

POŁOM Marcin¹
PIASECKI Adam²
BARTŁOMIEJCZYK Mikołaj³

Charakterystyka autonomiczności trolejbusów – nowe doświadczenia w elektromobilności miejskiej⁴

WSTĘP

Idea elektromobilności miejskiej (urban electromobility) jest odpowiedzią na rosnące problemy z przemieszczaniem się wewnątrz obszarów silnie zurbanizowanych (wzrost kongestii) oraz koniecznością zadbania o stan środowiska miast i aglomeracji [3]. Działania związane z rozwojem elektromobilności koncentrują się na poprawie dostępności elektrycznego transportu miejskiego, jako najbardziej przyjaznej środowisku formie przemieszczania ludności. Nawet w przypadku państw, których gospodarka oparta jest na energii z nieodnawialnych źródeł, a jej produkcja zanieczyszcza środowisko, istotnym pozostaje ograniczenie emisji zanieczyszczeń w bezpośrednim miejscu eksploatacji środków transportu. Odpowiedzią na te postulaty jest idea elektromobilności, która zakłada wzrost znaczenia elektrycznych form transportu, zarówno zbiorowego i indywidualnego.

Unia Europejska stymuluje wzrost elektromobilności poprzez szereg regulacji prawnych, zobowiązujących państwa członkowskie do ich wdrażania. Najbardziej istotnymi dokumentami w zakresie promowania elektrycznego transportu miejskiego są Zielona księga o środowisku miejskim, Plan działań na rzecz mobilności miejskiej i Biała księga transportu [5, 10-11]. Wśród najważniejszych zadań wymienia się promowanie koncepcji zrównoważonego rozwoju, w którą wpisuje się elektromobilność oraz poprawa świadomości ekologicznej społeczeństw.

W niniejszym artykule scharakteryzowano dotychczasowe doświadczenia związane ze wzrostem znaczenia komunikacji trolejbusowej w Europie dzięki rozwojowi alternatywnych źródeł zasilania i uniezależnieniu pojazdów od zasilania z sieci trakcyjnej.

1. CHARAKTERYSTYKA PROBLEMU ZWIĄZANIA TROLEJBUSU Z SIECIĄ TRAKCYJNĄ

Trolejbus stanowi pośrednie rozwiązanie między autobusem a tramwajem. System klasycznej komunikacji trolejbusowej nie wymaga tak znaczących nakładów inwestycyjnych jak w przypadku tramwaju, lecz nie jest tak elastyczny na sytuacje drogowe co autobus. W celu uruchomienia komunikacji trolejbusowej należy dobudować do istniejącej infrastruktury drogowej napowietrzną trakcję elektryczną wraz z układem zasilania. Nie ma potrzeby budowy wydzielonych pasów ruchu jak w przypadku torowisk tramwajowych.

Trolejbus w budowie jest podobny do autobusu lecz różni te dwie formy transportu związane z odbiorem energii elektrycznej z sieci trakcyjnej przez pantografy umieszczone na dachu. Odbieraki prądu umożliwiają odchylenie się trolejbusu od osi zawieszenia sieci jezdnej w zakresie +/- 4,5 m, co pozwala wymijać wszelkie przeszkody na 9 – metrowej jezdni [2]. Klasyczny wzorzec komunikacji trolejbusowej to pojazdy poruszające się wyłącznie po ulicach wyposażonych w napowietrzną sieć trakcyjną bez możliwości uniezależnienia pojazdu od źródła zasilania.

¹ Uniwersytet Gdański, Wydział Oceanografii i Geografii, Instytut Geografii, Katedra Geografii Rozwoju Regionalnego; ul. J. Bażyńskiego 4, 80-952 Gdańsk. Tel: +48 58 523-65-69, marcin.polom@ug.edu.pl

² Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Wydział Nauk o Ziemi; 87-100 Toruń, ul. Lwowska 1; piasecki@doktorant.umk.pl

³ Politechnika Gdańska, Wydział Elektrotechniki i Automatyki, Katedra Inżynierii Elektrycznej Transportu; ul. J. Sobieskiego 7, 80-216 Gdańsk. Tel: +48 58 347-28-57, mikołaj.bartlomiejczyk@pg.edu.pl

⁴ Artykuł recenzowany

2. ZARYS IDEI WPROWADZENIA ALTERNATYWNEGO ŹRÓDŁA ZASILANIA W NAPĘDACH TROLEJBUSÓW

Komunikacja trolejbusowa uzależniona od zasilania trakcyjnego stała się uciążliwa w eksploatacji. Poszukiwano więc rozwiązań umożliwiających „uelastyczenie” trolejbusów. W wyniku rozwoju technologii pojawiły się alternatywne sposoby zasilania układu napędowego trolejbusów przez zabudowanie agregatów spalinowych spełniających rolę prądnicy, akumulatorów o dużej pojemności energetycznej lub zasobników superkondensatorowych. Przesłanką kierującą uwagę przewoźników na poprawę warunków eksploatacyjnych były przede wszystkim wysokie koszty utrzymywania rezerwy autobusów na ewentualność zaniku zasilania w sieci trakcyjnej, poważnego zerwania przewodów jezdnych lub długotrwały remont, przebudowę ulicy. Trolejbusy pozostające w zajezdni nie zarabiały na swoje utrzymanie, a autobusy kursujące na liniach trolejbusowych generowały większe koszty przez co komunikacja trolejbusowa wypadła w bilansie ekonomicznym negatywnie.

3. PRZEGLĄD ROZWIĄZAŃ STOSOWANYCH W TROLEJBUSACH

W latach 80-tych XX w. pojawiły się w eksploatacji liniowej pierwsze trolejbusy z alternatywnymi źródłami zasilania, były to pojazdy wyposażone w agregaty spalinowe oraz pierwsze próby wykorzystania baterii trakcyjnych. Na szerszą skalę alternatywne źródła zasilania zadomowiły się w komunikacji trolejbusowej na początku XXI w. Poza miastami Europy zachodniej, w szczególności w Szwajcarii i Włoszech, wprowadzono do produkcji seryjnej pierwszy środkowoeuropejski trolejbus niskopodłogowy – Škoda 21TrACI [4]. Pojazd ten został wyposażony w wysokoprężny silnik diesla o mocy 100kW, który stanowił prądnicę do zasilania elektrycznego układu napędowego trolejbusu. Pierwszym, liniowym zastosowaniem tego trolejbusu była linia nr 1 w czeskim mieście Hradec Králové, gdzie końcowy odcinek pojazd wykonywał po ulicy niewyposażonej w sieć trakcyjną. Fabrycznie nowy trolejbus zastąpił prowizoryczne rozwiązanie stosowane przez kilka lat w postaci wysokopodłogowej Škody 14Tr wyposażonej w przyczepę z agregatem spalinowym. Trolejbusy Škoda 21TrACI dostarczone zostały jeszcze do Pilzna. Podobne rozwiązania stosują obecnie wszyscy producenci trolejbusów niskopodłogowych w Unii Europejskiej oraz Szwajcarii. Swoje pojazdy, na życzenie klienta, wyposażają w agregaty spalinowe tacy producenci jak Solaris, Škoda, Viseon, HESS, Van Hool (por. rys. 1-2). Są to zestawy o różnej mocy, od 50kW do 250kW, a zatem i zróżnicowanej masie własnej, która znacząco wpływa na pojemność trolejbusów. Zaletą agregatu spalinowego jest jego nieograniczony zasięg – trolejbus może być eksploatowany na takim dystansie, na jaki pozwala pojemność zbiornika paliwa. Wadą tego rozwiązania jest znaczne zużycie paliwa. Doświadczenia z miast eksploatujących w ruchu ciągłym trolejbusy wyposażone w tego typu alternatywne źródło zasilania wykazują znacząco wyższe zużycie paliwa niż w przypadku klasycznych autobusów spalinowych. Ponadto agregat spalinowy jest emisyjny i wówczas trudno podtrzymywać argument o proekologiczności komunikacji trolejbusowej.

Są to zestawy o różnej mocy, od 50kW do 250kW, a zatem i zróżnicowanej masie własnej, która znacząco wpływa na pojemność trolejbusów. Zaletą agregatu spalinowego jest jego nieograniczony zasięg – trolejbus może być eksploatowany na takim dystansie, na jaki pozwala pojemność zbiornika paliwa. Wadą tego rozwiązania jest znaczne zużycie paliwa. Doświadczenia z miast eksploatujących w ruchu ciągłym trolejbusy wyposażone w tego typu alternatywne źródło zasilania wykazują znacząco wyższe zużycie paliwa niż w przypadku klasycznych autobusów spalinowych. Ponadto agregat spalinowy jest emisyjny i wówczas trudno podtrzymywać argument o proekologiczności komunikacji trolejbusowej.



Rys. 1. Agregat spalinowy diesla zamontowany w trolejbusie Škoda 24Tr w przedsiębiorstwie trolejbusowym Zlín-Otrokovice.



Rys. 2. Agregat spalinowy przygotowany do zamontowania w przegubowym trolejbusie Breda MenariniBus dla Rzymu, zabudowywanym napędem elektrycznym przez firmę Škoda Electric [1, 7].

Agregat spalinowy to pierwsza i zarazem najpopularniejsza grupa spośród rozwiązań dywersyfikujących źródło zasilania. Popularność tego rozwiązania spowodowana jest przede wszystkim łatwością implementacji w trolejbusie (producent modułu dostarcza kompletny,

zmontowany zestaw to zabudowania w pojeździe) oraz dostępnością technologii. Do drugiej grupy alternatywnych źródeł zasilania należy zaliczyć baterie trakcyjne (rys. 3). To rozwiązanie jest dotychczas mniej popularne i rzadziej stosowane w regularnej eksploatacji. Powodu takiej sytuacji należy upatrywać przede wszystkim w niedorozwoju technologii oraz do niedawna w wysokich kosztach zakupu. W ostatnich dwóch latach zainteresowanie bateriami trakcyjnymi jednak zdecydowanie wzrosło, przede wszystkim za sprawą rozwoju nowoczesnych technologii, wprowadzeniu wielu rozwiązań do seryjnej produkcji oraz zmniejszeniu cen.

Baterie trakcyjne dostępne są w różnych technologiach i zazwyczaj dedykowane każdemu przedsiębiorstwu indywidualnie. W regularnej eksploatacji pozostają w Europie akumulatory ołowiowe, nikielowo-wodorkowe, nikielowo-kadmowe, a w ostatnich latach wprowadzane są do eksploatacji bardzo lekkie - litowo-jonowych. Określając zalety baterii należy jednoznacznie wyróżnić ich nieemisyjność w odróżnieniu od agregatów spalinowych. Trolejbus korzystający z zasilania bateryjnego pozostaje nadal pojazdem w 100% elektrycznym, co jest szczególnie ważne dla przedsiębiorstw eksploatujących wyłącznie pojazdy korzystające z energii elektrycznej. Korzystanie z agregatów spalinowych jest uciążliwe w zajezdniach niedostosowanych do obsługi pojazdów spalinowych. W przypadku akumulatorów ten aspekt nie występuje. W zakresie wad, tą najbardziej odczuwalną jest ograniczony zasięg. Trolejbus przy zasilaniu z baterii trakcyjnych może przejechać określony odcinek drogi uzależniony od ich pojemności. Pojemność akumulatorów przekłada się na ich masę, a ta przy wielkości porównywalnej z masą agregatu spalinowego o mocy 100kW pozwala na przejazd od 3 do 7 km w zależności od zastosowanej technologii. W przypadku eksploatacji baterii w ruchu awaryjnym (na okoliczność czasowego zamknięcie krótkiego odcinka trasy) lub liniowo przy obsłudze krótkiego odcinka np. wybiegowego, obecnie dostępną pojemność baterii należy uznać za wystarczającą. Zważywszy, że bateria to źródło zasilania „odnawialne” – może zostać doładowana z sieci trakcyjnej przy normalnej pracy trolejbusu, to jej wada w zakresie zasięgu eksploatacji jest pomniejszona względem agregatu spalinowego. Poza aspektem pojemności akumulatorów, ich masy, ważna jest także żywotność takiego źródła zasilania. W zależności od wykorzystanej technologii oraz pracy baterii (stopnia ich rozładowania), można oszacować ich żywotność. Ze strony przewoźnika istotne jest, aby fabrycznie implementowane rozwiązanie posłużyło jak najdłużej.



Rys. 3. Dwa moduły baterii nikielowo-kadmowych zabudowanych w trolejbusie Solaris Trollino 12M w Gdyni [8].

Ostatnią grupę rozwiązań stanowią superkondensatorowe zasobniki energii, najmniej popularne, ale zarazem najkrócej stosowane. Ze względu na innowacyjność technologii oraz jej stosunkowo najmniejszą dostępność w stosunku do omówionych, dwóch pozostałych źródeł pozatrakcyjnego

zasilania trolejbusów, doświadczeń ze stosowania tego typu rozwiązania jest najmniej. Obecnie stosowane superkondensatory w stosunku do baterii trakcyjnych posiadają znacznie mniejszą pojemność energetyczną, jednak poza aspektem funkcjonowania jako alternatywne źródło zasilania realnie wpływają na oszczędność zużycia energii elektrycznej przez trolejbus. Dzięki możliwości szybkiego rozładowania i doładowania są wykorzystywane w bieżącym cyklu eksploatacyjnym i umożliwiają poprawienie własności trakcyjnych np. w przypadku spadków napięcia w sieci trakcyjnej. Szybkość ich doładowania ma znaczenie w przypadku rekuperacyjnego (odzyskowego) hamowania pojazdu i braku odbiornika energii na tym samym odcinku zasilania. Wówczas zamiast wytracać energię z hamowania na rezystorze trolejbus kumuluje energię w superkondensatorach. Tego typu rozwiązanie na pewno należy do tych, które w przyszłości będą rozwijane, seryjnie stosowane i wzmocnią konkurencyjność pojazdów korzystających z energii elektrycznej. Obecnie obserwuje się próbę połączenia superkondensatorów z bateriami trakcyjnymi (np. Ostrawa, Tallin) lub agregatem spalinowym (Eberswalde, Parma, Mediolan) w jednym układzie napędowym. Nierozstrzygnięta pozostaje kwestia, czy zasobniki superkondensatorowe będą bardziej efektywne przy zamontowaniu po stronie układu zasilania (podstacja zasilająca) czy na odbiorniku energii (trolejbus).

4. DOŚWIADCZENIA EKSPLOATACYJNE Z MIAST EUROPEJSKICH

Spośród ponad 150 sieci trolejbusowych zlokalizowanych w Europie (z wyłączeniem Federacji Rosyjskiej), ponad 60 posiada doświadczenia w zakresie wykorzystania w ruchu awaryjnym lub regularnym alternatywnych źródeł zasilania (por. tab. 1). Najwięcej systemów komunikacji trolejbusowej eksploatujących trolejbusy wyposażone w dodatkowe źródło zasilania funkcjonuje w Szwajcarii – 13 miast i we Włoszech. Dominującym rozwiązaniem stosowanym obecnie w komunikacji trolejbusowej jest agregat spalinowy, wykorzystywany w przypadku 46 miast. Mniejsze doświadczenia, przede wszystkim ze względu na ograniczoną dostępność rozwiązania w przeszłości, dotyczą baterii trakcyjnych (7 miast) i superkondensatorowych zasobników energii (5 miast).



Rys. 4. Specjalne „daszki” do automatycznego kotwienia odbieraków prądu do przewodów sieci trakcyjnej, Castellon.

Wiodący producenci taboru trolejbusowego w Europie oferują pojazdy wyposażone w agregaty spalinowe lub superkondensatory (ryc. 5-6). Baterie trakcyjne ze względu na dedykowane, indywidualne rozwiązania są oferowane przez nieliczne firmy produkujące tabor trolejbusowy. Obecnie, układy baterii trakcyjnych implementowane są w układach napędowych trolejbusów marki

Solaris (Polska) lub Škoda (Czechy). Wśród trolejbusów eksploatowanych w Europie wyróżnić można pojazdy posiadające układy zbudowane w oparciu o baterie ołowiowe, niklowo-wodorkowe lub niklowo-kadmowe. W planach pozostaje wykorzystanie baterii litowo-jonowych charakteryzujących się niewielką masą i dużą pojemnością energetyczną, dotychczas eksploatowanych wyłącznie w samochodach osobowych.



Rys. 5. Trolejbus Irisbus Cristalis zawierający przy zasilaniu z agregatu spalinowego, Castellon.



Rys. 6. Trolejbus HESS eksploatowany w ruchu liniowym w szwajcarskim Fribourgu.

Tab. 1. Przykładowe zastosowanie zasilania pomocniczego w trolejbusach w ruchu regularnym [1, 7-9].

Kraj	Miasto	Przykładowe zastosowanie zasilania pomocniczego w ruchu regularnym
Czechy	Hradec Králové	Wykorzystanie trolejbusu z napędem diesla przy obsłudze linii trolejbusowej nr 1 z Dworca Głównego do Kluk, gdzie ostatni odcinek trasy trolejbus pokonuje przy zasilaniu z agregatu spalinowego.
	Mariánské Lázně	Trolejbus z bateriami trakcyjnymi nie jest wykorzystywany w ruchu regularnym, trolejbusy przy zasilaniu z agregatu spalinowego eksploatowane są na liniach 6 i 7, na których pokonują niedługie odcinki pozbawione sieci trakcyjnej.
	Opava	Zasilanie z agregatu spalinowego wykorzystywane w kursach linii 221, na odcinku Bílovecká – Kylešovice Škola oraz od przystanku Divadlo, przez Vrchní do przystanku Ratibořská.
	Plzeň	Trolejbusy przy zasilaniu z agregatu spalinowego eksploatowane są na wybiegowych odcinkach linii 12 i 13 pozbawionych sieci trakcyjnej.
Hiszpania	Castellon	W 2008 r. uruchomiono nową krótką sieć trolejbusową, która od 2010 r. jest rozbudowywana. Obsługę stanowią trolejbusy wyposażone w agregaty spalinowe, które na jednym z końców obecnie przedłużanej trasy zawracają przy wykorzystaniu napędu pomocniczego.
Słowacja	Bratysława	Na linii nr 33 trolejbusy przegubowe kursują na zasilaniu trakcyjnym, lecz w każdym kursie dojazdowym i zjazdowym do zajezdni używają zasilania z agregatu spalinowego, ze względu na brak połączenia sieci trakcyjnej linii 33 z pozostałym układem trakcji.
Szwecja	Landskrona	W niewielkiej sieci trolejbusowej eksploatowane są 4 trolejbusy, które łączą centrum z nową stacją kolejową. W każdym kursie dojazdowym i zjazdowym do zajezdni używają napędu alternatywnego. W przypadku trzech pierwszy trolejbusów są to baterie trakcyjne, w czwartym trolejbusie agregat spalinowy.
Węgry	Debreczyn	Na linii oznaczonej jako 3E trolejbusy wykorzystują zasilanie z agregatu spalinowego w każdy kursie.
Włochy	Rzym	Na linii nr 90 obsługiwanej trolejbusami Ganz Solaris Trollino 18, w każdym kursie, przy przejeździe przez zabytkową część miasta trolejbusy zasilane są z układu baterii trakcyjnych.

WNIOSKI

Rozwój elektrycznego transportu jest uważany przez wielu badaczy zajmujących się inżynierią czy ekonomią transportu za jedyną ścieżkę rozwoju. Zwiększająca się świadomość społeczna dotycząca wpływu transportu na stan środowiska, dodatkowo stymulowana międzynarodowymi uwarunkowaniami prawnymi (np. Unii Europejskiej) i dynamiczny rozwój technologii pomniejszający koszty wytworzenia i eksploatacji całkowicie elektrycznych środków transportu mogą potwierdzać tę tezę.

Trolejbus pozostaje bez wątplenia jednym z najbardziej proekologicznych pojazdów w komunikacji miejskiej. Jego ważną zaletą jest nieemisyjność w miejscu eksploatacji. Do niedawna jedną z głównych wad, a może nawet jedyną istotną było uwiązanie trolejbusu z siecią trakcyjną poprzez odbieraki prądu. Co prawda w odróżnieniu od tramwaju trolejbus miał możliwość omijania przeszkody na jezdni, ale jego przywiązanie do sieci trakcyjnej było znamienne w sytuacji zaniku zasilania, zerwania przewodów trakcji, planowej przebudowy ulicy lub czasowego wyłączenia jezdni z eksploatacji w takich sytuacjach jak przemarsze, festyny itp. Obecny rozwój innowacyjnych technologii wzmacnia pozycję trolejbusu i daje szanse jego częściowego uniezależnienia od sieci trakcyjnej. Dzięki alternatywnym źródłom zasilania trolejbusy mogą omijać, nawet kilkukilometrowe fragmenty sieci trakcyjnej. Organizatorzy eksploatujący komunikację trolejbusową ograniczają koszty przez brak konieczności utrzymywania rezerwy autobusowej na wypadek wyłączenia trolejbusów z

ruchu. Komunikacja trolejbusowa staje się elastyczna w stopniu co raz bardziej porównywalnym do autobusów. Rosnące ceny paliw i rozwój wymagań technologicznych w stosunku do silników spalinowych (normy emisji spalin) generują większe koszty eksploatacyjne i zakupu autobusów, przez co dotychczas drogi w zakupie, a tańszy w eksploatacji trolejbus staje się realną alternatywą.

Streszczenie

Ewolucja komunikacji trolejbusowej zachodzi w wielu europejskich miastach. Wraz z rozwojem alternatywnych źródeł zasilania (baterie trakcyjne, supekondensatory, spalinowe agregaty prądowórcze) trolejbusy stają się mniej uzależnione od sieci trakcyjnej, a przy tym bardziej efektywne ekonomicznie. Jednocześnie rozwój autobusów elektrycznych i wiążące się z nimi problemy eksploatacyjne skłaniają do refleksji nad wykorzystaniem zalet trolejbusów i elektrobusów czyniąc rozwiązanie doskonalszym. W artykule przedstawiono doświadczenia we wprowadzaniu nowoczesnych rozwiązań w zakresie alternatywnych źródeł zasilania w Europie czyniących komunikację trolejbusową bardziej elastyczną. Omówione zagadnienia nakreślają przyszłość komunikacji trolejbusowej i możliwą ich ewolucję.

Słowa kluczowe: komunikacja trolejbusowa, tabor trolejbusowy, alternatywne źródła zasilania, baterie trakcyjne

Characteristics of autonomy of trolleybuses - a new experience in urban electromobility

Abstract

The evolution of trolleybus transport occurs in many European cities. With the development of alternative sources of power (traction batteries, supercapacitors, diesel generators) trolleybuses become less dependent on the overhead line and with the more cost-effective. Simultaneous development of electric buses and their associated operational problems tend to reflect on the use of the advantages of trolleybuses and electric buses making the solution more perfect. The article presents the experience of implementation of innovative solutions in the field of alternative power sources in Europe which make the trolleybus more flexible transport. Discussed issues shape the future of trolleybus transport and their possible evolution.

Keywords: trolleybus transport, trolleybus fleet, alternative power sources, traction batteries

BIBLIOGRAFIA

1. Błaszczak G. A., 2008, Nowoczesne trolejbusy w Rzymie, Biuletyn Komunikacji Miejskiej, nr 99, s. 53-54.
2. Kacprzak J., Kozierekiewicz M., 1997, Układy napędowe i układy sterowania trolejbusów, Seria Monografie, nr 28, Politechnika Radomska im. K. Pułaskiego, Radom.
3. Kopeć K., 2012, Koncepcje kształtowania systemu transportowego współczesnych metropolii, Problemy Transportu i Logistyki, nr 19, s. 101-112.
4. Lelek B., Wolf V., 2001, Trolejbus ŠKODA 21TrACI v pravidelném provozu v Hradci Králové, Městská Doprava, nr 1, s. 14.
5. Plan działań na rzecz mobilności w mieście: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=CELEX:52009IP0307&qid=1404047319039> (dostęp z dnia: 29.10.2014)
6. Połom M., Bartłomiejczyk M., 2010, Eksploatacja i rozwój infrastruktury oraz taboru przedsiębiorstwa komunikacji trolejbusowej w Gdyni, Technika Transportu Szynowego, nr 7-8, s. 18-21.
7. Połom M., Bartłomiejczyk M., 2011, Alternatywne źródła zasilania w trolejbusach – przegląd rozwiązań stosowanych w miastach europejskich, Transport Miejski i Regionalny, nr 8, s. 16-20.
8. Połom M., Palmowski T., 2009, Rozwój i funkcjonowanie komunikacji trolejbusowej w Gdyni, Wydawnictwo Bernardinum, Pelplin.
9. Stiasny M., 2005, Trolejbusy w Landskronie, Zajezdnia, nr 1, s. 11.
10. Tekst dokumentu Zielona Księga COM(2007)551, W kierunku nowej kultury mobilności w mieście, 2007, Transport Miejski i Regionalny nr 11, s. 19-32.
11. Załoga E., Kłos Z., 2011, Transport miejski w polityce transportowej Unii Europejskiej, Problemy Transportu i Logistyki, nr 14, s. 145-152.