

▶ Alternatywne środki napędu. Jak dobrze wybrać?

Autobusy miejskie wyposażone w alternatywne środki napędu stają się coraz bardziej powszechne. Są to pojazdy elektryczne, hybrydowe i gazowe. Najchętniej używanym argumentem, który ma przemawiać na ich korzyść, jest ekologia, czyli ograniczenie zanieczyszczenia i emitowanego hałasu. Niebagatelną rolę w tym temacie odgrywają również politycy, producenci oraz media. Warto jednak dostępne na rynku rozwiązania szczegółowo przeanalizować i wskazać obie strony medalu. Jak mądrze zaplanować inwestycje taborowe pod względem ekonomicznym i zastanowić się nad bilansem ekologicznym?

Tekst **LASZLO RAKASZ**

Aby odpowiedzieć na to pytanie, w niniejszym artykule zajmiemy się szczegółową analizą dostępnych rozwiązań. Strategia rozwoju taborowego i zrównoważenia transportu publicznego pod względem środowiskowym, finansowym i społecznym powinna opierać się na przygotowanym wcześniej planie. Opracowanie takich koncepcji w warunkach polskich obciążone jest niestety dużym ryzykiem, głównie ze względu na to, że dziś nie ma przyjętej długofalowej polityki energetycznej państwa. Trzeba pamiętać, że konkretne rozstrzygnięcie będzie oddziaływało w perspektywie kolejnych 15-20 lat, a jest ono planowane w warunkach, w których istnieje wiele nie wiadomych. I przez następnych kilkanaście lat zarządy transportu oraz płaćące za komunikację publiczną samorzady będą ponosić koszty przyjętych rozwiązań.

Pierwszym zagadnieniem, które zostało podjęte przez zespół, jest stworzenie rzetelnej informacji, głównie z myślą o samorządach. Chodzi o takie planowanie zakupów taboru, aby w jak największym stopniu ograniczyć negatywny wpływ komunikacji miejskiej na środowisko naturalne, ale mając na uwadze możliwości ekonomiczne. Jednym zdaniem, przed wprowadzeniem konkretnych rozwiązań należy zebrać jak największą liczbę danych, umożliwiających podjęcie decyzji optymalnej zarówno pod względem ekologicznym, jak i ekonomicznym.

Niskoemisyjność w autobusach miejskich

Transport publiczny musi odgrywać rolę w redukowaniu negatywnego wpływu na środowisko miejskie.

▶ Streszczenie

Jednym z ważnych zadań, jakim musi podotąć transport publiczny, jest redukcja negatywnego wpływu na środowisko miejskie. W związku z tym coraz chętniej wykorzystywane są pojazdy wyposażone w alternatywne środki napędu. Ich głównym zadaniem jest ograniczanie emisji spalin i hałasu, zwłaszcza w centrach miast. W artykule autor omawia najpopularniejsze obecnie rozwiązania, wskazując ich wady i zalety, a także analizuje ich przydatność zarówno pod kątem ekologii, jak i ekonomii. Omawia również przesłanki do zastosowania wybranego rozwiązania.

▶ **Słowa kluczowe:** KZK GOP, alternatywne środki napędu, ekologia

Aspekt ekologiczny w przypadku pojazdów z alternatywnymi środkami napędu dotyczy dwóch głównych elementów. Są to **niska emisyjność** oraz **ograniczenie hałasu**. Producenci autobusów, poszukując możliwości realizacji tych postulatów, przedstawiają różne rozwiązania.

Autobus elektryczny

Zalety:

- zerowa emisja spalin (pojazd typu ZEV¹),
- niska emisja hałasu,
- korzystna charakterystyka napędowa (duży moment rozruchowy),
- brak przekładni,
- optymalizacja wykorzystania mocy elektrowni (ładowanie akumulatorów w nocy),
- niskie koszty zużycia energii,
- rekuperacja.

Wady:

- cena,
- konieczna zmiana infrastruktury zaplecza technicznego (koszty),
- ograniczone możliwości eksploatacyjne (bez doładowania 100-150 km, przy wymaganych 250-300 km),
- doładowanie w czasie eksploatacji (konieczne staje się stworzenie odpowiedniej infrastruktury miejskiej – dodatkowe koszty),
- masa własna znacząco większa – 10-20 proc. (co przekłada się na mniejszą liczbę pasażerów).

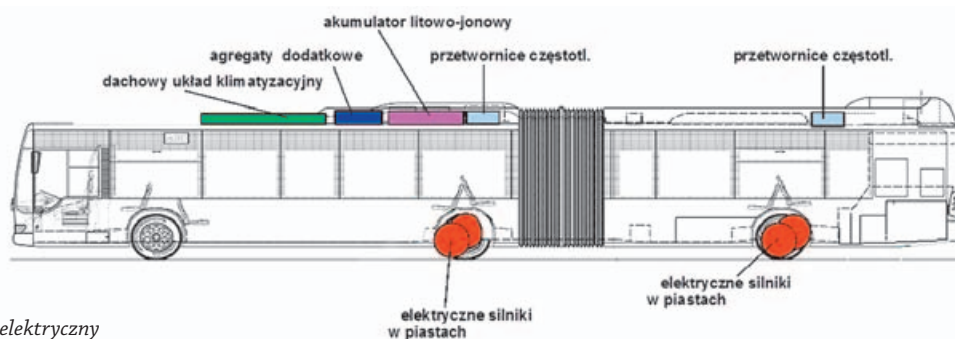
Rozwiązaniem, w którym wyeliminowano część wad autobusu elektrycznego przy zachowaniu jego

▶ Summary

Alternative means of driver. How to choose well?

The reduction of the adverse impact on the urban environment is one of important tasks, which must be faced by the public transport. Because of that vehicles equipped with alternative drives are used more and more eagerly. Their main task is to reduce the emission of flue gas and noise, in particular in city centres. The paper discusses the solutions most popular now, indicating their pros and cons, as well as analyses their usefulness both from ecology and economy point of view. It discusses also the premises indicating the use of selected solution.

▶ **Keywords:** KZK GOP, alternative drives, ecology



źródło: Mercedes

Autobus elektryczny

zalet, może być autobus wyposażony w ogniwa paliwowe.

Autobus wyposażony w ogniwa paliwowe

Zalety:

- takie same jak w przypadku autobusu elektrycznego,
- nie wymaga specjalnej infrastruktury (niższe koszty),
- wyeliminowane zostały ograniczenia eksploatacyjne.

Wady:

- cena,
- większy problem masy własnej autobusu (mniejsze możliwości przewozowe),
- rozwiązanie ciągle jest w fazie projektu (takie autobusy testowane były przez MAN-a oraz Mercedes),
- przemysłowa produkcja wodoru.

W obu omawianych powyżej rozwiązaniach największą niewiadomą, co jednocześnie staje się ich największą wadą, jest brak analizy ogólnego bilansu ekologicznego. Ekologia to temat globalny, na który należy patrzeć w szerokiej perspektywie. Nie można skupić się wyłącznie na rozwiązaniach dotyczących jednej kwestii (w tym przypadku autobusów miejskich). Trzeba zatem pamiętać, że do zasilania autobusu elektrycznego konieczny jest prąd, natomiast autobus zasilany ogniwem paliwowym potrzebuje wodoru – do wytworzenia którego również jest konieczna energia elektryczna. Powszechne przyjęcie tych rozwiązań do eksploatacji byłoby uzasadnione, jeśli prąd byłby wytworzony ze źródeł odnawialnych – tylko wówczas można mówić o rozwiązaniach globalnie ekologicznych. Jeśli energia pochodzi ze spalania węgla lub gazu, wówczas bilans ekologiczny stoi pod znakiem zapytania (obecnie w Polsce 90 procent prądu wytwarzanego jest z węgla). Po dokładnej analizie to rozwiązanie może się zatem okazać nie za bardzo ekologiczne.

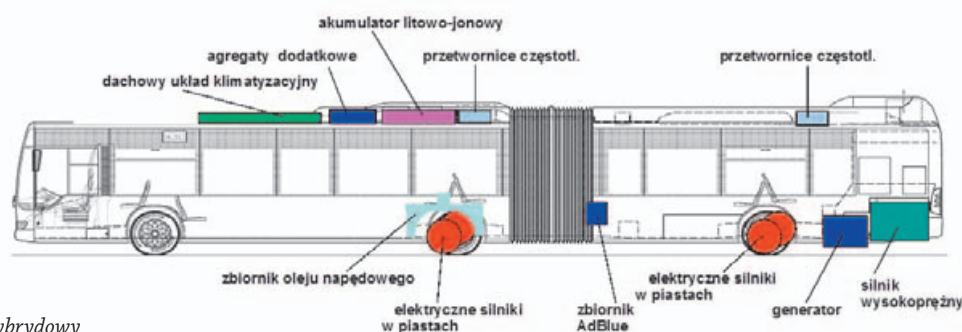
Polska a autobusy elektryczne

Warto w tym miejscu podkreślić, że w krajach zachodnich nie ma takiego nacisku na rozwiązania elek-

tryczne. W Polsce autobusami elektrycznymi zajmuje się wiele firm, przedsiębiorcy nabierają doświadczeń eksploatacyjnych, dzięki czemu to nasz kraj może stać się liderem w Europie, jeśli chodzi o produkcję takich pojazdów. Ale, podkreślmy raz jeszcze, cele ekologiczne mogą zostać osiągnięte tylko w przypadku, gdy uwzględnione zostaną zastrzeżenia dotyczące struktury wytwarzania energii elektrycznej.

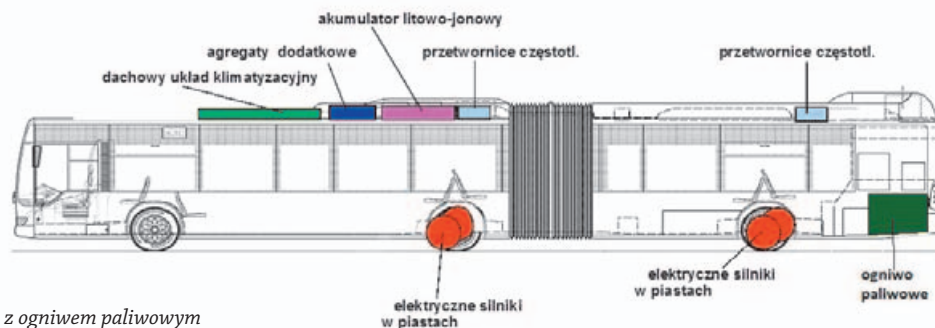
Kolejnymi wątpliwościami, o których trzeba wspomnieć, omawiając wyżej wymienione rozwiązania, są: brak analizy sprawności i strat układu „elektrownia – sieć przesyłowa – proces ładowania akumulatorów”. Nie ma przyjętej polityki dotyczącej długofalowej relacji cenowej między energią elektryczną a olejem napędowym. Dziś ta relacja jest korzystna, ale jak będzie się ona kształtować w perspektywie kolejnej dekady bądź dwóch – nie wiadomo. Nie można również pominąć faktu, że obecnie energia elektryczna nie jest tak opodatkowana, jak paliwo płynne i gaz. Jeśli ta relacja się zmieni – napęd elektryczny spowszechni się, a podaż na paliwa płynne spadnie – to państwo będzie szukało dodatkowych dochodów, więc drastycznie mogą zmienić się również wszystkie obecne kalkulacje. Podatki od paliw to przecież w budżecie każdego państwa bardzo duży dochód. Tu warto wspomnieć o sytuacji sprzed kilku lat, kiedy to wskutek korzystnych kosztów eksploatacji bardzo chętnie były kupowane autobusy gazowe, natomiast po paru latach wprowadzone zostały podatki, które radykalnie zmieniły bilans ekonomiczny. Przewoźnicy, którzy zdecydowali się na zakup większej liczby takich pojazdów, nagle znaleźli się w zupełnie innej sytuacji finansowej.

Następna wątpliwość to energochłonność produkcji i utylizacji akumulatorów. Często zapomina się, że do ich wyprodukowania potrzebne jest bardzo dużo energii – ta zmienna w bilansie ekologicznym również musiałaby zostać ujęta. I kolejna, choć być może mniej dotycząca ekologii, a dotycząca bardziej polityki, kwestia – przy powszechnym użytku aku-



źródło: Mercedes

Autobus hybrydowy



Autobus z ogniwem paliwowym

źródło: Mercedes

- mulatorów litowo-jonowych może pojawić się problem uzależnienia geopolitycznego od dostawców surowców do ich produkcji. Przypomnijmy, że ich największe złoża znajdują się w Chinach.

Nie zapominajmy jednak o jednym z pozytywnych aspektów – ładowanie akumulatorów autobusów elektrycznych w nocy pozwoliłoby na optymalne wykorzystanie mocy elektrowni.

W przypadku ogniwa paliwowego należy przypomnieć, że nie jest to technologia nowa. Rozwiązanie to jest znane od XIX wieku, już wówczas było wiadomo, na jakiej zasadzie działa, ale było ono wówczas bardzo drogie. Na szerszą skalę było wykorzystywane już w latach 60. XX wieku, gdy znalazło zastosowanie w badaniach kosmicznych, jednak nadal koszty tej energii były wysokie. Pomysł wykorzystania tego napędu stał się znowu popularny na początku lat 2000, już wówczas mówiono o nim jako możliwym do zastosowania w autobusach – były nawet próby eksploatacji. Realizowane były one na przykład w Irlandii, Portugalii i w Hiszpanii, jednak w tych krajach prąd uzyskiwano z odnawialnych źródeł energii (elektrownie: termiczne, odpływowe, wiatrowe). Nadal jednakże rozwiązanie to było zbyt kosztowne. Obecnie się do tego pomysłu wraca. Pojawiają się auta osobowe wyposażone w ten rodzaj napędu i jeśli rzeczywiście ogniwo wejdą do produkcji masowej, ich cena może ulec znacznemu obniżeniu.

Autobus hybrydowy, wyposażony w silnik wysokoprężny i generator

Autobusy hybrydowe praktycznie mogą być budowane na bazie autobusów elektrycznych.

Zalety:

- nie ma ograniczeń eksploatacyjnych,
- mniej problemów z masą,
- relacja ceny w stosunku do autobusów tradycyjnych jest bardziej korzystna,
- korzystna charakterystyka napędu, identyczna jak w autobusie elektrycznym,
- brak przekładni,
- rekuperacja.

Wady:

- bezemisyjny jest tylko w pewnych zakresach (zużycie paliwa w bardzo dużym stopniu zależy od warunków eksploatacyjnych, najkorzystniejsze to SORT1²),
- z doświadczeń eksploatacyjnych wynika, że w pewnych warunkach zużycie paliwa może być nawet większe niż w tradycyjnych autobusach.

W przypadku autobusu hybrydowego najkorzyst-

niejsze są tzw. ciężkie warunki eksploatacyjne (średnia prędkość 12,1 km/h). Przy częstych przystankach bardzo korzystna jest rekuperacja. Jeśli prędkość komunikacyjna jest większa, na trasie trzeba rzadziej hamować, co daje mniejsze możliwości wykorzystania zalet rekuperacji.

Autobus CNG/LPG

Zalety:

- redukcja emisji spalin (znacząca w zakresie CO₂, w zakresie PM do 99 proc. mniej),
- możliwość wykorzystania biogazu (gaz kopalniany).

Wady:

- potrzebne dodatkowe inwestycje (z powodu wysokości autobusu potrzebne inwestycje w infrastrukturę zaplecza, np. bramy, hale; konieczność zapewnienia dodatkowej wentylacji, instalacji czujników gazu, budowa stacji paliw – koszt jednej waha się w granicach 1,5-2 mln zł),
- niższa wartość resztowa (wartość używanych aut gazowych jest niższa, ze względu na ograniczony rynek),
- wyższe koszty serwisowe.

Liczba autobusów gazowych, dla których można mówić o opłacalności inwestycji, ze względu na koszty wymienione powyżej, to 25 sztuk (optymalnie 50 sztuk). Aby eksploatacja tych autobusów była opłacalna, relacja ceny gazu w stosunku do oleju napędowego powinna być zachowana w proporcjach 1:2.

Autobus z tradycyjnym napędem – Euro VI

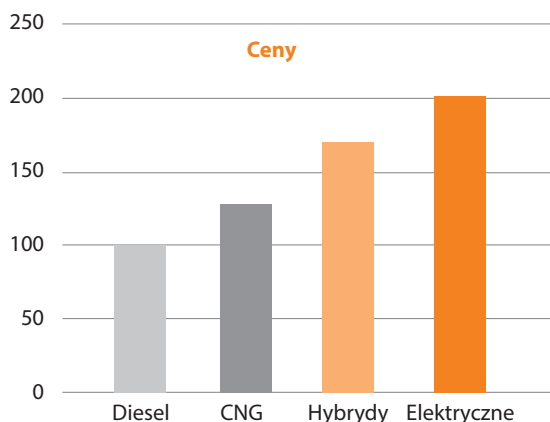
Zalety:

- najbardziej ekonomiczne rozwiązanie, przy zachowaniu najwyższych standardów ekologicznych,
- redukcja zużycia paliwa o 5-10 proc. w porównaniu do Euro V,
- redukcja zużycia oleju silnikowego o 50 procent,
- optymalizacja pracochłonności serwisowej,
- duże doświadczenie eksploatacyjne – brak ryzyka,
- korzystne możliwości przewozowe.

Wady:

- nadal występuje emisja spalin.

W przypadku autobusów dieslowskich trzeba również pamiętać, że obecne rozwiązania są o wiele bardziej ekologiczne od wcześniejszych. Po wprowadzeniu pierwszych norm (Euro I, Euro II) nastąpił bardzo gwałtowny rozwój technologii, a między producentami silników tradycyjnych i alternatywnych środków napędu rozpoczął się swoisty wyścig, dzięki czemu



Rys. 1. Źródło: opracowanie własne

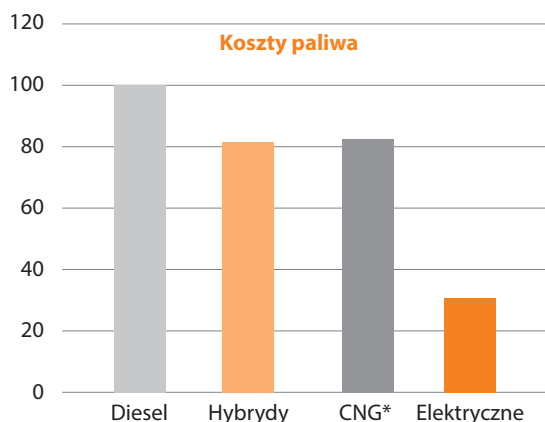
dzisiejsze silniki charakteryzują się bardzo wysokimi parametrami. Należy również podkreślić, że obecne silniki mające certyfikat Euro VI najczęściej normę tę spełniają ze sporym nadstatkiem.

Ekonomia a ekologia

Poza omówionymi wyżej kwestiami ekologicznymi, pamiętać trzeba o bilansie ekonomicznym (rys. 1 i rys. 2). Przygotowując strategię rozwoju taboru, zawsze trzeba brać pod uwagę czynnik finansowy, a właściwie, bardziej precyzyjnie – relację między ekonomią a ekologią. Dla samorządów niewątpliwie najważniejszym miernikiem kosztów jest cena wozokilometra. Biorąc pod uwagę wyłącznie czynnik finansowy, autobusy z alternatywnymi środkami napędu, jeśli nie ma do nich dofinansowania, są nieopłacalne. Biorąc pod uwagę dodatkowo czynniki dotyczące ochrony środowiska, należy poddać analizie warunki, w jakich będą eksploatowane, tak aby w jak największym stopniu wykorzystać ich zalety.

I tak, autobusy elektryczne i na ogniwo paliwowe, których największą zaletą jest zerowa emisja, powinny być planowane do użytkowania w centrach miast. Podobnie do centrów miast przeznaczone powinny być autobusy hybrydowe, które tylko w takich warunkach eksploatacyjnych w pełni wykorzystają swoje zalety. Ze względu na optymalizację warunków ekonomicznych, autobusy z silnikiem diesla sprawdzą się tam, gdzie zalety wymienionych wyżej są niewykorzystane. Autobusy CNG/LPG sprawdzają się z kolei w tych krajach, gdzie zachowana jest wspomniana już wyżej proporcja ceny gazu do oleju napędowego (1:2) lub funkcjonują dofinansowania do zakupu tego typu taboru.

Przed podjęciem wiążących decyzji na kolejne lata wszystkie przedstawione rozwiązania powinny zostać poddane próbnej eksploatacji pod względem: ochrony środowiska, ekonomicznym (zużycie energii, cena zakupu), możliwości dofinansowania (EU, krajowe źródła), zaplecza technicznego, konieczności wykonania miejskich inwestycji. Eksploatacje próbne muszą zostać poddane szczegółowej analizie pod kątem: organizacyjnym (układ linii), liczby pasażerów na poszczególnych liniach (potoki pasażerskie) oraz struktury taboru (wielkość pojazdów). Dopiero posiadając wszystkie te dane, można przeanalizować dostosowanie poszczególnych rozwiązań do dostępnych typów pojazdów: diesli, CNG/LNG, hybrydowych,



Rys. 2. Źródło: opracowanie własne

*przy założeniu, że stosunek proporcji cenowej gazu do oleju napędowego wynosi 1:2.

elektrycznych. Dzięki takiej procedurze otrzymamy przybliżone wyniki, które pozwolą wykonać wstępną kalkulację kosztów za wozokilometr, opracować założenia przetargowe oraz możliwy do wdrożenia harmonogram realizacji strategii taborowej.

Podsumowanie

Podjęcie decyzji inwestycyjnej bez uwzględnienia długofalowej, obejmującej minimum 15-20 lat polityki energetyczno-ekologicznej państwa stanowi ryzyko zarówno dla samorządów i rządów komunikacji, jak i producentów autobusów. Trzeba podkreślić, że taki wymóg długofalowej polityki dotyczy także Unii Europejskiej. W perspektywie krajowej należałoby się zastanowić nad zmianą przepisów homologacyjnych w stosunku do autobusów elektrycznych, na ogniwo paliwowe i hybrydowych w zakresie dopuszczalnej masy całkowitej oraz nacisków, dzięki czemu nie trzeba by było zmniejszać maksymalnej dozwolonej liczby pasażerów. Aby opracować strategię rozwoju taborowego, konieczna jest kompleksowa współpraca samorządu, zarządów transportu, operatorów oraz dostawców taboru. Konieczna jest także współpraca jednostek obejmujących infrastrukturę paliwową (elektrownie, dostawcy gazu). Nadal największym problemem jest relacja cenowa pomiędzy autobusem z silnikiem Diesla a autobusami z alternatywnymi środkami napędu. W przypadku autobusu elektrycznego przede wszystkim muszą być spełnione warunki eksploatacyjne – możliwość przejechania 250-300 kilometrów bez konieczności doładowania. Wybór rodzaju taboru powinien zostać poprzedzony szczegółową analizą i stworzeniem modelu relacji ekonomiczno-ekologicznej. ■



Laszlo Rakasz | Długoletni pracownik firm produkujących autobusy, m.in. Ikarus, MAN, Mercedes

¹ Zero Emission Vehicle (ang.)

² SORT – standard przygotowany przez UITP, mówiący o warunkach eksploatacyjnych. Standard precyzyjnie określa, do jakich warunków eksploatacyjnych odnosi się zużycie paliwa podawane przez producentów: SORT 1 – przeciętna prędkość eksploatacyjna 12,1 km/h
SORT 2 – przeciętna prędkość eksploatacyjna 18 km/h
SORT 3 – przeciętna prędkość eksploatacyjna 25,3 km/h