

Agnieszka Merkisz-Guranowska

Politechnika Poznańska, Instytut Maszyn Roboczych i Pojazdów Samochodowych

Jarosław Czerwiński, Paweł Daszkiewicz, Maciej Andrzejewski

Instytut Pojazdów Szynowych „TABOR” w Poznaniu

ANALIZA KOSZTÓW ŚRODOWISKOWO-SPOŁECZNYCH W TRANSPORCIE INTERMODALNYM Z WYKORZYSTANIEM NACZEP JAKO JEDNOSTEK ŁADUNKOWYCH

Rękopis dostarczono: czerwiec 2017

Streszczenie: Dynamiczny rozwój transportu notowany w ostatnich dekadach jest z jednej strony istotnym czynnikiem rozwoju gospodarczego, z drugiej natomiast jest znaczącym źródłem uciążliwości i problemów środowiskowych. Rozpatrując współczesne zagrożenia ze strony transportu istotne jest zapobieganie ich występowaniu, a gdy nie jest to możliwe – ograniczanie ich wpływu na środowisko oraz redukcja skali i zasięgu negatywnych skutków.

W artykule przeprowadzono analizę uciążliwości środowiskowej oraz uciążliwości wobec społeczeństwa przewozu towarów naczepami samochodowymi, ale z wykorzystaniem transportu kolejowego. Uwzględniono transport naczep przy wykorzystaniu intermodalnych wagonów kolejowych ciągniętych przez lokomotywę spalinową zgodnie z założeniami przyjętymi w kolejnictwie o maksymalnej długości składu pociągu.

Słowa kluczowe: transport intermodalny, naczepa, ochrona środowiska, koszty społeczne

1. WPROWADZENIE

Skala oddziaływania transportu kolejowego na środowisko i bezpieczeństwo jest znacznie mniejsza w porównaniu do transportu drogowego. W Unii Europejskiej kolej realizuje 6,3% całkowitego transportu pasażerskiego oraz 10,9% transportu towarowego [12]. Jednym z głównych celów Europejskiej Polityki Transportowej (EPT) jest zwiększenie udziału alternatywnych form transportu – rewitalizację transportu kolejowego, promowanie transportu wodnego i rozwój transportu intermodalnego, co ma przyczynić się do zmniejszenia dominacji transportu drogowego. Do roku 2020 planuje się zwiększenie udziału kolei w przewozach pasażerskich do 10%, a w towarowych do 15%, co ma znacznie zmniejszyć negatywne oddziaływanie transportu na środowisko naturalne [12].

Aktualnie długość linii kolejowych w Unii Europejskiej wynosi nieco ponad 215 tys. km i jest o ponad 6% krótsza niż w roku 1990 [12]. Nieco ponad 50% jest zelektryfikowana, przy czym stopień elektryfikacji jest różny w poszczególnych państwach i wynosi od 3% do ponad 90% (w Polsce około 60%). Oddziaływanie transportu kolejowego na środowisko sprowadza się głównie do emisji hałasu i drgań, zanieczyszczeń (z lokomotyw spalinowych) oraz zajmowania terenu. Emisja zanieczyszczeń z transportu kolejowego w Unii Europejskiej jest szacowana na 1–3% emisji całkowitej pochodzącej z transportu [9]. Zgodnie z danymi Europejskiej Agencji Środowiska wynika, że transport kolejowy w UE odpowiada za 1,5% całkowitej emisji NO_x (w zależności od kraju członkowskiego 0,3–7,2% całkowitej krajowej emisji) [14]. W odniesieniu do transportu drogowego, transport kolejowy jest znacznie bezpieczniejszą formą transportu, co potwierdza fakt, iż globalnie w wypadkach kolejowych ginie niemal 30-krotnie mniej osób aniżeli w drogowych, natomiast w odniesieniu do liczby pasażerokilometrów transport kolejowy jest niemal 3-krotnie bezpieczniejszy od drogowego [9].

2. ANALIZA KOSZTÓW DLA SPOŁECZEŃSTWA

Koszty zewnętrzne są jednym z najważniejszych czynników, które brane są obecnie pod uwagę w ocenie poszczególnych gałęzi transportu na poziomie strategicznym czy ogólnogospodarczym, podczas gdy analiza rentowności usług decyduje o ocenie przydatności transportu dla jego użytkowników. Kosztami zewnętrznymi transportu są wszelkie koszty zużycia środków służących do wytworzenia usługi transportowej, które nie są ponoszone przez producenta usługi, ale przez ogół społeczeństwa [8]. Do kosztów zewnętrznych transportu wliczane są koszty związane z negatywnymi dla środowiska naturalnego i życia człowieka skutkami działalności transportu, do których zalicza się przede wszystkim [7, 8]:

- zanieczyszczenie wody, gleby, powietrza,
- emisję gazów cieplarnianych,
- emisję hałasu,
- wypadki,
- kongestię,
- zajętość terenu i wpływ na zmiany w krajobrazie, w tym zajmowanie cennych przyrodniczo terenów i rozcinanie ich ciągłości (fragmentacja) nowo budowanymi ciągami infrastruktury technicznej, co przyczynia się do utraty różnorodności biologicznej, a także utrudnień w funkcjonowaniu dotkniętych tym oddziaływaniem społeczności.

Ustalając koszty zewnętrzne zanieczyszczenia powietrza, gleby i wody wlicza się przede wszystkim:

- koszty redukcji skażenia środowiska generowanego przez transport,
- koszty usuwania zniszczeń: np. odnawiania fasad budynków (zwłaszcza zabytków) czy nowych nasadzeń zniszczonych lasów,

- koszty leczenia osób chorujących z powodu niewydolności dróg oddechowych czy innych chorób wywoływanych przez wdychanie substancji szkodliwych,
- koszty zmniejszenia plonów.

Koszty emisji gazów cieplarnianych związane są z zapobieganiem skutkom ocieplania klimatu lub usuwaniem tych skutków, które już wystąpiły. Są szczególnie trudne do określenia ze względu na różnorodność zależności fizycznych i globalnych rozmiarów ich wpływu oraz konieczność rozpatrywania w długoterminowej perspektywie, mając również na uwadze dobro następnych pokoleń [11].

Koszty zewnętrzne hałasu wynikają przede wszystkim ze strat społecznych, tzn.:

- strat produktywności człowieka powodowanych niezdolnością do koncentracji,
- zmęczenia, braku snu, wypoczynku - niższej wydajności, pogorszenia jakości pracy,
- kosztów opieki zdrowotnej.

Koszty wypadków to przede wszystkim koszty akcji ratunkowych i interwencji służb policyjnych i ratowniczych oraz koszty medyczne, które nie są zwracane przez sprawców wypadków i ich ubezpieczenia OC. Ponadto obejmują one koszty strat materialnych spowodowanych przez wypadki oraz w niektórych przypadkach koszty cierpienia osób poszkodowanych.

Koszty kongestii związane są ze stratą czasu osób korzystających z infrastruktury transportowej o ograniczonej przepustowości i wyceną tego czasu, który nie został wykorzystany w inny sposób. W metodologii stosowanej przez Komisję Europejską bierze się również pod uwagę koszty utraconej aktywności gospodarczej.

Koszty zewnętrzne są trudne do precyzyjnego oszacowania, gdyż nie da się jednoznacznie określić kto i w jakim stopniu odpowiedzialny jest za powstałe szkody. Niektóre szkody występują ponadto z opóźnieniem, a także występują pomiędzy skutkami interakcje, zarówno pomiędzy efektami działalności człowieka (i to nie tylko wynikającymi z realizacji usług transportowych) jak i zjawiskami przyrodniczymi. Ponadto samych szkód nie da się w niektórych przypadkach wprost przeliczyć na wartość pieniężną. Wymaga to opracowania metod ich wyceny w oparciu np. o gotowość do zapłaty, czy też gotowość do akceptacji. Tym samym, wybór wykorzystanej techniki, może wpływać na wartości kosztów, co z kolei budzi wątpliwości odnośnie poziomu poprawności ewaluacji [2, 3, 6]. Ponadto koszty różnią się w zależności od konkretnej lokalizacji infrastruktury transportowej oraz gałęzi transportu [2, 6].

Istnieją znaczące różnice pomiędzy występowaniem i zakresem kosztów zewnętrznych w zależności od gałęzi transportu.

Najważniejszym kosztem społecznym są wypadki. Dotyczy to szczególnie krajów o wysokich statystykach wypadków drogowych. W Polsce aż 71% kosztów zewnętrznych stanowią skutki ludzkie i materialne wypadków transportowych. Pozostałe 29% stanowią koszty destrukcyjnego oddziaływania transportu na środowisko, z czego:

- koszty zanieczyszczenia powietrza 11%,
- koszty zmian klimatycznych 5%,
- koszty hałasu 11%,
- inne koszty środowiskowe 2%.

Szacuje się, że koszty zewnętrzne stanowią znaczną sumę wydatków nie uwzględnianych w rachunkowości podmiotów gospodarczych sektora transportu, bo sięgającą ekwiwalentu 6% PKB.

Przeniesienie ładunków z transportu drogowego na transport kolejowy powoduje zmniejszenie potoku ruchu na drogach, co bezpośrednio przyczynia się do zmniejszenia kongestii w niektórych węzłach komunikacyjnych, a w konsekwencji do zmniejszenia liczby wypadków i zwiększenia bezpieczeństwa na drogach.

Tablica 1 przedstawia całkowity rozkład kosztów zewnętrznych generowanych przy pracy przewozowej 1000 tkm w zależności od gałęzi transportu (dla transportu drogowego i kolejowego przyjęto średnie koszty kongestii). Średnia wartość kosztów zewnętrznych dla transportu drogowego wynosi 26,56 euro na 1000 tkm, podczas gdy dla transportu kolejowego wynosi zaledwie 5,7 euro na 1000 tkm. Transport drogowy generuje koszty cztery i pół razy większe w porównaniu do transportu kolejowego oraz sześć do ośmiu razy większe w porównaniu do transportu wodnego. W kalkulacji kosztów uśredniono oddziaływania w zależności od rodzaju zabudowy, pory dnia i rodzaju dróg. W porównaniu do szacunków Komisji Europejskiej z 2002 roku [4] koszty zewnętrzne dla transportu towarów transportem kolejowym są niższe o 40%, co wynika z niższych kosztów związanych z wypadkami, hałasem i zanieczyszczeniem powietrza. Koszty zewnętrzne dla transportu drogowego wzrosły w tym samym czasie o 28%.

Tablica 1

Zewnętrzne koszty globalne generowane przez różne gałęzie transportu [5, 13]

[euro/1000 tkm]	Transport samochodowy (naczepy)	Transport kolejowy	Żegluga śródlądowa	Żegluga bliskiego zasięgu
Wypadki	10,2	0,2	0	0
Poziom hałas	1,8	1,0	0	0
Zanieczyszczenie powietrza	6,7	1,1	3,6	2
Emisja gazów cieplarnianych	1,7	0,2	0,6	nieistotne
Infrastruktura	2,45	2,9	1	< 1
Koszty kongestii*	0,388–7,035	0,1–0,5	nieistotne	nieistotne
Suma	23,24–29,89	5,5–5,9	około 4,2	około 3,0

* W zależności od rodzaju dróg i typu zabudowy

Analizując całkowite koszty zewnętrzne aż 93% udziału przypada na transport drogowy, przy czym za 61% kosztów odpowiadają samochody osobowe, samochody ciężarowe za 13%, samochody dostawcze za 9%, jednoślady za 6% i autobusy za 4% [1]. Transport lotniczy generuje w UE (tylko loty wewnętrzne w ramach UE) 5% kosztów zewnętrznych, transport kolejowy 2% a żegluga śródlądowa 0,3%. Wysoki udział transportu drogowego wynika ze znaczącego udziału tej gałęzi w przewozach, a także z wysokich średnich kosztów zewnętrznych pasażerokilometra i tonokilometra.

Oceniając skalę kosztów zewnętrznych wypadków, najważniejszego czynnika w oddziaływaniach społecznych, okazuje się, że transport kolejowy (założenie transportu towarów pociągiem 348 Mg) redukuje o 98% koszty wypadków na obszarach miejskich i o 91% na terenach niezabudowanych w stosunku do przewozów naczepą 33 Mg [7].

Wykorzystując transport intermodalny można zatem ograniczyć koszty zewnętrzne związane z wypadkami o 82 do 88% w przypadku wykorzystania kolei na odcinku 90% i od 55 do 59% dla udziału kolei na poziomie 60%.

3. ANALIZA EMISJI ZANIECZYSZCZEŃ

Na potrzeby prowadzonych prac dokonano autorskiej analizy środowiskowej mającej na celu określenie uciążliwości dla środowiska transportu intermodalnego załadowanych towarem nacze. Doświadczenie autorów w tej tematyce i analiza rynku pozwoliły na wskazanie najbardziej prawdopodobnego wariantu transportu przy wykorzystaniu pociągu składającego się z 19 specjalistycznych wagonów intermodalnych, transportujących 38 nacze (długość podwójnego wagonu wynosiła 31,06 m). Zgodnie z założeniami przyjętymi w kolejnictwie, maksymalna długość składu bez lokomotywy nie przekraczała 580 m. Założono ponadto, że wagony kolejowe były ciągnięte przez lokomotywy spalinowe, których silniki spełniały przedstawione w tabelicy 2 normy emisji.

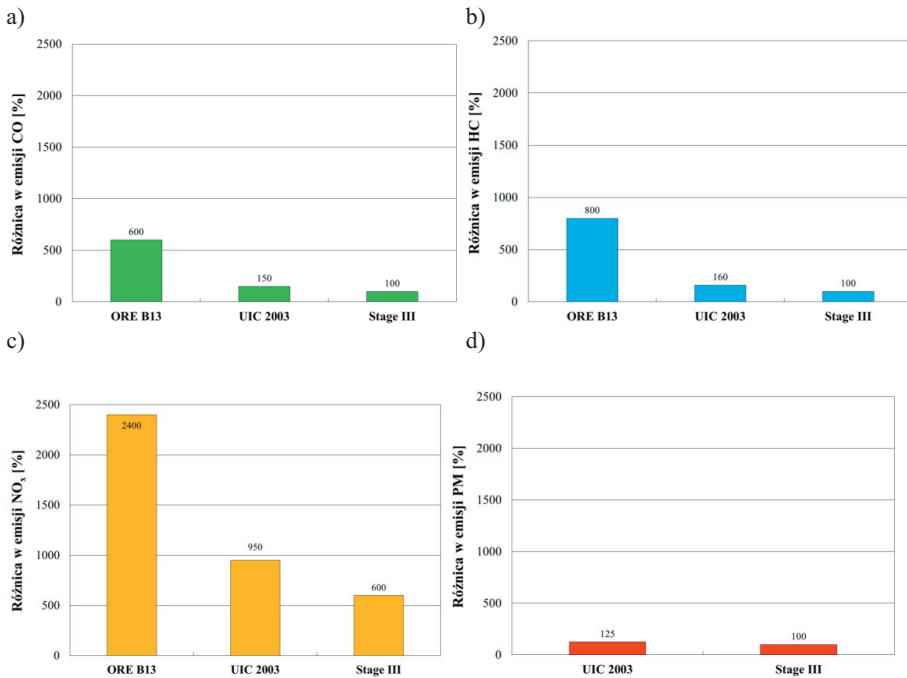
W celach porównawczych wskazano dwie lokomotywy spalinowe spełniające starsze normy emisji spalin: ORE B13 oraz UIC 2003 oraz dwie nowoczesne lokomotywy, których jednostki napędowe spełniały normy: Stage III oraz Stage IV. Wartości emisji na jednostkę energii przyjęto na podstawie danych zawartych w publikacji [10].

Tablica 2

Wartości emisji poszczególnych związków toksycznych dla danych norm emisji spalin lokomotyw spalinowych [10]

	ORE B13	UIC 2003	Stage III	Stage IV
CO [g/kWh]	12,0	3,0	2,0	2,0
HC [g/kWh]	4,0	0,8	0,5	0,5
NO _x [g/kWh]	24,0	9,5	6,0	1,0
PM [g/kWh]	–	0,25	0,20	0,20

Na rysunku 1 przedstawiono porównanie względnych różnic procentowych (wobec najnowszej normy Stage IV) określonych dla poszczególnych substancji toksycznych. Jako że tabor kolejowy jest w znacznej części przestarzały, duża liczba lokomotyw spełnia jedynie normę emisji zanieczyszczeń ORE B13. Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że przy zastosowaniu do prowadzenia pociągu takiej lokomotywy liniowej, emisja toksycznych zanieczyszczeń w spalinach jest nawet 24-krotnie większa (jak w przypadku tlenków azotu). Emisja pozostałych związków gazowych jest większa 6–8 razy.



Rys. 1. Różnica względna w emisji substancji szkodliwych (Stage IV = 100%):
a) tlenku węgla, b) węglowodorów, c) tlenków azotu, d) cząstek stałych

4. PODSUMOWANIE

Dzięki rozwojowi transportu multimodalnego polepsza się perspektywa rozwoju rynków globalnych. W przypadku Polski daje to możliwość umocnienia kraju na pozycji łącznika między Europą Zachodnią a Europą Wschodnią oraz Rosją. Z punktu widzenia klientów usług transportowych na dalekich trasach, transport kombinowany może przynosić oszczędności. Najważniejsze jednak korzyści ekonomiczne transport kombinowany generuje na poziomie makroekonomicznym, w szerokim ujęciu społeczno-gospodarczym. Korzyści te wyrażają się oszczędnościami związanymi ze zmniejszonymi kosztami zewnętrznymi oraz kosztami tworzenia infrastruktury.

Jeżeli chodzi o korzyści w aspektach ekologicznych to występują one przy zastosowaniu w przewozach nowoczesnych lokomotyw spalinowych. Korzystając jak do tej pory ze starego taboru kolejowego, emisja jednostkowa zanieczyszczeń w spalinach utrzymuje się na wysokim poziomie. W ramach dalszych prac nad tematem należałoby między innymi przeprowadzić analizę porównawczą przewozu naczep kolejną oraz przy wykorzystaniu ciągników siodłowych.

Bibliografia

1. CE Delft, Infrac, Fraunhofer ISI, External Costs of Transport in Europe – Update study for 2008. CE Delft, 2011.
2. Damart S., Roy B.: The uses of cost–benefit analysis in public transportation decision-making in France. *Transport Policy*, vol. 16, 2009.
3. De Brucker K., Macharis C., Verbeke A.: Multi-criteria analysis and the resolution of sustainable development dilemmas: A stakeholder management approach. *European Journal of Operational Research*, vol. 224, 2013.
4. European Commission, Commission calculation of the external cost savings according to Article 5(3) of the draft Regulation, Brussels 2002.
5. External cost of transport in Europe Update study for 2008 Handbook on estimation of external costs in the transport sector, CE Delft, Infrac, Fraunhofer ISI, 2011.
6. Fridell E., Belhaj M., Wolf C., Jerksjö M.: Calculation of external costs for freight transport. *Transportation Planning and Technology*, vol. 34, No. 5.
7. Handbook on estimation of external costs in the transport sector, Produced within the study Internalisation Measures and Policies for All external Cost of Transport (IMPACT), Version 1.1, CE Delft, 2008.
8. Merkisz-Guranowska A., Zmuda-Trzebiatowski P.: Koszty zewnętrzne w transporcie szynowym. *Pojazdy Szynowe*, nr 3/2015.
9. Ministerstwo Infrastruktury i Rozwoju, Dokument implementacyjny do strategii rozwoju transportu do 2020 r. (z perspektywą do 2030 r.). Warszawa, październik 2014.
10. Pielecha I., Pielecha J.: Tendencje w przepisach dotyczących emisji związków toksycznych przez silniki pojazdów szynowych. *Pojazdy Szynowe*, nr 1/2005.
11. Puławska S.: Koszty zewnętrzne w polityce transportowej Unii Europejskiej. *TTS*, nr 5–6, 2008.
12. Rail Transport and Environment FACT&FIGURES, The Voice of European Railways, UIC International Union Of Railways, Paris, 2015.
13. Report for the European Commission, Update of the Handbook on External Costs of Transport, 2014.
14. <https://www.eea.europa.eu/pl> (dostęp w dniu 20.03.2017).

THE ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL AND SOCIAL COSTS IN INTERMODAL TRANSPORT USING SEMI-TRAILERS AS LOAD UNIT

Summary: The dynamic development of transport recorded in recent decades is an important factor in the economic development of the world on the one hand, and on the other hand, it is a significant source of nuisance and environmental problems. Considering contemporary transport hazards, it is important to prevent them from occurring, and when that is not possible – limiting their impact on the environment and reducing the scale and extent of negative impacts.

In the paper the environmental and social nuisance of transport of goods loaded in semitrailers was analyzed. The transport of semitrailers using intermodal wagons pulled by the diesel locomotive in accordance with the assumptions adopted in the railway with the maximum length of train composition was taken into account.

Keywords: intermodal transport, semitrailer, environmental protection, social costs