

KOSZTY PRZEWOZU MATERIAŁÓW NIEBEZPIECZNYCH W TRANSPORCIE KOLEJOWYM

Aleksandra GIBAS¹, Luiza PIERSIALA²

¹ Politechnika Częstochowska, Wydział Zarządzania; olagibas13072000@wp.pl

² Politechnika Częstochowska, Wydział Zarządzania, Katedra Logistyki, Częstochowa, luiza.piersiala@pcz.pl
identyfikator ORCID 0000-0002-3995-1167

* Korespondencja: luiza.piersiala@pcz.pl

Streszczenie: Celem artykułu jest analiza trasy przewozu materiałów niebezpiecznych transportem kolejowym oraz kosztów, jakie są ponoszone. Wybrano ten temat z dwóch powodów. Po pierwsze każdy przewóz materiału niebezpiecznego wymaga odpowiedniego podejścia, trzeba wziąć pod uwagę ryzyka generowane przez daną substancję i pod nią dopasowuje się technologię transportu. Po drugie w ostatnich latach można dostrzec zwiększenie ilości przewożonych towarów i to samo dotyczy przewozu materiałów niebezpiecznych. W pierwszej części artykułu zaprezentowano niektóre teoretyczne aspekty dotyczące transportu materiałów niebezpiecznych. Część druga stanowi analizę kosztów procesu transportowego w wybranym przedsiębiorstwie zajmującym się dystrybucją materiałów niebezpiecznych. Ostatnią część stanowią wnioski i podsumowanie. Podstawowym źródłem danych dotyczącym opracowania artykułu były dane pozyskane z przedsiębiorstwa.

Słowa kluczowe: transport kolejowy, materiały niebezpieczne, koszty transportu, proces transportowy

COSTS OF TRANSPORTATION OF DANGEROUS GOODS IN RAIL TRANSPORT

Abstract: The aim of the article is to analyze the route of transporting hazardous materials by rail and the costs incurred. This topic was chosen for two reasons. First of all, each transport of hazardous material requires an appropriate approach, the risks generated by a given

Koszty przewozu...

substance must be taken into account and the transport technology is adapted to it. Secondly, in recent years there has been an increase in the volume of transported goods, and the same applies to the transport of hazardous materials. The first part of the article presents some theoretical aspects of the transport of hazardous materials. The second part is an analysis of the costs of the transport process in a selected company dealing with the distribution of hazardous materials. The last part is the conclusion and summary. The basic source of data for the preparation of the article was data obtained from the company.

Keywords: rail transport, hazardous materials, transport costs, transport process.

1. Wprowadzenie

Każdego dnia po drogach Polski i innych krajów Unii Europejskiej przewożone są tony różnorodnych towarów. Większość z nich cechuje się standardową podatnością transportową, co sprawia, że nie ma konieczności traktowania ich w sposób szczególny. Niemniej część przewożonych dóbr to materiały, gdzie zwyczajne podejście się nie sprawdzi. Przykładem mogą być towary łatwo psujące się, ładunki o ponadnormatywnej wielkości oraz materiały niebezpieczne. W przypadku pierwszej kategorii trzeba zastosować taką technologię transportu, aby nie zepsuły się one w toku transportu, co oznacza choćby zachowanie odpowiedniej temperatury. Ładunki wielkogabarytowe wymagają odpowiedniego podejścia do spedycji i przewozu, tak aby nie stworzyły zagrożenia swoim rozmiarem. Natomiast materiały niebezpieczne obarczone są szeregiem ryzyk, które dzięki prawidłowym procedurom można ograniczyć. Towary niebezpieczne stanowią, z uwagi na swoje właściwości, bardzo specyficzną grupę towarów wymagającą wyjątkowej ostrożności przy ich transporcie.

Przewóz materiałów niebezpiecznych, a dokładniej przewóz benzyny PB95 będzie przedmiotem naszej analizy. Benzyna niesie za sobą zagrożenia różnego typu. Pierwszym jest skrajna łatwopalność. Natomiast występują również zagrożenia dla zdrowia, takie jak: drażniąca dla skóry, połknięcie i dostanie się przez drogi oddechowe grozi śmiercią, działa szkodliwie na dziecko w łonie matki, może powodować wady genetyczne i raka, może wywoływać uczucie senności lub zawroty głowy. Wreszcie benzyna ma toksyczne działanie na organizmy wodne.

Celem artykułu jest zaprojektowanie trasy przewozu benzyny bezołowiowej 95. na trasie Gdańsk Północ – Opatówek. W składzie pociągowym będzie znajdować się łącznie 35 wagonów. Wszystkie wypełnione benzyną bezołowiową 95. Łączna długość trasy przewozu wynosi w przybliżeniu do pierwszego miejsca po przecinku 406,5 km.

2. Przegląd literatury

W literaturze stwierdza się, że problematyka transportu towarów niebezpiecznych odnosi się do wielu gałęzi gospodarki z tego względu, że materiały i przedmioty, które spełniają te kryteria pozostają obecne w niemal każdej branży. W 2021 r. w stosunku do 2020 r. zwiększyły się przewozy ładunków niebezpiecznych. Koleją przetransportowano 29,5 mln ton ładunków tego typu wykonując przy tym pracę przewozową na poziomie 9,7 mld tono-km. W porównaniu rok do roku masa przewiezionych towarów wzrosła o 13%, a praca przewozowa o 9,5%. Z roku na rok wzrasta ilość przewozów towarów niebezpiecznych (Urząd Transportu Kolejowego, 2022). Odbywa się to zgodnie z wymaganiami podanymi w odpowiednich przepisach. Jest to istotne z powodu dużej ilości zarówno przewożonych towarów, jak i potencjalnych zagrożeń z tym związanych (Nowacki, Chmieliński 2018, s. 66). Spełnienie wytycznych w tym zakresie sprzyja bezpiecznej realizacji przewozów. Priorytetem pozostaje w tym przypadku ochrona zdrowia i życia ludzkiego, jak również środowiska naturalnego i mienia, poprzez eliminowanie ryzyka wystąpienia wypadku, incydentu lub zdarzenia awaryjnego. Przewozy towarów niebezpiecznych realizowane są transportem drogowym, kolejowym, lotniczym, śródlądowym i morskim (Janczak, 2015, s. 16).

Za niebezpieczne uważa się towary, które ze względu na swoje właściwości fizyczne, chemiczne lub biologiczne, w przypadku niewłaściwego obchodzenia się z nimi w czasie transportu lub operacji przeładunkowych, mogą spowodować uszkodzenie ciała ludzkiego, utraty życia wszystkich osób biorących w całym procesie transportowym oraz uszkodzenie lub zniszczenie dóbr materialnych, a także skażenie środowiska naturalnego (Neider, 2012). Uczestnicy począwszy od zlecenia przewozu aż do dostarczenia ładunku do odbiorcy końcowego są zobowiązani do przestrzegania ściśle określonych zasad. Wszystkie przedsiębiorstwa trudniące się świadczeniem usług w zakresie przewozu materiałów niebezpiecznych są zobligowane do posiadania odpowiednich uprawnień pozwalających na świadczenie owych usług. Materiałami niebezpiecznymi są substancje i artykuły, które w wyniku braku właściwego postępowania, mogą zagrażać życiu lub zdrowiu ludzi, a także zwierząt. Substancje te mogą być również powodem zachwiania równowagi środowiska naturalnego (Kafara, Kędziora, 2019, s.118). Ryzyko wystąpienia niepożądanych skutków jest największe podczas transportowania materiałów niebezpiecznych. Druga definicja podaje, że towary niebezpieczne to materiały i przedmioty, których przewóz jest zabroniony, bądź też dopuszczalny jedynie w ściśle określonych warunkach (Piersiala Miciuła, 2022, s. 1696). Materiały te mogą występować w stanie ciekłym, stałym lub gazowym (Kafara, Kędziora, 2019, s.118). Mogą być powodem zagrożenia pod względem biologicznym,

Koszty przewozu...

fizycznym lub chemicznym oraz stanowić duże niebezpieczeństwo dla ludzi, zwierząt oraz środowiska (Kołdys, 2022, s. 28-33).

3. Proces przewozu materiałów niebezpiecznych – studium przypadku

Analiza opłacalności i efektywności danego rodzaju przewozu jest kluczowym aspektem pomagającym wybrać rodzaj transportu do przewozu danego produktu (Kabus, 2023, s. 33-43). Zadanie transportowe będzie polegało na zaprojektowaniu trasy przewozu benzyny bezołowiowej 95 transportem kolejowym oraz obliczeniem kosztów poniesionych podczas jego realizacji (dane pochodzą z 2023 roku). Podmiotem badania jest przedsiębiorstwo specjalizujące się w przewozie materiałów niebezpiecznych transportem kolejowym. W analizie zastosowano narzędzie badawcze - wywiad bezpośredni oraz analizę danych zastanych. Wywiad przeprowadzono w grudniu 2023 roku. Przedmiotem transportu będzie benzyna bezołowiowa 95, która należy do klasy 3 materiałów niebezpiecznych – materiały ciekłe zapalne (Skowrońska, Suchecki, 2022). Benzyna to paliwo używane do silników o zapłonie iskrowym (inaczej silniki benzynowe). Jest bardzo trwałym paliwem. Uzyskuje się ją w wyniku rektyfikacji ropy naftowej. Ma bardzo wysoką kaloryczność, niską zawartość siarki i jest odporna na skrajne temperatury. Jednak jak każde paliwo ma także swoje wady, do których można zaliczyć: duże parowanie, możliwość wybuchu, kosztowne utrzymanie, zanieczyszczenie środowiska (Sander i in. 2016). Badane przedsiębiorstwo to prywatna organizacja działająca na rynku krajowym, jak i zagranicznym. Należy do grona największych prywatnych przewoźników kolejowych w Polsce. Przedsiębiorstwo rozpoczęło działalność w 1992r. i oferuje usługi w zakresie transportu kolejowego, transportu samochodowego oraz magazynowania towarów. Specjalizuje się między innymi w:

- transporcie kolejowym i drogowym (głównie kolejowym),
- przeładunkach na terminalach lądowych,
- obsłudze bocznic kolejowych,
- transporcie intermodalnym,
- serwisie lokomotyw i wagonów,
- logistyce dostaw towarów masowych.

Głównymi kontrahentami przedsiębiorstwa są koncerny paliwowe, energetyczne oraz wydobywcze. Obecnie holding zatrudnia ponad 2000 pracowników i jest w posiadaniu własnej infrastruktury kolejowej oraz maszyn i urządzeń niezbędnych do wykonania całego procesu przewozowego. W skład majątku własnego przedsiębiorstwa wchodzi: lokomotywy Dragon 2, lokomotywy spalinowe BR232, lokomotywy elektryczne, terminal przeładunkowy, wagony Ea, Eaos, Fals, Facc. Przedsiębiorstwo wśród swojego wachlarza usług oferuje

między innymi: transport kolejowy wyrobów hutniczych, transport kolejowy materiałów niebezpiecznych, obsługę spedycyjną i celną, transport towarów masowych.

Celem artykułu jest zaprojektowanie trasy przewozu benzyny bezołowiowej 95. na trasie Gdańsk Północ – Opatówek. W składzie pociągowym będzie znajdować się łącznie 35 wagonów. Wszystkie wypełnione benzyną bezołowiową 95. Łączna długość trasy przewozu wynosi w przybliżeniu do pierwszego miejsca po przecinku 406,5 km. Dzięki wykorzystaniu programu do projektowania tras kolejowych została opracowana jak najkrótsza trasa (Rysunek 1).

Rysunek 1. Trasa przewozu.

W skład kosztów transportu, jakie przedsiębiorstwo poniesie na danej trasie wchodzi:

- koszty dostępu do infrastruktury,
- koszty energii trakcyjnej,
- koszty paliwa,
- koszty dzierżawy taboru trakcyjnego,
- koszty utrzymania taboru trakcyjnego,
- koszty dzierżawy wagonów,
- koszty utrzymania wagonów,
- koszty drużyn trakcyjnych,
- koszty podwykonawstwa.

Wszystkie wyżej wymienione koszty zostały obliczone przy wykorzystaniu działań matematycznych, zgodnie z danymi otrzymanymi między innymi od dostawcy prądu trakcyjnego. Metody obliczenia danego rodzaju kosztu zostały przedstawione w tabeli poniżej (Tabela 1).

Koszty przewozu...

Tabela 1.

Metody obliczania kosztów przewozu materiałów niebezpiecznych

Koszt	Metoda
Koszt dostępu do infrastruktury	Koszt dostępu do infrastruktury PKP PLK dostępny pod adresem https://skrzj.plk-sa.pl/kalkulacja (po wybraniu trasy przedziału brutto i rodzaju trakcji)
Koszt energii trakcyjnej	Koszt energii trakcyjnej wylicza się wg wzoru dostarczonego przez PKP Energetyka
Koszty paliwa	Obliczony wg norm zużycia paliwa obowiązujących w danej firmie transportowej i ceny zakupu paliwa (w tym przypadku zużycie paliwa liczone w l/godz pracy lok., inna norma dla poszczególnych serii i rodzaju pracy lokomotywy, tzn. jazda pociągowa, manewry, przejazd luzem.)
Koszty dzierżawy taboru trakcyjnego.	Obliczony wg iloczynu (czas zaangażowania taboru w danym przewozie i kosztów dzierżawy taboru)
Koszty utrzymania taboru trakcyjnego	Obliczony wg iloczynu (czas zaangażowania taboru w danym przewozie i kosztów utrzymania taboru)
Koszty dzierżawy wagonów	Obliczony wg iloczynu (czas zaangażowania wagonów w danym przewozie i kosztów dzierżawy wagonów)
Koszty utrzymania wagonów	Obliczony wg iloczynu (czas zaangażowania wagonów w danym przewozie i kosztów utrzymania wagonów)
Koszty drużyn trakcyjnych	Obliczony wg iloczynu (czas zaangażowania dr trakcyjnej w danym przewozie i jej kosztów)
Koszty podwykonawstwa	Koszt podwykonawcy związany z wykonaniem określonej usługi

Okazuje się, że wśród czynników wpływających na wysokość kosztów można wymienić:

- czas zaangażowania taboru,
- czas zaangażowania wagonów,
- normy zużycia paliwa oraz energii trakcyjnej.

Po obliczeniu wszystkich niezbędnych kosztów, została opracowana tabela przedstawiająca dany koszt, jego wartość oraz przelicznik (tabela 2.).

Tabela2.

Naliczone koszty przewozu materiałów niebezpiecznych

Koszt pociągu [zł/poc]	J.m	Wartość [PLN/poc]
Koszty dostępu do infrastruktury	[PLN/poc]	16 098
Koszty energii trakcyjnej	[PLN/poc]	26 860
Koszty paliwa	[PLN/poc]	4 350
Koszty dzierżawy taboru trakcyjnego	[PLN/poc]	4 924
Koszty utrzymania taboru trakcyjnego	[PLN/poc]	2 122
Koszty dzierżawy wagonów	[PLN/poc]	9 382
Koszty utrzymania wagonów	[PLN/poc]	1543
Koszty drużyn trakcyjnych	[PLN/poc]	8 251
Koszty podwykonawstwa	[PLN/poc]	3 000
Razem	[PLN/poc]	76 531
Koszty jednostkowe stałe	[PLN/poc]	26 223
Koszty jednostkowe zmienne	[PLN/poc]	50 309
Koszty jednostkowe pełne	[PLN/poc]	76 531

Koszty jednostkowe przewozu [zł/t]	[PLN/tona]	37,06
Dostęp do infrastruktury	[PLN/tona]	7,80
Energia trakcyjna	[PLN/tona]	13,01
Paliwo	[PLN/tona]	2,11
Dzierżawa taboru trakcyjnego	[PLN/tona]	2,38
Utrzymanie taboru trakcyjnego	[PLN/tona]	1,03
Dzierżawa wagonów	[PLN/tona]	4,54
Utrzymanie wagonów	[PLN/tona]	0,75
Drużyny trakcyjne	[PLN/tona]	4,00
Podwykonawstwo	[PLN/tona]	1,45
Koszty jednostkowe stałe [zł/t]	[PLN/tona]	12,70
Koszty jednostkowe zmienne [zł/t]	[PLN/tona]	24,36
Koszty jednostkowe pełne [zł/t]	[PLN/tona]	37,06

Po zestawieniu wszystkich kosztów okazuje się, że przeważająca część kosztów jest uzależniona od czasu zaangażowania taboru, ceny dzierżawy lub utrzymania wagonów kolejowych. Można także zauważyć, że koszt energii trakcyjnej wynosi prawie 27 tysięcy złotych/poc. Warto zaznaczyć, że jest to jedna z większych kwot wyszczególnionych w tabeli. W poniższej tabeli 3 zostały zestawione łączne koszty transportu, ilość towaru oraz został obliczony koszt w przeliczeniu na $1m^3$ benzyny.

Tabela 3.

Łączne koszty przewozu

Dane	Wielkość
Wielkość	51 625 m ³
Liczba kilometrów	406
Koszty transportu	2 678 585 zł
Koszt w przeliczeniu na m ³	51,8zł

W całym składzie pociągowym będzie znajdować się 51 625 m³ benzyny bezołowiowej 95. Łączny koszt transportu na trasie Gdańsk Północ – Opatówek wynosi 2 678 585 zł. Jak wiadomo transport kolejowy zaliczany jest do jednych z najbardziej ekonomicznych środków transportu, czego przykładem jest powyższa tabela (tab.3). Po zestawieniu i porównaniu ze sobą wszystkich poniesionych kosztów można zauważyć, że koszt przewozu 1m³ benzyny koleją wyniesie około 51,8 zł. Jest to stosunkowo nieduży koszt, biorąc pod uwagę, że z pewnością przy wykorzystaniu transportu drogowego koszt ten byłby o wiele większy.

4. Podsumowanie i wnioski

Celem artykułu było scharakteryzowanie przewozu materiałów niebezpiecznych oraz obliczenie kosztów takiego procesu transportowego. Materiały niebezpieczne w transporcie, to takie, których podatność przewozowa jest niższa niż zwykłych rzeczy i które ze względu na zagrożenia stwarzane dla osób, mienia i środowiska, muszą być traktowane w sposób szczególny.

Koszty przewozu...

Badane przedsiębiorstwo zajmuje się przewozami kolejowymi materiałów niebezpiecznych. Koncentruje się na jednej kategorii - paliwach płynnych i LPG. Ogólna struktura procesu transportowego składa się z szeregu elementów i są to: przyjęcie zamówienia i jego analiza, określenie warunków przewozu danego materiału niebezpiecznego, planowanie trasy i rezerwowanie środka transportu, a następnie przygotowanie niezbędnych dokumentów. Analizowane dane i obliczenia pokazują, że przewóz materiałów niebezpiecznych jest ekonomicznym środkiem transportu.

Bibliografia

1. Janczak A. (2017) Szkolenie osób zaangażowanych w przewóz towarów niebezpiecznych, *Promotor BHP*
2. Kafara K, Kedziora M (2019) Transport materiałów niebezpiecznych statkami powietrznymi, *Zeszyty Naukowe Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej im. Witelona w Legnicy*, nr 33(4)
3. Kabus J. (2023) Analiza operacji transportowej. Studium przypadku, *Zarządzanie i Jakość*, vol. 5, nr 1, s. 33-43
4. Kołdys K. (2022) Przewóz kolejowy towarów niebezpiecznych, *Promotor BHP*
5. Neider J. (2012) Transport międzynarodowy. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa
6. Nowacki G., Chmieliński M. (2017) Analiza transportu towarów niebezpiecznych w państwach członkowskich Unii Europejskiej. *Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe*, nr 9
7. Piersiala L., Miciuła I. (2022), Distribution of Hazardous Materials in the European Union in the Context of the Implementation of Transport Processes, *Business Success and Innovation Management: A 2025 Vision to Sustain Economic Development During Global Crisis* (red.) Soliman Khalid S.
8. Przewozy ładunków niebezpiecznych w Polsce w 2021 r. (dostęp: 2023.04.20). www.utk.gov.pl/pl/aktualnosci/18728,Przewozy-ladunkow-niebezpiecznych-w-Polsce-w-2021-r.html
9. Sander P., Daniłowicz Ł, Kowalczyk J., Longwic R., Lotko W., Górski K. (2016), Wpływ rodzaju paliwa na wybrane parametry procesu spalania o silniku o zapłonie samoczynnym, *Eksploatacja i testy*, s. 4-7.
10. Skowrońska A., Suhecki M. (2022) Zarządzanie przewozami ładunków niebezpiecznych. Cz. 2, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, s. 12-20.