



Mercedes-Benz Citaro Hybrid na ulicach Zagrzebia

Zbigniew Rusak

# Mercedes-Benz Citaro C2 Light Hybrid – Autobus roku 2019

JEL: L62. DOI: 10.24136/atest.2018.327.

Data zgłoszenia: 05.10.2018. Data akceptacji: 09.10.2018.

*W tym roku zmagania o tytuł „Interantional Bus of the Year 2019” przeprowadzono w Zagrzebiu, przy silnym wsparciu lokalnego przewoźnika ZET, znanego producenta komponentów – firmy ZF oraz organizatora największych targów autobusowych firmy BusWorld. W stawce pretendentów do tytułu znalazły się obok autobusu hybrydowego, 2 autobusy elektryczne. W niniejszym artykule zaprezentowano szczegółowy opis zwycięskiego autobusu, za szczególnym uwzględnieniem tych elementów, które miały decydujący wpływ na przyznanie tytułu Bus of the Year 2019.*

Rywalizacja 2 autobusów elektrycznych z hybrydowym pozwalała przypuszczać, że wynik jest przesądzony. 2 lata wcześniej bezapelacyjnie wygrał autobus elektryczny Nowy Solaris Urbino 12 Electric. Także w tym roku jako największego faworyta wskazywano autobus elektryczny, najnowszy produkt hiszpańskiego Irizarra – ie-tram. Ostatecznie zwycięstwo przypadło jednak Mer-

cedesowi. Wydawać by się mogło, że taki werdykt to krok wstecz, bo przecież niemal wszyscy producenci na świecie, włącznie z globalnymi koncernami, wprowadzili do produkcji autobusy elektryczne. Jednak po okresie testów i fascynacji nowymi pojazdami wszyscy zaczynają zadawać sobie pytania, czy ograniczenie emisji CO<sub>2</sub> w miastach ma być realizowane za wszelką cenę? Innym pytaniem jest rzeczywisty efekt ekologiczny. Nie bez znaczenia pozostają także wady autobusów elektrycznych, którymi są ograniczony zasięg i mniejsza pojemność. To wszystko przekłada się na rzeczywistą emisję CO<sub>2</sub> oraz rzeczywiste koszty eksploatacji autobusów w przeliczeniu na 1 pasażerokilometr. W niniejszym artykule, oprócz prezentacji parametrów technicznych Autobus Roku 2019, zostaną przedstawione także czynniki, które wpłynęły na jego wybór.

Wrz z wprowadzeniem do oferty nowej wersji hybrydowego Citaro Mercedes-Benz otworzył nowy rozdział w rozwoju autobusów miejskich. Technologia hybrydowa została zaoferowana nie w formie kolejnego w palecie pojazdu, z zupełnie innym układem napędowym, lecz jako wyposażenie opcjonalne, adresowane do szerokiej gamy autobusów miejskich, wyposażonych zarówno



w silniki wysokoprężne, jak i gazowe. Wraz z nowym modelem Mercedes-Benz wpisał się w działania dużych koncernów, których celem jest istotne obniżenie efektu cieplarnianego. Doświadczenia z eksploatacją nowej hybrydy pokazują, że autobus ten zużywa do 8,5% mniej paliwa niż standardowe Citaro C2 wyposażone w ten sam silnik, spełniający normę Euro 6. Należy przypomnieć, że wraz z wprowadzeniem do Citaro C2 nowej rodziny silników OM936 o pojemności 7,7 dm<sup>3</sup> zmniejszono zużycie paliwa o 8%. Oznacza to, że w porównaniu z Citaro napędzanym silnikiem EEV całkowita redukcja zużycia paliwa jest na poziomie 15,82%.

Głównymi czynnikami, mającymi wpływ na przyznanie tytułu pojazdowi Citaro Light Hybrid, były efektywność ekonomiczna zaproponowanych rozwiązań oraz koszt redukcji emisji 1 kg CO<sub>2</sub>. Nowe rozwiązania spowodowały wzrost ceny pojazdu o niecałe 10%. Było to możliwe dzięki przyjęciu zasady wprowadzenia minimalnych modyfikacji podstawowego pojazdu przy jednoczesnej maksymalizacji możliwej do osiągnięcia redukcji zużycia paliwa. Oznaczało to, że już na wstępie z palety rozwiązań wyeliminowano rozwiązania najbardziej kosztotwórcze. Dodatkowe koszty inwestycyjne zwracają się w rozsądnym terminie, a głównym atutem nowego autobusu jest brak ograniczeń w jego wykorzystaniu. Sposób działania nowej hybrydy niewiele odbiega od rozwiązań stosowanych wcześniej i przedstawia się następująco:

- a) kiedy autobus zwalnia, silnik elektryczny, zamontowany pomiędzy silnikiem spalinowym a automatyczną skrzynią biegów, działa jak alternator i zmienia energię hamowania w energię elektryczną, która kierowana jest do niewielkich superkondensatorów, zlokalizowanych na dachu pojazdu;
- b) w momencie ruszania zmagazynowana energia zasila silnik elektryczny o mocy 14 kW, generujący dodatkowy moment obrotowy 220 Nm, który sumuje się z momentem napędowym silnika spalinowego.

Dodatkowy moment napędowy konsumowany jest w trakcie rozpędzania pojazdu. Silnik elektryczny nie tylko zwiększa podaż mocy, lecz zmniejsza również poziom obciążenia silnika spalinowego, co wpływa na jego trwałość i umożliwia jego pracę w optymalnym zakresie prędkości obrotowych. Ponadto dodatkowy moment z silnika elektrycznego na biegu jałowym zwiększa sprawność silnika spalinowego. Razem te 2 funkcje przekładają się na zmniejszenie zużycia paliwa. Ponadto wykorzystanie silnika elektrycznego jako generatora momentu hamującego ma dodatkowy wpływ na zmniejszenie obciążenia układu hamulcowego, co wpływa na znaczne wydłużenie trwałości okładzin hamulcowych.

Magazynem energii hamowania w niemieckiej hybrydzie są małe dwuwarstwowe superkondensatory mocy o całkowitej pojemności 2Ah, wykonane w technologii 48 volt, które nie wymagają posiadania specjalnych certyfikatów przez osoby je obsługujące. Ich charakterystyczną cechą jest bardzo krótki czas ładowania i rozładowania, jak i wysoka żywotność mierzona liczbą cykli ładowanie-rozładowanie. Pełne naładowanie superkondensatorów osiąga się już przy 1 hamowaniu z prędkości 50 km/h do zera. Silnik elektryczny, falownik i superkondensatory zostały przeniesione do Citaro z samochodów osobowych i dostawczych koncernu, dzięki czemu, z uwagi na skalę produkcji, koszt tych komponentów nie wpływa istotnie na cenę całego pojazdu. Ponadto wykorzystanie sprawdzonych komponentów, stosowanych w innych pojazdach hybrydowych grupy Daimler, gwarantuje ich dużą niezawodność i dostępność. Zarówno falownik, jak i silnik elektryczny, są chłodzone wodą. Wymiennik ciepła, zapewniający utrzymanie temperatury na poziomie 65°C



Wręczenie nagrody International Bus of the Year 2019 podczas targów IAA w Hanowerze. Nagrodę wręcza przewodniczący jury Tom Terjesen z Norwegii na ręce szefa Daimler Buses Tilla Oberwördera

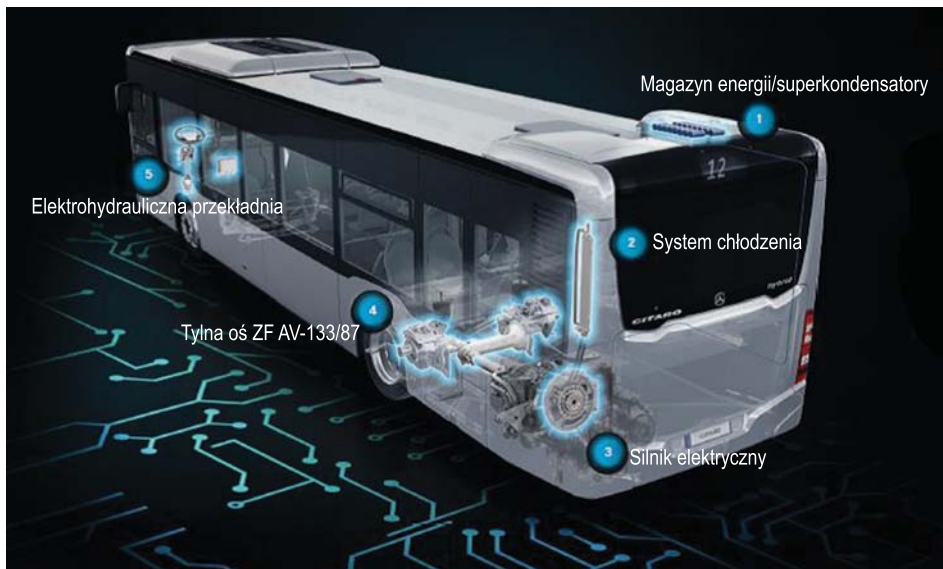
w okresie zimowym, został zainstalowany także na dachu – tuż przed agregatem klimatyzacyjnym.

Atutami nowego rozwiązania, oprócz ekonomiki, są niska masa i kompaktowe wymiary wszystkich komponentów. Powoduje to, że zewnętrznie nowa hybryda niczym nie różni się od Citaro z napędem konwencjonalnym. Autobus hybrydowy jest wyższy jedynie o 10 cm. Dodatkowo zabudowa nowych komponentów nie wymaga jakiegokolwiek zmiany konstrukcji nośnej. Dzięki kompaktowym wymiarom zestaw superkondensatorów zamontowano w tylnej części dachu. Perforowana aluminiowa osłona chroni moduły przed wpływem zewnętrznych warunków atmosferycznych i bezpośrednim działaniem promieni słonecznych. Jednocześnie aluminiowe wręgi zapewniają odpowiedni przepływ powietrza chłodzącego. Niska masa ma bezpośredni wpływ na utrzymanie na niezmiennym poziomie pojemności pojazdu. Masa wszystkich elementów napędu hybrydowego



Dodatkowy silnik elektryczny został zamontowany pomiędzy silnikiem spalinowym a skrzynią biegów





Rys. 1. Rozmieszczenie komponentów układu hybrydowego (Daimler)

wynosi 156 kg. Tym samym całkowita pojemność pasażerska wynosi 105 pasażerów w przypadku wersji solo i 159 w wersji przegubowej.

Z samochodów ciężarowych do autobusu hybrydowego przeniesiono także elektrohydrauliczną przekładnię kierowniczą. Jej zaletą jest to, że układ wspomagający nie pracuje cały czas, a jedynie uaktywnia się w momencie obrotu koła kierownicy. Nowy układ kierowniczy, stanowiący standardowe wyposażenie modelu hybrydowego, stanowi także wyposażenie opcjonalne dla rodziny w całej gamie autobusów Citaro i CapaCity.

Jak już wspomniano, napęd hybrydowy jest dostępny jako wyposażenie opcjonalne we wszystkich modelach Citaro, w których zamontowany został 6-cylindrowy rzędowy silnik wysokoprężny OM936, zarówno w wersji stojącej, jak i leżącej. Tym samym gama modeli hybrydowych obejmuje teraz także kompaktowego Citaro K, przegubowego Citaro G, a także wszystkie wersje niskowejściowego Citaro LE. Napęd hybrydowy jest również dostępny dla autobusów Citaro NGT, zasilanych sprężonym gazem ziemnym, wyposażonych w silnik M 936 G. Należy pod-

kreślić, że połączenie silnika gazowego i napędu hybrydowego jest rzadko spotykanym rozwiązaniem na świecie, a o jego skomplikowanej konstrukcji boleśnie przekonał się na własnej skórze Solbus, przygotowujący podobną konstrukcję dla MZK Częstochowa. W przypadku Citaro zastosowanie sprawdzonych podzespołów i części gwarantuje niezawodność eksploatacji tego typu pojazdów. Autobus hybrydowy z napędem gazowym dostępny jest zarówno w wersji standardowej, jak i przegubowej. Ostatnim elementem zmienionym w hybrydowym Citaro jest nowa oś portalowa ZF AV-133/87. W porównaniu z osią poprzedniej generacji, nową oś wyposażono w nowy typ obudowy oraz bezobsługowe piasty, które również skracają czas wymiany tarcz hamul-

cowych. Optymalizacja konstrukcji pozwoliła zmniejszyć masę o 45 kg – do poziomu 973 kg. Specjalnie szlifowane stożkowe koła zębate pozwoliły na zmniejszenie poziomu hałasu. Oś została zaprojektowana w taki sposób, aby bez istotnych zmian można było ją zastosować w autobusach konwencjonalnych, hybrydowych, elektrycznych i w trolejbusach. Kształt obudowy umożliwia poprowadzenie podłogi autobusu ponad tylną osią na wysokości 405 mm. W ramach zmian konstrukcyjnych zmieniono system chłodzenia, w którym kanałiki wentylacyjne zastąpiono specjalną membraną odpowietrzającą. Zmiany konstrukcyjne pozwoliły na wydłużenie przebiegów międzyobsługowych ze 180 000 km do 240 000 km (pod warunkiem stosowania jako środka smarowego oleju syntetycznego).

Hybrydowy układ napędowy opracowany dla Citaro jest kompatybilny z wszystkimi automatycznymi skrzyniami biegów, zarówno ZF, jak i Voith. Komponenty układu hybrydowego charakteryzują się wysoką podatnością obsługową. Technika 48-woltowa jest klasyfikowana jako technologia niskiego napięcia i może być obsługiwana przez mechaników bez dodatkowego ryzyka jakichkolwiek obrażeń. Poza układem hybrydowym, wszystkie zespoły i komponenty są takie same jak w autobusie z napędem konwencjonalnym, co powoduje, że nie ma konieczności prowadzenia dodatkowych szkoleń pracowników zaplecza warsztatowego oraz zakupu dodatkowego wyposażenia obsługowego. Przeglądy auto-



Chłodnica silnika elektrycznego i falownika



Oslona baterii superkondensatorów, zapewniająca odpowiednie temperatury pracy



Kondensatory zostały zamontowane na dachu w tylnej jego części





Jedynym rozpoznawczym elementem autobusu z napędem hybrydowym jest napis umieszczony w prawym dolnym narożniku tylnej szyby

busu hybrydowego muszą odbywać się tak często, jak w przypadku autobusu konwencjonalnego, czyli co 60 000 km lub raz w roku. Należy podkreślić, że nowy układ hybrydowy nie wprowadza żadnych ograniczeń przy myciu pojazdu w całopojazdowych myjniach automatycznych.

Jak już wspomniano, hybrydowe Citaro jest jedną z odmian autobusu konwencjonalnego, który został wprowadzony do produkcji w maju 2011 r. Od tego momentu do rąk klientów trafiło blisko 20 tys. autobusów tego typu w różnych wersjach. Mimo ewolucyjnych zmian (w stosunku do poprzedniej generacji) nadwozie tego pojazdu zawsze wyróżniało się atrakcyjną linią w porównaniu z konkurencyjnymi konstrukcjami. Charakterystycznym elementem nadwozia jest duża, jednolita szyba czołowa zintegrowana poprzez słupki „A” z trójkątnymi szybami bocznymi, ułatwiającymi kierowcy obserwację drogi podczas podjazdu na przystanek. W nowym C2 o 120 mm obniżono dolną linię okien, która niemal styka się z górną linią nadkoli, co w jeszcze większym stopniu nadaje lekkości całej bryle pojazdu. Nowymi elementami stylistycznymi nadwozia są zintegrowane reflektory przednie w technologii LED, słupki A zachodzące na dach oraz charakterystyczne przetłoczenia ponad nadkolami.

Citaro C2 było pierwszym pojazdem, w którym zoptymalizowano konstrukcję nośną pod kątem zwiększenia jej sztywności i obniżenia masy. Wprowadzono nowe elementy łączące podłużnice kratownicy, tzw. „grippy”, które wykonane zostały jako jednolite odkuwki spawane laserowo. Pozwoliło to na zmniejszenie liczby spawów i przesunięcie spoin poza główne węzły obciążenia. Przy zmniejszeniu masy całej konstrukcji uzyskano znacznie wyższą sztywność nadwozia. Nadwozie z zapasem spełnia wymagania bezpieczeństwa określone w nowym regulaminie ECE R66.02. Wprowadzono je na 5 lat przed wejściem nowych uregulowań w życie. Innym rewolucyjnym rozwiązaniem jest wprowadzenie specjalnego wzmocnienia płyty podłogowej na zwisie przednim (Front Collision Guard), które chroni kierowcę przed skutkami zderzeń czołowych. W C2 zastosowano poszycie boczne z aluminium, natomiast ściany przednią i tylną wykonano z tworzywa sztucznego. Dodatkowe kilogramy ujęto także dzięki zastosowaniu nowego systemu poręczy wykonanych z aluminium. Wszystkie wspomniane wyżej rozwiązania nie tylko wpłynęły na obniżenie masy o ok. 600 kg, ale także na zwiększenie trwałości samego nadwozia. Chociaż konstrukcja nośna C2 zbudowana jest ze stali konstrukcyjnej o podwyższonej jakości, to jej wysoka



Napęd hybrydowy oferowany jest jako opcjonalne wyposażenie niemal każdego modelu Citaro C2

trwałość gwarantowana jest poprzez całkowite zabezpieczenie antykorozyjne nadwozia w procesie kateforezy zanurzeniowej.

Citaro hybrid oferowany jest z nadwoziem 2- i 3-drzwiowym w wersji solo lub 3- i 4-drzwiowym w wersji przegubowej. Nadwozie C2 charakteryzuje się szeroką możliwością dowolnego kształtowania wnętrza. Wynika to z braku jakichkolwiek podestów pomiędzy nadkolami kół przednich i tylnych. Tym samym we wnętrzu można zarówno wybrać opcję wyposażenia z dużym obszarem dla pasażerów stojących lub z 2 stanowiskami dla wózków inwalidzkich, jak również z maksymalną liczbą siedzeń, która to wersja adresowana jest głównie do obsługi linii podmiejskich. Brak podestów ma również wpływ na dużą liczbę miejsc dostępnych bezpośrednio z niskiej podłogi. W przypadku Citaro C2 liczba takich siedzeń waha się w granicach od 8 (przy maksymalnej liczbie miejsc siedzących na poziomie 28) do 16 (przy maksymalnej liczbie miejsc siedzących na poziomie 38) i stanowi od 30,7 do 42% ogółu wszystkich siedzeń. Oczywiście wszystkie siedzenia, poza fotelami montowanymi na nadkolach i na zwisie tylnym, mocowane są do ścian bocznych, co ułatwia proces mycia podłogi. W autobusie hybrydowym, tak, jak w konwencjonalnych autobusach, cały silnik wraz z osprzętem zamontowano w typowej wieży na zwisie tylnym, eliminującej z wnętrza ok. 4



Wnętrze hybrydowej wersji Citaro





Stanowisko kierowcy autobusu hybrydowego i konwencjonalnego jest identyczne

miejsca siedzące w przypadku silnika leżącego oraz 6 miejsc w przypadku silnika stojącego. Zabudowa silnika elektrycznego, falownika i superkondensatorów nie wymaga wygospodarowania we wnętrzu jakiegokolwiek dodatkowej przestrzeni.

Aby zmniejszyć zużycie energii, oświetlenie wnętrza wykonano w technologii LED, która zapewnia równomierne rozproszenie światła. Nowością w C2 są także listwy świetlne LED zabudowane na krawędzi drzwi, które zapalają się przy ich otwarciu, zmniejszając ryzyko potknięcia się na przystankach z występującą różnicą wysokości pomiędzy platformą przystankową a obniżoną w przykłąku podłogą autobusu. Materiały wykończenia wnętrza charakteryzują się wysoką jakością oraz ciekawą formą plastycz-

ną wszelkiego rodzaju elementów wykończeniowych, takich jak przyciski, obudowy tablic informacyjnych itp. Przedział pasażerski jest funkcjonalny, zapewniający efektywną komunikację wewnętrzną. Zastosowanie kontrastowej kolorystyki poszczególnych elementów nadaje wnętrzu elegancji i ciepła. W testowym autobusie ciemna tapicerka siedzeń w kolorze czarno-zielonym doskonale korespondowała z antypoślizgową, drewnopodobną wykładziną podłogową Gaya Wood Kruger, malowanymi proszko-wo poręczami inEvo Steel oraz jasnoszarym sufitem Light Aero-grey. Z pastelową kolorystyką wnętrza doskonale kontrastowały czerwone przyciski stopu.

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. W strefie stanowiska dla wózków inwalidzkich zamontowano rozkładane siedzenia, które umożliwiają rodzicom podróż tuż przy dziecku korzystającym z wózka.

Odpowiednie warunki termiczne podróży zapewnia zintegrowany agregat klimatyzacyjny z funkcją ogrzewania. Dzięki odpowiedniemu zaprojektowaniu kanałów wentylacyjnych i rozmieszczenia grzejników zadana temperatura jest osiągana w krótkim czasie i utrzymywana na odpowiednim poziomie przez cały czas jazdy. Dodatkowo głównie w pojazdach przeznaczonych na rynki krajów skandynawskich oraz krajów Europy Środkowej ogrzewanie wspomagane jest przez dodatkowy układ.

Autobusy Mercedesa stanowią wzorzec rozwiązań pod względem ergonomii stanowiska kierowcy. Standardowym jego wyposażeniem w Citaro hybrid jest deska rozdzielcza zgodna ze standardami VDV, z kolorowym wyświetlaczem LCD, z regulacją kolumny i koła kierownicy. Nową funkcją jest ciągła informacja o ekonomice jazdy, która pozwala kierowcy na dobór techniki jazdy w taki sposób, aby osiągnąć jak najniższe zużycie paliwa.

Zgodnie z obecnymi trendami fotel kierowcy umieszczony został na podwyższeniu, co zapewnia mu doskonałą widoczność podczas jazdy i umożliwia przyjęcie prawidłowej postawy przy czynnościach wykonywanych podczas postoju na przystanku, takich jak sprzedaż biletów czy udzielanie pasażerowi odpowiedniej informacji. Kabina standardowo jest kabiną otwartą, z tak ukształtowaną powierzchnią drzwi, aby była możliwa zabudowa bileterki i sortownika monet. W ramach opcji oferowane są także różne formy wykończenia oszkleń drzwi kabiny. Na wewnętrznej stronie drzwi wygospodarowano pojemnik pozwalający na umieszczenie w bezpiecznym miejscu torby kierowcy. Ponadto



Pierwotnym źródłem energii w hybrydowej wersji Citaro jest silnik OM 936 LA o pojemności 7,7 dm<sup>3</sup>



Czujniki radarowe systemu Side Guard Assist. Fot. Daimler

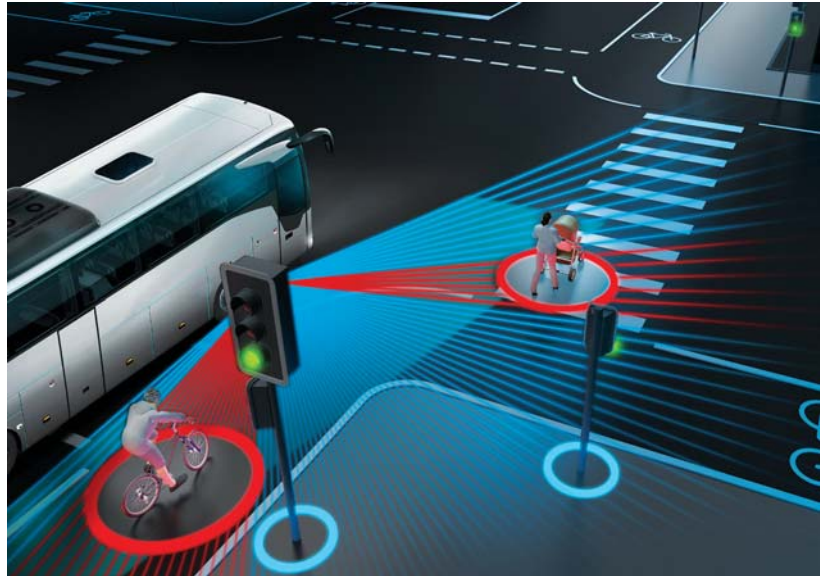


w kabinie wygospodarowano miejsce na zamykany schowek i lodówkę na napoje oraz wieszak na kurtkę. Drzwi kabiny zamykane są na zamek elektromagnetyczny, co minimalizuje dostanie się do niej osobom niepowołanym. Stanowisko kierowcy ma niezależną od przedziału pasażerskiego kontrolę temperatury i siły nawiewu powietrza. W autobusie testowym zamontowano obrotowy fotel kierowcy Isringhausen NTS 2 podgrzewany elektrycznie, oferujący różnorodne możliwości regulacji, wyposażony w trójpunktowy pas bezpieczeństwa oraz podłokietniki. Aby maksymalnie ułatwić obsługę, autobus został wyposażony w system elektrycznego podgrzewania i ustawienia lusterek zewnętrznych, elektrycznie opuszczaną szybę boczną i elektrycznie sterowane rolety przeciwsłoneczne. Także lusterko wewnętrzne jest sterowane elektrycznie. Światła i wycieraczki włączane są automatycznie za pomocą czujników deszczu i oświetlenia. Aby ułatwić manewrowanie, pojazd wyposażono w nowy system czujników, umożliwiających wykrycie przeszkody w strefie ścian bocznych, co zmniejsza ryzyko potrącenia rowerzysty lub przytarcia tej części pojazdu o zaparkowany pojazd lub stojący sygnalizator lub maszt oświetlenia.

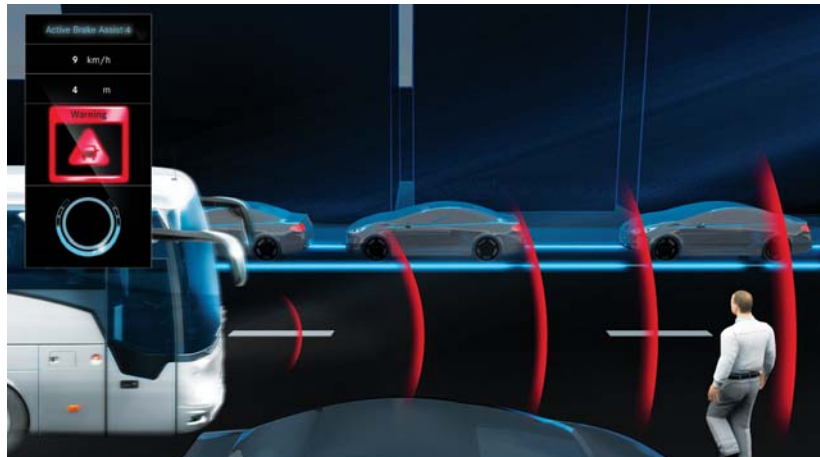
Sercem układu napędowego w autobusach solo jest turbodoładowany silnik z systemem zasilania common-rail Mercedes-Benz OM 936 o pojemności 7,7 l i mocy 220 kW (299 KM). Opcją jest ten sam silnik o wyższej mocy 235 kW (320 KM), który jest także opcjonalnym – w stosunku do silnika OM470 – wyposażeniem autobusu przegubowego. Maksymalny moment obrotowy wynosi 1 200 Nm i osiągany jest przy 1 200 obrotach na min. Współpracuje on z 6-stopniową automatyczną skrzynią biegów ZF Ecolife lub Voith DIWA.6. W egzemplarzu testowym zastosowano skrzynię z Friedrichshafen. Silnik zasilany jest ze zbiornika paliwa o pojemności 210 l. Integralnym elementem zbiornika paliwa jest także dodatkowy zbiornik o pojemności 27 l, przeznaczony do magazynowania płynu AdBlue, niezbędnego do oczyszczania spalin przy wykorzystaniu technologii SCR.

Jak przystało na Autobus Roku, hybrydowe Citaro wyróżnia się wyposażeniem podnoszącym bezpieczeństwo. Obok wspomnianych wcześniej rozwiązań, takich jak nadwozie spełniające normę ECE-R66.02, system Front Collision Guard i oświetlenie zewnętrzne typu LED z funkcją doświetlania zakrętów, w autobusie zastosowano m.in. automatyczny system detekcji i gaszenia pożaru – zarówno w komorze silnika, jak i komorze ogrzewania dodatkowego – systemy stabilizacji zawieszenia osi przedniej i tylnej oraz system stabilizacji toru jazdy ESP. Opcjonalnym wyposażeniem są także 2 nowe systemy w autobusach miejskich: Sideguard Assist (Asystent Martwego Pola) oraz Preventive Brake Assist (Aktywny System Hamowania Awaryjnego).

Pierwszy z systemów stanowi rozwinięcie znanego z autobusów turystycznych i samochodów ciężarowych systemu Asystenta Zmiany Pasa Ruchu (Line Guard System/Spurr Assistent), ostrzegającego kierowcę o niezamierzonej zmianie pasa ruchu. System został dostosowany do warunków miejskich, gdzie zmiany kierunku jazdy są bardzo częste i gdzie występują zróżnicowane standardy oznakowania poziomego. Asystent Martwego Pola pomaga kierowcy rozpoznać sytuacje krytyczne, jakie mogą wystąpić podczas manewru skreću w prawo. Czujniki radarowe bliskiego zasięgu, zamontowane na wysokości przedniego prawego koła, wysyłają wiązkę fal radiowych prostopadle do osi pojazdu. Strefa monitorowana przez czujniki ma szerokość 3,75 m i obejmuje całą długość pojazdu oraz 2 metry z przodu i z tyłu. W przypadku wykrycia w strefie detekcji przeszkody (pieszego, rowerzysty lub stojącego elementu infrastruktury drogowej, znajdującego



Zasada działania systemu SideGuard Assist. Fot. Daimler



Zasada działania systemu Preventive Brake Assist. Fot. Daimler



Takie sytuacje są rzeczą codzienną w ruchu miejskim, tworzącym spore zagrożenie. Fot. Daimler

się poza strefą widoczności prawego lusterka zewnętrznego) system wysyła informacje na centralny wyświetlacz LCD deski rozdzielczej, gdzie pojawia się specjalny żółty piktoqram. Dodatkowo uaktywniana jest żółta dioda zamontowana na słupku „A”, w sąsiedztwie przednich drzwi. O ile kierowca zignoruje ostrzeżenie i będzie kontynuował manewr, system ponowi ostrzeżenie

za pomocą diody świecącej na czerwono, początkowo pulsująco, a w końcowej fazie ciągle. Ponadto siedzisko fotela kierowcy znacznie wibrować do czasu zniknięcia zagrożenia. Przy przekroczeniu prędkości 36 km/h Asystent Martwego Pola zacznie działać jako Asystent Zmiany Pasa Ruchu, umożliwiając bezpieczny powrót na prawy pas po wykonaniu manewru wyprzedzania. Wraz ze zwiększeniem prędkości monitorowana strefa martwego pola zwiększa się do 5 m przed czołem pojazdu i do 15 m za ścianą tylną.

Także Preventive Brake Assist to system bezpieczeństwa będący dostosowaniem systemu ABA4 pod kątem ruchu miejskiego. Podobnie jak w Asystencie Martwego Pola, system wysyła fale radiowe długiego i bliskiego zasięgu na odległość 250 m i w przypadku wykrycia przeszkody przed pojazdem, stojącej lub poruszającej się, ostrzega kierowcę o zagrożeniu i rozpoczyna proces hamowania. Piktogram ostrzegawczy, w kolorze czerwonym, w kształcie trójkąta z wpisanym symbolem samochodu, wyświetlany jest na centralnym wyświetlaczu deski rozdzielczej.

**Tab. 1.** Podstawowe dane techniczne autobusu

Marka i typ pojazdu	Mercedes-Benz Citaro C2 Light Hybrid
Długość [mm]	12 135
Szerokość [mm]	2 550
Wysokość [mm]	3 120
Liczba miejsc Ogółem	101
- w tym siedzących	36
Masa własna	11 500 kg
Układ drzwi	2-2-0
Szerokość czynna drzwi [mm]	1 250/1 250/-
Wysokość podłogi [mm]	320/320/-
Silniki	DC OM936 hLA 6-cylindrowy, Diesel, Leżący
Pojemność [dm <sup>3</sup> ]	7,7
Lokalizacja	Asymetrycznie na zwisie tylnym
Moc [kW/KM]	220 kW (295 KM)
Moment [Nm]	1 200 Nm/1 200
Norma czystości spalin	Euro 6C (SCR + EGR + DPF)
Skrzynia biegów	ZF Ecolife 6AP-1200B
Dodatkowy silnik trakcyjny	Asynchroniczny 14 kW/225 Nm
Superkondensatory	2 Wh
Oś przednia	Zawieszenie niezależne ZF RL-75 EC
Oś tylna	Oś portalowa ZF AV133/87
Hamulce	T/T
ABS/ASR/ESP/EBS	S/S/O/S
Rozmiar opon	6 x 275/70 R 22,5
Średnica zawracania [m]	21,2
Pojemność zbiornika paliwa (paliwo + Ad Blue + ogrzewania dodatkowe)	300 + 30
Zasięg [km]	800–1 000
Cena (testowany egzemplarz)	270 000 euro



Mercedes-Benz Citaro Hybrid w barwach MPK Kraków

Asystent Hamowania Awaryjnego ma szczególny wpływ na bezpieczeństwo podczas jazdy w złych warunkach atmosferycznych oraz w godzinach wieczornych na słabo oświetlonych drogach w obszarach podmiejskich, gdzie piesi korzystają z drogi z uwagi na brak chodników.

Ponadto w hybrydowym C2, jako opcja adresowana szczególnie do małych przewoźników, nie posiadających rozbudowanego zaplecza warsztatowego, znajduje się system Fleetboard, pozwalający na zdalną diagnostykę pojazdów oraz planowanie obsługi i napraw w ramach usług Omnipus.

Nowe podejście do napędów hybrydowych gwarantuje ich szybszy rozwój. Będzie miało to szczególne znaczenie po 2020 r., w przyszłej perspektywie finansowej, gdy dostępność środków pomocowych będzie dużo mniejsza niż obecnie. W przyszłości wybór określonego rodzaju napędu będzie determinowany w głównej mierze kosztami zakupu, późniejszymi kosztami eksploatacyjnymi oraz całkowitym efektem ekologicznym. Niewątpliwie hybrydowe Citaro charakteryzuje się najwyższym poziomem unifikacji części zamiennych z autobusami konwencjonalnymi. Ze względu na niewielką masę dodatkową całkowita pojemność pasażerska jest praktycznie taka sama. W porównaniu z autobusami elektrycznymi nie ma absolutnie żadnych ograniczeń pod względem profilu trasy lub zasięgu podróży. Dodatkowo wprowadzenie do eksploatacji autobusów hybrydowych, zbudowanych wg tej filozofii, nie wymaga żadnych prac z dostosowaniem zaplecza technicznego oraz zatrudniania elektromechaników mających specjalne uprawnienia do pracy z wysokimi napięciami.

Kierowcy autobusów również nie zauważą żadnej różnicy podczas prowadzenia pojazdu. Funkcjonalność deski rozdzielczej jest identyczna jak w przypadku autobusów napędzanych tylko i wyłącznie silnikiem diesla. Nie jest więc konieczne specjalne szkolenie kierowców. W zakresie eksploatacyjnym wszystkie komponenty zostały zaprojektowane tak, aby ich trwałość była porównywalna z trwałością całego pojazdu, wynoszącą ok. 12 lat dla autobusu miejskiego. Należy liczyć się także, że cena autobusu na rynku wtórnym, przy ewentualnej odsprzedaży, będzie równie wysoka jak w przypadku konwencjonalnego Citaro. Ma to szczególne znaczenie wśród operatorów publicznego transportu zbiorowego, którzy muszą ubiegać się o obsługę linii w ramach przetargów.

Wszystkie atuty nowego autobusu sprawiły, że od momentu jego wprowadzenia do produkcji pojazd został sprzedany w liczbie 500 egzemplarzy. Jednym z największych operatorów, któ-



ry zdecydował się na jego zakup, jest MPK Kraków. Łącznie do stolicy Małopolski trafiło 30 autobusów tego typu w wersji solo. Tym samym krakowski przewoźnik eksploatuje największą flotę autobusów hybrydowych w naszym kraju, liczącą łącznie 55 pojazdów; stanowi ona 8,5% ogółu taboru autobusowego.

O podobnych pojazdach myślą także konkurenci. Lekka hybryda już wkrótce ma być oferowana przez MAN-a jako jeden z modeli najnowszej generacji autobusów Lion's City. Prawdopodobnie w Kielcach zobaczymy również podobny pojazd opracowany przez konstruktorów z Solarisa. Jednak w obydwu tych przypadkach będziemy mieli do czynienia z zupełnie innymi komponentami układu hybrydowego.

#### Bibliografia:

1. Dyr T., *Europejska polityka transportowa na pierwszą połowę XXI wieku*, „Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe” 2011, nr 10.
2. Dyr T., *Europejska strategia w zakresie paliw alternatywnych*, „Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe” 2013, nr 11.
3. Kurzempa A., *Rozwój elektromobilności: co tak naprawdę oznacza?*, „Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe” 2018, nr 6.
4. Molecki A., *Elektromobilność a komunikacja publiczna*, „Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe” 2017, nr 9.

5. Rusak Z., *Bus Euro Test 2016, czyli alternatywnie w komunikacji miejskiej*, „Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe” 2016, nr 5.
6. Rusak Z., *Mercedes-Benz Conecto: zmiana warty*, „Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe” 2016, nr 9.
7. Rusak Z., *Mercedes-Benz powraca do napędów hybrydowych*, „Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe” 2017, nr 12.
8. Rusak Z., *Tytuł International Bus of the Year dla Solarisa new Urbino electric*, „Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe” 2016, nr 7–8.

#### Mercedes-Benz Citaro C2 Light Hybrid – Bus of the Year 2019

This year „International Bus of the Year 2019” has been held in Zagrzeb, with support of local carrier ZET, component of ZF company and organizer of the Bus World buses fairs. Two electrical buses and hybrid bus were pretending to the prize. In this article has been presented detailed specification of winning bus, with particular emphasis on decisive factors on winning Bus of the Year 2019.

#### Autor:

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

