



Elektryczna odmiana Solarisa Urbino 12 podczas Bus Euro Testu w 2016 r. w Brukseli

Zbigniew Rusak

# Elektromobilność według Solarisa

JEL: L62. DOI: 10.24136/atest.2018.275.

Data zgłoszenia: 03.09.2018. Data akceptacji: 20.09.2018.

Gdy w 2011 r., podczas targów Transexpo w Kielcach, Solaris pokazywał swój pierwszy autobus bateryjny, nikt nie przypuszczał, że po 6 latach firma z Bolechowa stanie się jednym z europejskich liderów w tym segmencie rynkowym. Na pewno do osiągnięcia tak wysokiej pozycji przyczyniło się duże doświadczenie w produkcji trolejbusów, które zaczęły opuszczać bramy fabryki w 2001 r. Łącznie w ponad 20-letniej historii Solarisa bramy fabryki w Bolechowie opuściło 15 tys. autobusów (przy czym 2,5 tys. pojazdów stanowią trolejbusy i autobusy elektryczne). Obecnie Solaris dostarczył już swoim klientom około 200 autobusów bateryjnych, a łącznie zakontraktowanych zostało ich 334 (stan na koniec sierpnia 2018 r.). Należy podkreślić, że Solaris nigdy nie ograniczał się jedynie do roli dostawcy. Dzięki aktywnej działalności w ramach projektu ZeEUS polska firma miała ogromny wkład w standaryzację rozwiązań infrastrukturalnych w skali całej Europy oraz transfer wiedzy dotyczącej nowej technologii do przewoźników. Dzięki Solarisowi na europejskim rynku elektromobilności zaistniały także inne polskie firmy, takie jak Medcom czy EkoEnergetyka.

**Słowa kluczowe:** elektromobilność, autobus elektryczny, trolejbus, zrównoważony rozwój.

## Pierwsze kroki

Pierwsze prace nad bateryjnymi autobusami elektrycznymi rozpoczęto w 2009 r. Premiera pierwszego w pełni autonomicznego autobusu elektrycznego miała miejsce podczas targów Transexpo w Kielcach w październiku 2011 r. Jego konstrukcja bazowała na konstrukcji niskowejściowego midibusu Solaris Alpino 8,9 LE. Mimo dużych podobieństw zewnętrznych, nowy



Pierwszy autobus elektryczny z Bolechowa bazował na niskowejściowym Alpino 8,9 LE

autobus elektryczny różnił się od pierwowzoru wieloma rozwiązaniami konstrukcyjnymi. Zmiany te wynikały przede wszystkim z konieczności wzmocnienia konstrukcji przy jednoczesnym obniżeniu jej masy – tak, aby uzyskać optymalny wskaźnik masy pustego pojazdu po zamontowaniu baterii trakcyjnych. W elektrycznym Alpino całkowicie przekonstruowano tylną część pojazdu, wzmocniono część dachową oraz wprowadzono nowe materiały wykonania poszycia nadwozia, bazujące na tworzywach sztucznych wzmocnianych włóknem szklanym. Znaczną redukcję masy pojazdu osiągnięto dzięki zastosowaniu cieńszych niż standardowe szyb bocznych oraz tworzywa, z którego wykonano podłogę autobusu: zamiast sklejk użyto bowiem drewna mahoniowego. Nowy materiał – Foamed ACM – wykorzystano do wykonania klap kanałów powietrza. Zamontowano także lżejsze siedzenia dla pasażerów. Kilkanaście kolejnych kilogramów zredukowano dzięki zastosowaniu aluminium, a nie – jak do tej pory – stalowych, felg. Wreszcie autobus zupełnie pozbawiony został płynów eksploatacyjnych i zbiorników z tradycyjnym paliwem, co pozwoliło zmniejszyć masę aż o 300 kg. Ostatecznie, po dołożeniu do tej „odchudzonej” konstrukcji autobusu baterii o masie 1 400 kg, był on tylko 600 kg cięższy niż tradycyjny pojazd z napędem spalinowym.

Sercem układu napędowego pierwszego elektrycznego Solarisa był asynchroniczny silnik trakcyjny o mocy 120 kW, dostarczony przez firmę Vossloh Kiepe. Energia do napędzania silnika trakcyjnego zgromadzona była w 2 bateriach o jednostkowej masie 700 kg. Baterie litowe, gromadzące energię o wartości 120 kWh, pozwalały na przejechanie do 150 km przy maksymalnej prędkości 50 km/h. Energia elektryczna zgromadzona w bateriach wykorzystywana była nie tylko do zasilania silnika trakcyjnego, lecz również do zasilania wszystkich innych agregatów, takich jak wspomaganie układu kierowniczego, ogrzewania i wentylacji oraz sterowania pracą elektrycznych drzwi. Baterie ładowane były poprzez złącze typu *plug-in* firmy Walter. Czas potrzebny na całkowite uzupełnienie energii z terminala 3 x 400 V 63 A nie przekraczał 4 h.

Pierwszy autobus elektryczny testowany był m.in. podczas Mistrzostw Europy w piłce nożnej w 2012 r. na ulicach Poznania oraz na linii 222 w Warszawie. W lipcu 2013 r. pierwszy egzemplarz tego autobusu trafił do Klagenfurtu w Austrii. Jest on tam eksploatowany na linii 43 o długości 7,5 km, przechodzącej przez centrum miasta. Trasa rozpoczyna się w ścisłym centrum Klagenfurtu, przebiega obok dworca głównego i kończy się przy kampusie uniwersyteckim na obrzeżach miasta. W ciągu 8-godzinnej zmiany autobus elektryczny pokonuje 100 km. Stadtwerke Klagenfurt zakupiło pojazd w ramach Projektu Unii Europejskiej Cemobil. Wyniki ekonomiczne eksploatacji elektrycznego Solarisa mają być podstawą do podjęcia decyzji o dalszym rozwoju floty autobusów elektrycznych w Klagenfurcie.

## Rodzina autobusów elektrycznych powiększa się

Istotny przełom w rozwoju autobusów elektrycznych nastąpił wraz z premierą autobusu elektrycznego o długości 12 m podczas IAA w Hanowerze w 2012 r. Elektryczny Solaris w klasie maxi bazował na rozwiązaniach, które zdały egzamin w jego krótszym poprzedniku. Głównymi zmianami, jakie wprowadzono w tym pojeździe, były m.in. zastosowanie silnika trakcyjnego o większej mocy oraz wybór innego rodzaju baterii. W 12-metrowej wersji Urbino electric nominalna moc silnika trakcyjnego wzrosła do 160 kW. Jednostka napędowa zasilana była z baterii litowo-jonowych o pojemności 210 kWh, własnej konstrukcji, któ-



Solaris Urbino 8,9 LE electric w barwach SWT Klagenfurt. Fot. Solaris



Solaris Urbino 12 electric obsługujący linię w środkowej Szwecji. Fot. Celab Communication AB



Jeden z elektrycznych Solarisów dla Rheinbahn AG był także 10-tysięcznym pojazdem z Bolechowa. Fot. Solaris

re wykorzystywały ogniwa produkcji amerykańskiej. Dzięki takim parametrom zasięg autobusu wyniósł 150 km, mimo zwiększenia pojemności autobusu z poziomu 50 do 74 pasażerów oraz zwiększenia prędkości maksymalnej pojazdu do 70 km/h. Czas ładowania przy zastosowaniu ładowarki *plug-in* o mocy 100 kW wynosił około 2,5 h. Wraz z uruchomieniem seryjnej produkcji autobusów elektrycznych i optymalizacją systemu zarządzania



Proces wymiany taboru na autobusy elektryczne MPK Kraków poprzedziło rocznym testem na ulicach miasta

energią zasięg autobusu w wersji 12-metrowej wzrósł do poziomu 240 km. Autobusy tego typu z ładowaniem *plug-in* trafiły w latach 2014–2015 m.in. do Warszawy (10 pojazdów), Inowrocławia (2), szwedzkiego Västerås (1) i Düsseldorfu (2).

W Szwecji elektryczny Solaris został skierowany do obsługi szybkiej linii miejskiej nr 4 o średniej prędkości eksploatacyjnej wynoszącej 25 km/h. Czas ładowania, dzięki nowym ładowarkom, został skrócony do 2 h. Bateria o pojemności 160 kWh została podzielona na kilka modułów; 2, po 40 kWh każdy, zostały umieszczone na dachu, a kolejne 2 z tyłu pojazdu – po jego lewej stronie. Dzięki temu równomiernie rozłożony został nacisk na obie osie. Nowością autobusu dla Västerås Lokaltrafik było zastosowanie dodatkowego agregatu grzewczego, zasilanego biogazem z 2 butli umiejscowionych na dachu pojazdu. Podobnie jak w Klagenfurcie dzienna praca przewozowa oscylowała w granicach 100 km na 9-godzinnej zmianie.

Jednym z pierwszych operatorów autobusów elektrycznych w Europie był niemiecki przewoźnik Rheinbahn AG z Düsseldorfu. Zakupił on 2 autobusy o długości 12 m, zasilane z baterii High-



Elektryczny midibus Solarisa w barwach MZK Ostrołęka. Fot. MZK Ostrołęka

Energy o pojemności 210 kWh. Rozpoczęły one eksploatację pod koniec 2014 r. Jeden z nich był także 10-tysięcznym pojazdem opuszczającym bramy fabryki w Bolechowie. Niemal w tym samym czasie pierwsze egzemplarze autobusów elektrycznych trafiły do polskich przewoźników. 2 autobusy Urbino 8,9 LE electric zakupiło MZK Ostrołęka, natomiast MPK Kraków rozpoczęło roczny test autobusu 12-metrowego. Skierowano go głównie na linię 169 o długości 12,5 km, która łączy północne i południowe dzielnice miasta. Dzienna praca przewozowa, jaką wykonywał autobus, to 192 km. W tym samym roku pierwsze elektryczne Solarisy trafiły do Warszawy. Była to jedna z większych dostaw, jakie w tym czasie realizowano do miast europejskich. Obejmowała ona partię 10 sztuk. Rozpoczęły one eksploatację na linii 222 o długości 10 km, prowadzącą m.in. przez Krakowskie Przedmieście – arterii zarezerwowanej jedynie dla autobusów komunikacji miejskiej i taksówek. Maksymalny dzienny zasięg na tej linii oscyluje w granicach 160 km. 2 autobusy pojawiły się także w Inowrocławiu, gdzie zostały skierowane do obsługi terenów sanatoryjnych na liniach 3,10 i 16 o długości od 7 do



Solaris Urbino 12 electric dla Warszawy: a) na Krakowskim Przedmieściu, b) z charakterystycznym podestem naprzeciwko środkowych drzwi, pod którym umieszczony jest centralny silnik trakcyjny

14,2 km. Dzienna praca przewozowa na tych liniach waha się od 84 do 168 wkm.

Kamieniem milowym w rozwoju elektromobilności była prezentacja na targach Transexpo w 2013 r. 12-metrowego autobusu elektrycznego zasilanego nie tylko z gniazda *plug-in*, lecz również z pantografu. Wraz z wprowadzeniem baterii typu High Power można było zmniejszyć ich wielkość, co ma bezpośredni wpływ na zwiększenie pojemności autobusu. Większa liczba doładowań, trwających krócej niż nocne ładowanie baterii z ładowarek, będących elementem infrastruktury drogowej, pozwalało uzyskać zasięgi autobusów elektrycznych porównywalnych z autobusami konwencjonalnymi. Autobusy tego typu pojawiły się m.in. w Oberhausen (2), Dreźnie (1), Jaworznie (1), Pilźnie (3) i w Barcelonie (2). Wszystkie z nich, za wyjątkiem pojazdów dla Barcelony, to autobusy 12-metrowe z bateriami o pojemności od 160 kWh do 200 kWh, dodatkowo doładowywane na pętach końcowych ładowarkami pantografowymi o mocy od 80 do 200 kW. Pojemność tych autobusów waha się od 70 do 80 pasażerów, a dzienna praca przewozowa na liniach o charakterze wybiegowym oscyluje w granicach od 250 (PKM Jaworzno, linia 313) do 300 km (STOAG Oberhausen, linia 962).

Elektryczny Solaris Urbino wyprodukowany dla DVB został wyposażony w baterie o pojemności 200 kWh, pozwalające bez ograniczeń pokonywać trasę do 300 km dziennie. Mimo to przewidziano możliwość uzupełnienia energii w bateriach przy pomocy pantografu znajdującego się na dachu autobusu, który łączy się z ładowarką zamontowaną na jednym z końcowych przystanków. Maszt do ładowania zintegrowany został z infrastrukturą przystankową. W dreźnieńskim projekcie, po raz pierwszy w Niemczech, prąd do stacji ładowania jest pobierany bezpośrednio z sieci tramwajowej, dzięki czemu wykorzystywana jest energia elektryczna będąca wynikiem procesu rekuperacji hamowania w pociągach tramwajowych. To rozwiązanie pozwala na dodatkowe obniżenie kosztów eksploatacji autobusu. Z kolei w nocy, na terenie zajezdni, baterie zasilane są poprzez złącze *plug-in*. 12-metrowy Urbino electric został zakupiony przez DVB w ramach projektu *Elektro-Buslinie 79*, który to stanowi część specjalnego programu *Elektromobilität verbindet* (tłum. *Elektromobilność łączy*), realizowanego przez Bawarię i Saksonię. Elektrobus-Linie 79 jest 1 z 40 projektów realizowanych w ramach wspomnianego przedsięwzięcia. Otrzymał on dofinansowanie w wysokości około 1,1 mln euro z niemieckiego Ministerstwa Transportu i Infrastruktury Cyfrowej.



Premiera Solarisa Urbino 12 electric wyposażonego w pantograf podczas kieleckich targów Transexpo w 2013 r.



Solaris Urbino 12 electric w barwach STOAG Oberhausen



Solaris Urbino 12 na stacji ładowania *plug-in* podczas Bus EuroTest 2016 w Brukseli



Szybkie ładowanie baterii na linii 79 w Dreźnie

## producenci i poddostawcy

Na rynku czeskim Solaris ściśle współpracuje ze spółką Škoda Transportation, która jest producentem części trakcyjnej elektrycznego Solarisa sprzedawanego u naszych południowych sąsiadów pod nazwą Škoda Perun HP. Autobusy z nadwoziem trzeciej generacji zostały zakupione przez Dopravní Podniky Pilzno. Charakteryzują się one zastosowaniem baterii o pojemności 75 kWh, co pozwoliło na zwiększenie pojemności autobusu z 70 do 81 pasażerów. Autobusy w ramach programu ZeEUS eksploatowane



Jeden z dwóch przegubowych Solarisów dla TMB Barcelona



Škoda Perun HP w Pilźnie



Midibus 8,9 LE electric należący do MPK Kraków: a) podczas wolnego ładowania na zajezdni, b) wewnątrz



Pierwszy autobus elektryczny z ładowaniem pantografowym w PKM Jaworzno

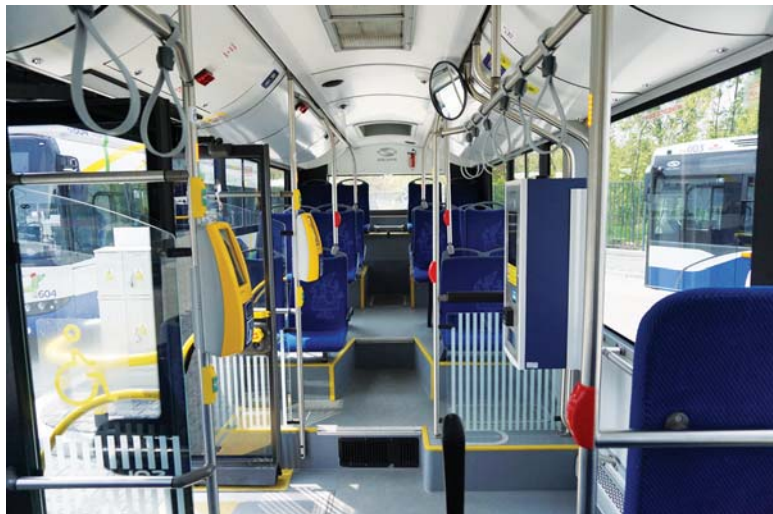
były na górzystej linii 27, charakteryzującej się dużą różnicą wysokości. Mimo to dzięki 7-minutowym cyklom doładowania na pętlach końcowych zasięg autobusu oscylował w granicach 200 km.

W październiku 2015 r. Solaris dostarczył kolejne autobusy przegubowe z napędem elektrycznym. Trafiły one do Barcelony. Mimo, iż silnik był duży (o mocy 240 kW), zastosowano w nim znacznie mniejsze baterie, których pojemność wynosi 125 kWh. Pozwoliło to na zwiększenie pojemności pojazdu do 115 pasażerów.

Obok autobusów 12- i 18-metrowych pantograf stał się standardowym wyposażeniem autobusów klasy midi. 4 takie autobusy zostały zakupione na początku 2016 r. przez MPK Kraków. Zostały one skierowane do obsługi linii 154, prowadzącej z Dworca Głównego do Prądnika Białego. Od autobusów dla Ostrołęki różnią się one przede wszystkim zastosowaniem mniejszych baterii (o pojemności 80 kWh).

### Nowe technologie ładowania baterii

W 2014 r., podczas targów Innotrans w Berlinie, Solaris Bus and Coach wspólnie z Bombardier Transportation zaprezentował pierwszy autobus elektryczny w wersji przegubowej z indukcyjnym systemem doładowania baterii Primove. Przeniesienie niewielkich baterii o pojemności 90 kWh na dach pojazdu spowo-





Solaris Urbino 18 electric na linii M19. Fot. Bombardier

dowało uzyskanie niskiego przebiegu podłogi na całej długości pojazdu – od kabiny kierowcy, aż po tylną kraweź autobusu. Jedynymi wystającymi elementami wnętrza były pokrywy kół i zawieszania oraz silników trakcyjnych napędzających niezależnie środkową i tylną oś. Dostawcą indukcyjnego systemu ładowania baterii jest firma Bombardier. Pod podłogą autobusu zamontowano urządzenie, które bezstykowo pobiera energię elektryczną z ładowarek indukcyjnych umieszczonych w infrastrukturze przystankowej. Już kilka minut wystarczy, aby uzupełnić pojemność baterii i swobodnie kontynuować jazdę. Autobusy dla Brunshwiku zostały dostarczone w ramach projektu „Emil”. Rozwinięcie tego skrótu w polskim tłumaczeniu oznacza „elektromobilność poprzez indukcyjne ładowanie” i zakłada zastosowanie na szeroką skalę pojazdów elektrycznych ładowanych indukcyjnie. W Brunshwiku system Primove zabudowano w autobusie o długości 12 m oraz w 4 autobusach przegubowych. Są one eksploatowane na linii okrężnej M19, okalającej centrum miasta, łączącej ze sobą węzły przesiadkowe zlokalizowane na trasach tramwajowych wjeżdżających do ścisłego centrum. Autobus solo posiada mniejsze baterie o pojemności 60 kWh. W ciągu dnia baterie są ładowane za pomocą ładowarek indukcyjnych, gdzie energia elektryczna przekazywana jest z cewki indukcyjnej zainstalowanej pod powierzchnią jezdni do cewki indukcyjnej zamontowanej na opuszczanej klapie pod podłogą autobusu. W chwili ładowania prześwit pomiędzy jezdnią a cewką pojazdową wynosi kilka milimetrów. W momencie ruszania kłapa automatycznie unosi się, aby zwiększyć prześwit podłużny i poprzeczny do normalnych wymiarów. Maksymalna moc ładowania w tej technologii nie przekracza 200 kW. Łącznie na całej trasie o długości 12 km zlokalizowano 4 stacje ładowania. Na przystanku końcowym cykl szybkiego ładowania trwa 11 min, natomiast na przystankach pośrednich nie przekracza 30 s. Pojemności autobusów są porównywalne z autobusami z pantografowym systemem ładowania i wynoszą odpowiednio 78 i 123 pasażerów. Niewątpliwie zaletą autobusu przegubowego z systemem Primove jest możliwość umieszczenia w nim aż 50 foteli pasażerskich. Mimo wysokiego stopnia zaawansowania technicznego, system Primove ma ograniczone zastosowanie z uwagi na bardzo wysoką cenę systemu.

Z kolei w Berlinie autobusy elektryczne wyposażone w system Primove eksploatowane są na linii 204, rozpoczynającej bieg przy dworcu autobusowym Berlin Zoo. Pojemność autobusu elektrycznego dla BVG jest większa i wynosi 87 pasażerów. Dostarczone do Berlina elektryczne Solarisy wyposażone zostały w centralny silnik asynchroniczny o mocy 160 kW, który gwarantuje dobre, płynne przyspieszanie oraz prędkość maksymalną 65 km/h. Projekt E-Bus-Berlin został dofinansowany przez Federalne Ministerstwo Transportu i Cyfrowej Infrastruktury kwotą 4,1 mln euro. Projektowi naukowego wsparcia udzielił Berliński Uniwersytet Techniczny.

Pod koniec 2014 r. firma HHA Hamburg zakupiła w Bolechowie 2 elektryczne autobusy przegubowe o długości 18,75 m, wyposażone w baterie litowo-żelazowo-fosforanowe o pojemności jedynie 120 kWh, zbudowane we współpracy z firmą A123, a ulokowane w komorze znajdującej się na tylnym zwisie. Część trakcyjna została opracowana przez ZF-a i Vossloh-Kiepe. Eksploatację pojazdów rozpoczęto w marcu 2015 r. na linii 109, gdzie



Solaris z systemem Primove przed dworcem Berlin Zoo



Solaris Urbino 18,75 electric dla HHA Hamburg. Fot. Hamburger Hochbahn

testowane są wszystkie autobusy z napędem elektrycznym zakupione przez tego przewoźnika. Zwiększenie zasięgu w tym pojeździe uzyskuje się za pomocą wodorowego extendera, który ładuje baterie energią elektryczną, wytworzoną z wodoru w ogniach paliwowych HD7 firmy Ballard o mocy 101 kW. 45 kg wodoru magazynowane jest w 9 butlach o łącznej pojemności 2 250 dm<sup>3</sup>, zamontowanych na dachu pojazdu. Butle zostały zabezpieczone specjalnymi sensorami, badającymi zarówno szczelność samych butli, jak i ich ewentualną deformację w przypadku przejazdu pod zbyt niskim tunelem. Liczbę cykli ładowania baterii 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. Proces ładowania baterii odbywa się bezpośrednio podczas jazdy, co eliminuje konieczność postoju pojazdu w celu uzupełniania energii. Tankowanie butli wodorem, trwające 15 min, odbywa się raz dziennie (po powrocie do zajezdni). Przy takiej technologii zasięg pojazdu osiągnął poziom 350 km. Elektryczne Urbino dla HHA jest jak na razie najdłuższym elektrobusem zbudowanym przez polskiego producenta. Tę samą technologię zastosowano w tym roku w 10 trolejbusach Trollino 18,75 dla Rygi; umożliwiało to przejazd ponad 100 km poza siecią trakcyjną.

Od momentu premiery 12-metrowego Urbino electric w 2013 r. do końca 2015 r. w ręce przewoźników trafiło łącznie 36 autobusów, w tym 8 w wersji przegubowej. Zostały one dostarczone do Polski i Niemiec, a pojedyncze egzemplarze trafiły także do Czech, Hiszpanii i Austrii. Tak wysoka pozycja Polski jako operatora autobusów elektrycznych wynikała przede wszystkim z realizacji dużego kontraktu dla MZA Warszawa, obejmującego 10 autobusów. Do tego należy doliczyć 7 autobusów klasy midi, zakupionych przez Kraków, Ostrołękę i Klagenfurt.

### Solaris Urbino electric nowej generacji

Kolejnym etapem rozwoju autobusów elektrycznych Solarisa była premiera newUrbino w wersji elektrycznej podczas targów BusWorld w Kortrijk. Bezpośrednio po targach autobus ten został skierowany do obsługi delegatów Światowego Szczytu Klimatycznego w Paryżu w dniach od 30 listopada do 11 grudnia 2015 r.,

a następnie do obsługi regularnych linii komunikacyjnych nr 21 i 147. W czerwcu br. autobus newUrbino zaprezentowano w Brukseli jurorom konkursu International Bus of the Year.

Bezemisyjne Urbino 12 electric nowej generacji jest obecnie najbardziej nowatorską konstrukcją w ofercie polskiego producenta. Autobus w wersji elektrycznej nieznacznie urosł z uwagi na konieczność zabudowania na dachu pojazdu dodatkowej aparatury sterującej. Wysokość odmiany elektrycznej jest o 345 mm większa niż w przypadku newUrbino z klasycznym napędem.

Nowe Urbino tak zaprojektowano, aby była możliwa aplikacja różnego rodzaju napędów, przy jednoczesnej eliminacji oddzielnie projektowanych obudów i pokryw. Obudowy dachowe w nowym Urbino, maskujące kontenery aparatury elektrycznej, zostały harmonijnie połączone z oryginalnym pasem nadokiennym – tak, że na pierwszy rzut oka trudno zorientować się, iż mamy do czynienia z autobusem elektrycznym. Tak, jak w odmianach z silnikiem diesla, udało się utrzymać wszystkie charakterystyczne elementy, które wyróżniają produkt z Bolechowa w normalnym ruchu ulicznym. Dzięki zastosowaniu ostrych krawędzi nadwozie nowego Urbino zyskało na agresywności i dynamice. Proste, ostre i zdecydowane linie – w połączeniu z asymetryczną szybą przednią i charakterystycznie ukształtowanym pasem ponad szybami bocznymi – powodują, że nowy autobus staje się z daleka rozpoznawalny. Znaczne powiększenie przedniej szyby spowodowało, że zwiększenie wysokości pojazdu nie zmieniło istotnie linii nadwozia. Jednym z elementów wyróżniających nowe Urbino jest zastosowanie wszystkich reflektorów, także świateł drogowych, w technologii LED. Nowością jest także poszycie boczne z tworzywa sztucznego, montowane do szkieletu metodą *skin-on-skin*. Charakterystycznym elementem nowego nadwozia są oryginalnie ukształtowane nadkola, podzielone optycznie (jak zderzak) na 3 części. Metamorfozie uległa także tylna ściana, gdzie zastosowano pokrywę silnika z zaokrągloną górną krawędzią. Bez wątpliwości elementem, który przykuwa uwagę, jest pas nadokienny. Nie jest to jednolity pas, lecz zestaw elementów z wydzieloną strefą światła bocznej tablicy kierunkowej oraz osłony agregatu klimatyzacji. Nowa koncepcja ukształtowania pasa nadokieńskiego umożliwia łatwe aplikowanie w konstrukcji nowych elementów, takich jak pokrywy butli na gaz w autobusach gazowych czy aparatury elektroenergetycznej w autobusach z napędem hybrydowym i elektrycznym. Chociaż nadwozie Solarisa New Urbino electric jest tylko jedną z odmian szerokiej



Premierowy pokaz newUrbino w wersji elektrycznej podczas BusWorld w Kortrijk w 2015 r.



Nowy Solaris Urbino 12 electric dla Hanoweru

gamy modeli autobusów miejskich, to sprawia ono wrażenie, jakby było od początku projektowane pod kątem zastosowania napędu elektrycznego.

Oryginalny *design* został doceniony przez wielu specjalistów wzornictwa w Europie. Nowe Urbino zdobyło prestiżową nagrodę IF design, przyznawaną przez międzynarodowe jury składające się z ponad 50 specjalistów. Także w zakresie designu newUrbino został laureatem nagrody przyznawanej przez Międzynarodową Unię Transportu Publicznego UITP. Jednym z czynników, na który zwrócili uwagę jurorzy oceniający nowy pojazd, jest to, iż żaden element w konstrukcji nie jest dziełem przypadku. Kształt paneli bocznych ścian jest następstwem przyjętych materiałów i technologii ich mocowania do konstrukcji nadwozia. W porównaniu z poprzednią generacją masa własna autobusu została obniżona o 720 kg w przypadku wersji 12-metrowej oraz o 870 kg w przypadku wersji przegubowej. Całkowicie przeprojektowano grupę



Widok na dach autobusu z charakterystycznym pasem nadokiennym



W dalszym ciągu jednym z charakterystycznych elementów newUrbino jest nowy kształt przednich reflektorów, wykonanych w technologii LED



Tylna ściana z otwartą komorą zestawu baterii i elementów sterowania mocą. Na dachu widoczny jest pantograf szybkiego ładowania





Solaris Urbino 12 electric podczas procesu doładowania baterii za pomocą pantografu w MPK Kraków

podłogową, w której stalowa płyta stała się elementem nośnym konstrukcji. Zaprojektowano nowe wręgi oraz ich połączenia podłużnicami tak, aby spełnić wymagania normy ECE R66.01, która weszła w życie od 1 stycznia 2017 r. Dzięki wprowadzeniu w newUrbino technologii *skin-on-skin* struktura nadwozia ma charakter warstwowy, co pozwoliło na obniżenie jej środka ciężkości. Tym samym zabudowa na dachu baterii i aparatury sterowania mocą nie wpłynęła na pogorszenie własności trakcyjnych pojazdu. Masa własna pojazdu jest nieco większa niż w wersji konwencjonalnej i wynosi ok. 13 500 kg. Należy jednak podkreślić, że wysoka masa własna opisywanego autobusu elektrycznego wynika z zastosowania największego pakietu baterii, umożliwiającego osiągnięcie zasięgu pomiędzy ładowaniami na poziomie 250 km. W przypadku zastosowania w autobusie mniejszych baterii (o pojemności 90 kWh) masa ta spada do poziomu 11 700 kg, co umożliwia zwiększenie pojemności pojazdu nawet do poziomu 95 pasażerów.

W elektrycznym Urbino można zastosować różne rodzaje napędu. Podstawową wersją jest autobus wyposażony w silnik centralny, którego moc waha się od 160 kW w przypadku autobusu jednoczołowego do 240 kW w przypadku autobusu przegubowego. Rozwiązanie z silnikiem centralnym upraszcza konstrukcję pojazdu, jednak powoduje, że we wnętrzu pojazdu, poza nad-

kolami kół, muszą pojawić się dodatkowe podesty kryjące silnik i wał napędowy. W nowym Urbino może być zamontowana także innowacyjna oś ZF AVE 130 trzeciej generacji z 2 niezależnymi asynchronicznymi silnikami elektrycznymi (o mocy ciągłej 60 kW i szczytowej 120 kW każdy), chłodzonymi cieczą, wbudowanymi w piastach kół. To rozwiązanie pozwala przede wszystkim na obniżenie masy pojazdu i lepsze rozłożenie nacisków na poszczególne koła. Kolejnym zyskiem takiego rozwiązania jest lepsze rozplanowanie wnętrza, głównie z uwagi na możliwość zmniejszenia wieży oraz podestów wokół lewego tylnego koła. Parametry zamontowanych silników pozwalają rozpędzić 12-metrowy autobus do prędkości 50 km/h w niespełna 10 s.

NewUrbino electric jest wyposażony w najnowocześniejsze systemy bezpieczeństwa wspomagające pracę kierowcy, takie jak elektroniczny system uruchamiania hamulców EBS2 firmy Bosch, współpracujący z układami przeciwpoślizgowymi ABS i ASR. Dla ułatwienia ruszania pod górę w Solarisie zamontowano urządzenie *hill-holder*. Zasięg elektrycznej wersji Solarisa waha się obecnie od 200 do 300 km. Oczywiście zasięg ten zależy od temperatury zewnętrznej, parametrów linii komunikacyjnej, obciążenia pojazdu i sposobu napędu agregatów pomocniczych. Dlatego tak ważnym elementem jest moduł sterowania pracą silnika i zarządzania energią w pojeździe. W Solarisach newUrbino stosuje się moduły zarządzania energią dostarczane przez Medcom, Vossloh-Kiepe lub Škodę. Średnie zużycie energii w newUrbino electric waha się od 0,8 kWh/km (bez napędu agregatów pomocniczych) do 1,7 kWh/km. Autobusy elektryczne mogą być wyposażone w zestaw baterii High Energy (stosowany w rozwiązaniach z 1 ładowaniem na zajezdni) lub High Power (przystosowany do częstych mikrodoładowań na przystankach końcowych). Baterie typu High Energy zapewniają możliwość pokonania znacznych dystansów bez konieczności dodatkowego ładowania w ciągu dnia. Baterie tego typu sprawdzają się w autobusach operujących w godzinach szczytu, a także w sytuacji, gdy operator nie posiada infrastruktury wybudowanej na przystankach krańcowych. Niestety ich pojemność jak na razie nie jest wystarczająca do eksploatacji w sieciach, gdzie dzienne przebiegi przekraczają 250 km. Ponadto wysoka masa takich baterii poważnie ogranicza pojemność autobusu. Żywotność baterii High Energy szacowana jest na 3 500–4 000 ładowań. Oznacza to, że przy eksploatacji autobusu na poziomie 330 dni rocznie czas eksploatacji baterii powinien wynieść od 10,5 do 12 lat, w okresie których autobus przejedzie od



Porównanie aranżacji tylnej części nadwozia przy zastosowaniu baterii HighPower i HighEnergy



Solaris Urbino wyróżniał się na tle konkurencji dużą liczbą miejsc siedzących dostępnych bezpośrednio z niskiej podłogi



Aranżacja stanowiska dla inwalidów

875 000 do 1 000 000 wkm. Autobusy z bateriami High Energy mogą być eksploatowane niemal na całej sieci komunikacyjnej, gdyż nie wymagają żadnej dodatkowej infrastruktury. Niemniej przy dużej liczbie takich pojazdów zapotrzebowanie na energię ładowania skumuluje się. Przy 50 autobusach energia niezbędna do naładowania baterii będzie oscylować w granicach 12 MWh.

Baterie typu High Power o mniejszej pojemności i niższej gęstości energetycznej, w porównaniu z bateriami High Energy, przeznaczone są przede wszystkim do szybkiego ładowania przy wykorzystaniu prądu o dużym natężeniu. Autobusy z bateriami High Power zapewniają wysoką operacyjność dzięki kilkukrotnemu ładowaniu baterii na stacjach ładowania zlokalizowanych na pętlach końcowych – przy pomocy pantografu bądź indukcyjnie poprzez pętle wbudowane w jezdni i zamontowane pod podłogą pojazdu. Liczba cykli ładowania dla baterii High Power wynosi ok. 15 000. W przeliczeniu na pracę przewozową daje to wielkość pomiędzy 0,9 a 1,36 mln wkm. Baterie litowo-żelazowo-fosforanowe, stosowane w Solarisie newUrbino, zostały opracowane przez konstruktorów z Bolechowa przy wykorzystaniu ogniw renomowanych firm: amerykańskiej A123 Systems i japońskiej Toshiba. Solaris daje 5-letnią gwarancję na baterie (bez względu na liczbę cykli ładowania).

Podstawowym sposobem ładowania baterii w Solarisie newUrbino jest metoda *plug-in* za pomocą złącza pokładowego Combo2 o mocy do 85 kW. Mimo prostej konstrukcji, czas ładowania baterii przy tej metodzie oscyluje w granicach od 2,5 do 3 h dla baterii 240 kWh. Standardowym wyposażeniem każdego elektrycznego Urbino stał się także pantograf. Aby maksymalnie zautomatyzować proces ładowania, pantograf jest samoczynnie unoszony w chwili podjazdu pod ładowarkę. Głowica pantografu

umieszczona na teleskopowych prowadnicach samoczynnie pozycjonuje się w gnieździe ładowarki. Aby jak najprecyzyjniej ustawić autobus względem gniazda ładowarki, na desce rozdzielczej newUrbino electric umieszczono piktogram informujący kierowcę o optymalnym położeniu autobusu. Pantograf umożliwia szybkie doładowania baterii o mocy aż do 450 kW przy wykorzystaniu prądu o natężeniu 700 A. Po osiągnięciu pełnego naładowania baterii proces jest automatycznie przerywany, a pantograf samoczynnie składa się. Obok ładowania *plug-in* i ładowania pantografowego Solaris ma dalej w swojej ofercie system indukcyjnego doładowania baterii, bazujący na rozwiązaniu Primove firmy Bombardier. Jak na razie żaden z operatorów nie zamówił nowego Urbino z tym systemem.

Aby zapewnić interoperacyjność autobusów elektrycznych, Solaris wraz z Irizarem, VDL-em i Volvo postanowili wspólnie

opracować wytyczne do europejskich standardów dla infrastruktury ładowania. Otwarty system zostanie opracowany przez tak znanych producentów, jak ABB, Heliox i Siemens. Celem projektu jest zagwarantowanie otwartego interfejsu do ładowania autobusów elektrycznych, a poprzez to ułatwienie wprowadzenia tej technologii do europejskich miast. Przewiduje się, że nowe standardy europejskie wejdą w życie w 2019 r., zaś międzynarodowe normy w roku 2020. Obejmować one będą zarówno elementy ładowania pantografowego, jak i komunikację bezprzewodową, płyty kontaktowe w ładowaniu indukcyjnym, jak również wtyczki do ładowania *plug-in* oraz system komunikacji między stacją ładowania a pojazdem.



Mocowanie siedzeń metodą *canti-lever*



Nowa deska rozdzielcza konstrukcji inżynierów Solarisa

Nowy Solaris Urbino wyróżnia się dużą możliwością dowolnego kształtowania aranżacji siedzeń dzięki wyeliminowaniu jakichkolwiek podestów pomiędzy nadkolemi kół przednich i tylnych. W przypadku autobusu o długości 12 m maksymalna liczba miejsc siedzących wynosi ok. 30, z których aż 16 nie wymaga pokonywania jakichkolwiek dodatkowych stopni. Wszystkie siedzenia w części niskopodłogowej montowane są bezpośrednio do ścian bocznych metodą *canti-lever*. Kształt nadkoli osi przedniej zoptymalizowano pod kątem osiągnięcia maksymalnej szerokości przejścia, która w tym przypadku wynosi 880 mm. Obok miejsca na wózki inwalidzkie, zaaranżowanego zgodnie z dyrektywą EU 2001/85, czy rampy dla wózków, standardem staje się wyposażenie wnętrza w gniazda USB, umożliwiające doładowanie telefonu, czy instalacja Wi-Fi. Od 2016 r. zarówno siedzenia, jak i poręcze, mogą być pokryte specjalną warstwą antybakteryjną. Aby zmniejszyć zużycie energii, oświetlenie wnętrza wykonano w technologii LED.

Standardowym wyposażeniem autobusu elektrycznego Solarisa jest deska rozdzielcza własnej konstrukcji, bazująca na 3 kolorowych, dotykowych ekranach LCD, pozbawiona jakichkolwiek przycisków i przełączników. Cała jej obsługa ogranicza się do przyścisnięcia określonego pola na ekranie. Mimo diametralnej zmiany filozofii obsługa nowego kokpitu pozostała intuicyjna. Każda z informacji pojawia się w ściśle określonym momencie. Doskonała rozdzielczość ekranów pozwala na uwypuklenie szczególnie istotnych informacji, które pozwalają kierowcy na szybkie podjęcie decyzji. Na wyświetlaczu pojawiła się także dodatkowa informacja o stopniu naładowania baterii i szacowanej liczbie kilometrów możliwej do przejechania przy aktualnym obciążeniu pojazdu i określonych warunkach ruchowych, a także piktogram informujący o prawidłowym podejściu pod pantograf. Na życzenie klienta może być zamontowana deska rozdzielcza zgodna ze standardami VDV, z kolorowym wyświetlaczem LCD, dostarczana przez Continental-VDO lub Actię.

Atuty Urbino nowej generacji sprawiły, że w 2016 r., podczas targów IAA w Hanowerze, autobusowi przyznano prestiżową nagrodę International Bus of the Year 2017. Niedługo po premierze w Kortrijk nowe Urbino 12 electric zostało po raz pierwszy zaprezentowane szerokiej publiczności podczas Konferencji Klimatycznej ONZ, która odbywała się w dniach od 30 listopada do 11 grudnia 2015 r. w stolicy Francji. Po konferencji autobus został poddany dwumiesięcznym testom w regularnym ruchu pasażer-



Na desce rozdzielczej pojawił się nowy piktogram informujący kierowcę o stanie naładowania baterii oraz o optymalnym położeniu pojazdu przy podejściu pod ładowarkę pantografową

skim na paryskich liniach 21 oraz 147. Test był jednym z elementów wprowadzenia nowej strategii taborowej, która przewiduje, że RATP do końca roku 2025 całkowicie zrezygnuje z autobusów zasilanych konwencjonalnymi silnikami spalinowymi.

### Kolejne kontrakty

Pierwsze egzemplarze nowego Urbino trafiły na początku 2015 r. do hanowerskiej Üstry, gdzie rozpoczęły pracę na okężnej linii 100, łączącej ze sobą najważniejsze zabytki miasta. 3 autobusy dla stolicy Dolnej Saksonii wyposażono m.in. w oś portalową ZF AVE 130 z silnikami elektrycznymi zabudowanymi w piastach kół i litowo-tytanowe baterie o pojemności 125 kWh. Autobusy ładowane są z zewnętrznej ładowarki o mocy 450 kW, znajdującej się na pętli końcowej nieopodal stadionu. Proces ładowania trwa jedynie od 4 do 6 min. Do ładowania pojazdów wykorzystywany jest prąd pobierany z sieci tramwajowej, co zwiększa efektywność energetyczną całego projektu. Dzięki wykorzystaniu takiej energii Üstra nie potrzebowała budować nowych podstacji zasilających do zaopatrywania ładowarek w energię elektryczną. Nocą w zajezdni baterie są ładowane do pełna tradycyjną metodą *plug-in*, przy użyciu ładowarek o mocy 32 kW. Ciekawostką stanowi fakt, że podczas jazdy pasażerowie mogą na bieżąco obserwować na monitorze stan naładowania baterii. Autobusy wyposażono także w 2 rampy dla osób niepełnosprawnych – elektryczną i manualną. Dodatkowo w pojazdach dostępna jest bezprzewodowa sieć Wi-Fi. Projekt zakupu autobusów elektrycznych dla Hanoweru był współfinansowany przez Federalne Ministerstwo Środowiska, Ochrony Przyrody i Bezpieczeństwa Reaktorów Atomowych.

Kolejne elektryczne Urbino nowej generacji trafiły ponownie do Hamburga. HHA zakupiło 3 elektryczne autobusy z silnikami w piastach kół o długości 12 m, z bateriami o pojemności zmniejszonej do 100 kWh. Autobusy musiały być przystosowane do korzystania z istniejącej infrastruktury ładowania, zbudowanej przy okazji zakupu 4 autobusów Volvo 7900 Hybrid Electric w ramach programu ZeEUS. Na dachu autobusów dla Hamburga zamontowano nie pantograf, lecz specjalne gniazdo, w którym dokuje się pantograf opuszczany z głowicy ładowarki o maksymalnej mocy 300 kW. Infrastrukturę ładowania na przystankach krańcowych linii autobusowej 109 dostarczył Siemens.

Uruchomienie środków unijnych w perspektywie finansowej 2014–2020 spowodowało wysyp dużej liczby projektów obejmu-



Nowy Solaris Urbino 12 electric dla Hanoweru

jących dostawę autobusów elektrycznych zarówno w Polsce, jak i innych krajach Europy Centralnej. Do największych kontraktów podpisanych przez polskich przewoźników należy zaliczyć m.in. dostawy dla Jaworzna i Krakowa. Jaworzno na mocy umowy z dnia 5 października 2016 r. zakupiło 9 przegubowych Urbino nowej generacji (18-metrowych), 3 12-metrowe nowe Urbino electric, a także 4 autobusy klasy midi o długości 8,9 m o łącznej wartości 35,2 mln zł. We wrześniu 2017 r. PKM rozstrzygnął przetarg na dostawę kolejnych 6 autobusów elektrycznych o długości 12 m, tym razem z wymiennym systemem baterii. Po realizacji obydwu kontraktów PKM zaczął eksploatować łącznie 23 nowoczesne pojazdy elektryczne. Oznacza to, że co trzeci pojazd wyjeżdżający na linie jest pojazdem całkowicie bezemisyjnym. Wszystkie nowe elektrobusy wyposażone zostały w system ładowania pantografowego, dzięki któremu baterie będzie można doładować na trasie, jak również w złącze *plug-in*, służące do nocnego uzupełniania baterii z ładowarki stacjonarnej zlokalizowanej w zajezdni. Autobusy dostarczone do Jaworzna były także pierwszymi autobusami elektrycznymi nowej generacji w wersji przegubowej.

Wśród pojazdów zamówionych przez MPK Kraków SA jest 17 autobusów 12-metrowych i 3 autobusy przegubowe o długości 18 m. W ciągu 4 lat flota krakowskiego przewoźnika wzbogaciła się łącznie o 25 bezemisyjnych autobusów. Nowe Solaris Urbino 12 electric dla krakowskiego MPK zostały wyposażone w centralny silnik trakcyjny o mocy 160 kW i baterie typu Solaris High Energy o pojemności 160 kWh. Z kolei przegubowe Urbino 18 electric napędzane są silnikiem trakcyjnym o mocy 240 kW, a energia elektryczna do jego napędzania gromadzona jest w bateriach typu Solaris High Energy o pojemności 200 kWh. MPK w Krakowie zainwestowało także w rozbudowę infrastruktury ładującej. Na zajezdni Wola Duchacka wybudowano stację na 28 stanowisk ładowania autobusów elektrycznych typu *plug-in*, natomiast na terenie zajezdni w Nowej Hucie powstała stacja transformatorowa do ładowania autobusów elektrycznych. Ponadto na terenie miasta zostały oddane do użytku 3 kolejne stacje ładowania autobusów przez pantograf.

Urbino nowej generacji trafiły także do Ostrowa Wielkopolskiego (4), Warszawy (11) i Sosnowca (3). Na realizację oczekują m.in. Rzeszów (10), Bełchatów (3), Katowice (5 w wersji solo i 5 w wersji przegubowej) i gmina Łomianki (2). Obok autobusów



Nowy Solaris Urbino 12 electric dla Hamburger Hochbahn podczas ładowania



Jaworzniński Urbino 8,9 LE electric na pętli końcowej



Solaris Urbino 18 electric w barwach MPK Kraków



Nowy Solaris Urbino 12 electric dla MZK Ostrów Wlkp.



Elektryczny midibus z Bolechowa dla Wrześni



Nowy Urbino electric w wersji przegubowej dla MZA Warszawa

12- i 18-metrowych Solaris w dalszym ciągu dostarcza także autobusy elektryczne klasy midi, oparte na modelu Alpino poprzedniej generacji. Poza Jaworzniem trafiły one także do Wrześni (1), Ciechanowa (1), Stalowej Woli (4). Kolejne 6 sztuk zostanie dostarczonych jeszcze do Stalowej Woli oraz 2 sztuki pojadą do Ostródy.

Firma MZA Warszawa – jeden z największych operatorów autobusów w naszym kraju – zdecydowała się na zakup kolejnych 10 autobusów w wersji 12-metrowej i wydzierżawienia 1 autobusu w wersji przegubowej. Tym samym flota autobusów elektrycznych osiągnęła stan 31 egzemplarzy. W odróżnieniu od autobusów zakupionych w 2015 r., nowe Solarisy Urbino 12 są wyposażone w baterie Solaris High Energy o pojemności 208 kWh, które można ładować na 2 sposoby: ładowarką zajezdniową typu *plug-in* o mocy od 40 do 120 kW lub za pomocą pantografu zamontowanego na dachu pojazdu. Także autobus przegubowy został wyposażony w 2 systemy ładowania baterii. Podobnie jak większość niemieckich przewoźników, także w dzierżawionym przez MZA autobusie zastosowano oś napędową ZF-a z 2 silnikami w piastach kół (o mocy 120 kW każdy). Baterie powiększono do poziomu 280 kWh, które pozwalają na przejechanie ponad 200 km na 1 ładowaniu. W stolicy autobus przegubowy będzie obsługiwał linię nr 175, a docelowo, po uruchomieniu ładowarki przy ulicy Konwiktorskiej, linię 503.

Z kolei PKM Sosnowiec kupił 3 autobusy 12-metrowe w ramach projektu *...czyste niebo nad Zagłębiem!* Są to pierwsze bezemisyjne autobusy na terenie aglomeracji górnośląskiej (poza autobusami PKM Jaworzno, które obsługują linie Jaworzno-Katowice), wyposażone w centralny silnik oraz osprzęt elektryczny firmy Medcom z funkcją odzysku energii elektrycznej podczas hamowania. Baterie o pojemności 200 kWh ładowane są za pomocą złącza *plug-in* i dwuzakresowej ładowarki o mocy 80 kW i 40 kW. Autobusy przystosowano również do zabudowy pantografu. W autobusach wprowadzono nowe oprogramowanie sterujące pracą klimatyzacji. Standardowo całe oświetlenie zewnętrzne i wewnętrzne wykonano w technologii LED. Tak jak Solarisy z poprzednich dostaw, także i elektrobusy wyposażone zostały w system *alkolock*, z którego kierowca zobowiązany jest skorzystać przed uruchomieniem pojazdu.

Dla rzeszowskiego przewoźnika kluczowym argumentem w wyborze dostawcy elektrobusów była nie tylko cena, ale również



Wnętrze przegubowego Urbino 18 electric dla Warszawy

innowacyjność produktu i gwarancja wysokiej jakości. W odróżnieniu od innych polskich miast, które zdecydowały się na ładowanie pantografowe, elektryczne Solarisy dla Rzeszowa wyposażone będą w tzw. system z pantografem odwróconym, który umieszczony będzie w głowicy ładowarki, a nie na dachu pojazdu (rozwiązanie analogiczne do Hamburga i Oslo). W ten sposób będzie można naładować pojazd w ciągu kilku minut podczas przerwy na przystanku lub na końcu linii. Autobus będzie także standardowo wyposażony w złącze ładowania typu *plug-in*, które przeznaczone jest do wolniejszego ładowania baterii podczas dłuższego postoju. Elektryczne autobusy Solaris Urbino 12 electric wyposażone zostaną w baterie Solaris High Power o pojemności 87,6 kWh.

Dużym odbiorcą autobusów elektrycznych i trolejbusów Solarisa jest rumuńskie miasto Kluż-Napoka, które eksploatuje także tramwaje z bydgoskiej PESY. Do Rumuni dotarło już 11 z 23 zakontraktowanych pojazdów. Ponadto Solaris dostarczy do tego miasta także 50 trolejbusów. Zakup autobusów elektrycznych jest częściowo finansowany ze środków Rumuńsko-Szwajcarskiego Programu Współpracy. Operatorem zakupionych pojazdów została komunalna spółka CTP Transport Company. Wybudowano także 11 stacji wolnego ładowania i 2 stacje ładowania szybkie za pomocą pantografów.

W dalszym ciągu dużą grupę odbiorców autobusów elektrycznych z Bolechowa stanowią przewoźnicy niemieccy. Obok wspomnianych autobusów w Hanowerze i Hamburgu, elektrobusy Solarisa pojawiły się także w Norymberdze i Fürth, a na realizację kontraktów oczekują Frankfurt nad Menem (5) i Berlin (15). Bliźniacze Solarisy Urbino 12 electric dla Norymbergii i Fürth zostały wyposażone w osie portalowe ZF AVE 130 ze zintegrowanymi silnikami elektrycznymi oraz napędy firmy Medcom. Zarówno napęd, jak i klimatyzacja oraz ogrzewanie wnętrza autobusu, są zasilane energią elektryczną z baterii o pojemności 240 kWh. W obu autobusach zastosowano ładowanie typu *plug-in* poprzez gniazdo Combo2 lub zamontowane na dachu ładowarki, które umożliwiają ładowanie autobusów poza terenem zajezdni. Obydwa Solarisy przygotowane zostały pod zabudowę w przyszłości pantografu, co umożliwi szybkie doładowanie baterii także na trasie. Jediną różnicę stanowią aranżacja i wyposażenie wnętrza. W pojeździe dla Norymbergii pasażerowie mają do dyspozycji 20 miejsc siedzących oraz dodatkowo 3 miejsca składane. Jego odpowiednik w Fürth dysponuje 28 fotelami dla pasażerów i 5 fotelami składanymi.

Także Hamburg zamówił kolejną partię 10 autobusów z ładowaniem pantografowym. Znamiennym jest fakt, że w 2018 r. przetargi ogłaszane u naszych zachodnich sąsiadów obejmują coraz większe ilości pojazdów.

Nowa generacja Urbino otworzyła Solarisowi kolejne rynki. Autobusy elektryczne w wersji 12-metrowej pojawiły się na północy Europy, m.in. w Finlandii (Tampereen Kaupunkiliikenne Liikelaitos – 4) i w Norwegii (Unibuss Oslo – 3, Norgebuss Oslo – 1, Boreal Norge AS z Kristiansand – 5), jak również we Włoszech (ATB Bergamo – 12, ATM Milan – 10).

Na rynku skandynawskim Solaris silnie konkuruje z Volvo. 3 autobusy elektryczne Urbino 12 electric zasilły flotę Unibuss – jednego z największych norweskich operatorów transportu publicznego. Zostały one wyposażone w elektryczną oś portalową ZF AVE 130 z wbudowanymi silnikami elektrycznymi, zasilanymi z baterii High Power o pojemności 75 kWh. Baterie będą doładowywane, podobnie jak w Hamburgu, z ładowarek Siemens, z opuszczanym pantografem. Czas ładowania nie potrwa dłużej



Jeden z pierwszych egzemplarzy Urbino electric dla Rzeszowa



Urbino electric w barwach CTP Kluż-Napoka



W 2018 r. podpisano kolejną umowę na dostawę aż 10 autobusów Urbino 12 electric do HHA Hamburg



Elektryczny Solaris na ulicach Oslo



Przekazanie pierwszej partii elektrycznych autobusów dla Bergamo



Solaris Urbino 12 electric należący do mediolańskiego ATM

niż 8 min. Zakupione pojazdy obsługują linię numer 74, łączącą dzielnice Vika oraz Mortensrud norweskiej stolicy. Unibuss, posiadający blisko 750 pojazdów, jest także jednym z najbardziej ekologicznych przedsiębiorstw transportowych w Norwegii. Eksploatuje on głównie autobusy napędzane biogazem i biodieslem, autobusy hybrydowe, a także kilka egzemplarzy autobusów zasilanych wodorem. Nowe Solarisy Urbino electric były pierwszymi autobusami bateryjnymi używanymi przez tego operatora. Eksploatacja zakupionych autobusów bateryjnych ma pozwolić na zebranie doświadczeń związanych z codzienną eksploatacją takich pojazdów w srogich warunkach klimatycznych. Oslo jest jedną ze światowych metropolii silnie inwestujących w promocję elektromobilności i planuje w najbliższym czasie sukcesywnie wprowadzanie autobusów elektrycznych. Władze miasta zakładają, że do 2020 r. po ulicach Oslo jeździć będzie 100 takich pojazdów, a w 2025 r. przynajmniej 60% floty autobusowej obsługującej stolicę Norwegii ma być napędzana energią elektryczną.

Kolejnych 5 pojazdów Urbino 12 electric zasililo flotę drugiego z największych operatorów transportu publicznego w Norwegii



Midibus Urbino 8,9 electric w barwach STIB Bruksela. Wnętrze midibusu wyróżnia się elegancją dzięki zastosowaniu skórzanych foteli pasażerskich i drewnopodobnej podłogi. Fot. Solaris





Skoda Perun 26 HE dla Arrivy Trzynieć

– Boreal Norge AS. Zgodnie z umową pojazdy będą obsługiwały linie numer 10 oraz 13 w mieście Kristiansand położonym na południu Norwegii. Zostały one wyposażone w elektryczną oś portalową ZF AVE 130 oraz napęd polskiej firmy Medcom. Energia do napędzania pojazdów pochodzi z baterii Solaris High Power o pojemności 146 kWh.

Autobusy Solaris Urbino 12 electric zamówione przez ATB Bergamo oraz ATM Milano to bardzo zbliżone do siebie konstrukcje pod kątem parametrów technicznych. Dostawcą napędu i sterowania w obu kontraktach jest firma Medcom. Autobusy zostały wyposażone w osie typu AVE 130 ze zintegrowanymi silnikami trakcyjnymi o mocy 2 x 125 kW. Energia elektryczna magazynowana będzie w zestawie baterii typu High Energy o łącznej pojemności 240 kWh. Mimo podobnych preferencji odnośnie do napędu i baterii obaj przewoźnicy wybrali inny sposób uzupełniania energii w swoich elektrobusach. Urbino 12 electric dla ATB Bergamo wykorzystywać będzie do tego ładowarkę produkcji Medcom z możliwością jednoczesnego ładowania 2 autobusów z mocą 40 kW. Z kolei ATM Milano wybrało ładowarki on-board (również firmy Medcom) o mocy 70 kW. Dodatkowo autobusy dla Mediolanu wyposażono w rozbudowany system gaśniczy Fire Trace, obejmujący między innymi możliwość automatycznego gaszenia kontenera trakcyjnego. Podobnie jak ATB Bergamo, również przewoźnik z Mediolanu zamówił bardzo zaawansowany system monitoringu polskiej produkcji, w skład którego wchodzi 9 kamer, kamera wsteczna i 10-calowy monitor zamontowany na środkowej konsoli deski rozdzielczej oraz rejestrator. Dodatkowo pojazdy dla Mediolanu zostały wyposażone w system liczenia pasażerów.

Dużym odbiorcą autobusów elektrycznych stała się spółka STIB z Belgii, obsługująca stolicę Europy. W najbliższym czasie na ulicach Brukseli pojawi się 7 midibusów Urbino 8,9 LE electric, a w przyszłym roku 25 autobusów przegubowych. Będzie to największa flota elektrycznych przegubowców Solarisa w Europie. Baterijne midibusy dla Brukseli dostarczono w pierwszej połowie

2018 r. Charakteryzują się one najwyższym poziomem elegancji dzięki zamontowaniu foteli wykończonych ekoskórą i drewnopodobnej podłogi. Bezpieczeństwo – zarówno podróżującym, jak i kierowcy – zapewniają system monitoringu oraz przygotowana na specjalne zamówienie kabina kierowcy z systemem zabezpieczającym przed agresją ze strony pasażerów. Dodatkowo pojazd wyposażony został w rampę elektrycznie wysuwaną z miejsca kierowcy, która ułatwi wejście lub wyjście z autobusu osobom poruszającym się na wózkach inwalidzkich. Autobusy przegubowe dotrą do Brukseli w 2019 r. Wartość kontraktu opiewa na kwotę ponad 21 mln euro. Zgodnie z zapisami umowy Solaris Bus & Coach jest odpowiedzialny nie tylko za dostarczenie autobusów, lecz także instalację całego systemu ładowania. Prace te zostaną



Urbino 12 electric PKM w Sosnowcu



Tab. 1. Sprzedaż autobusów elektrycznych Solaris

Rok	Kraj	Miasto	Przewoźnik	Rodzaj pojazdu	Zakontraktowane	Dostarczone	Sposób ładowania
2013	Austria	Klagenfurt	Stadtwerke Kalgenfurt	U8,9LE	1	1	plug-in
2013	Niemcy	Brunszwik	Braunschweiger Verkehrs-AG (BSVAG)	U12	1	1	Primove
2013	Czechy	Pilzno	DP Plzeň	U12	2	2	pantograf
2013	Niemcy	Düsseldorf	Rheinbahn AG	U12	2	2	plug-in, pantograf
2014	Niemcy	Braunschweig	Braunschweiger Verkehrs-AG (BSVAG)	U18	4	4	Primove
2014	Szwecja	Västerås	Vasteras Lokaltrafik	U12	1	1	plug-in
2014	Niemcy	Hamburg	HHA Hamburg	U18,75	2	2	extender H2
2014	Czechy	Pilzno	DP Plzeň	U12 Škoda Perun	1	1	pantograf
2015	Niemcy	Drezno	DVB Dresden	U12	1	1	pantograf
2015	Polska	Ostrołęka	MZK Ostrołęka	U8,9LE	2	2	plug-in
2015	Niemcy	Berlin	BVG Berlin	U12	4	4	Primove
2015	Polska	Jaworzno	PKM Jaworzno	U12	1	1	pantograf
2015	Polska	Warszawa	MZA Warszawa	U12	10	10	plug-in
2015	Niemcy	Oberhausen	STOAG	U12	2	2	pantograf
2015	Hiszpania	Barcelona	Transports Metropolitans de Barcelona	U18	2	2	pantograf
2015	Polska	Inowrocław	MPK Inowrocław	U12	2	2	plug-in
2015	Polska	Kraków	MPK Kraków	U12	1	1	plug-in
2016	Niemcy	Hanower	UESTRA	nU12	3	3	pantograf
2016	Polska	Kraków	MPK Kraków	U8,9LE	4	4	pantograf
2016	Finlandia	Tampere	Tampereen Kaupunkiliikenne Liikelaitos	nU12	4	4	pantograf
2016	Niemcy	Hamburg	HHA Hamburg	nU12	3	3	pantograf odwrócony
2017	Polska	Jaworzno	PKM Jaworzno	nU18	9	9	pantograf
2017	Polska	Jaworzno	PKM Jaworzno	nU12	9	9	pantograf
2017	Polska	Jaworzno	PKM Jaworzno	U8,9LE	4	4	pantograf
2017	Polska	Kraków	MPK Kraków	nU12	17	17	pantograf
2017	Polska	Kraków	MPK Kraków	nU18	3	3	pantograf
2017	Norwegia	Oslo	Unibuss	nU12	3	3	pantograf odwrócony
2017	Francja	Frontignan	Thau Agglo	U8,9 LE	2	2	plug-in
2017	Niemcy	Norymberga	VAG Norymberga	nU12	1	1	plug-in
2017	Niemcy	Fürth	Infra Fürth Verkehr	nU12	1	1	plug-in
2017	Polska	Ostrów Wlkp.	MZK Ostrów Wlkp.	nU12	4	4	plug-in
2017	Norwegia	Oslo	Norgebuss	nU12	1	1	pantograf
2017	Czechy	Trzyniec	Arriva Morava	nU12	10	10	plug-in
2017	Niemcy	Heidenheim	Voith Turbo	nU12	1	1	plug-in
2017	Polska	Września	Gmina Września	U8,9LE	1	1	plug-in
2018	Polska	Sosnowiec	PKM Sosnowiec	nU12	3	3	plug-in, pantograf
2018	Polska	Warszawa	MZA Warszawa	nU12	10	10	pantograf
2018	Włochy	Bergamo	ATB Bergamo	nU12	12	12	plug-in
2018	Włochy	Mediolan	ATM Milano	nU12	10	10	plug-in
2018	Belgia	Bruksela	STIB Brussel	U8,9LE	7	7	plug-in
2018	Rumunia	Kluz-Napoka	CTP Kluz-Napoka	nU12	11	11	plug-in
2018	Norwegia	Kristiansand	Boreal Norge AS	nU12	5	5	pantograf
2018	Polska	Stalowa Wola	MZK Stalowa Wola	U8,9LE	10	4	pantograf
2018	Polska	Rzeszów	MPK Rzeszów	nU12	10		pantograf odwrócony
2018	Polska	Warszawa	MZA Warszawa	nU18	1	1	pantograf
2018	Słowacja	Nove Zamky	Arriva Nove Zamky	nU12	1	1	plug-in
2018	Niemcy	Frankfurt n/M	In der City Bus	nU12	5		plug-in
2018	Polska	Ostróda	MZK Ostróda	U8,9LE	2		plug-in
2019	Rumunia	Kluz-Napoka	CTP Kluz-Napoka	nU12	12		plug-in
2018	Czechy	Trutnov	Arriva East Bohemia	nU12	4	4	plug-in
2018	Polska	Ciechanów	Gmina Ciechanów	U8,9LE	1	1	plug-in
2019	Belgia	Bruksela	STIB Brussel	nU18	25		pantograf
2019	Niemcy	Hamburg	HHA Hamburg	nU12	10		pantograf odwrócony
2019	Niemcy	Berlin	BVG Berlin	nU12	15		plug-in
2019	Polska	Łomianki	Komunikacja Miejska	nU12	2		plug-in
2019	Polska	Belchatów	Miasto Belchatów	nU12	3		plug-in
2019	Polska	Katowice	PKM Katowice	nU18	5		
2019	Polska	Katowice	PKM Katowice	nU12	5		

zrealizowane przy współpracy z firmą Schaltbau Refurbishment GmbH. Oznacza to, że bezemisyjne autobusy zostaną dostarczone wraz z pełną infrastrukturą, obejmującą zarówno 2 ładowarki zajezdniowe, jak i 2 zamontowane w centrum miasta oraz zasilające je stacje transformatorowe SN/NN. Umożliwi to regularne ładowanie pojazdów podczas jazdy na ich stałych trasach. Dodatkowo zajezdnia przewoźnika zostanie uzupełniona o 24 pantografowe stacje ładowania, zasilane z nowej stacji transformatorowej SN/NN, do uzupełniania energii podczas ładowania nocnego. Zgodnie w zapowiedzią brukselskiego ministra transportu Pascala Smet stołeczny przewoźnik zakłada elektryfikację całej floty autobusowej do 2030 r.

Midibusy z Bolechowa zostały zakupione także przez miasto Frontignan położone na południowym wybrzeżu Francji. Pierwsze elektryczne Solarisy we Francji ładowane będą poprzez złącze *plug-in* i zostały wyposażone w baterie High Energy o pojemności 160 kWh.

W dalszym ciągu trwa współpraca pomiędzy Solarisem a Škodą, która – obok modelu Perun HP – zaczęła oferować także model Perun HE. Te ostatnie autobusy trafiły między innymi do takich miast jak Trzinec (10) i Trutnov (4) w Czechach oraz Nove Zamky na Słowacji (1). Odbiorcą wszystkich autobusów elektrycznych były oddziały Arrivy: Arriva Morava, Arriva East Bohemia oraz Arriva Nove Zamky.

## Podsumowanie

Rynek autobusów elektrycznych w Europie nieustannie rośnie. W latach 2013–2017 sprzedaż autobusów tego typu wzrosła 10-krotnie. O ile w 2013 r. europejscy przewoźnicy zakupili tylko 89 jednostek, o tyle w 2017 r. do ich rąk trafiło już 1 050 pojazdów z napędem bateryjnym. 15% spośród blisko 2 000 autobusów bateryjnych sprzedanych na naszym kontynencie powstało w Bolechowie. Daje to naszemu producentowi drugie miejsce. Więcej autobusów elektrycznych sprzedaje europejski oddział firmy BYD, który wspólnie z firmą Aleksander Dennis dostarczył już 386 pojazdów, głównie na rynek brytyjski. Należy podkreślić, że o pozycję lidera walczy także VDL Bus and Coach, który sprzedał już 220 autobusów elektrycznych, głównie w Holandii i w Niemczech, a ma zakontraktowanych kolejne 160. W pokonanym polu pozostały takie firmy jak Volvo, HESS, SOR, Sileo i Van-Hool. Sytuacja rynkowa ulega jednak dynamicznym zmianom. Rosnące zapotrzebowanie na autobusy bezemisyjne powoduje, że na rynku pojawiają się nowi konkurenci, tacy jak hiszpański Irizar, amerykański Chariot, polski Ursus czy francuski Bolloré. W bieżącym roku nowe autobusy elektryczne zaprezentują także Mercedes i MAN.

W ciągu 5 lat bramy fabryki w Bolechowie opuściło już 190 autobusów. Kolejnych 110 jest już zakontraktowanych. Liczby te nie obejmują zarówno trolejbusów z napędem bateryjnym, umożliwiających pracę pojazdu poza siecią, jak i tych przetargów, w których tylko Solaris złożył ofertę (tak jak w przypadku MPK Poznań, które chce zakupić 15 autobusów przegubowych i 6 pojedynczych). Jak na razie najpopularniejszym autobusem elektrycznym z Bolechowa jest nowy Solaris Urbino 12 electric, który został sprzedany w liczbie 174 egzemplarzy (dostarczone i zamówione). Stanowią one blisko 60% wszystkich wyprodukowanych i zakontraktowanych elektrobusesów. Sprzedaż midibusów oscyluje w granicach 11,5%, a autobusów przegubowych IV generacji w granicach 17,5%. Pozostałe 11,5% stanowią autobusy elektryczne III generacji.

Autobusy Solaris Urbino electric trafiły już do 13 krajów Europy. Największym ich odbiorcą jest Polska, gdzie sprzedano już

128 pojazdów. Kolejnymi rynkami zbytu są Niemcy (55) i Belgia (32). Patrząc na wielkości środków przeznaczanych na rozwój w fabryce w Bolechowie, politykę państw członkowskich w zakresie elektromobilności, dostęp do funduszy strukturalnych, należy przyznać, że Solaris podjął dobrą decyzję, przygotowując szeroką ofertę zarówno w zakresie autobusów elektrycznych, jak i całej niezbędnej infrastruktury.

## Bibliografia:

1. Dyr T., Abramowicz A., *Projekt eBus jako instrument rozwoju transportu publicznego*, „Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe” 2016, nr 7–8.
2. Dyr T., *Europejska polityka transportowa na pierwszą połowę XXI wieku*, „Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe” 2013, nr 11.
3. Dyr T., *Europejska strategia w zakresie paliw alternatywnych*, „Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe” 2013, nr 11.
4. Dyr T., *Konkurencyjna i zasobooszczędna mobilność w miastach*, „Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe” 2015, nr 1–2.
5. Dyr T., *Solaris: lider na rynku autobusów miejskich w Polsce*, „Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe” 2018, nr 1–2.
6. Pędziwiatr K., Pędziwiatr M., *Analiza projektu E-Bus Berlin*, „Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe” 2018, nr 1–2.
7. Rusak Z., *Bus Euro Test 2016 w Brukseli, czyli „Umarł Diesel. Niech żyje elektryczność”*, „Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe” 2016, nr 6.
8. Rusak Z., *Solaris podsumowuje jubileuszowy rok 2016*, „Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe” 2017, nr 3.
9. Rusak Z., *Tytuł International Bus of the Year dla nowego Solaris Urbino electric*, „Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe” 2016, nr 7–8.
10. Skalski P., *Autobusy elektryczne w Polsce*, „Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe” 2017, nr 12.

## Electromobility by Solaris Bus and Coach

*When Solaris presented their battery bus, during Transexpo Kielce Fairs in 2011, nobody expected, that company from Bolechow, will become market leader in 6 years period. Definitely achieving that position, was possible due to the experience gained during producing trolleybuses, since 2001. Solaris has produced over 15 000 buses during 20 years, including 2 500 trolleybuses and electrical buses. As soon has been delivered 200 battery buses, and contracted are 334 (august 2018). What is more Solaris is not only provider, taking part in ZeEUS project, company worked on standardization of infrastructure solutions in Europe and transfer of transport technology and knowledge. Due to Solaris support, was possible to raise another polish companies, MEDCOM or EkoEnergetyka.*

**Keywords:** electromobility, electric bus, trolleybus, sustainable development.

## Autor:

mgr inż. **Zbigniew Rusak** – Instytut Naukowo-Wydawniczy „Spatium” w Radomiu