

KRAWIEC STANISŁAW

dr hab. inż., Politechnika Śląska, Wydział Transportu, Katedra Systemów Transportowych i Inżynierii Ruchu, ul. Krasińskiego 8, 40-019 Katowice, e-mail: stanislaw.krawiec@polsl.pl

KRAWIEC KRZYSZTOF

dr inż., Politechnika Śląska, Wydział Transportu, Katedra Transportu Kolejowego, ul. Krasińskiego 8, 40-019 Katowice, e-mail: krzysztof.krawiec@polsl.pl

Wdrażanie autobusów elektrycznych do publicznego transportu zbiorowego – teoria i praktyka¹

Streszczenie: Aktualnie w miastach i aglomeracjach toczy się szeroka dyskusja na temat przyszłości taboru autobusowego wykorzystywanego w publicznym transporcie zbiorowym. Podmioty i instytucje odpowiedzialne za rozwój floty autobusów zmagają się z problemem, który można zdefiniować następująco: w jaki sposób dostosować swoją flotę do narastających wymagań ekologicznych? Jednym z wariantów jest konwersja obecnie użytkowanej konwencjonalnej lub mieszanej floty do floty złożonej wyłącznie z autobusów elektrycznych. W artykule zdefiniowano bariery utrudniające osiągnięcie w publicznym transporcie zbiorowym 100% floty autobusów elektrycznych oraz przedstawiono możliwe strategie wdrażania do eksploatacji autobusów elektrycznych. Autorzy skupili się na uwarunkowaniach praktycznych i organizacyjnych realizacji procesu konwersji floty, abstrahując od analiz ekonomicznych. W artykule przedstawiono także zakończone i aktualnie realizowane prace naukowo-badawcze wspomagające rozwój elektromobilności w Polsce i Europie, ze szczególnym uwzględnieniem wprowadzania autobusów elektrycznych do publicznego transportu zbiorowego. Prace te finansowane są przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, a realizowane w konfiguracji międzynarodowej, w celu lepszego uwzględnienia różnych uwarunkowań lokalnych, występujących w poszczególnych krajach.

Słowa kluczowe: publiczny transport zbiorowy, autobusy elektryczne, konwersja floty.

Wprowadzenie

Istotnym aspektem zarządzania transportem publicznym w miastach i aglomeracjach jest podejmowanie strategicznych decyzji dotyczących kształtowania sieci oraz nieustanna konwersja środków transportu publicznego na tabor spełniający aktualne i narzucane prawem parametry ekologiczne. Kontekstem do tych decyzji jest narastająca świadomość ekologiczna społeczeństwa, także jego formalnych i nieformalnych struktur lokalnych, że tradycyjne, oparte na napędzie spalinowym realizowanie procesów przemieszczania obciążone jest nadmiernymi kosztami zewnętrznymi. Prędzej czy później instytucje i podmioty funkcjonujące w sferze usług transportu publicznego staną przed problemem konwersji floty autobusów na tabor spełniający postulat „zero emisji CO₂”. Jedną z możliwości jest konwersja floty zmierzająca do użytkowania w przyszłości wyłącznie autobusów elektrycznych [1,2].

Problematyka opisywana w niniejszym artykule nabiera istotnego znaczenia w kontekście zapisów Ustawy z dnia 11 stycznia 2018 roku o elektromobilności i paliwach alternatywnych [3], która określa między innymi:

- wymagania techniczne, jakie ma spełniać infrastruktura ładowania;
- obowiązki podmiotów publicznych w zakresie rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych;
- obowiązki informacyjne w zakresie paliw alternatywnych;
- warunki funkcjonowania stref czystego transportu;
- krajowe ramy polityki rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych oraz sposób ich realizacji.

Ustawę tę wspomagają liczne dokumenty polityki transportowej w zakresie rozwoju zrównoważonego rozwoju transportu [4,5,6,7,8].

Bariery utrudniające osiągnięcie w publicznym transporcie zbiorowym 100% floty autobusów elektrycznych

Autobusy elektryczne charakteryzują się odmiennymi parametrami techniczno-eksploatacyjnego niż autobusy konwencjonalne. Pomimo wysokiej sprawności napędu elektrycznego, braku lokalnych emisji szkodliwych substancji w miejscu użytkowania pojazdu, niewielkiej emisji hałasu oraz niższych kosztów operacyjnych (wynikających z niższych, choć rosnących, cen energii elektrycznej w stosunku do cen oleju napędowego) autobusy elektryczne posiadają także wady. Wymienić tu należy przede wszystkim [9,10,11]:

- wyższy niż ich konwencjonalnych odpowiedników koszt zakupu;
- konieczność montażu dodatkowej infrastruktury, np. punkty ładowania lub wymiany baterii akumulatorowych na terenie zajezdni oraz na wybranych przystankach;
- niewystarczający do realizacji wszystkich zadań przewozowych w każdych warunkach atmosferycznych i terenowych zasięg operacyjny;
- ograniczenia po stronie rynku mocy energii elektrycznej.

W ujęciu systemowym bariery utrudniające proces planowania konwersji konwencjonalnej lub mieszanej floty do 100% floty autobusów elektrycznych, można podzielić na wewnętrzne i zewnętrzne. Bariery zewnętrzne dotyczą relacji

¹ ©Transport Miejski i Regionalny, 2019. Wkład autorów w publikację: S. Krawiec 50%, K. Krawiec 50%.

² Artykuł opracowany w ramach projektu „Proces planowania i narzędzie do etapowej konwersji konwencjonalnej lub mieszanej floty do 100% floty autobusów elektrycznych” sfinansowanego ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w ramach programu ERANET EMEurope.

między gospodarką a podsystemem transportu publicznego oraz między tym podsystemem a samorządem i społeczeństwem. Proces konwersji floty wymaga od otoczenia społeczno-gospodarczego następujących strumieni zasobów [12]:

- przyjaznego prawa umożliwiającego ekonomiczną, organizacyjną i „rzeczywistą” transformację floty autobusów wykorzystywanych w publicznym transporcie zbiorowym;
- kreacji instrumentów finansowych wspomagających proces wymiany floty;
- tworzenia sprzyjających warunków do absorpcji środków finansowych Unii Europejskiej przeznaczonych na rozwój niskoemisyjnych środków transportu (w tym autobusów);
- zapewnienia technicznych, organizacyjnych, prawnych i ekonomicznych warunków do:
 - prawidłowego funkcjonowania segmentu rynku, na którym znajdują się odpowiednie liczby autobusów elektrycznych o nowoczesnych parametrach technicznych,
 - rozwoju infrastruktury towarzyszącej, w tym infrastruktury ładowania,
 - umożliwienia dostaw energii elektrycznej o odpowiednich parametrach do punktów ładowania, które powinny mieć lokalizację korzystną z punktu widzenia organizatora przewozów,
 - rozwoju autobusów elektrycznych, aby z jednej strony zapewnić im parametry techniczne żądane przez organizatora przewozów, a z drugiej wykreować innowacyjny produkt i dobrą markę polskiego przemysłu;
- oddziaływanie informacyjne mediów tradycyjnych i elektronicznych (w tym mediów społecznościowych);
- presja społeczna związana z koniecznością ograniczenia zanieczyszczenia powietrza i wynikająca z tego nieuchronność przemian w zakresie wymiany taboru komunikacji publicznej na tabor bezemisyjny w miastach i regionach.

Bariery wewnętrzne dotyczą instytucji i podmiotów mających bezpośredni wpływ na kształtowanie przyszłości transportu publicznego i są one następujące:

- przekonanie organizatorów i operatorów transportu publicznego o braku zasadności wprowadzania autobusów elektrycznych, wspomagane często ekspertyzami i analizami kosztów i korzyści (AKK) w ujęciu krótkoterminowym;
- ryzyko postrzegane przez podmioty zaangażowane w proces konwersji floty, związane z innowacyjnością technologii i brakiem długookresowych doświadczeń związanych z eksploatacją autobusów elektrycznych;
- brak przekonania o stabilności przyszłej polityki państwa i/lub Unii Europejskiej w tym zakresie;
- niedostatek wspomagania informatycznego i eksperckiego sprzyjającego procesowi wymiany floty.

Wszystkie wyżej wymienione bariery wydają się być możliwe do pokonania. Bariery zewnętrzne, zgodnie z deklaracjami władz państwowych, mają być usuwane w ramach prac legislacyjnych i działań o charakterze finansowym. Bariery wewnętrzne mają często naturę organizacyjną i psychologiczną (wola lub brak woli zmian). W opinii autorów nie powinny one jednak blokować procesu konwersji w horyzoncie średnio- i długoterminowym.

Strategie wymiany floty

Aktualnie, a także według obecnych przewidywań, założyć należy, że w najbliższej przyszłości nie powstaną konstrukcje autobusów elektrycznych, pozwalające na przejechanie ponad 300 km w każdych warunkach atmosferycznych i przy dowolnych parametrach odcinków międzyprzystankowych. Brak możliwości zapewnienia odpowiedniego zasięgu przez autobus elektryczny w niekorzystnych warunkach (górzysty teren, włączona klimatyzacja, niska temperatura) utrudnia często „prostą” podmianę autobusów tradycyjnych na ich elektryczne odpowiedniki, abstrahując w tym momencie od aspektów ekonomicznych. Do czasu, gdy nie powstaną autobusy elektryczne spełniające postulat odpowiedniego zasięgu (dzięki czemu możliwa byłaby prosta wymiana), należy rozważyć trzy strategiczne warianty zmierzające do zwiększenia udziału autobusów elektrycznych we flotach operatorów publicznego transportu zbiorowego. Warianty te przedstawiono na rysunku 1.

Wariant pierwszy zakłada utrzymanie istniejącej oferty przewozowej oraz brak zmiany struktury zadań przewozowych. Wariant taki należy uwzględnić także przy częściowej wymianie floty. W odróżnieniu od wariantu pierwszego, w wariacie drugim możliwa jest zmiana struktury zadań przewozowych przy utrzymaniu dotychczasowego rozkładu jazdy autobusów (dla pasażerów). Częściową lub całkowitą zmianę rozkładu jazdy autobusów przewiduje wariant trzeci, z którego wynika jednak potrzeba zmiany obiegów (zadań przewozowych) autobusów. Warianty przedstawione na rysunku 1 pokazują podejście do procesu wymiany floty w kontekście zakresu zmian rozkładu jazdy lub ich braku. Podejścia te można uzupełnić o strategię długoterminowe, które powinny rozważyć podmioty organizujące proces konwersji floty.

Wśród podmiotów bezpośrednio zaangażowanych w proces konwersji floty można zaobserwować cztery postawy prowadzące do docelowego stanu, jakim jest 100% udział floty autobusów elektrycznych [13]:

- strategia ofensywna,
- strategia ofensywna na bazie pozytywnych doświadczeń testowych,
- strategia małych kroków,
- strategia defensywna.

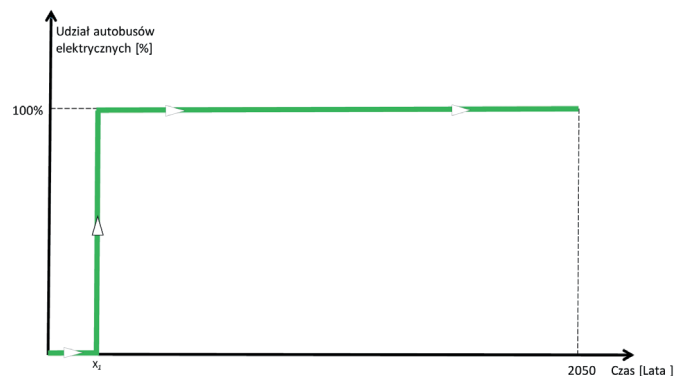
Strategia ofensywna zakłada jednorazową, całkowitą wymianę istniejącej floty autobusów obsługujących publiczny transport zbiorowy na autobusy elektryczne, bez względu na wcześniejsze doświadczenia eksploatacyjne.



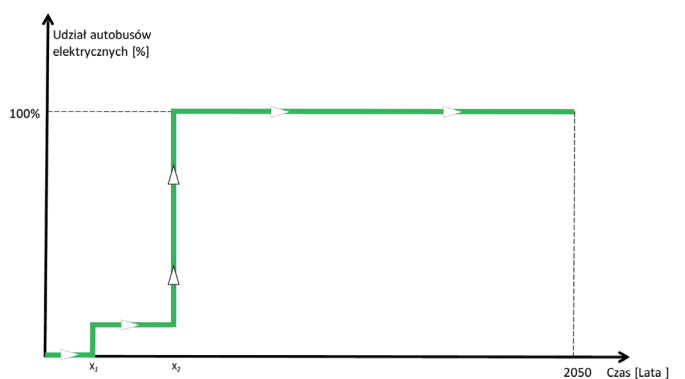
Rys. 1. Strategiczne warianty podejścia do procesu wymiany floty w kontekście rozkładu jazdy
Źródło: opracowanie własne

Strategia ta dostępna jest dla zasobnych kapitałowo podmiotów, niemniej jednak jest ona dość ryzykowna. Na dzień dzisiejszy w Polsce pewne przemyslenia na ten temat prowadzono w Zielonej Górze, jednak ostatecznie z takiej strategii zrezygnowano. Na rysunku 2 przedstawiono graficzną postać wyżej opisanej strategii. Punkt na osi czasu (x_1) symbolizuje moment zakupu takiej liczby autobusów elektrycznych, aby jednorazowo osiągnąć 100% floty elektrycznej.

Na rysunku 3 przedstawiono graficznie strategię ofensywnej wymiany floty, zakładającej fazę testów pewnej liczby autobusów elektrycznych w celu nabrania własnych doświadczeń eksploatacyjnych. Po fazie testów, na podstawie ewentualnych pozytywnych doświadczeń, następuje decyzja o wymianie pozostałej floty. Etapem wstępnym tej strategii (x_1) jest zakup pewnej, niewielkiej liczby autobusów elektrycznych i ich eksploatacja na wybranych zadaniach przewozowych, podatnych na obsługę przez autobusy elektryczne. Zadania przewozowe muszą być poddane analizie pod kątem spełnienia wymaganego przez autobus elektryczny zasięgu operacyjnego. W czasie od x_1 do x_2 podmiot zaangażowany w konwersję nabiera doświadczeń związanych z przebiegiem ładowania (nocnego i dziennego) oraz jakością obsługi zdefiniowanych wcześniej tras. Celem etapu wstępnego kończącego się w chwili x_2 jest zdefiniowanie najlepiej sprawdzającej się na danym obszarze technologii ładowania (plug in, pantograf, ładowanie indukcyjne, wymiana baterii), infrastruktury ładowania (w tym przyłączy do sieci energetycznej o odpowiedniej mocy) oraz parametrów autobusów elektrycznych. Po takich analizach, w przypadku pozytywnych doświadczeń, następuje decyzja o zakupie pozostałych autobusów elektrycznych. Fazy testów w Polsce przeprowadzono lub przeprowadza się m.in. w Warszawie, Krakowie, Jaworznie i Sosnowcu. Żaden operator publicznego transportu zbiorowego nie zdecydował się jednak na zdefiniowanie chwili x_2 i nie podjął jeszcze decyzji o całkowitej wymianie floty.

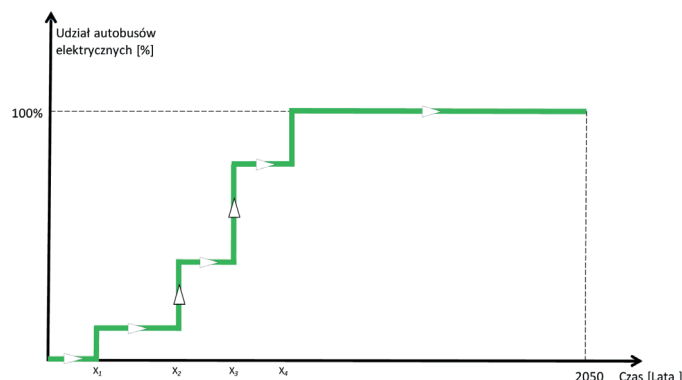


Rys. 2. Strategia ofensywna procesu konwersji floty
Źródło: opracowanie własne



Rys. 3. Strategia ofensywna procesu konwersji floty na bazie pozytywnych doświadczeń testowych
Źródło: opracowanie własne

Strategia małych kroków (rys. 4) jest rozwinięciem poprzedniej strategii o etapy pośrednie w drodze do 100% udziału autobusów elektrycznych. W każdej kolejnej fazie $x_1 \rightarrow x_2$, $x_2 \rightarrow x_3$, $x_3 \rightarrow x_4$ (i następnych, jeżeli wystąpią) pojawia się użytkowanie coraz większej liczby autobusów elektrycznych i rozbudowa infrastruktury ładowania (zarówno o kolejne stacje terenowe, jak i o stanowiska ładowania zajezdniowego). Decyzje podejmowane w momentach x_1 , x_2 , x_3 (i następnych, jeśli wystąpią) mają charakter ilościowy, definiując „ile” i „jakich” autobusów potrzeba do

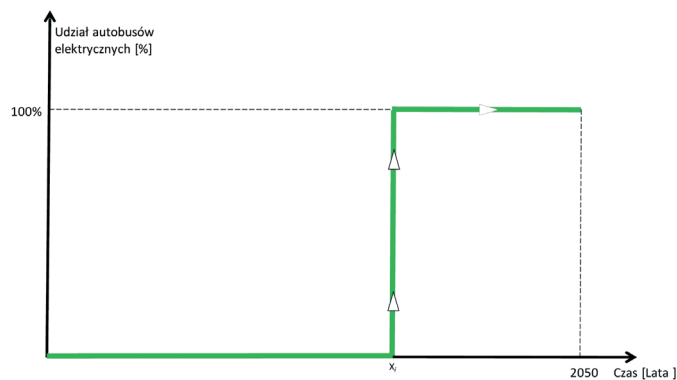


Rys. 4. Strategia małych kroków w procesie konwersji floty
Źródło: opracowanie własne

obsługi kolejnych zadań przewozowych (przy założeniu braku woli zmiany rozkładu jazdy). Zagadnienie z czasem staje się coraz trudniejsze, ze względu na brak autobusów elektrycznych spełniających w praktyce postulat wymaganego minimalnego zasięgu, niezbędnego do obsługi zadań przewozowych o określonej długości (np. 300 km). W sytuacji, gdy struktura zadania przewozowego nie pozwoli na wykorzystanie aktualnie dostępnych autobusów elektrycznych, tj. nie przewiduje przedziałów czasowych na przystankach wyposażonych w urządzenia doładowujące lub rezerwy czasowej pozwalającej na zjazd do zajezdni, niezbędne stanie się rozważenie zmiany struktury tych zadań przewozowych (np. polegających na wydłużeniu postojów na przystankach końcowych wyposażonych w urządzenia doładowujące kosztem postojów na przystankach końcowych nie wyposażonych w takie urządzenia). Strategia ta, polegająca na nabywaniu kolejnych partii autobusów elektrycznych w ramach dostępnych środków finansowanych oraz możliwości technicznych, jest w Polsce najbardziej popularna. Przykładem jej zastosowania są m.in. Miejskie Zakłady Autobusowe w Warszawie i Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej w Jaworznie, w których dokonano już przynajmniej dwóch kolejnych zakupów autobusów elektrycznych.

W strategii defensywnej, której ideę przedstawiono na rysunku 5, chwila wymiany floty odsuwana jest na bliżej nieokreśloną przyszłość. Podmioty mające świadomość nieuchronności posiadania częściowej lub całkowitej floty autobusów elektrycznych w publicznym transporcie zbiorowym oczekują na doświadczenia innych podmiotów, same odwołują moment podjęcia decyzji. Podmioty oczekują także na spadek kosztów takiej wymiany oraz na spodziewany rozwój technologii akumulatorowych, który umożliwi wymianę autobusów konwencjonalnych na elektryczne bez konieczności zmiany rozkładu jazdy ani struktury zadań przewozowych. Z pewnością istnieją w Polsce podmioty, które nie podjęły jeszcze działań w zakresie „elektryfikacji” floty autobusów obsługujących publiczny transport zbiorowy.

Wszystkie wyżej wymienione strategie muszą opierać się na dogłębnej analizie ekonomicznej, organizacyjnej oraz technologicznej, uwzględniając specyfikę swojej sieci. Szczególnie



Rys. 5. Strategia defensywna procesu konwersji floty
Źródło: opracowanie własne

istotne mogą okazać się ograniczenia w możliwości podłączenia energii elektrycznej o wymaganej mocy do wybranych punktów ładowania, zlokalizowanej na sieci publicznego transportu zbiorowego.

Projekty badawcze wspomagające wdrażanie autobusów elektrycznych

Pomimo że elektromobilność jako słowo kluczowe w obiegu społecznym funkcjonuje dopiero od kilku lat, strategiczny kontekst tego problemu w pracach naukowych i rozwojowych trwa już znacznie dłużej. Prace naukowo-badawcze w tym zakresie prowadzone są m.in. na Wydziale Transportu Politechniki Śląskiej od 2012 roku i obejmują różne zagadnienia tego problemu. W ramach kolejnych edycji programów ERA-NET, przy dofinansowaniu ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju, realizowane były następujące prace w międzynarodowych zespołach badawczych:

- utworzenie platformy do analizy i wsparcia wykorzystania środków transportu przyjaznych środowisku (GREEN TRAVELLING);
- inteligentna platforma do integracji, zarządzania oraz wsparcia pierwszej i ostatniej mili w łańcuchach dostaw (S-MILE);
- platforma wspierająca wdrażanie elektromobilności w inteligentnych miastach w oparciu o aplikacje ICT (ELECTRIC TRAVELLING).

Pierwsza praca dedykowana autobusom elektrycznym, dofinansowana przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach ERA-NET Electromobility+ o akronimie CACTUS (Modele i metody oceny oraz optymalizacji ładowania autobusów elektrycznych) była realizowana w latach 2012–2015, we współpracy z dwoma partnerami badawczymi z Niemiec: Instytutem Fraunhofer IML z Dortmundu oraz Instytutem Automatyzacji i Komunikacji z Magdeburga. Bezpośrednim celem projektu CACTUS było stworzenie zbioru zasad umożliwiających wdrożenie w komunikacji miejskiej autobusów elektrycznych. Przewoźnicy komunalni uczestniczący w projekcie (HVB, MVB, PVGS – Niemcy oraz Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej w Sosnowcu) udostępnili dane z rzeczywistej realizacji

zadań przewozowych (rozkłady jazdy, obiegi wozów itp.). Na tej podstawie zostały określone parametry docelowej infrastruktury, takie jak np. rozmieszczenie punktów ładowania akumulatorów, liczba jednostek taborowych wymaganych do wdrożenia systemu, koszty wdrożenia nowego systemu itd. Pozwoliło to odpowiedzieć, na jakich trasach system będzie możliwy do wdrożenia przy zachowaniu obecnych parametrów narzuconych przez rozkład jazdy, z uwzględnieniem ograniczeń technicznych i ekonomicznych. W ramach ekonomicznej części projektu CACTUS zbudowano model ułatwiający globalną analizę konwersji floty autobusów tradycyjnych na elektryczne, z punktu widzenia przedsiębiorstwa. Uwzględniono w nim przede wszystkim koszty zakupu i eksploatacji pojazdów oraz koszty zakupu i utrzymania infrastruktury towarzyszącej (w tym infrastruktury ładowania).

Kontynuacją projektu CACTUS jest projekt o akronimie PLATON (Proces planowania i narzędzie do etapowej konwersji konwencjonalnej lub mieszanej floty do 100% floty autobusów elektrycznych), prowadzony na Wydziale Transportu Politechniki Śląskiej od 2018 roku. Głównym celem projektu jest zdefiniowanie procesu planowania konwersji zadanej floty autobusów z silnikiem diesla lub floty mieszanej do 100% udziału autobusów elektrycznych we flocie oraz wprowadzenie tego procesu do narzędzia informatycznego. Liderem projektu jest Instytut Automatykacji i Komunikacji z Magdeburga, a w skład konsorcjum wchodzi również dwa instytuty Narodowej Akademii Nauk Białorusi (Joint Institute of Mechanical Engineering oraz United Institute of Informatics Problems), austriacki Effiziente.st Energie- und Umweltconsulting e.U. oraz białoruski producent autobusów elektrycznych Belkommunmash. Partnerami stowarzyszonymi projektu PLATON są Volvo Bus Citymobility, PKM Sosnowiec oraz PKM Jaworzno, jak również białoruski oddział firmy Stadler. Wydział Transportu Politechniki Śląskiej jest głównym wykonawcą zadań związanych z zaangażowaniem dwóch partnerów towarzyszących – operatorów publicznego transportu zbiorowego (PKM Sosnowiec, PKM Jaworzno) oraz producentów autobusów elektrycznych, w celu zaprojektowania procesu konwersji floty operatorów publicznego transportu zbiorowego z autobusów o napędzie konwencjonalnym lub mieszanym do floty w 100% opartej na napędzie elektrycznym oraz jej implementacji jako aplikacji sieciowej, realizowanej przez lidera projektu.

Podsumowanie

Nieuchronność zmian w zakresie elektryfikacji całego publicznego transportu miejskiego wydaje się przesądzona. Wymiana konwencjonalnej floty autobusów, realizujących przewozy w ramach publicznego transportu zbiorowego w miastach i aglomeracjach, na tabor zasilany elektrycznie to wyzwanie, z którym zmierzy się wiele miast w Polsce i Europie. Podmioty i instytucje decyzyjne w zakresie tych działań powinny w pierwszej kolejności zdefiniować strategię wymiany, określając następujące parametry:

- przebieg i charakterystyka procesu konwersji,
- przedział czasu przeznaczony na wymianę floty,
- struktura środków finansowych niezbędnych do realizacji procesu konwersji w ujęciu czasowym.

W podejmowaniu tego typu decyzji mogą pomagać m.in. narzędzia informatyczne, wspierające konwersję floty w oparciu o dane pochodzące od organizatorów i operatorów publicznego transportu zbiorowego na danym obszarze w Polsce i innych krajach europejskich.

Literatura

1. Matuszewski P., Korolec M., *Rozwój elektrycznego autobusowego transportu publicznego w Polsce*, „Transport Samochodowy”, 2017, z. 1.
2. Krawiec S., Markusik S., Żochowska R., Karoń G., Krawiec K., Sobota A., Kłos M.J., *Strategiczny kontekst wymiany autobusów komunikacji publicznej o napędzie konwencjonalnym na autobusy elektryczne*, „Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej. Transport”, 2018, z. 120.
3. Ustawa z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych.
4. Plan utworzenia jednolitego europejskiego obszaru transportu – dążenie do osiągnięcia konkurencyjnego i zasobooszczędnego systemu transportu, Komisja Europejska, Biała księga COM (2011) 144 wersja ostateczna, Bruksela, 2011.
5. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/94/UE z dnia 22.10.2014 r. w sprawie rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych.
6. Krajowe ramy rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych (projekt, wersja po konsultacjach społecznych), Ministerstwo Energii, Warszawa 2016.
7. Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów: Europejska strategia na rzecz mobilności niskoemisyjnej, Komisja Europejska, SWD(2016) 244 final, Bruksela 2016.
8. Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów: Czysta energia dla transportu: Europejska strategia w zakresie paliw alternatywnych, Komisja Europejska COM(2016) 017 final, Bruksela 2013.
9. Dąbrowski J., *Autobus elektryczny jako pojazd komunikacji miejskiej*, „Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe”, 2016, nr 6.
10. Krawiec K., *Autobusy elektryczne – przyszłość czy już teraźniejszość*, „Komunikacja Publiczna”, 2018, nr 2.
11. Markusik S., Krawiec S., Łazarz B., Karoń G., Janecki R., Sierpiński G., Krawiec K., *The Technical and Operational Aspects of the Introduction of Electric – Powered Buses to the Public Transportation System*, „Logistics and Transport”, 2015, Vol. 27, No. 3.
12. Karoń G., Krawiec K., Krawiec S., Kłos M.J., Markusik S., Sobota A., Żochowska R., *Naukowe instrumenty wsparcia konwersji floty autobusów miejskich z floty konwencjonalnej na zasilaną elektrycznie*, „Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej. Transport”, 2018, z. 121.
13. Krawiec S., Łazarz B., Markusik S., Karoń G., Sierpiński G., Krawiec K., Janecki R., *Urban public transport with the use of electric buses – development tendencies*, „Transport Problems”, 2016, T. 11.