Take e-bus!

ELEKTROMOBILNOŚĆ I ZRÓWNOWAŻONY ROZWÓJ PUBLICZNEGO TRANSPORTU ZBIOROWEGO W MIASTACH

—

CASE STUDIES
BEST PRACTICES
10

Dobre praktyki i doświadczenia miast w Polsce i Europie

PSPA | Napędzamy elektromobilność!

IGKM IZBA GOSPODARCZA KOMUNIKACJI MIEJSKIEJ

WYDAWCA

Polskie Stowarzyszenie Paliw Alternatywnych

Izba Gospodarcza Komunikacji Miejskiej

ZESPÓŁ REDAKCYJNY

Tomasz Motowidlak, Marcin Żabicki, Jan Wiśniewski

Łukasz Witkowski
Dyrektor Operacyjny PSPA

WSPÓŁPRACA MERYTORYCZNA

PTV Group

PROJEKT GRAFICZNY I SKŁAD

Magda Furmanek

Wszelkie prawa zastrzeżone

Warszawa, 2019

Szanowni Państwo,

transport odpowiada obecnie za znaczną część emisji CO_2. Prognozy zakładają, że do 2050 r. emisje dwutlenku węgla pochodzące z tego sektora wzrosną z 6–7 gigaton do 16–18 gigaton. Ponadto, około 30% Europejczyków mieszka w miastach, w których poziom zanieczyszczenia powietrza przewyższa unijne normy jego jakości. Paliwa konwencjonalne spalane przez autobusy są jednym z największych źródeł emisji CO_2, tlenków azotu oraz cząstek stałych.

W tym kontekście kluczowe znaczenie ma rozwój systemu zrównoważonego transportu zbiorowego. Wdrażanie do flot autobusów zeroemisyjnych stanowi dziś priorytet wielu ośrodków miejskich na całym świecie. Metropolie postrzegają rozwój ekologicznego transportu za podstawowy instrument do walki z zanieczyszczeniem powietrza. Według raportu Bloomberg New Energy Finance, łączna liczba autobusów z napędem elektrycznym wzrośnie z 386 tys. sztuk w 2017 r. do około 1,2 mln w 2025 r. Udział zelektryfikowanych autobusów w światowej flocie osiągnie poziom 47%.

Zalety pojazdów zeroemisyjnych dostrzega coraz więcej miast, które decydują się na ich eksploatację. Kolejne metropolie na świecie deklarują, że w przyszłości zamierzają dysponować flotą, składającą się wyłącznie z autobusów elektrycznych. Po ulicach chińskiego Shenzhen już od 2017 r. poruszają się wyłącznie pojazdy zeroemisyjne. Miasto dysponuje flotą składającą się łącznie z 16,5 tys. autobusów elektrycznych. Szereg metropolii zadeklarowało się, że od 2025 r. będzie nabywało wyłącznie autobusy zeroemisyjne. Stosowną rezolucję w tej sprawie przyjęły władze Londynu, Paryża, Mediolanu, Barcelony, Kopenhagi, Los Angeles, Quito, Mexico City, Vancouver, Seattle, Kapsztadu i Auckland.

Zrównoważony transport publiczny jest rozwijany również w polskich miastach. Według licznika E-busów w Polsce jeżdżą obecnie 192 autobusy elektryczne, a kolejne 297 dołączy do nich do końca 2020 r. Jednym z przykładów dobrych praktyk w tym zakresie jest Warszawa, która rozstrzygnęła niedawno przetarg na dostawę 130 przegubowych elektrobusów. W konsekwencji, stolica Polski, jako drugie po Londynie miasto w Europie, będzie posiadała flotę liczącą ponad sto autobusów elektrycznych.

Wprowadzaniu autobusów elektrycznych do eksploatacji w państwach członkowskich Unii Europejskiej sprzyjają regulacje prawne. Na podstawie „Ram polityki klimatyczno-energetycznej do 2030 r.", co najmniej 80% pracy przewozowej w publicznym transporcie zbiorowym ma być wykonywane z wykorzystaniem środków transportu, które nie są napędzane paliwami konwencjonalnymi. Ponadto, do 2030 r., emisje CO_2 z sektora transportu mają zostać ograniczone o 40%.

Celem niniejszego raportu jest analiza możliwości i uwarunkowań wprowadzania autobusów z napędem elektrycznym do obsługi transportu zbiorowego w polskich i zagranicznych miastach oraz prezentacja doświadczeń wynikających z działań podejmowanych na rzecz zakupu i eksploatacji nisko- i zeroemisyjnej floty. Jako wzorce dobrych praktyk przedstawiono przykłady Berna, Bonn, Graz, Inowrocławia, Jaworzna, Krakowa, Lublina, Polkowic, Warszawy i Zielonej Góry, które zostały ujęte w odrębnych rozdziałach opracowania.

Prezentowany raport zawiera ponadto rozbudowane przykłady dobrych praktyk, wynikających z doświadczeń przedsiębiorstw, uczestników rynku zbiorowego transportu publicznego. Polska już obecnie jest jednym z europejskich liderów w zakresie ekologicznego transportu publicznego i mamy nadzieję, że niniejszy raport przysłuży się dalszemu rozwojowi zero- i niskoemisyjnych flot przez krajowych operatorów.

Zapraszam do lektury.

Maciej Mazur
Dyrektor Zarządzający PSPA

best practices

SPIS TREŚCI

JAK PLANOWAĆ SIEĆ LINII TRANSPORTU ZBIOROWEGO OBSŁUGIWANĄ AUTOBUSAMI ELEKTRYCZNYMI? 06

KTÓRE LINIE „ELEKTRYFIKOWAĆ”? 18

JAK OPTYMALNIE PLANOWAĆ INFRASTRUKTURĘ ŁADOWANIA? 30

JAK PLANOWAĆ FLOTĘ POJAZDÓW ELEKTRYCZNYCH W SYSTEMIE MIEJSKIEGO TRANSPORTU ZBIOROWEGO? 42

JAK ANALIZOWAĆ I DOBIERAĆ POJEMNOŚĆ BATERII? 52

JAK PLANOWAĆ ROZKŁAD JAZDY Z UWZGLĘDNIENIEM AUTOBUSÓW ELEKTRYCZNYCH? 62

JAK ANALIZOWAĆ PRZYWILEJE AUTOBUSÓW ELEKTRYCZNYCH W KONTEKŚCIE FUNKCJONALNOŚCI TRANSPORTU PUBLICZNEGO? 72

JAK ANALIZOWAĆ I TWORZYĆ ZAPYTANIA OFERTOWE? 82

JAK PROMOWAĆ KOMUNIKACJĘ MIEJSKĄ W KONTEKŚCIE ELEKTROMOBILNOSCI? 92

JAK FIRMY MOGĄ WSPIERAĆ ROZWÓJ ELEKTROMOBILNOŚCI (PROJEKTY PILOTAŻOWE)? 104

case studies

12 INOWROCŁAW – ZNACZENIE AUTOBUSÓW Z NAPĘDEM ELEKTRYCZNYM W MIEŚCIE UZDROWISKOWYM

24 BERNO – ZRÓWNOWAŻONY PUBLICZNY TRANSPORT ZBIOROWY

36 LUBLIN – STRATEGIA ELEKTRYFIKACJI FLOTY AUTOBUSÓW PUBLICZNEGO TRANSPORTU ZBIOROWEGO W RAMACH PRZEWIDZIANYCH KOSZTÓW

46 KRAKÓW – PIONIERSKA ROLA MIASTA W ZAKRESIE ROZWOJU ELEKTROMOBILNOŚCI W PUBLICZNYM TRANSPORCIE ZBIOROWYM

56 BONN – ELEKTRYFIKACJA PUBLICZNEGO TRANSPORTU ZBIOROWEGO W MIEŚCIE UNFCCC

66 WARSZAWA – ROZBUDOWA FLOTY AUTOBUSÓW ELEKTRYCZNYCH DUŻEJ SKALI

76 POLKOWICE – PRZYKŁAD ROZWOJU ELEKTROMOBILNOŚCI W PUBLICZNYM TRANSPORCIE ZBIOROWYM MNIEJSZEGO MIASTA

86 GRAZ – POSZUKIWANIE OPTYMALNEJ STRATEGII ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU PUBLICZNEGO TRANSPORTU ZBIOROWEGO

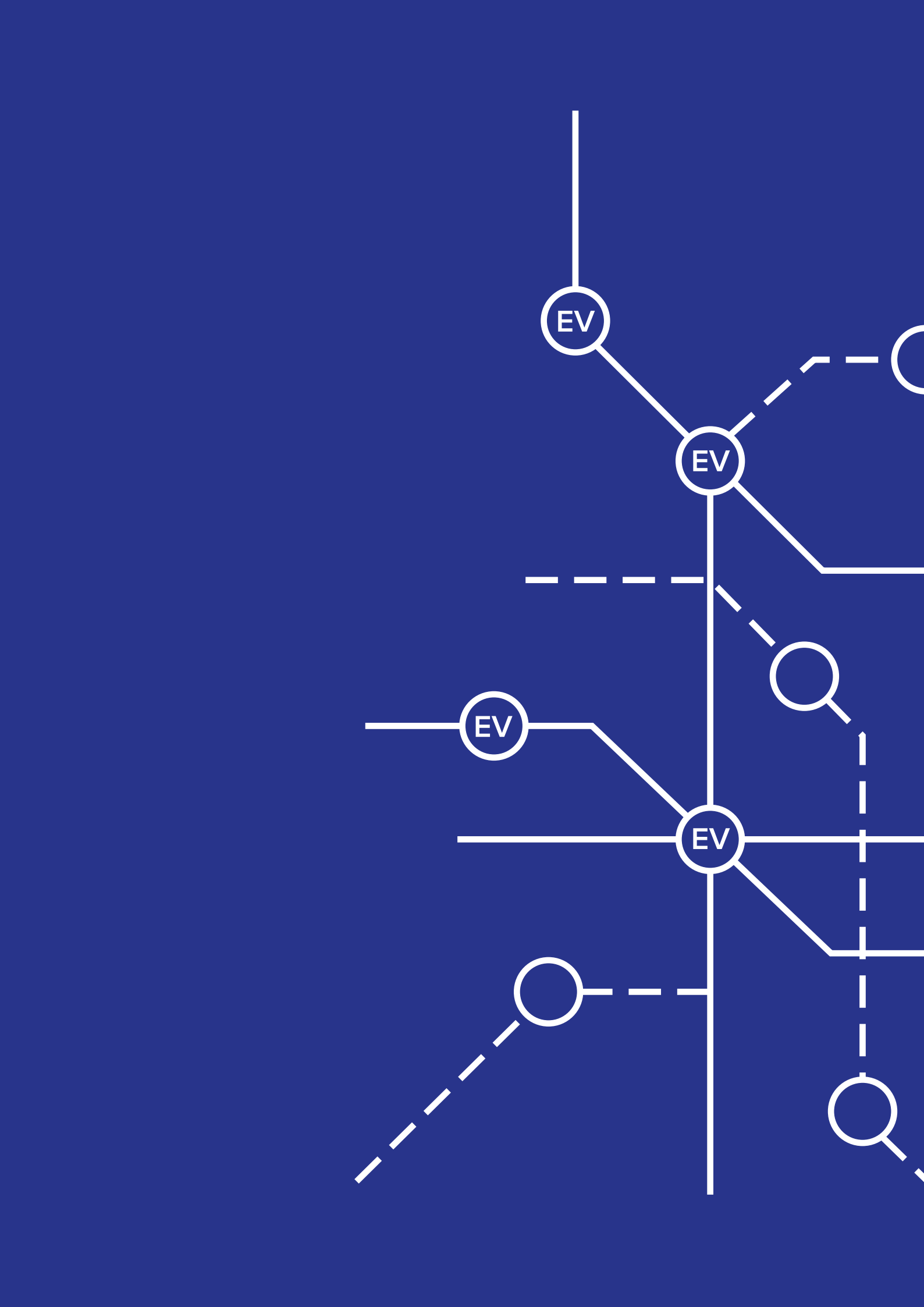
98 JAWORZNO – W KIERUNKU BEZEMISYJNEGO PUBLICZNEGO TRANSPORTU ZBIOROWEGO

110 ZIELONA GÓRA – AUTOBUSY ELEKTRYCZNE W SŁUŻBIE MIASTA

115 WNIOSKI I REKOMENDACJE

best practice 1

JAK PLANOWAĆ SIEĆ LINII TRANSPORTU ZBIOROWEGO OBSŁUGIWANĄ AUTOBUSAMI ELEKTRYCZNYMI?

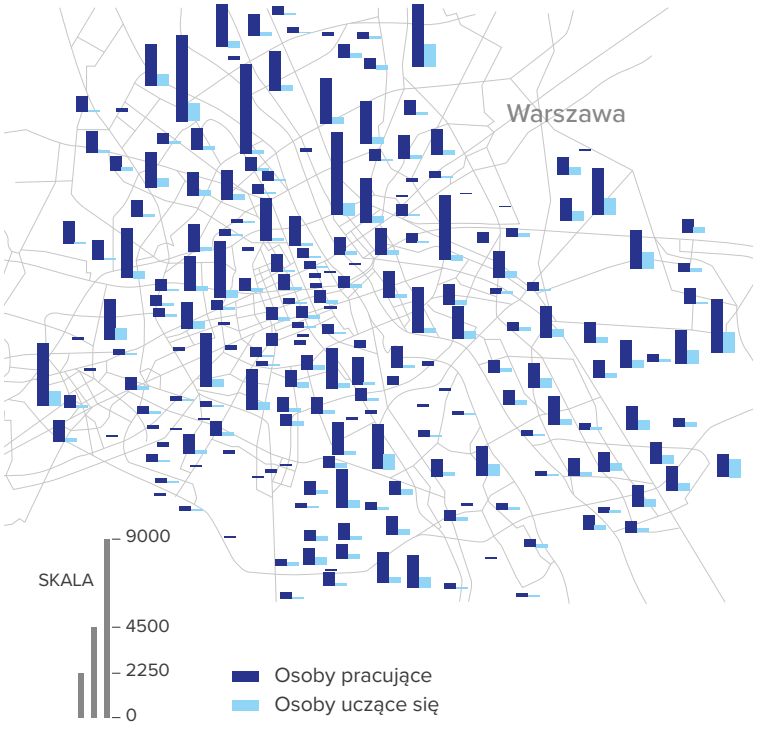

EV
EV
EV
EV

best practice 1

Struktura polskich miast zmienia się bardzo dynamicznie. Powstają w nich nowe osiedla mieszkaniowe i biznesowe, a także nowe obiekty będące generatorami ruchu, jak na przykład centra handlowe. W części z nich obserwowana jest także zwiększona migracja mieszkańców do strefy podmiejskiej, w innych migracja osób przyjezdnych do miejsc pracy czy szkół wyższych. Ponadto, zmienia się także mobilność mieszkańców i ich preferencje komunikacyjne, a na wybór sposobu realizacji podróży mają wpływ z jednej strony powszechna dostępność do samochodów prywatnych, z drugiej nowe formy podróżowania.

W związku z tym konieczne jest ciągłe monitorowanie stanu jakości usług przewozowych, ich dostosowywanie do zmieniającego się popytu, a także strategiczne planowanie przyszłego rozwoju systemu transportu zbiorowego. Działania takie muszą się jednak opierać na wymiernych danych o popycie, wyrażanych między innymi przez dane o liczbie mieszkańców, zatrudnionych, uczących się, miejscach w szkołach i na uczelniach. Na rysunku poniżej przedstawiono przykładową prezentację danych w różnych rejonach miasta.

Zbiór danych o poszczególnych rejonach komunikacyjnych



Najbardziej skutecznym narzędziem do identyfikacji potoków ruchu dla zmian w układzie komunikacyjnym są programy do **makrosymulacji ruchu**. Na podstawie danych demograficzno-społeczno-ekonomicznych oraz informacji o zachowaniach komunikacyjnych w obszarze analizy, przy pomocy programów do modelowania, określany jest popyt na transport, do którego należy dostosować podaż systemu transportowego.

Na podstawie popytu i podaży wykonywane są rozkłady ruchu pasażerów w sieci transportu indywidulanego i komunikacji zbiorowej w stanie istniejącym oraz w okresach prognozy. Działania te wykonuje się na makroskopowych modelach ruchu.

Przy braku tego typu narzędzi i procesów, możliwe jest jedynie odwzorowywanie obecnej sytuacji w pomiarach potoków pasażerskich. Charakteryzując stan istniejący, nie pozwalają one jednak na przewidzenie zmian w przepływie ruchu w różnych wariantach działania systemu transportowego, jeszcze przed ich faktycznym wdrożeniem.

Przewagą modeli ruchu jest także możliwość prognozy przepływu ruchu pasażerów w horyzontach prognostycznych, przy różnych wariantach rozwoju obszaru analiz. Umożliwia to przewidzenie warunków, do których w przyszłości będzie trzeba dostosowywać system transportowy. Posiadanie wyłącznie pomiarów stanu obecnego nie umożliwia osiągnięcia tego celu. Ponadto, z uwagi na duży zakres decyzji przy planowaniu oferty przewozowej, między innymi dla autobusów elektrycznych, należy mieć także na uwadze, że modele ruchu pozwalają na dostarczenie znacznie większej liczby informacji niż pomiary. Dlatego użyteczność makroskopowych modeli ruchu w planowaniu sieci transportowej oraz systemu autobusów elektrycznych jest większa niż w przypadku pomiarów.

Zobrazowanie przyszłych potoków pasażerskich w 5-letnim horyzoncie prognostycznym przy braku inwestycji w układ transportowy

Potoki podróżujących
(Łódź)
—
Transport indywidualny (stan przed)

0 689 1378 2756

Potoki podróżujących
(Łódź)
—
Transport indywidualny

0 677 1354 2708

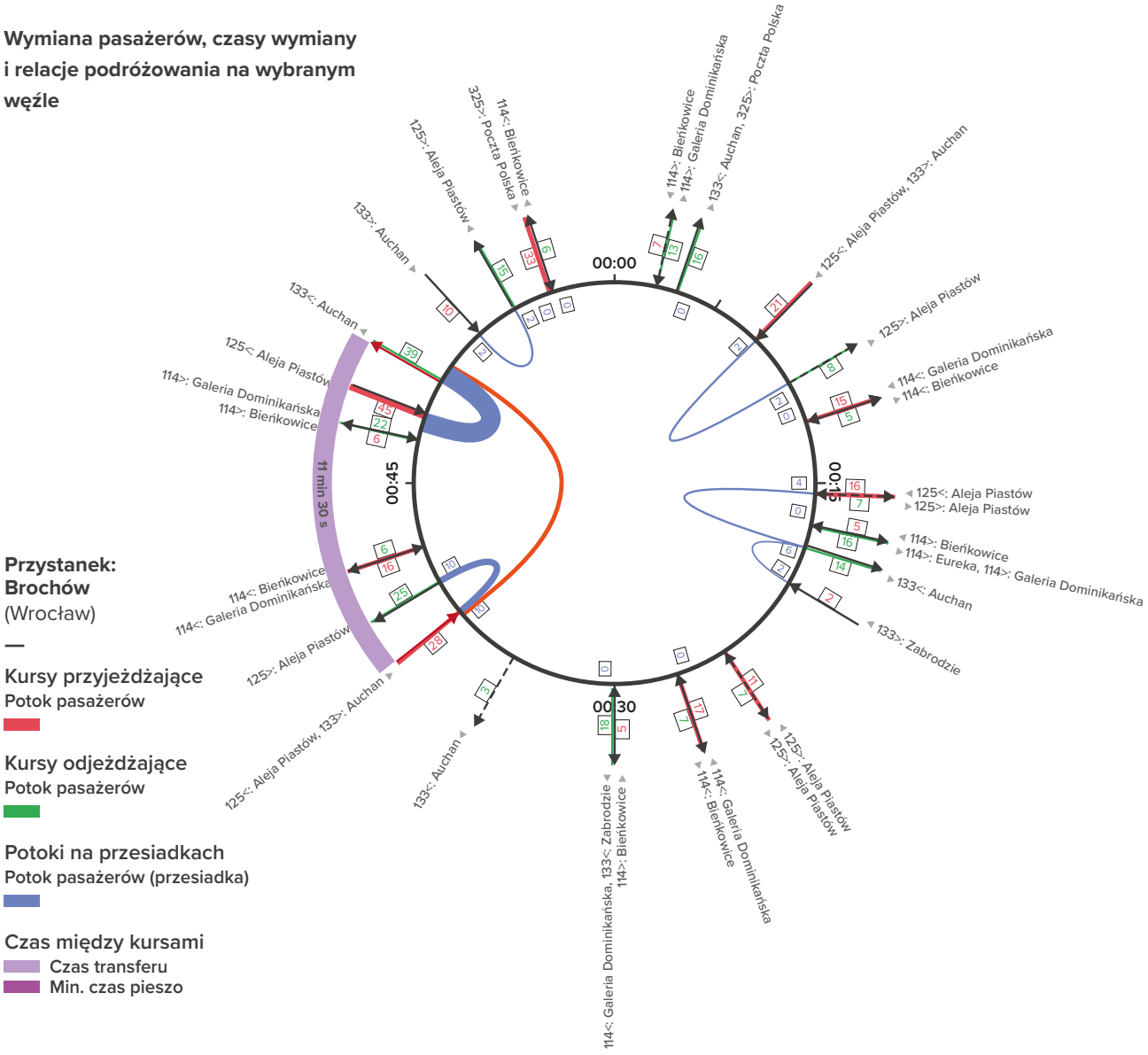
Transport indywidualny (zmiana)

0 813 1626 3252

Z uwagi na rozwój technologii, rosnące restrykcje środowiskowe i większą dostępność, autobusy elektryczne stają się coraz bardziej pożądanym środkiem transportu. Powinny w sposób naturalny wniknąć w strukturę taborową miast i obsługiwać w coraz większym stopniu zwykłe linie komunikacyjne, zaplanowane pod kątem potrzeb przewozowych, a nie wyłącznie specjalnie linie elektryczne, utworzone w celach promocyjnych.

W związku z tym optymalnym rozwiązaniem jest przyjęcie założenia, że pierwszym etapem planowania oferty przewozowej powinien być **projekt sieci linii komunikacyjnych** utworzony pod kątem potrzeb przewozowych mieszkańców, a nie potrzeb eksploatacyjnych autobusów elektrycznych lub pojazdów innego typu. Poniższy rysunek wskazuje zarówno liczbę przesiadających się pasażerów, jak i czas potrzebny na zrealizowanie przesiadek.

Wymiana pasażerów, czasy wymiany i relacje podróżowania na wybranym węźle



Przystanek:
Brochów
(Wrocław)

—

Kursy przyjeżdżające
Potok pasażerów

Kursy odjeżdżające
Potok pasażerów

Potoki na przesiadkach
Potok pasażerów (przesiadka)

Czas między kursami
Czas transferu
Min. czas pieszo

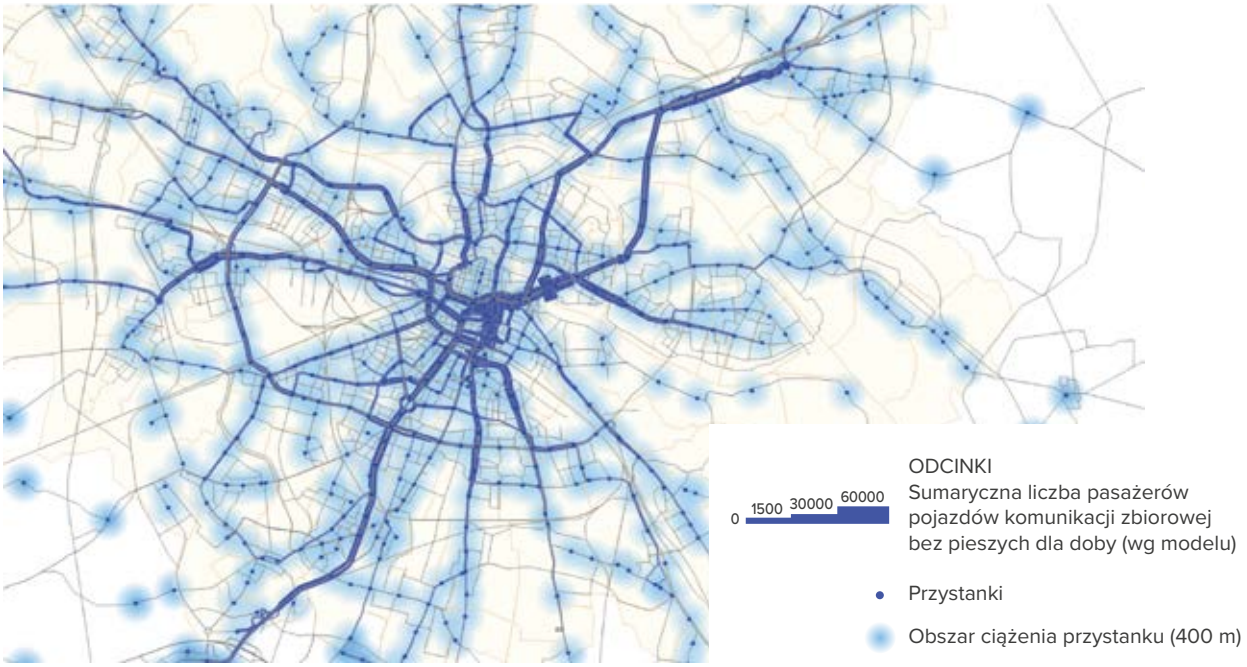
Dzięki temu układ linii komunikacyjnych będzie dostosowany do potrzeb przewozowych i nie będzie modyfikowany do potrzeb eksploatacyjnych taboru elektrycznego, które mogłyby stać w sprzeczności z postulatami przewozowymi pasażerów.

W pewnych przypadkach mogą wystąpić potrzeby korekt układu komunikacyjnego pod uwarunkowania eksploatacyjne, jednak powinny być one minimalizowane, w celu zachowania najwyższego poziomu usług dla pasażerów.

Przy przedstawionym założeniu, pierwszy etap planowania wprowadzania autobusów elektrycznych do obsługi transportowej jest klasycznym zadaniem projektowania sieci linii komunikacyjnych, opartym na danych o popycie ruchowym, oszacowanych w modelach ruchu.

Na rysunku poniżej przedstawiono informacje z danymi o rejonach i zasięgiem obsługi poszczególnych przystanków.

Mapa ciepła określająca dostępność przystanków transportu zbiorowego



Kolejnymi etapami w planowaniu oferty przewozowej taboru elektrycznego są w takim przypadku:

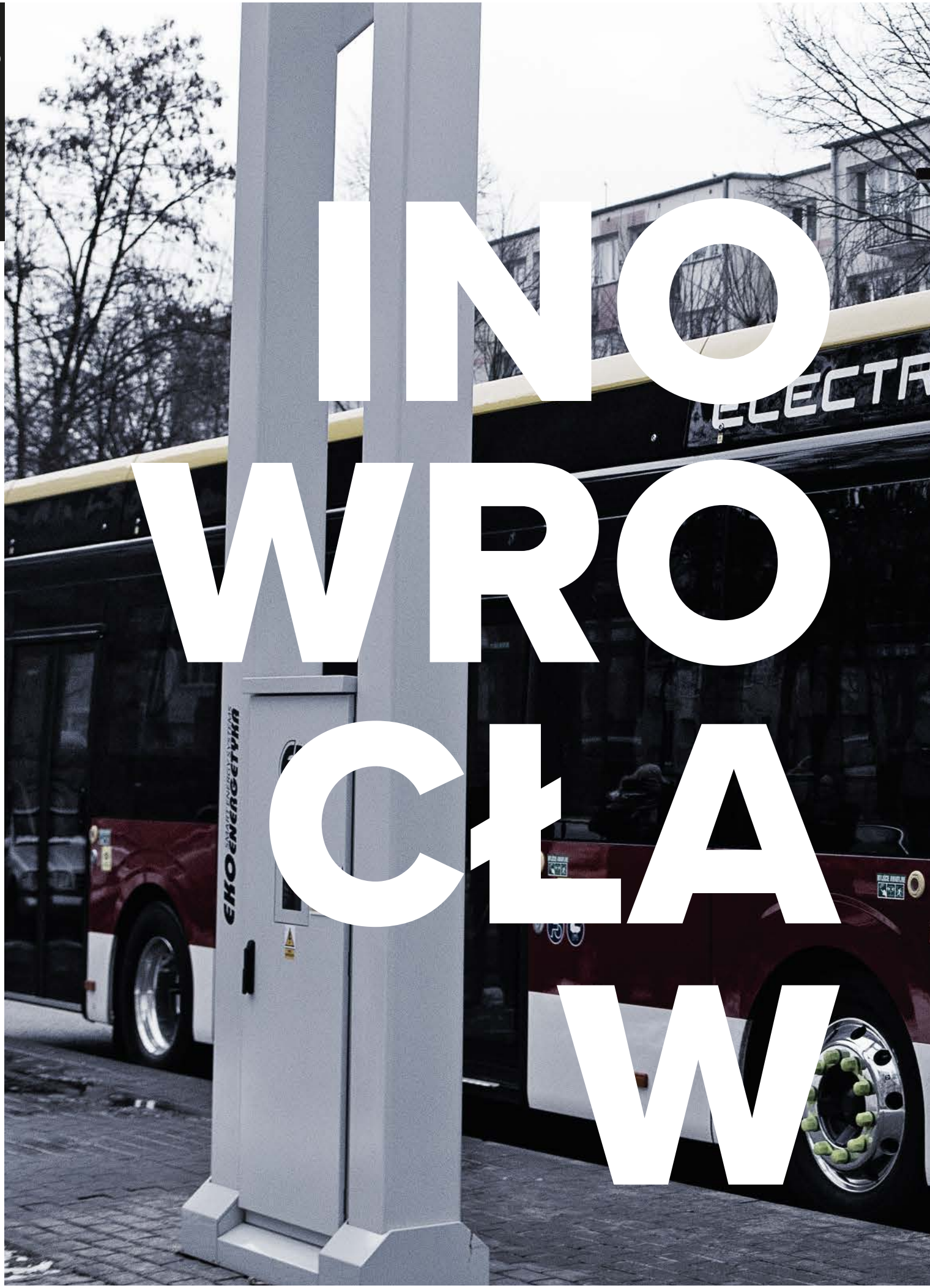
- Wybór linii do „elektryfikacji”
- Zaplanowanie infrastruktury ładowania
- Dobór floty pojazdów elektrycznych do spodziewanego popytu
- Identyfikacja ograniczeń rozkładów jazdy dla taboru elektrycznego
- Dobranie pojemności baterii w zależności od założonego schematu „elektrycznych” linii

Należy mieć na uwadze, że wymienionych wyżej 5 zadań jest od siebie wzajemnie uzależnionych i tworzy w praktyce system decyzyjny, dlatego konieczne jest jednoczesne wykonywanie różnych etapów.

Zaprezentowana kolejność działań, w pierwszej kolejności, projekt układu komunikacyjnego zgodnie z potrzebami przewozowymi, a następnie wytypowanie części systemu obsługiwanej autobusami elektrycznymi, **jest adekwatna i właściwa dla miast każdej wielkości**. Stopień możliwości jej realizacji jest uwarunkowany decyzjami z etapów kolejnych, m.in. faktu występowania punktów ładowania na przystankach krańcowych, czy doboru pojemości baterii.

case study 1

INO WROCŁAW



VOLVO
PL CIN 4403A

case study 1

INOWROCŁAW

POLSKA

Inowrocław buduje flotę proekologicznych autobusów miejskich od 2015 r. Jest ona dla miasta priorytetem, ponieważ posiada ono status uzdrowiska. Wszystko ze względu na funkcjonujące w mieście sanatoria, domy uzdrowiskowe i tężnie solankowe. Inwestycje w ekologiczny tabor są wyrazem charakteru miasta.

Korzyści wynikające z eksploatacji ekologicznego taboru autobusów miejskich polegają przede wszystkim na niższej emisji spalin, co oznacza czystsze powietrze. Według Światowej Organizacji Zdrowia (World Health Organization, WHO), Inowrocław był w 2017 r. jedynym polskim miastem, które spełniało surowe wymogi dotyczące czystości powietrza[1].

Istotnym krokiem w kierunku poprawy jakości powietrza w mieście był zakup w 2015 r. przez Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne Sp. z o.o. w Inowrocławiu (MPK Inowrocław) 10 ekologicznych autobusów, w tym ośmiu autobusów marki Volvo z napędem hybrydowym oraz dwóch autobusów z napędem elektrycznym marki Solaris. Zakup ten zapewnił Inowrocławiowi pierwsze miejsce wśród miast uzdrowiskowych w Polsce, które na tak dużą skalę wymieniają tabor swojego transportu miejskiego na ekologiczny, sprzyjający mieszkańcom i zarazem bardzo komfortowy[2]. Autobusy wyjechały na ulice miasta w sierpniu 2015 r.

Firma Solaris Bus & Coach S.A. dostarczyła dwa autobusy elektryczne z napędem o mocy 160 kW i bateriami o pojemności 201 kWh, ładowanymi przy pomocy zewnętrznej ładowarki o mocy 20 kW, podłączanej za pośrednictwem złącza plug-in.

Pojazdy zostały przygotowane do późniejszej instalacji dachowego systemu ładowania, tj. pantografu. Oprócz standardowej niskiej podłogi na całej długości pojazdów i funkcji przyklęku pozwalającej obniżyć wysokość wejścia o dodatkowe 70 mm, wyposażono je w klimatyzację przestrzeni pasażerskiej i monitoring. Oddzielna klimatyzacja obsługuje miejsce pracy kierowcy. Specjalne czujniki kontrolują bieżący poziom ciśnienia w oponach i ich temperaturę. W autobusach elektrycznych marki Solaris Urbino 12 electric zapewniony został dostęp do bezprzewodowego Internetu, zamontowano gniazda USB, pozwalające na łatwe doładowanie telefonu lub innego urządzenia mobilnego.

Miasto Inowrocław zdecydowało się na autobus o długości 12 m (pierwotnie miasto zamierzało nabyć autobus 10-metrowy) ze względu na optymalnie ulokowany środek ciężkości, co zapewnia znacznie lepszą trwałość i stabilność pojazdu w okresie kilkunastoletniej eksploatacji w ciężkich warunkach ruchu miejskiego.

Autobusy hybrydowe marki Volvo 7900 cechuje niższe o 40% spalanie oraz o 40-50% niższa emisja spalin względem autobusu z napędem Diesla. Pojazdy są wyposażone w silnik elektryczny, akumulatory i małą jednostkę wysokoprężną, spełniającą normę Euro 6. Akumulatory są ładowane energią generowaną podczas hamowania pojazdu, silnik elektryczny jest wykorzystywany głównie do przyśpieszenia od zera do 15-20 km/h.

Pozytywne doświadczenia z eksploatacji autobusów Volvo 7900 i Solaris Urbino 12 electric przyczyniły się do kontynuacji działań na rzecz wymiany floty autobusów MPK Inowrocław na pojazdy ekologiczne.

[1] https://polskatimes.pl
[2] https://www.transport-publiczny.pl

W lutym 2018 r. rozstrzygnięty został przetarg na dostawę 16 niskoemisyjnych autobusów, w tym 8 autobusów elektrycznych marki Volvo 7900 electric i 8 autobusów z napędem elektryczno-hybrydowym marki Volvo 7900 electric-hybrid. Wszystkie te autobusy wraz z systemem ładowania kosztowały 39,21 mln zł, przy czym miasto Inowrocław wydatkowało tylko 15% tej kwoty. Pozostała jej część została pokryta ze środków UE.[3]

Autobusy marki Volvo 7900 electric-hybrid różnią się od klasycznych hybryd tym, że na większości trasy zasilane są wyłącznie energią elektryczną. Niewielki silnik spalinowy pełni w nich jedynie funkcję pomocniczą. Mogą one przejechać w trybie elektrycznym ok. 70% trasy (w zależności od warunków, w jakich się porusza), a doładowanie baterii odbywa się na przystankach końcowych i trwa jedynie od 3 do 6 minut. Elektryczne hybrydy mogą też być ładowane w zajezdni przy pomocy złącza plug-in, przy czym pełne naładowanie ich baterii wymaga ok. 2 godzin. Oba sposoby ładowania są stosowane w Inowrocławiu[4].

Elektryczne hybrydy zużywają o 60% mniej paliwa od autobusów z silnikiem Diesla, a emisja CO_2 jest niższa aż o 75-90%. Cztery z tych hybryd rozpoczęły regularne kursy w mieście w październiku 2018 r., zaś pozostałe cztery w listopadzie 2018 r.

Autobusy marki Volvo 7900 Electric przyjechały do Inowrocławia bezpośrednio z wrocławskiej fabryki Volvo, gdzie są projektowane i produkowane seryjnie od 2010 r. Zostały wyposażone m.in. w system informacji pasażerskiej z nagłośnieniem, klimatyzację, monitoring oraz porty USB do ładowania urządzeń mobilnych. Ładowanie przez pantograf na przystanku trwa ok. 25 minut, zaś ok. 2 godzin za pomocą złącza plug-in w zajezdni. Pojemność ich baterii wynosi 200 kWh.

Autobusy z napędem elektrycznym wyjechały na ulice Inowrocławia w lutym 2019 r. Oznacza to, że już w 2019 r. udział autobusów niskoemisyjnych we flocie autobusów miejskich wyniósł prawie 47%. Miasto spełniło tym samym wymogi narzucone Ustawą o elektromobilności i paliwach alternatywnych.

Podstawowe parametry niskoemisyjnych autobusów marki Volvo

MARKA POJAZDU	**Volvo**	**Volvo**
MODEL	7900 electric	7900 electric-hybrid
DŁUGOŚĆ	12 m	12 m
POJEMNOŚĆ PASAŻERSKA	80	80
UKŁAD DRZWI	3 x 2-2-2-2	4 x 2-2-2-2
KLIMATYZACJA	Tak	Tak
OGRZEWANIE	Tak	Tak
ŁADOWANIE DZIENNE	Za pomocą pantografu na przystanku	Za pomocą pantografu na przystanku
ŁADOWANIE NOCNE	Za pomocą złącza plug-in w zajezdni	Za pomocą złącza plug-in w zajezdni
POJEMNOŚĆ POKŁADOWEGO MAGAZYNU ENERGII	200 kWh	200 kWh

Źródło: MPK Inowrocław Sp. z o.o.

[3] https://inowroclaw.pl
[4] https://www.transport-publiczny.pl

AUTOBUSY ELEKTRYCZNE MARKI VOLVO 7900 ELECTRIC W INOWROCŁAWIU

Źródło: https://kujawsko-pomorskie.onet.pl

Pod koniec 2018 r. firma Ekoenergetyka-Polska z Zielonej Góry uruchomiła na terenie Inowrocławia cztery ładowarki miejskie typu OppCharge. Zlokalizowano je na pętli w Mątwach, przy dworcu PKP, na pętli przy ul. Łokietka i przy ul. Krzywoustego[5]. Stacje ładowania o mocy 300 kW są wykorzystywane zarówno przez autobusy z napędem elektrycznym, jak i elektryczno-hybrydowym. Dzięki możliwości automatycznego ładowania odwróconymi pantografami pojazdy mogą być ładowane w ciągu dnia podczas postoju, bez powodowania zakłóceń w harmonogramie i bez zaangażowania kierowcy.

Oprócz ładowarek pantografowych zapewniono także zewnętrzny system monitorowania, który umożliwia operatorowi autobusów sprawdzanie w czasie rzeczywistym procesów ładowania pojazdów, zbierania danych o tych procesach i przeprowadzania konserwacji[6]. Przygotowano także stacje wolnego ładowania autobusów. Osiem zintegrowanych ładowarek, zlokalizowanych na terenie zajezdni MPK Inowrocław przy ul. Ks. P. Wawrzyniaka 39, umożliwia jednoczesne ładowanie po dwa pojazdy każda.

ŁADOWARKA PANTOGRAFOWA OPPCHARGE W INOWROCŁAWIU

Źródło: http://biznesalert.pl

[5] https://pomorska.pl
[6] http://biznesalert.pl

Specyfikacja linii obsługiwanych przez autobusy niskoemisyjne w Inowrocławiu

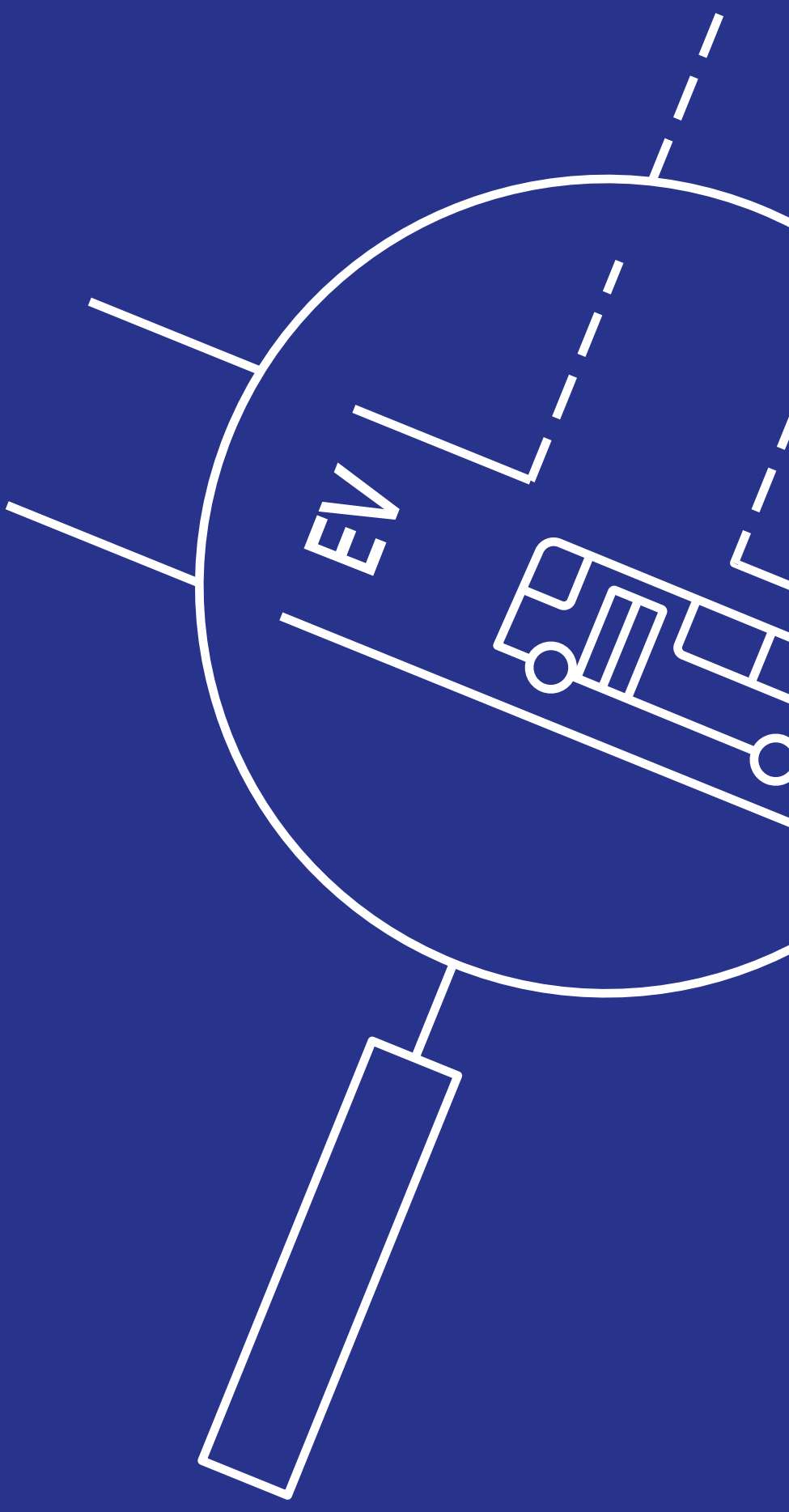
NUMER LINII	3	10	21	27
TYPOLOGIA LINII	Centrum miasta	Centrum miasta	Centrum miasta	Centrum miasta
TOPOGRAFIA LINII	Trasa płaska	Trasa płaska	Trasa płaska	Trasa płaska
DŁUGOŚĆ LINII	7 km	16 km	13 km	13 km
ŚREDNIA ODLEGŁOŚĆ MIĘDZY PRZYSTANKAMI	0,3 km	0,3 km	0,3 km	0,3 km
ŚREDNIA PRĘDKOŚĆ	15,5 km/h	15 km/h	13,5 km/h	14 km/h
DZIENNY CZAS UŻYTKOWANIA	16,5 h	14 h	17,5 h	18,5 h
DZIENNY CZAS UŻYTKOWANIA NA NAPĘDZIE CAŁKOWICIE ELEKTRYCZNYM	16,5 h	14 h	17 h	18 h
DZIENNY DYSTANS	190 km	240 km	200 km	200 km

Źródło: MPK Inowrocław Sp. z o.o.

Autobusy niskoemisyjne obsługują w Inowrocławiu linie nr 3, 10, 21 i 27. Wszystkie one przebiegają po płaskim terenie w centrum miasta. Średnia odległość między przystankami wynosi 300 m.

Dzienny czas użytkowania autobusów na tych liniach wynosi od 14 godzin do 18,5 godziny, podczas którego w zdecydowanej większości wykorzystują napęd całkowicie elektryczny. Poruszają się one ze średnią prędkością od 13,5 km/h do 15,5 km/h, pokonując dziennie od 190 do 240 km.

KTÓRE LINIE „ELEKTRYFIKOWAĆ”?


EV

Wdrażanie autobusów elektrycznych do taboru miejskiego transportu zbiorowego wymaga podjęcia decyzji o wyborze linii lub grup linii, które będą obsługiwane pojazdami tego typu. Możliwych jest wiele strategii wyboru linii „elektrycznych", które niosą za sobą różne cele, zarówno te promocyjne i wizerunkowe, jak i niosące za sobą zmiany mentalności związanej z przemieszczaniem się i edukacją mieszkańców.

Mogą one zakładać kwalifikację linii do elektryfikacji tak, by autobusy elektryczne kursowały:

1. **w konkretnym obszarze miasta lub po konkretnym ciągu komunikacyjnym ważnym wizerunkowo** (np. centrum, „stare miasto", turystyczny obszar / ciąg komunikacyjny, obszar istotny środowiskowo),
2. **w obszarze miasta lub na ciągu o dużej kongestii ruchu drogowego,**
3. **na liniach o największych przewozach pasażerskich,**
4. **na wszystkich liniach (także w przypadku, gdy nie cały tabor składa się z pojazdów tego typu),**
5. **na liniach obsługujących wybrane pętle (przystanki krańcowe), wyposażone w punkty ładowania,**
6. **w obszarze miasta lub na trasach, które najlepiej wykorzystają zalety taboru elektrycznego.**

Niezależnie od wybranej strategii, w pierwszej kolejności należy nie dopuścić do pogorszenia się funkcjonalności systemu komunikacji zbiorowej w wyniku wprowadzenia do taboru autobusów elektrycznych.

W drugiej kolejności, należy dążyć do zmiany zachowań komunikacyjnych użytkowników samochodów i zachęcenia ich do przesiadki do autobusów, nowoczesnych, ekologicznych o trasach dostosowanych do potrzeb transportowych. W celu optymalnego zaplanowania tras autobusów i dostosowania ich do wymagań funkcjonalnych taboru elektrycznego, wskazane jest korzystanie z danych o ruchu pochodzących z makroskopowych modeli ruchu.

STRATEGIA PIERWSZA

Wybór konkretnego obszaru miasta lub ciągu istotnego wizerunkowo może być dość popularnym i efektownym działaniem w celu promocji e-mobilności, prezentacji zaangażowania jednostki samorządu terytorialnego w zakresie troski o środowisko naturalne.

Ponadto, poprawia to wizerunek obszarów reprezentacyjnych, odwiedzanych przez turystów, jak i atrakcyjność takich miejsc dla samych mieszkańców, którzy mogą chętniej przybywać do nich w celu spędzenia wolnego czasu (restauracje, puby, spacery itp.). Ze względu na wymagania taboru elektrycznego, takie podejście może wymagać zmian przebiegu linii, co będzie wymagało oszacowania potencjalnego popytu i dostosowania podaży w taki sposób, aby funkcjonalność sytemu transportowego, jako całości, nie uległa pogorszeniu.

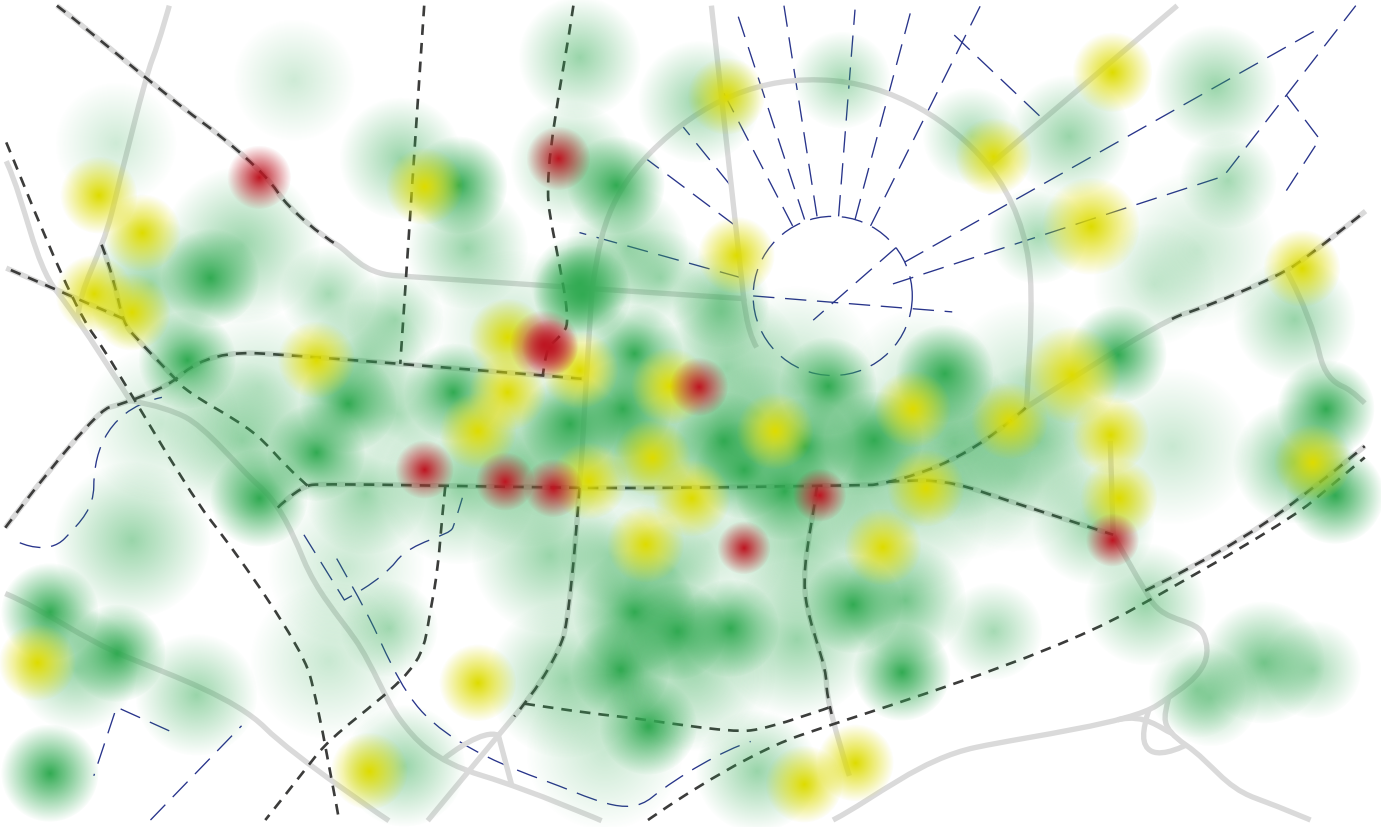
STRATEGIA DRUGA

Przydzielanie autobusów do obsługi linii przebiegających przez obszar miasta lub przez ciąg o dużej kongestii ruchu drogowego, pozwala na minimalizację skutków nieefektywnej emisji zanieczyszczeń pochodzącej od całego systemu transportowego w miejscach zatorów drogowych.

Obszary lub ciągi o dużej obecnie kongestii mogą być identyfikowane pomiarami ruchu, ale wskazanie przyszłych odcinków o znacznym zatłoczeniu wymaga skorzystania z modeli ruchu. W przypadku wprowadzenia jakichkolwiek zmian w sieci transportu publicznego lub sieci ulicznej, niezbędne staje się skorzystanie z modeli ruchu.

Wprowadzenie taboru elektrycznego na obszarze o dużym zatłoczeniu i trudnych warunkach ruchu, umożliwi wykorzystanie największych zalet autobusów elektrycznych w stosunku do ich konwencjonalnych odpowiedników. W ruchu powolnym oraz przy częstym ruszaniu i hamowaniu, autobusy konwencjonalne charakteryzują się wysoką emisją i dużym zużyciem paliwa.

Mapa ciepła określająca hałas i zanieczyszczenie środowiska powodowane przez transport publiczny

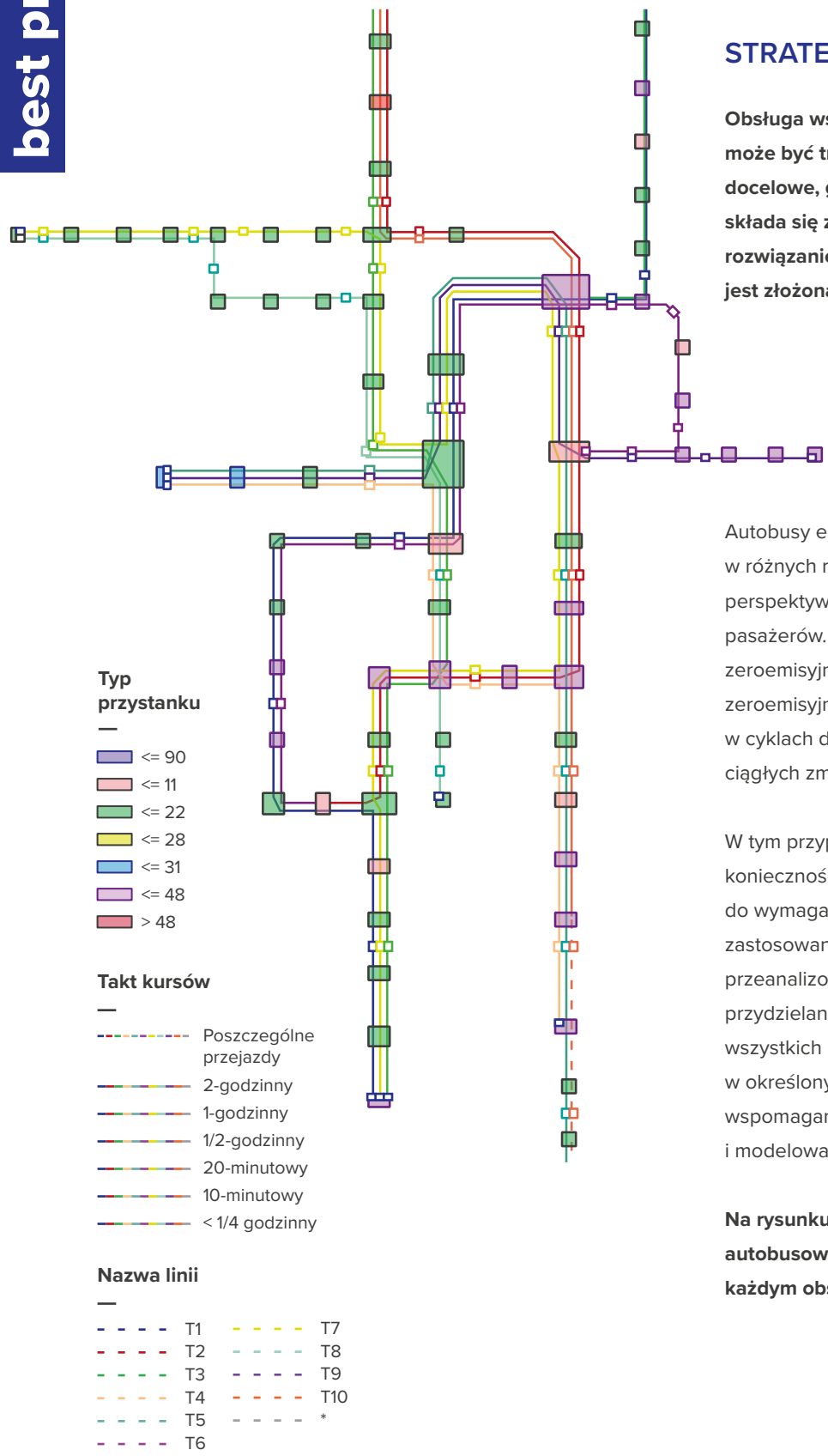


STRATEGIA TRZECIA

Polega na przydzielaniu autobusów elektrycznych do obsługi linii o największych przewozach pasażerskich, co umożliwia bezpośrednią promocję środowiskowego podejścia jednostki do funkcjonowania transportu zbiorowego wśród największej grupy obecnych pasażerów transportu zbiorowego.

Dzięki temu, największa liczba osób doświadczać może zalet autobusów elektrycznych. Należy jednak mieć na uwadze, że w wyniku stosowania autobusów elektrycznych, na liniach najbardziej obciążonych, nie powinno dojść do zmniejszenia powierzchni autobusów dostępnej dla pasażerów, tzn. należy uniknąć zwiększenia zatłoczenia pojazdów w wyniku wprowadzenia autobusów elektrycznych o mniejszej pojemości. Identyfikacja linii o największych przewozach w stanie istniejącym może być przeprowadzona poprzez pomiary ruchu. W prognozie lub wariantach zmian w systemie transportowym do określenia przyszłych obciążeń pasażerskich konieczne jest wykorzystanie makroskopowych modeli ruchu.

best practice 2



STRATEGIA CZWARTA

Obsługa wszystkich linii autobusami elektrycznymi może być traktowana nie tylko jako rozwiązanie docelowe, gdy cały tabor lub znaczna jego część składa się z pojazdów elektrycznych, lecz także jako rozwiązanie etapowe, gdy tylko mniejsza część floty jest złożona z autobusów tego typu.

Autobusy elektryczne pojawiać się mogą równomiernie w różnych rejonach miasta i obsłużyć w dłuższej perspektywie czasu, np. miesiąca, wszystkich regularnych pasażerów. W zależności od liczby pojazdów zeroemisyjnych, obsługa poszczególnych linii pojazdami zeroemisyjnymi będzie jednak mogła występować w cyklach dłuższych niż dobowe, z uwagi na konieczność ciągłych zmian „zelektryfikowanych" linii.

W tym przypadku, ze względu na prawdopodobną konieczność dostosowania układu tras lub rozkładów do wymagań taboru elektrycznego, wskazane będzie zastosowanie modelowania ruchu, co umożliwi szybkie przeanalizowanie różnych wariantów rozwiązań. Zadania przydzielania autobusów elektrycznych do obsługi wszystkich lub jak największej liczby różnych linii w określonym przedziale czasu również mogą być wspomagane przez oprogramowania do planowania i modelowania podaży systemu transportu zbiorowego.

Na rysunku obok przedstawiono dane o liniach autobusowych oraz wielkość ruchu pasażerskiego na każdym obsługiwanym przystanku.

STRATEGIA PIĄTA

We wstępnym okresie wdrażania autobusów elektrycznych może być jednym z naturalnych wyborów. Możliwości techniczne realizacji stacji ładowania mogą wpłynąć na wybór tras obsługiwanych przez tabor elektryczny.

W przypadku małej liczby punktów ładowania, możliwą decyzją może być przyporządkowanie do obsługi autobusami elektrycznymi wszystkich linii jadących z pętli, które są wyposażone w punkty ładowania. Wpłynie to prawdopodobnie na konieczność, choć częściowej, przebudowy układu linii i rozkładów jazdy, tak, aby zoptymalizować funkcjonowanie linii obsługiwanej przez autobusy elektryczne. Modele ruchu umożliwiają opracowanie wariantów tras autobusów, rozkładów jazdy, potrzeb taborowych i dostosowanie ich do oszacowanych potoków pasażerów. Pozwalają także zweryfikować w jakich miejscach powinny znajdować się stacje ładowania, żeby były najbardziej użyteczne pod kątem całej sieci transportowej miast.

Niezależnie od wybranej strategii, po zbadaniu możliwości dostępności odpowiedniego zasilania we wstępnie wskazanych lokalizacjach punktów ładowania, konieczne będzie przeanalizowanie ich rozmieszczenia i dostosowanie do wybranej strategii wprowadzania autobusów elektrycznych.

W miastach mniejszych swoboda wyboru strategii linii do „elektryfikacji" jest większa z uwagi na bliskość zajezdni wyposażonej w infrastrukturę do ładowania niezależnie od faktu posiadania punktów ładowania w sieci komunikacyjnej. W miastach średnich i dużych (z uwagi na dłuższe przebiegi tras, większą kongestię i mniej przewidywalne czasy przejazdów) ewentualny zjazd i ponowny wyjazd z zajezdni po naładowaniu baterii jest mniej ekonomiczny z uwagi na większe dodatkowe koszty pracy przewozowej. Dlatego wybór strategii jest ściśle powiązany z rozlokowaniem punktów ładowania i wyborem pojemności baterii.

Ostatnia strategia ma na celu zoptymalizowanie przebiegu linii autobusów elektrycznych do tych części obszaru analizy lub fragmentów sieci ulicznej, na których najlepiej zostaną wykorzystane cechy napędu elektrycznego i pozostawienie autobusom konwencjonalnym tych linii, na których będą lepszym rozwiązaniem. Do obszarów, na których powinny przeważać autobusy konwencjonalne będą obszary peryferyjne miast i linie podmiejskie, gdzie jest swobodny ruch pojazdów, a odległości pomiędzy przystankami są stosunkowo duże. Ponadto częstotliwość linii w tych miejscach jest umiarkowana i w przypadku konieczności budowy stacji na pętli w obszarach podmiejskich, jej opłacalność, ze względu na stopień wykorzystania, będzie mniejsza niż w mieście.

Niezależnie od wybranej strategii, w większości przypadków niezbędne dane do zoptymalizowania wykorzystania taboru elektrycznego będą pochodzić z modeli ruchu, gdyż pomiary ruchu nie dostarczą danych od oszacowania wpływu zmian przebiegu linii czy częstotliwości kursowania zapewniającej odpowiedniej podaży do popytu.

case study 2

BERN

edienfahrt E-Bus
10 0 3
BE 724 204

BERNO

SZWAJCARIA

Firma Bernmobil[7], odpowiedzialna za publiczny transport zbiorowy w Bernie, jest przykładem firmy przewozowej, która traktuje elektromobilność jako najbardziej ekologiczny i docelowy zarazem środek realizacji swoich strategicznych celów w zakresie ochrony środowiska. Zamierza ona bowiem ograniczyć emisje CO_2 o jedną trzecią do 2025 r. oraz stać się całkowicie neutralna pod względem tych emisji w horyzoncie czasowym do 2040 r.[8]

Aby osiągnąć te cele, firma Bernmobil podjęła decyzję o zmianie struktury swojego taboru przewozowego. W strukturze floty coraz większą rolę mają odgrywać autobusy z napędem elektrycznym, które, co istotne, będą zastępować nie tylko autobusy z napędem Diesla, ale także autobusy gazowe i hybrydowe. Takie podejście świadczy nie tylko o istocie rozwoju elektromobilności u przewoźnika publicznego ze stolicy Szwajcarii, ale także o przypisaniu napędom gazowym i hybrydowym autobusów miejskich jedynie funkcji napędów pomostowych w zakresie ograniczania emisji CO_2. W konsekwencji, od 2025 r. przewoźnik miejski ze stolicy Szwajcarii zamierza kupować tylko i wyłącznie autobusy elektryczne[9].

Przewoźnik nie wyklucza także, że wzrost liczby autobusów elektrycznych stanie się istotną alternatywą dla rozwoju linii trolejbusowych w mieście. Trolejbusy wymagają bowiem sieci trakcyjnej, co sprawia, że ich eksploatacja jest wprawdzie stosunkowo niezawodna, ale mało elastyczna.

Niska elastyczność trolejbusów uzewnętrznia się zwłaszcza w przypadku konieczności zmiany trasy lub zdarzeń krótkoterminowych (np. wypadki, demonstracje).

Ponadto, rozwój linii trolejbusowych wymaga dużych i kosztownych inwestycji w infrastrukturę. W przypadku wielu miast, czynnikiem negatywnie oddziałującym na decyzje o podejmowaniu tych inwestycji jest także ryzyko wystąpienia linii napowietrznych i pylonów.[10]

Autobusy przegubowe z napędem hybrydowym rozpoczęły kursowanie w mieście z końcem września 2016 r. Dyrekcja firmy Bernmobil wyjaśniała, że wprowadzono je do eksploatacji „ze świadomością odpowiedzialności wobec ludzi i miasta". Autobusy hybrydowe stanowiły wówczas najczystszą alternatywę dla starych, przestarzałych autobusów z silnikiem Diesla. Nie zdecydowano się wtedy jeszcze na pojazdy elektryczne, ponieważ, zdaniem zarządu firmy Bernmobil, ówczesny poziom rozwoju technologii napędu elektrycznego stwarzał zbyt duże ryzyko wystąpienia zakłóceń w komunikacji miejskiej.

Docelowo, 21 autobusów z napędem hybrydowym marki Volvo pozwoliło na ograniczenie emisji zanieczyszczeń i poziomu hałasu. Ich liczba oznaczała, że Berno dysponowało największą flotą autobusów hybrydowych w Szwajcarii, którą skierowano do obsługi linii nr 10, 17 i 19. Wykorzystanie silnika elektrycznego umożliwiło wyłączanie silnika wysokoprężnego przez ok. 30% czasu pracy autobusu. W efekcie o ponad 20% mniejsze były zużycie paliwa i emisje zanieczyszczeń w porównaniu z pojazdami z silnikiem wysokoprężnym[11].

[7] Nazwa handlowa firmy brzmi Städtische Verkehrsbetriebe Bern, w skrócie SVB
[8] https://new.abb.com
[9] https://www.ee-news.ch
[10] https://www.abb-conversations.com
[11] https://www.20min.ch

Pierwsze autobusy z napędem elektrycznym pojawiły się na ulicach Berna w styczniu 2019 r. Miasto rozpoczęło tym samym czteroletni ich pilotaż na linii nr 17 relacji Bern Hauptbahnhoff – Köniz Weiermatt, która ma być w przyszłości obsługiwana przez autobusy elektryczne bez linii napowietrznej[12]. Linia ta stała się drugą w Szwajcarii linią transportu publicznego[13], na której zaczęto eksploatować tylko przegubowe autobusy zasilane bateryjne.

Dzięki pilotażowi firma Bernmobil zamierza zebrać dane i zdobyć doświadczenie operacyjne, niezbędne do podjęcia decyzji o zasadach wymiany swojej floty autobusowej w 2021 r.[14] Wstępne założenia przewidują zakup 15 autobusów z napędem elektrycznym i 15 autobusów z napędem hybrydowym.

Autobusy elektryczne okazały się znacznie cichsze niż autobusy z silnikiem wysokoprężnym lub hybrydowym. W początkowej fazie testów firma Bernmobil korzystała z nich między rutynowymi kursami, wykonywanymi przez autobusy z silnikiem Diesla. Docelowo autobusy elektryczne przejęły całkowicie obsługę tych kursów, zastępując autobusy gazowe i hybrydowe.

AUTOBUSY ELEKTRYCZNE NA ULICACH BERNA
Źródło: https://www.solothurnerzeitung

[12] https://www.berneroberlaender.ch
[13] W Genewie elektryczne autobusy relacji Flughafen – Vororten kursują od grudnia 2017 r.
[14] W 2021 r. firma Bernmobil planuje wymianę 30 autobusów. Wstępne założenia przewidują zakup 15 autobusów z napędem elektrycznym i 15 autobusów z napędem hybrydowym, za: https://www.berneroberlaender.ch

Pięć nowych autobusów przegubowych z napędem elektrycznym marki Hess LighTram 19^{OPP} linii nr 17 sieci firmy Bernmobil korzysta z systemu ładowania „OppCharge" firmy ABB. Dzięki temu systemowi ich eksploatacja pozwoli na ograniczenie emisji CO_2 o ok. 500 ton rocznie.

Dodatkową zaletą autobusów elektrycznych, eksploatowanych przez firmę Bernmobil jest to, że są one napędzane energią elektryczną wytworzoną w elektrowniach wodnych, co stwarza mieszkańcom miasta możliwość codziennego korzystania ze zrównoważonego transportu miejskiego.

Nowe autobusy elektryczne Hess LighTram19^{OPP} szwajcarskiego producenta pojazdów HESS zostały opracowane na podstawie istniejącej koncepcji trolejbusów. Każdy z nich wykorzystuje dwa silniki elektryczne ABB i jeden przetwornik trakcji, które zostały opracowane w fabryce ABB w Turgi[15]. Przetwornik trakcji steruje m.in. silnikami i zapewnia ich energooszczędną pracę, co jest szczególnie ważne w przypadku autobusów akumulatorowych[16].

Autobusy elektryczne marki Hess LighTram19^{OPP} posiadają w pełni automatyczne i całkowicie elektryczne ogrzewanie i klimatyzację. Ich pojemność pasażerska wynosi 97 osób, a pojemność baterii pokładowych 152 kWh. Rozwijają one maksymalną prędkość 80 km/h.

Podstawowe parametry techniczne autobusu elektrycznego marki Hess LighTram

MARKA POJAZDU	**Hess**
MODEL	LighTram 19^{OPP}
DŁUGOŚĆ	18,7 m
POJEMNOŚĆ PASAŻERSKA	97
UKŁAD DRZWI	1-2-2-2
KLIMATYZACJA	Tak (elektryczne)
OGRZEWANIE	Tak (elektryczne)
ŁADOWANIE	Pantograf stacji ładowania lub złącze plug-in w zajezdni
PRĘDKOŚĆ MAKSYMALNA	80 km/h
POJEMNOŚĆ POKŁADOWEGO MAGAZYNU ENERGII	152 kWh

Źródło: https://www.bernmobil.ch

Energia elektryczna do zasilania autobusów elektrycznych pochodzi z nowo wybudowanej stacji ładowania na przystanku końcowym Köniz Weiermatt[17]. Proces ładowania przebiega za pomocą pantografu, który opuszczany jest z jej wysięgnika i ładuje go z mocą 450 kW. Ładowanie trwa ok. 5 minut, co odpowiada czasowi rutynowego postoju autobusu na przystanku końcowym.

Koncepcja parametrów akumulatora autobusu oraz stacji ładującej na przystanku końcowym opierała się na wymaganiach i warunkach kursowania na linii nr 17. Parametry akumulatora zostały np. dobrane w taki sposób, aby autobus mógł przejechać tą trasę do trzech razy bez doładowania na przystanku końcowym. Odpowiada to zakresowi od 35 do 40 km[18].

[15] https://new.abb.com

[16] https://www.abb-kundenmagazin.ch

[17] W Szwajcarii podobny system ładowania, ze znacznie większą liczbą stacji, ma Genewa, w ramach sieci TOSA (Trolleybus Optimisation Système Alimentation). Autobusy elektryczne są ładowane z mocą 400 kW w systemie flash charging, tj. na kilkunastu przystankach, na których doładowanie trwa od 15 do 20 sekund

[18] Odległość, jaką codziennie będą pokonywać autobusy elektryczne, jest znana producentowi. Parametry akumulatora i stacji ładowania można zatem dokładnie dostroić do wymogów późniejszej ich eksploatacji, za: https://www.blick.ch

Autobusy elektryczne, kursujące w Bernie, można również ładować w nocy za pomocą złącza plug-in w zajezdni przy Eigerplatz,[19] która jest wyposażona w pięć ładowarek o mocy 50 kW. Infrastruktura ładowania jest połączona w sieć za pośrednictwem platformy cyfrowej ABB Ability™, dzięki czemu ładowanie może być zdalnie sterowane i kontrolowane.

Koszty inwestycji, obejmujące zakup autobusów i budowę stacji ładowania, wyniosły ok. 4,5 mln CHF. Zostały one pokryte głównie ze środków kantonu Berno, gminy Köniz i Funduszu Ekologicznego Energii Wodnej (Ökofonds of Energie Wasser Bern). Wkład kantonu wyniósł 1,44 mln CHF.

Według dyrekcji firmy Bernmobil, wsparcie zakupu autobusów elektrycznych ze środków publicznych jest konieczne, ponieważ są one droższe od konwencjonalnych. Podczas gdy autobus z silnikiem Diesla kosztuje ok. 500 tys. CHF, cena autobusu elektrycznego jest ok. dwa razy wyższa. Z kolei autobus hybrydowy (silnik elektryczny i wysokoprężny) jest o ok. 15% droższy niż pojazd napędzany wyłącznie silnikiem Diesla.

ŁADOWANIE AUTOBUSU ELEKTRYCZNEGO NA PRZYSTANKU KOŃCOWYM KÖNIZ WEIERMATT

Źródło: https://www.bernmobil.ch

[19] https://www.berneroberlaender.ch

best practice 3

JAK OPTYMALNIE PLANOWAĆ INFRASTRUKTURĘ ŁADOWANIA?

best practice 3

Planowanie infrastruktury ładowania powinno być realizowane w skali makro i mikro. Efektem planowania w makroskali powinno być wytypowanie przystanków krańcowych (pętli) wyposażonych w punkty ładowania dla komunikacji zbiorowej. Planowanie w skali mikro powinno określać szczegółowe położenie punktów ładowania w ramach przystanków krańcowych.

Wybór pętli autobusowych wyposażonych w punkty ładowania jest ściśle związany z doborem pojemności baterii autobusów oraz wyborem strategii „elektryfikacji" linii. Przyjęcie standardu pojemności baterii autobusowych determinuje ewentualną konieczność doładowywania baterii przez pojazdy w czasie cyklu pracy, częstotliwość takich operacji oraz czas ich trwania. Wpływa to w makroskali na liczbę pętli wyposażonych w punkty ładowania, a w mikroskali na szczegółowe projekty lokalizacji tych punktów oraz geometrię pętli. Z kolei wybór strategii „elektryfikacji" linii, determinuje zlokalizowanie punktów ładowania na konkretnych pętlach.

Wybór każdej strategii „elektryfikacji" linii polegającej na intensyfikacji obsługi konkretnej grupy linii autobusami elektrycznymi przy konieczności doładowywania autobusów na pętlach determinuje potrzebę zlokalizowania punktów ładowania na określonych pętlach lub w określonych grupach pętli. W związku z tym, konieczne jest również określenie prawdopodobieństwa wykorzystania w przyszłości danej pętli przez linie obsługujące wybrany do „elektryfikacji" ciąg lub obszar miasta w różnych wariantach rozwoju miasta i systemu transportowego.

Konieczna jest ocena efektywności lokalizacji stacji ładowania w odniesieniu do przyszłego obciążenia przystanku/pętli taborem, który może być zastąpiony pojazdami elektrycznymi w wybranej strategii.

Wykonanie takich analiz wymaga określenia obciążenia ruchem pasażerskim linii lub grupy linii autobusowych, co umożliwi obliczenie zapotrzebowania na tabor. Liczba pojazdów, które potencjalnie wykorzystywałyby wybrany przystanek/pętle będzie podstawą do określenia efektywności budowy stacji ładowania, czyli w wielu przypadkach będzie determinowało możliwość elektryfikacji linii.

Analizy przewozów pasażerskich dla horyzontów przyszłych lat, będące narzędziem do określenia opisanego stopnia powiązania transportowego, powinny być realizowane przede wszystkim w modelach ruchu.

Wybór strategii oraz przystanków krańcowych do lokalizacji punktów ładowania w pewnym stopniu zawęża elastyczność modyfikacji układu linii komunikacyjnych. Ważne jest jednak, żeby tę elastyczność zachować na tyle, ile to możliwe. Stąd wybór konkretnych pętli do wybudowania punktów ładowania powinien być dokładnie przeanalizowany pod wieloma względami.

Potrzeba dokładnego wytypowania przystanków krańcowych, na których mają być zainstalowane punkty ładowania jest tym ważniejsza, im bardziej rozległa jest sieć komunikacyjna.

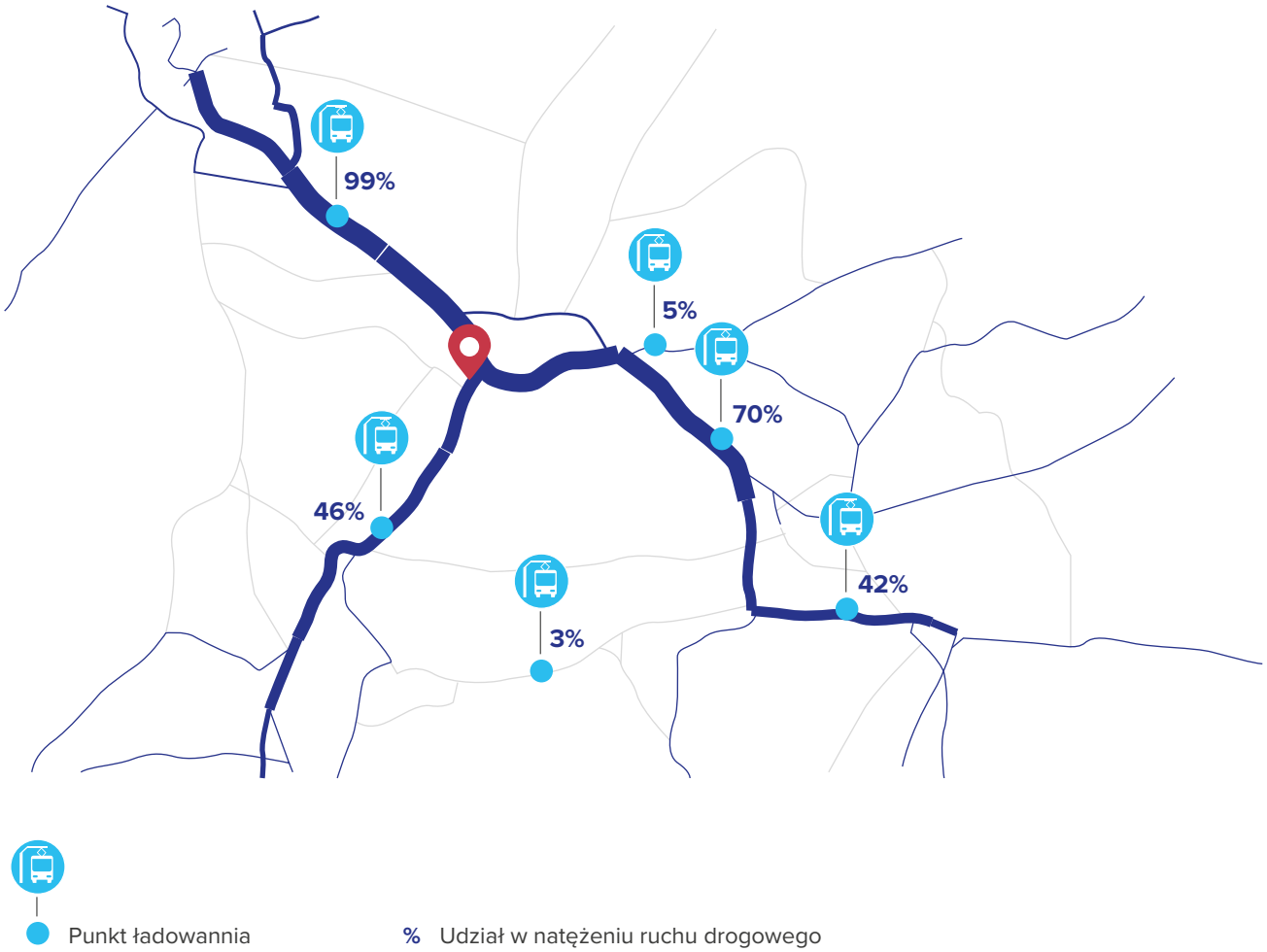
Wynika to z faktu, że w mniejszych miastach, gdzie odległości pomiędzy pętlami są mniejsze, ewentualny przejazd autobusu bez pasażerów do najbliższego punktu ładowania co do zasady będzie wiązał się z mniejszymi kosztami niż w miastach o rozleglejszych sieciach komunikacyjnych.

Opisana wyżej problematyka wiąże się z większością strategii „elektryfikacji", które zakładają intensyfikację wykorzystania autobusów elektrycznych na konkretnych ciągach lub w wybranych obszarach. Swobodniejsze warunki wyboru lokalizacji punktów ładowania występują dla strategii „elektryfikacji" wszystkich linii lub obszarów miasta (w miarę dostępności autobusów – codziennie lub w cyklu tygodniowym, miesięcznym). Pozwala ona na dość swobodny wybór części pętli do „elektryfikacji", obsługiwanych przez dużą liczbę kursów.

Wiąże się to z problemem zaplanowania cyklów ładowań dla poszczególnych ładowarek/autobusów, który może być każdego dnia inny.

Nieodzowne w takim wypadku staje się wspomaganie odpowiednim oprogramowaniem komputerowym, którego zadaniem byłoby harmonogramowanie dziennego ładowania autobusów w poszczególnych punktach ładowania.

Wyznaczanie punktów ładowania skorelowane z obciążeniem poszczególnych linii
(zgodnie z największym ruchem na sieci drogowej)



Strategia kształtowania i wyboru linii przy dostosowaniu ich trasy do lokalizacji punktów ładowania (linie obsługujące wybrane do „elektryfikacji" pętle) odwraca kolejność decyzji, gdyż zakłada w pierwszej kolejności wybór pętli, a następnie wybór/dostosowanie linii do „elektryfikacji". Jednakże w tym przypadku jeszcze ważniejsze jest zoptymalizowanie lokalizacji punktów węzłowych, aby „zelektryfikowane" linie w maksymalny sposób odpowiadały potrzebom przewozowym.

W miastach większych, z uwagi na długie trasy linii, pojawić się może także problem decyzji, czy punkty ładowania powinny być usytuowane na jednym, czy na dwóch pętlach linii. Czynnikiem mającym kluczowe znaczenie, jest zatłoczenie sieci, co wpływa na duże rozbieżności rzeczywistego czasu przejazdu pomiędzy pętlami. W stanie istniejącym możliwa jest ocena warunków ruchu autobusów na podstawie pomiarów.

Jednakże przy wprowadzaniu różnych strategii elektryfikacji komunikacji autobusowej lub oceny warunków w przyszłości, może być konieczne zastosowanie modelowych analiz ruchu samochodów do oceny wpływu zatłoczenia ulic na ruch autobusów.

W mikroskali planowanie infrastruktury ładowania powinno z jednej strony umożliwiać realizację założonego celu, lecz także niepogarszanie innych standardów na pętlach – dla pasażerów oraz potrzeb geometrycznych autobusów. Z uwagi na ograniczenia przestrzenne może okazać się to w pełni niemożliwe, jednak każde zmniejszenie powierzchni dla pasażerów lub powierzchni manewrowej dla autobusów powinno być w miarę możliwości minimalizowane.

Położenie punktu ładowania na pętli zależy od sposobu organizacji ruchu na niej

Jeśli w czasie postoju autobusów zakładana jest **obsługa pasażerska**

↓

Punkt ładowania powinien mieścić się w rejonie przystanku i umożliwiać realizację obsługi pasażerskiej

Jeśli pętla jest zorganizowana jako **plac parkingowy** i w czasie postoju autobusów nie jest umożliwione wsiadanie i wysiadanie pasażerów

↓

Możliwości zlokalizowania punktu ładowania są szersze, jednak harmonogram jego wykorzystania musi być tak zaplanowany, aby umożliwiać postój/kursowanie pozostałych linii na pętli

W przypadku decyzji o współdzieleniu infrastruktury ładowania dla autobusów i samochodów prywatnych niezwykle ważne jest zabezpieczenie, aby samochody prywatne nie utrudniały w żaden sposób kursowania autobusów po pętlach. Kierowcy samochodów osobowych nie są często świadomi potrzeb geometrycznych autobusów, które przy wykonywaniu manewrów potrzebują dość dużych powierzchni terenu, w celu sprawnego i bezpiecznego przejazdu.

Ważnym elementem w mikroskali jest także przyjęcie jednego standardu dla urządzeń ładowania w pojazdach: w zakresie interfejsu i w zakresie położenia urządzenia do ładowania wa autobusie (które determinuje położenie punktu ładowania na pętli): z przodu, w środku długości, z tyłu pojazdu, przed przegubem, za przegubem.

Jednakowy standard dla urządzeń ładowania zapewnia możliwość ładowania się dowolnego autobusu elektrycznego w dowolnym punkcie ładowania. W innym przypadku, ładowanie albo nie jest możliwe, albo ładujący się autobus zajmuje zbyt dużo miejsca na pętli. Może wówczas także utrudniać przejazd innym autobusom. W skrajnym przypadku brak kompatybilności lokalizacji punktu ładowania z położeniem pantografu na autobusie może także uniemożliwiać ładowanie określonego typu pojazdu w pewnych miejscach.

Współdzielenie infrastruktury powinno zostać poprzedzone analizą na modelu mikroskopowym. Dzięki temu unikniemy wzajemnego blokowania się transportu zbiorowego i indywidualnego.

Symulacja mikroskopowa

case study 3

LUBLIN

2444
2444
LU 080AX

LUBLIN

POLSKA

Rozwój elektromobilności w lubelskim transporcie publicznym nie jest podyktowany przepisami ustawowymi, ponieważ już w lipcu 2019 r. prawie 34% taboru stanowiły pojazdy z napędem elektrycznym. Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne Sp. z o.o. w Lublinie (MPK Lublin) eksploatuje bowiem 125 trolejbusów bateryjnych.

Głównym powodem starań o zwiększenie liczby autobusów z napędem elektrycznym do obsługi miejskich linii komunikacyjnych jest dbałość o środowisko, co jest łączone z dążeniem do modernizacji użytkowanego taboru przewozowego[20]. Preferowanie elektromobilności i ekologicznych środków transportu wpisuje się zatem w strategię miasta. Mimo stosunkowo dużej liczby trolejbusów, w sierpniu 2019 r., we flocie MPK Lublin znajdował się tylko jeden autobus z napędem elektrycznym[21]. Niskopodłogowy, 12–metrowy pojazd marki Ursus E70110[22] w okresie od czerwca 2015 r. do lutego 2016 r. kursował na specjalnej pętli EKO wokół starego miasta w Lublinie od poniedziałku do soboty.

Uruchomienie pętli EKO miało na celu umożliwienie poruszanie się po centrum miasta bez samochodu, a przez to promocję ekologicznego transportu miejskiego. Autobus odjeżdżał z przystanku przy Placu Litewskim co 20 minut.

Do września 2015 r. przejazd Ekovoltem był bezpłatny, później kosztował złotówkę, bo tyle wynosiła cena najtańszego biletu w mieście, który uprawniał do przejazdów komunikacją w obszarze objętym strefą płatnego parkowania.

Autobus elektryczny Ekovolt jest prototypem, który powstał dzięki współpracy spółki Ursus, MPK Lublin, Politechniki Lubelskiej i władz miasta w ramach konsorcjum „Autobus elektryczny”[23]. Jego baterie o pojemności 120 kWh pozwalają na przejechanie ok. 110 kilometrów na jednym ładowaniu. Ładowarkę dla elektrobusu, o prądzie ładowania 200 A, zasilaną z sieci trakcyjnej o napięciu 600 V, zamontowano na al. Unii Lubelskiej. Pełne ładowanie trwało ok. 6 godzin, ale w ciągu dnia autobus kilka razy podjeżdżał do ładowarki, by uzupełnić zapas energii. Około 50–minutowe ładowanie pozwalało na przejechanie dodatkowych 50 kilometrów. Autobus mieści 80 osób, z czego 26 osób na miejscach siedzących. Może rozpędzić się do prędkości 70 km/h. Miasto Lublin zapłaciło za pojazd ok. 1,7 mln zł[24].

AUTOBUS ELEKTRYCZNY EKOVOLT NA ULICACH LUBLINA

Źródło: https://www.dziennikwschodni.pl

[20] MPK Lublin Sp. z o.o.
[21] https://www.transport-publiczny.pl
[22] Mieszkańcy Lublina nadali autobusowi nazwę „Ekovolt”, która została wyłoniona w drodze ogłoszonego konkursu
[23] http://samochodyelektryczne.org
[24] https://www.transport-publiczny.pl

Podstawowe dane dotyczące autobusu marki Ursus E70110

MARKA POJAZDU	**Ursus**
MODEL	E70110
DŁUGOŚĆ	12 m
POJEMNOŚĆ PASAŻERSKA	80
UKŁAD DRZWI	1-2-0, 2-2-0, 1-2-2, 2-2-2
KLIMATYZACJA	Tak
OGRZEWANIE	Tak
ŁADOWANIE DZIENNE	Pantograf na przystanku końcowym
ŁADOWANIE NOCNE	Złącze plug-in w zajezdni
TYP BATERII	Litowo-żelazowo-fosforowe
MAKSYMALNA PRĘDKOŚĆ	70 km/h
POJEMNOŚĆ POKŁADOWEGO MAGAZYNU ENERGII	120 kWh

Źródło: MPK Lublin Sp. z o.o.

Wraz z autobusem elektrycznym, w mieście testowano także innowacyjny system ładowania autobusów elektrycznych krakowskiej firmy EC Engineering. Dzięki przyspieszeniu podłączania systemu oraz możliwości zwiększenia mocy ładowania, poprzez użycie wyższego natężenia prądu w stosunku do systemów opartych o złącze plug-in, czas ten może się stać (w przypadku prądu ładującego o natężeniu 1000 A) nawet 10-krotnie krótszy. Projekt i prototyp tego systemu powstały przy współpracy z Akademią Górniczo-Hutniczą dzięki dofinansowaniu z Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w ramach programu INNOTECH[25].

Aktualnie lubelski Ekovolt jest wykorzystywany na liniach trolejbusowych nr 19, 155 i 159 w okresach szczytowego ich obciążenia, przy czym najczęściej kursuje na pierwszej z nich. Linie te zostały dobrane pod kątem zasięgu autobusu. Pojazd wykonuje kilkugodzinne kursy przed i po południu. Tak skonfigurowany jego rozkład jazdy uwarunkowany jest możliwością doładowania jedynie w zajezdni trolejbusowej na ul. Grygowej, do której, po zakończeniu przez Ekovolt obsługi pętli EKO, przeniesiono ładowarkę z al. Unii Lubelskiej.

Trasa linii nr 19 przebiega w strefie miejskiej. Cechują ją umiarkowane podjazdy. Jej długość wynosi 13,3 km, a średnia odległość między przystankami 500 m. Średnia prędkość eksploatacyjna pojazdu na tej trasie wynosi 17,9 km/h, a średnia prędkość komunikacyjna 22,0 km/h. Dzienny czas użytkowania autobusu wynosi ok. 9 godzin, podczas których pokonuje on dystans ponad 162 km.

Specyfikacja linii, obsługiwanej przez autobus elektryczny w Lublinie

NUMER LINII	**19**
TYPOLOGIA LINII	Strefa miejska
TOPOGRAFIA LINII	Trasa umiarkowana
DŁUGOŚĆ LINII	13,3 km
ŚR. ODLEGŁOŚĆ MIĘDZY PRZYSTANKAMI	0,5 km
ŚREDNIA PRĘDKOŚĆ	17,9 km/h
DZIENNY CZAS UŻYTKOWANIA	9 h
DZIENNY CZAS UŻYTKOWANIA NA NAPĘDZIE CAŁKOWICIE ELEKTRYCZNYM	9 h
DZIENNY DYSTANS	162,3 km

Źródło: MPK Lublin Sp. z o.o.

Dla MPK Lublin główną barierą realizacji strategii rozwoju elektromobilności w transporcie miejskim są wysokie koszty, jakie trzeba ponieść. Stąd też stroną wszelkich projektów i przetargów dotyczących tej strategii jest, występujący w imieniu miasta, Zarząd Transportu Miejskiego w Lublinie (ZTM Lublin), a MPK Lublin użytkownikiem pojazdów z napędem elektrycznym i infrastruktury do ich ładowania w drodze umów dzierżawy lub użyczenia.

[25] https://www.transport-publiczny.pl

Koszty decydowały, że miasto Lublin już trzykrotnie rozpisywało przetarg na dostawę autobusów elektrycznych i infrastruktury do ich ładowania. Dwa z przetargów zostały unieważnione. Pierwszy z nich został ogłoszony w kwietniu 2018 r. Wprawdzie oferty złożyły dwie firmy, ale były one zbyt drogie. Firma Solaris Bus & Coach S.A. za realizację zamówienia na 20 autobusów z napędem elektrycznym oczekiwała kwoty 60,5 mln zł brutto, zaś firma Ursus Bus – 58,0 mln zł brutto. Tymczasem ZTM Lublin miał zarezerwowane na ten cel 53,0 mln zł brutto[26]. Plany ZTM Lublin zakładały, że pierwsze autobusy elektryczne miały dotrzeć do Lublina już jesienią 2019 r., a pozostałe do września 2020 r. Przetarg unieważniono w sierpniu 2018 r.

Kolejny przetarg na tę samą liczbę 20 autobusów z napędem elektrycznym ogłoszono we wrześniu 2018 r. Jego zakres ilościowy oraz założenia co do funkcjonalności użytkowania pojazdów i punktów ładowań pozostały niezmienne. Przedmiotem przetargu były nowe autobusy o długości 12 metrów i pojemności pasażerskiej 70 osób, wyposażone w klimatyzację, monitoring i dostosowane do przewozu osób niepełnosprawnych. Miały one zostać wyposażone w biletomaty z możliwością płacenia zarówno gotówką, jak i kartą płatniczą, a także w bramki do liczenia pasażerów oraz porty USB do ładowania urządzeń mobilnych.

Wobec wielu pytań i wniosków zmieniono specyfikację przetargową tak, aby umożliwić spełnienie wszystkich wymogów i złożenie jak największej liczby ofert, co w konsekwencji powinno się przełożyć na korzystniejsze warunki cenowe i parametry jakościowe. Główne zmiany dotyczyły parametrów baterii, konstrukcji nadwozia, w tym np. zabudowy silnika. Zmieniono również kryteria oceny ofert, tzn. zmniejszono wagę gwarancji na korzyść parametrów technicznych.

Przetarg obejmował także montaż na terenie miasta urządzeń do szybkiego ładowania, zaś w zajezdni ładowarek, które pozwolą na nocne uzupełnianie energii. ZTM Lublin zakładał, że pojazdy zostaną dostarczone w trzech partiach, tzn. 5 autobusów do połowy marca 2020 r., 10 do połowy czerwca 2020 r., zaś 5 najpóźniej do połowy września 2020 r.[27] Wraz z dostawą pierwszej partii autobusów, miasto spodziewało się uruchomienia ładowarek, tj. czterech urządzeń o mocy 450 kW każda na pętli przy ul. Choiny oraz dziewięciu podwójnych i dwóch mobilnych umożliwiających ładowanie nocne w zajezdni przy ul. Grygowej.

Tym razem autobusy z napędem elektrycznym była gotowa dostarczyć tylko czeska firma SOR Libchavy, jednak złożona przez nią oferta także przekraczała możliwości finansowe miasta[28]. Propozycja czeskiego producenta dotyczyła autobusów klasy ENS12 i opiewała na kwotę 55,2 mln zł brutto, co dawało cenę jednostkową za jeden autobus z pakietem do ładowania w wysokości 2,7 mln zł brutto, tj. nieco ponad 142,2 tys. zł brutto mniej w porównaniu z najtańszą ofertą z poprzedniego przetargu. Producent zaproponował też miastu Lublin 9 dwustanowiskowych wolnych ładowarek, 2 ładowarki mobilne do wolnego ładowania i 4 ładowarki do szybkiego ładowania. Dodatkowo SOR Libchavy zaoferował objęcie autobusów elektrycznych 5-letnią gwarancją całopojazdową i 10-letnią gwarancją na trwałość baterii. Mimo znacznie korzystniejszej oferty cenowej Lublin nie złożył zamówienia. Przetarg został unieważniony w lutym 2019 r., ponieważ miasto nie zdecydowało się na zwiększenie kwoty na jego realizację do poziomu zaoferowanej ceny.

[26] http://lublin.wyborcza.pl
[27] https://www.dziennikwschodni.pl
[28] https://www.lublin112.pl

Poszukiwaniu tańszej oferty na dostawę 20 autobusów z napędem elektrycznym, wkomponowującej się w budżet miasta, miało służyć rozpisanie, w czerwcu 2019 r., trzeciego przetargu. Przetarg ten (jak i dwa unieważnione poprzednio) jest największy, pod względem liczby zamawianych autobusów elektrycznych i infrastruktury do ich ładowania, we wschodniej części Polski.

Kwota przeznaczona na zakup autobusów elektrycznych nie uległa zmianie, jednak złagodzono wymagania techniczne, co miało się przełożyć na niższą cenę. O połowę skrócono wymagania dotyczące okresu gwarancji na baterie, które są jednym z droższych elementów pojazdu. ZTM Lublin zakłada, że pojazdy zostaną dostarczone miastu w dwóch partiach, tzn. 5 autobusów do połowy czerwca 2021 r., zaś 15 najpóźniej do 15 września 2021 r.[29]

Nowe autobusy mają obsługiwać linie nr 13, 23 i 29. Ich trasy prowadzą na Czechów, a w niedalekiej przyszłości zostaną wydłużone do nowej pętli na ul. Choiny, w rejonie granic miasta. Tam też będą zamontowane 4 urządzenia do ładowania autobusów. Samo ładowanie ma się odbywać za pomocą pantografów, w trakcie postoju pojazdu na przystanku końcowym i oczekiwania na kolejny kurs.

Rozwój elektromobilności w transporcie miejskim Lublina wynika bezpośrednio z projektu „Zintegrowany system miejskiego transportu publicznego w Lublinie", realizowanego przez miasto w latach 2011-2014.

Realizacja tego projektu, współfinansowanego ze środków UE, pozwoliła bowiem m.in. na pełną modernizację i rozbudowę taboru trolejbusowego, zwiększenie długości trakcji trolejbusowej oraz budowę nowoczesnej zajezdni. Rozwój ten kontynuowany jest w ramach projektu „Niskoemisyjna sieć komunikacji zbiorowej dla północnej części Lubelskiego Obszaru Funkcjonalnego wraz z budową systemu biletu elektronicznego komunikacji aglomeracyjnej"[30].

Całkowita wartość tego projektu wynosi blisko 175 mln zł, z czego prawie 128 mln zł ma stanowić dofinasowanie unijne z programu operacyjnego Polska Wschodnia 2014-2020.[31]

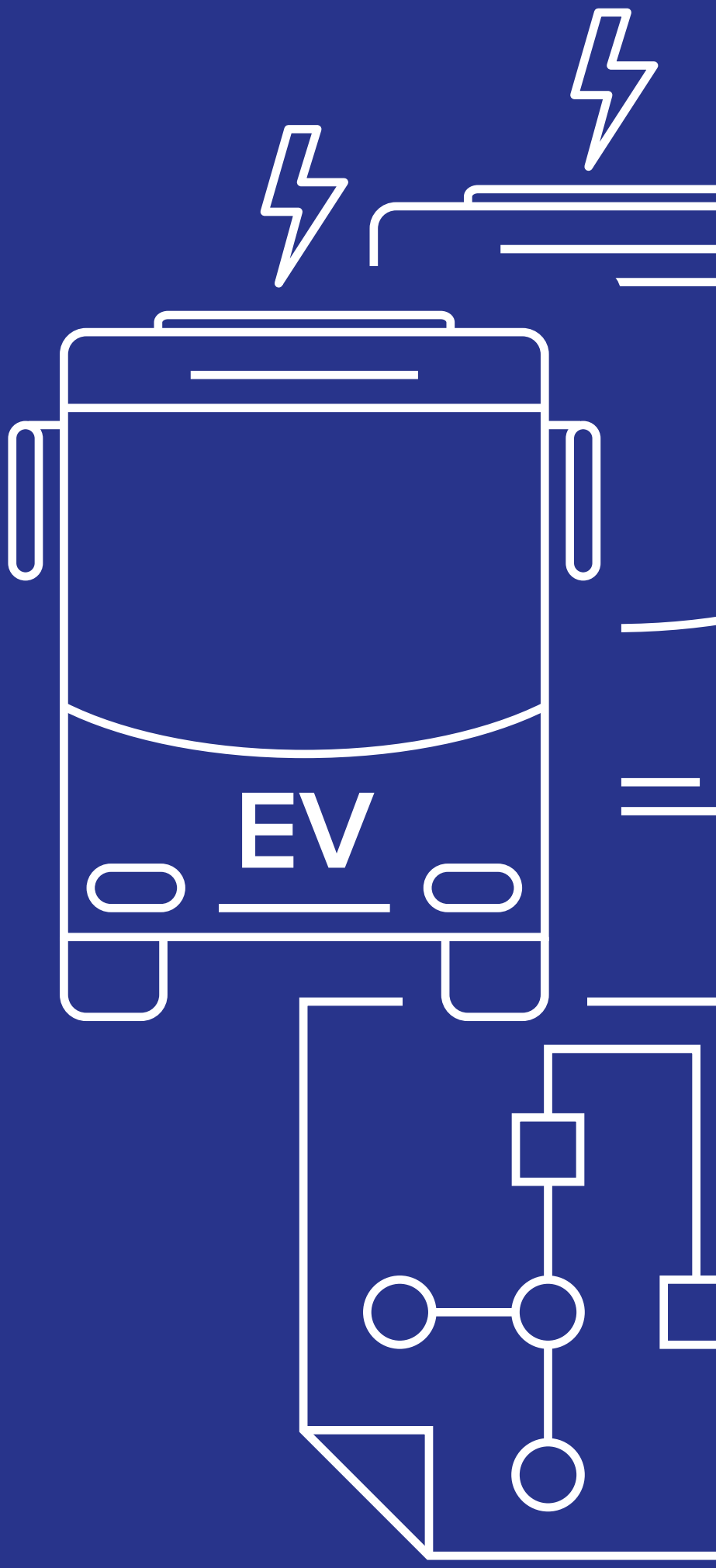
Projekt przewiduje m.in. zakup 32 autobusów elektrycznych jednoczłonowych w ramach projektów podstawowych oraz 34 w ramach projektów rezerwowych, wraz z dostawą infrastruktury w postaci ładowarek.

Miasto Lublin ustaliło już wstępnie na IV kwartał 2019 r. terminy ogłoszenia przetargów na zakup 12 autobusów elektrycznych. Jednak ostatecznie terminy te będą zależały od rozstrzygnięcia postępowania z czerwca 2019 r. na dostawę 20 pojazdów. Lublin przeznaczył na zakup 12 autobusów elektrycznych kwotę 25 mln zł brutto. Przedmiotem przetargu mają być także ładowarki, z których będą korzystały kolejne zamawiane elektrobusy[32].

[29] https://www.lublin112.pl
[30] https://kurierlubelski.pl
[31] Rozwój elektromobilności w transporcie miejskim odnosi się bezpośrednio do osi priorytetowej II – „Nowoczesna struktura transportowa" i Działania 2.1 – „Zrównoważony transport miejski" tego programu
[32] https://kurierlubelski.pl

best practice 4

JAK PLANOWAĆ FLOTĘ POJAZDÓW ELEKTRYCZNYCH W SYSTEMIE MIEJSKIEGO TRANSPORTU ZBIOROWEGO?


EV

best practice 4

Planowanie wielkości i struktury taboru we flocie komunikacji miejskiej jest jednym z podstawowych zadań stojących przez organizatorem i operatorem publicznego transportu zbiorowego. Ten etap planowania jest zależny od projektu układu linii komunikacyjnych. Może być ustalany po nim, jako element wtórny, lub realizowany jednocześnie, jako złożone zadanie optymalizacyjne.

Określanie liczby jednostek taboru i jego struktury rodzajowej (midibusy, pojazdy standardowe, przegubowe itp.) jest działaniem złożonym. W jego ramach możliwa jest optymalizacja przypisania pojazdów do obsługi poszczególnych kursów, zmiany obsługiwanych linii przez poszczególne autobusy. Działania te mogą pozwalać na zmniejszenie liczby pojazdów do zapewnienia takiego samego standardu usług przewozowych oraz na zmniejszenie łącznych kosztów.

Do rozważenia jest także analiza wprowadzenia przejazdów technicznych bez pasażerów w celu zmiany obsługiwanych linii przez autobusy. Pomimo wprowadzenia dodatkowych kosztów pracy przewozowej, może to przyczynić się np. do zmniejszenia zapotrzebowania na tabor i łącznie spowodować zmniejszenie całkowitych kosztów. Zakres działań w tym zakresie jest rozbudowany.

Planowanie floty taborowej i jej struktury rodzajowej, ze względu na złożoność zagadnienia, należy wspomagać oprogramowaniem komputerowym do zarządzania i modelowania podaży transportu zbiorowego, co usprawni proces optymalizacji i zwiększy liczbę analizowanych wariantów rozwiązań.

Bazując na przyjętym układzie linii oraz zaproponowanym rozkładzie jazdy, należy oszacować zapotrzebowanie na tabor.

W przypadku „elektryfikacji” systemu autobusowego, zoptymalizowanie wielkości taboru niezbędnego do wypełnienia narzuconych przez organizatora warunków, wymaga dodatkowo uwzględnienia potrzeb autobusów elektrycznych.

Oprócz powiązania częstotliwości kursowania z czasami przejazdu linii, co często wynika z zatłoczenia sieci ulicznej, dochodzi problem zapewnienia odpowiedniego czasu postoju na pętlach w celu podładowania baterii. Plan liczby jednostek taborowych poszczególnych wielkości (midibusy, autobusy standardowe, 15-metrowe, przegubowe) wynika z przyjętej strategii „elektryfikacji” układu komunikacyjnego oraz wyboru linii, które mają być obsługiwane przez autobusy elektryczne.

Jednocześnie należy mieć na uwadze, że znaczenie „elektryfikowanych” linii dla określenia floty pojazdów elektrycznych jest nieco mniejsze niż w przypadku wyboru pętli do zainstalowania punktów ładowania. Wynika to z faktu, że w miarę wystąpienia nowych potrzeb i podjęcia nowych decyzji, autobusy elektryczne mogą być wykorzystywane do innych zadań przewozowych niż pierwotnie założone. Jednakże na etapie planowania wielkość oraz struktura rodzajowa taboru elektrycznego powinny stanowić spójną część strategii obsługi układu komunikacyjnego przez tego typu autobusy.

Należy jednak pamiętać, że wyznaczenie wielkości oraz struktury floty taboru elektrycznego musi odpowiadać nie tylko obecnemu, lecz także przyszłemu zapotrzebowaniu na przewozy. Dlatego w celu właściwego określenia tych parametrów dla poszczególnych linii w przyszłości, powinno się wykorzystać symulacje w prognostycznych modelach ruchu makroskopowego, w celu określenia przyszłych potoków pasażerskich oraz przyszłego popytu na poszczególne linie autobusowe.

KRAKÓW

Rondo
ofiar Katynia
SOLARIS
Urbino electric
SOLARIS
PZ 843FR

KRAKÓW

POLSKA

Kraków, jako pierwsze z dużych polskich miast, rozpoczął próby z autobusami elektrycznymi. Jest pierwszym miastem w Polsce, w którym została uruchomiona regularna linia obsługiwana autobusami elektrycznymi oraz otwarta stacja do ładowania autobusów przez pantograf. To również mieszkańcy stolicy Małopolski, jako pierwsi w Polsce, mieli możliwość podróżowania przegubowym autobusem elektrycznym.

PRZEGUBOWY AUTOBUS ELEKTRYCZNY MARKI SOLARIS URBINO 18 ELECTRIC NA ULICACH KRAKOWA

Źródło: https://www.transport-publiczny.pl

Decydując się na eksploatację autobusów z napędem elektrycznym, miasto Kraków poszukuje rozwiązań, które pozwolą z jednej strony rozwijać komunikację zbiorową, a z drugiej strony spełniać coraz ostrzejsze normy środowiskowe. Wykorzystanie autobusów elektrycznych do świadczenia usługi komunikacji miejskiej stanowi element polityki strategicznej Krakowa w zakresie gospodarki niskoemisyjnej i ograniczenia zanieczyszczenia powietrza, którego źródłem jest transport miejski[33].

Już w 2014 r. spółka Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne Sp. z o.o. w Krakowie (MPK Kraków) testowało autobusy z napędem elektrycznym w ruchu miejskim. Przedmiotami testów były autobusy dzierżawione od polskich i zagranicznych producentów, tj. od firmy Solaris Bus & Coach S.A., BYD Auto i Rampini Carlo S.p.A.[34]

Wielomiesięczne próby potwierdziły m.in. duże oszczędności dla przewoźnika. Okazało się, że koszty energii elektrycznej do elektrobusów stanowią ok. jedną czwarta kosztów oleju napędowego. Średnio MPK Kraków wydawało bowiem na przejechanie przez autobus z napędem Diesla miliona kilometrów – 1327,21 tys. zł, podczas gdy na energię elektryczną, potrzebną do przejechania tego dystansu przez elektrobus 335,2 tys. zł.

Pozytywne wyniki testów spowodowały, że rozpisano przetarg najpierw na kilka, a potem na kolejne autobusy elektryczne, różnych długości. W styczniu 2016 r. wprowadzono do eksploatacji autobus elektryczny marki Solaris Urbino 12 electric, który wcześniej był pojazdem testowym producenta. Pół roku później producent dostarczył cztery pojazdy marki Solaris MIDI Urbino 8,9 electric, a kolejny Solaris Urbino 12 electric w styczniu 2017 r.[35]

[33] MPK Kraków Sp. z o.o.
[34] https://www.transport-publiczny.pl
[35] http://www.mpk.krakow.pl

Podstawowe parametry techniczne elektrobusów marki Solaris Urbino 12 electric

MARKA POJAZDU	**Solaris**
MODEL	Urbino 12 electric
DŁUGOŚĆ	12 m
POJEMNOŚĆ PASAŻERSKA	70
UKŁAD DRZWI	1-2-0, 2-2-0, 1-2-2, 2-2-2
KLIMATYZACJA	Tak
OGRZEWANIE	Tak
ŁADOWANIE	Pantograf lub złącze plug-in
TYP BATERII	Litowo-jonowe
MOC SILNIKA TRAKCYJNEGO	160 kW
POJEMNOŚĆ POKŁADOWEGO MAGAZYNU ENERGII	208 kWh

Źródło: https://pl.wikipedia.org, https://www.solarisbus.com

O kolejne 20 pojazdów tabor elektrobusów krakowskiego MPK powiększył się w sierpniu 2017 r., tj. o 17 pojazdów marki Solaris Urbino 12 electric i 3 przegubowe pojazdy marki Solaris Urbino 18 electric. Koszt dostawy pojazdów 12-metrowych wyniósł 34,8 mln zł netto, a autobusów przegubowych prawie 8 mln zł netto[36].

W maju 2019 r. w Krakowie eksploatowano zatem 26 autobusów z napędem elektrycznym, wszystkie produkcji Solaris Bus & Coach S.A., w tym: 3 przegubowe marki Urbino 18 electric, 19 klasy Solaris Urbino 12 electric oraz cztery klasy MIDI Urbino 8,9 electric. W zestawieniu z 567 jeżdżącymi po mieście, autobusy z napędem elektrycznym stanowiły 4,6% taboru autobusowego miasta.

Zakupy autobusów elektrycznych i realizacja inwestycji w zakresie rozwoju infrastruktury o docelowej wartości ponad 167,4 mln zł zostały dofinansowanie z funduszy unijnych. Ponad 115,7 mln zł pochodziło z Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Małopolskiego

AUTOBUS ELEKTRYCZNY MARKI SOLARIS MIDI URBINO 8,9 ELECTRIC NA KRAKOWSKIM RYNKU

Źródło: http://krakow.pl

na lata 2014-2020. Pozostała część wartości inwestycji została pokryta ze środków MPK Kraków.

Potrzeba zrównoważonego rozwoju transportu, poprzez wymianę taboru autobusowego na pojazdy niskoemisyjne na terenie aglomeracji krakowskiej, została ujęta w Strategii Zintegrowanych Inwestycji Terytorialnych, która m.in. odwołuje się do planów sporządzonych na szczeblu województwa małopolskiego i Gminy Miejskiej Kraków. Plany te wskazują na konkretne działania zmierzające do zmniejszenia zanieczyszczenia powietrza, tj. na działania wynikające z „Programu ochrony powietrza dla województwa małopolskiego" oraz z „Planu gospodarki niskoemisyjnej dla Gminy Miejskiej Kraków".

Krakowskie autobusy z napędem elektrycznym kursują na liniach nr 169, 154 oraz nr 124 o płaskich profilach topograficznych, przebiegających w centrum miasta[37]. Na trasach tych linii poruszają się one z średnią prędkością od 18,4 km/h (na linii nr 124) do 20,1 km/h (na linii nr 154). Długość linii nr 169, obsługiwanej przez autobusy 12-metrowe, wynosi 14,2 km. W godzinach kursowania każdy z tych autobusów pokonuje średnio 114 km. Długość linii nr 154, obsługiwanej przez autobusy 9-metrowe, wynosi 5,6 km. Każdy z tych autobusów pokonuje dziennie średnio 153 km[38]. Warto zaznaczyć, że dwa z nich zostały wypożyczone do przewożenia gości podczas szczytu klimatycznego COP24 w Katowicach w grudniu 2018 r.[39]

[36] https://www.polsatnews.pl
[37] „An updated overview of electric buses in Europe. ZeEUS eBus Report", April 2018
[38] MPK Kraków Sp. z o.o.
[39] http://krakow.pl

Specyfikacja linii obsługiwanych przez autobusy elektryczne w Krakowie

NUMER LINII	154	169	124
TYPOLOGIA LINII	Centrum miasta	Centrum miasta	Centrum miasta
TOPOGRAFIA LINII	Trasa płaska	Trasa płaska	Trasa płaska
DŁUGOŚĆ LINII	5,6 km	14,2 km	9,0 km
ŚREDNIA ODLEGŁOŚĆ MIĘDZY PRZYSTANKAMI	0,55 km	0,52 km	0,55 km
ŚREDNIA PRĘDKOŚĆ	20,1 km/h	19,7 km/h	18,4 km/h
GODZINY KURSOWANIA	4.21 – 23.50	4.18 – 23.59	4.40 – 23.45
DZIENNY DYSTANS	153,5 km	114,3 km	528,2 km

Źródło: MPK Kraków Sp. z o.o.

Nowe autobusy marki Solaris Urbino 12 electric dla krakowskiego MPK są wyposażone w centralny silnik trakcyjny o mocy 160 kW i baterie typu Solaris High Energy o pojemności 160 kWh. Z kolei autobusy przegubowe marki Solaris 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[40]. MPK Kraków zapewniło sobie trzyletnią gwarancję na baterie autobusów. Nie można bowiem aktualnie wykluczyć niemałego (nawet do kilkuset tys. złotych) kosztu ich wymiany. Nowe autobusy są niskopodłogowe, wyposażone w klimatyzację, automat biletowy, monitoring, system informacji pasażerskiej, a także ładowarki USB.

Autobusy z napędem elektrycznym wymagały rozbudowy niezbędnej infrastruktury. W Krakowie zdecydowano się na mieszany model ich ładowania. Autobusy są bowiem podłączane zarówno do 28 ładowarek w wybudowanej zajezdni Wola Duchacka, jak i korzystają za pomocą pantografów z ośmiu stacji szybkiego ładowania zlokalizowanych na krańcach linii.

Dodatkowo, w zajezdni w Nowej Hucie powstała stacja transformatorowa do ładowania autobusów elektrycznych. W pierwszej połowie 2018 r. w Krakowie były trzy szybkie ładowarki, w tym nietypowa, korzystająca z trakcyjnej sieci tramwajowej na ulicy Pawiej, niedaleko Dworca Głównego[41]. W kolejnych miesiącach oddano do użytku pięć nowych stacji ładowania autobusów przez pantograf, w tym trzy w mieście, tj. na ul. Konopnickiej, Piaszczystej, oraz druga na ulicy Pawiej, a także w zajezdniach Wola Duchacka i na Brożka.

STACJA ŁADOWANIA AUTOBUSÓW PRZY UL. PAWIEJ W KRAKOWIE

Źródło: https://lovekrakow.pl

Mając na uwadze spełnienie wymogów Ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych, władze Krakowa przyjęły ogólne założenia dotyczące zwiększania liczebności floty autobusów miejskich. Z założeń tych wynika konieczność zakupu, przez najbliższe lata, co najmniej 153 takich autobusów, przy czym zakup ten ma być realizowany w następujący sposób: 3 autobusy elektryczne do 2021 r.

[40] P. Skalski, „Autobusy elektryczne w Polsce", Bezpieczeństwo i ekologia, 12/2017

[41] Standardowa moc ładowarek szybkich wynosi 250 kW (choć teoretycznie możliwa jest nawet do 400 kW), zaś ładowarek zajezdniowych 40 kW (choć możliwe jest ładowanie z mocą do 90 kW)

Władze miasta wzięły pod uwagę sześć różnych wariantów rozwoju zeroemisyjnej floty. Ostatecznie wybrano wariant zakładający zakup 153 elektrycznych autobusów, które mogłyby korzystać z 13 stacji ładowania.
Z przeprowadzonej analizy wynikało, że inwestycja będzie niemożliwa do realizacji, bez pozyskania bezzwrotnego zewnętrznego dofinansowania na poziomie minimum 63% jej kosztów netto, które szacuje się łącznie na 377,8 mln zł. Nowe autobusy elektryczne będą wykorzystywane na liniach, których przebieg wyznaczono w rejonach, gdzie notuje się największy smog, tj. m.in. na Alejach Trzech Wieszczów.

Plany rozwoju elektromobilności w autobusowym transporcie miejskim Krakowa związane są m.in. z możliwością dofinansowania zakupu 50 autobusów elektrycznych ze środków POIiŚ na lata 2014-2020. MPK Kraków złożyło w styczniu 2019 r. odpowiedni wniosek o dofinansowanie, który weźmie udział w konkursie ogłoszonym przez Centrum Unijnych Projektów Transportowych (CUPT). W przypadku pozytywnego rozpatrzenia tego wniosku, 50 nowych autobusów elektrycznych przegubowych o długości 18 m zostanie dostarczonych do Krakowa w 2020 r. Szacunkowy koszt ich zakupu wynosi ok. 160 mln zł, z czego kwota dofinansowania ze środków UE to prawie 110 mln zł.

Nowe autobusy elektryczne zostaną wyposażone w klimatyzację, monitoring, system informacji pasażerskiej oraz platformy ułatwiające wsiadanie i wysiadanie osobom poruszającym się na wózkach inwalidzkich. Ewentualny zakup tych autobusów sprawi, że już w 2020 r. po krakowskich ulicach będzie kursować w sumie 76 elektrobusów[42], co oznacza znaczne wyprzedzenie przyjętych założeń.

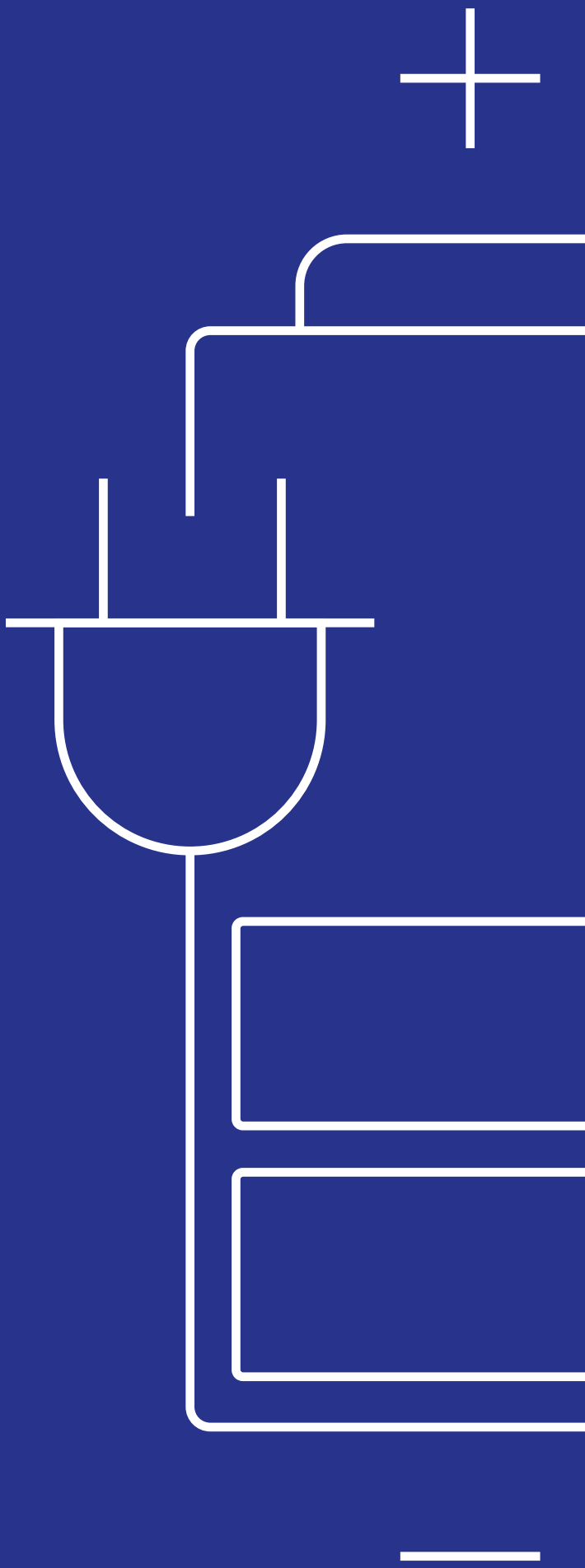
Możliwości zwiększenia liczebności floty miejskich autobusów z napędem elektrycznym w Krakowie daje także porozumienie, podpisane przez miasto w czerwcu 2017 r. z Narodowym Centrum Badań i Rozwoju (NCBR). Jego celem jest współpraca przy opracowaniu, testowaniu, wdrożeniu i sprzedaży nowych, innowacyjnych rozwiązań dotyczących bezemisyjnego transportu publicznego. Zawarte z NCBR porozumienie stwarza MPK Kraków możliwość zakupu do 161 nowych autobusów elektrycznych, w tym do 100 przegubowych[43]. Miasto nie wyklucza możliwości uzyskania na ten zakup dofinansowania z Funduszu Niskoemisyjnego Transportu[44].

Władze Krakowa planują, że w 2025 r. jedna trzecia autobusów miejskich będzie napędzana energią elektryczną, a pozostałe będą spełniały normę spalania co najmniej Euro 6 lub korzystały z napędu hybrydowego. Do 2025 r. elektrobusy mają zastąpić wszystkie autobusy z normami spalania Euro 5 i EEV (enhanced environmental friendly vehicles), których w 2018 r. w krakowskiej flocie autobusów miejskich było jeszcze odpowiednio 11% i 20%[45]. Realizacja tego porozumienia może zapewnić miastu pozycję jednego z liderów w zakresie rozwoju elektromobilności w Polsce.

Realizacja planów rozwoju elektromobilności w publicznym transporcie zbiorowym Krakowa jest w dużym stopniu wrażliwa na wzrost cen autobusów elektrycznych oraz energii elektrycznej, co zwiększy koszty ich eksploatacji. Wystąpienie tego scenariusza może sprawić, że w przypadku niepozyskania odpowiednich funduszy zewnętrznych, możliwość realizacji tych planów staną się mocno ograniczone. MPK Kraków uważa, że uwarunkowania zewnętrzne eksploatacji autobusów elektrycznych znajdują się wciąż na etapie tworzenia ram prawnych, a ich dalsze rozszerzanie może wpływać hamująco na rozwój rynku elektromobilności w Polsce[46].

[42] https://www.transport-publiczny.pl
[43] https://moto.rp.pl
[44] MPK Kraków Sp. z o.o.
[45] https://www.transport-publiczny.pl
[46] MPK Kraków Sp. z o.o.

JAK ANALIZOWAĆ I DOBIERAĆ POJEMNOŚĆ BATERII?



Dobór pojemności baterii znajdujących się w autobusach elektrycznych jest zależny wybranej strategii eksploatacji taboru. Dla doboru pojemności baterii istotne jest więc określenie, czy autobusy mają być wyposażone w pojemne baterie, ograniczające konieczność częstego ich doładowywania, czy też pojemność baterii będzie wymagała częstego uzupełniania energii.

Decyzja ta zdeterminuje:

1. **Czy zakłada się ładowanie autobusów elektrycznych na co najmniej jednej pętli „elektryfikowanych" linii,**
2. **Czy ładowanie ma się odbywać na jednej czy na dwóch pętlach „elektryfikowanych" linii.**

W przypadku, jeśli nie zakłada się ładowania baterii w czasie cyklu pracy autobusu, zasadne jest wyposażenie pojazdu w baterie o dużej pojemności, w celu minimalizacji czasu ładowania lub wykluczenia takiej konieczności na pętlach. Powoduje to większą autonomiczność pojazdu, ale również mniejszą odporność na nieprzewidziane wydłużenia czasu jazdy w kursie, co może wpłynąć na zasięg autobusu i wcześniejsze, nieprzewidziane wyczerpanie się baterii.

W przypadku założenia doładowywania się autobusów na pętlach, pojemność baterii nie musi być przesadnie maksymalizowana. Optymalnie jednak bateria powinna dysponować odpowiednią ilością energii dla kursowania pomiędzy pętlami z założonym zapasem, a doładowanie powinno być realizowane podczas typowych postojów na przystankach krańcowych, które wynikają z „klasycznej" konstrukcji rozkładu jazdy, tj. bez dodatkowego wydłużania postojów na pętlach tylko z uwagi na konieczność doładowania baterii. Dzięki temu zachowuje się dotychczasowy standard obsługi pasażerów w zakresie częstotliwości kursowania oraz obecną liczbę taboru do obsługi linii.

Jeśli ładowanie baterii na pętli wymaga wydłużenia czasu postoju ponad typowy okres postoju, może być konieczne zwiększenie liczby autobusów obsługujących daną linię, w celu zachowania dotychczasowej częstotliwości kursowania. Oznacza to z kolei zwiększenie kosztów zakupu i eksploatacji taboru.

Za niewłaściwe należy uznać w takim przypadku ewentualne pogorszenie częstotliwości kursowania linii w celu zachowania obecnej liczby autobusów ją obsługujących, gdyż powodowałoby to pogorszenie standardu podróży dla pasażerów. Należy także mieć na uwadze, że postoje na pętlach założone w rozkładach jazdy, oprócz zapewnienia przerw dla kierowców, mają też w założeniu kompensację ewentualnych opóźnień, które wystąpiły na trasie. Dlatego, przewidując czas ładowania na pętli należy mieć na uwadze, że dostępna w rzeczywistości długość przedziału czasu może być krótsza niż okres postoju w rozkładzie jazdy.

Należy nadmienić, że z punktu widzenia warunku zapewnienia kursowania autobusu zgodnie z rozkładem jazdy (nie odnosząc się tu do procesów technologicznych ładowania i magazynowania energii) operacja doładowania baterii autobusu na pętli nie musi być realizowana aż do osiągnięcia stanu pełnego naładowania. Po postoju na przystanku krańcowym wystarczające jest zapewnienie takiej ilości energii, która umożliwi przejechanie kursu/kursów aż do kolejnego ładowania (wraz z rezerwą na ewentualne wystąpienie sytuacji losowych, np. zatorów drogowych).

Bazując na dotychczasowo posiadanych lub testowanych pojazdach elektrycznych można określić intensywność rozładowywania baterii podczas kursowania oraz energochłonność napędzania autobusu tym źródłem zasilania. Dzięki wykonaniu takich zestawień oddzielnie dla poszczególnych linii, a najlepiej – odcinków sieci, możliwe jest precyzyjne określenie potrzeb w zakresie pojemności baterii.

Najbardziej wartościowym jest pozyskanie danych dla poszczególnych odcinków sieci, wówczas można precyzyjnie określać zapotrzebowanie na energię dla dowolnie zaprojektowanej trasy linii. Jednak dane te będą aktualne wyłącznie dla stanu obecnego, przy obecnym rozkładzie ruchu drogowego, od którego uzależnione jest kursowanie autobusów. Określenie takiego zapotrzebowania dla dowolnej trasy linii w przyszłych horyzontach wymaga zamodelowania zużycia energii na poszczególnych odcinkach sieci np. w funkcji stopnia wykorzystania przepustowości odcinków. Ostatnią z wymienionych danych można z kolei pozyskać w łatwy sposób z makroskopowych modeli ruchu dla ruchu kołowego.

Należy także dążyć do minimalizacji powierzchni przeznaczonej w autobusie na baterie lub inne urządzenia powiązane. Wynika to z konieczności niepogarszania standardu podróży dla pasażerów w wyniku stosowania pojazdów elektrycznych. Niekorzystnym byłoby wprowadzanie nowych technologicznie autobusów przy pogorszeniu któregoś z innych, dotychczasowych elementów usług przewozowych. Oprócz pogorszenia samego komfortu podróży (wpływającego na decyzję mieszkańców o wyborze komunikacji publicznej) byłoby to niekorzystne także ze względów wizerunkowych i mogłoby przyczyniać się do powstawania pewnej niechęci pasażerów do wprowadzania nowej technologii.

Ograniczanie powierzchni dostępnej dla podróżnych w autobusach, choć powinno być minimalizowane, jest dopuszczalne wyłącznie w przypadku posiadania rezerwy miejsc w pojazdach, także podczas szczytów komunikacyjnych. Rezerwa ta powinna być jednak na tyle duża, aby zmniejszenie przestrzeni dla pasażerów było odczuwalne w bardzo małym stopniu. Jeśli takiej rezerwy nie ma (także w godzinach szczytu) konieczne jest rozważenie zastosowania większych autobusów elektrycznych w zastępstwie za dotychczasowo stosowane mniejsze autobusy nieelektryczne lub zwiększenie częstotliwości kursowania linii, tj. zwiększenie liczby autobusów w ruchu. Wiąże się to jednak z koniecznością przeprowadzenia rachunku ekonomicznego oraz weryfikacji, czy większe pojazdy spełnią warunki geometryczne dla kursowania po sieci ulicznej.

Określenie ewentualnej rezerwy miejsca w autobusach dla stanu obecnego może być zrealizowane na podstawie pomiarów lub modeli ruchu. Dla horyzontów przyszłych, weryfikacja rezerwy miejsc może być jednak wykonana wyłącznie na podstawie symulacji w prognostycznych modelach ruchu.

BONN

SCHLOSSPLATZ
SILEO
SZ SI 11

BONN

NIEMCY

Projekt przejścia z autobusów z napędem konwencjonalnym na pojazdy z napędem elektrycznym w Bonn jest elementem generalnego planu ochrony klimatu w mieście i ważnym filarem miejskiego programu promowania elektromobilności. Miasto Bonn, jako niemieckie miasto ONZ i siedziba UNFCCC, ponosi bowiem szczególną odpowiedzialność za zrównoważony rozwój i ochronę klimatu[47].

Strategia rozwoju elektromobilności w Bonn ma solidne podstawy naukowe. Firma Stadtwerke Bonn Bus und Bahn (SWB), tj. miejski przewoźnik, była jedną z pierwszych europejskich firm transportu miejskiego, która zleciła wykonanie studium zasadności i wykonalności tej strategii. Miało ono na celu zbadanie możliwości i zagrożeń przejścia z eksploatacji Diesla na napęd elektryczny w sieci transportu publicznego w Bonn. Zlecenia wykonania badań i sporządzenia studium udzielono w 2012 r. Departamentowi Systemów Komunikacyjnych i Infrastrukturalnych Instytutu Frauenhofera (Fraunhofer-Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme) z siedzibą w Dreźnie, a partnerami badania zostały: miasto Bonn, instytucja TÜV Rheinland oraz Izba Przemysłowo-Handlowa w Bonn (Industrie-und Handelskammer Bonn/Rhein-Sieg).

Studium wykonalności „Wstępna koncepcja elektrycznego transportu publicznego Bonn" zostało ukończone w grudniu 2013 r. Główny wniosek z niego płynący stanowił, że istniejąca sieć autobusowa Bonn (z wyjątkiem linii SB60 na lotnisku) i struktura rozkładów jazdy, zasadniczo nadają się do całkowitej konwersji, pod względem technicznym i ekonomicznym, pod kątem eksploatacji autobusów z napędem elektrycznym, przy czym konwersja ta jest możliwa do zrealizowania do 2030 r.[48] Sformułowano przy tym zasadniczy warunek jej powodzenia wskazujący na to, że autobusy z napędem elektrycznym muszą osiągać zasięg, bez konieczności dodatkowego doładowywania, co najmniej 200 km.

Jednym z priorytetów rozwoju elektromobilności w Bonn jest wymóg ładowania wszystkich autobusów w zajezdni, co umożliwia korzystanie ze sprawdzonych i ekonomicznie zoptymalizowanych operacji. Zrezygnowano tym samym ze stacji ładowania na obszarze miasta i możliwości uzupełniania energii przez autobusy za pomocą pantografów. Władze miasta obawiają się bowiem, że problemy ze swobodnym dostępem do tych stacji mogłyby powodować opóźnienia w kursowaniu autobusów. Realizacja tego priorytetu pozwala także uniknąć znaczących kosztów budowy infrastruktury ładowania w mieście.

Centralne ładowanie oraz 200-kilometrowy zasięg autobusów warunkuje strategia funkcjonowania komunikacji miejskiej w Bonn. Polega ona nie tylko na możliwości elastycznej eksploatacji autobusów na wszystkich liniach, ale także na tzw. liniach łączonych (tzw. Umläufy), tj. obsłudze przez nie kliku linii[49], z których 48% liczy do 200 km. Mimo wymaganego zasięgu autobusów elektrycznych, w mieście nadal pozostają linie, które nie mogą być przez nie obsługiwane.

Firma SWB szacuje, że przy zasięgu 385 km wszystkie linie komunikacyjne mogłyby być obsługiwane przez autobusy elektryczne.

[47] https://www.swb-busundbahn.de
[48] https://zeeus.eu
[49] Przykład Umlauf-u w Bonn stanowi eksploatacja tego samego autobusu na połączonych trasach linii nr 610 (autobus odjeżdża o godzinie 4.37), nr 612 (autobus odjeżdża o 8.00) i nr 630 (autobus odjeżdża o 12.00)

Władze miasta liczą, że wobec pozytywnych wyników przeprowadzonych testów autobusów przegubowych o zasięgu do 250 km oraz perspektyw pozyskania autobusów o zasięgu do 300 km, liczba tych linii znacząco spadnie w najbliższych latach[50].

Motywem dla zwiększonego zainteresowania firmy SWB rozwojem elektromobilności w transporcie miejskim są rosnące koszty oleju napędowego. W ciągu ostatnich dziesięciu lat jego cena wzrosła o 80%, co oznacza dla przewoźnika koszty paliwa w wysokości 7 mln euro rocznie, a ich wzrost do 10 mln euro rocznie wcale nie jest nierealistyczny w najbliższej przyszłości[51]. Energia elektryczna jest natomiast wytwarzana w siostrzanej firmie SWB Energy and Water, tj. elektrowni należącej do grupy kapitałowej SWB. Dlatego też firma SWB w swojej strategii rozwoju niskoemisyjnego transportu miejskiego stawia na autobusy z „czystym" napędem elektrycznym, wykluczając jednocześnie autobusy z napędem hybrydowym, gazowym i wodorowym.[52]

Kompleksowa strategia firmy SWB w zakresie ochrony środowiska przyczyniła się do tego, że autobusy elektryczne napędzane są energią odnawialną. Energia ta jest wprawdzie droższa, ale, jak twierdzi Jürgen Reining, dyrektor zarządzający firmy SWB, inne rozwiązania mijają się z celem. Dodaje on, że trzeba korzystać z energii odnawialnej, jeśli się chce, aby elektromobilność była istotnym elementem „czystej kultury"[53].

Użytkując autobusy z napędem elektrycznym, miasto ogranicza poziom zanieczyszczenia i hałasu. Bonn jest bowiem jednym z najgłośniejszych miast w Nadrenii Północnej i Westfalii. Możliwość znacznego ograniczenia poziomu hałasu porą nocną wiąże się z możliwością eksploatacji autobusów z napędem elektrycznym na liniach nocnych.

Równolegle z badaniem ekonomicznych i technicznych aspektów wykonalności projektu elektryfikacji transportu miejskiego w mieście, firma SWB rozpoczęła próby eksploatacji autobusów z napędem elektrycznym solo i przegubowych różnych producentów, dzięki której zdobyła cenne doświadczenie.

Już w czerwcu 2014 r. w Bonn był testowany autobus z napędem elektrycznym marki BYD. Odległość testowa wynosiła ponad 1000 kilometrów, którą autobus przebył z maksymalnym wykorzystaniem pojemności pasażerskiej. Test pojemności baterii zaostrzono, utrzymując klimatyzację i oświetlenie przez cały okres jego trwania. Testowany autobus osiągnął zasięg 200 km bez ładowania, a nawet po pokonaniu tego dystansu bateria miała pojemność co najmniej 10%[54].

W październiku 2014 r. na ulicach Bonn pojawił się autobus marki Ebusco, tj. pierwszy testowy liniowy autobus z napędem elektrycznym, udostępniony przez producenta, który rozpoczął obsługę linii nr 607. Pojazd miał 35 miejsc siedzących i 49 miejsc stojących, moc jego silnika wynosiła 150 kW, a zasięg 298 km. Jego akumulator można było naładować w ciągu pięciu i pół godziny w zajezdni Friesdorf. Trasa linii nr 607 obejmowała odcinek łączący szpital Malteser z miejscowością Ramersdorf. Została ona wybrana ze względu na jej nachylenie, pozwalające na testowanie zachowania autobusu. Długość tej trasy wynosiła 17,2 km, którą autobus pokonywał ze średnia prędkością 17,2 km/h. Przeciętny „czas pracy" autobusu wynosił 13 godzin, a przejechany dystans 200 km dziennie. W okresie testowania, przejazdy autobusem były bezpłatne.

[50] https://www.rheinexklusiv.de
[51] https://www.eltis.org
[52] http://www.general-anzeiger-bonn.de
[53] https://www.rheinexklusiv.de
[54] https://www.eltis.org

AUTOBUSY ELEKTRYCZNE UCZESTNICZĄCE W PIERWSZYM TEŚCIE PORÓWNAWCZYM W BONN

Źródło: https://busfahrt.com

Celem prób trzech kolejnych autobusów marki Bozankaya Sileo, przeprowadzonych w okresie od listopada 2014 r. do stycznia 2015 r., była ocena ich eksploatacji w rutynowym ruchu liniowym w zimnych miesiącach roku[55].

W trzydniowych testach porównawczych, przeprowadzonych w Bonn w październiku 2016 r. pod egidą fachowego magazynu "Omnibus Spiegel", uczestniczyły autobusy z napędem elektrycznym następujących marek: Bollore Bluebus 12, Ebusco 2.1, Linkker 12, Sileo S12, VDL Citea SLF 120 electric oraz Solaris Urbino 12 electric[56]. Podczas testów ocenie podlegały wszystkie istotne parametry eksploatacyjne tych autobusów, np. hałas, zasięg czy zastosowane rozwiązania techniczne, w tym baterie. Testy w Bonn nie przewidywały sprawdzania i wykorzystania pantografów do ładowania pojazdów. Miasto nie posiada bowiem infrastruktury przystosowanej do korzystania z tej techniki ładowania elektrycznych autobusów.

Testy pozwoliły na porównanie przebiegu różnych procesów ładowania autobusów. Skonfrontowano bowiem ładowanie wyłącznie całonocne plug-in autobusu Sileo S12, wyposażonego w pojemne baterie, z ładowaniem autobusu Linkker 12 w czasie jego użytkowania w pracy na krańcach linii oraz wielofunkcyjnym ładowaniem autobusu Solaris Urbino 12 electric[57].

Podobne testy w Bonn przeprowadzono w październiku 2018 r. Tym razem na terenach operacyjnych firmy SWB w obliczu praktycznej próby stanęły trzy 18-metrowe autobusy przegubowe z napędem elektrycznym, tj. Sileo S18, Solaris Urbino 18 electric i VDL Citea SLFA-181 Electric[58]. W ramach testów wyznaczono ich wagę, zmierzono hałas wewnętrzny oraz dokonano oceny statyki. Przeprowadzono także jazdy próbne autobusów na wybranych liniach górskich i płaskich po pełnym naładowaniu ich baterii[59].

AUTOBUSY ELEKTRYCZNE UCZESTNICZĄCE W DRUGIM TEŚCIE PORÓWNAWCZYM W BONN

Źródło: https://visit-goergler.jimdo.com

W czasie testów okazało się, jak istotna w warunkach Bonn jest pojemność baterii autobusu i efektywność całonocnego ładowania w zajezdni. Zadecydowały one bowiem wcześniej o tym, że sześć autobusów z napędem elektrycznym marki Sileo S12 znalazło się w liniowej eksploatacji miasta od lutego 2016 r. Trwałe uruchomienie tych autobusów w regularnych serwisach i uzupełnienie nimi floty 200 autobusów z napędem diesla była pochodną decyzji rady nadzorczej firmy SWB o uczestnictwie w unijnym projekcie demonstracyjnym ZeEUS[60]. Pozwoliło ono nie tylko na uzyskanie dofinansowania do zakupu tych autobusów w wysokości 500 tys. euro, ale także na

[55] http://www.general-anzeiger-bonn.de
[56] https://www.transport-publiczny.pl
[57] http://infobus.pl
[58] https://visit-goergler.jimdo.com
[59] https://www.swb-busundbahn.de
[60] Projekt ZeEUS (Zero Emission Urban Bus System) jest koordynowany przez UITP (International Association of Public Transport) i dotyczy budowy miejskiego systemu autobusowego o zerowej emisji. Jego celem jest przetestowanie innowacyjnych technologii autobusów elektrycznych i różnych koncepcji ich ładowania w dziesięciu europejskich miastach, tj. w Barcelonie, Bonn, Cagliari, Londonie, Münster, Paryżu, Pilźnie, Randstad, Stockholmie i Warszawie. W szczególności jego zadaniem jest zbadanie przydatności i opłacalności tych autobusów w porównaniu z autobusami z silnikami wysokoprężnymi. W projekcie uczestniczy 40 partnerów, w Instytut Frauenhofera. Na jego realizację przeznaczono środki w wysokości 13,5 mln euro

zebranie danych na temat ekonomicznych, ekologicznych i społecznych aspektów elektromobilności w miejskim transporcie autobusowym w zależności od warunków topograficznych i geograficznych[61]. Testowanie autobusów elektrycznych w Bonn, w ramach projektu ZeEUS, zakończono w kwietniu 2018 r.

Podstawowe parametry techniczne autobusu elektrycznego marki Sileo S12

MARKA POJAZDU	**Sileo**
MODEL	S12
DŁUGOŚĆ	12 m
POJEMNOŚĆ PASAŻERSKA	90
ZASIĘG	280 km
PRĘDKOŚĆ MAKSYMALNA	79 km/h
MOC ŁADOWANIA	4-80 kW
TYP BATERII	Litowo-fosforanowo-żelazowe
MOC SILNIKA TRAKCYJNEGO	240 kW
POJEMNOŚĆ POKŁADOWEGO MAGAZYNU ENERGII	225 kWh

Źródło: https://www.sileo-ebus.com

AUTOBUS ELEKTRYCZNY SILEO S12 W BONN

Źródło: https://www.rundschau-online.de

Przeprowadzone w ramach projektu ZeEUS testy wykazały jednak istotny problem związany z użytkowaniem autobusów z napędem elektrycznym[62]. Autobusy marki Sileo S12 potwierdziły bowiem swój duży zasięg, wynikający z ładowania nocnego w zajezdni i możliwość rezygnacji z doładowań dziennych, tylko w okresie letnim. W miesiącach zimowych wydajność ich baterii spadała bowiem znacząco, co powodowało istotny spadek dyspozycyjności autobusów. Przewoźnik przyznał, że w tych okolicznościach eksploatacja autobusów z napędem Diesla jest bardziej komfortowa, ponieważ użytkowanie autobusów elektrycznych generuje zbyt duże ryzyko anulowania kursów.

Problem ten negatywnie wpłynął na dynamikę rozwoju elektromobilności w transporcie miejskim w Bonn. W 2017 r. flotę autobusów miejskich zwiększono bowiem jedynie o autobusy z silnikami wysokoprężnymi. Zdecydowano także, że tylko jeden, z sześciu testowanych autobusów marki Sileo S12, na stałe zasili flotę pojazdów firmy SWB. Działania te były wyrazem jej przekonania, że obecnie całkowita konwersja technologii Diesla na mobilność elektryczną w mieście nie wydaje się możliwa.[63] Jednocześnie zwrócono się z prośbą do producenta o przeprowadzenie modernizacji autobusów w celu zwiększenia ich czasów eksploatacji w miesiącach zimowych.

Występujące problemy nie podważyły jednak trwałości strategii rozwoju elektromobilności w transporcie miejskim w Bonn. Dobitnym wyrazem woli jej kontynuowania była decyzja Rady Nadzorczej firmy SWB z kwietnia 2018 r. o zakupie czterech solo i trzech przegubowych autobusów elektrycznych[64].

[61] https://zeeus.eu
[62] https://www.zfk.de
[63] https://www.electrive.net
[64] https://www.electrive.net

best practice 6

JAK PLANOWAĆ ROZKŁAD JAZDY Z UWZGLĘDNIENIEM AUTOBUSÓW ELEKTRYCZNYCH?

Metodyka planowania rozkładów jazdy dla linii obsługiwanych autobusami elektrycznymi zależy od przyjętych założeń opisanych w pozostałych punktach lub ogólnych założeń organizacji komunikacji publicznej, tj.:

1. **Czy na pętlach będzie realizowane doładowywanie baterii,**
2. **Jak często i ile czasu będą potrzebowały autobusy na naładowanie baterii do wystarczającego poziomu (co zależy od pojemności baterii),**
3. **Czy fakt ładowania autobusów na pętlach będzie wydłużał pierwotny czas postoju na przystankach krańcowych,**
4. **Czy punkty ładowania będą współdzielone przez różne linie,**
5. **Czy konieczne będzie dokonywanie przejazdów technicznych na zajezdnie lub przystanki krańcowe nieobsługiwane przez daną linię, w celu doładowania baterii.**

W przypadku, jeśli bateria autobusu pozwala na kursowanie podczas pełnego zadania przewozowego, konstrukcja rozkładu jazdy sprowadzona jest do klasycznych elementów projektowania, takich jak określenie częstotliwości kursowania, typu taboru, wyznaczenie czasów odjazdów z wszystkich przystanków na trasie, połączenia kursów w „brygady" (zadania do wykonania przez ten sam autobus) oraz ułożenia grafiku pracy dla pracowników. Wprowadzenie faktu ładowania autobusów w czasie realizacji zadania przewozowego powoduje, że liczba elementów, jakie musi uwzględniać rozkład jazdy, zwiększa się.

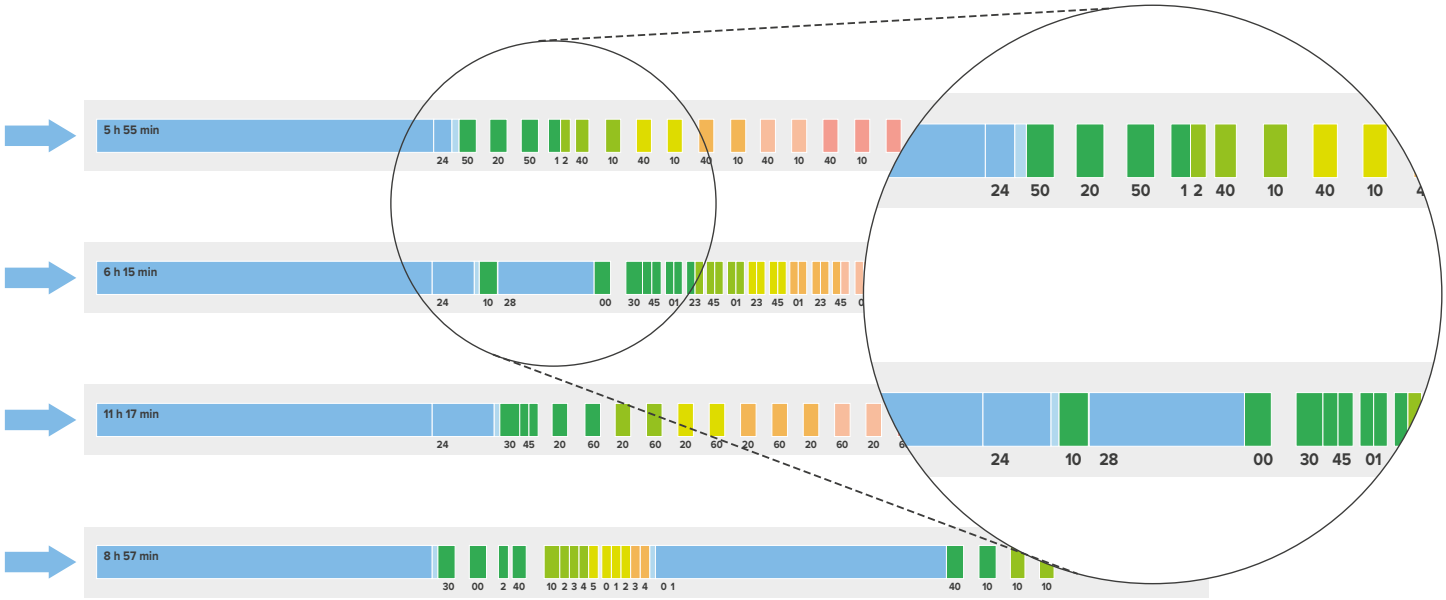
W przypadku, jeśli w czasie pracy autobusu przewidziane jest doładowywanie autobusu na przystanku krańcowym, w rozkładzie jazdy konieczne jest uwzględnienie parametru maksymalnego realnego okresu ładowania podczas postoju na pętli. Jest to czas, który z dość dużym prawdopodobieństwem będzie mógł być regularnie przeznaczany na ładowanie autobusów.

W wielu przypadkach nie jest właściwe założenie, że cały okres postoju na pętli będzie mógł być wykorzystywany na ładowanie baterii. Wynika to z faktu, że postój rozkładowy na przystanku krańcowym, oprócz zapewnienia przerwy dla kierowcy, musi zapewniać możliwość kompensacji ewentualnych opóźnień z kursu poprzedniego, w celu nieprzenoszenia opóźnień na kursy kolejne. Należy tu zaznaczyć, że chodzi o uwzględnienie wyłącznie powtarzalnych opóźnień, a nie o ewentualne zdarzenia epizodyczne, takie jak konsekwencje np. awarii taboru. Maksymalny realny czas ładowania podczas postoju na pętli powinien być więc obliczony, jako rozkładowy czas postoju na pętli pomniejszony o prawdopodobny poziom opóźnienia z kursu poprzedniego, który jest powtarzającym się z określonym prawdopodobieństwem opóźnieniem o danej długości. Wyznacza się go jako kwantyl opóźnień określonego rzędu na podstawie zmierzonych danych historycznych dla stanu obecnego. Powinien być to kwantyl dość wysokiego rzędu, aby maksymalny realny czas ładowania podczas postoju na pętli był wartością pewną do spełnienia. Uwzględnienie tego elementu jest ważniejsze w miastach średnich i większych, w sieciach o większej kongestii ruchu oraz dla linii o długich trasach, czyli w warunkach większych rozrzutów opóźnień w kursowaniu.

Ponadto, w ramach bieżącej eksploatacji, lecz nie w samej konstrukcji rozkładów jazdy, niezbędne jest zapewnienie minimalnego czasu ładowania niezbędnego do naładowania baterii w takim stopniu, aby pozwoliło to na wykonanie kolejnego kursu/kursów do czasu kolejnego ładowania. Jest to warunek konieczny do spełnienia, a w przypadku znacznego zakłócenia ruchu będzie wpływał na bieżące zarządzanie kursowaniem pojazdów.

Kolejnym elementem ważnym do uwzględnienia w rozkładach jazdy jest określenie częstości doładowań i długości ich trwania. Jest to zależne od pojemności baterii oraz intensywności zużycia energii. Jeśli czas ładowania nie będzie przekraczał maksymalnego realnego okresu ładowania podczas postoju na pętli (opisanego wcześniej), to zasadniczo konstrukcja rozkładu jazdy linii „zelektryfikowanej" nie będzie różniła się od konstrukcji dla „zwykłej" linii autobusowej, za wyjątkiem współdzielenia punktów ładowań przez różne linie.

Planowanie rozkładu jazdy z uwzględnieniem pojemności baterii
(proces rozładowywania się baterii w autobusie elektrycznym wraz z kolejnymi przystankami / pokonywanym dystansem)



W oprogramowaniu do modelowania w skali makroskopowej można uwzględnić zarówno kwestie związane z pojemnością baterii, ale także ukształtowaniem terenu, różnymi porami roku czy prowadzonymi pracami na sieci drogowej.

W przypadku wspomnianego współdzielenia punktów ładowania przez różne linie, rozkłady jazdy tych linii powinny być uzgodnione, aby umożliwić założone ładowanie wszystkim pojazdom. Zadanie jest tym bardziej utrudnione, im więcej jest linii i im większe są ich częstotliwości kursowania. Oznacza to jego złożoność w miastach większych (jeśli występuje współdzielenie ładowarek). Wskazane jest w takim wypadku użycie oprogramowania do planowania i modelowania podaży w transporcie zbiorowym.

W przypadku założenia o braku ładowania baterii na pętlach danej linii konieczna jest także weryfikacja, czy nie będzie konieczne wykonywanie przejazdów do sąsiednich pętli wyposażonych w punkty ładowania lub do zajezdni. Sytuacja taka jest niekorzystna, gdyż wiąże się ze zwiększeniem kosztów pracy przewozowej oraz zwiększeniem liczby pojazdów w parku taborowym. W przypadku wystąpienia takiej konieczności wskazane jest wykorzystanie oprogramowania do planowania i modelowania podaży w transporcie zbiorowym w celu minimalizacji kosztów dodatkowych oraz minimalizacji liczby jednostek taborowych do obsługi założonej oferty przewozowej.

case study 6

WARSZAWA

JESTEM ELEKTRYCZNY

WARSZAWA

POLSKA

W czerwcu 2019 r. flota autobusów z napędem elektrycznym, pozostająca w gestii Miejskich Zakładów Autobusowych Sp. z o.o. w Warszawie (MZA Warszawa) liczyła 31 pojazdów, co stanowiło 2% floty autobusów miejskich. Po mieście jeździło 20 autobusów marki Solaris Urbino 12 electric oraz 10 autobusów marki Ursus City Smile 12 LFE. Ponadto jeden przegubowy autobus z napędem elektrycznym został w 2017 r. MZA Warszawa użyczony na trzyletni okres testowania przez firmę Solaris Bus & Coach S.A.[65]

WARSZAWSKI AUTOBUS ELEKTRYCZNY URSUS CITY SMILE 12 LFE

Źródło: http://infobus.pl

Autobusy o napędzie elektrycznym, jeżdżące w ramach MZA Warszawa, mają specjalne oznaczenia. Z boku pojazdu, w górnej jego części widnieje napis „jestem elektryczny". Eksploatując je Warszawa kieruje się przede wszystkim oczekiwaniami społecznymi, co do jakości życia w mieście oraz koniecznością spełnienia wymogów Ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych. Oczekiwania te można bowiem spełnić w wyniku całkowitej eliminacji paliw konwencjonalnych z systemów zasilania autobusów miejskich w perspektywie kilkudziesięciu najbliższych lat[66].

Autobusy Solaris Urbino 12 electric i Ursus City Smile 12 LFE zabierają na pokład maksymalnie odpowiednio 70 i 82 pasażerów. Oba typy elektrobusów wyposażone są w klimatyzację i ogrzewanie. Ich długość wynosi 12 m. Warszawskie autobusy elektryczne mogą być ładowane w dwójnasób, tj. za pomocą złącza plug-in używanego podczas postoju w zajezdni oraz ładowarki ulicznej z wysięgnikiem, z którym autobus łączy się za pomocą pantografu. Pierwszy sposób ładowania zajmuje ok. 8-10 minut, zaś drugi ok. 4 godzin.

Podstawowe parametry techniczne elektrobusów marki Ursus

MARKA POJAZDU	**Ursus**
MODEL	City Smile 12 LFE
DŁUGOŚĆ	12 m
POJEMNOŚĆ PASAŻERSKA	82
UKŁAD DRZWI	1-2-1, 1-2-2, 2-2-2
KLIMATYZACJA	Tak
OGRZEWANIE	Tak
ŁADOWANIE DZIENNE	Pantograf na przystanku końcowym
ŁADOWANIE NOCNE	Złącze plug-in w zajezdni
MOC SILNIKA TRAKCYJNEGO	170 kWh
POJEMNOŚĆ POKŁADOWEGO MAGAZYNU ENERGII	200 kWh

Źródło: https://pl.wikipedia.org, https://www.ursus.com/pl

[65] https://www.transport-publiczny.pl
[66] MZK Warszawa Sp. z o.o.

Autobusy elektryczne obsługują przede wszystkim trasę linii nr 222 o płaskim profilu topograficznym, przebiegającej w centrum miasta. Jej długość wynosi 10,5 km, na której przystanki rozmieszczone są średnio do 400 m. Autobusy poruszają się po niej ze średnią prędkością 17,1 km/h.

Dzienny czas ich użytkowania wynosi 15,7 godzin, podczas którego pokonują średnio 180 km[67]. Autobusy elektryczne obsługują w Warszawie także linie nr 163, 166, 168, 174 i 218, chociaż stopień ich eksploatacji na tych liniach jest niższy.

Specyfikacja linii obsługiwanych przez autobusy elektryczne w Warszawie

NUMER LINII	**222**	**163, 166, 168, 174, 218**
TYPOLOGIA LINII	Centrum miasta	Centralne dzielnice miasta
TOPOGRAFIA LINII	Trasa płaska	Trasa płaska
DŁUGOŚĆ LINII	10,5 km	6,9-19,9 km
ŚREDNIA ODLEGŁOŚĆ MIĘDZY PRZYSTANKAMI	0,4 km	0,4-0,6 km
ŚREDNIA PRĘDKOŚĆ	17,1 km/h	18-25,8 km/h
DZIENNY CZAS UŻYTKOWANIA	15,7 h	9,8-17,3 h
DZIENNY DYSTANS	180 km	126-278 km

Źródło: MZK Warszawa Sp. z o.o.

Przetarg na pierwsze dziesięć elektrobusów został rozstrzygnięty już w 2014 r. Zostały one zamówione przez MZA w 2015 r. i dostarczone w 2016 r. Autobusy z napędem elektrycznym marki Ursus City Smile 12 LFE zostały dostarczone w styczniu 2017 r. i zaczęły wozić pasażerów w lipcu 2017 r. Przetarg na ich dostawę wygrało w 2016 r. konsorcjum Ursus Bus i AMZ Kutno. Zawarty kontrakt opiewał na kwotę 25 mln zł[68]. Kolejne dziesięć autobusów marki Solaris zostało dostarczonych w marcu 2018 r., a przetarg na ich dostawę rozstrzygnięto w 2017 r. Wszystkie inwestycje zakupowe MZA wynikają z wieloletniej umowy podpisanej z Zarządem Transportu Miejskiego (ZTM Warszawa), który obserwuje tzw. potoki pasażerskie, monitoruje liczbę pasażerów w autobusach i w tramwajach i na tej podstawie określa potrzeby przewozowe miasta.

Warszawskie MZA są jednym z największych przedsiębiorstw komunikacyjnych w Europie. Codziennie wysyłają na warszawskie ulice ponad 1,2 tys. autobusów. MZA Warszawa są również jednym z europejskich pionierów we wprowadzaniu elektrycznej i niskoemisyjnej floty do obsługi komunikacji miejskiej. Rozwój elektromobilności MZA Warszawa finansują wykorzystując zarówno środki własne, jak i środki unijne i kredyty. Właśnie ograniczona dostępność środków finansowych oraz brak punktów ładowania autobusów w mieście, postrzegane są przez MZA Warszawa, jako główne bariery tego rozwoju.

[67] „An updated overview of electric buses in Europe. ZeEUS eBus Report", April 2018
[68] https://motoryzacja.interia.pl

Część inwestycji MZA Warszawa jest finansowana ze środków europejskiego funduszu ZeEUS. W 2017 r. Warszawa przystąpiła do tzw. Inicjatywy Wdrożenia Zeroemisyjnych Autobusów, której zasadniczym celem jest przyspieszenie przez państwa członkowskie UE rozwoju proekologicznych rozwiązań w zakresie komunikacji autobusowej.

Aktualnie MZA Warszawa używa jednej ładowarki pantografowej przy ulicy Spartańskiej, z której korzystają autobusy linii nr 168 i 222. W lipcu 2019 r. MZA Warszawa podpisały z firmą Ekoenergetyka umowę na budowę 20 ulicznych punktów ładowania autobusów elektrycznych. Umowa przewiduje siedem lokalizacji tych punktów – najwięcej, bo aż sześć na pętli Wilanów, cztery kolejne na Chomiczówce, a po dwa w Szczęśliwicach, Esperanto, Nowodworach, Browarnej i Młynowie. Pierwsze punkty zaczną działać w połowie 2020 r., a całość kontraktu, opiewająca na kwotę 8319,72 zł brutto, zostanie zrealizowana w ciągu 24 miesięcy. Kwota ta jest bardzo atrakcyjna, bowiem przewoźnik założył, że zamówienie może go kosztować nawet 17 220 tys. zł brutto[69].

Zakup ładowarek jest częścią projektu zakupu 130 autobusów z napędem elektrycznym, który jest współfinansowany przez UE w ramach POIiŚ. Zakup tej liczby pojazdów, wyłącznie przegubowców o bardzo dużej pojemności, władze Warszawy planują zrealizować w 2020 r.

Przetarg na dostawę przegubowych autobusów elektrycznych MZA Warszawa ogłosiły w październiku 2018 r. Umowa dofinansowania ich zakupu ze środków POIiŚ, wraz z infrastrukturą towarzyszącą, czyli siecią ładowarek ulicznych, opiewa na kwotę 41 mln euro. To jeden z największych europejskich przetargów na dostawę elektrobusów i jeden z największych projektów w zakresie rozwoju elektromobilności w transporcie miejskim[70].

Cena za dostawę 130 elektrycznych przegubowców, jaką proponuje firma Solaris Bus & Coach S.A., tj. jedyny oferent w ramach rozstrzygniętego w lutym 2019 r. przetargu, wynosi 399 590 tys. zł brutto. Dostawca nie przekroczył kosztorysu warszawskiego przewoźnika, który opiewał na kwotę 431 730 tys. zł brutto[71]. Początek dostaw spodziewany jest w terminie ok. 45 tygodni od podpisania umowy.

Każdy ze 130 przegubowych autobusów elektrycznych marki Solaris Urbino 18 electric będzie wyposażony w baterie typu Solaris High Power o pojemności 150 kWh, na które producent udzielił, zgodnie z wymaganiami zamawiającego, siedmioletniej gwarancji. Energia elektryczna będzie w nich uzupełniana poprzez ładowarki zajezdniowe typu plug-in oraz za pomocą pantografów. Stacje szybkiego ładowania tych autobusów o mocy ponad 400 kW będą rozlokowane w różnych punktach miasta. Budowa infrastruktury jest przedmiotem odrębnego postępowania przetargowego[72].

[69] https://www.transport-publiczny.pl
[70] http://www.um.warszawa.pl
[71] http://warszawa.wyborcza.pl
[72] „Rekordowy przetarg w Warszawie. Solaris dostarczy 130 autobusów elektrycznych", https://www.forbes.pl, 22/07/2019

Zakup 130 przegubowych autobusów z napędem elektrycznym jest głównym elementem programu wprowadzania pojazdów bezemisyjnych do ścisłego centrum miasta, tj. w pierwszym etapie na Trakt Królewski. Eksploatacja długich 18-metrowych autobusów jest zasadna ze względu na kumulację w tym regionie celów podróży wielu osób i występowanie dużych potoków pasażerskich. Generalnie działania MZK Warszawa są ukierunkowane na objęcie autobusami elektrycznymi obsługi tych ciągów, na których nie kursują pojazdy szynowe[73]. W konsekwencji tych działań do 2020 r. z Krakowskiego Przedmieścia i Nowego Światu mają zniknąć autobusy z silnikiem Diesla. Dzięki temu z najważniejszego deptaka miasta znikną ostatecznie spaliny, będzie też znacznie ciszej. Wtedy flota warszawskiej firmy przewozowej będzie liczyła 160 autobusów elektrycznych, co oznacza 11,7% jej taboru ogółem[74].

TESTOWY AUTOBUS ELEKTRYCZNY MARKI SOLARIS URBINO 18 ELECTRIC W WARSZAWIE

Źródło: Solaris

[73] MZK Warszawa Sp. z o.o.
[74] https://warszawa.onet.pl

best practice 7

JAK ANALIZOWAĆ PRZYWILEJE AUTOBUSÓW ELEKTRYCZNYCH W KONTEKŚCIE FUNKCJONALNOŚCI TRANSPORTU PUBLICZNEGO?

Stosowanie przywilejów w ruchu dla transportu zbiorowego jest działaniem ważnym, prowadzonym w ramach realizacji polityk zrównoważonej mobilności i zrównoważonego rozwoju. Wprowadzenie „elektryfikacji" linii autobusowych nie zmienia zakresu dostępnych metod uprzywilejowania autobusów w ruchu drogowym.

Niezależnie od eksploatowanego taboru, uprzywilejowanie umożliwia poprawę warunków podróży dla pasażerów transportu zbiorowego oraz poprawia podział modalny pomiędzy komunikację indywidualną a komunikację publiczną w kierunku większego wykorzystania transportu zbiorowego. To z kolei oznacza zmniejszenie liczby samochodów prywatnych w codziennym ruchu miejskim, co ma swoje odzwierciedlenie m. in. w mniejszej potrzebie przestrzeni dla infrastruktury samochodowej (drogi, parkingi). Dlatego stosowanie priorytetów w ruchu dla transportu zbiorowego jest adekwatnym środkiem działania w ramach miejskich polityk transportowych, nawet w sytuacji zwiększenia liczby samochodów prywatnych przyjaznych środowisku. Dlatego powinno być w dalszym ciągu stosowane także w kontekście rozwoju e-mobilności.

Przy decyzjach o zakupie i eksploatacji autobusów elektrycznych należy każdorazowo rozważyć, czy w związku z realizacją inwestycji promującej komunikację publiczną nie jest możliwe i zasadne nadanie jej uprzywilejowania w ruchu.

Środkami uprzywilejowania komunikacji autobusowej w ruchu mogą być m.in.:

- Wydzielone pasy ruchu dla autobusów (tzw. buspasy),
- Przeznaczenie części przekroju jezdni dla autobusów i tramwajów,
- Przeznaczenie całego przekroju jezdni dla komunikacji zbiorowej,
- Budowa specjalnych dróg autobusowych,
- Priorytet w sygnalizacji świetlnej na pojedynczym skrzyżowaniu lub ciągu,
- Stosowanie śluz autobusowych w sygnalizacji świetlnej.

Wymienione w pierwszej kolejności działania dotyczą organizacji ruchu drogowego. Buspasy to jedne z najpopularniejszych z nich. Są one wydzielonymi pasami ruchu jezdni, na których dopuszczony jest wyłącznie ruch autobusów (lub innych wybranych pojazdów, np. taksówek). Szczególnie duże efekty przynoszą na odcinkach dróg, na których występują zatory w ruchu kołowym. Wydzielenie części jezdni dla autobusów możliwe jest także w ramach torowiska tramwajowego. Najbardziej zaawansowanym działaniem w zakresie organizacji ruchu jest z kolei przeznaczenie całego przekroju jezdni wyłącznie dla autobusów (lub także tramwajów).

Spotykane są także rozwiązania budowy nowych, specjalnych dróg przeznaczonych tylko dla autobusów. Ponadto, w ramach priorytetów w ruchu, można także wskazać różne rozwiązania w sygnalizacji świetlnej. Mogą one dotyczyć pojedynczych skrzyżowań jak i całych ciągów, począwszy od wyświetlania fazy dla autobusu w momencie jego przyjazdu na skrzyżowanie po koordynację programów sygnalizacji świetlnej dla strumienia ruchu autobusów na ciągu. Szczególnym przypadkiem priorytetu dla transportu autobusowego jest śluza autobusowa, która polega na podaniu przedsygnału autobusowi, który umożliwia mu zajęcie dowolnego pasa na wlocie skrzyżowania przed tym jak zapełni się on pozostałymi pojazdami.

Każdy z wymienionych środków działania ma za zadanie skrócenie czasu przejazdu transportu zbiorowego. Dzięki uniezależnieniu transportu autobusowego od ruchu kołowego zwiększa się także niezawodność tego środka transportu oraz zmniejsza losowość czasów jego przejazdu. Należy jednak mieć na uwadze, że wprowadzenie uprzywilejowania w ruchu może wiązać się z utrudnieniami dla ogólnego ruchu kołowego. Dlatego każdorazowo powinna zostać wykonana szczegółowa analiza korzyści i strat stosowania danego typu priorytetu dla autobusów.

Analizy wprowadzenia środków uprzywilejowania powinny być oparte na makroskopowych oraz mikroskopowych modelach ruchu. Symulacje w modelach makroskopowych mają za zadanie określić wielkość i rozkład potoków ruchu. W makromodelach konieczne jest jednak w tej sytuacji opracowanie symulacji zarówno dla transportu zbiorowego, jak i komunikacji indywidualnej z uwagi na to, że wyżej wymienione działania wpływają na zmianę przepływu potoków ruchu także w ruchu drogowym. Wynika ona nie tylko z potencjalnej zmiany podziału modalnego, lecz przede wszystkim ze zmian w podaży sieci dróg oraz związanej z tym zmiany warunków ruchu kołowego. W ramach makrosymulacji możliwe jest określenie szeregu wskaźników określających stan ruchu w systemie transportowym w każdym z wariantów: z priorytetem i bez priorytetu.

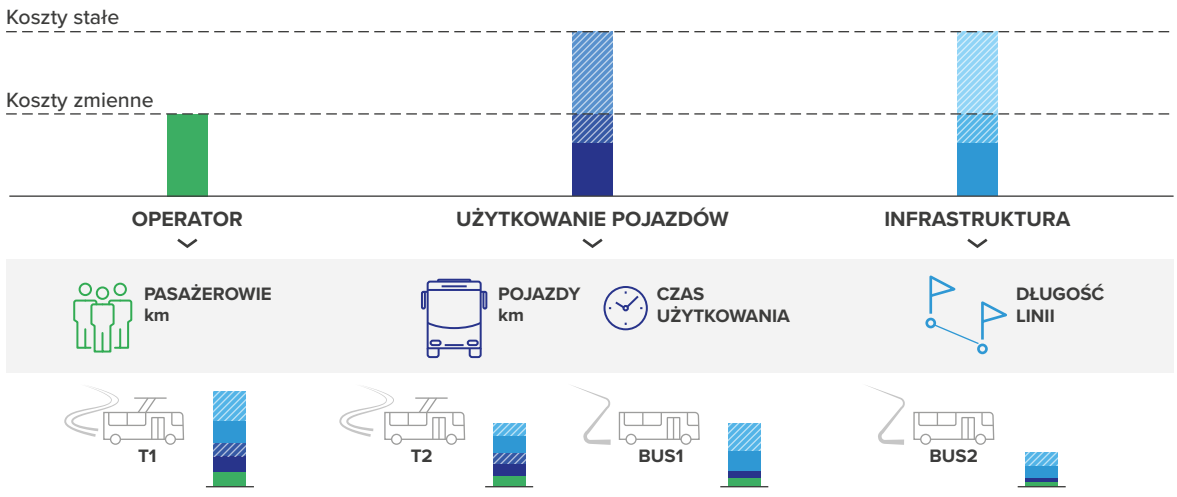
Wyniki makrosymulacji stanowią następnie dane wejściowe do symulacji w mikromodelach ruchu, w ramach których weryfikuje się efektywność przepływu ruchu, identyfikuje się przeciążenia układu drogowego oraz parametry opisujące warunki ruchu drogowego. Za pomocą tych parametrów opisuje się zmiany ilościowe w przepływie ruchu w wyniku zastosowania priorytetów dla transportu autobusowego. Dzięki temu możliwe jest porównanie wariantu bez priorytetu oraz z priorytetem. W wyniku mikrosymulacji określa się także szczegółowe rozwiązania konkretnych środków uprzywilejowania ruchu, takie jak: długości odcinków akumulacji, miejsca kończenia buspasów, struktury kierunkowe pasów ruchu. Dodatkowo weryfikuje się także programy sygnalizacji świetlnej.

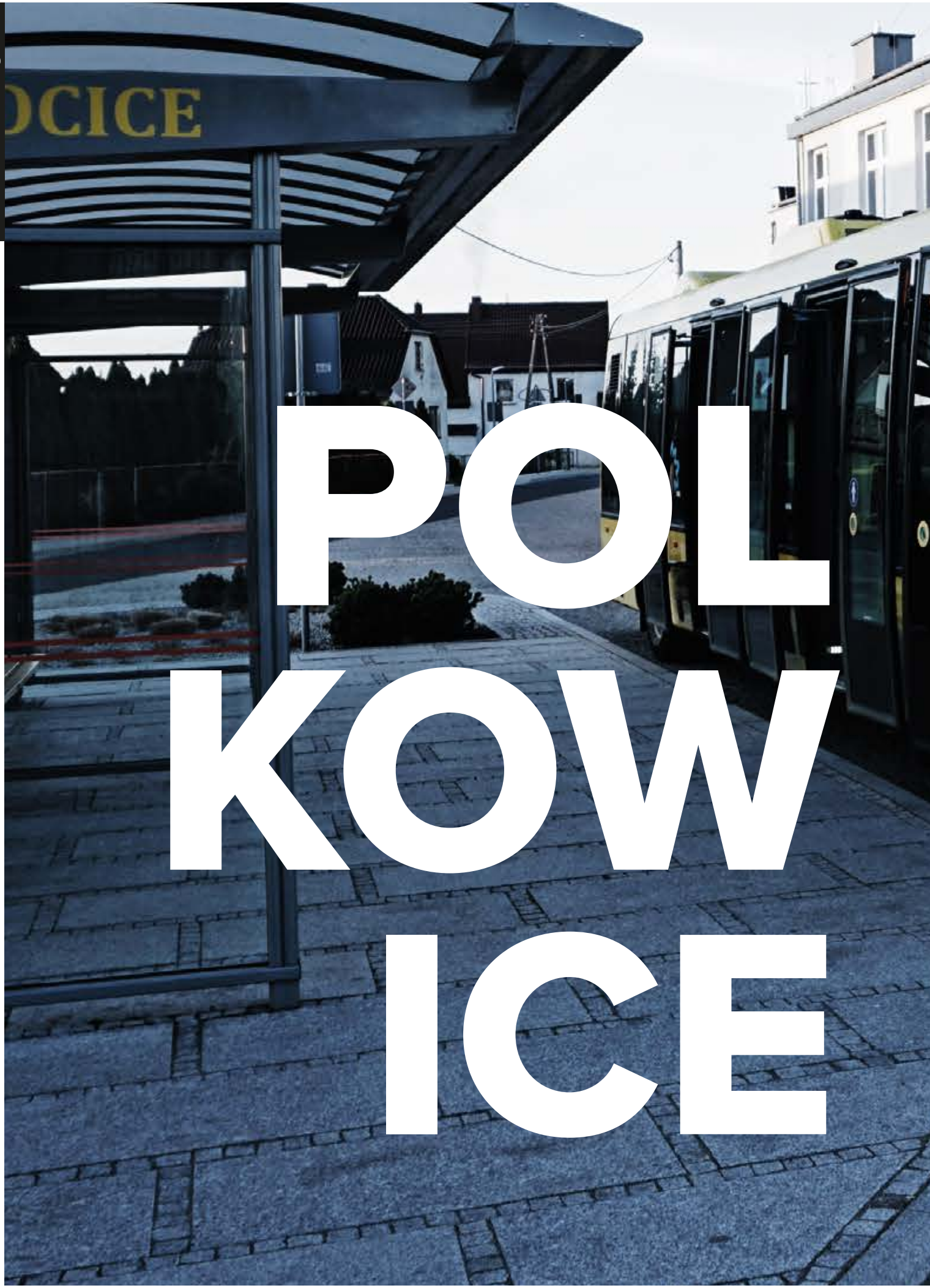
Dane oraz wskaźniki z makromodeli i mikromodeli ruchu tworzą pełny zbiór danych do identyfikacji korzyści i strat poszczególnych rozwiązań uprzywilejowania ruchu autobusowego. Dzięki temu możliwa jest kompleksowa ocena oraz podjęcie decyzji o zasadności wprowadzenia danego typu priorytetu w ruchu. Należy podkreślić, że opisane działania analityczne są niezbędne do wykonania nie tylko ze względu na konieczność dokładnej weryfikacji, czy uprzywilejowanie transportu autobusowego jest w danym przypadku właściwe. Wynika to także z konieczności odpowiedniego zaplanowania ilościowego organizacji ruchu i sterowania ruchem

Dodatkowym aspektem uprzywilejowania może stać się także zmienna taryfikacja. Koszty i korzyści w tym przypadku mogą i powinny być rozpatrywane bowiem w całości – to jest z uwzględnieniem aspektów środowiskowych.

Należy więc przyjrzeć się wszystkim aspektom składającym się na koszty – zarówno te stałe, jak i zmienne. Analiza popytu na transport i ewentualne zmiany taryfikacji z tym związane powinny być zamodelowane w pierwszej kolejności w oparciu o badania i modele ruchu, po czym dopiero wdrażane w konkretnych obszarach, przedziałach czasowych czy odległościowych.

Wpływ poszczególnych czynników na koszty stałe i zmienne





POLKOWICE

20 Polkowice
DPL 17288

POLKOWICE

POLSKA

Autobusy z napędem elektrycznym w Polkowicach oraz plany zwiększenia liczebności ich floty mogą świadczyć o tym, że rozwojem elektromobilności w transporcie miejskim w Polsce zainteresowane są także mniejsze miasta. Należy przy tym zaznaczyć, że Polkowice stawiają na elektrobusy, mimo że nie podlegają Ustawie o elektromobilności i paliwach alternatywnych[75].

Gmina Polkowice chętnie sięga po rozwiązania ekoenergetyczne. Mimo, iż autobusy napędzane energią elektryczną eksploatowane są przez wiele miast w Polsce, to jednak w regionie Zagłębia Miedziowego tylko w Polkowicach podjęto decyzję o wprowadzeniu ich do transportu publicznego. Decyzję tą urzeczywistniono mimo nieudanego przetargu na zakup autobusów elektrycznych.

Walory środowiskowe autobusów zasilanych energią elektryczną są niezwykle istotne wobec decyzji o możliwości bezpłatnego korzystania z komunikacji miejskiej w Polkowicach. Wprowadzenie dnia 4 grudnia 2014 r. tej decyzji w życie spowodowało wyraźny spadek liczby samochodów osobowych w mieście i w konsekwencji ograniczenie emisji spalin. Stało się jednocześnie przyczyną utrudnień w pracy Zakładu Komunikacji Miejskiej w Polkowicach (ZKM Polkowice).

Pojawił się bowiem problem z nadmiarem pasażerów na wszystkich liniach, a najbardziej odczuwalny był on na połączeniach obsługujących Specjalną Strefę Ekonomiczną. W tej sytuacji zachowanie niskiej emisji spalin, co udało się osiągnąć w wyniku ograniczenia indywidualnej motoryzacji, jest możliwe poprzez inwestycje w ekologiczny tabor przewozowy[76].

Starania o autobusy z napędem elektrycznym Polkowice rozpoczęły w kwietniu 2015 r., przeprowadzając rozpoznanie ich cen. W lipcu na dwutygodniowe testy do miasta przyjechał autobus marki Solaris Urbino 12 electric, a we wrześniu 2015 r. przez tydzień testowany był 12-metrowy elektryczny autobus Ekovolt wyprodukowany przez Ursus Bus[77].

W grudniu 2016 r. miasto ogłosiło przetarg na zakup sześciu autobusów z napędem elektrycznym. Specyfikacja przedmiotu zamówienia (ze względu na istniejącą w Polkowicach infrastrukturę drogową) wskazywała na pojazdy klasy maxi, tj. o długości od 11 do 12,5 m, szerokości od 2,5 m do 2,55 m i wysokości do 3,2 m. ZKM Polkowice założył, że elektrobusy umożliwią podróż przynajmniej 70 pasażerom, w tym minimum 20 na miejscach siedzących. Powinny one mieć wyznaczone miejsce do przewozu wózka inwalidzkiego lub dziecięcego. Zakładany układ drzwi to 1-2-0, 1-2-2 lub 2-2-2.

W zakresie układu napędowego polkowicka spółka transportu miejskiego wymagała silnika trakcyjnego o mocy minimum 120 kW oraz baterii o minimalnej pojemność 170 kWh. Tak wyposażony autobus miał rozwijać prędkość maksymalną do 80 km/h, a jego zasięg na jednym naładowaniu to przynajmniej 160 km (przy zachowaniu jeszcze 15% energii w zasobniku).

[75] Gmina Polkowice liczy poniżej 50 tys. mieszkańców
[76] http://www.inforail.pl
[77] Ursus Ekovolt jest pojazdem pierwszej generacji producenta

ZKM Polkowice chciał klasycznego systemu ładowania plug-in (z ładowarką zabudowaną na autobusie) ze standardowej sieci, z czasem pełnego ładowania do 6,5 godziny.

Konkretne wymagania w zakresie zasięgu autobusów wynikały z charakterystyki linii przewozowych w Polkowicach. Zwyczajowo podczas porannego szczytu przewozowego pojazd pokonuje dystans ok. 180 kilometrów, a następnie (po ponad półtora godzinnej przerwie) ok. 120 kilometrów. Najkrótszy odcinek pomiędzy przystankami w mieście wynosi 300 metrów, natomiast najdłuższy zlokalizowany jest na terenie gminy i jest odległy na prawie 4 kilometry. Najwyższe wzniesienie do pokonania dla elektrobusu to zaledwie 80 metrów, przy czym podjazd ma długość ok. 600 metrów. Oznacza to, że w Polkowicach trasy najbardziej obciążonych linii autobusowych przebiegają po stosunkowo płaskim terenie[78].

W odpowiedzi na przetarg wpłynęły trzy oferty. Oferta firmy Solaris Bus & Coach S.A. opiewała na kwotę 12 300 tys. zł netto (cena jednostkowa autobusu marki Solaris Urbino 12 electric wynosiła 2050 tys. zł), firmy BYD Europe na kwotę 11 759 tys. zł netto (cena jednostkowa autobusu marki K9 wynosiła 1960 tys. zł), zaś firma SOR Libchavy zaproponowała cenę w wysokości 9 846 tys. zł netto (cena jednostkowa autobusu marki EBN11 wynosiła 1641 tys. zł). Mimo, że cena oferowana przez firmę SOR Libchavy przekraczała budżet przeznaczony na sfinansowanie zamówienia tylko o 138 tys. zł, gmina Polkowice poinformowała o unieważnieniu postępowania. Nie uzyskała ona bowiem środków unijnych, które miały stanowić istotny element tego budżetu[79].

W czerwcu 2017 r. gmina Polkowice ogłosiła drugi przetarg, tym razem na dzierżawę, z prawem do późniejszego odkupu, dwóch nowych autobusów miejskich z napędem elektrycznym. Okres dzierżawy wyznaczono na 12 miesięcy, z możliwością jego przedłużenia do dwóch lat, tj. o kolejne 12 miesięcy. W umowie dzierżawy zapisano, że decyzja o odkupie autobusów nastąpi nie później niż do końca drugiego roku ich dzierżawy i będzie uzależniona od otrzymania dofinansowania na ten cel. Kryteria wyboru oferty obejmowały cenę (waga tego kryterium wynosiła 60%), zużycie energii (17%), parametry techniczne (16%), skrócenie terminu dostawy (5%), gwarancję na baterie liniowe (2%)[80].

Jedyną ofertę na wydzierżawienie autobusów złożyła firma SOR Libchavy z Czech, proponując cenę 3 399 tys. zł netto, podczas gdy zamawiający planował przeznaczyć na ten cel kwotę w wysokości 3 333 tys. zł netto. Umowa dzierżawy została zawarta, ponieważ firma SOR Libchavy zadeklarowała skrócenie terminu dostawy o 18 tygodni (pojazdy miały się pojawić w mieście w 20 tygodni po podpisaniu umowy) oraz wyraziła gotowość objęcia baterii liniowych okresem czteroletniej gwarancji.

[78] http://www.inforail.pl
[79] https://www.transport-publiczny.pl
[80] https://www.transport-publiczny.pl

case study 7

Dwa nowe autobusy z napędem elektrycznym marki SOR EBN11, jako pierwsze w Polsce, wyjechały na ulice Polkowic w październiku 2017 r. Każdy z nich jest w stanie przewieźć w trakcie jednego kursu do 92 pasażerów. Wyposażone są one w silnik o mocy 180 kW i baterie litowo-jonowe o pojemności 172 kWh. Ładowanie odbywa się z sieci za pomocą złącza plug-in i trwa do 6 godzin.

AUTOBUSY ELEKTRYCZNE MARKI SOR EBN11 W POLKOWICACH

Źródło: http://regionfan.pl

Podstawowe parametry techniczne elektrobusu SOR EBN11 i Ursus

MARKA POJAZDU	**SOR**	**Ursus**
MODEL	EBN11	–
DŁUGOŚĆ	11,1 m	12 m
POJEMNOŚĆ PASAŻERSKA	92	70
UKŁAD DRZWI	1-2-0, 2-2-0, 1-2-2, 2-2-2	–
KLIMATYZACJA	Tak	Tak
OGRZEWANIE	Tak	Tak
ŁADOWANIE	Złącze plug-in	Złącze plug-in lub pantograf
TYP BATERII	Litowo-jonowe firmy Varta	Litowo-żelazowo-fosforanowe
MOC SILNIKA TRAKCYJNEGO	180 kW	170 kW
POJEMNOŚĆ POKŁADOWEGO MAGAZYNU ENERGII	172 kWh	120 kWh

Źródło: Opracowanie własne

Plan Polkowic w zakresie rozwoju elektromobilności w transporcie miejskim zakłada zakup dziewięciu nowych autobusów z napędem elektrycznym. Aktualnie miasto eksploatuje dziewięć autobusów, w tym dwa elektrobusy. Po realizacji inwestycji, większość taboru autobusowego miasta będą stanowiły pojazdy elektryczne. Polkowice uzyskały, na zakup autobusów z napędem elektrycznym, unijną dotację w wysokości 14 333 tys. zł z Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Dolnośląskiego na lata 2014-2020. Projekt „Zakup autobusów o napędzie elektrycznym dla połączeń miejskich i podmiejskich w gminie Polkowice" został złożony w marcu 2019 r. Z uwagi na to, że produkcja autobusów trwa około 14 miesięcy, ich dostawa nastąpi w latach 2020-2021[81].

Zgodnie z założeniami gminy Polkowice, nowe autobusy z napędem elektrycznym będą wyposażone w szereg udogodnień dla osób niepełnosprawnych i starszych, m. in. tablicę informacyjną oraz monitor, na których wyświetlane będą m.in. trasa przejazdu oraz czas przejazdu pomiędzy przystankami. Dodatkowo na przyciskach „stop" znajdzie się litera „S" w alfabecie Braille'a, a na obiciach foteli piktogramy sygnalizujące pozostałym pasażerom, że jeśli do autobusu wsiądzie osoba niepełnosprawna lub np. z małym dzieckiem, to należy ustąpić należne jej miejsce[82].

[81] https://polkowice.eu
[82] https://tutajpolkowice.pl

best practice 8

JAK ANALIZOWAĆ I TWORZYĆ ZAPYTANIA OFERTOWE?

Wdrażanie rozwijającej się formy środka transportu może wymagać tworzenia zapytań ofertowych do dostawców nowych technologii lub opracowania wiążących dokumentów, w tym w ramach wniosków o dofinansowanie.

Zapytania powinny obejmować pełny zakres potencjalnych szczegółów eksploatacji. Należy mieć tu na uwadze, że system eksploatacji taboru elektrycznego składa się zarówno z autobusów, jak i stacjonarnej infrastruktury ładowania baterii. W związku z czym, kierując zapytanie do dostawcy taboru, powinno podać się ewentualne szczegóły ustalone z dostawcą energii i analogicznie w sytuacji odwrotnej.

Sprawami technologicznymi, które wymagają ustalenia przed wdrożeniem systemu taboru elektrycznego są m.in.:

- Przewidywana praca przewozowa (dzienna, pomiędzy kolejnymi ładowaniami na pętlach),
- Dostępność miejsca na baterie w autobusach,
- Dostępne okresy na ładowanie na pętlach,
- Wielkość taboru (midibusy, autobusy standardowe, przegubowe itp.),
- Charakterystyka kursowania po sieci komunikacyjnej (prędkości komunikacyjne, stopień kongestii),
- Dodatkowe urządzenia w pojazdach i wymogi odnośnie ciągłości ich eksploatacji podczas kursowania/postojów (systemy informacji na ekranach, klimatyzacja, biletomaty itp.),
- Przyjęty interfejs ładowania i miejsca usytuowania urządzeń do ładowania na pojazdach (przód, tył autobusu, środek długości pojazdu, przed lub za przegubem),
- Zakres mocy ładowarek.

Wśród dokumentów dotyczących elektrycznej komunikacji autobusowej można wymienić m.in. oficjalnie przyjęte strategie wdrażania tego środka transportu w miastach. Powinny to być opracowania wyznaczające kierunki czy wytyczne do dalszych działań.

W ramach nich można określić strategię „elektryfikacji" układu komunikacyjnego, planowaną wielkość taboru oraz określenie, czy przewiduje się lokalizowanie punktów ładowania w sieci komunikacyjnej. Należy mieć na uwadze, że dokumenty te, pomimo konieczności zawarcia wielu szczegółów, nie powinny niepotrzebnie zawężać zakresu działania w przyszłości. To znaczy, że na etapie ich tworzenia należy przewidzieć potencjalną możliwość modyfikacji działań w stosunku do pierwotnie założonych wytycznych.

Modyfikacje takie mogą wynikać ze zmian w strukturze, układzie komunikacyjnym miasta, ale także z rozwoju technologii. Na przykład, pomimo podania planowanej wielkości taboru, nie powinno się np. stanowczo wykluczać wykorzystania pojazdów innej pojemności, gdyż w przyszłości może być to zasadne funkcjonalnie lub ekonomicznie.

Możliwy jest na przykład wzrost potoków pasażerskich na linii przeznaczonej do „elektryfikacji", co uzasadniać będzie zastosowanie autobusów przegubowych w zastępstwie za założone pierwotnie autobusy mniejsze. Dlatego zapisy w tego typu dokumentach (tam, gdzie to możliwe) nie powinny być stanowcze, eliminujące możliwość przyszłych modyfikacji decyzji.

Do czego służą **modele ruchu** i jak można je wykorzystać w ramach **Elektromobilności**

ANALIZY STANU OBECNEGO

- Import danych o ruchu i dostępnych sieciach drogowych, kolejowych, przystankach transportu publicznego
- Zobrazowanie podziału ruchu na wszystkie środki transportu
- Analizy mobilności dla każdej grupy użytkowników

KONSTRUKCJA I ROZWÓJ DRÓG

- Analizy spójności obecnej i przyszłej sieci drogowej
- Model uwzględniający różne scenariusze rozwoju sieci drogowej i zmiany popytu
- Analiza wpływu na środowisko (np. hałas, zanieczyszczenia)

PLANOWANIE TRANSPORTU PUBLICZNEGO

- Optymalizacja sieci transportu zbiorowego, rozkładów jazdy i taryfikacji
- Analizy związane z planowaniem przystanków, centrów przesiadkowych, stacji ładowania
- Planowanie niezbędnej floty pojazdów pod obecny i przyszły popyt

ANALIZA EFEKTYWNOŚCI EKONOMICZNEJ

- Ekonomiczna ocena inwestycji w budowie dróg zgodnie z przyjętymi standardami Niebieskiej Księgi
- Kalkulacja kosztów operacyjnych i przychodów transportu zbiorowego z systemów opłat
- Analiza wpływu na środowisko (np. hałas, zanieczyszczenia)

ANALIZA APLIKACJI INŻYNIERII RUCHU DROGOWEGO

- Weryfikacja priorytetów dla pojazdów transportu zbiorowego
- Optymalizacja programów sygnalizacji
- Optymalne planowanie punktów ładowania

GR
AZ

Graz
100%
ELEKTRO
Wir testen für Sie
die E-Zukunft!

GRAZ

SZWAJCARIA

Firma Holding Graz Lines (HGL), świadcząca usługi komunikacji miejskiej, znana jest ze stosowania nowatorskich rozwiązań komunikacyjnych. Jej pionierski duch pozwolił na wielokrotne już wprowadzanie do praktyki operacyjnej przetestowanych, technicznie zaawansowanych i zrównoważonych ekonomicznie, rozwiązań ekologicznych. Dzięki tym działaniom Graz jest zaliczane do grona miast, które w największym stopniu korzystają z innowacyjnych i przyjaznych środowisku środków w komunikacji miejskiej[83].

Istotną rolę w strategii komunikacyjnej miasta odgrywa rozwój niskoemisyjnych form transportu, w tym elektromobilności. Zaangażowanie firmy HGL w zakresie tego rozwoju warunkuje konkretne działania. Nie przeprowadza ona bowiem testów autobusów elektrycznych już sprawdzanych w innych miastach, tylko stara się wykorzystać ich doświadczenia w najlepszy możliwy sposób. Będąc zwolennikiem nowej generacji technologii magazynowania energii, firma HGL zadecydowała o poddaniu testom autobusów z napędem elektrycznym w których zastosowano superkondensatory, służące jako zasobniki energii[84].

Testy miały na celu zademonstrowanie wyższej użyteczności autobusów elektrycznych w porównaniu do używanych autobusów z silnikami Diesla. Miały one także za zadanie zdobycie, przez autobusy z napędem elektrycznym, uznania pasażerów oraz personelu firmy HGL. Były one także prowadzone pod kątem wymiany posiadanego przez firmę HGL taboru autobusowego, w dążeniu do ochrony środowiska, głównie jakości powietrza w centrum miasta Graz.

Preferowaną technologią zasobnikową wykorzystywaną przez bułgarskich i chińskich producentów autobusów elektrycznych – Chariot Motors i CRRC są superkondensatory LIC (Lithium Ion Capacitor) firmy Aowei Technology, które cechujewysoki stopień zaawansowania i wyjątkowe parametry eksploatacyjne. Główną zaletą superkondensatora w porównaniu do baterii jest znacznie szybsze ładowanie. Autobus nie musi więc być ładowany w nocy. Zastosowanie superkondensatora do magazynowania energii również pozwala na rekuperację, tj. odbiór dużej ilości energii, wydzielanej w czasie hamowania[85]. O wiele większa jest także jego żywotność, w porównaniu do żywotności baterii, która traci swoją pojemność po kilku tysiącach ładowań[86].

Przedmiotem testów w mieście Graz stały się: 12-metrowy autobus marki Chariot Motors[87] i 18-metrowy przegubowy autobus marki CRRC, które zostały bezpłatnie udostępnione miastu przez producentów. Dwa pojazdy tej pierwszej marki zostały wprowadzone do rutynowej obsługi miejskiej linii nr 50 relacji Zentralfriedhof-Hauptbahnhof w kwietniu 2017 r., zaś dwa egzemplarze tej drugiej marki rozpoczęły regularne kursy na linii nr 34E relacji Jakominiplatz-Theyergasse w listopadzie 2017 r.[88] Obie linie są bardzo dobrze przystosowane do tych testów, głównie ze względu na wystarczającą przestrzeń dla lokalizacji stacji ładujących oraz stosunkowo krótkie odległości między nimi. Wszystkie autobusy obsługujące te linie wykorzystują energię odnawialną (wodną).

[83] https://www.holding-graz.at
[84] http://www.infobus.pl
[85] https://www.transport-publiczny.pl
[86] Minusami zastosowania superkondensatora jest np. mniejsza pojemność i konieczność pracy na wysokich napięciach
[87] Autobusy oparte o zasobniki AOWEI są sprzedawane pod marką Chariot Motors, zaś te oparte o klasyczne akumulatory litowo-jonowe pod marką Higer
[88] http://www.technoma.at/de

AUTOBUS ELEKTRYCZNY MARKI CRRC W GRAZ NA PRZYSTANKU MUSEUM DER WAHRNEHMUNG

Źródło: https://www.meinbezirk.at

W przypadku obu marek autobusów nośnikiem magazynowania energii są superkondensatory LIC, które mogą być ładowane przewodząco (za pomocą styku), za pomocą pantografów lub złącz plug-in, jak również indukcyjnie (poprzez pola elektromagnetyczne). Istnieje również rozróżnienie między ładowaniem podczas pracy i ładowaniem nocnym w zajezdni. Średni czas ładowania autobusu przez pantograf na przystanku końcowym wynosi ok. dwóch minut (co najmniej tyle trwa przerwa w kursowaniu autobusu), zaś na wybranych przystankach pośrednich ok. 30 sekund (zwyczajowo w takim czasie pasażerowie wysiadają i wsiadają do autobusu).

Pojemność superkondensatorów autobusu marki CRRC wynosi 24 kWh i jest niższa od analogicznego parametru autobusu marki Chariot Motors, jednak ten pierwszy posiada dodatkowo baterie litowo-jonowe o pojemności 25 kWh, których czas ładowania w zajezdni wynosi do dwóch godzin.

Wykorzystując właściwości testowanych autobusów w zakresie możliwości ich ładowania, firma HGL przygotowała w mieście system, który umożliwia szybkie ładowanie na przystankach końcowych, a także ultraszybkie ładowanie na przystankach pośrednich. Szybkie ładowanie jest możliwe na przystankach końcowych Theyergasse (linia nr 34E) i Zentralfriedhof (linia nr 50), zaś przystanki pośrednie Museum der Wahrnehmung (linia nr 34E) i Hohenstaufengasse (linia nr 50) zapewniają ładowanie ultraszybkie, przy czym ten pierwszy w obu kierunkach jazdy. Przygotowany system ładowania stanowi gwarancję, że rozkłady jazdy, które są dostosowane do autobusów z silnikiem wysokoprężnym, mogą być dotrzymywane przez autobusy z napędem elektrycznym w możliwie największym stopniu. Szybkość ładowania zapewniają superkondensatory, które w przeciwieństwie do akumulatorów mogą być ładowane w bardzo krótkim czasie z zastosowaniem napięcia rzędu 700V.

Podstawowe parametry techniczne autobusów marki Chariot Motors i CRRC

MARKA POJAZDU	**Chariot Motors**	**CRRC**
MODEL	Ebus	–
DŁUGOŚĆ	12 m	18 m
POJEMNOŚĆ PASAŻERSKA	90	135
UKŁAD DRZWI	3 x 2-2-2-2	4 x 2-2-2-2
KLIMATYZACJA	Tak (elektryczne)	Tak (elektryczne)
OGRZEWANIE	Tak (elektryczne)	Tak (elektryczne)
ŁADOWANIE DZIENNE	Za pomocą pantografu na przystanku końcowym lub na wybranych przystankach	Za pomocą pantografu na przystanku końcowym lub na wybranych przystankach
ŁADOWANIE NOCNE	Nie	Za pomocą złącza plug-in w zajezdni
TYP BATERII	Superkondensatory LIC	Superkondensatory LIC, baterie litowo-jonowe
ŚREDNIE ZUŻYCIE ENERGII	1,1 kWh/km	1,4 kWh/km
POJEMNOŚĆ POKŁADOWEGO MAGAZYNU ENERGII	32 kWh	24 kWh (w LIC) i 25 kWh (w bateriach)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie https://www.holding-graz.at

Ponieważ możliwość wielokrotnego ładowania na przystankach pośrednich nie wymaga pokonywania przez autobus dużych odległości, waga i pojemność superkondensatorów są mniejsze w porównaniu z analogicznymi parametrami baterii, nie ograniczając przy tym ich parametrów eksploatacyjnych[89].

Podczas gdy prawie wszystkie próbne partie autobusów elektrycznych w Europie oparte są na technologii akumulatorów, autobusy testowane w mieście Graz wyposażone są w innowacyjne magazyny energii. Rozwiązania z zastosowaniem superkondensatorów, rozwinięte i doprowadzone do wysokiego poziomu w Chinach, były testowane w mieście przez rok. Dzięki temu przebieg testów i ich wyniki stały się przedmiotem dużego zainteresowania ekspertów w zakresie elektromobilności.

Zaletą superkondensatorów, poza bardzo czasami ładowania, zwiększającymi znacznie elastyczność użytkowania autobusów elektrycznych, okazała się możliwość ich stosowania w bardzo szerokim zakresie temperaturowym, tj. od -40˚C do +60˚C. Nie zaobserwowano zatem spadku ich efektywności w przypadku mroźnych dni, co wystąpiło w przypadku baterii autobusów testowanych w Bonn. W wyniku testów zidentyfikowano, że eksploatacja autobusów elektrycznych na liniach nr 50 i nr 34E pozwala na ograniczenie emisji CO_2 i NOx w mieście o odpowiednio 4763 ton i 13 ton rocznie[90]. Testy pozwoliły także na wniosek, że efektywność rekuperacji energii w pojazdach wynosiła średnio 32%[91].

Pozytywną ocenę testów autobusów elektrycznych marki Chariot Motors i CRRC potwierdziły wyniki ankiety, przeprowadzonej przez firmę HGL w grudniu 2017 r., mimo iż część z 500 ankietowanych pasażerów wskazywała na wady sprzętu w początkowej fazie eksploatacji autobusów, które dotyczyły zwłaszcza pojazdów marki CRRC[92]. Ponad 94% pasażerów uznało bowiem, że wynik testów jest „dobry" lub „bardzo dobry", a 59%, że „bardzo dobry". Tylko 29 z 500 respondentów nie oceniło dobrze testów. Ustosunkowując się do przyczyn dobrej oceny, 91% ankietowanych pasażerów wskazało korzyści dla środowiska eksploatacji autobusów elektrycznych, a 66% na ich płynną jazdę. Najczęstszymi przyczynami głosów krytycznych była zbyt mała przestrzeń pasażerska, zwłaszcza dla wózków dziecięcych oraz wspomniane problemy w początkowej fazie eksploatacji autobusów[93].

Mimo pozytywnych wyników testów autobusów elektrycznych, miasto Graz nie zdecydowało jeszcze czy technologia elektrycznego napędu autobusów stanie się wiodąca w procesie rozwoju swojego niskoemisyjnego transportu miejskiego. Stosowna decyzja ma zapaść na przełomie lat 2020 i 2021[94]. Ma ona zostać podjęta zarówno na podstawie wyników dalszych testów autobusów marek Chariot Motors i CRRC, jak i testów innych autobusów elektrycznych, a także autobusów z napędem wodorowym. Ocenę elektrobusów firma HGL zamierza pogłębić w drodze prób 12-metrowego pojazdu marki Heuliez o pojemności pasażerskiej wynoszącej 70 osób, który od kwietnia 2019 r. jest wykorzystywany do obsługi miejskich linii nr 34, 50, 60 i 64. Testowany autobus wyposażony jest w silnik o moc 121 kW. Jego zasięg wynosi 200 kilometrów. W celu uzyskania jak największej liczby opinii, przejazdy autobusem są bezpłatne.

[89] https://www.holding-graz.at
[90] https://www.holding-graz.at
[91] https://www.transport-publiczny.pl
[92] https://steiermark.orf.at
[93] https://www.krone.at
[94] https://www.grazer.at

W procesie wyboru optymalnej dla miasta niskoemisyjnej technologii napędu autobusów miejskich brana jest także pod uwagę opcja wodorowa[95].

Firma HGL potwierdziła, że w marcu 2019 r. przekazała Austriackiej Agencji Promocji Badań (Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft, FFG) projekt „Move2zero" w ramach programu „Mobilność zerowej emisji" (Zero emission mobility). Projekt ten nie wyklucza rozwoju niskoemisyjnej floty autobusów miejskich w oparciu o ogniwa paliwowe i napęd wodorowy. Firma HGL rozpoczęła już działania zmierzające do uzyskania dotacji i rozpisania przetargu na zakup siedmiu autobusów z napędem wodorowym. Jednocześnie zainicjowano proces planowania i uzyskiwania pozwoleń na budowę stacji napełniania wodorem w centrum autobusowym[96]. Autobusy wodorowe mogłyby pojawić się w mieście najwcześniej pod koniec 2019 r. Zgodnie z założeniami, przejmą one obsługę nowo utworzonej linię nr 66 relacji Grottenhof-St. Peter Schulzentrum.

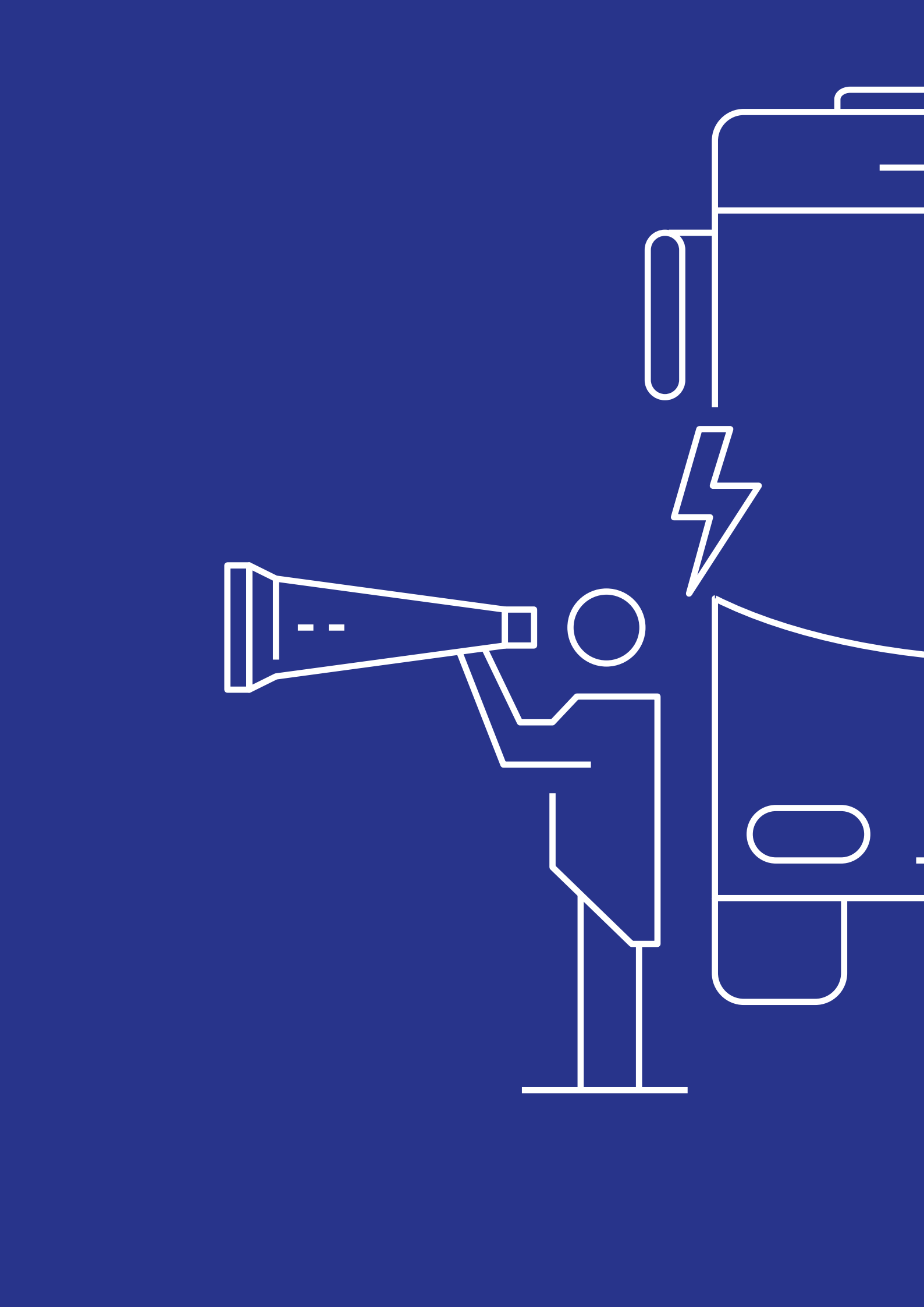
DOSTAWA AUTOBUSU ELEKTRYCZNEGO MARKI HEULIEZ NA TESTY W MIEŚCIE GRAZ

Źródło: https://www.grazer.at

[95] https://www.kleinezeitung.at
[96] https://www.meinbezirk.at

best practice 9

JAK PROMOWAĆ ELEKTROMOBILNOŚĆ W KONTEKŚCIE PUBLICZNEGO TRANSPORTU ZBIOROWEGO?



Czy i jak promować autobusy elektryczne? – tak postawione pytanie często jest przedmiotem zastanowienia przedstawicieli samorządów, które zdecydowały się na wdrażanie autobusów elektrycznych do taboru komunikacyjnego danego miasta. Niestety, tak postawione pytanie, nie trafia w punkt.

Z punktu widzenia pasażera fakt, czy na przystanek autobusowy podjedzie autobus elektryczny czy z tradycyjnym napędem Diesla, nie determinuje jego decyzji transportowych. Dopiero całościowy stosunek do usługi transportu miejskiego może decydować o jego wyborach. I tu autobusy elektryczne nie są istotnym kryterium podejmowania decyzji, choć w praktyce można je w pewnym stopniu wykorzystać do promowania transportu publicznego w mieście.

Jak promować transport publiczny w naszych miastach? Są dwie wiodące koncepcje:

1. **Pierwsza dotyczy miękkiego sposobu zachęt, które odwołują się głównie do systemu wartości społecznych**
2. **Druga dotyczy twardego utrudniania poruszania się indywidualnymi pojazdami samochodowymi w postaci różnego rodzaju ograniczeń, zakazów i opłat**

W praktyce powinniśmy jednak mówić o połączeniu obu tych koncepcji.

Miasta na świecie od dłuższego czasu rejestrują żywiołowy rozwój motoryzacji indywidualnej, który doprowadził w wielu przypadkach do niewydolności systemów komunikacyjnych oraz do pogorszenia jakości życia w tych miastach. Poprawa mobilności w europejskich metropoliach jest przedmiotem troski m.in. Unii Europejskiej, której wyrazem jest polityka zrównoważenia transportu.

Ze względu na brak spektakularnych efektów takich działań, w Polsce pojawiły się już głosy, aby politykę równoważenia transportu zastąpić czymś zgoła odwrotnym – polityką radykalnego ograniczenia indywidualnego transportu samochodowego.

Do problemów nadmiernej kongestii, deficytu dostępności i jakości przestrzeni miejskiej oraz intensywnego zatrucia środowiska smogiem, z całą stanowczością dochodzą wyzwania wdrażania nowej polityki energetycznej, ściśle związanej z przeciwdziałaniem zmianom klimatycznym, czego bezpośrednim efektem jest dekarbonizacja i wdrażanie zeroemisyjnych napędów. Przeniesienie mieszkańców miast z indywidualnych środków transportu samochodowego do komunikacji publicznej jest najbardziej efektywnym i pożądanym procesem, choć zróżnicowana będzie tego efektywność w poszczególnych ośrodkach. Każda zmiana w tym kierunku będzie zauważona w miastach będących na skraju wydolności komunikacyjnej – takich jak Warszawa, Kraków czy Wrocław, natomiast dużo mniej spektakularne zmiany nastąpią w miastach, które posiadają bardzo rozbudowaną infrastrukturę drogową – Białystok, czy miasta GZM.

Możemy wskazać obecnie cztery grupy mieszkańców, którzy są w pewien sposób „uzależnieni” od swoich samochodów:

- Osoby dojeżdżające do pracy w dużych miastach z obszarów o niewystarczającej ofercie transportu publicznego, którzy w praktyce nie mają wyboru (bardzo dużo mówi się obecnie o tzw. wykluczeniu komunikacyjnym),
- Osoby, które zdecydowały się na dowożenie swoich dzieci do przedszkoli i szkół (często są to miejsca dość odległe od miejsca zamieszkania),
- Osoby, dla których samochód stanowi kulturowy wyznacznik statusu i stylu życia (bardzo rozległa grupa),
- Osoby, dla których samochód stanowi narzędzie pracy.

W tych grupach nie należy spodziewać się efektu działań promujących komunikację miejską.

Dotychczas w swoich działaniach promocji transportu publicznego samorządy określały różne grupy docelowe. W kampaniach wykorzystujących nośniki znajdujące się wewnątrz pojazdów lub w wiatach przystankowych byli to czasem właśnie ci, którzy korzystają z transportu publicznego. Innym chętnie pojawiającym się targetem były dzieci z klas wczesnoszkolnych lub wręcz przedszkolaki – a więc grupa, która w pełni świadomie podejmie swoje niezależne wybory komunikacyjne dopiero w okresie powyżej 15-20 lat. A w tak długim okresie czasu realia podróżowania po naszym miastach z pewnością istotnie się zmienią. Najbardziej trafionym działaniem wydawały się kampanie wykorzystujące nośniki znajdujące się na tylnych ścianach autobusów, bo adresowane były bezpośrednio do kierowców samochodów osobowych.

Dziś możemy próbować definiować target działań edukacyjno-promocyjnych w zakresie transportu publicznego w następujących trzech grupach:

- Lokalni decydenci: politycy, radni, urzędnicy decydujący o realnym wyglądzie naszych miast,
- Osoby opiniotwórcze: dziennikarze, przedstawiciele mediów, celebryci, influencerzy,
- Osoby dojrzewające do decyzji o dostosowaniu stylu swojego życia do realiów walki o zatrzymanie negatywnych procesów degeneracji zasobów naturalnych naszej planety.

Patrząc na doświadczenia Europy Zachodniej, należy spodziewać się lawinowego przyrostu w Polsce tej właśnie ostatniej grupy „świadomych" obywateli. Czyste środowisko dla każdego z nas jest tak oczywistą wartością, że wkrótce, podobnie jak na Zachodzie, stanie się normą kulturową również w naszym kraju.

Promocja transportu publicznego musi zawierać w sobie element edukacyjny w postaci:

- Wiedzy o istotnej roli zanieczyszczeń komunikacyjnych w degradacji środowiska i sposobie jej ograniczenia dzięki transportowi publicznemu,
- Wiedzy o powierzchni naszych miast, jaką bezpowrotnie zabierają nam samochody w postaci jezdni i miejsc parkingowych,
- Wiedzy o efektywnych rozwiązaniach inżynieryjnych, które zwiększają bezpieczeństwo: uspokojenie ruchu, kontrzatoki etc.

Kraków zachęca mieszkańców, by przesiedli się ze swoich aut i skorzystali z komunikacji miejskiej. Urzędnicy uważają, że to zmniejszy korki i zanieczyszczenie powietrza.

Eksperyment przeprowadzono przy ul. Lema. Autobus marki Solaris, który może zabrać 161 pasażerów zajął 18 m na jednym pasie ruchu. 153 samochody potrzebowały aż pięć pasów ruchu o długości 150 m

Źródło: MPK Kraków S.A.

Kluczowym wydaje się, że osoby decydujące o wyglądzie naszym miast wciąż boją się, iż stawianie barier nieskrępowanemu i niewydolnemu ruchowi pojazdów indywidualnych może spowodować niezadowolenie społeczne i w konsekwencji prowadzić do ich odsunięcia z gremiów decyzyjnych. Jakby niezauważona została spektakularna i początkowo głośno krytykowana decyzja Warszawy o wprowadzeniu na większą skalę w stolicy buspasów. Z perspektywy dekady trudno dziś znaleźć gremia, które uznałyby to działanie za niekorzystne.

Część nieprzekonanych do transportu publicznego niesłusznie utyskuje na słabą jakość oferty przewozowej. Rzeczywiście o tym, jaka ona jest, decydują takie elementy jak:

- **Dostępność** (odległość od najbliższego przystanku i dobra częstotliwość),
- **Czas przejazdu**,
- **Koszt przejazdu**.

Dodatkowe czynniki to dostępność miejsc siedzących czy poziom bezpieczeństwa osobistego.

Choć z całą pewnością poziom świadczonych usług w transporcie miejskim w przeciągu dekady czy dwóch zmienił się radykalnie, to trzeba przyznać, że wciąż jest wiele do zrobienia w zapewnieniu odpowiednio gęstej i dopasowanej do potrzeb pasażera siatki połączeń.

Siłą transportu miejskiego jest m.in. radykalna odnowa taboru komunikacyjnego, która nie dokonała się np. w taborze przedsiębiorstw PKS. Nowoczesne autobusy niskopodłogowe produkowane z zastosowanie zupełnie nowych technologii stanowią inny standard w stosunku do autobusów znanych z okresu transformacji ustrojowej.

Miasta starają się, aby autobusy nisko- i zeroemisyjne zostały zauważone przez mieszkańców

Źródło: ZTM Warszawa

Autobus elektryczny w zasadzie nie odbiega swoim wyglądem od współczesnych klasycznych autobusów miejskich. Laikowi może być trudno wręcz odróżnić autobus z silnikiem Diesla od autobusu hybrydowego, gazowego czy elektrycznego. Niemniej jednak świadomość funkcjonowania tych ultra-nowoczesnych autobusów miejskich jest przyjmowana społecznie bardzo dobrze – szczególnie, że dzięki wykorzystaniu funduszów strukturalnych mieszkańcy nie ponoszą zwiększonych obciążeń finansowych z tego tytułu.

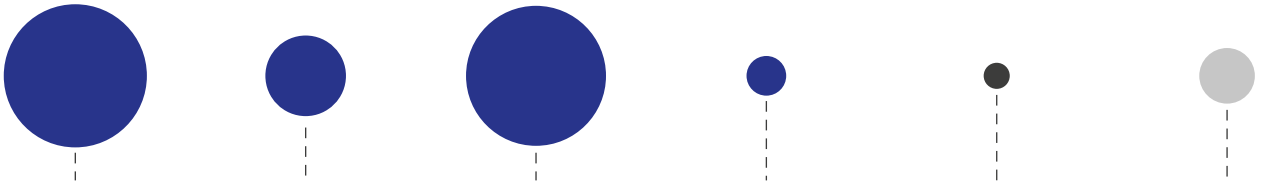
O pozytywnej ocenie wdrożenia autobusów elektrycznych świadczą wyniki tegorocznych badań w Zielonej Górze przeprowadzonych przez firmę Public Transport Consulting. Wśród najistotniejszych zalet wprowadzonych autobusów z napędem elektrycznym respondenci wskazywali cichość napędu elektrycznego oraz ekologiczność tych pojazdów – cechy te uzyskały odpowiednio 39% i 38% wskazań a zaledwie 1% ankietowanych uznało, iż nie widzi zalet nowo wprowadzonych pojazdów.

Wg 80% respondentów wprowadzenie autobusów z napędem elektrycznym miało znaczący pozytywny wpływ na jakość powietrza w mieście, tylko 1% zaprzeczyło tej tezie, natomiast brak zdania w tej kwestii wyraziło 19% ogółu ankietowanych. Wśród zaledwie 1% osób, które uznały, że wpływ nowych autobusów na poprawę jakości powietrza w mieście nie był istotny, większość stwierdziła, że uważa tak, ponieważ pojazdów z napędem elektrycznym jest jeszcze zbyt mało.

Biorąc pod uwagę analogiczne badania, przeprowadzone w ostatnim czasie w innych miastach identyczną metodą, należy zauważyć, że w Zielonej Górze średnia ocena ogólna komunikacji miejskiej była najwyższa wśród ocen wyliczonych dla badanych miast. Trzeba przy tym jednak podkreślić, że wdrożenie autobusów elektrycznych nie musi być czynnikiem przesądzającym o tak wysokim wyniku.

NAJWIĘKSZE ZALETY AUTOBUSÓW Z NAPĘDEM ELEKTRYCZNYM

Opinie mieszkańców Zielonej Góry z badania przeprowadzonego wiosną 2019 r. po wprowadzeniu dużej partii autobusów elektrycznych



39,46% Napęd elektryczny jest cichy

12,51% Płynna jazda

37,74% Są ekologiczne

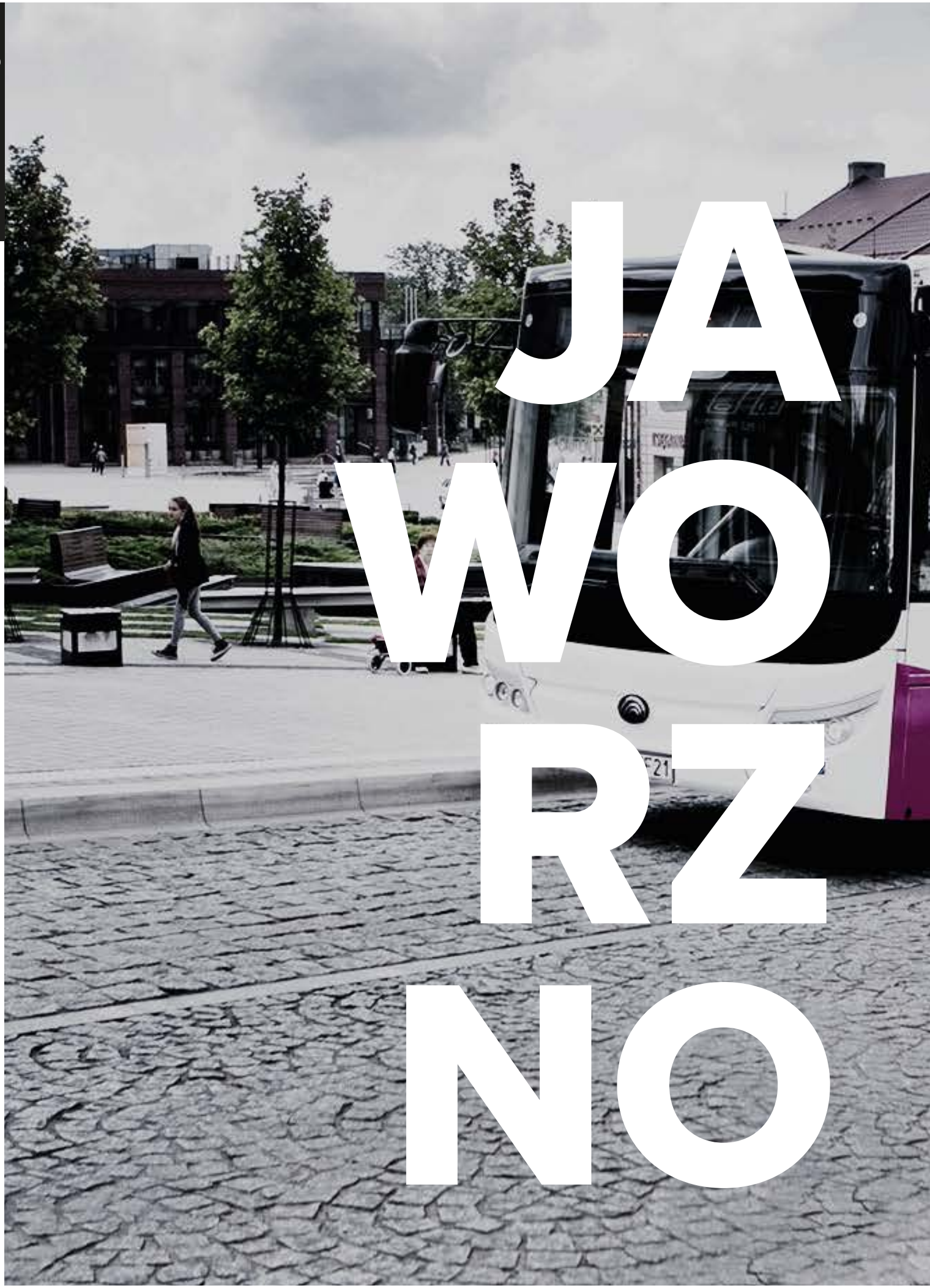
3,03% Inne

1,31% Nie dostrzegam zalet tych pojazdów

5,95% Nie mam zdania

Autobusy elektryczne podkreślają nowoczesność transportu miejskiego. Z punktu widzenia zagadnień poprawy jakości życia w naszych miastach, stanowią zaledwie tło do ogromu działań promocyjnych, który wciąż jest przed nami.

case study 9



JAWORZNO

Autobus
elektryczny
933
TAURON

JAWORZNO

POLSKA

Jaworzno było pierwszym miastem w Polsce, które wiosną 2015 r. wprowadziło autobus z napędem elektrycznym do stałej eksploatacji. Mowa o autobusie marki Solaris Urbino 12 m, który w pierwszym roku swojego użytkowania przejechał ponad 100 tys. km[97]. Pozytywna ocena jego eksploatacji była podstawą decyzji Przedsiębiorstwa Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Jaworznie (PKM Jaworzno) o dalszym rozwoju floty autobusów elektrycznych.

Konsekwencją tej decyzji było ogłoszenie w maju 2016 r. trzech przetargów. Dwa z nich dotyczyły zakupu 22 kolejnych pojazdów napędzanych energią elektryczną, a trzeci – infrastruktury, tj. budowy stacji szybkiego ładowania autobusów. Zwycięzcą przetargu na dostawę pojazdów została firma Solaris Bus & Coach S.A., a zamówienie objęło 9 sztuk przegubowych Urbino 18 electric, 9 egzemplarzy 12-metrowych Urbino electric oraz 4 autobusy klasy MIDI Urbino 8,9 electric.

Na zakup 22 nowych autobusów elektrycznych i budowę potrzebnej infrastruktury PKM Jaworzno uzyskało dofinansowanie ze środków Regionalnego Programu Operacyjnego Woj. Śląskiego, dotyczącego subregionu centralnego woj. śląskiego, funkcjonującego w ramach narzędzia tzw. Zintegrowanych Inwestycji Terytorialnych.

Z tego źródła na realizację projektu „Zakup elektrycznego taboru autobusowego wraz z systemem inteligentnego zarządzania flotą, z budową centralnej stacji ładowania i wymiany baterii oraz rozproszonych stacji szybkiego ładowania baterii w mieście Jaworzno" o wartości 67,2 mln zł spółka uzyskała 41,4 mln zł dotacji[98].

Wszystkie nowe elektrobusy wyjechały na ulice Jaworzna w listopadzie 2017 r. Ich przekazanie zostało połączone z prezentacją Centrum E-mobilności, tj. nowo otwartej zajezdni PKM Jaworzno, która jest jednym z najnowocześniejszych tego rodzaju obiektów w Europie. Hala wyposażona jest m.in. w ładowarki zajezdniowe, umożliwiające jednoczesne ładowanie ośmiu pojazdów. W maju 2019 r. flota elektrobusów miasta obejmowała 24 pojazdy, w tym jeden pojazd testowany, stanowiąc 40% floty autobusowej miasta, co oznacza, że Jaworzno stało się jednym z europejskich liderów w zakresie rozwoju e-mobilności.

PRZEGUBOWE AUTOBUSY ELEKTRYCZNE MARKI SOLARIS URBINO 18 ELECTRIC PKM JAWORZNO

Źródło: http://www.transporttm.pl

[97] https://dziennikzachodni.pl
[98] https://www.energetyka24.com

AUTOBUS ELEKTRYCZNY MARKI SOLARIS MIDI URBINO 8,9 ELECTRIC PKM JAWORZO NA TRASIE PONADLOKALNEJ

Źródło: https://www.transport-publiczny.pl

Pojazdy przegubowe Urbino 18 electric zostały wyposażone w centralny silnik trakcyjny o mocy 240 kW i baterie trakcyjne o łącznej pojemności 240 kWh. Ich pojemność pasażerska wynosi 105 osób (w przypadku autobusów z układem drzwi 2-2-2-2)[99]. Wożą one pasażerów na liniach E i J, łączących Aleję Korfantego odpowiednio z Byczyną Astrów i Krakowską Pętlą.

Autobusy Solaris Urbino 12 dostarczono w dwóch wersjach, tj. w wersji 2-drzwiowej (6 sztuk) i wersji 3-drzwiowej (3 sztuki). Pojemność pasażerska każdego z nich wynosi 75 osób. Zostały one wyposażone w dziewięć akumulatorów trakcyjnych w postaci kaset. Cztery z nich o wadze 157 kg i 5 o wadze 294 kg, o ściśle określonych wymiarach, można wymienić w ciągu 10 minut. Obsługują one linię 313 o umiarkowanym profilu topograficznym, przebiegającą w strefie miejskiej i podmiejskiej, która łączy Osiedle Stałe z Pętlą Bory Hetmańska. Długość tej trasy wynosi 16 km, a dzienny czas użytkowania autobusu 18 godzin. Porusza się on ze średnią prędkością 30 km/h, pokonując dziennie średni dystans 250 km[100].

Najmniejszymi autobusami elektrycznymi, eksploatowanymi przez PKM Jaworzno, są autobusy marki Solaris Urbino 8,9 LE electric wyposażone w silnik trakcyjny o mocy 160 kW i baterie o pojemności 160 kWh. W ich wnętrzu może podróżować 47 osób, w tym 19 na miejscach siedzących. Rozpoczęły one obsługę dwóch całkowicie nowych linii, tj. linii nr 372 i 373, łączących jaworznicki szpital z miejscowościami Łubowiec i Szczotki. Wszystkie linie, obsługiwane przez autobusy z napędem elektrycznym, mają charakter ponadlokalny.

Podstawowe parametry techniczne elektrobusów marki Solaris

MARKA POJAZDU	**Solaris**	**Solaris**
MODEL	Urbino 18 electric	MIDI Urbino 8,9 electric
DŁUGOŚĆ	18 m	8,95 m
POJEMNOŚĆ PASAŻERSKA	105	47
UKŁAD DRZWI	2-2-2-2, 2-2-2-0, 1-2-2-2, 1-2-2-0	1-2-0 lub 1-1-0
KLIMATYZACJA	Tak	Tak
OGRZEWANIE	Tak	Tak
ŁADOWANIE	Pantograf lub złącze plug-in	Pantograf lub złącze plug-in
TYP BATERII	Litowo-jonowe	Litowo-jonowe
MOC SILNIKA TRAKCYJNEGO	240 kW	160 kW
POJEMNOŚĆ POKŁADOWEGO MAGAZYNU ENERGII	200 kWh	160 kWh

Źródło: https://www.solarisbus.com

[99] https://www.transport-publiczny.pl
[100] „An updated overview of electric buses in Europe. ZeEUS eBus Report", April 2018

Wszystkie elektrobusy zostały wyposażone w system ładowania pantografowego, dzięki któremu baterie można doładować zarówno na trasie, jak i w zajezdni. Standardowo pojazdy posiadają złącze typu plug-in służące do nocnego uzupełniania baterii z ładowarki stacjonarnej zlokalizowanej w zajezdni. Dzięki zastosowaniu zarówno ładowarek zajezdniowych, jak i ładowarek pantografowych zainstalowanych w mieście, operacyjność autobusów elektrycznych w Jaworznie jest praktycznie nieograniczona.

Każdy autobus elektryczny w Jaworznie posiada klimatyzację przestrzeni pasażerskiej i kabiny kierowcy, a także oświetlenie typu LED. Pasażerowie mogą zakupić bilet w pojeździe, dzięki zamontowanym w każdym autobusie automatom. Na wyposażeniu elektrycznych Urbino znajdują się także porty USB, z których podczas podróży można naładować telefon lub inne urządzenie mobilne[101]. Autobusy, dzięki rampom dla wózków inwalidzkich i specjalnym zatokom, są przystosowane do przewozu osób niepełnosprawnych. Poza rozbudowanym systemem informacji pasażerskiej, producent zainstalował w pojazdach inteligentny system zarządzania flotą składający się z urządzenia lokalizacyjnego i anteny GPS, umożliwiający wyświetlanie w czasie rzeczywistym godzin przyjazdu i odjazdu z poszczególnych przystanków[102].

[101] https://regiony.rp.pl
[102] https://www.orpa.pl

Centralnym punktem infrastruktury służącej ładowaniu elektrobusów, powstałej w grudniu 2016 r., jest Krakowska Pętla w obrębie ulic Krakowskiej i Pstrowskiego. Zlokalizowany jest tam bowiem, wybudowany w ramach osobnego przetargu, budynek stacji, w którym wymieniane są akumulatory autobusów. W ramach rozwoju tej infrastruktury przebudowano układ drogowy zarówno na Krakowskiej Pętli, jak i w zatoce przystankowej Byczyna Astrów i przy łączniku ul. Chełmońskiego z ul. Szpitalną. Trzy stacje szybkiego ładowania akumulatorów trakcyjnych zostały zainstalowane na Pętli, a po jednej w zatoce i przy łączniku. Na Pętli jest jedno stanowisko do ładowania przegubowców i dwa z przeznaczeniem dla autobusów 12-metrowych. Wszystkie staje zostały zainstalowane przez spółkę Medcom Sp. o.o. z Warszawy. Z kolei montaż dwóch stacji transformatorowych wraz z wyposażeniem do zasilania tych stacji wykonała firma ZPUE S.A. z Włoszczowej[103].

Do 2020 r. miasto zamierza kupić dalszych 20 elektrycznych autobusów, będzie też uczestniczyło w badaniach prototypów autonomicznych pojazdów transportu publicznego[104]. Inwestycja będzie realizowana w ramach, przygotowanego z przewoźnikiem projektu „Zakup elektrycznego taboru autobusowego wraz z systemem inteligentnego zarządzania flotą pojazdów", o wartości 48,8 mln zł. Na mocy umowy o dofinansowanie, podpisanej w październiku 2017 r., kwota w wysokości 30,6 mln zł zostanie pokryta środkami pochodzącymi z unijnego programu POIiŚ.

Dzięki nabyciu 20 nowych elektrobusów aż 80% floty PKM Jaworzno stanowić będą pojazdy z napędem elektrycznym, co będzie oznaczać, że w 2020 r. Jaworzno może się stać pierwszym polskim miastem z całkowicie bezemisyjnym transportem publicznym. Oprócz 20 autobusów elektrycznych PKM Jaworzno kupi m.in. pięć kolejnych stacji do ładowania poprzez pantograf oraz 10 ładowarek typu plug-in, które zostaną zamontowane w zajezdni.

[103] https://www.gramwzielone.pl
[104] https://www.energetyka24.c

best practice 10

JAK FIRMY MOGĄ WSPIERAĆ ROZWÓJ ELEKTROMOBILNOŚCI (PROJEKTY PILOTAŻOWE)?

Pierwsza, w pełni elektryczna zajezdnia autobusowa od ABB

Z obawy na pogarszającą się jakość powietrza i jakość życia w miastach, rosnące emisje dwutlenku węgla i innych zanieczyszczeń, ale także ze względu na potencjalne oszczędności kosztów operacyjnych, miasta na całym świecie zaczynają wprowadzać autobusy z napędem elektrycznym do swojej floty. Do odpowiedniego funkcjonowania taboru autobusów elektrycznych niezbędna jest niezawodna infrastruktura.

Mając na celu pełną elektryfikację swojej floty autobusowej do 2030 r., niemiecki operator transportu publicznego Hamburger Hochbahn AG postanowił zbudować pierwszą w Niemczech w pełni elektryczną zajezdnię autobusową. Inwestycja ta realizuje inicjatywy podejmowane przez senat Hamburga, który wzywa operatorów transportu do zakupu tylko bezemisyjnych, w pełni elektrycznych autobusów od 2020 r., i stanowi część szerszego programu ochrony środowiska Niemiec. W jego ramach Hamburg jako jedno z pierwszych miast zobowiązał się do pełnej elektryfikacji swojej floty autobusowej. W chwili obecnej flota autobusów składa się z ponad 100 autobusów konwencjonalnych, które powoli zastępowane są elektrycznymi – obecnie zakontraktowanych jest 20 Mercedesów eCitaro i 10 Solarisów Urbinio Electric.

Jako dostawca infrastruktury do ładowania autobusów zostało wybrane ABB, które kompleksowo zbudowało zajezdnie autobusową wyposażając w 44 ładowarki dużej mocy – 150 kW każda. Umożliwia to naładowanie 44 autobusów, z których każdy ma zasięg do 150 km, w trakcie postoju nocnego w zajezdni. Ładowanie pojazdów elektrycznych przez noc stanowi inteligentne i efektywne kosztowo rozwiązanie do ładowania dużych flot elektrycznych autobusów, umożliwiając niezawodne świadczenie usługi transportu publicznego za dnia przy zerowej emisji spalin. Ze względu na wygodę i efektywność wykorzystania przestrzeni, szafy zasilające ładowarek są zainstalowane na dachu zajezdni należącej do Hamburg Hochbahn AG.

Ładowarki są częścią modułowego podejścia ABB do zagadnień związanych z ładowaniem o dużej mocy na zajezdniach, które wymagają efektywnego podłączenia z przyłączem energetycznym. Aby zapewnić wysoką dyspozycyjność i niezawodność, wprowadzono redundantną rozdzielnicę średnich napięć SafePlus, która jest całkowicie szczelna, pozwalając na lepszą wydajność i bezpieczeństwo obsługi. Suche transformatory oraz rozdzielnicę niskich napięć, zostały zdublowane, zapewniając w ten sposób bezproblemowe ładowanie pomiędzy stacjami w przypadku konieczności przeprowadzenia konserwacji w innych punktach infrastruktury.

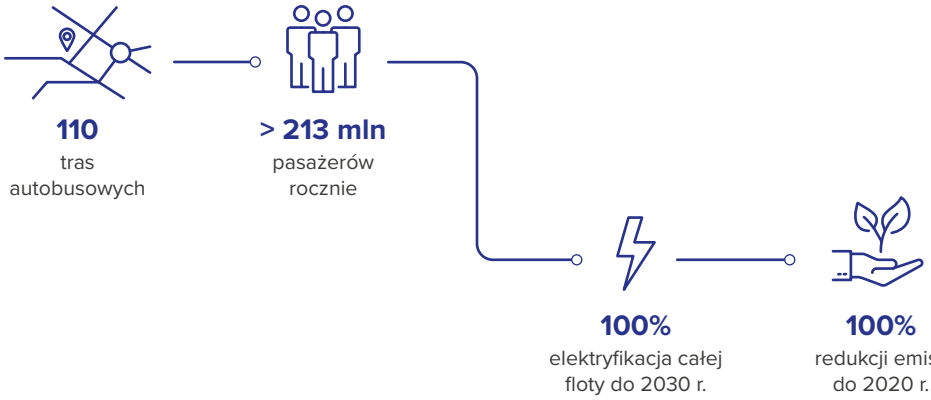
Skrzynka ładowarki (tzw. depobox) zajmuje w zajezdni niewielką powierzchnię, dzięki czemu dobrze się sprawdza na ogranizconych powierzchiach, natomiast szafy zasilające zostały umieszczone na dachu zajezdni. Ładowarki te są zgodne ze standardem CCS (Combined Charging System) oraz OCPP (Open Charge Point Protocol). Oprócz samej infrastruktury, ważnym elementem tego projektu są rozwiązania cyfrowe z pakietu ABB AbilityTM wykorzystujące systemy pracujące w chmurze dla zdalnej diagnostyki ładowarek i zarządzania energią oraz pojazdami w celu zapewnienia niezawodnej i wydajnej infrastruktury dla pasażerów autobusów.

W trosce o najlepsze rezultaty, firma ABB nadzorowała montaż i uruchomienie wraz z pełnym zarządzaniem projektem i budową, która ma została ukończona latem 2019 roku. Oprócz rozwiązań zajezdniowych opartych na połączeniu CCS, ABB oferuje rozwiązania pantografowe, które mogą być zastosowane na zajezdniach, ale też do szybkiego ładowania na przystankach czy stacjach końcowych. ABB oferuje dwa rozwiązania – OPPCharge, gdy pantograf znajduje się na stacji ładowania oraz gdy pantograf znajduje się na autobusie.

Planując elektryfikację floty autobusów, należy odpowiednio przygotować strategię ich ładowania: czy w nocy na zajezdni, czy szybkie ładowanie przez pantograf (tzw. „opportunity charging”), a może jednak miks jednego i drugiego? Wszystko zależy od indywidualnego podejścia w każdej lokalizacji.

Projekt Hamburger Hochbahn

ABB zbudowało pierwszą w pełni elektryczną zajeznię autobusową w Niemczech



110
tras autobusowych

> 213 mln
pasażerów rocznie

100%
elektryfikacja całej floty do 2030 r.

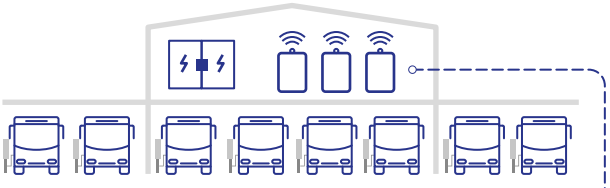
100%
redukcji emisji do 2020 r.

HOCHBAHN
Kompleksowe rozwiązanie

44
ładowarki ABB 150C o wysokiej mocy

150 kW
mocy na każdą ładowarkę

—
Ładowarki ABB 150C o wysokiej mocy dla e-autobusów



—
Ładowarki i przyłącza do sieci będą zainstalowane w dostępnej przestrzeni nad autobusami w zajezdni

0
straty przestrzeni

- 44 ładowarki ABB 150C o wysokiej mocy
- Rozdzielnice SN: SafePlus
- 4 transformatory suche 2 MVA
- 4 rozdzielnice niskiego napięcia z komponentami ABB

Volvo używa baterii z autobusów elektrycznych do magazynowania energii słonecznej

Pod koniec zeszłego roku rozpoczął działalność prawdopodobnie pierwszy magazyn energii, wykorzystujący baterie autobusów elektrycznych w Europie. Akumulatory pochodzące z pojazdów Volvo kursujących na linii 55 w Göteborgu w Szwecji otrzymują „drugie życie" i służą do magazynowania energii słonecznej.

W spółdzielni mieszkaniowej Viva, w Riksbyggen, partnerzy wdrażający projekt (Volvo Buses, Göteborg Energi, Riksbyggen i Johanneberg Science Park) stworzyli system, w ramach którego energia z paneli słonecznych zamontowanych na dachach budynków mieszkalnych przechowywana jest w akumulatorach, które wcześniej zasilały autobusy. Magazyny pomagają pomniejszać szczytowe wartości zużycia energii w obiekcie, a także służą do przechowywania lub sprzedaży nadwyżki energii słonecznej. Energia może także zostać odkupiona od krajowych dostawców i magazynowana w celu przyszłego użycia, jeśli tylko będzie niedroga oraz ekologiczna. Jak informuje Volvo, poprawia to efektywność systemu energetycznego spółdzielni Viva oraz sieci energetycznej miasta.

Ylva Olofsson, koordynator projektu w Volvo: „Wiemy, że akumulatory do autobusów elektrycznych mają duży potencjał w zakresie innych zastosowań, takich jak magazynowanie energii po zakończeniu ich eksploatacji w transporcie publicznym. Sprawdzamy, w jakim stopniu możemy wykorzystać ten potencjał. Wykorzystanie akumulatorów w magazynach energii zapewnia im dłuższe funkcjonowanie, co z kolei oznacza lepsze wykorzystanie zasobów i mniejszy wpływ na środowisko. W Volvo badamy różne możliwości ponownego wykorzystania akumulatorów autobusowych do magazynowania energii, a Viva stanowi jeden z przykładów takich działań".

W magazynie energii znajduje się 14 używanych akumulatorów litowo-jonowych pochodzących z autobusów elektrycznych. Są one instalowane w komorze baterii i połączone ze sobą w celu utworzenia pakietu o pojemności 200 kWh. Dzięki takiemu magazynowi, większa część energii słonecznej wytwarzanej przez Viva jest wykorzystywana na potrzeby energetyczne spółdzielni mieszkaniowej.

Testy magazynowania energii w używanych akumulatorach autobusowych odbywają się przy wsparciu projektu UE IRIS Smart Cities. Z kolei IRIS jest projektem Light House, finansowanym przez EU HORIZON 2020.

Volvo testuje pierwszy autonomiczny elektryczny autobus miejski

Marka Volvo Buses, wspólnie z Uniwersytetem Technologicznym Nanyang (NTU) w Singapurze, testuje także pierwszy, 12-metrowy autonomiczny elektryczny autobus miejski. Pojazd odbywa kursy próbne na terenie kampusu uniwersyteckiego. Volvo 7900 Electric jest w stanie przewieźć 85 pasażerów. Został wyposażony w czujniki oraz elementy sterujące pojazdem zarządzane przez system sztucznej inteligencji (AI). W celu zapewnienia pełnego bezpieczeństwa i niezawodności, system AI jest również chroniony środkami bezpieczeństwa cybernetycznego.

Autobus zaliczył wcześniej wstępne rundy rygorystycznych testów w Centrum Testowania i Badań Autonomicznych Pojazdów (Centre of Excellence for Testing and Research of Autonomous Vehicles – CETRAN). Obecnie autobus jest testowany na terenie kampusie NTU, a następnie na wyjedzie na trasę poza uniwersytetem.

Testowane w Singapurze Volvo 7900 Electric jest pierwszym w pełni autonomicznym, elektrycznym autobusem Volvo przeznaczonym do wykorzystania w transporcie publicznym. Gwarantuje cichą i bezemisyjną pracę. Zużywa 80 procent mniej energii niż autobus z silnikiem wysokoprężnym o tych samych rozmiarach. Håkan Agnevall, prezes Volvo Buses: „Nasz autobus elektryczny wyposażony w technologię autonomiczną stanowi ważny krok w kierunku wizji czystszego, bezpieczniejszego i inteligentniejszego miasta. Dążenie do pełnej autonomii jest bez wątpienia procesem złożonym, a nasze partnerstwo z uniwersytetem NTU oraz Land Transport Authority (LTA) w Singapurze ma decydujące znaczenie dla realizacji tej wizji."

Testowany w Singapurze autobus jest wyposażony w autonomiczne oprogramowanie badawcze Volvo, podłączone do kluczowych elementów sterujących i wielu czujników. Naukowcy z NTU rozszerzyli go o system AI, który współpracuje z czujnikami, umożliwiając autonomiczną jazdę.

Obejmuje to wykrywanie światła i czujników zasięgu (LIDARS), kamery 360 stopni oraz zaawansowany globalny system nawigacji satelitarnej, wykorzystujący kinematykę w czasie rzeczywistym. Odbywa się to na podobnych zasadach jak w przypadku każdego globalnego systemu pozycjonowania (GPS), ale wykorzystuje wiele różnych danych źródłowych, aby zapewnić precyzję lokalizacji z dokładnością do jednego centymetra.

System jest podłączony do „inercyjnej jednostki zarządzania", która mierzy poprzeczną i kątową prędkość autobusu. Usprawnia to nawigację podczas jazdy po nierównym terenie, zapewniając płynną podróż.

AUTOBUS AUTONOMICZNY VOLVO 7900 ELECTRIC

Źródło: http://www.transporttm.pl

case study 10

ZIELONA GÓRA

autobus elektryczny

ZIELONA GÓRA

POLSKA

W Zielonej Górze na koniec 2018 r. zarejestrowanych było 36 autobusów z napędem elektrycznym. Ich eksploatacja rozpoczęła się we wrześniu 2018 r. wraz z objęciem obsługi linii nr 5,6,9,10,14,19,20,25 i Z19[105]. Dostawa autobusów była efektem realizacji zamówienia, które miasto złożyło w wyniku rozstrzygnięcia w 2017 r. przetargu na dostawę 47 niskopodłogowych autobusów zasilanych wyłącznie energią elektryczną.

Zwycięzcą przetargu została spółka Ursus Bus S.A., która zaoferowała realizację kontraktu na dostawę autobusów marki Ursus City Smile 12 LFE za 96,5 mln zł[106]. Siedem pojazdów zasiliło tabor Miejskiego Zakładu Komunikacji w Zielonej Górze (MZK zielona Góra) w styczniu 2019 r., zaś dostawa pozostałych czterech opóźnia się[107]. Wobec ryzyka rozwiązania kontraktu z dostawcą, MZK Zielona Góra rozpoczął w maju 2019 r. testowanie autobusów elektrycznych marki Mercedes e-Citaro[108]. Pełna realizacja kontraktu spowoduje, że tabor elektryczny będzie stanowił ok. 60% wszystkich autobusów w Zielonej Górze.

Inwestycje w elektromobilność transportu miejskiego w Zielonej Gorze wkomponowują się w Strategię Zintegrowanych Inwestycji Terytorialnych Miejskiego Obszaru Funkcjonalnego Zielonej Góry (ZIT), która jest elementem procesu programowania wykorzystania środków UE.

Pojawienie się ZIT jako instrumentu służącego realizacji strategii terytorialnych ukierunkowanych na zrównoważony rozwój miast wynika z założeń polityki spójności na lata 2014-2020 i szerokiego uwzględnienia w niej wymiaru terytorialnego[109] .

Dokument ZIT zwraca uwagę na intensywność skumulowanego ruchu pojazdów w mieście, która jest przyczyną emisji zanieczyszczeń i hałasu i stanowi przez to zagrożenie dla środowiska. W dużym stopniu zagrożenie to stwarzają przewoźnicy prywatni, którzy użytkują pojazdy o gorszych parametrach środowiskowych i wykorzystują wszystkie przystanki w centrum miasta. Szczególne zagrożenie stanowi duża liczba pojazdów zatrzymujących się w centrum Zielonej Góry na przystankach położonych blisko siebie, ze względu na zwiększony poziom emisji zanieczyszczeń podczas ruszania pojazdów z przystanków.

AUTOBUSY ELEKTRYCZNE MARKI URSUS CITY SMILE 12 LFE W ZIELONEJ GÓRZE

Źródło: http://zielonagora.wyborcza

[105] https://gazetalubuska.pl
[106] https://regiony.rp.pl
[107] Za opóźnienie dostawy autobusów MZK Zielona Góra naliczył kary finansowe
[108] https://www.transport-publiczny.pl
[109] T. Piersiak, A. Pluskota, „Strategia Zintegrowanych Inwestycji Terytorialnych Miejskiego Obszaru Funkcjonalnego Zielonej Góry (Strategia ZIT MOF ZG)", Tomasz Piersiak Consulting, Zielona Góra 2016

Dostawa autobusów z napędem elektrycznym jest jednym z zasadniczych elementów strategii miasta mającej na celu podjęcie walki ze smogiem i ograniczenie emisji CO_2 w mieście, a także eliminację hałasu związanego z jazdą autobusów spalinowych i zmniejszenie kosztów ich eksploatacji. Inwestycja w elektrobusy jest częścią unijnego projektu „Zintegrowany system niskoemisyjnego transportu publicznego w Zielonej Górze". To warte ponad 266,8 mln zł przedsięwzięcie jest wspierane finansowo kwotą w wysokości 167,2 mln zł, pochodzącą z funduszy unijnych. Wkład własny miasta wynosi 28,6 mln zł, a wkład PKP – 13,1 mln zł.

Oprócz wymiany taboru, projekt „Zintegrowany system niskoemisyjnego transportu publicznego w Zielonej Górze" zakłada także m.in. budowę infrastruktury technicznej dla elektrobusów, tj. stacji ładowania, zaplecza serwisowego itp., przebudowę zajezdni autobusowej przy ul. Chmielniczej oraz budowę centrum przesiadkowego przy ul. Bema wraz z przebudową (realizowaną wspólnie z PKP) układu komunikacyjnego w rejonie dworca kolejowego[110]. Docelowo centrum przesiadkowe będzie zadaszone i połączone z dworcem kolejowym. Tym samym będzie można przesiąść się z pociągu na autobus „suchą stopą"[111].

Zakup autobusów z napędem elektrycznym spowodował konieczność dostosowania do ich potrzeb infrastruktury w mieście. Autobusy w nocy są ładowane w przebudowanej zajezdni przy ul. Chemicznej. Wszyscy pracownicy zajezdni zostali przeszkoleni, zarówno w zakresie obsługi nowych pojazdów, jak i szybkiego ładowania na pętli.

W Zielonej Górze pojawi się też kilkanaście stacji do szybkiego ładowania autobusów. Ładowarki znajdą się na pętlach autobusowych.

STACJA DO SZYBKIEGO ŁADOWANIA AUTOBUSÓW ELEKTRYCZNYCH NA PĘTLI PRZY UL. WYSPIAŃSKIEGO

Źródło: http://zielonagora.wyborcza.pl

Przewidziano stacje z dwoma, trzema bądź czterema stanowiskami ładowania o mocy wyjściowej odpowiednio 400, 600 i 800 kW[112]. W styczniu 2019 r. uruchomiono trzystanowiskową stację do ładowania na pętli przy ul. Wyspiańskiego. Docelowo w Zielonej Górze ma funkcjonować 11 szybkich ładowarek. Kolejne z nich będą uruchomione na pętlach Jędrzychów, Wrocławska, Dworzec Główny i Os. Śląskie. Cały system szybkiego ładowania w Zielonej Górze będzie zlokalizowany na 11 pętlach (w tym centrum przesiadkowe), na których łącznie przewidziano 27 stanowisk szybkiego ładowania. Dwadzieścia pięć dwustanowiskowych ładowarek wolnego ładowania i jedna dwustanowiskowa ładowarka do szybkiego ładowania będą na terenie zajezdni MZK Zielona Góra.

Autobusy elektryczne w Zielonej Górze mają charakter uniwersalny, tzn. są eksploatowane na wszystkich liniach komunikacyjnych, przebiegających generalnie przez centrum miasta. W przypadku Zielonej Góry parametry techniczne pojazdów nie były uwarunkowane wymogami i parametrami konkretnych linii. Generalnie trasy tych linii cechują długości od 6 do 18 km, na których przystanki rozmieszone są średnio co 590 m. Średnia prędkość autobusów elektrycznych w mieście wynosi prawie 21 km/h, a dzienny czas ich użytkowania ok. 20 godzin. Dziennie każdy z nich pokonuje średnio od 150 do 300 km.

[110] https://www.portalsamorzadowy.pl
[111] http://infobus.pl
[112] https://leftlane.pl

Zielona Góra planuje zwiększyć flotę autobusów z napędem elektrycznym o kolejne 12 pojazdów, w tym 8 autobusów 12-metrowych i 4 przegubowych. Urząd Miasta liczy, że ich zakup zostanie wsparty ze środków funduszu POIiŚ.

W ramach konkursu organizowanego przez Centrum Unijnych Projektów Transportowych, w lutym 2019 r. złożono wniosek o dofinansowanie projektu „Elektryfikacja linii komunikacji miejskiej w Zielonej Górze", dotyczącego linii autobusowych nr 0, 8 i 80. Projekt ma być zrealizowany przez MZK Zielona Góra w latach 2019-2021. Oprócz zakupu taboru obejmuje on budowę pętli na os. Mazurskim wraz ze stacjami szybkiego ładowania[113].

STACJA DO SZYBKIEGO ŁADOWANIA AUTOBUSÓW ELEKTRYCZNYCH W ZIELONEJ GÓRZE

Źródło: http://zielonagora.wyborcza.pl

Specyfikacja linii, obsługiwanych przez autobusy elektryczne w Zielonej Górze

NUMER LINII	**Wszystkie linie**
TYPOLOGIA LINII	Strefa miejska
TOPOGRAFIA LINII	Trasy umiarkowane
DŁUGOŚĆ LINII	6-18 km
ŚR. ODLEGŁOŚĆ MIĘDZY PRZYSTANKAMI	0,59 km
ŚREDNIA PRĘDKOŚĆ	20,8 km/h
DZIENNY CZAS UŻYTKOWANIA	20 h
DZIENNY DYSTANS	150-300 km

Źródło: MZK Zielona Góra

[113] http://infobus.pl

WNIOSKI
I REKOMENDACJE

WNIOSKI I REKOMENDACJE

W chwili obecnej nie ma odwrotu od rozwoju transportu miejskiego w oparciu o pojazdy zeroemisyjne. Wynika to nie tylko z wdrożonych regulacji prawnych, zarówno na poziomie europejskim (dyrektywa WE/22/2009), jak i krajowym (Ustawa o elektromobilności i paliwach alternatywnych), ale również z coraz bardziej powszechnej praktyki różnych miast, co ilustrują opisane przypadki.

Należy podkreślić, że w elektromobilność włączyły się ośrodki o różnej wielkości, różnym charakterze oraz w różnym stopniu. Wyraźnie też widać, że elektromobilność stała się bardzo ważnym narzędziem walki ze zmianami klimatycznymi – zgodnie z oczekiwaniami społecznymi. Widoczne jest to przede wszystkim w przykładach z Europy Zachodniej, ale również i polskie samorządy przyjmują politykę transportową, jako istotne narzędzie walki ze smogiem.

Analiza przypadków wskazuje, że istnieje stosunkowo szeroka wspólna grupa wniosków i doświadczeń analizowanych miast, wynikających z rozwoju elektromobilności publicznego transportu zbiorowego.

Obejmują one głównie:

- Pozytywną ocenę dotyczącą eksploatacji autobusów z napędem elektrycznym, obejmującą przede wszystkim efekty środowiskowe oraz ograniczenie hałasu,
- Pozytywną ocenę pasażerów, wskazujących głównie na płynną i cichą jazdę autobusów elektrycznych,
- Uczestnictwo w programach i projektach bezpośrednio lub pośrednio zorientowanych na rozwój zrównoważonych systemów publicznego transportu zbiorowego,
- Wskazywanie na ograniczone możliwości finansowe jako główną barierą rozwoju elektromobilności w publicznym transporcie zbiorowym,
- Korzystanie z zewnętrznych źródeł finansowania, w tym środków publicznych i unijnych, przy zakupie autobusów elektrycznych,
- Testowanie autobusów z napędem elektrycznym przed podjęciem decyzji o ich zakupie,
- Wybieranie linii komunikacyjnych, przewidzianych do obsługi przez autobusy z napędem elektrycznym, przed ogłaszaniem przetargu na ich zakup,
- Oznakowanie kursujących po mieście autobusów z napędem elektrycznym, zapewniające ich identyfikowalność i promujące ten napęd.

WNIOSKI I REKOMENDACJE

Wśród analizowanych miast, z doświadczeniami w zakresie rozwoju elektromobilności w publicznym transporcie zbiorowym, można wskazać na następujące ich grupy, cechujące się różnym stopniem preferowania autobusów elektrycznych w strategii rozwoju miejskiego niskoemisyjnego taboru:

1. Grupa miast, największych zwolenników autobusów elektrycznych, które zarówno eksploatują autobusy elektryczne, jak i na ich bazie ściśle planują w przyszłości rozwój transportu publicznego (Bonn, Jaworzno, Zielona Góra),

2. Grupa miast, które wykorzystują istniejącą infrastrukturę tramwajową lub trolejbusową dla rozwoju autobusów elektrycznych (Lublin, Kraków),

3. Grupa miast, które preferują mix niskoemisyjnych oraz zeroemisyjnych autobusów w transporcie miejskim – prócz pojazdów elektrycznych eksploatują także autobusy CNG, LNG oraz hybrydowe lub nie wykluczają ich zakupu (Berno, Graz, Inowrocław, Warszawa),

4. Grupa miast, które nie mają bogatych doświadczeń, ale tworzą ofertę transportu publicznego niemal od zera i autobusy elektryczne mogą stanowić punkt oparcia dla rozwoju ich niskoemisyjnych flot (Polkowice).

Wymogi i uwarunkowania linii komunikacyjnych, obsługiwanych przez autobusy elektryczne lub przewidzianych do tej obsługi, pozwalają na wyszczególnienie następujących strategii rozwoju miejskiej infrastruktury do ładowania:

- **Strategia ultraszybkiego ładowania w mieście** (Graz, Berno),
- **Strategia ładowania tylko w zajezdni** (Bonn, Polkowice),
- **Strategia łączenia ładowania w zajezdni z szybkim ładowaniem na mieście** (Inowrocław, Jaworzno, Kraków, Lublin, Warszawa, Zielona Góra).

Wymienione strategie uwarunkowane są czynnikami lokalnymi. W przypadku części miast spotykamy obawę przed lokowaniem infrastruktury doładowywania na ulicach miast. Wynika to z barier technicznych, wysokich kosztów, problemów własnościowych oraz społecznego oporu przed ingerowaniem w przestrzeń miasta. Problemy te w mniejszym stopniu dotykają przewoźników, którzy zarządzają zarówno siecią autobusową, jak i tramwajową – w tym istniejącą infrastrukturą.

WNIOSKI I REKOMENDACJE

Organizacja przewozów w małych miastach, połączona z bliskością zajezdni, pozwala z kolei na zjazd pojazdów celem doładowania zajezdniowego bez konieczności budowy ładowarek na mieście. Miasta decydujące się na strategię łączenia ładowania zajezdniowego z szybkim ładowaniem na mieście to ośrodki oczekujące od autobusu odpowiedniego zasięgu działania (200-385 km dziennie), pozwalającego pracę w systemie dwuzmianowym, bez konieczności zjazdu do zajezdni.

Trasy, przewidziane do obsługi przez autobusy z napędem elektrycznym, cechowały następujące „średnie" parametry:

- Lokalizacja: **centrum i strefa miejska**,
- Profil topograficzny: **płaski**,
- Odległości między przystankami: **od 300 m do 600 m**,
- Długość trasy: **od 6 km do 18 km**,
- Dzienny dystans pokonywany przez autobus elektryczny: **od 114 km do 300 km**,
- Dzienny czas eksploatacji autobusu elektrycznego: **od 14 godzin do 20 godzin**,
- Prędkość eksploatacyjna autobusu elektrycznego: **od 13,5 km/h do 30,0 km/h**.

Do istotnych, aczkolwiek pozostających w mniejszości, lokalnych wniosków wynikających z eksploatacji autobusów z napędem elektrycznym, przez będące przedmiotem analizy miasta, należy zaliczyć:

- Podkreślanie wkładu autobusów elektrycznych w odejściu od wykorzystania paliw kopalnych, połączonego często z zasilaniem ich energią odnawialną (cechę tą wyraźnie akcentują przewoźnicy zagraniczni),
- Spadek efektywności akumulatorów elektrobusów w miesiącach zimowych, skutkujący zakłóceniami w komunikacji miejskiej (Bonn),
- Możliwość obsługi przez autobusy z napędem elektrycznym wszystkich linii komunikacyjnych w mieście (Zielona Góra),
- Postrzeganie eksploatacji autobusów z napędem elektrycznym jako alternatywę dla rozwoju sieci trolejbusowej w mieście (Berno),
- Rezygnacja z testowania autobusów elektrycznych, sprawdzonych już w innych miastach (Graz).

pspa
POLSKIE STOWARZYSZENIE
PALIW ALTERNATYWNYCH

member of AVERE
The European Association for Electromobility

Największa organizacja branżowa zajmująca się kreowaniem rynku elektromobilności i paliw alternatywnych w Polsce

Integrujemy polskie i zagraniczne firmy z wielu branż, które wspólnie działają na rzecz ukształtowania odpowiedniego otoczenia gospodarczego, niezbędnego dla **rozwoju zero- i niskoemisyjnych technologii w transporcie**

Napędzamy elektromobilność!

Wiedza na temat rynku

Monitorujemy rynek EV w Polsce i Europie oraz zmiany w legislacji na poziomie krajowym i europejskim. Dostarczamy informacje, analizy i statystyki kluczowe dla rozwoju biznesu

Aktywny dialog branżowy

Zabiegamy o lepsze prawo, reprezentując firmy wobec administracji publicznej. Bierzemy aktywny udział w konsultacjach społecznych, opiniujemy projekty aktów prawnych

Promocja EV i edukacja

Wydajemy raporty, realizujemy badania i kampanie społeczne. Organizujemy konferencje. Zwiększamy wiedzę i budujemy świadomość społeczną w zakresie ekologicznego transportu

POLSKIE STOWARZYSZENIE PALIW ALTERNATYWNYCH
00-332 Warszawa, ul. Obożna 7/32

+48 507 686 158
biuro@pspa.com.pl
pspa.com.pl

POLSKIE STOWARZYSZENIE
PALIW ALTERNATYWNYCH

member of AVERE
The European Association
for Electromobility

pspa.com.pl