

METODY ZWIĘKSZENIA EFEKTYWNOŚCI TRANSPORTU TOWAROWEGO W OBRĘBIE AGLOMERACJI SZCZECIŃSKIEJ

W artykule omówione zostały problemy transportowe w obrębie aglomeracji szczecińskiej. Dokonano analizy stanu istniejącego oraz zaproponowano rozwiązania problemów transportu towarowego na przykładzie istniejącej sieci logistycznej. Proponowana metoda polega na odciążeniu transportu drogowego przy wykorzystaniu istniejącej infrastruktury transportu kolejowego, a także przeanalizowanie jaki będzie to miało wpływ na koszty bezpośrednie oraz koszty zewnętrzne dla tych dwóch gałęzi transportu. W analizie wykorzystano metodę najkrótszej ścieżki do rozwiązania problemu komiwojażera. Metoda ta rozwiązuje graf hamiltonowski w poszukiwaniu minimalnej odległości pomiędzy wszystkimi badanymi punktami i wyznacza najkrótszą ścieżkę pomiędzy nimi.

WSTĘP

Duże aglomeracje miejskie borykają się z problemami transportowymi, które wynikają z różnych uwarunkowań. Głównym, wspólnym czynnikiem jest niewątpliwie wzrost liczby nowo zarejestrowanych pojazdów. Wg Głównego Urzędu Statystycznego w roku 2016 zarejestrowano o 14,99 % pojazdów więcej niż w roku 2015. Analiza z lat ubiegłych oraz prognozy na rok 2017 pokazują, że mamy do czynienia z tendencją wzrostową. Przybywająca liczba samochodów osobowych na ulicach dużych miast, to nie tylko problem transportu osobowego. Oczywiście jest, że dotyczy to całego transportu drogowego, osobowego jak i towarowego. Ze względu na punkty styku potoków ruchu drogowego jak i szynowego (tramwajowego) wzrost liczby pojazdów osobowych wpływa również negatywnie na publiczny transport miejski.

1. PROBLEMY KOMUNIKACYJNE MIASTA SZCZECIN

Dużym utrudnieniem komunikacyjnym w miastach są zatory drogowe w godzinach porannego i popołudniowego szczytu. Nie inaczej jest też w Szczecinie. Problemy te nasila się jeszcze wraz z prowadzeniem inwestycji drogowych, które w ostatecznym rozrachunku służą polepszeniu infrastruktury, ale w momencie ich przeprowadzania utrudniają ruch kierowcom wszelkich. Nagłe remonty, prace długoterminowe, a także nieumiejętne zarządzanie logistyką miejską w trakcie ich realizacji mogą doprowadzić do paraliżu ruchu pojazdów. Tak było w roku 2014 i 2015 gdy wraz przebudową ulicy Potulickiej oraz alei Niepodległości doszły prace związanymi z uruchomieniem linii tzw. „szybkiego tramwaju”. W momencie zamknięcia mostu Długiego na okres kilku tygodni mieliśmy do czynienia z sytuacją zupełnie niedrożnych dróg wlotowych i wylotowych w mieście. Zatory drogowe dezorganizują również transport publiczny. Autobusy i tramwaje nie jeżdżą według rozkładów jazdy. Pośpiech i zdenerwowanie kierowców negatywnie wpływa na transport pozostałych uczestników dróg. Nierzadko zdarzają się z tego powodu kolizje drogowe, które utrudniają jeszcze bardziej poruszanie się po mieście.

1.1. Przyczyny powstawania zatorów drogowych

Największy wpływ na powstawanie zatorów ulicznych w Szczecinie mają m.in. takie czynniki jak: zła organizacja prac remonto-

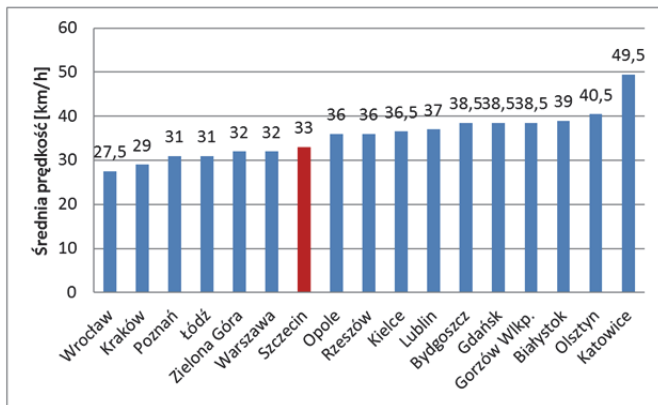
wych oraz budowlanych, niewłaściwa kultura jazdy kierowców, a także sygnalizacja świetlna oraz zwężenia dróg. W przypadku pierwszego czynnika zastrzeżenia dotyczą realizowania jednocześnie kilku inwestycji oraz notorycznego przedłużania terminu ich ostatecznego ukończenia. Jako przykład można odnieść się do modernizacji ul. Struga, jednej z głównych ulic prawobrzeża Szczecina, przy równoległej budowie kładek dla pieszych przy ul. Gdańskiej. Taka sytuacja spowodowała utrudnienia w ruchu drogowym osobom poruszającym się z prawobrzeża do centrum i odwrotnie.

Kolejna z najczęściej wymienianych przyczyn powstawania zatorów ulicznych dotyczy samych kierowców, którzy mają największy wpływ na korki przede wszystkim przez wolną reakcję na światła zielone, blokowanie skrzyżowań, złe parkowanie, nieprawidłowe włączenie się do ruchu oraz korzystanie z brzeżnych pasów rond wielopasmowych [4].

Najważniejszym czynnikiem wpływającym bezpośrednio na powstawanie zatorów ulicznych jest brak obwodnicy dla miasta Szczecin. W dniu 13 października 2015 r. Rada Ministrów przyjęła rozporządzenie zaliczające Zachodnie Drogowe Obejście Miasta Szczecina do sieci autostrad i dróg ekspresowych, co umożliwi rozpoczęcie działań związanych z procesem inwestycyjnym. Realizacja tej inwestycji usprawni połączenie północnych i zachodnich dzielnic Szczecina oraz miejscowości leżących w powiecie polickim z autostradą A6 i drogą ekspresową S3, a także pozwoli zlikwidować tranzyt materiałów niebezpiecznych do i z Zakładów Chemicznych w Policach, który to obecnie obywa się przez centrum Szczecina [7].

1.2. Skutki zatorów drogowych w Szczecinie

Z analizy danych historycznych oraz bieżących informacji zamieszczanych na portalu korkowo.pl wynika, że bezpośrednim i najbardziej odczuwalnym skutkiem zatorów drogowych jest strata czasu. Kolejnym ważnym skutkiem jest nadmierne zużycie paliwa oraz różne aspekty psychologiczne takie jak: zmęczenie, stres i agresja kierowców oraz sparaliżowanie miejskiej komunikacji. Oczywiście skutki kongestii mają również wpływ na środowisko naturalne. Wolniej poruszające się pojazdy będące w dużym nagromadzeniu emitują do atmosfery niekorzystne gazy wpływające na efekt cieplarniany oraz stężenie szkodliwych substancji.

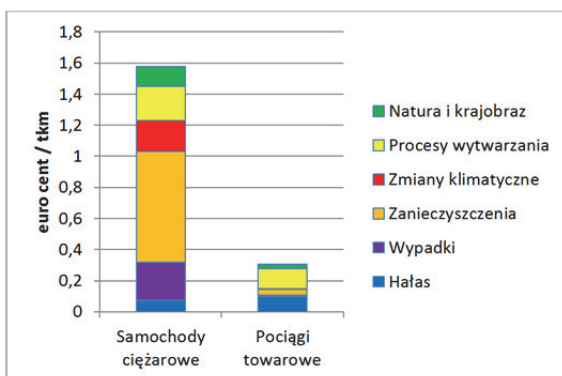


Rys. 1. Średnia prędkość pojazdów w centrach wybranych miast w Polsce. Źródło: Opracowane na podstawie [4].

Jaki wpływ zatem ma kongestia na transport towarowy? Pierwszym najważniejszym czynnikiem są znaczne opóźnienia w dostawach towarów do sieci sklepów. Po raz kolejny widać tutaj negatywny wpływ braku obwodnicy w Szczecinie. W takim razie co powinny zrobić przedsiębiorstwa żeby zyskać na czasie? Wysłać transport w nocy, czy też bardzo wczesnym rankiem, aby towar trafił do odbiorców we właściwym czasie? Owszem, niestety tutaj rodzi się kolejny problem, a mianowicie podwyżki dla osób pracujących przy załadunku i rozładunku towaru oraz osób rozwożących towary. Przedsiębiorstwa za opóźnienia dostaw mogą być również obciążone karą grzywny, która wynika z prawa transportowego oraz ograniczenia w prawie przewozowym. To wynika z kwestii prawa, co w takim razie z konsumentami? Jeżeli towar nie przyjedzie na czas, ludzie nie będą mogli zaopatrzyć się w różnego rodzaju produkty, co spowodować będzie z czasem utratę klientów, a w następstwie może nawet doprowadzić do bankructwa przedsiębiorstwa.

1.3. Oddziaływanie transportu na środowisko

Transport drogowy a w szczególności transport towarów w obrębie aglomeracji miejskich generuje dodatkowe koszty określane mianem kosztów zewnętrznych, których nie ponosi bezpośrednio ani klient, ani dostawca towaru. Koszty zewnętrzne płacimy wspólnie jako społeczeństwo w całościowym rachunku kosztów przypadających jako pasażerokilometr lub tonokilometr. Do kosztów zewnętrznych, które mają największy udział procentowy ogółem należą koszty zanieczyszczenia środowiska, inaczej emisji gazów cieplarnianych do atmosfery oraz koszty zużycia energii potrzebnej do wytworzenia środków transportowych i ich późniejszej eksploatacji.



Rys. 2. Porównanie poszczególnych kosztów zewnętrznych dwóch gałęzi transportowych. Źródło: [2].

Następne w kolejności koszty to koszty wypadków drogowych. Ilość ofiar śmiertelnych i rannych oraz akcje ratunkowe służb do tego powołanych (policja, pogotowie ratunkowe, straż pożarna) stanowią realny koszt, który należy doliczyć do ogólnych kosztów transportowych. Pomniejszy, ale równie ważny udział w kosztach zewnętrznych mają koszty hałasu oraz zajętości terenu.

Jak widać z powyższego rysunku zanieczyszczenia środowiska spowodowane emisją gazów takich jak dwutlenek węgla (CO₂), tlenki azotu (NO_x) oraz węglowodory (NMHC) oddziałują na środowisko w największym stopniu. Koszty społeczne oraz bezpośredni wpływ stężenia tych gazów w atmosferze na środowisko powoduje, że priorytetem staje się realizowanie transportu pasażerskiego i towarowego alternatywnymi gałęziami transportu. Tam gdzie jest to możliwe celowe jest korzystanie z taboru kolejowego do transportu towarów i pasażerów. Koszty wytworzenia energii oraz koszty wpływu szkodliwych czynników na środowisko są niewspółmiernie mniejsze w porównaniu do transportu drogowego.

W pracy [3] wykazano, że indywidualny, drogowy transport pasażerski powoduje największe emisje zanieczyszczeń powietrza potrzebne do przewiezienia 1 osoby na odległość 1 km. Ograniczenie wysokich emisji gazów z pojazdów drogowych możliwe jest poprzez zastosowanie kosztownych napędów hybrydowych. Znaczną poprawę emisji zanieczyszczeń w pasażerskim transporcie drogowym uzyskuje się poprzez zastosowanie transportu zbiorowego (np. autobusowego) zamiast indywidualnego.

Transport kolejowy a w szczególności transport ładunków wykazuje zdecydowanie mniejszą emisję zanieczyszczeń niż transport drogowy. Jedynym niekorzystnym czynnikiem transportu kolejowego jest hałas, który zredukować można poprzez zastosowanie specjalnych dźwiękochłonnych ekranów w miejscach bezpośredniej bliskości terenów za-budowanych, co wiąże się z dodatkowym kosztem.

Kongestia jest silnie uzależniona od czasu i miejsca. Rozróżnić należy stopień zatłoczenia w obszarach bardziej lub mniej zurbanizowanych oraz klasę dróg [2]. Kolejnym aspektem jest pora dnia podróży. Godziny szczytu charakteryzują się zupełnie innym rozkładem potoków ruchu i należy je traktować odrębnie, niż pozostałą część doby podczas analizy kosztów.

2. ROZWIĄZANIA USPRAWNIAJĄCE TRANSPORT TOWAROWY

Istnieje szereg rozwiązań mających na celu poprawę płynności ruchu w dużych aglomeracjach miejskich. Wzrost liczby ścieżek rowerowych zachęca mieszkańców do poruszania się po mieście rowerem w szczególności w okresach wiosenno-letnich. Polskie spółki kolejowe sukcesywnie poszerzają ofertę krótkodystansowych podróży w obrębie aglomeracji miejskich, łącząc to z dodatkowymi liniami autobusowo-tramwajowymi. Ma to na celu przeniesienie ciężaru transportu osobowego na niedostatecznie wykorzystaną infrastrukturę kolejową. Takie tendencje można zaobserwować w większości dużych miast w Polsce, natomiast dotyczą one prawie wyłącznie transportu osobowego. W niniejszej analizie proponujemy alternatywę w postaci transportu towarowego w obrębie aglomeracji szczecińskiej, co pozwoli na znaczne odciążenie szczecińskich ulic z transportu ciężkiego. Ma to szczególne znaczenie w okresie przebudowy kilku kluczowych ulic w Szczecinie oraz problemów komunikacyjnych wynikających z niedokończonej budowy obwodnicy śródmiejskiej.

Takim przykładem może być aglomeracja szczecińska z kilkoma centrami dystrybucji na obrzeżach miasta oraz szeregiem punktów dostaw wewnątrz miasta. Analiza w niniejszym artykule będzie dotyczyła centrum logistycznego dystrybucji artykułów spożywczych w Motańcu oraz kilkunastu punktów docelowych w mieście Szczecinie i na jego obrzeżach. Analizowane punkty sieci transportowej przedstawiono na rysunku 3. Istnieje możliwość zastosowania w tym szczególnym przypadku połączenia modelu promienistego z wahadłowym ciągłym. W tym celu zrobiono analizę stanu istniejącego na przykładzie regularnych dostaw artykułów spożywczych.

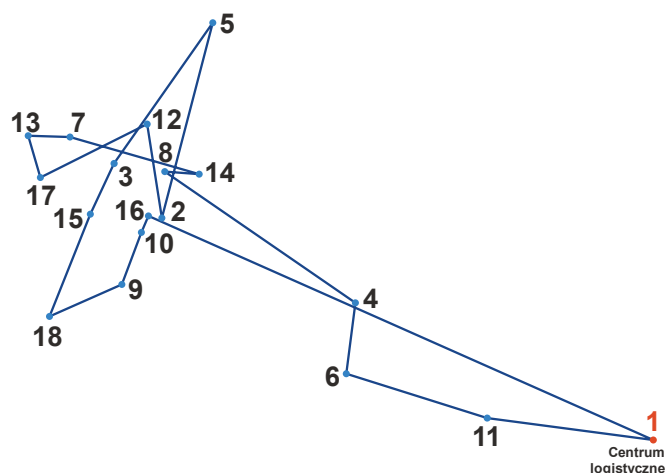
3.1. Metoda najkrótszej ścieżki

Do rozwiązania problemu sieci transportowej użyto algorytmu realizującego cykl Hamiltona do rozwiązywania zagadnień transportowych zwanych problemem komiwojażera (transport salesman problem). Problem został po raz pierwszy opisany przez Williama Rowana Hamiltona w roku 1859. Pierwszym etapem algorytmu jest stworzenie macierzy odległości między punktami. Problem jest NP-trudny co oznacza konieczność rozpatrywania dużej liczby możliwych wystąpień i czas ich działania zależy od liczby punktów. Niewielki przyrost tej liczby powoduje duży wzrost ilości przypadków do rozważenia i tym samym czasu działania algorytmu. Jeden z możliwych algorytmów polega na obliczeniu całkowitej długości wszystkich istniejących w danym grafie cykli Hamiltona [6].

Do analizy problemu transportu towarów w obrębie aglomeracji szczecińskiej, użyto dwóch niezależnych programów do obliczeń numerycznych. Oba programy (TSP Solver and Generator oraz Visual Genetic v 2.1) rozwiązują zagadnienie komiwojażera używając do tego innych algorytmów. Pierwszy z programów bazuje na bezpośrednich odległościach między punktami, z więc konieczne było zbudowanie macierzy takich odległości. Drugi program jako dane wejściowe wykorzystuje współrzędne geograficzne badanych punktów. W obu przypadkach rozwiązaniem problemu komiwojażera był taki cykl Hamiltona, którego suma wag krawędzi była minimalna. Odległość jaką musi pokonać pojazd transportujący produkty spożywcze do wszystkich punktów wyniosła:

- dla programu TSP SG – 107,47 km
- dla programu Visual Genetic 104,34 km

Różnice w wynikach spowodowane są różnicami w algorytmach oraz różną formą danych wejściowych. Średnia odległość do pokonania wyniosła: 105,91 km



Rys. 4. Wynik obliczeń dla istniejącego połączenia sieci logistycznej metodą najkrótszej ścieżki. Źródło: Opracowanie własne.

Na podstawie tej odległości oraz biorąc pod uwagę poniższe czynniki obliczono koszt oraz czas transportu dla godzin szczytu oraz poza szczytem.

Czynniki brane pod uwagę podczas analizy:

- ilość towaru jednorazowo do przewiezienia: 48 t;
- ładowność pojedynczego pojazdu z naczepą: 24 t;
- liczba kursów w tygodniu: 2;
- liczba punktów: 18;
- średnie spalanie ciągnika siodłowego z naczepą w godzinach szczytu: 42 l;
- średnie spalanie ciągnika siodłowego z naczepą w poza godzinami szczytu: 34 l;
- średnia prędkość pojazdu w godzinach szczytu: 20 km/h;
- średnia prędkość pojazdu poza godzinami szczytu: 33 km/h;
- cena paliwa: 5 zł/l;
- koszty zewnętrzne.

Obliczenia dla wariantu 1 przedstawiono w tabeli 1.

Tab. 1. Zestawienie czasu i kosztów dostawy 48 t produktów do 18 punktów docelowych z uwzględnieniem natężenia ruchu w godzinach szczytu (S1) i poza nimi (S2).

	długość trasy [km]	paliwo [l]	śr. prędk. [km/h]	czas [min]	cena za 1 km [zł]	koszt dla 1 pojazdu [zł]	koszt roczny [zł]
S1	105,91	44,4822	20	317,73	2,10	111,21	23 130,74
S2	105,91	36,0094	33	192,56	1,70	90,02	18 724,89

Ze względu na spore różnice w prędkości poruszania się ciągników siodłowych z naczepą w różnym okresie doby koszty transportu będą wahały się od 90 do 111 złotych i 21 groszy dla pojedynczego pojazdu załadowanego 24 tonami ładunku. Różnica w kosztach rocznych wyniosłaby ponad 4,4 tys. zł jeżeli taki transport odbywałby się tylko 2 razy w tygodniu. Kolejnym ujemnym aspektem transportu w godzinach największego zagęszczenia jest czas dostawy, który może wydłużyć się nawet o ponad 2 godziny dla pojedynczego przejazdu na całej trasie.

3.2. Transport kolejowy jako alternatywa dla transportu drogowego

W związku z ogólnosiwiatową tendencją przenoszenia ciężaru transportu z drogowego na alternatywne gałęzie transportu, proponujemy analizę kosztów tej samej ilości ładunku transportem kombinowanym drogowo-kolejowym. Koszty transportu kolejowego zostały obliczone na podstawie ogólnodostępnych stawek przewozowych PKP Cargo S.A. Odległość przewozowa nie może być mniejsza niż 30 km. Koszty oraz czas transportu 48 t ładunku na odległość 37 km przedstawiono w poniższej tabeli.

Tab. 2. Koszty oraz czas transportu kolejowego dla wariantu 2a (transport kombinowany).

długość trasy [km]	przewoźne [zł]	śr. prędkość [km/h]	czas [min]	cena za 1 km [zł]	koszt dla 1 przejazdu [zł]	koszt roczny [zł]
37	1194	55	40,36	61,96	2 292,48	238 417,92

Dla długości trasy 37 km opłata przewozowa (tzw. przewoźne) wyniesie 1194 zł dla 25 t ładunku. Tą wartość należy przemnożyć przez współczynnik korygujący dla wielkości ładunku 48 t wyniesie

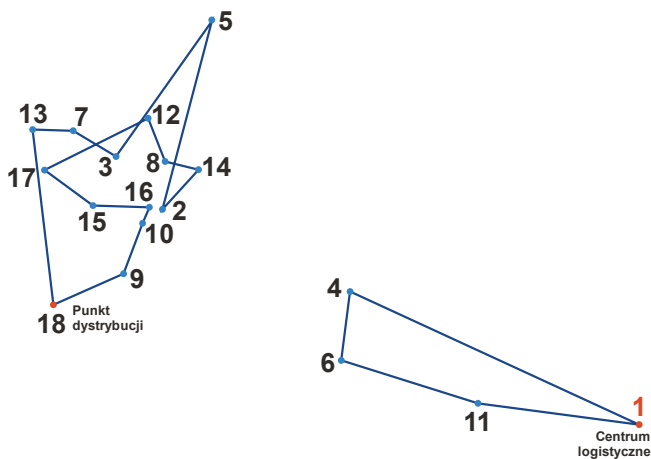
on 1,92. Stąd koszt pojedynczego przejazdu na trasie Motaniec – Szczecin Gumieńce wyniesie 2292,48 zł.

Zobaczmy jak przedstawiają się pozostałe koszty transportu do poszczególnych punktów dowozowych. Założenie było takie aby transportem kolejowym dowieźć to centrum Szczecina ładunek a w obrębie miasta transportować go samochodami dostawczymi o ładowności do 12 t.

Tab. 3. Koszty oraz czas transportu drogowego dla wariantu 2b z uwzględnieniem natężenia ruchu w godzinach szczytu (S1) i poza nimi (S2) (transport kombinowany).

	długość trasy [km]	paliwo [l]	śr. prędkość [km/h]	czas [min]	Cena za 1 km [zł]	Koszt dla 1 pojazdu [zł]	Koszt roczny [zł]
S1	88,4	93,624	22	241,10	0,80	70,72	7 354,88
S2	88,4	78,145	36	147,33	0,60	53,04	5 516,16

Koszt bezpośredni jaki musiałby ponieść dostawca jest ponad dziesięciokrotnie wyższy niż transport tradycyjny. Zysk czasowy na samym procesie transportu ładunku wyniósłby w godzinach szczytu około 35 minut, który zapewne spożytkowany zostałby na załadunek i rozładunek dwóch środków transportowych.



Rys. 5. Wynik obliczeń dla proponowanego rozwiązania (Wariant 2b) z podziałem na dwa obszary dystrybucji towarów metodą najkrótszej ścieżki. Źródło: Opracowanie własne.

Koszty bezpośrednie to jest kwestia ważna z punktu widzenia firmy przewoźniczej oraz klientów, ale z punktu widzenia użytkowników dróg oraz mieszkańców Szczecina ważniejsze stają się koszty zewnętrzne. Koszt zużycia energii, emisji gazów cieplarnianych czy hałasu to są koszty o których mowa w punkcie 2.3. Odciążenie transportu drogowego i zastąpienie go w miarę możliwości transportem kolejowym da w perspektywie długofalowej zysk, który przełoży się bezpośrednio na każdego użytkownika dróg w obrębie dużych i średnich aglomeracji miejskich.

Proponujemy obliczenia kosztów zewnętrznych na podstawie danych historycznych średniej eksploatacji pojazdów do transportu ładunków określanymi jako 800 tys. km przebiegu od początku aż do końca eksploatacji takiego pojazdu.

Koszt zużycia energii obliczony wg wzoru:

$$E_E = \frac{N * C_p * K_p}{100} \quad (1)$$

gdzie:

E_E – koszt

N – wartość zużycia paliwa [kg]

C_p – cykl życia pojazdu (800 tys. km)

K_p – koszt 1kg paliwa metanowego (3 zł/kg)

Koszt emisji CO₂ obliczamy wg wzoru:

$$E_{CO} = \frac{N * C_p * K_z * E_s}{100} \quad (2)$$

gdzie:

E_{CO} – koszt emisji CO₂ [zł]

N – wartość zużycia paliwa [kg/100km]

C_p – cykl życia pojazdu (800 tys. km)

K_z – koszt emisji równy 0,115zł/kg

E_s – wartość wielkości emisji CO₂ z jednego kg metanu równa 2,74kg

Współczynnik obliczeniowy E wyrażony w [kWh] obliczamy:

$$E = \frac{10 * C_p * N}{S} \quad (3)$$

gdzie:

C_p – cykl życia pojazdu (800 tys. km)

N – wartość zużycia paliwa [kg/100km]

S – jednostkowe zużycie paliwa równe 225 [g/kWh]

Wartości emisji dla poszczególnych składników obliczamy wg wzorów:

$$NOx = E * SORT2_{NOx} * Wn \quad (4)$$

gdzie:

NOx – tlenki azotu [zł]

E – współczynnik obliczeniowy wyrażony w [kWh]

$SORT2_{NOx}$ – wielkość emisji NOx z SORT2 dla pojazdu [g/kWh]

Wn – koszt emisji [0,0169 zł/g]

$$NMHC = E * SORT2_{NMHC} * Wm \quad (5)$$

gdzie:

$NMHC$ – węglowodory [zł]

E – współczynnik obliczeniowy wyrażony w [kWh]

$SORT2_{NMHC}$ – wielkość emisji NMHC z SORT2 dla pojazdu [g/kWh]

Wm – koszt emisji [0,00384 zł/g]

$$PM = E * SORT2_{PM} * Wp \quad (6)$$

gdzie:

PM – cząstki stałe [zł]

E – współczynnik obliczeniowy wyrażony w [kWh]

$SORT2_{PM}$ – wielkość emisji PM z SORT2 dla pojazdu [g/kWh]

Wp – koszt emisji [0,334 zł/g]

E_x [zł] - wartość całkowitej emisji zanieczyszczzeń obliczamy jako suma wartości NOx , $NMHC$, PM

$$E_x = NOx + NMHC + PM \quad (7)$$

Zestawienie kosztów zewnętrznych dla poszczególnych wariantów przedstawiono w poniższej tabeli (tabela 4). Inne koszty

zewnętrzne takie jak hałas, wypadki, kongestia opracowano na podstawie [2].

Tab. 4. Koszty zewnętrzne dla obu wariantów transportu. Transport drogowy (TD). Transport drogowo-kolejowy (TDK).

	dł. trasy [km]	liczba tkm	koszt zużycia energii 1tkm [zł]	koszt emisji CO ₂ 1tkm [zł]	koszt emisji Nox 1tkm [zł]	inne koszty zewnętrzne 1tkm [zł]	koszty ogółem [zł]
TD	105,91	5083,68	1,10	0,14	0,02	0,37	8 240,09
TDK	88,4	4243,2	0,27	0,04	0,00	0,17	2 065,81
	37	1776	0,61	0,00	0,00	0,08	1 216,88

PODSUMOWANIE

Na koszty transportu wpływa wiele czynników bezpośrednich oraz pośrednich. Podział kosztów na wewnętrzne, stojące po stronie przewoźnika oraz koszty zewnętrzne, które ponoszą wszyscy użytkownicy dróg obrazowo pokazuje jakie mogą być skutki długofalowej polityki transportowej państwa. Koszty zanieczyszczenia środowiska dotyczą wszystkich mieszkańców i użytkowników dróg pomimo, że nie ponosimy tych kosztów bezpośrednio. Innym źródłem oddziaływania na środowisko jest zjawisko kongestii. Ograniczona przepustowość sieci transportowych, oraz straty czasu innych użytkowników transportu przekładają się na realny koszt, który ponoszą wszyscy użytkownicy dróg. W przypadku sieci drogowych zwiększająca się z roku na rok liczba pojazdów wpływa negatywnie na zagęszczenie potoków ruchu, co bezpośrednio przekłada się na czas odbywanej podróży.

Jak wykazała analiza, największe różnice w transporcie towarowym występują po stronie kosztów zanieczyszczenia powietrza. Transport drogowy emituje do atmosfery dziesięciokrotnie więcej niebezpiecznych związków niż transport kolejowy. Istotne jest zatem aby tam gdzie istnieją takie możliwości, dążyć do przeniesienia przewozu towarów z transportu drogowego i zastąpienie go transportem kolejowym. Jak pokazała analiza w obrębie aglomeracji szczecińskiej istnieje możliwość wykorzystania potencjału sieci kolejowej, ponieważ zastosowanie jej nawet na krótkich odległościach daje długofalowy zysk dla społeczeństwa oraz przedsiębiorców. Koszty zewnętrzne, które powinny odgrywać znacznie większą rolę podczas planowania transportu jasno pokazują, że transport oparty wyłącznie na transporcie drogowym zwiększa udział w kosztach zewnętrznych ponad dwukrotnie, co w rezultacie przekłada się niekorzystnie na wszystkich uczestników ruchu oraz mieszkańców.

BIBLIOGRAFIA

- Pietrzak, K. and O. Pietrzak, Szczecińska Kolej Metropolitalna - analiza i wyniki studium wykonalności, Transp. Logistyka Porty, vol. 0, no. 1, pp. 4–9, 2015.
- Puławska, S., Koszty zewnętrzne w polityce transportowej Unii Europejskiej, Transp. i Ochr. Środowiska, no. 5–6, pp. 46–52, 2008.
- Witaszek, M., Witaszek K., Porównanie emisji zanieczyszczeń powietrza przez różne gałęzie transportu, Gliwice, 2014.
- Portal dla kierowców, www.korkowo.pl, 2015. .
- “Strategia zintegrowanych inwestycji terytorialnych Szczecińskiego Obszaru Metropolitalnego,” 2016.
- “Problem komiwojażera,” <http://www.mini.pw.edu.pl/MiNIWyklady/index.html>, 2002. .
- “<http://szczecin.wyborcza.pl/szczecin/7,87121,21603499,jest-kuczowa-decyzja-niezbedna-dla-budowy-zachodniego-obejscia.html>,” 2017.
- Dyr. T., Europejska strategia w zakresie paliw alternatywnych, „Autobusy. Technika. Eksploatacja. Systemy Transportowe” 2013, nr 11.

Methods for increasing the efficiency of freight transport in Szczecin area

The article presents transport problems within the Szczecin area and analysis of the existing situation. The main goal is to propose solutions of the freight transport using the existing logistics network. The aim is to relieve part of road transport and move it to the rail using existing infrastructure. Results will be used to examine the impact on external costs. The analysis uses the method of shortest path to solve the traveling salesman problem. This method resolves the Hamiltonian graph to search of the minimum distance between all test points and determines the shortest path between them.

Autorzy:

Członkowie Koła Naukowego Metod Informatycznych w Transporcie przy Wydziale Inżynieryjno-Ekonomicznym Transportu Akademii Morskiej w Szczecinie.

Artur Kujawski – Akademia Morska w Szczecinie.

Karolina Pastuszek – absolwentka Akademii Morskiej w Szczecinie.

Klaudia Kacprzak – absolwentka Akademii Morskiej w Szczecinie.

Magdalena Franos – absolwentka Akademii Morskiej w Szczecinie.