



SOLARIS
A CAF GROUP COMPANY



Urbino 12 hydrogen i Urbino 12 electric – zeroemisyjne autobusy Solaris prezentowane podczas Globalnego Szczytu Transportu Publicznego UITP 2019.
Fot. Solaris

Tadeusz Dyr, Jacek Dyr

Solaris Urbino 12 hydrogen. Kolejny krok na drodze do zeroemisyjności

Solaris jako jeden z pierwszych producentów autobusów postawił na napędy elektryczne. Niemal dekadę po premierze pierwszego e-busa producent z Bolechowa uzupełnia swoje bezemisyjne portfolio o autobus Urbino 12 hydrogen, w którym wodór przekształcany jest w energię elektryczną, a ta z kolei zasila układ napędowy pojazdu. Technologia wodorowa wykorzystana do produkcji elektryczności umożliwi pokonywanie autobusom jeszcze większych dystansów bez żadnych emisji. Światowa premiera Urbino 12 hydrogen odbyła się podczas Globalnego Szczytu Transportu Publicznego UITP 2019. W niniejszym artykule zaprezentowano rozwiązania techniczne i eksploatacyjne tego autobusu.

Słowa kluczowe: autobus wodorowy, ogniwa paliwowe, elektromobilność, Solaris Urbino.

Wstęp

Autobusy napędzane wodorem pozwolą stworzyć komplementarne bezemisyjne portfolio, dzięki któremu Solaris będzie przygotowany na współczesne wyzwania oraz zróżnicowane potrzeby

klientów odnośnie zasięgu, elastyczności i operacyjności pojazdów. Producent wychodzi z założenia, że rozwój wszystkich odmów elektromobilności – zarówno autobusów bateryjnych, trolejbusów, jak i modeli napędzanych wodorem – powinien przebiegać w synergii oraz, że jest to proces niezbędny dla zapewnienia zrównoważonego transportu przyszłości. Napędzane wodorem autobusy Solaris nie będą w tym rozumieniu stanowić konkurencji dla autobusów bateryjnych czy pojazdów z serii Trollino. Wręcz przeciwnie, technologie te będą się perfekcyjnie uzupełniać i wszystkie czerpać z postępu technologicznego napędów elektrycznych i ich komponentów.

Gdy w 2006 r., podczas konferencji prasowej towarzyszącej premierze autobusu hybrydowego Solaris Urbino Hybrid 12 w Hanowerze, Krzysztof Olszewski wypowiedział znamienne słowa „Umarł Diesel. Niech żyje elektryczność”, wielu specjalistów było zaskoczonych, uważając, że jeszcze przez wiele dziesięcioleci autobus elektryczny nie wejdzie do produkcji seryjnej i nawet w sektorze autobusów miejskich nie będzie stanowił poważnej alternatywy dla autobusów z silnikami spalinowymi. Przypomniano, że poprzednio nowe standardy napędu dla autobusów miejskich

miały wyznaczać gaz ziemny i wodór, a od lat nic się nie zmieniło, nawet przy mocno zaostrożających się wymaganiach dotyczących czystości spalin. Gdy jeden z dziennikarzy zadał pytanie współwłaścicielowi Solarisa dlaczego uważa, że rozpoczęła się era elektromobilności, w odpowiedzi usłyszał, że w wielu miastach świata autobus elektryczny, jakim jest także trolejbus, jest równoprawnym uczestnikiem ruchu, a jedyną barierą wprowadzenia autonomicznych autobusów bezemisyjnych na szerszą skalę jest aktualny rozwój technologiczny baterii. Obecnie, po dziesięciu latach, autobusy elektryczne wpisały się na stałe w krajobraz ulic światowych metropolii [9]. Ich udział jest jednak ciągle relatywnie niski. Poszukiwane są także rozwiązania mające poprawić efektywność eksploatacji autobusów elektrycznych.

Konsekwentne działania na rzecz elektromobilności spowodowały, że Solaris postrzegany jest jako europejski lider w produkcji autobusów elektrycznych. Zaprojektowany przez inżynierów z Bolechowa autobus uzyskał, jako pierwszy pojazd z napędem elektrycznym, tytuł *Bus of the Year 2017* [10].

Zastosowanie autobusów elektrycznych jest instrumentem rozwiązania problemów z pogarszającą się jakością powietrza w miastach. Mobilność w miastach opiera się bowiem w dużej mierze na wykorzystaniu samochodów osobowych i autobusów o napędzie konwencjonalnym. Prowadzi to do generowania wysokich kosztów zewnętrznych [1].

Istotną barierą szerokiego zastosowania autobusów z napędami elektrycznymi są ciągle jeszcze znacznie wyższe nakłady inwestycyjne niż w przypadku zakupu autobusów zasilanych olejem napędowym [4]. Pomimo niższych kosztów eksploatacyjnych, w tym przede wszystkim wynikających z redukcji kosztów zużycia energii, efektywność finansowa zakupu takich autobusów jest relatywnie niska [3]. Inwestycje takie charakteryzują się jednak wysoką efektywnością ekonomiczną. Wynika ona z możliwości znacznej redukcji kosztów ekonomicznych i społecznych [1]. W konsekwencji inwestycje takie są istotnym instrumentem kreowania zrównoważonej mobilności [12].

Wodór jako paliwo alternatywne

Transport na obszarach miejskich charakteryzuje się dużym potencjałem dla zastosowania paliw i napędów alternatywnych (tab. 1). Wśród nich istotne znaczenie ma wodór [2]. Jego wykorzystanie zarówno w transporcie, jak i w innych sektorach gospodarki, pozwala uzyskać czyste, wydajne, niezawodne i tanie w eksploatacji źródło energii [5]. Szacuje się, że do 2050 r. wodór może zaspokoić 18% końcowego zapotrzebowania na energię, zmniejszyć emisję CO₂ o 6 Gt rocznie i przyczynić się do utworzenia 30 mln nowych miejsc pracy [11]. W sektorze transportu mógłby być wykorzystany w tym okresie do napędu ponad 400 mln samochodów osobowych, 15–20 mln ciężarówek i ok.



Trolejbus Solaris Trollino 12 – „prekursor” autobusów elektrycznych. Fot. Solaris



Solaris Urbino 12 electric nagrodzony tytułem *Bus of the Year 2017*. Fot. Z. Rusak

5 mln autobusów. Stanowiło to będzie ok. 20–25% całkowitego zapotrzebowania na energię w sektorze transportu [8].

Zalety wodoru jako nośnika energii są niezaprzeczalne. Przez swoją gęstość energii i lekkość pierwiastek ten może stanowić źródło czystej energii w pojazdach i umożliwić im pokonywanie nawet kilkusetkilometrowych dystansów. Biorąc pod uwagę fakt,

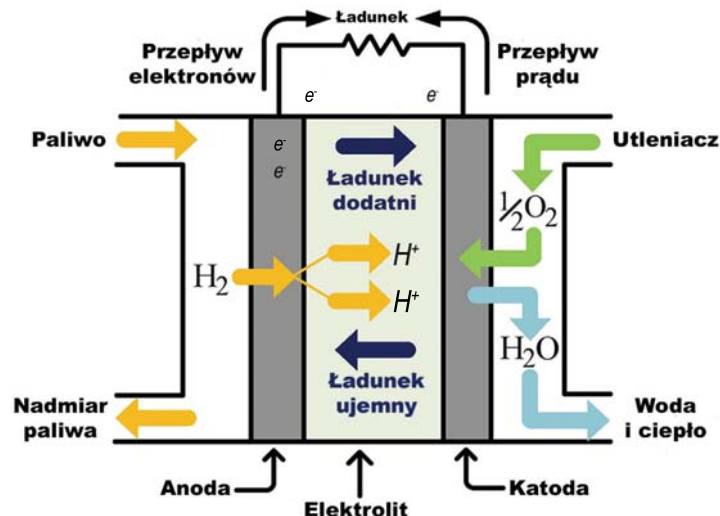
Tab. 1. Zastosowanie głównych paliw alternatywnych w poszczególnych rodzajach transportu i w zależności od długości przewozu [6]

Paliwo	Rodzaj transportu									
	Drogowy						Lotniczy	Kolejowy	Wodny	
	Pasażerski			Towarowy					śródlądowy	morski
	bliski	średni	daleki	bliski	średni	daleki		bliski		daleki
LPG										
Gaz ziemny	LNG									
	CNG									
Energia elektryczna										
Biopaliwa										
Wodór										

że wodór w procesie elektrolizy można wytwarzać z wody, uzyskuje się czyste źródło energii. To także znakomity wybór dla tych operatorów transportu, którzy mają dostęp do wodoru pochodzącego z procesów przemysłowych. Samo tankowanie wodorem jest procesem krótkim i wygodnym, nie różniącym się praktycznie od uzupełniania pojazdu paliwem konwencjonalnym.

Wodorowe ogniwa paliwowe

Prace nad stworzeniem ogniwa paliwowego trwają od początku XIX w. Pierwsze ogniwo zostało opisane przez sir Wiliama Grove'a w 1839 r. Opracował on ogniwo wodór/tlen, które składało się z platynowej elektrody zanurzonej w kwasie siarkowym. Ograniczeniem dla jego praktycznego zastosowania była niewielka wydajność prądowa. W kolejnych latach skoncentrowano się nad zwiększeniem powierzchni działania ogniwa i ich wydajnością. Pierwsze praktyczne użycie ogniwa zrealizowane zostało w programie kosmicznym USA [7]. Schemat działania wodorowego ogniwa paliwowego zaprezentowano na rysunku 1.



Rys. 1. Schemat działania wodorowego ogniwa paliwowego
Źródło: oprac. własne na podst. [7].



Solaris Urbino 18,75 electric z wodorowym ogniwem paliwowym na linii 109 w Hamburgu. Fot. Solaris.



Solaris Trollino z ogniwem paliwowym umożliwia w stolicy Łotwy obsługę linii komunikacyjnych bez dostępu do sieci trakcyjnej. Fot. Solaris

Wodorowe ogniwa paliwowe, działające na zasadzie odwróconej elektrolizy, są stosunkowo niewielkich rozmiarów i wytwarzają prąd w trakcie użytkowania pojazdu. Są więc rozwiązaniem idealnym przy konieczności zapewnienia sporego zasięgu. Pierwsze doświadczenia w tym zakresie zebrał Solaris, projektując pojazdy bateryjne, wykorzystujące ogniwo paliwowe do zwiększenia zasięgu. W ramach programu JIVE dostarczył do Hamburga 2 autobusy Urbino 18,75 electric oraz do Rygi 10 trolejbusów z wodorowym range extenderem. Dziś producent stawia kolejny krok w tym obszarze – prezentując podczas Globalnego Szczytu Transportu Publicznego UITP w Sztokholmie całkowicie bezemisyjny autobus Urbino 12 hydrogen.

Solarisy Urbino 18,75 electric dostarczone do Hamburga wyposażone zostały w baterie o pojemności 120 kWh, które stanowią zasadnicze źródło napędu. Całkowitą nowością jest sposób ładowania tych baterii. Energię uzupełnia się w nich bowiem za pośrednictwem zasilanego wodorem ogniwa paliwowego marki Ballard o mocy 101 kW. Liczbę ładowań z góry zaprogramowano, przyjmując założenie, że ogniwo paliwowe będzie się załączać tylko wtedy, gdy pojawi się potrzeba wykorzystania 100% jego mocy. Takie rozwiązanie znacząco wydłuża żywotność urządzenia. Ładowanie autobusów przewidziano podczas jazdy, co eliminuje konieczność postoju w celu uzupełniania energii. Tankowanie wodorem zaplanowano tylko raz dziennie, po powrocie do zajezdni. Pojazdy zostały przygotowane do przejechania ponad 300 km każdego dnia.

W Solarisach Trollino o długości 18,75 m dla Rygi zastosowane zostały wodorowe ogniwa paliwowe zwiększające zasięg. Była to absolutna nowość nie tylko w łotewskim transporcie publicznym, ale i na poziomie europejskim. Każde Trollino zostało wyposażone w ogniwo paliwowe oraz pakiet baterii umożliwiający przejazd 100 km bez podłączenia do sieci trakcyjnej. Napęd trakcyjny w trolejbusach został dostarczony przez firmę Medcom.

Urbino 12 hydrogen

Urbino 12 hydrogen wyposażony jest w ultranowoczesne ogniwo paliwowe, które pełni funkcję miniaturowej elektrowni wodorowej na pokładzie pojazdu. Dzięki zastosowanej technologii autobus będzie miał możliwość pokonania na pojedynczym tankowaniu aż 350 km. Energia elektryczna w ogniwie wodorowym powstaje

w procesie odwróconej elektrolizy wody i przekazywana jest bezpośrednio do układu napędowego. Jedynymi produktami reakcji chemicznej zachodzącej w ogniwie są ciepło oraz para wodna. Pojazd nie generuje więc absolutnie żadnych szkodliwych substancji.

W autobusach wodorowych Solarisa wykorzystano zestaw ogniw paliwowych o mocy 60 kW. W skład całego układu wodorowego wchodzi także urządzenia pomocnicze, odpowiadające m.in. za dostarczanie wodoru i powietrza pod odpowiednim ciśnieniem, recykulację pierwiastka, który nie został zużyty wcześniej, a także za utrzymanie odpowiedniej i stabilnej temperatury ogniw podczas pracy.

Produktowa nowość w portfolio Solarisa wyposażona jest w małą baterię trakcyjną Solaris High Power, która ma za zadanie wspomaganie ogniw paliwowych w chwilach największego zapotrzebowania na energię elektryczną. Bateria ładowana jest energią pochodzącą z wodoru oraz poprzez rekuperację z procesu hamowania. Jest też możliwość podładowania jej poprzez gniazdo *plug-in*. Uzupelnienie układu napędowego stanowi oś ze zintegrowanymi silnikami elektrycznymi.

W zakresie technologii magazynowania wodoru w pojeździe Urbino 12 hydrogen zastosowano najnowocześniejsze rozwiązania. Pierwiastek gromadzony jest w postaci gazowej pod ciśnieniem 350 atmosfer w 5 zbiornikach nowej generacji na dachu autobusu. Dzięki wykorzystaniu zbiorników wodoru typu 4, inżynierom z Biura Technicznego Solarisa udało się zredukować ich masę o około 20% w stosunku do poprzedniego modelu. Zestaw kompozytowych butli umieszczonych wzdłużnie nad pierwszą osią pojazdu pozwoli zmagazynować 36,8 kg wodoru. Na końcu każdego ze zbiorników zamontowany jest zawór multifunkcyjny zawierający szereg zabezpieczeń: zawór elektromagnetyczny, zawór awaryjny aktywowany w przypadku podwyższonej temperatury oraz zawór przeciążeniowy odcinający wpływ wodoru w przypadku rozszczelnienia układu.

Aby maksymalnie obniżyć zużycie energii, w pojeździe zastosowano system komfortu klimatycznego z pompą ciepła CO₂, która wykorzystuje ciepło odpadowe z ogniw paliwowych. To rozwiązanie gwarantuje niezwykłą efektywność i jeszcze bardziej zwiększa zasięg pojazdu.

Ekologiczny Solaris Urbino 12 hydrogen jest wynikiem konsekwentnego inwestowania producenta w bezemisyjne środki

Tab. 1. Dane techniczne Solarisa Urbino 12 hydrogen

Długość	12 000 mm
Szerokość	2 550 mm
Wysokość całkowita	3 300 mm
Zwis przedni	2 700 mm
Zwis tylni	3 400 mm
Rozstaw osi	5 900 mm
Oś przednia	ZF RL 82 EC (oś niezależna)
Oś napędowa	ZF AVE 130 oś elektryczna z dwoma silnikami elektrycznymi 2 x 125 kW
Wodorowe ogniwo paliwowe	60 kW
Butle z wodorem	Typ 4; w pełni kompozytowe
Pojemność butli	5 x 312 l
Baterie	Solaris High Power
Klimatyzacja	Klimatyzacja z pompą ciepła
Liczba siedzeń	29
Liczba siedzeń dostępnych z niskiej podłogi	12
Układ drzwi	2-2-2
DMC	19 200 kg
Pojemność pasażerska	87 osób

transportu publicznego. Autobus wodorowy z ogniwem wodorowym oferuje wszystkie zalety napędu elektrycznego, m.in. niski poziom hałasu i wibracji, a przede wszystkim absolutny brak emisji szkodliwych substancji w miejscu użytkowania. Pojazdy wyposażone w technologię wodorową cechują się przy tym dużym zasięgiem i krótkim czasem tankowania.

Pierwsze kontrakty

Włoskie Bolzano jest pierwszym miastem, które zdecydowało się na zakup autobusów Urbino 12 hydrogen. Będą one eksploatowane przez firmę SASA Bolzano. Zamówienie obejmuje również 8-letnią umowę serwisową. Jej częścią jest także specjalne szkolenie przeznaczone dla kierowców i pracowników serwisu poświęcone aspektom bezpiecznego użytkowania i serwisowania pojazdów wodorowych.

W trakcie Globalnego Szczytu UITP przedstawiciele Solarisa oraz Régie Autonome des Transports Parisiens (RATP) podpisali



Solaris Urbino 12 hydrogen. Po prawej stronie wnętrze Solarisa Urbino 12 hydrogen. Fot. Solaris

umowę dzierżawy i testów wodorowego Urbino 12. Przewoźnik odpowiedzialny za organizację transportu publicznego w Paryżu przez 10 tygodni (kwiecień–czerwiec 2020) będzie testował autobus w regularnym ruchu pasażerskim. Jest to kolejny krok RATP ku całkowitemu przestawieniu floty swoich pojazdów z napędów spalinowych na całkowicie bezemisyjne.

Bibliografia:

1. Dyr T, Misiurski P., Ziółkowska K., *Costs and benefits of using buses fuelled by natural gas in public transport*, „Journal of Cleaner Production” 2019, Vol. 225.
2. Dyr T., *Europejska strategia w zakresie paliw alternatywnych*, „Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe” 2013, nr 11.
3. Dyr T., Ziółkowska K., Misiurski P., Kozłowska M., *Effectiveness of application alternative drive vehicles in public transport*, „MATEC Web of Conferences” 2018, Vol. 180.
4. Geng Y., Ma Z., Xue B., Ren W., Liu Z., Fujita T., *Co-benefit evaluation for urban public transportation sector – A case of Shenyang, China*, „Journal of Cleaner Production” 2013, Vol. 58.
5. Kalinci Y., Hepbasli A., Dincer I., *Techno-economic analysis of a stand-alone hybrid renewable energy system with hydrogen production and storage options*, „International Journal of Hydrogen Energy” 2015, Vol. 40, Iss. 24.
6. Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów *Czysta energia dla transportu: europejska strategia w zakresie paliw alternatywnych*. COM(2013) 17.
7. Mohammed H., Al-Othman A., Nancarrow P., Tawalbeh M., El Haj Assad M., *Direct hydrocarbon fuel cells: A promising technology for improving energy efficiency*, Energy 2019, Vol. 172.
8. Mostafaeipour A., Khayyami M., Sedaghat A., Mohammadi K., Shamshirband S., Sehati M.A., Gorakifard E., *Evaluating the wind energy potential for hydrogen production: a case*

study, „International Journal of Hydrogen Energy” 2016, Vol. 41, Iss. 15.

9. Rusak Z., *Bus Euro Test 2016 w Brukseli, czyli „Umarł Diesel. Niech żyje elektryczność”*, „Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe” 2016, nr 6.
10. Rusak Z., *Tytuł International Bus of the Year dla new Solaris Urbino electric*, „Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe” 2016, nr 7-8.
11. Uyar T.S., Besikci D., *Integration of hydrogen energy systems into renewable energy systems for better design of 100% renewable energy communities*, „International Journal of Hydrogen Energy” 2017, Vol. 42, Iss. 4.
12. Wołek M., *Pojazdy niskoemisyjne w transporcie publicznym w ramach projektu Clean Fleets*, „Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe” 2014, nr 1-2.

Solaris Urbino 12 hydrogen, The next step to zeroemission

Solaris as one of the first bus manufacturer has decided on using electric drive. Almost after 19 years after first e-bus the manufacturer presents Urbino 12 hydrogen, converting hydrogen into electricity, which powers vehicle's drive system. Used hydrogen technology will allow buses to achieve longer distances without any emission. Premiere of the bus took place during Global Public Transport Summit UITP 2019. In this article has been presented technical and exploitation solutions.

Keywords: ehydrogen bus, electromobility, fuel cell, Solaris Urbino.

Autorzy:

dr hab. **Tadeusz Dyr**, prof. UTH – Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny, Wydział Nauk Ekonomicznych i Prawnych
Jacek Dyr – Instytut Naukowo-Wydawniczy „Spatium”

Iwona Kowalska, Piotr Możyłowski, Tomasz Śmietanka (red.)

Funkcjonowanie jednostek samorządu terytorialnego w wymiarze finansowo-prawnym



ISBN 978-83-66017-45-0
e-ISBN 978-83-66017-46-7
Liczba stron: 278
Format: B5
Oprawa: miękka, klejona
Rok wydania: 2019
Cena 44,00 zł (w tym 5% VAT)

Beata Detyna, Agnieszka Mroczek-Czetwertyńska

Logistyka w Aglomeracji Wałbrzyskiej – analiza i ocena współczesnych trendów rozwojowych



ISBN 978-83-66017-55-9
e-ISBN 978-83-66017-56-6
Liczba stron: 382
Format: B5
Oprawa: twarda
Rok wydania: 2019
Cena 79,00 zł (w tym 5% VAT)

Pełna oferta wydawnicza:

www.inw-spatium.pl