WROCLAW	0	36,428	63,17903	11,35	6,82	1412,752	<b>8 074,06 zł</b>
281E-IZ OSTRÓW WLKP.	100	32,4	52,25859	10,06	5,93	1412,752	<b>7 421,69 zł</b>



EWALUACJA EFEKTÓW WSPARCIA W RAMACH III OSI PRIORYTETOWEJ  
PONADREGIONALNA INFRASTRUKTURA KOLEJOWA PO PW 2014-2020

ID	PROCENT ELEKTRYFIKACJI	DŁUGOŚĆ ODCINKA	PRĘDKOŚĆ POCIĄGÓW TOWAROWYCH	STAWKA DOSTĘPU DLA SKŁADU ŁADOWNEGO	STAWKA DLA SKŁADU PRÓŻNEGO	MASA POCIĄGU BRUTTO	ŁĄCZNY KOSZT NADAWCY ŁADUNKU
359A-IZ ZIELONA GÓRA	0	59,654	50	11,35	6,82	1412,752	<b>9 968,46 zł</b>
405C-IZ SZCZECIN	0	100,541	59,39203	11,35	6,82	1412,752	<b>13 055,91 zł</b>

Źródło: opracowanie własne.