

# Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług w komunikacji miejskiej organizowanej przez Gminę Legnica



Opracowanie zgodne z wymogami  
Ustawy z dnia 11 stycznia 2018 r.  
o elektromobilności  
i paliwach alternatywnych



WROCŁAW - LEGNICA 2024



TRAKO

**TRAKO**

PROJEKTY TRANSPORTOWE



Dokument przygotowany przez:

**TRAKO PROJEKTY TRANSPORTOWE**

Szamborski i Szelukowski S.J. ©

ul. Jaracza 71/9, 50-305 Wrocław,

e-mail: [poczta@trako.com.pl](mailto:poczta@trako.com.pl)

[www.trako.com.pl](http://www.trako.com.pl)

## Spis treści

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 1.     | Wprowadzenie – cel i obszar analizy .....   | 6  |
| 1.1.   | Cel analizy .....   | 6  |
| 1.2.   | Obszar terytorialny objęty analizą .....  | 7  |
| 1.3.   | Uwarunkowania techniczne i prawne .....   | 8  |
| 1.3.1. | Uwarunkowania prawne .....  | 8  |
| 1.3.2. | Uwarunkowania techniczne .....  | 9  |
| 1.4.   | Wykaz stosowanych akronimów, skrótów i pojęć .....  | 12 |
| 2.     | Analiza otoczenia społeczno-gospodarczego na obszarze objętym AKK .....   | 14 |
| 3.     | Opis istniejącego systemu komunikacyjnego .....   | 15 |
| 3.1.   | Komunikacja miejska .....   | 15 |
| 3.1.1. | Charakterystyka sieci komunikacyjnej .....  | 15 |
| 3.1.2. | Ocena zapewnienia trwałości instytucjonalnej funkcjonowania analizowanego systemu komunikacji miejskiej w okresie analizy ..... | 19 |
| 3.2.   | Charakterystyka floty operatora komunikacji miejskiej .....   | 19 |
| 3.2.1. | Normy emisji spalin .....   | 19 |
| 3.2.2. | Obecna oraz planowana struktura wieku pojazdów i program wymiany taboru .....   | 20 |
| 3.2.3. | Szacunkowa emisja szkodliwych substancji i gazów cieplarnianych .....   | 21 |
| 3.3.   | Analiza parametrów eksploatacyjnych sieci i linii komunikacyjnych .....   | 22 |
| 3.3.1. | Wskaźnik wykorzystania taboru .....   | 22 |
| 3.3.2. | Poziom zróżnicowania realizowanej liczby wzm przez brygady .....  | 22 |
| 3.3.3. | Analiza rozkładów jazdy .....   | 23 |
| 3.4.   | Transport drogowy inny niż komunikacja miejska .....  | 24 |
| 3.5.   | Transport kolejowy .....  | 25 |
| 4.     | Plan rozwoju i wymiany taboru .....   | 26 |
| 4.1.1. | Ocena wprowadzenia do eksploatacji autobusów o napędzie wodorowym .....   | 27 |
| 4.1.2. | Charakterystyka parametrów eksploatacyjnych autobusów o napędzie wodorowym .....  | 28 |
| 4.1.3. | Koszty inwestycyjne zakupu taboru .....   | 29 |
| 4.1.4. | Koszty inwestycji w infrastrukturę do tankowania pojazdów .....   | 30 |
| 4.1.5. | Możliwość wprowadzenia autobusów napędzanych wodorem w Legnicy .....  | 30 |
| 4.2.   | Ocena wprowadzenia do eksploatacji autobusów o napędzie elektrycznym akumulatorowym .....                                       | 31 |
| 4.2.1. | Charakterystyka parametrów eksploatacyjnych autobusów o napędzie elektrycznym akumulatorowym .....                              | 31 |

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 4.2.2. | Koszty inwestycyjne w modelu opartym o ładowanie pojazdów wyłącznie metodą plug-in .....   | 33 |
| 4.2.3. | Możliwość wprowadzenia pojazdów elektrycznych akumulatorowych w modelu opartym o ładowanie pojazdów wyłącznie metodą plug-in .....             | 34 |
| 4.2.5. | Koszty inwestycyjne w modelu opartym o ładowanie pojazdów ładowarkami typu „plug-in” i za pomocą pantografu .....                              | 35 |
| 4.2.6. | Możliwość wprowadzenia pojazdów elektrycznych akumulatorowych w modelu opartym o ładowanie pojazdów ładowarkami plug-in i pantografowymi ..... | 35 |
| 4.3.   | Ocena wprowadzenia do eksploatacji trolejbusów .....   | 39 |
| 4.3.1. | Charakterystyka parametrów eksploatacyjnych trolejbusów .....  | 39 |
| 4.3.2. | Koszty inwestycyjne zakupu taboru .....  | 39 |
| 4.3.3. | Koszty inwestycji w infrastrukturę sieciową i punktową .....   | 40 |
| 4.3.4. | Możliwość wprowadzenia trolejbusów w Legnicy .....   | 41 |
| 4.4.   | Ocena utrzymania w eksploatacji wyłącznie autobusów o napędzie spalinowym uzupełnianych o autobusy inne niż zeroemisyjne .....                 | 43 |
| 4.5.   | Analiza wielokryterialna (MCA) wyboru wariantu wymiany taboru .....  | 44 |
| 5.     | Analiza finansowo – ekonomiczna .....  | 48 |
| 5.1.   | Założenia i metodyka analizy finansowej .....  | 48 |
| 5.2.   | Nakłady inwestycyjne .....   | 49 |
| 5.3.   | Wartość nakładów odtworzeniowych .....   | 50 |
| 5.4.   | Prognoza kosztów operacyjnych .....  | 51 |
| 5.5.   | Wartość rezydualna .....   | 54 |
| 5.6.   | Efektywność finansowa projektu zakupu taboru .....   | 54 |
| 5.7.   | Ocena sytuacji finansowej miasta i wpływu programu wymiany pojazdów na jej stabilność .....  | 55 |
| 5.8.   | Ocena sytuacji finansowej podmiotu odpowiedzialnego za realizację usług transportowych .....   | 55 |
| 6.     | Oszacowanie efektów środowiskowych związanych z emisją szkodliwych substancji .....  | 59 |
| 7.     | Analiza społeczno–ekonomiczna .....  | 62 |
| 7.1.   | Wycena kosztów związanych z emisją szkodliwych substancji emitowanych podczas eksploatacji autobusów o napędzie elektrycznym .....             | 62 |
| 7.2.   | Emitowany hałas podczas eksploatacji autobusów o napędzie spalinowym oraz elektrycznym .....   | 64 |
| 7.3.   | Inne korzyści zewnętrzne .....   | 65 |
| 7.4.   | Wskaźniki efektywności ekonomicznej .....  | 66 |
| 7.5.   | Analiza wrażliwości wskaźników efektywności ekonomicznej .....   | 67 |
| 7.6.   | Analiza ryzyka .....   | 68 |

---

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 8.  | Rekomendacje w zakresie wymiany taboru, podsumowanie i wnioski.....   | 74 |
| 9.  | Wskazania dotyczące konieczności aktualizacji planu zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego w oparciu o rekomendowane rozwiązania..... | 77 |
| 10. | Finansowanie inwestycji ze źródeł zewnętrznych .....  | 79 |
| 11. | Spis tabel .....  | 80 |
| 12. | Spis ilustracji .....   | 82 |

Załączniki:

- 1) Załącznik a – opis taboru
- 2) Załącznik b – spis taboru
- 3) Załącznik c – opis wariantów
- 4) Załącznik d – ocena efektów środowiskowych



## 1. Wprowadzenie – cel i obszar analizy

### 1.1. Cel analizy

Niniejszy dokument został sporządzony w celu określenia realnych kosztów i korzyści wynikających z eksploatacji autobusów zeroemisyjnych w komunikacji miejskiej w Legnicy. Opracowanie zostało wykonane przede wszystkim w oparciu o ustalenia płynące z treści zapisów Ustawy z dnia 11 stycznia 2018r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (t.j. Dz. U. z 2023 r., poz. 875) oraz niżej wymienionych aktów prawnych:

- Ustawa z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym (t.j. Dz.U. z 2023 r., poz. 2778),
- Ustawa z dnia 17 lipca 2009 r. o systemie zarządzania emisjami gazów cieplarnianych i innych substancji (t.j. Dz. U. z 2022 r., poz. 673),
- Ustawa z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko (t.j. Dz. U. z 2024 r., poz. 1112 z późn. zm.).

Ponadto opracowanie sporządzono zgodnie z niżej wymienionymi dokumentami:

- „Niebieska Księga Wydanie uaktualnione 2023 Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach i regionach” Jaspers 2023,
- „Analiza kosztów i korzyści projektów transportowych, współfinansowanych ze środków Unii Europejskiej. Vademecum Beneficjenta”, CUPT, 2016 r.,
- „Przewodnik po analizie kosztów i korzyści projektów inwestycyjnych. Narzędzie analizy ekonomicznej polityki spójności 2014-2020”, opracowanie Komisja Europejska, 2014 r.,
- „Najlepsze praktyki w analizach kosztów i korzyści projektów transportowych

współfinansowanych ze środków unijnych”, CUPT, 2014 r.,

- „Wytyczne dotyczące zagadnień związanych z przygotowaniem projektów inwestycyjnych, w tym hybrydowych na lata 2021-2027”,
- „Zasady opracowywania wymaganej ustawą o elektromobilności i paliwach alternatywnych analizy kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej. Praktyczny przewodnik dla samorządów”, PTC Public Transport Consulting Marcin Gromadzki, 2018 r.



**Rys. 1.1** *Autobus elektryczny akumulatorowy MAXI w Opolu w trakcie szybkiego ładowania ze stacji ładowania pantografowego*

Źródło: Zbiory własne

W pierwszych rozdziałach analizy kosztów i korzyści przedstawiono uwarunkowania techniczne i prawne wykorzystywania autobusów zeroemisyjnych. W tej części dokumentu przeprowadzono pogłębioną analizę eksploatacyjną przewozów, niezbędną do określenia nakładów inwestycyjnych oraz logiki wykorzystania danego typu autobusów zeroemisyjnych w komunikacji miejskiej w Legnicy.

Następnie przeprowadzono analizę strategiczną wyboru najbardziej korzystnego typu autobusów zeroemisyjnych, uwzględniając

koszty wdrożenia danego rozwiązania oraz parametry eksploatacyjne. Dla wybranego typu autobusu opracowana została szczegółowa analiza finansowa i ekonomiczna, uwzględniająca potencjalne korzyści społeczne i środowiskowe, która została zestawiona z alternatywnym wariantem bazującym na odtwarzaniu floty w oparciu o obecnie eksploatowane autobusy spalinowe, hybrydowe oraz zakontraktowane elektryczne akumulatorowe. W końcowej części opracowania przedstawiono analizę ryzyka, rekomendacje dotyczące strategii wymiany taboru komunikacji miejskiej w Legnicy oraz wskazano potencjalne źródła finansowania inwestycji w tabor zeroemisyjny.



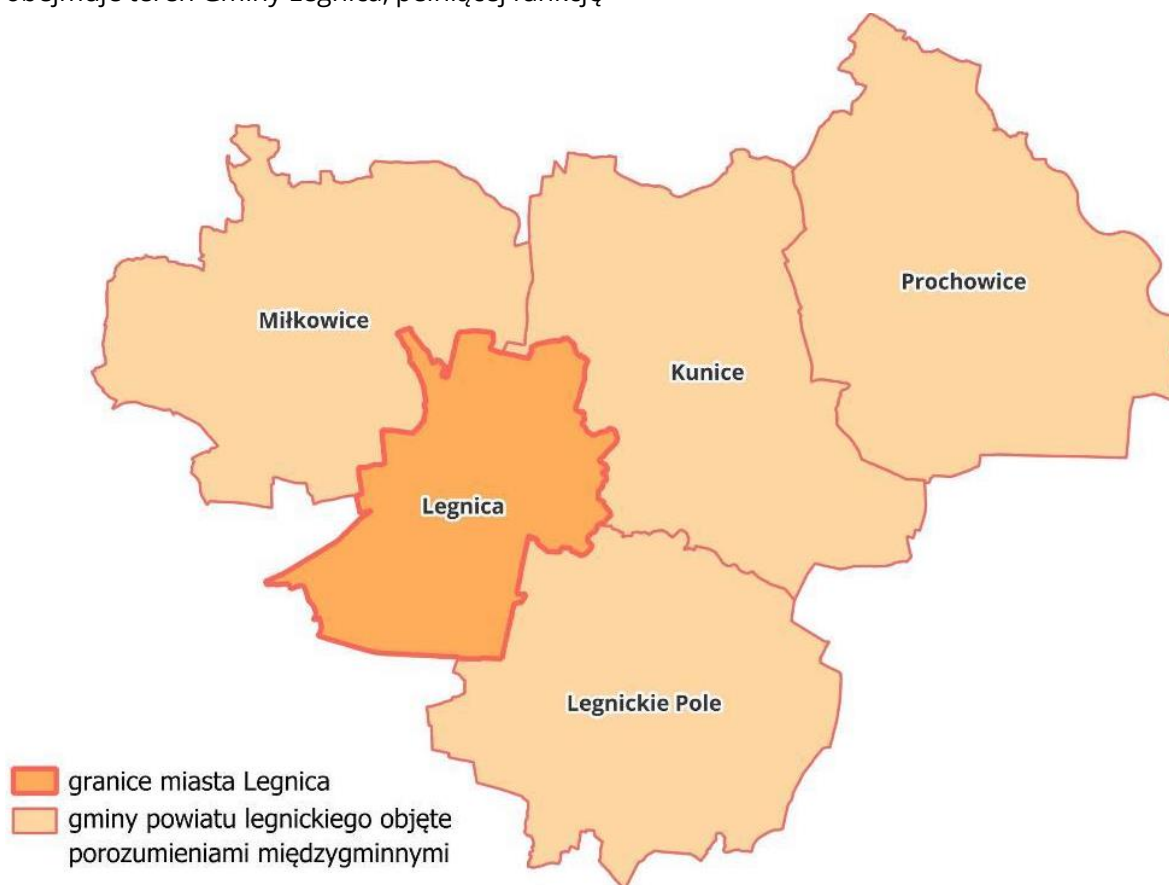
**Rys. 1.2** *Autobus elektryczny akumulatorowy MEGA18*

Źródło: Zbiory własne

## 1.2. Obszar terytorialny objęty analizą

Obszar funkcjonowania komunikacji miejskiej obejmuje teren Gminy Legnica, pełniącej funkcję

jej organizatora oraz Gminy Kunice, Gminy Miłkowice, Gminy Prochowice i Gminy Legnickie Pole, na mocy stosownych porozumień międzygminnych.



**Rys. 1.3** *Obszar funkcjonowania legnickiej komunikacji miejskiej.*

Źródło: Opracowanie własne

## 1.3. Uwarunkowania techniczne i prawne

### 1.3.1. Uwarunkowania prawne

Rozwój elektromobilności w Polsce wspierany jest przez Ustawę z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (t.j. Dz. U. z 2023 r., poz. 875 z późn. zm.), której zapisy odnoszą się również do sektora transportu publicznego. Wskazana w ustawie definicja autobusu zeroemisyjnego precyzuje ten typ pojazdu jako autobus lub trolejbus wykorzystujący do napędu energię elektryczną wytworzoną z wodoru w zainstalowanych w nim ogniwach paliwowych lub wyłącznie silnik, którego cykl pracy nie prowadzi do emisji gazów cieplarnianych lub innych substancji objętych systemem zarządzania emisjami gazów cieplarnianych, o którym mowa w Ustawie z dnia 17 lipca 2009 r. o systemie zarządzania emisjami gazów cieplarnianych i innych substancji (Dz. U. z 2022 r., poz. 673)<sup>1</sup>. Analizując ustalenia Ustawy z dnia 17 lipca 2009 r. o systemie zarządzania emisjami gazów cieplarnianych i innych substancji, w której wskazano, że do grona tych substancji należą m.in. tlenek węgla (CO), tlenki azotu (NOx), cząstki stałe (PM), węglowodory (HC), benzo(a)piren, to za autobusy zeroemisyjne można uznać wyłącznie:

- autobusy elektryczne akumulatorowe,
- autobusy elektryczne z wodorowymi ogniwami paliwowymi,
- trolejbusy.

Pojazdy te nie emitują gazów cieplarnianych oraz innych szkodliwych dla środowiska substancji. Kryterium autobusu zeroemisyjnego nie spełniają zatem autobusy spalinowe, autobusy gazowe (napędzane CNG, LNG, LPG, biometanem), autobusy hybrydowe, autobusy

hybrydowo – elektryczne oraz autobusy gazowo - elektryczne.



**Rys. 1.4 Oznakowanie autobusu zeroemisyjnego**

*Źródło: Zbiory własne*

Zgodnie z zapisami Ustawy z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych, wdrażanie do eksploatacji autobusów zeroemisyjnych będzie najszybciej następowało w miastach średnich i dużych, gdyż każda jednostka samorządu terytorialnego licząca co najmniej 50 000 mieszkańców i organizująca komunikację miejską, począwszy od 1 stycznia 2028 r. będzie świadczyć usługi lub zawierać umowy o świadczenie usług przewozu o charakterze użyteczności publicznej wyłącznie z podmiotami posiadającymi co najmniej 30% autobusów zeroemisyjnych we flocie użytkowanej na rzecz tej jednostki samorządu terytorialnego<sup>2</sup>. Osiągnięcie udziału na poziomie 30% założono etapami<sup>3</sup>:

- 5% od 1 stycznia 2021 r.,
- 10% od 1 stycznia 2023 r.,
- 20% od 1 stycznia 2025 r.

Wskazane wymagane minimalne udziały uznaje się za odnoszące się wprost do sumarycznej

<sup>1</sup> Art. 2 pkt 1 Ustawy z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (t.j. Dz. U. z 2023 r. r., poz. 875 z późn. zm.).

<sup>2</sup> Ibidem, art. 36 ust. 1 i art. 86 pkt 4.

<sup>3</sup> Ibidem, art. 68 ust. 4.



liczby pojazdów przeznaczanych wyłącznie lub częściowo do obsługi przewozów w ramach danej komunikacji miejskiej przez ich operatora. Wymogi te odnoszą się do wszystkich połączeń w ramach sieci komunikacyjnej, w tym połączeń międzygminnych realizowanych poza obszarem administracyjnym właściwej jednostki samorządu terytorialnego, pełniącej rolę organizatora komunikacji miejskiej.

Każda z wymienionych w art. 36 jednostek samorządu terytorialnego, sporządza co 36 miesięcy analizę kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej, przy czym pierwszą analizę należało opracować w terminie do 31 grudnia 2018 r.<sup>4</sup>.

Gmina Legnica z liczbą mieszkańców 91 948<sup>5</sup>, pełniące funkcję organizatora przewozów o charakterze komunikacji miejskiej, jest jednostką samorządu terytorialnego ustawowo zobowiązaną do sporządzenia analizy kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych.

Analizy kosztów i korzyści związanych z eksploatacją autobusów zeroemisyjnych poddawane są konsultacjom społecznym, zgodnie z zapisami Rozdziałów 1 i 3 w Dziale III Ustawy z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego

### 1.3.2. Uwarunkowania techniczne

W ramach niniejszego rozdziału zostały przeanalizowane uwarunkowania techniczne autobusów elektrycznych akumulatorowych ładowanych ładowarkami plug-in, pantografowymi i indukcyjnymi, autobusów wyposażonych w wodorowe ogniwa paliwowe

ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko (t.j. Dz. U. z 2024 r., poz. 1112 z późn. zm.).

Dokument ten został poddany do konsultacji społecznych w terminie od 14 sierpnia 2024 r. do 4 września 2024 r.. Do treści dokumentu zgłoszono jedną uwagę, która została częściowo uwzględniona.

Organ po przystąpieniu do sporządzania analizy powinien niezwłocznie poinformować o tym fakcie społeczeństwo, a opracowany projekt dokumentu należy opublikować z możliwością składania do niego uwag w terminie 21 dni od daty publikacji. Do analizy należy dołączyć raport z przeprowadzonych konsultacji społecznych.

Niezwłocznie po sporządzeniu dokumentu, powinien on zostać przekazany:

- ministrowi właściwemu do spraw energii – obecnie Ministrowi Klimatu i Środowiska,
- ministrowi właściwemu do spraw klimatu – aktualnie Ministrowi Klimatu i Środowiska.

Jeżeli wyniki analizy nie wykażą korzyści z tytułu eksploatacji autobusów zeroemisyjnych, organizator komunikacji miejskiej będzie zwolniony z wymogu osiągnięcia wskazanych w ustawie minimalnych udziałów autobusów zeroemisyjnych we flocie operatora.

oraz trolejbusów wyposażonych w akumulatory ładowane z sieci trolejbusowej.

Na przestrzeni ostatnich lat coraz większą popularność zdobywają autobusy elektryczne akumulatorowe, poruszające się dzięki zainstalowanym akumulatorom, ładowanym na

<sup>4</sup> Ibidem, art. 72.

<sup>5</sup> Dane według stanu na dzień 31.12.2020 r., źródło: <https://bdl.stat.gov.pl>, dostęp 29.06.2021 r.

rozmaite sposoby. Podstawowa metoda wolnego ładowania, tj. plug – in, polega na dostarczaniu energii bezpośrednio ze stacji ładowania („z gniazdka”).



**Rys. 1.5** Autobus elektryczny akumulatorowy MEGA18 na stacji szybkiego ładowania w trakcie postoju wyrównawczego

Źródło: Zbiory własne

Ze względu na relatywnie długi czas potrzebny do naładowania autobusu (nawet do 6 – 8 godzin, zależnie od pojemności pakietów akumulatorów w autobusie i mocy wyjściowej ładowarki), ładowanie typu plug – in odbywa się najczęściej w porze nocnej na terenie zajezdni operatora transportu publicznego. Obecnie najczęściej eksploatowane akumulatory pozwalają na wykonanie maksymalnie do 150 - 200 km na jednym ładowaniu autobusu, przez co popularne stały się alternatywne metody ładowania autobusów elektrycznych, rozszerzające ich operacyjność. Pierwszą z nich jest szybkie ładowanie autobusów poprzez ładowarki pantografowe, dla których energia dostarczana jest ze stacji ładowania w dowolnej lokalizacji, głównie podczas postojów wyrównawczych na przystankach krańcowych. Obecnie na rynku popularność zyskały dwa modele ładowania za pomocą pantografów:

- podnoszonych, które są montowane na dachach autobusów i na czas ładowania unoszone są podczas postoju pod ładowarką,
- odwróconych, opuszczanych z masztu pantografowego do strefy gniazda

ładowania, ułożonego na dachu autobusu.

Na chwilę obecną, na europejskim rynku elektrobusów najczęściej stosowane jest doładowywanie poprzez pantograf odwrócony, a czołowi producenci taboru podjęli kroki do ustandaryzowania tego systemu ładowania, tworząc protokół opp-charge (OCPP).



**Rys. 1.6** Autobus elektryczny akumulatorowy MAXI na stacji szybkiego ładowania w Świdnicy

Źródło: Zbiory własne

Drugą metodą jest ładowanie z wykorzystaniem pętli indukcyjnej zbudowanej pod przystankiem pośrednim lub przystankiem krańcowym, jednakże jest to rozwiązanie wymagające poniesienia znaczących nakładów inwestycyjnych, przez co nie jest ono rozpowszechnione.

Obie z tych metod pozwalają znacząco zwiększyć łączny zasięg autobusów elektrycznych akumulatorowych, dając możliwość przydzielania ich do obsługi zadań całodziennych, z przebiegami przekraczającymi 300 – 400 km dziennie.

Dzięki nieustannemu rozwojowi technologii coraz częściej producenci autobusów elektrycznych deklarują dostawy pojazdów z pakietami akumulatorów o dużej pojemności energii użytkowej, gwarantujących dłuższy zasięg nawet do ok. 400 km na 1 ładowaniu, które nie będzie wymagał szybkiego doładowywania z ładowarek pantografowych, jednakże tak duże akumulatory powodują znaczący wzrost masy pojazdu.

Główni europejscy producenci taboru dla transportu publicznego oferują autobusy elektryczne akumulatorowe o klasach wielkościowych MINI, MIDI, MAXI, MEGA15 MEGA18 a nawet MEGA25.

Autobusy napędzane wodorem – poruszają się dzięki silnikom elektrycznym zasilanym prądem wytwarzanym z czystego wodoru w ogniwach paliwowych. Pojazdy te stanowią stosunkowo nowe rozwiązanie w branży transportu publicznego, z którym związane są duże nadzieje wynikające z przewidywanego zasięgu kursowania na poziomie nawet do 450 km dziennie na 1 tankowaniu autobusu.

Eksploatacja autobusów napędzanych wodorem wiąże się z koniecznością organizacji dostępu do tego rodzaju paliwa. Obecnie dostępne są 2 podstawowe sposoby zależnie głównie od wielkości obsługiwanej sieci i zapotrzebowania na paliwo. W przypadku małych sieci, ze względu na niższe dzienne zapotrzebowanie, wystarczające jest zamówienie dostaw poprzez zastosowanie butlowozów w formie mobilnej stacji tankowania. Autobus wodorowy zużywa dziennie ok. 40 kg paliwa, a pojemność butlowozu to ok. 900 kg paliwa. Pozwala to na zapewnienie paliwa dla 22 pojazdów. W przypadku większych sieci stosowana jest metoda stacjonarnych stacji tankowania.

Trolejbusy są swego rodzaju hybrydą pomiędzy autobusem i tramwajem. Tradycyjne pojazdy tego typu wymagają ciągłego połączenia odbieraków z siecią trakcyjną, jednak coraz więcej trolejbusów wyposażonych jest w dodatkowe akumulatory pozwalające na przejechanie do ok. 30 km na odcinkach bez sieci trakcyjnej. Rozwiązanie to pozwala na ograniczenie kosztów infrastruktury, gdyż eliminuje ono konieczność budowy sieci trakcyjnej na całej trasie. Ponadto akumulatory mogą być doładowywane zarówno w trakcie postoju jak i jazdy, co nie powoduje konieczności wydłużania postojów na pętlach, jak ma to miejsce w przypadku pojazdów poruszających się wyłącznie na zasilaniu bateryjnym. Rozszerza to możliwości zastosowania tego typu pojazdów, aczkolwiek pod względem ekonomii głównie dla sieci posiadających kursujące względnie często linie, ze względu na wysokie koszty budowy infrastruktury liniowej (sieci trakcyjnej) – 1 km sieci to równowartość ok. 4 ładowarek pantografowych.



**Rys. 1.7** *Autobus elektryczny z wodorowymi ogniwami paliwowymi MAXI w Poznaniu*

*Źródło: Zbiory własne*

## 1.4. Wykaz stosowanych akronimów, skrótów i pojęć

- **AKK** – analiza kosztów i korzyści,
- **BCR, B/C** – (ang. benefit cost ratio) wskaźnik korzyści do kosztów,
- **Brygada** – zadanie w rozkładzie jazdy zaplanowane do realizacji przez 1 autobus w ciągu dnia (zamiennie stosowanym określeniem jest kursówka),
- **CF** – (ang. conversion factor) wskaźnik konwersji,
- **CNG** – (ang. compressed natural gas) sprężony gaz ziemny,
- **ENPV** – (ang. economic net present value) ekonomiczna wartość bieżąca netto,
- **ERR** – (ang. economic rate of return) ekonomiczna stopa zwrotu,
- **FNPV** – (ang. financial net present value) finansowa wartość bieżąca netto,
- **FNPV/c** – finansowa wartość bieżąca netto z inwestycji,
- **FRPA** – Fundusz rozwoju przewozów autobusowych o charakterze użyteczności publicznej,
- **FRR/c** – (ang. financial internal rate of return on investment) finansowa stopa zwrotu z inwestycji,
- **HVAC** – (ang. Heating, Ventilation, Air Conditioning) ogrzewanie, wentylacja, klimatyzacja,
- **IMC** – (ang. In Motion Charging) ładowanie w trakcie jazdy pojazdu,
- **LFP** – (ang. lithium ferrophosphate) akumulator litowo-żelazowo-fosforanowy o elektrodzie z fosforanu litu żelaza (II)
- **LNG** – (ang. liquefied natural gas) ciekły gaz ziemny,
- **LPG** – (ang. liquefied petroleum gas) ciekła mieszanina propanu i butanu,
- **LTO** – (ang. lithium-titanate-oxide) akumulatory litowo-jonowe o elektrodzie z tytanianu litu,
- **MCA** – (ang. Multivariate Comparative Analysis) wielokryterialna analiza porównawcza,
- **MINI** – autobus jednoczłonowy o długości ok. 6 - 8 metrów,
- **MIDI** – autobus jednoczłonowy o długości ok. 9 - 10 metrów,
- **MAXI** – autobus jednoczłonowy o długości ok. 12 metrów,
- **MEGA15** – autobus jednoczłonowy o długości ok. 15 metrów,
- **MEGA18** – autobus dwuczłonowy o długości ok. 18 metrów,
- **MPK** – Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne sp. z o.o. w Legnicy,
- **NMC** – (ang. akumulatory litowo-jonowe o elektrodzie z niklu-manganu-kobaltu),
- **ON** – olej napędowy,
- **Opp-charge** – otwarty interfejs pomiędzy stacjami ładowania i pojazdami elektrycznymi,
- **Postój wyrównawczy** – przerwa międzykursowa zaplanowana w rozkładzie jazdy na pętli,
- **Praca eksploatacyjna** – liczba wykonywanych wozokilometrów przez środki transportu,
- **Prędkość eksploatacyjna** – przeciętna prędkość z uwzględnieniem czasu postoju na przystankach pośrednich i długości przerw między kursowych,
- **Prędkość komunikacyjna** – przeciętna prędkość z uwzględnieniem czasu postoju na przystankach pośrednich,
- **uepa** – Ustawa z dnia 11 stycznia 2018 r. elektromobilności i paliwach alternatywnych (Dz. U. z 2021 r., poz. 110),
- **W0** – wariant bazowy,
- **W1/ W2/ W3** – wariant inwestycyjny,
- **Wariant podstawowy trasy** – wariant trasy danej linii komunikacyjnej, na



- którym realizowanych jest najwięcej kursów,
- **Wartość rezydualna** - wartość środków trwałych netto uzyskanych na etapie realizacji projektu lub w okresie jego eksploatacji, wynikająca z nakładów inwestycyjnych na realizację projektu oraz nakładów odtworzeniowych, ustalona na koniec ostatniego roku okresu odniesienia przyjętego do analiz,
  - **Wozogodzina** - jednostka miary czasu zaangażowania środka transportu w wykonanie zaplanowanego rozkładu jazdy lub harmonogramu,
  - **Wozokilometr liniowy** - długość drogi pokonywanej przez środek komunikacji zbiorowej w kilometrach, w ramach przewozów regularnych, na kursach ogólnodostępnych dla pasażerów, które są prezentowane w rozkładach jazdy,
  - **Wozokilometr techniczny** - długość drogi pokonywanej przez środek komunikacji zbiorowej w kilometrach, w ramach kursów dojazdowych z zajezdni do przystanków krańcowych, kursów zjazdowych z przystanków krańcowych do zajezdni,
  - **Wzkm** - wozokilometr,
  - **Ve** - prędkość eksploatacyjna (uwzględnia postoje na pętach końcowych),
  - **Vk** - prędkość komunikacyjna (wynikająca wyłącznie z realizacji przewozów).

## 2. Analiza otoczenia społeczno-gospodarczego na obszarze objętym AKK

Legnica, będąca miastem na prawach powiatu, zlokalizowana jest w środkowej części województwa dolnośląskiego. Miasto największym ośrodkiem miejskim Legnicko-Głogowskiego Obszaru Funkcjonalnego związanego z przemysłem wydobywczym. Z tego też względu jest ważnym subregionalnym ośrodkiem usługowym (Wojewódzki Szpital Specjalistyczny, rozbudowane szkolnictwo wyższe, m.in. filia Politechniki Wrocławskiej oraz Collegium Witelona – Uczelnia Państwowa). W obrębie miasta zlokalizowane są też duże ośrodki handlowe.

Liczba ludności na obszarze objętym AKK w roku 2023 wyniosła 119 385 osób, z czego 77% to mieszkańcy miasta Legnicy. W ciągu 10 lat liczba ludności w Legnicy zmniejszyła się o ok. 10 tys. (tj. 1%) natomiast w badanych gminach zwiększyła się o ponad 2 tys. (tj. 8%). Warto

podkreślić, że wszystkie gminy wiejskie zaliczyły wzrosty liczby ludności (liderem jest Gmina Kunice z wzrostem na poziomie ok. 23%) podczas gdy gminy z miastami (Gmina Legnica, Gmina Prochowice) sukcesywnie tracą liczbę mieszkańców co związane jest z postępującą suburbanizacją. Dodatkową kwestią społeczną jest wiek mieszkańców, stale utrzymuje się tendencja, w której rośnie udział osób w wieku poprodukcyjnym przy w miarę stałym udziale osób w wieku przedprodukcyjnym powodując zwiększanie średniego wieku mieszkańca. W przypadku miasta Legnica udział mieszkańców w wieku poprodukcyjnym wzrósł na przestrzeni 10 lat wzrósł aż o 8,5 punktu procentowego. Pokazuje to wzrost średniej długości życia związany m.in. zamożnością i poziomem opieki zdrowotnej i konieczność dostosowania miasta do potrzeb osób starszych (w tym też większą uwagę na ułatwienia w komunikacji zbiorowej).

**Tab. 2.1 Liczba ludności w latach 2013 – 2023 w analizowanym obszarze.**

| gmina          | 2013    | 2014    | 2015    | 2016    | 2017    | 2018    | 2019    | 2020    | 2021    | 2022    | 2023    |
|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Legnica        | 101 992 | 101 343 | 100 886 | 100 718 | 100 324 | 99 752  | 99 350  | 95 135  | 93 988  | 93 040  | 91 948  |
| Kunice         | 6 270   | 6 399   | 6 559   | 6 685   | 6 750   | 6 893   | 7 025   | 7 312   | 7 514   | 7 626   | 7 736   |
| Legnickie Pole | 5 129   | 5 171   | 5 179   | 5 222   | 5 252   | 5 241   | 5 196   | 5 188   | 5 272   | 5 303   | 5 334   |
| Miłkowice      | 6 427   | 6 493   | 6 531   | 6 580   | 6 629   | 6 706   | 6 762   | 7 058   | 7 121   | 7 165   | 7 234   |
| Prochowice     | 7 519   | 7 499   | 7 478   | 7 486   | 7 507   | 7 455   | 7 406   | 7 313   | 7 258   | 7 224   | 7 133   |
| suma (gminy)   | 25 345  | 25 562  | 25 747  | 25 973  | 26 138  | 26 295  | 26 389  | 26 871  | 27 165  | 27 318  | 27 437  |
| suma           | 127 337 | 126 905 | 126 633 | 126 691 | 126 462 | 126 047 | 125 739 | 122 006 | 121 153 | 120 358 | 119 385 |

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GUS.

Miasto posiada rozbudowaną ofertę miejsc pracy, zlokalizowanych głównie w południowej części miasta – od najstarszej w Polsce huty miedzi ściśle powiązanej z przetwórstwem rud miedzi po nowoczesne tereny zlokalizowane w ramach Legnickiej Specjalnej Strefy Ekonomicznej skupionej głównie na branży motoryzacyjnej i metalowej. W roku 2023 liczba bezrobotnych wyniosła 2 489 osób na analizowanym obszarze, z czego 1 948 (77%)

przypadło na miasto Legnica. Pracowały natomiast 49 974 osoby, a liczba zarejestrowanych przedsiębiorstw wyniosła 18 229.

Stopa bezrobocia w powiecie legnickim w roku 2023 wyniosła 7,4 %, w samej Legnicy 4,4%. W przypadku miasta bezrobocie jest niższe niż wartość dla kraju (5,1%) i porównywalne z poziomem dla województwa dolnośląskiego.

## 3. Opis istniejącego systemu komunikacyjnego

### 3.1. Komunikacja miejska

#### 3.1.1. Charakterystyka sieci komunikacyjnej

##### 3.1.1.1. Założenia i wymagania płynące z obowiązującej umowy o świadczenie usług przewozowych

Obecnie obowiązująca umowa pomiędzy organizatorem, a operatorem (Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne sp. z o.o. w Legnicy zwany dalej MPK Legnica) została zawarta w dniu 2.01.2018 r. umowa o świadczeniu usług publicznych w zakresie publicznego transportu zbiorowego jako wykonawcza o powierzeniu podmiotowi wewnętrznemu gminy Legnica wykonywania zadań własnych gminy w zakresie publicznego transportu zbiorowego na terenie Gminy Legnica i gmin sąsiednich w procesie bezpośredniego powierzenia usług. Kontrakt obowiązuje do dnia 31.12.2027 r. W umowie mają zastosowanie przepisy rozporządzenia 1370/2007 oraz ustawy o publicznym transporcie zbiorowym. Umowa określa funkcje organizatora jako podmiotu: zarządzającego systemem lokalnej komunikacji zbiorowej, ustalającego ceny przy wykonywaniu usług

przewozowych. Należności za przewóz i opłaty dodatkowe przysługują operatorowi.

Wymiar realizowanej pracy eksploatacyjnej przez operatora jest określony w planie operacyjnym w ujęciu rocznym w wozokilometrach i stanowi górny limit do rozliczeń pomiędzy stronami. Pomimo tego, organizator posiada prawo do zmiany zakresu wykonywanych przewozów. Zmiana planu może nastąpić za porozumieniem stron, o ile nowa liczba wozokilometrów będzie się mieściła w przedziale od -10% do 10% w stosunku do poprzedniej wartości (w szczególnych przypadkach niemieszczącą się w tym zakresie). Załącznik nr 5 do umowy określa typy taboru przeznaczonego do obsługi poszczególnych linii, warunki techniczne pojazdów oraz ich niezbędnego wyposażenia w każdej klasie autobusów.

##### 3.1.1.2. Obecny układ sieci

Sieć komunikacji miejskiej w Legnicy składa się z 22 linii komunikacyjnych (linie 15 oraz 16 traktowane są jako jedna linia), które można podzielić:

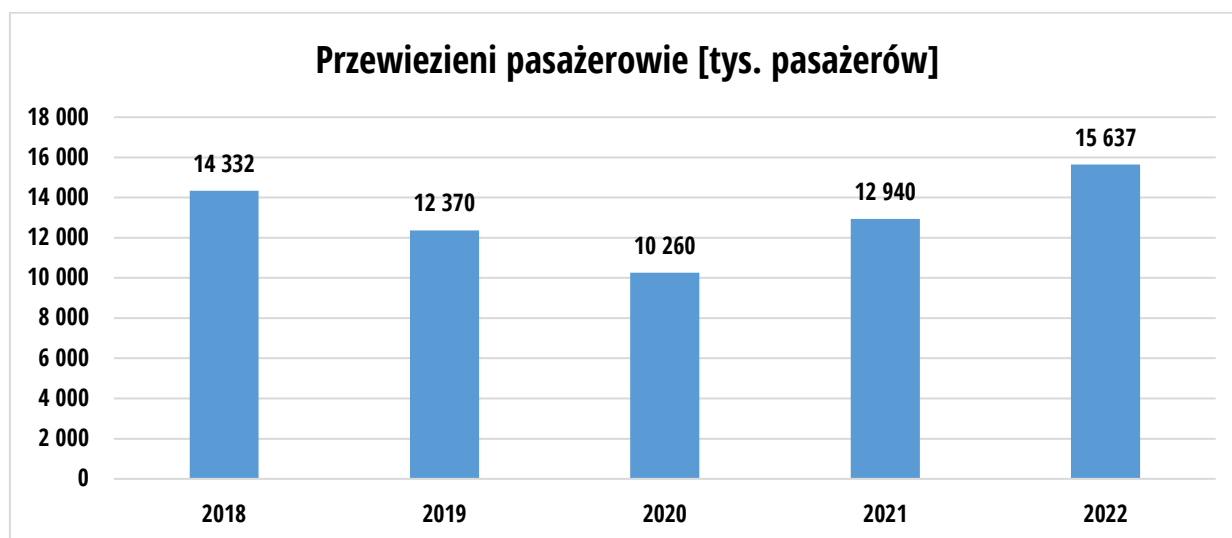
- według kryterium przestrzennego:
  - 11 linii miejskich: 2, 3, 4, 5, 6, 15+16, 18, 24, N1, N2,
  - 6 linii miejsko-podmiejskich: 1, 8, 23, 26, 28, 29,
  - 5 linie podmiejskie: 9, 10, 20, 27, C;
- według kryterium charakteru trasy:
  - 3 linie o charakterze promienistym: 9, 10, 20
- według kryterium zakresu funkcjonowania w przekroju roku:
  - 14 linii o charakterze średnicowym: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 15+16, 23, 24, 26, 29, N1,
  - 3 linie o charakterze obwodowym: 18, 28, N2,
  - 2 linie lokalne: 27, C;
- według kryterium zakresu funkcjonowania w przekroju tygodnia:
  - 22 linie całoroczne: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 15, 16, 18, 20, 23, 24, 26, 27, 28, 29, C, N1, N2;
- według kryterium zakresu funkcjonowania w przekroju tygodnia:

- 19 linii kursujących codziennie: 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 15, 18, 20, 23, 24, 26, 27, 28, 29, N1, N2,
  - 1 linię kursującą od poniedziałku do soboty: 16,
  - 1 linię kursującą od poniedziałku do soboty z dodatkowymi kursami w niedziele i święta w dniach 15.06-30.09 w okresie funkcjonowania Letniego Parku Wodnego AquaFun: 6,
  - 1 linię kursującą tylko w soboty, niedziele i święta: C;
- według kryterium czasu funkcjonowania w przekroju doby:
  - 11 linii kursujących przez cały dzień lub większą część dnia: 1, 2, 3, 5, 8, 9, 10, 15, 18, 23, 24,
  - 11 linii okresowych: 4, 10, 16, 20, 26, 27, 28, 29, C, N1, N2;
- według kryterium znaczenia linii w sieci komunikacyjnej:
  - 1 linia główna (co ok. 15 min., w godzinach szczytów dnia roboczego szkolnego co ok. 10 min.): 15+16,
  - 3 linie podstawowe (co ok. 30 min., a w godzinach szczytów dnia roboczego szkolnego co ok. 15 min.): 3, 5, 24,
  - 6 linii uzupełniających (co ok. 30 min. w godzinach szczytowych): 1, 2, 6, 8, 18, 23,
  - 11 linii peryferyjnych lub zamiejskich tworzących segment linii dodatkowych (brak regularnych kursów przez cały dzień): 4, 9, 10, 20, 26, 27, 28, 29, C, N1, N2.

Obszar funkcjonowania komunikacji miejskiej obejmuje teren Gminy Legnica, pełniąc funkcję jej organizatora oraz Gminy Kunice, Gminy Miłkowice i Gminy Prochowice, Gminy Legnickie Pole na mocy stosownych porozumień międzygminnych.

**Tab. 3.1 Wielkość zrealizowanej pracy eksploatacyjnej w tys. wozokilometrów w latach 2021-2023**

| Rok  | łącznie | Legnica | Miłkowice | Kunice | Prochowice | Legnickie Pole | Udział Legnicy [%] |
|------|---------|---------|-----------|--------|------------|----------------|--------------------|
| 2021 | 3 253,3 | 2 967,0 | 39,0      | 169,2  | 78,1       | -              | 91,2%              |
| 2022 | 3 289,9 | 2 964,2 | 39,5      | 148,0  | 79,0       | 59,2           | 90,1%              |
| 2023 | 3 370,0 | 2 884,7 | 40,4      | 161,8  | 84,3       | 198,8          | 85,6%              |



**Rys. 3.1.1 Wielkość popytu na legnicką komunikację miejską w latach 2018 - 2022**

Źródło: opracowanie własne na podstawie Biuletynu IGKM „Komunikacja miejska w liczbach”



W Tab. 3.2 zestawiono przebiegi tras oraz podstawowe parametry linii obsługiwanych przez MPK Legnica.

**Tab. 3.2 Przebieg stałych tras linii komunikacji miejskiej w Legnicy (stan na dzień 23.06.2021 r.)**

| Linia | Trasa podstawowa i trasy dodatkowe  | Okres kursowania      | Typ |
|-------|---|-----------------------|-----|
| 1     | Złotoryjska – Grabskiego – Złotoryjska - Pl. Łużycki – Złotoryjska – Lotnicza – Marynarska – Chojnowska – Piastowska – Poczтовая – Czarnieckiego – Wrocławska – Spokojna - Pątnowska (wybrane kursy wydłużone do Huty Miedzi lub na trasie Pątnów Legnicki – Bieniowice – Szczytniki nad Kaczawą)       | Cały tydzień          | U   |
| 2     | Sikorskiego-Śląska – Sikorskiego – Wrocławska – Czarnieckiego – Poczтовая – Głogowska – (Słubicka) – Bydgoska –Szczytnicka-Pętla (wybrane kursy do Piątnickiej lub WPEC)  | Cały tydzień          | U   |
| 3     | Iwaskiewicza – Sikorskiego – Sudecka – al. Piłsudskiego – Żołnierzy II Armii Wojska Polskiego – Wrocławska – Witelona – Skarbka – Jaworzyńska - LSSE (wybrane kursy do lub przez Nowodworską LPWiK)   | Cały tydzień          | P   |
| 4     | Poznańska – Słubicka – Głogowska – Dworzec PKP – Piastowska – Chojnowska – Szewczenki – Lotnicza – Hutników – Złotoryjska – Muzealna – Jaworzyńska – LSSE   | Cały tydzień          | D   |
| 5     | Domejki MPK – Domejki – Chojnowska – Działkowa – Senatorska – Piastowska – Poczтовая – Libana – Wrocławska – Żołnierzy II Armii Wojska Polskiego - al. Rzeczypospolitej – (Myrka – Myrka-pętla – Myrka) – Schumana Auchan – Nowodworską – Nowodworską LPWiK (wybrane kursy skrócone do Schumana Auchan) | Cały tydzień          | P   |
| 6     | Schumana Auchan – al. Rzeczypospolitej – Bielańska – Al. 100-lecia Odzyskania Niepodległości- Grabskiego/ZUS – Wojska Polskiego – Andersa – Kościuszki – Muzealna – Skarbka –Witelona – Wrocławska – Żołnierzy II Armii Wojska Polskiego – al. Piłsudskiego – Sikorskiego – Iwaskiewicza                | Poniedziałek – sobota | U   |
| 8     | Iwaskiewicza – Sudecka – al. Piłsudskiego – Żołnierzy II Armii Wojska Polskiego – Wrocławska – Libana – Poczтовая – Piastowska – Skłodowskiej-Curie – Głogowska – (Słubicka) – Poznańska (wybrane kursy: - Rzeszotary – Dobrzejów – Miłogostowice)  | Cały tydzień          | U   |
| 9     | Linia jednokierunkowa<br>Dworzec PKP – Libana – Witelona – Skarbka – Jaworzyńska – Gniewomierska – Gniewomierz – Legnickie Pole – Księginice – Koskowice – Kłębanowice – Taczalin – Księginice – Legnickie Pole – Gniewomierz – Gniewomierska – Jaworzyńska – Skarbka – Witelona – Libana – Dworzec PKP | Dni robocze           | D   |
| 10    | Dworzec PKP – Czarnieckiego – Wrocławska – Kunice – Spalona – Golanka Górna - Golanka Dolna – Prochowice (wybrane kursy: Lisowice – Mierzowice, wybrane kursy: - Gromadzyń)   | Dni robocze           | D   |
| 15    | Huta Miedzi – (wybrane kursy ze Złotoryjska – Grabskiego) Złotoryjska (wybrane kursy przez: Grabskiego/ZUS) – Pl. Łużycki – Złotoryjska – Skarbka – Witelona – Żołnierzy II Armii Wojska Polskiego – al. Piłsudskiego – Iwaskiewicza  | Cały tydzień          | G   |
| 16    | Iwaskiewicza – al. Piłsudskiego – Żołnierzy II Armii Wojska Polskiego – Witelona – Skarbka – Złotoryjska – Artyleryjska – Asnyka  | Poniedziałek - sobota |     |
| 18    | Iwaskiewicza – Sikorskiego – al. Piłsudskiego – al. Rzeczypospolitej-Schumana/Auchan – Nowodworską – Jaworzyńska – Os. Sienkiewicza (wybrane kursy wydłużone do LSSE)   | Cały tydzień          | U   |

| Linia | Trasa podstawowa i trasy dodatkowe  | Okres kursowania           | Typ |
|-------|---|----------------------------|-----|
| 20    | Linia jednokierunkowa<br>Dworzec PKP – Libana – Witelona – Skarbka – Jaworzyńska – Nowa Wieś Legnicka – Biskupice – Raczkowa – Czarnków – Lubień – Ogonowice – Mikołajowice – Księginice – Legnickie Pole – Biskupice – Raczkowa – Nowa Wieś Legnicka – Jaworzyńska – Skarbka – Witelona – Libana – Dworzec PKP   | Dni robocze                | D   |
| 23    | Domejki MPK – Domejki – Chojnowska – Drzymały – Rolnicza – Działkowa – Chojnowska – Marynarska – Asnyka – Złotoryjska – Dziennikarska – Piastowska – Poczтова – Kartuska – Czarnieckiego – Moniuszki – al. Piłsudskiego – Sikorskiego – Iwaskiewicza (wybrane kursy wydłużone do Grzybian lub Rosochatej lub Jaśkowice Legnickich lub Piotrówka na trasie Ziemnice – Grzybiany – Rosochata – Jaśkowice Legnickie – Szczedrzykowice – Dąbie – Piotrówek – Rosochata) | Cały tydzień               | U   |
| 24    | Domejki MPK – Domejki – Chojnowska – Działkowa – Senatorska – Jagiellońska – Chojnowska – Dziennikarska – Muzealna – Skarbka – Witelona – Libana – Kartuska – Czarnieckiego – Wrocławska – Sikorskiego – Iwaskiewicza (powrót przez Sudecka – al. Piłsudskiego – Sikorskiego)   | Cały tydzień               | P   |
| 26    | Domejki MPK – Domejki – Chojnowska – Działkowa – Senatorska – Piastowska – Poczтова – Libana – Witelona – Skarbka – Jaworzyńska – Gniewomierska – LSSE Legnickie Pole   | Cały tydzień               | D   |
| 27    | Domejki MPK – Domejki – Lipce – Ulesie  | Cały tydzień               | D   |
| 28    | Poznańska – Słubicka – Bagienna – Głogowska – Poczтова – Wrocławska – Sikorskiego – Iwaskiewicza – al. Piłsudskiego – Śląska – Sudecka – al. Piłsudskiego – Rzeczypospolitej – Zamiejska – Nowodworska – Jaworzyńska – Gniewomierska – LSSE Legnickie Pole  | Cały tydzień               | D   |
| 29    | Domejki MPK – Domejki – Chojnowska – Szewczeni – Marynarska – Asnyka – Złotoryjska – Muzealna – Wojska Polskiego – Rataja – Jaworzyńska – al. 100-lecia Odzyskania Niepodległości – Bielańska – al. Rzeczypospolitej – Zamiejska – Nowodworska – Jaworzyńska – Gniewomierska – LSSE Legnickie Pole  | Cały tydzień               | D   |
| C     | Domejki MPK – Domejki – Chojnowska – Cmentarz Jaszaków  | Soboty, niedziele i święta | D   |
| N1    | Domejki MPK – Domejki – Chojnowska – Piastowska – Dworzec PKP – Czarnieckiego – Wrocławska – Sikorskiego – Iwaskiewicza – Sudecka – al. Piłsudskiego – Rondo Niepodległości – Sikorskiego – Sudecka – al. Piłsudskiego – Moniuszki – Czarnieckiego – Dworzec PKP – Piastowska – Chojnowska – Domejki – Domejki MPK  | Cały tydzień               | D   |
| N2    | Domejki MPK – Domejki – Chojnowska – Asnyka – Pl. Łużycki – Złotoryjska – Jaworzyńska – Nowodworska – Zamiejska – al. Rzeczypospolitej – al. Piłsudskiego – Sudecka – Sikorskiego – Wrocławska – Czarnieckiego – Kartuska – Dworzec PKP – Libana – Witelona – Skarbka – Jaworzyńska – Grunwaldzka – Orzeszkowej – Rataja – Złotoryjska – Dziennikarska – Chojnowska – Domejki – Domejki MPK   | Cały tydzień               | D   |

Kategoryzacja linii: G – linia główna, P – linia podstawowa, U – linia uzupełniająca, D – linia dodatkowa

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych MPK sp. z o.o. w Legnicy

### 3.1.1.3. Koszty eksploatacyjne

Za świadczenie usług przewozowych na liniach komunikacyjnych objętych umową operator otrzymuje rekompensatę za wozokilometr

zgodną z Rozporządzeniem 1370/2007, ustawą o publicznym transporcie zbiorowym. Rekompensata jest kalkulowana w oparciu o

poniesione Koszty Przewozów, pomniejszone o wygenerowane podczas świadczenia Przewozów Przychody z uwzględnieniem Rozsądnego Zysku. Wysokość miesięcznej rekompensaty za realizowane przewozy obliczana jest jako różnica pomiędzy iloczynem liczby wozokilometrów do wykonania przez operatora w danym miesiącu wynikająca z planu operacyjnego, skorygowaną o nadwyżkę lub niewykonaną liczbę planowych wozokilometrów za miesiące poprzednie ze

stawką kosztu wozokilometra ustaloną pomiędzy stronami, a przychodami pomniejszającymi rekompensatę i karami umownymi naliczonymi za poprzednie okresy do rozliczenia w bieżącej płatności. Umowa określa również, że wypłata rekompensaty następuje w dwóch transzach w miesiącu. Do końca marca każdego roku operator jest zobowiązany do przedstawienia organizatorowi rocznego rozliczenia rekompensaty.

### **3.1.2. Ocena zapewnienia trwałości instytucjonalnej funkcjonowania analizowanego systemu komunikacji miejskiej w okresie analizy**

Jednym z zadań własnych Gminy Legnica, określonego w Ustawie z dnia 8 marca 1990 r. o samorządzie gminnym, jest zapewnianie lokalnego transportu zbiorowego, poprzez organizację przewozów w komunikacji miejskiej. Realizacja tych usług oraz ich ciągłość gwarantowana jest Planem zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego dla Gminy Legnica oraz Gmin, z którymi Gmina Legnica posiada zawarte porozumienie międzygminne w zakresie publicznego transportu zbiorowego. W dokumencie tym, stanowiącym akt prawa miejscowego, założono, iż „realizowanie przewozów o charakterze użyteczności publicznej planowane jest na obszarze Gminy Legnica, Kunice, Miłkowice,

Prochowice oraz innych gmin, z którymi Gmina Legnica zawrze porozumienia w sprawie wspólnej organizacji publicznego transportu zbiorowego”. Wskazane uwarunkowania formalno – prawne gwarantują podstawy instytucjonalne umożliwiające wprowadzanie do eksploatacji autobusów zeroemisyjnych w perspektywie wieloletniej, m.in. w zakresie minimalnych udziałów autobusów zeroemisyjnych we flocie operatora. Komunikacja Miejska w Legnicy została także opisana w Planie adaptacji Miasta Legnica do zmian klimatu do roku 2030, który zawiera ocenę aktualnego stanu środowiska oraz opis przedsięwzięć pozwalających na dostosowanie miasta do zmian klimatycznych.

## **3.2. Charakterystyka floty operatora komunikacji miejskiej**

*Analizy w niniejszym rozdziale zostały wykonane według stanu na dzień 17 maja 2024 r.*

### **3.2.1. Normy emisji spalin**

Obecnie na potrzeby obsługi legnickiej komunikacji miejskiej eksploatowane są 63 pojazdy. Wszystkie posiadają silniki spalinowe zasilane olejem napędowym oraz są pojazdami niskopodłogowymi. Największym udziałem cechują się pojazdy o najwyższej normie spalania EURO 6 – 26 pojazdów (41%), co warto podkreślić, także pojazdy tej normy spalania stanowią mniejszość w rozdzieleniu na poszczególne typy taboru. We flocie

użytkowanej przez MPK Legnica znajduje się także 8 pojazdów spełniających standard EEV, po 4 pojazdy EURO 5, 4 pojazdy EURO 4, 5 pojazdów EURO 3 i 11 EURO 2. Szczegółową strukturę pojazdów według norm spalania i typu pojazdów prezentuje Tab. 3.3.

**Tab. 3.3 Struktura pojazdów według norm spalania i typu pojazdów (stan na 17.05.2024 r.)**

| Paliwo i Norma spalania / typ pojazdu | MINI     | MIDI      | MAXI      | MEGA15    | MEGA18   | Liczba pojazdów |
|---------------------------------------|----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------------|
| ON EURO 2                             |          |           | 6         | 5         |          | 11              |
| ON EURO 3                             |          | 5         |           |           |          | 5               |
| ON EURO 4                             |          | 4         |           |           |          | 4               |
| ON EURO 5                             |          |           | 3         |           | 1        | 4               |
| ON EEV                                |          | 3         | 4         | 1         |          | 8               |
| ON EURO 6                             | 1        |           | 15        | 6         | 4        | 26              |
| ON (HYBRYDOWY) EURO 6                 | 1        |           | 4         |           |          | 5               |
| <b>Liczba pojazdów</b>                | <b>2</b> | <b>12</b> | <b>32</b> | <b>12</b> | <b>5</b> | <b>63</b>       |

Źródło: Opracowanie własne

### 3.2.2. Obecna oraz planowana struktura wieku pojazdów i program wymiany taboru

Obecnie średni wiek pojazdów użytkowanych w komunikacji miejskiej w Legnicy wynosi ok. 11 lat (mediana jest podobna co wynika z dużej ilości taboru w wieku ponad 20 lat). Najstarsze pojazdy wyprodukowano w 1998 r. – Neoplan 4020 klasy MEGA15 i normie spalania EURO 2, a najmłodsze autobusy z 2018 r. – 4 szt. Solaris

Urbino 12 klasy MAXI w wersji hybrydowej oraz jeden typu MEGA15.

Wiek pojazdów jest zróżnicowany (8 – 26 lat). Najwięcej pojazdów (29) zostało wyprodukowanych w latach 2016 - 2018 .

**Tab. 3.4 Struktura pojazdów według wieku i typu pojazdów (stan na dzień 17.05.2024 r.)**

| Wiek pojazdu /typ pojazdu | MINI     | MIDI      | MAXI      | MEGA15    | MEGA18   | Liczba pojazdów |
|---------------------------|----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------------|
| <b>PONIŻEJ 5 LAT</b>      |          |           |           |           |          |                 |
| <b>6-8 LAT</b>            | 1        |           | 19        | 5         | 4        | 29              |
| <b>9-10 LAT</b>           |          | 3         | 7         | 2         |          | 12              |
| <b>11-15 LAT</b>          |          |           | 1         |           |          | 1               |
| <b>16-20 LAT</b>          |          | 7         |           |           | 1        | 8               |
| <b>20 LAT I WIĘCEJ</b>    |          | 2         | 6         | 5         |          | 13              |
| <b>SUMA</b>               | <b>1</b> | <b>12</b> | <b>33</b> | <b>12</b> | <b>5</b> | <b>63</b>       |

Źródło: Opracowanie własne

W kolejnych tabelach przedstawiono przewidywaną strukturę wieku pojazdów eksploatowanych w sieci komunikacji miejskiej w Legnicy w perspektywie do 2028 r., z wyszczególnieniem okresów przejściowych analogicznych do wskazanych w Ustawie z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych. Symulacja wymiany taboru została sporządzona w oparciu o:

- wytyczne z Niebieskiej Księgi dla sektora transportu publicznego,

wskazujące na maksymalnie 10-letni okres eksploatacji autobusu, które będą wprowadzane stopniowo.

Przedstawione zestawienia stanowią podstawę do wariantu bazowego odnowy taboru komunikacji miejskiej, poddanego analizom finansowym i ekonomicznym w dalszej części opracowania.



**Tab. 3.5 Symulacja struktury pojazdów według wieku i typu pojazdów w styczniu 2025 r.**

| Wiek pojazdu /typ pojazdu | MINI     | MIDI     | MAXI      | MEGA15    | MEGA18   | Liczba pojazdów |
|---------------------------|----------|----------|-----------|-----------|----------|-----------------|
| PONIŻEJ 5 LAT             |          |          | 5         |           |          | 5               |
| 6-8 LAT                   |          |          | 6         | 2         | 6        | 14              |
| 9-10 LAT                  | 1        |          | 12        | 4         |          | 17              |
| 11-15 LAT                 | 1        | 2        | 8         | 2         |          | 13              |
| 16-20 LAT                 |          |          | 4         |           | 1        | 5               |
| 20 LAT I WIĘCEJ           |          | 2        | 2         | 4         |          | 10              |
| <b>SUMA</b>               | <b>2</b> | <b>4</b> | <b>37</b> | <b>12</b> | <b>7</b> | <b>64</b>       |

Źródło: Opracowanie własne

**Tab. 3.6 Symulacja struktury pojazdów według wieku i typu pojazdów w styczniu 2028 r.**

| Wiek pojazdu /typ pojazdu | MINI     | MIDI     | MAXI      | MEGA15    | MEGA18   | Liczba pojazdów |
|---------------------------|----------|----------|-----------|-----------|----------|-----------------|
| PONIŻEJ 5 LAT             |          | 7        | 9         | 4         |          | 20              |
| 6-8 LAT                   |          |          |           |           |          |                 |
| 9-10 LAT                  |          |          | 4         | 2         |          | 6               |
| 11-15 LAT                 | 2        | 2        | 21        | 6         | 6        | 37              |
| 16-20 LAT                 |          |          |           |           | 1        | 1               |
| 20 LAT I WIĘCEJ           |          |          |           |           |          |                 |
| <b>SUMA</b>               | <b>2</b> | <b>9</b> | <b>34</b> | <b>12</b> | <b>7</b> | <b>64</b>       |

Źródło: Opracowanie własne

### 3.2.3. Szacunkowa emisja szkodliwych substancji i gazów cieplarnianych

Wielkość emisji gazów cieplarnianych i szkodliwych substancji wynika ze zużycia paliwa przez pojazdy, ich norm spalania, jak również przejechanego dystansu. W celu oszacowania emisji gazów cieplarnianych w ujęciu rocznym przyjęto średnie zużycie oleju napędowego dla każdej grupy, która składa się z autobusów o jednakowej marce, klasie oraz normie spalania. Na ich podstawie oszacowano emisję gazów

cieplarnianych (tj. dwutlenku węgla CO<sub>2</sub>) i substancji szkodliwych (niemetanowych węglowodorów – NMHC, niemetanowych lotnych związków organicznych – NMVOC, tlenków azotu – NO<sub>x</sub> i cząstek stałych – PM) dla każdej grupy. Wyliczone zmienne pozwoliły na oszacowanie rocznej emisji, którą przedstawiono w kolejnej tabeli.

**Tab. 3.7 Średnioroczna emisja gazów i substancji szkodliwych we wszystkich pojazdach eksploatowanych przez operatora (stan na dzień 17.05.2024 r.)**

| Norma spalania / pojazd | NMHC/NMVOC w g | NO <sub>x</sub> w g | PM w g     | CO <sub>2</sub> w kg |
|-------------------------|----------------|---------------------|------------|----------------------|
| <b>EURO 2</b>           |                |                     |            |                      |
| NEOPLAN N 4020          | 139 132,60     | 885 389,29          | 18 972,63  | 32 867,93            |
| NEOPLAN K 4016          | 150 718,56     | 4 795 590,59        | 102 762,66 | 178 024,65           |
| SOLARIS URBINO 12       | 125 678,65     | 3 998 866,03        | 85 689,99  | 148 448,19           |
| <b>EURO 3</b>           |                |                     |            |                      |
| SOLARIS URBINO 10       | 281 619,50     | 2 133 481,07        | 42 669,62  | 11 088,04            |
| <b>EURO 4</b>           |                |                     |            |                      |
| SOLARIS URBINO 10       | 260 040,33     | 1 978 567,75        | 11 306,10  | 146 899,05           |
| <b>EURO 5</b>           |                |                     |            |                      |
| SOLARIS URBINO 12       | 366 040,16     | 1 591 478,95        | 15 914,79  | 206 779,27           |
| SOLARIS URBINO 18       | 65 175,67      | 283 372,47          | 2 833,72   | 36 818,30            |
| <b>EEV</b>              |                |                     |            |                      |
| SOLARIS URBINO 15       | 75 366,30      | 327 679,58          | 3 276,80   | 42 575,08            |

| Norma spalania / pojazd  | NMHC/NMVOG w g      | NOx w g              | PM w g            | CO2 w kg            |
|--|---------------------|----------------------|-------------------|---------------------|
| SOLARIS URBINO 10  | 155 750,90          | 677 177,84           | 6 771,78          | 87 985,04           |
| SOLARIS URBINO 12  | 443 577,21          | 1 928 596,57         | 19 285,97         | 250 580,62          |
| SOLARIS URBINO 8,5 LE  | 56 403,66           | 245 233,31           | 2 452,33          | 31 862,92           |
| EURO 6   |                     |                      |                   |                     |
| MAN Lion's City  | 17 633,32           | 54 256,36            | 1 356,41          | 35 247,38           |
| SOLARIS URBINO 15  | 207 791,93          | 639 359,78           | 15 983,99         | 415 356,89          |
| SOLARIS URBINO 18  | 129 696,56          | 399 066,35           | 9 976,66          | 259 251,46          |
| Mercedes Sprinter City   | 3 843,11            | 11 824,94            | 295,62            | 7 682,02            |
| SOLARIS URBINO 12  | 564 045,50          | 1 735 524,61         | 43 388,12         | 1 127 474,89        |
| SOLARIS URBINO 12H   | 122 652,28          | 377 391,64           | 9 434,79          | 245 170,59          |
| <b>roczna sumaryczna emisja szkodliwych substancji ze wszystkich pojazdów w komunikacji miejskiej:</b> | <b>3 165 166,25</b> | <b>22 062 857,13</b> | <b>392 371,97</b> | <b>3 264 112,30</b> |

Źródło: Opracowanie własne

### 3.3. Analiza parametrów eksploatacyjnych sieci i linii komunikacyjnych

W poniższym podrozdziale zostały scharakteryzowane parametry eksploatacyjne sieci linii komunikacji miejskiej w Legnicy. System został przeanalizowany pod względem liczby wozokilometrów liniowych według typu dnia i wskaźników wykorzystania taboru. Następnie przedstawiono dane dotyczące zróżnicowania realizowanej liczby wozokilometrów przez poszczególne brygady. W końcowej części rozdziału wykonana została analiza rozkładów jazdy z weryfikacją długości postojów wyrównawczych. Wszystkie linie komunikacyjne wykonują pracę eksploatacyjną łącznie z przejazdami technicznymi w podstawowe typy dni na poziomie:

- dzień roboczy szkolny – 10 887,9 wzk

- dzień roboczy feryjny – wakacyjny – 10 209,3 wzk
- sobota – 7 131,6 wzk
- niedziela – 5 570,6 wzk
- główne święto – 4 883,1 wzk

Najwięcej kilometrów realizowanych jest na linii 3 pełniącej funkcję linii podstawowej łączącej osiedle Piekary, centrum, osiedle H. Sienkiewicza z Legnicką Specjalną Strefą Ekonomiczną przy ul. Jaworzyńskiej oraz linii 15, która wraz z linią 16 (tworzącymi wspólną wiązkę) pełni funkcję głównej, łącząc przeciwległe osiedla Piekary i Asnyka przez osiedle M. Kopernika i centrum, dodatkowo obsługując Hutę Miedzi. Najmniejszą pracą eksploatacyjną, charakteryzującą się linie 27 i 29, nocne N1 i N2 oraz kursująca wyłącznie w soboty, niedziele i święta linia C..

#### 3.3.1. Wskaźnik wykorzystania taboru

MPK dysponuje 63 autobusami, z czego do obsługi linii komunikacji miejskiej eksploatowanych jest:

- w dni robocze szkolne 51 autobusów – 81,0% taboru,

- w dni robocze wakacyjne 47 autobusów – 74,6% taboru,
- w soboty 32 autobusów – 50,7% taboru,
- w niedziele 23 autobusy – 36,5% taboru,
- w główne święto 21 autobusów – 33,3% taboru.

#### 3.3.2. Poziom zróżnicowania realizowanej liczby wzk przez brygady

Wszystkie brygady wykorzystywane do realizacji przewozów w ramach komunikacji miejskiej w

dzień roboczy szkolny wykonują łącznie 10 887,93 wzk. Najkrótsza brygada w

przekroju całej sieci realizuje zadanie na dystansie o długości 57,95 km (MAXI), zaś najdłuższe zadanie ma przebieg o długości 452,40 km (MAXI). Przeciętna długość pracy eksploatacyjnej brygady w całej sieci wynosi 209,29 km. Zróżnicowanie długości brygad zostało obliczone za pomocą współczynnika zmienności, wyrażonego wzorem:

$$V = \frac{s}{\bar{x}}$$

gdzie:

$s$  – odchylenie standardowe

$\bar{x}$  – przeciętna długość brygady.

Cała sieć charakteryzuje się przeciętnym zróżnicowaniem przebiegów brygad na poziomie 42,06%, wynikającym z dużego udziału taboru MAXI charakteryzującego się najwyższym współczynnikiem zmienności osiągającym wartość 43,52%, podczas gdy mniej liczne typy osiągają niższe wartości (najmniejsza dla pojazdów MIDI 31,25%).

**Tab. 3.8 Dane dotyczące zróżnicowania realizowanej liczby wozokilometrów przez poszczególne brygady w dzień roboczy szkolny**

| Parametr / typ taboru   | MINI   | MIDI     | MAXI     | MEGA 15  | MEGA 18  | Cała sieć |
|-------------------------|--------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| liczba brygad           | 2      | 11       | 27       | 7        | 5        | 52        |
| minimalna długość [km]  | 191,05 | 103,00   | 452,40   | 280,00   | 316,89   | 57,95     |
| maksymalna długość [km] | 299,45 | 308,39   | 57,95    | 72,26    | 134,75   | 452,40    |
| przeciętna długość [km] | 245,25 | 213,68   | 223,45   | 150,67   | 239,45   | 209,29    |
| odch. standardowe       | 76,65  | 77,40    | 96,76    | 58,70    | 72,26    | 89,75     |
| wsp. zmienności         | 31,25% | 35,96%   | 43,52%   | 38,96%   | 34,57%   | 42,06%    |
| suma wzk                | 489,65 | 2 385,06 | 5 752,49 | 1 054,09 | 1 196,64 | 10 887,93 |

Źródło: Opracowanie własne

### 3.3.3. Analiza rozkładów jazdy

Ze względu na ograniczenia techniczne wynikające z zmniejszonego zasięgu autobusów elektrycznych akumulatorowych (względem napędzanych w sposób konwencjonalny) wykonano pogłębioną analizę rozkładów jazdy. Analiza posłużyła do wskazania linii lub brygad, które mogłyby zostać obsługiwane przez autobusy zeroemisyjne. Zdiagnozowano również najczęściej występujące długości przerw

międzykursowych w kluczowych przedziałach godzinowych, warunkujących liczbę autobusów niezbędnych do obsługi linii po elektryfikacji. Szczegółową analizę rozkładów jazdy dla każdego wariantu dokonano w następnym rozdziale. W Tab. 3.9 zaprezentowano stan obecny pod względem liczby brygad, stanu taboru oraz wykorzystania pojazdów.

**Tab. 3.9 Stan obecny pod względem liczby brygad, stanu taboru oraz wykorzystania pojazdów MPK (dane dla dni roboczego szkolnego)**

| Stan obecny   | MINI | MIDI | MAXI | MEGA15 | MEGA18 | Cała sieć |
|---|------|------|------|--------|--------|-----------|
| Liczba brygad - poj. spalinowych i niskoemisyjnych          | 2    | 11   | 27   | 7      | 5      | 52        |
| Liczba brygad poj. zeroemisyjnych                           | 0    | 0    | 0    | 0      | 0      | 0         |
| Liczba brygad w ruchu                                       | 2    | 11   | 27   | 7      | 5      | 52        |
| Stan taboru - poj. spalinowych i niskoemisyjnych            | 2    | 11   | 32   | 13     | 5      | 63        |
| Stan taboru - poj. zeroemisyjnych                           | 0    | 0    | 0    | 0      | 0      | 0         |
| Wskaźnik wykorzystania - poj. spalinowych i niskoemisyjnych | 100% | 100% | 84%  | 54%    | 100%   | 82%       |
| Wskaźnik wykorzystania poj. zeroemisyjnych                  | 0%   | 0%   | 0%   | 0%     | 0%     | 0%        |
| Udział pojazdów zeroemisyjnych                              | 0%   | 0%   | 0%   | 0%     | 0%     | 0%        |

W przypadku pojazdów MIDI wskaźnik jest większy od 100% ze względu na wykorzystywanie pojazdów tego typu zarówno do obsługi zadań nocnych jak i dziennego, w przypadku pojazdów MEGA jest dopasowanie MEGA15/MEGA18 w zależności od zapotrzebowania

Źródło: Opracowanie własne

W kolejnej tabeli przedstawiono najczęściej występujące długości przerw międzykursowych w kluczowych przedziałach godzinowych. Krańce podstawowe są głównymi wariantami linii w systemach informacji pasażerskiej. Długości postojów na wszystkich innych przystankach krańcowych są przedstawione w kolumnie „krańce wariantowe”. Wskazane interwały są modułowymi częstotliwościami kursowania lub

uśrednionymi odstępami między kolejnymi kursami. Przy braku powtarzalnych interwałów rozumianych jako częstotliwości kursowania, zdefiniowany został przedział z występującymi odstępami lub liczbą par kursów (np. „p1” oznacza 1 parę). Z analizy wyłączone zostały dedykowane przerwy posiłkowe, które nie są zaplanowane jako powtarzalne postoje wyrównawcze.

**Tab. 3.10 Długości przerw międzykursowych w kluczowych przedziałach godzinowych w dzień roboczy szkolny**

| Najczęściej występujące długości przerw międzykursowych w kluczowych przedziałach godzinowych w dzień roboczy szkolny [min.] |                                |                                 |                                     |           |           |                   |   |           |           |                   |
|--|--------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|-----------|-----------|-------------------|---|-----------|-----------|-------------------|
| Linia  | Nazwa krańca 1 (podstawowego)  | Nazwa krańca 2 (podstawowego)   | Pora międzyszczytowa [9:00 - 12:59] |           |           |                   | Popołudniowy szczyt komunikacyjny [14:00 - 15:59] |           |           |                   |
|  |                                |                                 | Interwały                           | Krańiec 1 | Krańiec 2 | Krańce wariantowe | Interwały   | Krańiec 1 | Krańiec 2 | Krańce wariantowe |
| 1  | Złotoryjska – Ceglana          | Pątnowska – Pętla               | 60                                  | 1         | 2         | -                 | 30  | 23        | 7         | 10-25             |
| 2  | Śląska                         | Szczytnicka – Pętla             | 30                                  | 5         | 1         | 7                 | 30  | 3         | 7         | 1-2               |
| 3  | Jaworzyńska – LSSE Pętla       | Iwaskiewiczza – Pętla           | 30                                  | 8         | 11        | -                 | 8-18  | 8-12      | 2         | 21                |
| 4  | Jaworzyńska – LSSE Pętla       | Poznańska – Pętla               | -                                   | -         | -         | -                 | 45-60   | 28-29     | 15        | -                 |
| 5  | Nowodworska – LPWiK            | Domejki – MPK                   | 30                                  | 3         | 16        | 15                | 15  | 3         | 7         | -                 |
| 6  | Schumana AUCHAN                | Iwaskiewiczza – Pętla           | 30                                  | 8         | 21        | -                 | 30  | 1-2       | 2-5       | -                 |
| 8  | Iwaskiewiczza – Pętla          | Poznańska – Pętla               | 30                                  | 6         | 2         | -                 | 30  | 1-5       | 2-26      | 2                 |
| 9  | Dworcowa PKP                   | Taczalin                        | p1                                  | 0         | 0         | -                 | p1  | 0         | 0         | 0                 |
| 10   | Dworcowa PKP                   | Prochowice – Kościuszki (Pętla) | -                                   | -         | -         | -                 | p2  | -         | 2         | -                 |
| 15   | Złotoryjska – Huta Miedzi      | Iwaskiewiczza – Pętla           | 15                                  | 5         | 4         | 3                 | 10  | 1         | 3         | 8                 |
| 16   | Asnyka – Złotoryjska           | Iwaskiewiczza – Pętla           | 60-120                              | 11        | 4         | -                 | -   | -         | -         | -                 |
| 18   | Jaworzyńska – Os. Sienkiewicza | Iwaskiewiczza – Pętla           | 30                                  | 10        | 1         | -                 | 30  | -         | 11        | 4                 |
| 23   | Domejki – MPK                  | Iwaskiewiczza – Pętla           | -                                   | -         | -         | -                 | 100   | 12        | 50        | -                 |
| 24   | Domejki – MPK                  | Iwaskiewiczza – Baczyńskiego    | 30                                  | 5         | 17        | 2                 | 30  | 5         | 13        | 6                 |
| 26   | LSSE Legnickie Pole – Pętla    | Domejki – MPK                   | 30                                  | 26        | 3         | -                 | 15  | 12        | 1         | -                 |
| 27   | Domejki – MPK                  | Ulesie                          | -                                   | -         | -         | -                 | p2  | 40-42     | 0         | -                 |
| 28   | LSSE Legnickie Pole – Pętla    | Poznańska – Pętla               | p1                                  | 0         | 0         | -                 | 60  | 4-17      | 0         | -                 |
| 29   | LSSE Legnickie Pole – Pętla    | Domejki – MPK                   | -                                   | -         | -         | -                 | p1  | 30        | -         | -                 |
| C  | Cmentarz – Jasków              | Domejki – MPK                   | -                                   | -         | -         | -                 | p1  | 37        | -         | -                 |

Pominięto linie nocne.

Źródło: Opracowanie własne

### 3.4. Transport drogowy inny niż komunikacja miejska

Poza komunikacją miejską w Legnicy istnieje sieć połączeń komercyjnych.

Podstawowe kierunki obsługiwane przez komunikację komercyjną to:

- Legnica – Złotoryja,



- Legnica – Gniewomirowice – Chojnów,
- Legnica – Prochowice,
- Legnica – Lubin,
- Legnica – Męcinka – Jawor,
- Legnica – Nowa Wieś Legnicka – Jawor,
- Legnica – Strzałkowice – Dzierżkowice.

### 3.5. Transport kolejowy

Przez teren obszaru AKK przebiega kilka linii kolejowych czynnych lub planowanych do przywrócenia w ruchu pasażerskim:

- Linia kolejowa 275 Wrocław Muchobór – Legnica – Gubinek (linia dwutorowa zelektryfikowana na odcinku Wrocław – Miłkowice, dalej linia jednotorowa niezelektryfikowana),
- Linia kolejowa 289 Legnica – Rudna Gwizdanów (linia jednotorowa zelektryfikowana),
- Linia kolejowa 284 Legnica – Złotoryja – Jerzmanice-Zdrój (linia jednotorowa zelektryfikowana),
- Linia kolejowa 137 Legnica – Katowice (linia jednotorowa niezelektryfikowana na odcinku Legnica – Kędzierzyn-Koźle, dalej linia dwutorowa zelektryfikowana).

Ruch pasażerski prowadzony jest na liniach 137, 275, 289. Linia kolejowa nr 284 jest przewidziana do rewitalizacji.

**Tab. 3.11 Punkty kolejowej obsługi pasażerskiej na terenie Legnicy**

| stacja/przystanek kolejowy | linia | Liczba odjazdów i przyjazdów w: |        |           |
|----------------------------|-------|---------------------------------|--------|-----------|
|                            |       | dzień roboczy                   | sobota | niedziela |
| Legnica                    | 275   | 202                             | 168    | 166       |
| Legnica Piekary            | 137   | 48                              | 40     | 40        |
| Legnica Strefa             | 137   | 48                              | 40     | 40        |

Źródło: Opracowanie własne

## 4. Plan rozwoju i wymiany taboru

W ostatnich latach zakupiono 16 autobusów przeznaczonych do eksploatacji w komunikacji miejskiej w Legnicy. W 2017 r. wprowadzono do ruchu 2 fabrycznie nowe pojazdy klasy MAXI z normą emisji spalin EURO 6. W 2018 r. wprowadzono do ruchu 7 nowych pojazdów – 2 fabrycznie nowe spalinowe i 4 hybrydowe pojazdy klasy MAXI z normą emisji spalin EURO

6 oraz 1 pojazd używany klasy MEGA18 z normą emisji spalin EURO 5. W 2020 r. wprowadzono do ruchu 2 pojazdy używane klasy MEGA15 – po 1 spełniającym normę emisji spalin EEV oraz EURO 6. Również w latach 2021 i 2024 wprowadzono do ruchu po 2 pojazdy używane klasy MEGA18, spełniające normę emisji spalin EURO 6. W 2022 r. zakupiono dodatkowo używany autobus Solaris Urbino 8,9 z normą spalania EEV.

**Tab. 4.1 Przedsięwzięcia realizowane w ostatnich latach (stan na dzień 03.06.2024 r.)**

| Rok zakupu | Pojazd                   | Typ pojazdu | Liczba pojazdów | Rok produkcji | Norma spalania |
|------------|--------------------------|-------------|-----------------|---------------|----------------|
| 2017       | SOLARIS URBINO 12E       | MAXI        | 2               | 2017          | EURO 6         |
| 2018       | SOLARIS URBINO 15        | MEGA15      | 2               | 2018          | EURO 6         |
| 2018       | Solaris Urbino 12 Hybrid | MAXI        | 4               | 2018          | EURO 6         |
| 2018       | SOLARIS URBINO 18        | MEGA18      | 1               | 2008          | EURO 5         |
| 2020       | SOLARIS URBINO 15        | MEGA15      | 1               | 2013          | EEV            |
| 2020       | MAN Lions City           | MEGA15      | 1               | 2016          | EURO 6         |
| 2021       | SOLARIS URBINO 18        | MEGA18      | 2               | 2017          | EURO 6         |
| 2022       | SOLARIS URBINO 8,9 LE    | MIDI        | 1               | 2013          | EEV            |
| 2024       | SOLARIS URBINO 18        | MEGA18      | 2               | 2017          | EURO 6         |

Źródło: Opracowanie własne na podstawie „Analizy strategicznej eksploatacji autobusów zeroemisyjnych”

W niniejszym rozdziale przedstawiono 7 wariantów inwestycyjnych:

- autobusy elektryczne z wodorowymi ogniwami paliwowymi,
- autobusy elektryczne akumulatorowe w modelu opartym o ładowanie pojazdów wyłącznie metodą plug-in,
- autobusy elektryczne w modelu opartym o ładowanie pojazdów metodą plug-in oraz pantografem,
- trolejbusy,
- autobusy napędzane CNG,
- autobusy napędzane LNG,
- autobusy o napędzie konwencjonalnym.

Każdy typ pojazdu został scharakteryzowany pod względem podstawowych parametrów technicznych, analizy ostatnich postępowań na kupno takich pojazdów. Następnie oceniono

możliwość wprowadzenia danego wariantu w analizowanej sieci komunikacyjnej w Legnicy oraz potencjalne koszty wprowadzenia. Pod koniec rozdziału przeprowadzono analizę wielokryterialną (MCA) w celu wybrania dwóch wariantów do dalszych analiz kosztów i korzyści wynikających z ich wdrożenia. Obecnie w trakcie realizacji jest dostawa 6 pojazdów elektrycznych.

W kontekście ustaleń płynących z zapisów uepa, przy obecnie eksploatowanych, w sieci komunikacji miejskiej w Legnicy 63 pojazdach, teoretycznie wymagana liczba posiadanych pojazdów zeroemisyjnych wynosi<sup>6</sup>:

- w terminie od 01.01.2025 r. – 13 pojazdów (tj. udział na poziomie 20%),
- w terminie od 01.01.2028 r. – 19 pojazdów (tj. udział na poziomie 30%).

<sup>6</sup> Obliczając liczbę wymaganych autobusów zeroemisyjnych, przyjęto metodę zaokrąglania w górę do pełnych jednościami dla wartości z ułamkami.

#### 4.1.1. Ocena wprowadzenia do eksploatacji autobusów o napędzie wodorowym

Wśród pojazdów zeroemisyjnych coraz większą popularność zyskują autobusy o napędzie elektrycznym opartym o ogniwa paliwowe. Do końca pierwszego kwartału 2018 r. w Europie pojawiło się ponad 70 takich pojazdów, którymi przejechano ponad 10 mln km. Rozwiązanie to jest atrakcyjne nie tylko ze względu na korzyści związane z ochroną środowiska (w wyniku utleniania wodoru powstaje tylko para wodna), ale także na brak konieczności inwestowania w dodatkową infrastrukturę do doładowywania pojazdu w trakcie wykonywania zadania. Największym wyzwaniem infrastrukturalnym i technologicznym jest organizacja tankowania. Dzięki zwiększaniu zainteresowania tym rodzajem paliwa, pojawiło się więcej firm dostarczających ten surowiec co pozwoliło na możliwość ograniczenia infrastruktura tankowania w przypadku mniejszych systemów wyłącznie do mobilnej stacji tankowania zaopatrywanej przez butlówóz. Dla większych systemów zalecana jest budowa scentralizowanej stacji tankowania wodoru (HRS), która umiejscowiona może być np. na terenie zajezdni autobusowej.

Pod względem prawnym, w związku z względnie małą liczbą systemów, ale cały czas rozwijaną, normy prawne nie są jeszcze tak dopracowane jak w przypadku innych paliw. W 2020 roku powołano europejskie konsorcjum („StasHH”), w ramach którego firmy i instytucje działające w branży wspólnie opracują europejską normę dotyczącą specyfikacji ogniwo paliwowych do pojazdów użytkowych. Obecnie autobusy napędzane wodorem są eksploatowane w kilkunastu europejskich

miastach, takich jak Londyn, Pau, Hamburg, Oslo, Mediolan, Kolonia czy Wuppertal. Są to niewielkie floty, liczące zazwyczaj do 10 sztuk, poza rekordowym przewoźnikiem z Kolonii<sup>7</sup> posiadającym 35 autobusów wodorowych we flocie oraz obsługującym także obszary podmiejskie.



**Rys. 4.1** *Autobus elektryczny z wodorowymi ogniwami paliwowymi typu MAXI*

*Źródło: Zbiory własne*

Mimo wszystko ich liczba wciąż się zwiększa i w najbliższym czasie w Europie dzięki programowi współfinansowanemu przez Unię Europejską o nazwie JIVE & JIVE 2, do końca 2021 roku zakontraktowano ponad 200 nowych pojazdów napędzanych wodorem (w tym 15 nowych dla Kolonii)<sup>8</sup>. Co ważne liczba ta cały czas ulega zwiększaniu, a wiodącym producentem na rynku europejskim jest firma mająca siedzibę w Polsce, która według danych na styczeń 2024 sama dostarczyła już ponad 180 pojazdów do 24 systemów. W odniesieniu do Polski pierwszym systemem z autobusem wodorowym został Konin, a obecnie w Polsce eksploatowane są 54 autobusy wodorowe obsługujące systemy m.in. w Poznaniu, Rybniku.

<sup>7</sup> Regionalverkehr Köln GmbH (RVK) jest pionierem zastosowań autobusów wodorowych – pierwsze wdrożenie w 2011 r.

<sup>8</sup> [https://www.fuelcellbuses.eu/sites/default/files/documents/Knowledge%20Brief-%20Fuel%20Cell%20Buses\\_web.pdf](https://www.fuelcellbuses.eu/sites/default/files/documents/Knowledge%20Brief-%20Fuel%20Cell%20Buses_web.pdf), dostęp: 05.07.21

Tab. 4.2 Wybrane przykłady sieci komunikacyjnych w Europie, w których eksploatowane są autobusy o napędzie wodorowym.

| Miasto    | Liczba autobusów | Producent autobusów               | Typ autobusu  |
|-----------|------------------|-----------------------------------|---|
| Aberdeen  | 10               | Van Hool                          | 13-metrowy  |
| Londyn    | 8                | Wright                            | 12-metrowy  |
| Ryga      | 10(20)           | Solaris                           | Przegubowy, 18,75m, trolejbus z ogniwami wodorowymi |
| Hamburg   | 6                | 4x Mercedes (EvoBus) i 2x Solaris | 4x 12m i 2x 18,75m                                  |
| Aargau    | 5                | Mercedes (EvoBus)                 | 12-metrowy  |
| Oslo      | 5                | Van Hool                          | 12-metrowy  |
| Pau       | 8                | Van Hool (ExquiCity FC)           | 18-metrowy  |
| Wuppertal | 10               | Van Hool                          | 12-metrowy  |

Źródło: Opracowanie własne

#### 4.1.2. Charakterystyka parametrów eksploatacyjnych autobusów o napędzie wodorowym

Autobusy napędzane energią pochodzącą z czystego wodoru różnią się od klasycznych autobusów elektrycznych tym, że głównym źródłem prądu elektrycznego są ogniwa wodorowe, natomiast akumulatory pełnią funkcję wspomagającą (są doładowywane w trakcie jazdy). Rozwiązanie to jest korzystniejsze ze względu na krótki czas tankowania i wysoką operacyjność autobusu wyposażonego w ogniwa paliwowe. Zbiorniki na wodór umieszczane na dachu autobusu mają sumaryczną pojemność 35-40 kg, co wystarcza na przejechanie ok. 350-450 km, bez konieczności uzupełniania na trasie (jak to ma miejsce w przypadku obecnie eksploatowanych pojazdów elektrycznych akumulatorowych). Tankowanie zajmuje około 10 minut, a wodór przechowywany jest w pojemnikach pod ciśnieniem ok. 35 MPa. Dodatkowo cały czas prowadzone są badania nad możliwościami zwiększenia gęstości zmagazynowanej energii, ostatnio w ramach wykorzystania wodoru magnezu – dzięki, któremu możliwe jest zmniejszenie wymiarów zbiornika i wymagań infrastruktury ładowania ze względu na zmniejszenie ciśnienia do ok. 0,6

MPa umożliwiając tankowanie zmodyfikowanym pistoletem ON/Pb)<sup>9</sup>.



Rys. 4.2 Autobus elektryczny z wodorowymi ogniwami paliwowymi typu MAXI w Seulu, Korea Południowa

Źródło: Zbiory własne

Eksploatacja autobusów z napędem wodorowym wiąże się z koniecznością produkcji i dostarczenia tego paliwa (należy zaznaczyć, że obecnie w Polsce występuje kilka stacji tankowania wodorem, głównie w ramach zaplecza istniejących sieci autobusowych).

W poniższej tabeli przedstawiono poszczególne parametry autobusów z wodorowymi ogniwami paliwowymi.

<sup>9</sup> <https://www.fraunhofer.de/de/presse/presseinformatio nen/2021/februar-2021/wasserstoffantriebe-fuer-e-scooter-und-co.html>, dostęp: 05.07.2021

**Tab. 4.3. Parametry eksploatacyjne wybranych modeli autobusów o napędzie wodorowym**

| Model                           | Długość | Rok  | Pojemność baterii | Moc        | Zasięg (1 ładowanie) | Inne             |
|---------------------------------|---------|------|-------------------|------------|----------------------|------------------|
| Solaris Urbino 12 Hydrogen      | 12 m    | 2019 | 29,2 kWh          | 2 x 60 kW  | ponad 350 km         | ok. 80 pasażerów |
| Van Hool A330FC                 | 13,1 m  | 2019 | 90 kWh (120 kWh)  | 2x85 kW    | 300 km               | 67 pasażerów     |
| Mercedes Citaro FuelCELL-Hybrid | 12m     | 2009 | 26,9 kWh          | 120-160 kW | 200-250 km           | 76 pasażerów     |
| Caetano H2 City Gold            | 10,7    | 2020 | 60 kWh            | 180 kW     | 400 km               | 64 pasażerów     |
| Caetano H2 City Gold            | 11,9    | 2020 | 60 kWh            | 180 kW     | 400 km               | 87 pasażerów     |

Źródło: Opracowanie własne

#### 4.1.3. Koszty inwestycyjne zakupu taboru

Projekty związane z wdrażaniem autobusów napędzanych wodorem, generują koszty zakupu taboru jak i infrastruktury niezbędnej do tankowania pojazdu. Koszty zakupu w materiałach i podręczniku promującym zastosowanie ogniw wodorowych w transporcie publicznym, autobusu typu MAXI szacuje się na poziomie 650 tys. euro, zaś autobusu typu MEGA18 na poziomie 1 miliona euro<sup>10</sup>.

Jednak jak pokazuje przykład Kolonii, która zamówiła od firmy Van Hool 30 autobusów napędzanych wodorem o długości 13 m, cena może być niższa. Kontrakt wart był 13 mln euro, co oznacza, że jeden autobus kosztował niecałe 450 tys. euro. Rynek autobusów napędzanych wodorem jest młody i cena nie ukształtowała się ostatecznie<sup>11</sup>. Dla potrzeb analizy przyjęto koszt jednego autobusu na ogniwa paliwowe zasilane

wodorem na poziomie dla MAXI – 3,30 mln zł netto, dla MEGA18 – 0,90 mln euro (3,8 mln zł) netto.



**Rys. 4.3 Autobus elektryczny z wodorowymi ogniwami paliwowymi typu MAXI**

Źródło: Zbiory własne

**Tab. 4.4 Zestawienie przykładowych zamówień na autobusy napędzane wodorem w Europie**

| Zamawiający             | Wielkość zamówienia | Typ autobusu               | Wartość zamówienia | Wartość jednego autobusu  |
|-------------------------|---------------------|----------------------------|--------------------|---|
| Rotterdam <sup>12</sup> | 2                   | Van Hool 13m               | 1,7mln €           | 850 tys. €  |
| Kolonia* (2018)         | 30                  | Van Hool 13m               | 13,0mln €          | 430 tys. €  |
| Kolonia* (2020)         | 15                  | Solaris Urbino 12 Hydrogen | Brak danych        | <625 tys. € (warunek przetargu, Van Hool zaproponował 650 tys. €) |

<sup>10</sup> JIVE and MEHRLIN Performance Assessment Handbook, Stefan Eckert, Michael Faltenbacher, Klaus Stolzenburg, Martin Gallmetzer

<sup>11</sup> [https://www.rvk.de/fileadmin/images/Null\\_Emissio/2018\\_Dat enblatt\\_Van\\_Hool.pdf](https://www.rvk.de/fileadmin/images/Null_Emissio/2018_Dat enblatt_Van_Hool.pdf), dostęp: 08.07.2021

<sup>12</sup> <https://www.3emotion.eu/news/ret-orders-two-fuel-cell-buses-van-hool>, dostęp: 08.07.2021



| Zamawiający            | Wielkość zamówienia | Typ autobusu | Wartość zamówienia | Wartość jednego autobusu |
|------------------------|---------------------|--------------|--------------------|--------------------------|
| Aberdeen <sup>13</sup> | 10                  | Van Hool 13m | brak danych        | ~500 tys. £≈560 tys. €   |
| Wuppertal              | 10                  | Van Hool     | 12,0 mln €         | 650 tys. €               |
| Rybnik                 | 20                  | Neso Bus 12  | 53,8 mln zł        | 2 689 tys. zł            |

Zamówienia dla Kolonii były częścią wspólnego zamówienia Kolonii i Wuppertalu, w 2018 30+10, w 2020 15+10

Źródło: Opracowanie własne na podstawie artykułów branżowych

#### 4.1.4. Koszty inwestycji w infrastrukturę do tankowania pojazdów

Istnieją dwa sposoby zapewnienia dostaw wodoru do tankowania pojazdów – dostawa lub produkcja na miejscu. Podstawowymi elementami stacji tankowania są:

- magazyn wodoru (zbiornik niski- i wysokociśnieniowy),
- sprężarka membranowa bezolejowa,
- wymiennik ciepła (chłodnica),
- dystrybutor dla autobusów (350 bar),
- dystrybutor dla samochodów osobowych (700 bar),
- układ sterowania stacją.

Koszt budowy stacji zależy od jej wielkości, sposobu dostarczania wodoru na stacji

(produkcja na miejscu, dostawa w formie płynnej lub gazowej)<sup>14</sup> i wymagań, jakie stawiają założenia odnośnie do taboru i jej użytkowników. Według danych opublikowanych przez stowarzyszenie UKH2Mobility, na budowę sieci stacji tankowania wodoru w największych miastach do 2030 roku, potrzeba 418 mln funtów. Kwota ta ma pokryć koszty budowy blisko 1200 stacji, co oznacza, że średnio jedna stacja będzie kosztować 350 tys. funtów, czyli około 400 tys. euro. W artykułach traktujących o stacjach tankowania wodoru do aut osobowych, padają kwoty między 0,6 mln 2,0 mln \$ oraz między 1,0 a 2,24 mln €<sup>15,16</sup>.

#### 4.1.5. Możliwość wprowadzenia autobusów napędzanych wodorem w Legnicy

Do obsługi komunikacji miejskiej w Legnicy przeznaczone są 63 pojazdy. Dla spełnienia warunku 30% udziału pojazdów zeroemisyjnych we flocie komunikacji miejskiej, potrzebne jest wykorzystywanie 19 pojazdów zeroemisyjnych. W kontekście obecnie realizowanej dostawy 6 pojazdów elektrycznych, niniejsza ocena obejmuje prognozę nakładów inwestycyjnych

dla 13 autobusów z wodorowymi ogniwami paliwowymi – wybrano najstarsze z pojazdów: 13 MAXI (w tym 2 z normą EURO 2). Wymianę autobusów spalinowych na autobusy napędzane wodorem założono w stosunku 1 do 1. Jednostkowa cena pojazdów została ustalona na podstawie obecnych cen rynkowych.

Tab. 4.5 Koszty netto wprowadzenia do ruchu autobusów o napędzie wodorowym

| Koszt netto   | Wartość netto zakupu |
|---|----------------------|
| Zakup taboru  | 46,20 mln zł         |
| Dostosowanie zajezdni do obsługi autobusów o napędzie wodorowym | 2,00 mln zł          |
| <b>Łączne nakłady inwestycyjne</b>                              | <b>48,20 mln zł</b>  |

Źródło: Opracowanie własne

<sup>13</sup> <https://www.eveningexpress.co.uk/fp/news/local/decision-to-be-made-on-10-new-hydrogen-buses>, dostęp: 08.03.2021

<sup>14</sup> <https://h2stationmaps.com/costs-and-financing>, dostęp: 09.03.2021

<sup>15</sup> Comparative Analysis of Infrastructures: Hydrogen Fueling and Electric Charging of Vehicles, Forschungszentrum Jülich GmbH, 2018.

<sup>16</sup> <https://ecomento.de/2018/02/16/wasserstoff-elektroauto-tankstellen-2017-deutschland-europa-welt/>, dostęp: 09.03.2021

## 4.2. Ocena wprowadzenia do eksploatacji autobusów o napędzie elektrycznym akumulatorowym

### 4.2.1. Charakterystyka parametrów eksploatacyjnych autobusów o napędzie elektrycznym akumulatorowym

Obecnie liczba autobusów elektrycznych akumulatorowych dynamicznie wzrasta. W styczniu 2021 r. w Polsce zarejestrowane były 442 autobusy elektryczne akumulatorowe<sup>17</sup>. Większość z nich wprowadzono do eksploatacji w 2020 r., kiedy zarejestrowano aż 201 sztuk (wzrost o 253% względem 2019 r.)<sup>18</sup>. Według stanu na kwiecień 2024 liczba autobusów elektrycznych była na poziomie 1260 sztuk – czyli w 3 lata wzrosła ok. 3-krotnie. Autobusy elektryczne w Polsce produkuje wielu producentów, w tym ARP E-Vehicles Sp. z o.o., Huta Stalowa Wola S.A. (właściciel marki Autosan), MAN Truck & Bus oraz Solaris Bus & Coach S.A (obecnie realizuje zlecenie dla Legnicy na 6 pojazdów dostosowanych do ładowania z ładowarek pantografowych). Autobusy elektryczne mają masę większą o około 750 kg w porównaniu do pojazdów spalinowych<sup>19</sup>, ze względu na konieczność montażu akumulatorów. Wyróżniają się lepszymi charakterystykami dynamicznymi – stosowane w autobusach elektrycznych silniki asynchroniczne, w przeciwieństwie do spalinowych, osiągają maksymalny moment obrotowy już przy rozruchu. Do ich zasilania używa się przeważnie akumulatorów litowo-jonowych m.in.:

- litowo-niklowo-manganowo-kobaltowych – NMC, które charakteryzują się niskimi kosztami, niską masą, ale również niską

żywością i małym zakresem temperatur pracy (>-10°C),

- litowo-fosforowych LFP, które są nieznacznie droższe, cięższe i trwalsze od NMC oraz można je eksploatować do temperatury -30°C,
- litowo-tytanowych LTO, które są dwukrotnie cięższe i droższe od NMC, ale pięciokrotnie od nich trwalsze i o dużej mocy chwilowej oraz znacznej odporności na temperaturę<sup>20</sup>.

Najważniejszymi czynnikami charakteryzującymi eksploatację autobusów elektrycznych akumulatorowych jest ich zasięg oraz metoda ładowania. Ze względu np. na zużycie energii przez klimatyzację lub niską temperaturę (która ma wpływ na zmniejszenie pojemności akumulatorów), zasięg eksploatacyjny zmniejsza się względem maksymalnego. Długość trasy jaką bez ładowania może pokonać pojazd zależy od liczby zastosowanych akumulatorów, co przekłada się na masę pojazdu. Zwiększona masa pojazdu wiąże się ze zmniejszoną pojemnością pojazdu. Dlatego też nie zaleca się stosowania bardzo pojemnych akumulatorów. Należy zwrócić uwagę, że im większa masa akumulatora oraz masa własna pojazdu, tym większe średnie zużycie energii na kilometr.

Założono, że dla autobusu 12 metrowego zużycie energii kształtuje się na poziomie

<sup>17</sup> <https://pspa.com.pl/2021/informacja/licznik-elektromobilnosci-wzrasta-zainteresowanie-hybrydami-plug-in/>

<sup>18</sup> <https://pspa.com.pl/2021/informacja/licznik-elektromobilnosci-rok-2020-rekordowy-na-polskim-ryнку-samochodow-elektrycznych/>

<sup>19</sup> Koncepcja wprowadzenia do eksploatacji autobusów elektrycznych w lubelskiej komunikacji miejskiej, Poznań 2014

<sup>20</sup> Przegląd aktualnych doświadczeń w eksploatacji autobusów elektrycznych, MZA Sp. z o.o., Kraków 2017

1,25 kWh/km, natomiast dla autobusu 18 metrowego 2,00 kWh/km.



**Rys. 4.4** *Autobus elektryczny akumulatorowy MAXI w Gdańsku*

Źródło: Zbiory własne

Autobusy elektryczne akumulatorowe można ładować na kilka sposobów. Najpowszechniejszymi w Polsce są ładowarki typu plug-in, które służą do ładowania podczas dłuższych postojów pojazdów, np. na zajezdni, wówczas zwykle wykorzystywany jest prąd o niskim natężeniu, co przekłada się na mniejszy spadek żywotności akumulatorów. Drugim rozwiązaniem, stosowanym często równoległe z ładowarkami plug-in, jest ładowanie za pomocą pantografu. Dzięki zastosowaniu ładowania dużym prądem (o natężeniu 30-60A) możliwe jest doładowywanie akumulatorów na przykład podczas postoju na pętli. Już 10 minutowe doładowanie pozwala wydłużyć zasięg autobusu o 20 – 40 km. Z tego względu najczęściej pojazdy są ładowane niskim prądem metodą plug-in na zajezdni w porze nocnej, natomiast podczas

eksploatacji są doładowywane podczas postojów na pętlach. Dzięki takiemu rozwiązaniu autobus może wykonać więcej kilometrów w ruchu liniowym, zanim konieczny będzie zjazd na ładowanie.



**Rys. 4.5** *Autobus elektryczny akumulatorowy MAXI na ciągu pieszo-jezdnym w Düsseldorf, Niemcy*

Źródło: Zbiory własne

Trzecią metodą, pod względem eksploatacji autobusu zbliżoną do ładowania pantografowego, jest ładowanie indukcyjne. Ładowarka indukcyjna o natężeniu 125A potrafi w ciągu 10 min zwiększyć zasięg pojazdu o 23 km. Zaletą ładowarek indukcyjnych jest ich nieinwazyjność dla przestrzeni miejskiej, wyglądają jak płyta wbudowana w jezdnię. Z tego powodu są one często stosowane na obszarach zabytkowych centrów miast. Do ich wad należy zaliczyć dużą wrażliwość na niskie temperatury, przez co nie jest wskazane ich stosowanie w polskiej strefie klimatycznej. Jest to też zdecydowanie najdroższe rozwiązanie spośród zaprezentowanych metod.

**Tab. 4.6** *Wybrane zakupy autobusów elektrycznych akumulatorowych polskich miast*

| Miasto     | Producent | Długość pojazdu | liczba | Cena za sztukę [mln zł brutto] | Ładowarki zawarte w cenie     |
|------------|-----------|-----------------|--------|--------------------------------|-------------------------------|
| Inowrocław | Volvo     | 12m             | 8      | 2,086                          | 8x plug in                    |
| Kraków     | Solaris   | 12m             | 17     | 2,050                          | brak                          |
| Kraków     | Solaris   | 18m             | 3      | 2,649                          | brak                          |
| Rzeszów    | Solaris   | 12m             | 10     | 2,455                          | 10x plug-in i 2x pantografowa |
| Szczecinek | Ursus     | 12m             | 10     | 2,060                          | 11x plug-in                   |
| Poznań     | Solaris   | 18m             | 15     | 3,130                          | brak                          |
| Poznań     | Solaris   | 12m             | 6      | 2,198                          | brak                          |
| Łomianki   | Solaris   | 12m             | 2      | 2,300                          | 2x plug-in                    |

| Miasto              | Producent | Długość pojazdu | liczba | Cena za sztukę [mln zł brutto] | Ładowarki zawarte w cenie     |
|---------------------|-----------|-----------------|--------|--------------------------------|-------------------------------|
| Nowy Sącz           | Ursus     | 12m             | 2      | 3,080                          | 1x plug-in i 1x pantografowe  |
| Szczecin            | Solaris   | 18m             | 8      | 4,043                          | Brak                          |
| Włocławek           | Solaris   | 12m             | 3      | 2,285                          | 5x plug-in                    |
| Warszawa            | Solaris   | 18m             | 130    | 2,166                          | brak                          |
| Radom               | Solaris   | 12m             | 10     | 2,599                          | 10x plug-in i 2x pantografowe |
| Katowice            | Solaris   | 12m             | 5      | 2,490                          | 5x plug-in                    |
| Tychy               | Solaris   | 12m             | 2      | 2,300                          | 1x plug-in i 1x pantografowa  |
| Ostrów Wielkopolski | Solaris   | 12m             | 10     | 2,408                          | 5x plug in                    |
| Bełchatów           | Solaris   | 12m             | 3      | 2,028                          | 2x plug in                    |
| Świdnica            | Volvo     | 12m             | 2      | 2,803                          | 1x plug-in i 1x pantografowa  |
| Legnica             | Solaris   | 12m             | 5      | 3,747                          | 3x plug-in i 1x pantografowa  |

Źródło: Opracowanie własne



Rys. 4.6 Autobus elektryczny akumulatorowy MAXI podczas szybkiego ładowania, Nicea, Francja

Źródło: Zbiory własne

#### 4.2.2. Koszty inwestycyjne w modelu opartym o ładowanie pojazdów wyłącznie metodą plug-in

Koszt zakupu ładowarek plug-in jest relatywnie niski – koszt jednego urządzenia to około 225 000 zł netto. W celu efektywnego ładowania pojazdów zwykle wymagane jest posiadanie znacznej liczby ładowarek (jednej na pojazd dla urządzeń jedno stanowiskowych lub jednej na dwa pojazdy - dla urządzeń dwustanowiskowych). Stosując ładowarki typu plug-in, bez doładowywania autobusów na trasie, istnieje wysokie prawdopodobieństwo, że liczba autobusów elektrycznych

W Tab. 4.6. przedstawione zostały ceny jednostkowe pojazdów w wybranych przetargach na zakup autobusów elektrycznych akumulatorowych w przeciągu ostatnich lat. Na ich podstawie do dalszych analiz przyjęto następujące kwoty netto, niezbędne do zakupu autobusów (z możliwością ładowania za pomocą pantografu):

- MINI – 1,8 mln zł,
- MIDI – 2,2 mln zł,
- MAXI – 2,3 mln zł,
- MEGA18 – 2,8 mln zł.

akumulatorowych potrzebnych do obsłużenia zaplanowanych brygad będzie większa niż analogiczna liczba pojazdów spalinowych (autobusy elektryczne akumulatorowe musiałyby zjeżdżać do zajezdni po wykonaniu około 215 km na kilkugodzinne ładowanie). Alternatywnym rozwiązaniem jest kierowanie takich autobusów do obsługi zadań typu dodatek, zadanie jednozmianowe lub zadanie dwuzmianowe z gwarancją obsługi na 1 ładowaniu.



### 4.2.3. Możliwość wprowadzenia pojazdów elektrycznych akumulatorowych w modelu opartym o ładowanie pojazdów wyłącznie metodą plug-in

Ze względu na ograniczony zasięg autobusów elektrycznych i potrzebę ładowania akumulatorów dokonano analizy rozkładów jazdy na podstawie danych dostarczonych od operatora. Dodatkowo ważnym aspektem jest profil docelowych tras, powodujący zwiększone zużycie energii elektrycznej zmniejszając możliwy zasięg na naładowanym akumulatorze. W analizie przyjęto założenie, że autobus elektryczny może przejechać 215 km na jednym pełnym naładowaniu akumulatorów. Wariant zakłada ładowanie pojazdów jedynie na terenie zajezdni do pełnego naładowania akumulatorów.



**Rys. 4.7 Ładowanie autobusu elektrycznego akumulatorowego MAXI z terenowej ładowarki typu plug-in zlokalizowanej przy dworcu kolejowym w Jeleniej Górze**

Źródło: Zbiory własne

**Tab. 4.7 Liczba brygad w modelu opartym o ładowanie pojazdów wyłącznie metodą plug-in (dla 2028 r.)**

| Model oparty o ładowanie pojazdów metodą plug-in | MINI | MIDI | MAXI | MEGA15 | MEGA18 | Cała sieć |
|--|------|------|------|--------|--------|-----------|
| Liczba brygad - aut. spalinowe                   | 3    | 3    | 13   | 9      | 3      | 31        |
| Liczba brygad - aut. elektryczne akumulatorowe:  | 0    | 0    | 19   | 0      | 0      | 19        |
| Przyrost liczby brygad w ruchu                   | 0    | - 7  | 7    | 0      | 0      | 0         |
| Liczba brygad w ruchu                            | 3    | 3    | 32   | 9      | 3      | 50        |

Źródło: Opracowanie własne

W modelu opartym o ładowanie pojazdów wyłącznie metodą plug-in obecne rozkłady jazdy pozwalają na obsługę autobusami elektrycznymi akumulatorowymi ze względu na ograniczony

zasięg elektryfikację 13 dotychczasowych brygad obsługiwanych autobusami klasy MAXI z trwającego zadania w ramach projektu .

**Tab. 4.8 Stan taboru, wykorzystanie taboru i udział autobusów elektrycznych akumulatorowych w modelu opartym o ładowanie pojazdów wyłącznie metodą plug-in**

| Model oparty o ładowanie pojazdów metodą plug-in          | MINI | MIDI | MAXI | MAXI | MAXI | Cała sieć |
|---|------|------|------|------|------|-----------|
| Stan taboru - aut. spalinowe                              | 3    | 4    | 20   | 15   | 3    | 45        |
| Stan taboru - aut. elektryczne akumulatorowe              | 0    | 0    | 19   | 0    | 0    | 19        |
| Stan taboru   | 3    | 4    | 39   | 15   | 3    | 64        |
| Wskaźnik wykorzystania aut. spalinowych                   | 100% | 75%  | 65%  | 60%  | 100% | 69%       |
| Wskaźnik wykorzystania aut. elektrycznych akumulatorowych | 0%   | 0%   | 100% | 0%   | 0%   | 100%      |
| Udział aut. elektrycznych akumulatorowych                 | 0%   | 0%   | 49%  | 0%   | 0%   | 30%       |

Źródło: Opracowanie własne



#### 4.2.5. Koszty inwestycyjne w modelu opartym o ładowanie pojazdów ładowarkami typu „plug-in” i za pomocą pantografu

Zastosowanie ładowarek pantografowych na trasie linii obsługiwanych taborem elektrycznym akumulatorowym przyczynia się do znaczącego zwiększenia zasięgu autobusu, przez co ogranicza się ryzyko zjazdu autobusu do zajezdni z powodu rozładowanych akumulatorów przed całkowitą realizacją zadania. Dodatkowym atutem jest możliwość zastosowania mniejszej liczby akumulatorów, co przekłada się na niższą masę pojazdów, większą pojemność autobusu, a także prowadzi do wolniejszej degradacji nawierzchni dróg i przystanków.

Koszt zakupu jednej ładowarki pantografowej szybkiego ładowania to około 600 000 zł netto, a w autobusie konieczny będzie montaż dodatkowej instalacji i urządzeń do ładowania. Liczba ładowarek pantografowych i plug-in zależy przede wszystkim od dystansu przejeżdżanego podczas zaplanowanej pracy

jednej brygady, dystansu między pętlami, czasu postoju na pętlach i nachyleń na trasie (większy zasięg będzie możliwy do zrealizowania na płaskim terenie).



**Rys. 4.8 Ładowanie autobusu elektrycznego akumulatorowego z ładowarki pantografowej**

Źródło: Zbiory własne

#### 4.2.6. Możliwość wprowadzenia pojazdów elektrycznych akumulatorowych w modelu opartym o ładowanie pojazdów ładowarkami plug-in i pantografowymi

Analogicznie jak w modelu wyłącznie z ładowarkami plug-in wykonana została pogłębiona analiza rozkładów jazdy na podstawie danych dostarczonych od operatora komunikacji miejskiej oraz analiza wielokryterialna linii. Model oparty o ładowanie pojazdów metodą plug-in i ładowarką pantografową, zakłada oprócz standardowych ładowarek na terenie zajezdni MPK także lokalizację stacji szybkiego ładowania na terenie miasta.

W celu wyboru optymalnych linii do wykorzystania autobusów elektrycznych, przeprowadzona została analiza wielokryterialna, uwzględniająca aspekty techniczno – eksploatacyjne oraz społeczne, w ramach których preferowane są linie posiadające następujące cechy:

- linie z przeznaczeniem do elektryfikacji zdefiniowano, tak, aby w godzinach szczytów łączna liczba kursujących na nich brygad była zbliżona do wymaganej liczby autobusów zeroemisyjnych we flocie operatora licząc na dzień 29.05.2024 r., przy założeniu, że wskaźnik wykorzystania autobusów elektrycznych akumulatorowych będzie wynosił w dzień roboczy 95%,
- niskie prędkości komunikacyjne,
- niski udział zadań szczytowych w systemie przerywanego czasu pracy (dodatków),
- regularna częstotliwość kursowania,
- posiadania obu krańców podstawowych na terenie gminy organizatora,

- posiadanie krańców wspólnych z innymi liniami,
- niskie zróżnicowanie typów taboru obsługujących linię,
- przebieg linii przez:
  - zabytkowe centrum miasta,
  - największe osiedla mieszkaniowe charakteryzujące się wysoką gęstością zaludnienia,
  - węzły przesiadkowe o charakterze lokalnym lub międzyregionalnym,
- większość trasy znajduje się w granicach administracyjnych miejscowości o statusie miejskim.

Na podstawie powyższych założeń i dokonanej analizy wielokryterialnej do całkowitej wymiany taboru na pojazdy zeroemisyjne wytypowano następujące linie: 5, 6, 23, 24 a do częściowej elektryfikacji linie 15 i 16. Dla uzyskania wysokiego wykorzystania pojazdów założono też, że w przypadku, zmniejszonego zapotrzebowania taborowego na wymienionych liniach pojazdy zeroemisyjne pojawią się także na zadaniach obsługujących inne linie w charakterze uzupełniającego taboru z napędem konwencjonalnym, np. linii 3, 8 i 18.

Dla zmaksymalizowania korzyści wynikających z niższych kosztów eksploatacyjnych autobusów elektrycznych akumulatorowych, założono, że będą one silniej eksploatowane od autobusów

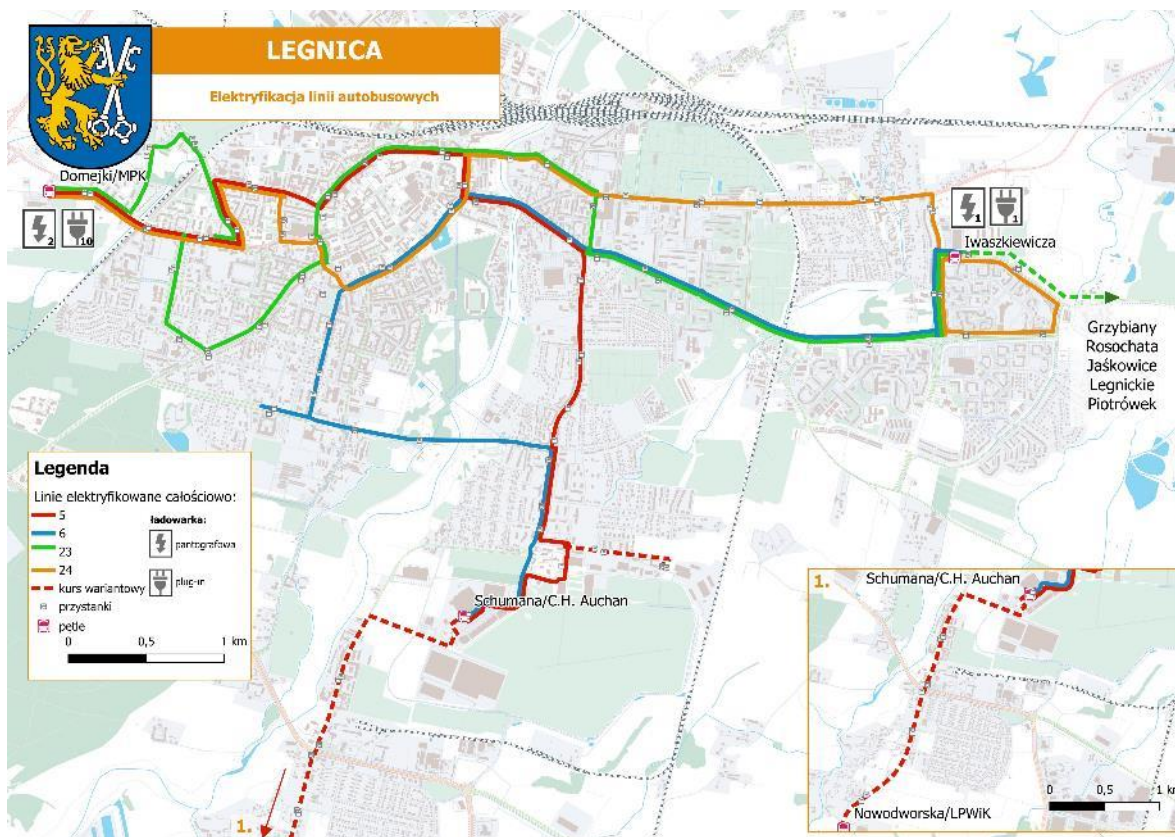
spalinowych, pomimo konieczności wydłużenia przerw międzykursowych na doładowanie akumulatorów; przyjęto, że nawet jeśli zwiększy się liczba pojazdów w ruchu przy utrzymaniu tej samej oferty przewozowej, to średnioroczna praca eksploatacyjna przypadająca na autobus elektryczny typu MAXI w ruchu będzie wyższa o 10% (do poziomu ok. 66 tys. rocznie) w porównaniu do obecnego średniego przebiegu autobusu tego typu.

Przewidziano również lokalizację ładowarek szybkiego ładowania z wykorzystaniem pantografu na pętlach Domejki – MPK (2 szt.) oraz Iwaskiewiczza – Pętla (1 szt. obecnie realizowanej).



**Rys. 4.9 Ładowanie autobusu elektrycznego akumulatorowego MEGA18 z ładowarki pantografowej we Wrocławiu**

Źródło: Zbiory własne



Rys. 4.10 Linie komunikacyjne z możliwością obsługi pojazdami elektrycznymi wraz z lokalizacjami ładowarek

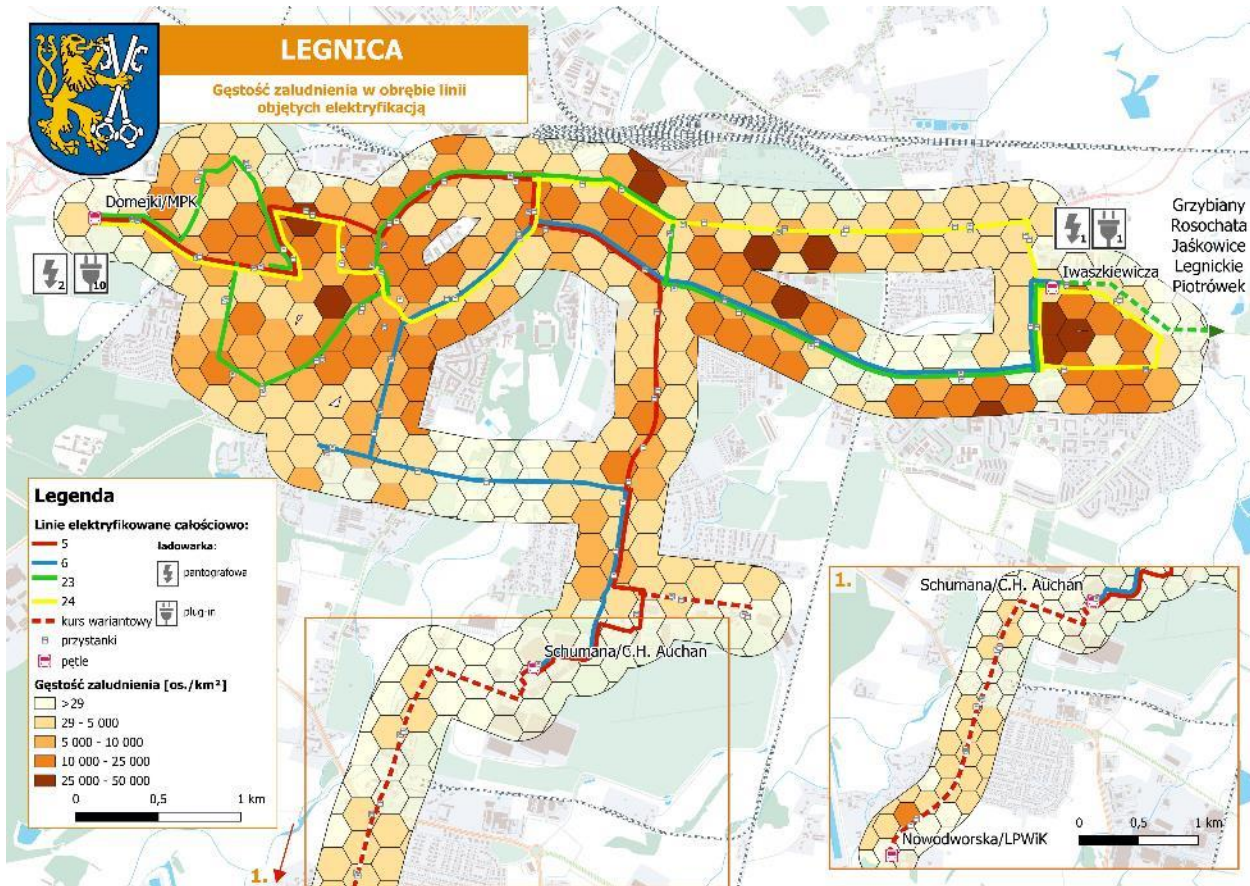
Źródło: Opracowanie własne

Linie 5, 6, 23, 24 obecnie obsługuje 19 brygad w dzień roboczy, w godzinach szczytu przewozowego:

- linia 5: 4 brygady MIDI, 2 brygady MAXI,
- linia 6: 3 brygady MAXI,
- linia 23: 5 brygady MAXI,
- linia 24: 5 brygad MAXI.

W modelu opartym o ładowanie pojazdów metodą plug-in i ładowarką pantografową, przy założeniu utrzymania obecnie stosowanych częstotliwości kursowania do obsługi przewozów łącznie będzie potrzebny 1 dodatkowy pojazd. Liczba autobusów w ruchu w całej sieci komunikacyjnej zatem wzrośnie o 1 sztukę.





Rys. 4.11 Gęstość zaludnienia w obrębieniu linii objętych elektryfikacją

Źródło: Opracowanie własne

Tab. 4.9 Liczba brygad w modelu opartym o ładowanie pojazdów metodą plug-in i ładowarkę pantografową

| Model oparty o ładowanie pojazdów metodą plug-in i ładowarkę pantografową | MINI | MIDI | MAXI | MEGA15 | MEGA18 | Cała sieć |
|---|------|------|------|--------|--------|-----------|
| Liczba brygad - aut. spalinowe  | 3    | 3    | 13   | 9      | 3      | 31        |
| Liczba brygad - aut. elektryczne akumulatorowe:                           | 0    | 0    | 19   | 0      | 0      | 19        |
| Przyrost liczby brygad w ruchu  | 0    | - 7  | 7    | 0      | 0      | 0         |
| Liczba brygad w ruchu   | 3    | 3    | 33   | 9      | 3      | 50        |

Źródło: Opracowanie własne

Zakładając zwiększenie wskaźnika wykorzystania taboru elektrycznego w porównaniu do pozostałych pojazdów, wystąpi przyrost wielkości floty operatora o 1 pojazd. W modelu opartym o ładowanie pojazdów metodą plug-in i ładowarkę pantografową do obsługi sieci

potrzebnych będzie łącznie 64 pojazdy, w tym 19 autobusów o napędzie elektrycznym (30%). Zrealizowana zostanie wymagana liczba autobusów zeroemisyjnych względem ilostanu operatora.

Tab. 4.10 Stan taboru, wykorzystanie taboru i udział autobusów elektrycznych akumulatorowych w modelu opartym o ładowanie pojazdów metodą plug-in i za pomocą pantografu

| Wariant W1  | MINI | MIDI | MAXI | MAXI | MAXI | Cała sieć |
|---|------|------|------|------|------|-----------|
| Stan taboru - aut. spalinowe                              | 3    | 4    | 20   | 15   | 3    | 45        |
| Stan taboru - aut. elektryczne akumulatorowe              | 0    | 0    | 19   | 0    | 0    | 19        |
| Stan taboru   | 3    | 4    | 39   | 15   | 3    | 64        |
| Wskaźnik wykorzystania aut. spalinowych                   | 100% | 75%  | 65%  | 60%  | 100% | 69%       |
| Wskaźnik wykorzystania aut. elektrycznych akumulatorowych | 0%   | 0%   | 100% | 0%   | 0%   | 100%      |
| Udział aut. elektrycznych akumulatorowych                 | 0%   | 0%   | 49%  | 0%   | 0%   | 30%       |

Źródło: Opracowanie własne

## 4.3. Ocena wprowadzenia do eksploatacji trolejbusów

### 4.3.1. Charakterystyka parametrów eksploatacyjnych trolejbusów

Obecnie w Polsce istnieją trzy systemy trolejbusowe: w Gdyni, Lublinie oraz w Tychach. Trolejbusy w Polsce korzystają z sieci trakcyjnej z prądem stałym o napięciu 600 V. Do funkcjonowania komunikacji trolejbusowej potrzebne są także podstacje trakcyjne oraz zaplecze techniczne (zajezdnia trolejbusowa). Na przykładzie Gdyni, sieć trakcyjna jest zasilana z podstacji o mocy 1-2 MW, rozmieszczonych od siebie w odległościach 2-4 km. Obecnie najbardziej popularnymi pojazdami w polskich systemach trolejbusowych są pojazdy produkcji krajowej w wersji 12 i 18 metrowej. W ostatnim czasie we wszystkich miastach posiadających sieć trolejbusową w Polsce (Gdyni, Lublinie i Tychach) dokonano zakupu nowych trolejbusów z bateriami litowo-tytanowymi o mocy co najmniej 55 kWh, w celu obsługi odcinka bez sieci trakcyjnej. Baterie mają pozwolić na przejechanie odcinka o długości 10-30 kilometrów. Dodatkowo w ramach polskiego prawa, do trolejbusów można także zaliczyć zamawiane w 2020 r. przez Tyskie Linie Trolejbusowe pojazdy akumulatorowe, których podstawową metodą ładowania mają być odbieraki podłączone do trolejbusowej sieci trakcyjnej (automatycznie ładowanie w trakcie

postoju, ale także możliwość wymuszenia ładowania w trakcie jazdy).

Kolejną zaletą jest możliwość awaryjnej zmiany trasy, podczas gdy występują utrudnienia na trasie linii trolejbusowej (remonty ulic i infrastruktury, wypadki drogowe, wyznaczone objazdy). Eliminuje to konieczność organizacji i ponoszenia kosztów na zastępczą komunikację autobusową w przypadku utrudnień.



Rys. 4.12 Trolejbus MAXI w Lyon, Francja

Źródło: Zbiory własne

### 4.3.2. Koszty inwestycyjne zakupu taboru

W 2017 r. w Lublinie przeprowadzono przetarg na zakup 15 sztuk trolejbusów klasy MEGA18. Wybrany oferent zaoferował pojazdy z bateriami trakcyjnymi o pojemności 60 kWh. Koszt pojedynczego trolejbusu wyniósł 2,44 mln zł brutto<sup>21</sup>. W 2018 r., także w Lublinie, przeprowadzono postępowanie na zakup taboru

– 10 szt. trolejbusów klasy MAXI. Wymogi dotyczące wyposażenia pojazdów były podobne, jak w postępowaniu przeprowadzonym w 2017 r. Wybrany oferent zaoferował pojazdy z bateriami trakcyjnymi o pojemności 70 kWh, a koszt pojedynczego pojazdu wyniósł 2,17 mln zł brutto<sup>22</sup>. W Gdyni w 2018 r. zakupiono 14 sztuk

<sup>21</sup> <https://biuletyn.lublin.eu/ztm/zamowienia-publiczne/ogloszone-do-25062018/przetarg-nieograniczony-na-dostawe-pod-nazwa-zakup-taboru-do-obslugi-linii-komunikacji-miejskiej-15-szt-trolejbusow-przegubowych-mega-numer-sprawy-dz-381-516/> , dostęp: 16.07.2021

<sup>22</sup> <https://biuletyn.lublin.eu/ztm/zamowienia-publiczne/ogloszone-do-25062018/przetarg-nieograniczony-na-dostawe-pod-nazwa-zakup-taboru-do-obslugi-linii-komunikacji-miejskiej-10-szt-trolejbusow-maxi-numer-referencyjny-dz-381-ue-118/> . dostęp: 17.07.2021



trolejbusów MAXI z bateriami o pojemności 58 kWh oraz 16 typu MEGA18 o pojemności 87 kWh. Koszt pojedynczego pojazdu klasy MAXI wyniósł 2,29 mln zł brutto za szt., a pojedynczy trolejbus przegubowy klasy MEGA kosztował 3,15 mln zł brutto<sup>23</sup>. W marcu 2019 rozstrzygnięto zaś przetarg na dostawę 6 pojazdów MAXI o większych bateriach (min. 84 kWh), przy cenie pojedynczego pojazdu na poziomie 2,77 mln zł brutto<sup>24</sup>. Zakupu nowego taboru dokonano także w trzecim systemie trolejbusowym – w Tychach, gdzie rozpisano przetarg na dostawę trzech pojazdów klasy MAXI z bateriami nie mniejszymi niż 55 kWh. Koszt pojedynczego trolejbusu wyniósł 2,29 mln zł brutto<sup>25</sup>. Pod koniec 2020 r. także w tym mieście rozpisano przetarg na zakup 6 pojazdów klasy MAXI o akumulatorowych o minimalnej pojemności 80 kWh, których podstawową metodą ładowania mają być

### 4.3.3. Koszty inwestycji w infrastrukturę sieciową i punktową

W latach 2013-2015 w Lublinie wybudowano za 42 mln zł zajezdnię trolejbusową na 100 trolejbusów i 25 pojazdów zaplecza technicznego<sup>27</sup>. W ostatnim czasie dokonano także rozbudowy sieci trakcyjnej. Budowa 2,5 km nowej trakcji (w jedną stronę), podstacji trolejbusowej, przyłączy zasilających na przystankach kosztowała 5,47 mln zł brutto (1,1 mln zł brutto za km)<sup>28</sup>.

odbieraki i trolejbusowa sieć trakcyjna. 5 marca 2021 rozstrzygnięto przetarg, przeznaczając prawie 18,23 mln zł brutto (3,04 mln zł brutto za pojazd)<sup>26</sup>.



**Rys. 4.13 Trolejbus MEGA18 na odcinku bez sieci trakcyjnej w Lublinie**

Źródło: Zbiory własne

W Tychach 1 km (w jedną stronę) trakcji, budowa jednej stacji transformatorowo – prostownikowej, przebudowa sieci trakcyjnej na jednym skrzyżowaniu z połączeniem projektowanej sieci z istniejącą siecią kosztowała 8,73 mln zł brutto<sup>29</sup>.

<sup>23</sup> <https://www.transport-publiczny.pl/wiadomosci/gdynia-tylko-z-jedna-i-droga-oferta-na-trolejbusy-56995.html> , dostęp: 16.07.2021

<sup>24</sup> <https://bip.um.gdynia.pl/zamowienia-publiczne,738/postepowanie-na-dostawe-autobusow-elektrycznych-ladowanych-w-ruchu-i-na-postoju,529604> , dostęp: 15.07.2021

<sup>25</sup> <https://tlt.bip.gov.pl/publiccontracts/view/9727> , dostęp: 16.07.2021

<sup>26</sup> <https://platformazakupowa.pl/transakcja/384851> , dostęp: 21.07.2021

<sup>27</sup> [http://mpk.lublin.pl/?id\\_site=1&id=1184](http://mpk.lublin.pl/?id_site=1&id=1184) , dostęp: 21.07.2021

<sup>28</sup> <https://biuletyn.lublin.eu/zdm/zamowienia-publiczne/zakonczzone/2016/2016-12-14-robota-budowlana-przetarg-nieograniczony-na-budowe-trakcji-trolejbusowej-w-ul-jana-pawla-ii-odul-granitowej-do-al-krasnickiej-w-al-krasnickiej-od-ul-jana-pawla-ii-dopetli-trolejbusowej-i-na-skrzyzowaniu-ul-jana-pawla-ii-i-ul-2017-01-25-informacja-z-otwarcia-ofert,4,14202,1.html> , dostęp: 20.07.2021

<sup>29</sup> [https://transinfo.pl/infobus/tychy-z-umowa-na-dluzsza-siec-trolejbusowa-\\_more\\_106289/](https://transinfo.pl/infobus/tychy-z-umowa-na-dluzsza-siec-trolejbusowa-_more_106289/) , dostęp: 20.07.2021

#### 4.3.4. Możliwość wprowadzenia trolejbusów w Legnicy

Docelowo udział pojazdów zeroemisyjnych przeznaczonych do obsługi komunikacji miejskiej powinien wynosić 30%. MPK Legnica użytkuje 64 pojazdy (w tym maksymalnie 50 pojazdów w ruchu). Zatem MPK powinno posiadać 19 pojazdów zeroemisyjnych w celu spełnienia wymogów płynących z uepa. Wymianę autobusów spalinowych na trolejbusy zakłada się w stosunku 1 do 1. Optymalny wariant uruchomienia trakcji trolejbusowej obejmowałby elektryfikację linii 3, 6, 8, 15/16 oraz 18, ponieważ tworzą one wiązkę linii na możliwie długim wspólnym odcinku trasy, od skrzyżowania ul. Skarbka z ul. Jaworzyńską przez ul. Witelona, Wrocławską, Żołnierzy II Armii Wojska Polskiego, Al. Piłsudskiego do skrzyżowania Al. Piłsudskiego z ul. Sudecką. Obecnie linie te w szczycie komunikacyjnym obsługiwane są łącznie przez 20 autobusów, w tym:

- linia 15 i 16 – 2 pojazdy MAXI, 2 pojazdy MEGA15, 2 pojazdy MEGA18,
- linia 3 – 2 pojazdy MAXI, 3 pojazdy MEGA15, 1 pojazd MEGA18,
- linia 6 – 3 pojazdy MAXI,
- linia 18 – 2 pojazdy MAXI,
- linia 8 – 3 pojazdy MIDI.

W celu maksymalizacji wykorzystania pojazdów elektrycznych założono, że rezerwę będą pełniły wyłącznie pojazdy spalinowe. Ze względu na konieczność wykonywania kursów podmiejskich na linii 8, w jej przypadku przewidziano obsługę hybrydową – 2 trolejbusy będą wykonywały zadania miejskie (zamiana typu taboru MIDI na MAXI), 1 autobus spalinowy będzie obsługiwał kursy wybiegające poza granice miasta. Zatem zakres rzeczowy inwestycji mógłby składać się z zakupu 19 trolejbusów, w tym 11 typu MAXI (2 zastąpią obecnie eksploatowane autobusy typu MIDI) oraz 8 typu MEGA18 (5 zastąpi obecnie eksploatowane autobusy typu MEGA15).

Co istotne, niniejsze linie należą do kursujących najczęściej w legnickiej sieci komunikacji miejskiej, łączą najważniejsze osiedla mieszkaniowe z centrum oraz posiadają wspólny kraniec (Iwazskiewiczza – Pętla 3, 6, 8, 15/16, 18, 23). Jednakże w przypadku trolejbusów istotnym problemem może stać się dojazd do zajezdni MPK przy Domejki, ze względu na przejazdy kolejowe przez zelektryfikowany fragment linii kolejowej nr 284. W celu minimalizacji nakładów inwestycyjnych, zaplanowano wykorzystanie pojazdów z akumulatorami ładowanymi zarówno w trakcie postoju na pętli, jak i w trakcie jazdy na odcinkach z siecią trakcyjną, wykorzystywanymi już w regularnej eksploatacji w polskich systemach. Dodatkowo pojazdy tego typu pozwolą na minimalizowanie utrudnień wynikających z potencjalnych skrzyżowań z kolejową siecią trakcyjną na trasie do zajezdni, ponieważ ten obszar pojazdy pokonają na zasilaniu akumulatorowym ze złożonymi pałkami. Do zasilania sieci trakcyjnej potrzebne będzie 5 podstacji trakcyjnych.



Rys. 4.14 Trolejbus MEGA25 w Zürich, Szwajcaria

Źródło: Zbiory własne

Ze względu na brak trolejbusów MEGA15 w ofertach producentów krajowych, zakłada się wymianę autobusów MEGA15 na trolejbusy MEGA18. Trasa linii 15 będzie pokryta siecią trakcyjną na trasie podstawowej (Iwazskiewiczza – Złotoryjska/Ceglana), natomiast linie 3, 6, 8, 16 i 18 częściowo, z tego względu zakłada się

kursowanie trolejbusów z napędem pomocniczym na fragmentach tras bez trakcji trolejbusowej. Przebiegi tras oraz proponowany przebieg trakcji ilustruje Rys. 4.1. Linia 3 wykorzysta trakcję od ul. Jaworzyńskiej do pętli na ulicy Iwaszkiewicza, linia 6 od pętli Schumana do skrzyżowania al. Rzeczypospolitej/Bielańska oraz od ul. Muzealnej do pętli na ul. Iwaszkiewicza. W przypadku linii 16 trakcja nie obejmie odcinka poza trasą linii 15 (ulice A.

Asnyka. Marynarska i Artyleryjska). Linia 8 wykorzysta sieć trakcyjną na odcinku od ul. Pocztowej do pętli Iwaszkiewicza, linia 18 skorzysta na odcinku od pętli Schumana do Iwaszkiewicza. Wyjazdy z zajezdni będą odbywać się z wykorzystaniem akumulatorów. Łączna długość sieci trakcyjnej dla trolejbusów w Legnicy docelowo może wynieść 18,2 km trakcji dwukierunkowej.

**Tab. 4.11 Koszty netto zakupu trolejbusów**

| Tabor  | Koszt netto zakupu trolejbusu | Liczba nabywanych pojazdów | Łączny koszt netto zakupu taboru |
|--------|-------------------------------|----------------------------|----------------------------------|
| MAXI   | 1 800 000 zł                  | 11                         | 19 800 000 zł                    |
| MEGA18 | 2 050 000 zł                  | 8                          | 16 400 000 zł                    |
| Ogółem |                               | 19                         | 36 200 000 zł                    |

Źródło: Opracowanie własne



**Rys. 4.15 Trolejbus typu MAXI w Lublinie**

Źródło: Zbiory własne

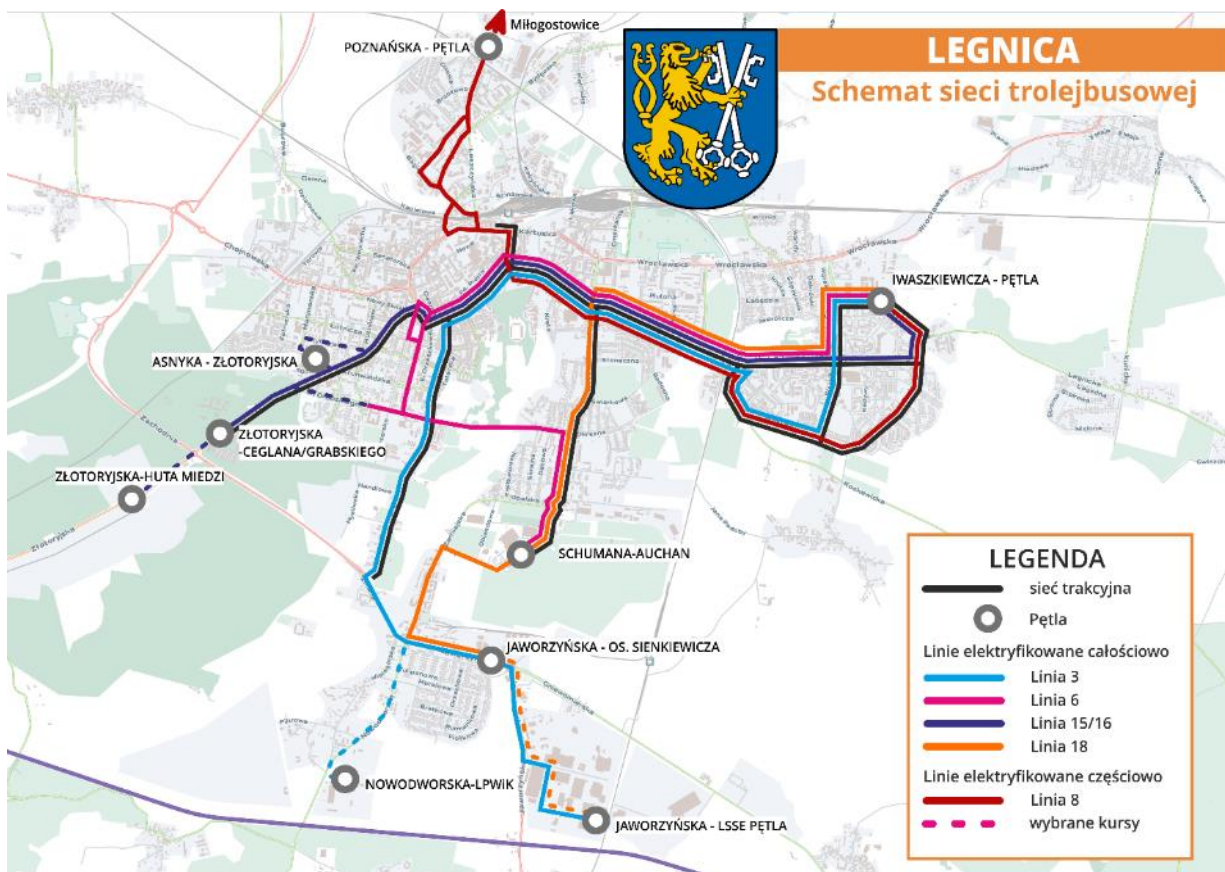
Do obsługi liniowej założonej symulacji sieci potrzebnych będzie 13 trolejbusów MAXI. Koszt budowy 1 km sieci trakcyjnej w jedną stronę szacuje się na 2 mln zł netto. Istotnym elementem komunikacji trolejbusowej są podstacje trakcyjne, które powinny być rozmieszczone co około 4 km – koszt budowy jednej podstacji szacuje się na poziomie około 2,1 mln zł netto. Poniżej zestawiono łączne koszty uruchomienia trakcji trolejbusowej w komunikacji miejskiej w Legnicy.

**Tab. 4.12 Koszty netto wprowadzenia do ruchu trolejbusów**

| Koszt netto                                  | Wartość netto zakupu |
|--|----------------------|
| Dostosowanie zajezdni do obsługi trolejbusów | 12,20 mln zł         |
| Zakup taboru                                 | 36,20 mln zł         |
| Koszt budowy sieci trakcyjnej                | 72,80 mln zł         |
| Koszt budowy podstacji trakcyjnych           | 10,50 mln zł         |
| Łączne nakłady inwestycyjne                  | 131,70 mln zł        |

Źródło: Opracowanie własne





Rys. 4.16 Symulacja sieci trolejbusowej dla spełnienia warunków z ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych

Źródło: Opracowanie własne

#### 4.4. Ocena utrzymania w eksploatacji wyłącznie autobusów o napędzie spalinowym uzupełnianych o autobusy inne niż zeroemisyjne

Eksploatacja wyłącznie autobusów o napędzie spalinowym (uzupełnianych o autobusy inne niż zeroemisyjne) pozwala uniknąć nakładów finansowych związanych ze zwiększeniem floty w ruchu (większość rozwiązań nie pozwala na wymianę 1:1 w każdej sytuacji), na dodatkową infrastrukturę do obsługi pojazdów zeroemisyjnych – budowę stacji tankowania pojazdów napędzanych wodorem, ładowarek do autobusów elektrycznych akumulatorowych

bądź sieci trakcyjnej. Dodatkowym atutem jest brak konieczności dostosowania istniejącej infrastruktury (np. zajezdni) do obsługi pojazdów zeroemisyjnych. Na potrzeby analizy przyjęto, że nowe pojazdy o napędzie spalinowym będą mieć najwyższą obecnie normę emisji spalin EURO 6. Na podstawie ostatnich przetargów można założyć koszt pojedynczego autobusu klasy MAXI zasilanego ON na poziomie około 1,1 mln zł netto.

Tab. 4.13 Uśrednione koszty zakupu pojazdów o napędzie konwencjonalnym

| Klasa pojazdu                      | Liczba pojazdów | Przeciętna cena jednostkowa netto | Koszt całkowity netto w mln zł |
|------------------------------------|-----------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| MAXI ON                            | 19              | 1,1 mln zł                        | 20 900 000                     |
| <b>Koszt całkowity inwestycji:</b> |                 |                                   | <b>20 900 000</b>              |

Źródło: Opracowanie własne

## 4.5. Analiza wielokryterialna (MCA) wyboru wariantu wymiany taboru

W niniejszym podrozdziale została przeprowadzona analiza wielokryterialna wyboru wariantu wymiany taboru. Na potrzeby analizy oceniono metodą ekspercką w skali od 1 do 5 poszczególne warianty pod względem następujących aspektów jakościowych:

- techniczny:
  - łatwość wprowadzenia rozwiązania i konieczność budowy nowej lub przebudowy infrastruktury,
  - zasięg oferowany przez rozwiązanie,
  - elastyczność zarządzania taborem i możliwość używania pojazdów na innych liniach,
- społeczny:
  - liczba potencjalnych pasażerów linii obsługiwanych taborem,

- potencjalny wpływ zastosowania taboru zeroemisyjnego na wzrost zainteresowania publicznym transportem zbiorowym,
- dostępność technologiczna:
  - dostępność rozwiązania technologicznego w Polsce
- środowiskowy:
  - emisja spalin,
  - emisja hałasu,
- ekonomiczno-finansowy:
  - koszt wprowadzenia rozwiązania.

Następnie przypisano poszczególnym kryteriom wagi.

Tab. 4.14 Analiza wielokryterialna – wagi przypisane kryteriom

| l.p. | Aspekt                    | Waga aspektów szczegółowych   |        | Waga aspektu |     |
|------|---------------------------|---|--------|--------------|-----|
|      |                           | Częstkowa   | Łączna |              |     |
| 1.1  | Techniczny                | łatwość wprowadzenia  | 0,25   | 1,00         | 0,2 |
| 1.2  |                           | zasięg pojazdu  | 0,40   |              |     |
| 1.3  |                           | elastyczność zarządzania taborem  | 0,35   |              |     |
| 2.1  | Społeczny                 | liczbę potencjalnych pasażerów obsługiwanych linii wybranym typem taboru  | 0,70   | 1,00         | 0,1 |
| 2.2  |                           | potencjalny wpływ zastosowania taboru zeroemisyjnego na wzrost zainteresowania publicznym transportem zbiorowym | 0,30   |              |     |
| 3.1  | Dostępność technologiczna | dostępność rozwiązania technologicznego   | 1,00   | 1,00         | 0,1 |
| 4.1  | Środowiskowy              | emisja spalin   | 0,50   | 1,00         | 0,4 |
| 4.2  |                           | emisja hałasu   | 0,50   |              |     |
| 5.1  | Ekonomiczno-finansowy     | koszt wprowadzenia  | 1,00   | 1,00         | 0,2 |

Źródło: Opracowanie własne

Kolejnym etapem było przypisanie ocen poszczególnym wariantom, które zostały zaprezentowane w poniższej tabeli, a następnie

przemnożono poszczególne oceny wariantów przez wagi aspektów szczegółowych.



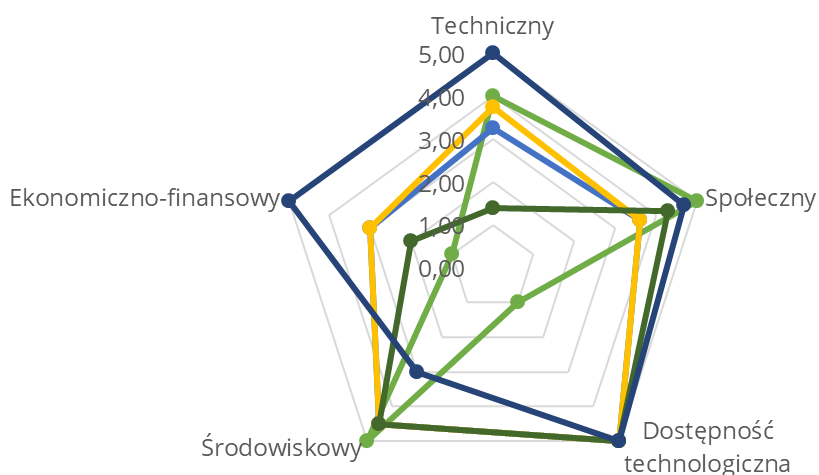
**Tab. 4.15 Ocena wariantów w poszczególnych aspektach szczegółowych**

| Aspekt szczegółowy   | Autobus napędzany wodorem | Autobus elektryczny akumulatorowy z ładowarkami plug-in | Autobus elektryczny akumulatorowy z ładowarkami plug-in i pantografowymi | Trolejbus | Autobus z napędem konwencjonalnym |
|--|---------------------------|---|--|-----------|-----------------------------------|
| łatwość wprowadzenia   | 1,00                      | 4,00  | 3,00   | 1,00      | 5,00                              |
| zasięg   | 5,00                      | 3,00  | 4,00   | 2,00      | 5,00                              |
| elastyczność zarządzania taborem   | 5,00                      | 3,00  | 4,00   | 1,00      | 5,00                              |
| liczbę potencjalnych pasażerów obsługiwanych linii wybranym typem taboru       | 5,00                      | 3,00  | 3,00   | 4,00      | 5,00                              |
| potencjalny wpływ zastosowania taboru zeroemisyjnego na wzrost zainteresowania | 5,00                      | 5,00  | 5,00   | 5,00      | 4,00                              |
| dostępność rozwiązania technologicznego  | 1,00                      | 5,00  | 5,00   | 5,00      | 5,00                              |
| emisja spalin  | 5,00                      | 4,00  | 4,00   | 4,00      | 3,00                              |
| emisja hałasu  | 5,00                      | 5,00  | 5,00   | 5,00      | 3,00                              |
| koszt wprowadzenia   | 1,00                      | 3,00  | 3,00   | 2,00      | 5,00                              |

Źródło: Opracowanie własne

### Ocena wariantów w poszczególnych aspektach

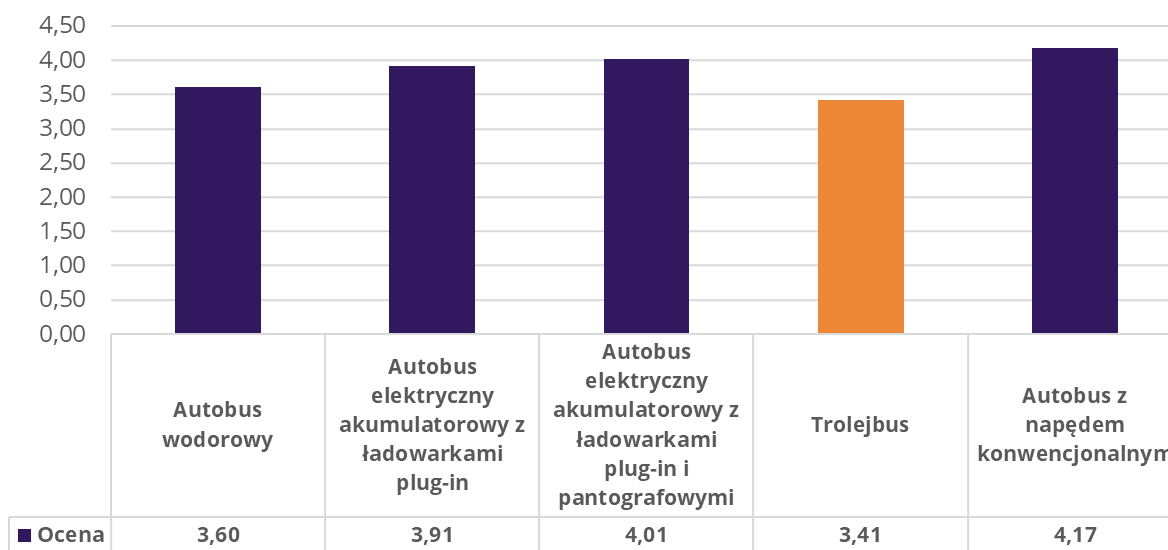
- Autobus wodorowy
- Autobus elektryczny akumulatorowy z ładowarkami plug-in
- Autobus elektryczny akumulatorowy z ładowarkami plug-in i pantografowymi
- Trolejbus
- Autobus z napędem konwencjonalnym



**Rys. 4.17 Ocena wariantów w aspektach szczegółowych**

Źródło: Opracowanie własne

## Ocena wyboru wariantu



Rys. 4.18 Ocena wyboru wariantów do dalszego etapu AKK

Źródło: Opracowanie własne

Ostatnim krokiem analizy było wyznaczenie ocen wyboru wariantów poprzez obliczenie iloczynu ocen wariantów w aspektach szczegółowych z wagami ocen aspektów. **Najlepszym wariantem z minimalną przewagą okazały się autobusy z napędem konwencjonalnym z oceną na poziomie 4,17. Drugie miejsce zajęły autobusy elektryczne akumulatorowe z ładowarkami plug-in i pantografowymi z oceną 4,01, zaś kolejną lokatę otrzymały autobusy elektryczne akumulatorowe z ładowarkami plug-in z oceną 3,91. Kolejną pozycję uzyskały autobusy wodorowe – z wodorowymi ogniwami paliwowymi z łączną oceną 3,60. Powyższe cztery warianty będą poddane szczegółowej analizie w następujących rozdziałach. Od tej pory, w dokumencie analizowane warianty będą zdefiniowane odpowiednio jako:**

- W0 – wariant bazowy, oparty o odtwarzanie autobusów w oparciu o obecnie stosowane napędy,
- W1 – wariant inwestycyjny, obejmujący wprowadzenie do floty użytkowanych pojazdów autobusów o napędzie elektrycznym, doładowywanych na krańcach energią z ładowarek pantografowych,
- W2 – wariant inwestycyjny mieszany, obejmujący wprowadzenie do floty użytkowanych pojazdów autobusów o napędzie elektrycznym, zarówno doładowywanych na krańcach energią z ładowarek pantografowych, jak i przystosowanych do ładowania wyłącznie z ładowarek zajezdniowych typu plug – in,
- W3 – wariant inwestycyjny, obejmujący wprowadzenie do floty użytkowanych pojazdów autobusów z wodorowymi ogniwami paliwowymi, zakładający, że stacja tankowania wodoru w Legnicy zostanie zbudowana przez inwestora zewnętrznego.

Tab. 4.16 Wybrane warianty strategiczne odnowy taboru eksploatowanego w komunikacji miejskiej w Legnicy.

| <p><b>W0</b><br/>autobusy z obecnym napędem</p>   | <p><b>W1</b><br/>autobusy elektryczne akumulatorowe doładowywane z ładowarek pantografowych</p>  | <p><b>W2</b><br/>model mieszany: autobusy elektryczne akumulatorowe doładowywane z ładowarek pantografowych oraz autobusy elektryczne akumulatorowe doładowywane wyłącznie z ładowarek zajezdniowych plug-in z akumulatorami o dużej pojemności energii</p>   | <p><b>W3</b><br/>autobusy z wodorowymi ogniwami paliwowymi</p>  |
|---|--|---|---|
| <p>Odnowa floty w oparciu o autobusy konwencjonalne z napędem spalinowym oraz elektryczne akumulatorowe w ramach realizowanego obecnie projektu „Zakup autobusów z elektrycznym napędem wraz z budową stacji ładowania” obejmującego zakup 6 szt. autobusów elektrycznych akumulatorowych typu MAXI, budowę 1 szt. ładowarki pantografowej na pętli Iwaszkiewicza, 3 szt. dwustanowiskowych ładowarek zajezdniowych</p> | <p>Wprowadzenie do eksploatacji 13 szt. autobusów elektrycznych akumulatorowych (poza 6 szt. MAXI w ramach realizowanego projektu „Zakup autobusów z elektrycznym napędem wraz z budową stacji ładowania”)<br/>Całościowo elektryfikowane linie: 5, 8, 23, 24<br/>Częściowo elektryfikowane linie: 15, 16<br/>Uzupełniająco elektryfikowane linie: 3, 8, 18 i wszystkie pozostałe funkcjonujące w sieci, wcześniej niewymienione<br/>Budowa 7 szt. dwustanowiskowych lub 13 szt. jednostanowiskowych ładowarek zajezdniowych (poza realizowanymi obecnie 3 szt.) i 2 szt. ładowarek terenowych szybkiego ładowania na pętli Domejki działających w systemie OppCharge oraz gniazdem plug-in (poza realizowaną 1 szt. na pętli Iwaszkiewicza)<br/>Odnowa pozostałej części floty w oparciu o autobusy spalinowe</p> | <p>Wprowadzenie do eksploatacji 13 szt. autobusów elektrycznych akumulatorowych (poza 6 szt. MAXI w ramach realizowanego projektu „Zakup autobusów z elektrycznym napędem wraz z budową stacji ładowania”)<br/>Całościowo elektryfikowane linie: 5, 8, 23, 24<br/>Częściowo elektryfikowane linie: 15, 16<br/>Uzupełniająco elektryfikowane linie: 3, 8, 18 i wszystkie pozostałe funkcjonujące w sieci, wcześniej niewymienione<br/>Budowa 7 szt. dwustanowiskowych lub 13 szt. jednostanowiskowych ładowarek zajezdniowych (poza realizowanymi obecnie 3 szt. i budowaną 1 szt. ładowarki pantografowej na pętli Iwaszkiewicza)<br/>Odnowa pozostałej części floty w oparciu o autobusy spalinowe</p> | <p>Wprowadzenie do eksploatacji 13 szt. autobusów z wodorowymi ogniwami paliwowymi (poza 6 szt. MAXI w ramach realizowanego projektu „Zakup autobusów z elektrycznym napędem wraz z budową stacji ładowania”)<br/>Całościowo elektryfikowane linie: 5, 8, 23, 24<br/>Częściowo elektryfikowane linie: 15, 16<br/>Uzupełniająco elektryfikowane linie: 3, 8, 18 i wszystkie pozostałe funkcjonujące w sieci, wcześniej niewymienione<br/>Założono, że stacja tankowania wodoru zostanie zbudowana przez inwestora zewnętrznego bez udziału finansowego Gminy Legnica lub operatora komunikacji miejskiej ((poza realizowanymi obecnie 3 szt. ładowarek zajezdniowych i budowaną 1 szt. ładowarki pantografowej na pętli Iwaszkiewicza)<br/>Odnowa pozostałej części floty w oparciu o autobusy spalinowe</p> |

Źródło: Opracowanie własne

## 5. Analiza finansowo – ekonomiczna

Na podstawie analizy wielokryterialnej do dalszej analizy wybrano wariant tzw. bezinwestycyjny z odtwarzaniem floty legnickiej komunikacji miejskiej o autobusy za obecnie stosowanymi napędami (wariant W0) oraz trzy warianty inwestycyjne:

- z autobusami elektrycznymi akumulatorowymi z ładowarkami plug-in i pantografowymi (wariant W1),
- z autobusami elektrycznymi akumulatorowymi z ładowarkami plug-in i pantografowymi oraz autobusami elektrycznymi akumulatorowymi z ładowarkami plug-in (wariant W2),
- z autobusami wyposażonymi w wodorowe ogniwa paliwowe (wariant W3).

Uwzględniając wysoki poziom luki finansowej obliczonej w rozdziale 7.4., zasadne jest nabywanie autobusów zeroemisyjnych z odpowiednio wysokim dofinansowaniem. Dofinansowanie do leasingu autobusów elektrycznych, wodorowych i trolejbusów było przewidziane w dwóch pierwszych fazach programu NFOŚiGW Zielony Transport Publiczny, jednakże w ostatniej (trzeciej) w 2023 r., taki model pozyskania taboru nie zaliczał się już do wydatków kwalifikowanych. W przypadku modelu jakim jest klasyczny zakup, w przeszłości każdy nabór wniosków o dofinansowanie przewidywał objęcie wsparciem finansowym, stąd uznaje się go za tryb podstawowy przy elektryfikacji floty autobusowej.

### 5.1. Założenia i metodyka analizy finansowej

Celem analizy finansowej jest oszacowanie opłacalności finansowej inwestycji.

Przy budowie modelu posługiwano się danymi wyjściowymi dostarczonymi przez Zamawiającego oraz szacunkami wykonanymi na podstawie metody eksperckiej.

Analiza została przeprowadzona na lata 2025-2043.

W analizie przyjęto stopę dyskontową na poziomie 3%.

Analiza została przeprowadzona w cenach stałych i nie uwzględnia wpływu inflacji.

Analizę sporządzono w cenach netto (bez podatku VAT).

Analiza została przeprowadzona w oparciu o model różnicowy.

Prognoza finansowa została przeprowadzona w okresach rocznych.

Pierwsze nakłady inwestycyjne w analizie zostaną podjęte w 2025 roku, a eksploatacja pojazdów rozpocznie się od 2026 roku.

Wartość rezydualna inwestycji została skalkulowana jako wartość środków trwałych po

odpisach amortyzacyjnych w ostatnim roku analizy.

Wartości kosztów operacyjnych oparto o dane historyczne lub na podstawie metody eksperckiej.

Założono, że projekt wymiany taboru nie generuje dochodów oprócz wartości rezydualnej.

Wymiana taboru nie spowoduje wzrostu wielkości popytu (tj. liczby pasażerów) oraz wozokilometrów – założono utrzymanie obecnej oferty przewozowej. W 2022 r. z usług komunikacji miejskiej w Legnicy skorzystało 15,637 mln pasażerów.

Autobusy elektryczne akumulatorowe typu MAXI przystosowane do szybkiego ładowania z ładowarek pantografowych realizować będą zwiększoną pracą eksploatacyjną o 10% do poziomu ok. 66 tys. wzkm rocznie, względem autobusów z normą spalania EURO 6 z danej klasy pojazdów.

Autobusy elektryczne akumulatorowe typu MAXI przystosowane wyłącznie do czasochłonnego

ładowania w technologii plug-in, realizować będą zmniejszoną pracę eksploatacyjną o 20% do poziomu ok. 46 tys. wzkm rocznie, względem autobusów z normą spalania EURO 6 z danej klasy pojazdów.

Autobusy z wodorowymi ogniwami paliwowymi typu MAXI wykonywać będą ok. 66 tys. wzkm rocznie.

Średnia gęstość zaludnienia wzdłuż tras linii elektryfikowanych całościowo wynosi 5 500 osób/ km<sup>2</sup>.

## 5.2. Nakłady inwestycyjne

Nakłady inwestycyjne zostały oszacowane w oparciu o analizę rynku oraz wiedzę ekspercką osób przeprowadzających analizę. Wszystkie nakłady inwestycyjne zostały podane w kwotach netto. Założono, że lata inwestycji będą zbieżne z okresami przejściowymi w ustawie o elektromobilności i paliwach alternatywnych

(inwestycje w roku poprzedzającym wejście kolejnego prognozy). Dodatkowo przyjęto założenie, że 1 ładowarka dwustanowiskowa wolnego ładowania przypada na 2 autobusy (w przypadku nieparzystej liczby autobusów wartość zaokrąglono w górę).

**Tab. 5.1 Nakłady inwestycyjne na wymianę taboru w wariantcie W1**

| Wariant W1  |                |                      |
|---|----------------|----------------------|
| Przedsięwzięcie   | Rok inwestycji | Wartość              |
| Zakup 7 autobusów elektrycznych akumulatorowych typu MAXI o długości 12 m   | 2025           | 16 100 000 zł        |
| Budowa 4 ładowarek dwustanowiskowych wolnego ładowania  | 2025           | 900 000 zł           |
| Budowa 1 ładowarki pantografowej z awaryjnym wyjściem plug-in razem z budową infrastruktury energetycznej – pętla Domejki | 2025           | 950 000 zł           |
| Zakup 6 autobusów elektrycznych akumulatorowych typu MAXI o długości 12 m   | 2027           | 13 800 000 zł        |
| Budowa 3 ładowarek dwustanowiskowych wolnego ładowania  | 2027           | 1 125 000 zł         |
| Budowa 1 ładowarki pantografowej z awaryjnym wyjściem plug-in razem z budową infrastruktury energetycznej – pętla Domejki | 2027           | 950 000 zł           |
|   | <b>Suma:</b>   | <b>33 375 000 zł</b> |

Źródło: Opracowanie własne

**Tab. 5.2 Nakłady inwestycyjne na wymianę taboru w wariantcie W2**

| Wariant W2  |                |                      |
|---|----------------|----------------------|
| Przedsięwzięcie   | Rok inwestycji | Wartość              |
| Zakup 7 autobusów elektrycznych akumulatorowych typu MAXI o długości 12 m | 2025           | 18 900 000 zł        |
| Budowa 4 ładowarek dwustanowiskowych wolnego ładowania                    | 2025           | 900 000 zł           |
| Zakup 6 autobusów elektrycznych akumulatorowych typu MAXI o długości 12 m | 2027           | 16 200 000 zł        |
| Budowa 3 ładowarek dwustanowiskowych wolnego ładowania                    | 2027           | 675 000 zł           |
|   | <b>Suma:</b>   | <b>36 675 000 zł</b> |

Źródło: Opracowanie własne

**Tab. 5.3 Nakłady inwestycyjne na wymianę taboru w wariantcie W3**

| Wariant W3  |                |                      |
|---|----------------|----------------------|
| Przedsięwzięcie   | Rok inwestycji | Wartość              |
| Zakup 7 autobusów z wodorowymi ogniwami paliwowymi typu MAXI o dł. 12 m | 2025           | 23 100 000 zł        |
| Zakup 6 autobusów z wodorowymi ogniwami paliwowymi typu MAXI o dł. 12 m | 2027           | 19 800 000 zł        |
|   | <b>Suma:</b>   | <b>42 900 000 zł</b> |

Źródło: Opracowanie własne



**Tab. 5.4 Etapowanie elektryfikacji linii komunikacyjnych – wszystkie warianty inwestycyjne**

| Stopień elektryfikacji linii |           |         |
|------------------------------|-----------|---------|
| LINIE                        | 2025 r.   | 2028 r. |
| 5                            | BRAK      | PEŁNA   |
| 6                            | CZĘŚCIOWA | PEŁNA   |
| 23                           | CZĘŚCIOWA | PEŁNA   |
| 24                           | CZĘŚCIOWA | PEŁNA   |

Źródło: Opracowanie własne

### 5.3. Wartość nakładów odtworzeniowych

W obu wariantach inwestycyjnych założono ponoszenie nakładów o charakterze odtworzeniowym, które mają na celu utrzymanie odpowiedniego poziomu świadczonych usług. Założono, że nakłady te będą ponoszone po 15 latach użytkowania pojazdu o napędzie zeroemisyjnym. W przypadku obecnie posiadanych pojazdów o napędzie konwencjonalnym okres eksploatacji wynosić będzie nie mniej niż 13 lat, przy czym po każdej ich kolejnej wymianie okres żywotności wynosić będzie 10 lat. Dla każdego autobusu z napędem konwencjonalnym wyprodukowanego po 2024 r. pierwsze nakłady odtworzeniowe zostaną

poniesione po 10 latach eksploatacji. Przy akumulatorach w autobusach elektrycznych nakłady odtworzeniowe zaplanowano po 8 latach od zakupu autobusu. Dokładną założoną długość eksploatacji dla pojazdów i infrastruktury przedstawiono w Tab. 5.5. . Przyjęto także, że obecnie wartość akumulatorów stanowi 40% wartości autobusu elektrycznego, a w 2030 r. ich cena spadnie o 10% względem dzisiejszej. W Tab. 5.6 przedstawiono harmonogram i wysokość nakładów odtworzeniowych we wszystkich analizowanych wariantach.

**Tab. 5.5 Okres eksploatacji środków trwałych**

| Rodzaj środka trwałego                            | Okres eksploatacji (żywotności) w latach   | Stopień odtworzenia po zakończeniu eksploatacji (żywotności) w % |
|---|--|--|
| Zakup autobusów                                   | Autobusy spalinowe: od 10 do 15 lat w zależności od roku produkcji, przy czym 10 lat dla wszystkich autobusów wyprodukowanych po 2024 r. (okres zgodny z wytycznymi w Niebieskiej Księdze). Autobusy elektryczne akumulatorowe oraz autobusy z wodorowymi ogniwami paliwowymi: 15 lat (połowa długości okresu między cyklem życia autobusu spalinowego na poziomie 10 lat i trolejbusu na poziomie 20 lat, wskazanych w Niebieskiej Księdze) | 100%   |
| Infrastruktura energetyczna do ładowania pojazdów | 15   | 100%   |
| Stacje ładowania                                  | 15   | 100%   |
| Akumulatory w autobusach elektrycznych            | 8  | 100%   |

Źródło: Opracowanie własne

**Tab. 5.6 Harmonogram i wysokość nakładów odtworzeniowych w wariantach objętych analizą.**

| Rok         | Wartość nakładów odtworzeniowych – W0 | Wartość nakładów odtworzeniowych – W1 | Wartość nakładów odtworzeniowych – W2 | Wartość nakładów odtworzeniowych – W3 |
|-------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 2024        | - zł                                  | - zł                                  | - zł                                  | - zł                                  |
| 2025        | 10 800 000,00 zł                      | 4 600 000,00 zł                       | 4 600 000,00 zł                       | 8 600 000,00 zł                       |
| 2026        | 4 100 000,00 zł                       | 3 000 000,00 zł                       | 3 000 000,00 zł                       | 3 000 000,00 zł                       |
| 2027        | - zł                                  | 5 600 000,00 zł                       | 2 300 000,00 zł                       | 3 400 000,00 zł                       |
| 2028        | 11 700 000,00 zł                      | 4 000 000,00 zł                       | 4 000 000,00 zł                       | 4 000 000,00 zł                       |
| 2029        | - zł                                  | - zł                                  | 3 300 000,00 zł                       | - zł                                  |
| 2030        | 1 150 000,00 zł                       | - zł                                  | - zł                                  | - zł                                  |
| 2031        | 14 950 000,00 zł                      | 11 600 000,00 zł                      | 11 600 000,00 zł                      | 9 400 000,00 zł                       |
| 2032        | 10 600 000,00 zł                      | 10 600 000,00 zł                      | 10 600 000,00 zł                      | 10 600 000,00 zł                      |
| 2033        | 10 200 000,00 zł                      | 14 715 000,00 zł                      | 17 235 000,00 zł                      | 15 205 000,00 zł                      |
| 2034        | - zł                                  | - zł                                  | - zł                                  | - zł                                  |
| 2035        | 13 100 000,00 zł                      | 10 770 000,00 zł                      | 12 930 000,00 zł                      | 15 190 000,00 zł                      |
| 2036        | 4 100 000,00 zł                       | 3 000 000,00 zł                       | 3 000 000,00 zł                       | 3 000 000,00 zł                       |
| 2037        | - zł                                  | 5 600 000,00 zł                       | 7 700 000,00 zł                       | 3 400 000,00 zł                       |
| 2038        | 11 700 000,00 zł                      | 4 000 000,00 zł                       | 4 000 000,00 zł                       | 4 000 000,00 zł                       |
| 2039        | 11 500 000,00 zł                      | 13 800 000,00 zł                      | 17 100 000,00 zł                      | - zł                                  |
| 2040        | 3 450 000,00 zł                       | 16 100 000,00 zł                      | 18 900 000,00 zł                      | 23 100 000,00 zł                      |
| 2041        | 14 950 000,00 zł                      | 11 600 000,00 zł                      | 11 600 000,00 zł                      | 9 400 000,00 zł                       |
| 2042        | 10 600 000,00 zł                      | 24 400 000,00 zł                      | 21 400 000,00 zł                      | 30 400 000,00 zł                      |
| 2043        | - zł                                  | - zł                                  | - zł                                  | - zł                                  |
| <b>SUMA</b> | <b>132 900 000,00 zł</b>              | <b>143 385 000,00 zł</b>              | <b>153 265 000,00 zł</b>              | <b>142 695 000,00 zł</b>              |

Źródło: Opracowanie własne

**Tab. 5.7 Skumulowana wartość nakładów odtworzeniowych w analizowanych wariantach**

| c  | Wariant W0        | Wariant W1        | Wariant W2        | Wariant W3        |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Zsumowane nakłady odtworzeniowe w latach 2024-2043 | 132 900 000,00 zł | 143 385 000,00 zł | 153 265 000,00 zł | 142 695 000,00 zł |
| Zmiana do W0                                       |                   | 10 485 000,00 zł  | 20 365 000,00 zł  | 9 795 000,00 zł   |

Źródło: Opracowanie własne

## 5.4. Prognoza kosztów operacyjnych

Do kosztów operacyjnych zaliczono wszystkie koszty związane z eksploatacją taboru oraz infrastrukturą do obsługi autobusów zeroemisyjnych we wszystkich wariantach inwestycyjnych. Analizę przeprowadzono z podziałem na warianty oraz rozróżnieniem na poszczególne składowe. W każdym wariantcie analizy (bezinwestycyjnym W0 oraz inwestycyjnych W1, W2, W3) wielkość pracy eksploatacyjnej jest jednakowa – założono utrzymanie obecnej oferty przewozowej

w zakresie tras i rozkładów jazdy. Poniżej przedstawiono opis założeń do kalkulacji kosztów operacyjnych w arkuszu kalkulacyjnym.

Tab. 5.8 Opis założeń prognozy kosztów eksploatacyjnych

| Koszty  | Wariant W0   | Wariant W1   | Wariant W2   | Wariant W3  |
|---|--|--|--|---|
| Koszty zużycia materiałów i części zamiennych | Koszty zużycia materiałów i części zamiennych wyliczono na podstawie danych MPK Legnica z 2023 r. wyrażonych w zł na wzk. m. | Koszty zużycia materiałów i części zamiennych wyliczono na podstawie danych MPK Legnica z 2023 r. wyrażonych w zł na wzk. m. Założono, że koszt ten jest niższy o 15% dla autobusów elektrycznych względem autobusów spalinowych.                                      | Koszty zużycia materiałów i części zamiennych wyliczono na podstawie danych MPK Legnica z 2023 r. wyrażonych w zł na wzk. m. Założono, że koszt ten jest niższy o 15% dla autobusów elektrycznych względem autobusów spalinowych.                                      | Koszty zużycia materiałów i części zamiennych wyliczono na podstawie danych MPK Legnica z 2023 r. wyrażonych w zł na wzk. m. Założono, że koszt ten jest niższy o 15% dla autobusów elektrycznych oraz z wodorowymi ogniwami paliwowymi względem autobusów spalinowych.                                   |
| Koszty zużycia płynów eksploatacyjnych        | Koszty zużycia płynów eksploatacyjnych wyliczono na podstawie danych MPK Legnica z 2023 r. wyrażonych w zł na wzk. m.        | Koszty zużycia płynów eksploatacyjnych wyliczono na podstawie danych MPK Legnica z 2023 r. wyrażonych w zł na wzk. m. Dla autobusów elektrycznych obniżono koszt o 30% ze względu, że posiadają mniej płynów eksploatacyjnych niż autobusy o napędzie konwencjonalnym. | Koszty zużycia płynów eksploatacyjnych wyliczono na podstawie danych MPK Legnica z 2023 r. wyrażonych w zł na wzk. m. Dla autobusów elektrycznych obniżono koszt o 30% ze względu, że posiadają mniej płynów eksploatacyjnych niż autobusy o napędzie konwencjonalnym. | Koszty zużycia płynów eksploatacyjnych wyliczono na podstawie danych MPK Legnica z 2023 r. wyrażonych w zł na wzk. m. Dla autobusów elektrycznych i z wodorowymi ogniwami paliwowymi obniżono koszt o 30% ze względu, że posiadają mniej płynów eksploatacyjnych niż autobusy o napędzie konwencjonalnym. |
| Średnie spalanie ON                           | Na podstawie danych od operatora. Wartości uwzględniają średnioroczne koszty klimatyzacji i ogrzewania.                      | Na podstawie danych od operatora. Wartości uwzględniają średnioroczne koszty klimatyzacji i ogrzewania.  | Na podstawie danych od operatora. Wartości uwzględniają średnioroczne koszty klimatyzacji i ogrzewania.  | Na podstawie danych od operatora. Wartości uwzględniają średnioroczne koszty klimatyzacji i ogrzewania.   |
| Koszt 1l ON netto                             | Został oszacowany na podstawie średniej ceny hurtowej netto Orlen SA w latach 2022 i 2023.                                   | Został oszacowany na podstawie średniej ceny hurtowej netto Orlen SA w latach 2022 i 2023.   | Został oszacowany na podstawie średniej ceny hurtowej netto Orlen SA w latach 2022 i 2023.   | Został oszacowany na podstawie średniej ceny hurtowej netto Orlen SA w latach 2022 i 2023.  |
| Średnie zużycie energii                       | -  | Oszacowano z uwzględnieniem zużycia energii na trakcję, urządzenia HVAC oraz urządzenia pozostałe (tj. autobusy MAXI 125 kWh/ 100 km).   | Oszacowano z uwzględnieniem zużycia energii na trakcję, urządzenia HVAC oraz urządzenia pozostałe (tj. autobusy MAXI 125 kWh/ 100 km).   | Oszacowano z uwzględnieniem zużycia energii na trakcję, urządzenia HVAC oraz urządzenia pozostałe (tj. autobusy MAXI 125 kWh/ 100 km).  |
| Koszty zużycia energii                        | -  | Koszty zużycia energii zostały oszacowane na podstawie kosztu jednostkowego wyrażonego w zł/1kWh według taryfy całodobowej dla firm z urządzeniami i poborze większym niż 40kWh, z cennika TAURON SA   | Koszty zużycia energii zostały oszacowane na podstawie kosztu jednostkowego wyrażonego w zł/1kWh według taryfy całodobowej dla firm z urządzeniami i poborze większym niż 40kWh, z cennika TAURON SA   | Koszty zużycia energii zostały oszacowane na podstawie kosztu jednostkowego wyrażonego w zł/1kWh według taryfy całodobowej dla firm z urządzeniami i poborze większym niż 40kWh, z cennika TAURON SA  |

| Koszty                                     | Wariant W0   | Wariant W1  | Wariant W2  | Wariant W3  |
|--|--|---|---|---|
| Średnie zużycie wodoru                     | -  | -   | -   | Oszacowano na podstawie doświadczeń operatorów z innych krajów (autobusy MAXI 9 kg/ 100 km)   |
| Koszty zużycia wodoru                      | -  | -   | -   | Oszacowano na podstawie kosztu 1kg na funkcjonujących stacjach tankowania wodoru (tj. 69,00 zł brutto/ 1 kg)  |
| Zużycie ogumienia                          | Koszty zużycia ogumienia wyliczono na podstawie danych MPK Legnica z 2023 r. wyrażonych w zł na wzkm.  | Koszty zużycia ogumienia wyliczono na podstawie danych MPK Legnica z 2023 r. wyrażonych w zł na wzkm.   | Koszty zużycia ogumienia wyliczono na podstawie danych MPK Legnica z 2023 r. wyrażonych w zł na wzkm.   | Koszty zużycia ogumienia wyliczono na podstawie danych MPK Legnica z 2023 r. wyrażonych w zł na wzkm.   |
| Koszty napraw                              | Koszty napraw wyliczono na podstawie informacji z krajowych firm transportowych zgodnie z wytycznymi w Niebieskiej Księdze sektora publicznego dla pojazdów HGV wyrażonych w zł na wzkm. | Koszty napraw wyliczono na podstawie informacji z krajowych firm transportowych zgodnie z wytycznymi w Niebieskiej Księdze sektora publicznego dla pojazdów HGV wyrażonych w zł na wzkm. Dla autobusów elektrycznych obniżono koszt ze względu, że posiada 30% mniej części niż autobus o napędzie konwencjonalnym. | Koszty napraw wyliczono na podstawie informacji z krajowych firm transportowych zgodnie z wytycznymi w Niebieskiej Księdze sektora publicznego dla pojazdów HGV wyrażonych w zł na wzkm. Dla autobusów elektrycznych obniżono koszt ze względu, że posiada 30% mniej części niż autobus o napędzie konwencjonalnym. | Koszty napraw wyliczono na podstawie informacji z krajowych firm transportowych zgodnie z wytycznymi w Niebieskiej Księdze sektora publicznego dla pojazdów HGV wyrażonych w zł na wzkm. Dla autobusów elektrycznych obniżono koszt ze względu, że posiada 30% mniej części niż autobus o napędzie konwencjonalnym. |
| Amortyzacja                                | Przyjęto stawkę amortyzacji dla pojazdów – 20%   | Przyjęto stawkę amortyzacji dla pojazdów– 20%, dla infrastruktury energetycznej – 10%, dla stacji ładowania – 10%   | Przyjęto stawkę amortyzacji dla pojazdów– 20%, dla infrastruktury energetycznej – 10%, dla stacji ładowania – 10%   | Przyjęto stawkę amortyzacji dla pojazdów– 20%, dla infrastruktury energetycznej – 10%, dla stacji ładowania – 10%   |
| Podatki i opłaty                           | Na podstawie kwoty określonej w Uchwale Nr XLIX/564/22 Rady Miejskiej w Legnicy z dnia 28 listopada 2022 r. w sprawie określenia wysokości stawek podatku od środków transportowych      | Na podstawie kwoty określonej w Uchwale Nr XLIX/564/22 Rady Miejskiej w Legnicy z dnia 28 listopada 2022 r. w sprawie określenia wysokości stawek podatku od środków transportowych   | Na podstawie kwoty określonej w Uchwale Nr XLIX/564/22 Rady Miejskiej w Legnicy z dnia 28 listopada 2022 r. w sprawie określenia wysokości stawek podatku od środków transportowych   | Na podstawie kwoty określonej w Uchwale Nr XLIX/564/22 Rady Miejskiej w Legnicy z dnia 28 listopada 2022 r. w sprawie określenia wysokości stawek podatku od środków transportowych   |
| Ubezpieczenia                              | Koszty ubezpieczenia oszacowano na podstawie danych MPK Legnica z 2023 r. wyrażonych w zł na pojazd.   | Koszty ubezpieczenia oszacowano na podstawie danych MPK Legnica z 2023 r. wyrażonych w zł na pojazd.  | Koszty ubezpieczenia oszacowano na podstawie danych MPK Legnica z 2023 r. wyrażonych w zł na pojazd.  | Koszty ubezpieczenia oszacowano na podstawie danych MPK Legnica z 2023 r. wyrażonych w zł na pojazd.  |
| Koszty wynagrodzeń dodatkowych pracowników | Założono, że koszty 1 wozogodziny pracy kierowcy wynosi łącznie 50,46 zł wraz ze składkami ubezpieczeniowymi i podatkami   | Założono, że koszt 1 wozogodziny pracy kierowcy wynosi łącznie 50,46 zł wraz ze składkami ubezpieczeniowymi i podatkami   | Założono, że koszt 1 wozogodziny pracy kierowcy wynosi łącznie 50,46 zł wraz ze składkami ubezpieczeniowymi i podatkami   | Założono, że koszt 1 wozogodziny pracy kierowcy wynosi łącznie 50,46 zł wraz ze składkami ubezpieczeniowymi i podatkami   |

Źródło: Opracowanie własne

## 5.5. Wartość rezydualna

W ostatnim roku analizy wyznaczono wartość rezydualną inwestycji jako wartość aktywów

netto, z uwagi na niedochodowy charakter inwestycji. Wyniki zostały przedstawione poniżej:

**Tab. 5.9 Wartość rezydualna wariantów inwestycyjnych**

| Wyszczególnienie                    | Wariant W1        | Wariant W2        | Wariant W3        |
|-------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Wartość rezydualna w zł             | 35 680 000,00 zł  | 35 195 000,00 zł  | 35 680 000,00 zł  |
| Umorzenie środków trwałych w zł     | 132 795 000,00 zł | 141 680 000,00 zł | 129 220 000,00 zł |
| Wartość netto środków trwałych w zł | 168 475 000,00 zł | 176 875 000,00 zł | 164 900 000,00 zł |

Źródło: Opracowanie własne

## 5.6. Efektywność finansowa projektu zakupu taboru

Efektywność finansową projektu wyliczono za pomocą wskaźnika FNPV oraz FRR na podstawie przepływów finansowych w okresie analizy. Pod uwagę wzięto:

- wartość rezydualną,
- koszty operacyjne,

- nakłady inwestycyjne,
- nakłady odtworzeniowe.

Powyższe przepływy pieniężne po zsumowaniu zostały zdyskontowane przy przyjęciu stopy dyskontowej na poziomie 3%.

**Tab. 5.10 Efektywność finansowa wariantów inwestycyjnych.**

| Kategoria | Wariant W1      | Wariant W2      | Wariant W3      |
|-----------|-----------------|-----------------|-----------------|
| FNPV/C    | - 29 193 272,16 | - 42 994 995,18 | - 52 811 507,04 |
| FRR/C     | -7%             | -12%            | -14%            |

Źródło: Opracowanie własne

Wskaźnik FNPV/C przyjmuje wartości ujemne, a FRR/C niższą od przyjętej stopy dyskontowej. Dla większości takich projektów wartości tych wskaźników przyjmują wartości ujemne. Taka wartość wskaźników oznacza, że bieżąca wartość przyszłych przychodów nie pokrywa bieżącej wartości kosztów projektu.

Niewątpliwie największy wpływ na ujemną wartość wskaźnika FNPV/C mają znacznie wyższe wartości nakładów inwestycyjnych, generowane przez wyższe koszty jednostkowe autobusów elektrycznych akumulatorowych oraz z wodorowymi ogniwami paliwowymi w porównaniu do autobusów konwencjonalnych. Ponadto w wariantach W1 i W2 wartość nakładów odtworzeniowych znacznie wzrasta z uwagi na konieczność

wymiany akumulatorów po 7. roku eksploatacji autobusów elektrycznych akumulatorowych.

Wielkość kosztów operacyjnych w wariantach W1 i W2 będzie niższa dzięki oszczędnościom wynikającym z obniżonych kosztów części zamiennych oraz przede wszystkim z tytułu niższych kosztów zużycia energii elektrycznej w porównaniu do kosztów zużycia oleju napędowego w autobusach spalinowych.

Obliczono także lukę finansową jako różnicę pomiędzy zdyskontowanymi nakładami inwestycyjnymi, a dochodami powiększonymi o wartość rezydualną. Wskaźnik dla całego okresu analizy przy docelowym udziale autobusów zeroemisyjnych w rozumieniu uepa wyniósł 79% w przypadku wariantu W1.



## 5.7. Ocena sytuacji finansowej miasta i wpływu programu wymiany pojazdów na jej stabilność

Przeprowadzona analiza finansowa wykazała, iż elektryfikacja komunikacji miejskiej w Legnicy zaplanowana w wariantcie W1, którego wskaźnik ENPV w dalszej części analizy jest najwyższy spośród wszystkich wariantów inwestycyjnych, nie zaburzy stabilności finansowej Gminy Legnica w całym okresie analizy. Nie zostanie przekroczony poziom:

- dopuszczalnego wskaźnika spłaty zobowiązań określonego w art. 243 Ustawy z dnia 27 sierpnia 2009 r. o finansach publicznych (t.j. Dz. U. z 2023 r. poz. 1270 ze zm.), po uwzględnieniu zobowiązań związku współtworzonego przez jednostkę

samorządu terytorialnego oraz po uwzględnieniu ustawowych wyłączeń, obliczonego w oparciu o plan 3 kwartałów roku poprzedzającego rok budżetowy,

- dopuszczalnego wskaźnika spłaty zobowiązań określony w art. 243 ustawy z dnia 27 sierpnia 2009 r. o finansach publicznych (t.j. Dz. U. z 2023 r. poz. 1270 ze zm.), po uwzględnieniu ustawowych wyłączeń w oparciu o wykonanie roku poprzedzającego pierwszy rok prognozy (wskaźnik ustalony w oparciu o średnią arytmetyczną z 3 poprzednich lat).

## 5.8. Ocena sytuacji finansowej podmiotu odpowiedzialnego za realizację usług transportowych

### Bieżąca sytuacja finansowa

Operator legnickiej komunikacji miejskiej (MPK) prowadzi działalność w formie spółki prawa handlowego, dlatego też analiza jego sytuacji finansowej sporządzona została na podstawie

wskaźników rentowności, płynności oraz zadłużenia. Analiza wskaźnikowa przeprowadzona została na podstawie historycznych sprawozdań finansowych z lat 2021-2023.

**Tab. 5.11 Rachunek zysków i strat – Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne sp. z o.o. w Legnicy**

| Kategoria/Okres projekcji                                | 2021          | 2022          | 2023          |
|--|---------------|---------------|---------------|
| Przychody ze sprzedaży i zrównane z nimi                 | 26 552 623,46 | 31 090 024,29 | 33 361 507,57 |
| Przychody netto ze sprzedaży produktów                   | 26 550 728,06 | 31 090 024,29 | 33 361 045,17 |
| Zmiana stanu produktów                                   | 0,00          | 0,00          | 0,00          |
| Koszt wytworzenia produktów na własne potrzeby jednostki | 0,00          | 0,00          | 0,00          |
| Przychody netto ze sprzedaży towarów i materiałów        | 1 895,40      | 0,00          | 462,40        |
| Koszty działalności operacyjnej                          | 29 324 726,83 | 33 946 358,36 | 36 694 025,56 |
| Amortyzacja  | 2 795 365,13  | 2 860 306,20  | 2 775 190,76  |
| Zużycie materiałów i energii                             | 6 518 237,17  | 9 940 600,47  | 9 200 521,05  |
| Usługi obce  | 2 544 598,40  | 2 675 086,18  | 3 051 384,67  |
| Podatki i opłaty   | 638 985,55    | 665 446,29    | 724 084,56    |
| Wynagrodzenia  | 13 310 001,15 | 14 029 638,49 | 16 749 516,75 |
| Ubezpieczenia społeczne i inne świadczenia               | 3 198 929,70  | 3 455 169,66  | 3 812 164,00  |
| Pozostałe koszty rodzajowe                               | 318 609,73    | 320 111,07    | 381 163,77    |
| Wartość sprzedanych towarów i materiałów                 | 0,00          | 0,00          | 0,00          |
| Zysk/strata ze sprzedaży                                 | -2 772 103,37 | -2 856 334,07 | -3 332 517,99 |
| Pozostałe przychody operacyjne                           | 3 377 105,21  | 2 691 130,95  | 3 299 773,68  |
| Zysk z tytułu rozchodu niefinansowych aktywów trwałych   | 162,60        | 49 544,70     | 0,00          |

| Kategoria/Okres projekcji                       | 2021         | 2022         | 2023         |
|---|--------------|--------------|--------------|
| Dotacje   | 0,00         | 0,00         | 0,00         |
| Inne przychody operacyjne                       | 3 376 942,61 | 2 641 586,25 | 3 299 773,68 |
| Pozostałe koszty operacyjne                     | 124 306,74   | 128 196,17   | 284 730,69   |
| Zysk/Strata na działalności operacyjnej         | 480 695,10   | -293 399,29  | -317 475,00  |
| Przychody finansowe                             | 41,51        | 27 085,74    | 106 403,60   |
| Koszty finansowe                                | 331 464,28   | 282 490,71   | 231 639,29   |
| Zysk/Strata brutto na działalności gospodarczej | 149 272,33   | -548 804,26  | -442 710,69  |
| Zyski nadzwyczajne                              | 0,00         | 0,00         | 0,00         |
| Straty nadzwyczajne                             | 0,00         | 0,00         | 0,00         |
| Zysk/Strata brutto                              | 149 272,33   | -548 804,26  | -442 710,69  |
| Podatek dochodowy                               | 0,00         | 0,00         | 0,00         |
| Pozostałe obowiązkowe obciążenia                | 0,00         | 0,00         | 0,00         |
| Zysk/Strata netto                               | 149 272,33   | -548 804,26  | -442 710,69  |

Źródło: Dane finansowo- księgowe Operatora

Tab. 5.12 Bilans - Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne sp. z o.o. w Legnicy

| Kategoria/Okres projekcji                        | 2021                 | 2022                 | 2023                 |
|--|----------------------|----------------------|----------------------|
| Aktywa trwałe                                    | 25 871 343,07        | 23 573 462,58        | 21 344 447,73        |
| Wartości niematerialne i prawne                  | 244 315,62           | 199 283,58           | 174 601,54           |
| Rzeczowe aktywa trwałe                           | 25 627 027,45        | 23 374 179,00        | 21 169 846,19        |
| Należności długoterminowe                        | 0,00                 | 0,00                 | 0,00                 |
| Inwestycje długoterminowe                        | 0,00                 | 0,00                 | 0,00                 |
| Długoterminowe rozliczenia międzyokresowe        | 0,00                 | 0,00                 | 0,00                 |
| Aktywa obrotowe                                  | 6 484 165,45         | 6 132 945,23         | 7 003 825,21         |
| Zapasy   | 271 877,85           | 448 827,66           | 306 943,00           |
| Należności krótkoterminowe                       | 1 617 067,57         | 1 538 217,05         | 1 632 179,92         |
| Inwestycje krótkoterminowe w tym:                | 4 584 888,34         | 4 133 655,13         | 5 052 804,91         |
| Papiery wartościowe                              | 0,00                 | 0,00                 | 0,00                 |
| Krótkoterminowe aktywa finansowe                 | 0,00                 | 0,00                 | 0,00                 |
| Środki pieniężne                                 | 4 584 888,34         | 4 133 655,13         | 5 052 804,91         |
| Krótkoterminowe rozliczenia międzyokresowe       | 10 331,69            | 12 245,39            | 11 897,38            |
| <b>AKTYWA RAZEM</b>                              | <b>32 355 508,52</b> | <b>29 706 407,81</b> | <b>28 348 272,94</b> |
| <b>PASYWA</b>                                    |                      |                      |                      |
| Kapitał własny                                   | 15 827 198,72        | 15 278 394,46        | 14 835 683,77        |
| Kapitał podstawowy                               | 43 114 000,00        | 43 114 000,00        | 43 114 000,00        |
| Kapitał zapasowy                                 | 390,24               | 390,24               | 390,24               |
| Kapitał z aktualizacji wyceny                    | 0,00                 | 0,00                 | 0,00                 |
| Pozostałe kapitały rezerwowe                     | 0,00                 | 0,00                 | 0,00                 |
| Zysk (strata) netto                              | 149 272,33           | -548 804,26          | -442 710,69          |
| Zysk (strata) netto z lat ubiegłych              | -27 436 463,85       | -27 287 191,52       | -27 835 995,78       |
| Zobowiązania i rezerwy na zobowiązania           | 16 528 309,80        | 14 428 013,35        | 13 512 589,17        |
| Rezerwy na zobowiązania                          | 4 291 442,60         | 3 917 625,03         | 4 357 614,63         |
| Zobowiązania długoterminowe                      | 6 149 665,43         | 4 891 675,57         | 3 580 479,37         |
| Zobowiązania krótkoterminowe                     | 6 009 054,85         | 5 577 047,19         | 5 544 912,23         |
| z tytułu dostaw i usług, pozostałe               | 6 009 054,85         | 5 577 047,19         | 5 544 912,23         |
| Kredyty i pożyczki                               | 0,00                 | 0,00                 | 0,00                 |
| Rozliczenia międzyokresowe (rozliczenie dotacji) | 78 146,92            | 41 665,56            | 29 582,94            |
| <b>PASYWA RAZEM</b>                              | <b>32 355 508,52</b> | <b>29 706 407,81</b> | <b>28 348 272,94</b> |

Źródło: Dane finansowo- księgowe Operatora

Tab. 5.13 Rachunek przepływów pieniężnych - Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne sp. z o.o. w Legnicy

| Kategoria/Okres projekcji   | 2021                 | 2022                 | 2023                 |
|---|----------------------|----------------------|----------------------|
| <b>Przepływy środków pieniężnych z działalności operacyjnej</b>                                       |                      |                      |                      |
| Zysk/Strata netto   | 149 272,33           | -548 804,26          | -442 710,69          |
| Korekty razem   | 3 175 430,33         | 3 163 412,63         | 3 531 232,96         |
| Amortyzacja   | 2 795 365,13         | 2 860 306,20         | 2 775 190,76         |
| Zyski/Straty z tyt, różnic kursowych  | 0,00                 | 0,00                 | 0,00                 |
| Odsetki i udziały w zyskach   | 331 464,28           | 282 487,78           | 231 441,02           |
| Zysk/Strata z działalności inwestycyjnej  | -162,60              | -49 544,70           | 129 416,03           |
| Zmiana stanu rezerw   | 101 015,63           | -373 817,57          | 439 989,60           |
| Zmiana stanu zapasów  | 37 399,30            | -176 949,81          | 141 884,66           |
| Zmiana stanu należności   | -249 181,08          | 78 850,52            | -93 962,87           |
| Zmiana stanu zobowiązań krótkoterm, z wyj, pożyczek i kredytów  | 191 131,51           | 580 475,27           | -80 991,63           |
| Zmiana stanu rozliczeń międzyokresowych   | -31 601,84           | -38 395,06           | -11 734,61           |
| Inne korekty  | 0,00                 | 0,00                 | 0,00                 |
| <b>Przepływy pieniężne z działalności operacyjnej</b>   | <b>3 324 702,66</b>  | <b>2 614 608,37</b>  | <b>3 088 522,27</b>  |
| <b>Przepływy środków pieniężnych z działalności inwestycyjnej</b>                                     |                      |                      |                      |
| Wpływy  | 162,60               | 49 544,70            | 72 747,97            |
| Wydatki   | 1 252 546,11         | 1 625 955,40         | 752 689,58           |
| <b>Przepływy pieniężne netto z działalności inwestycyjnej</b>   | <b>-1 252 383,51</b> | <b>-1 576 410,70</b> | <b>-679 941,61</b>   |
| <b>Przepływy środków pieniężnych z działalności finansowej</b>  |                      |                      |                      |
| Wpływy  | 0,00                 | 0,00                 | 0,00                 |
| Wpływy netto z wydania udziałów (emisji akcji) i innych instrumentów kapitałowych, dopłat do kapitału | 0,00                 | 0,00                 | 0,00                 |
| Kredyty i pożyczki  | 0,00                 | 0,00                 | 0,00                 |
| Emisja dłużnych papierów wartościowych  | 0,00                 | 0,00                 | 0,00                 |
| Inne wpływy finansowe   | 0,00                 | 0,00                 | 0,00                 |
| Wydatki   | 1 489 431,39         | 1 489 430,88         | 1 489 430,88         |
| Spląty kredytów i pożyczek  | 0,00                 | 0,00                 | 0,00                 |
| Odsetki   | 331 464,28           | 282 487,78           | 231 441,02           |
| Płatności zobowiązań z tytułu umów leasingu finansowego   | 1 157 967,11         | 1 206 943,10         | 1 257 989,86         |
| <b>Przepływy pieniężne netto z działalności finansowej</b>  | <b>-1 489 431,39</b> | <b>-1 489 430,88</b> | <b>-1 489 430,88</b> |
| <b>Przepływy pieniężne netto razem</b>  | <b>582 887,76</b>    | <b>-451 233,21</b>   | <b>919 149,78</b>    |
| Środki pieniężne na początek okresu   | 4 002 000,58         | 4 584 888,34         | 4 133 655,13         |
| <b>Środki pieniężne na koniec okresu</b>  | <b>4 584 888,34</b>  | <b>4 133 655,13</b>  | <b>5 052 804,91</b>  |

Źródło: Dane finansowo- księgowe Operatora

Wyniki analizy wskaźnikowej kształtują się następująco:

- a) Wskaźnik stanu nadwyżki finansowej  
Wartość wskaźnika jest dodatnia w każdym roku i wynosi od 2,3 mln zł do 2,9 mln zł. Oczekuje się, iż wskaźnik będzie wyższy od sumy splat kapitału kredytów i pożyczek w każdym roku. Wartość oczekiwana jest spełniona w każdym roku.
- b) Wskaźnik płynności II stopnia

- Wartość wskaźnika kształtuje się na poziomie od 1,02 do 1,21 w okresie analizy. Oczekuje się, iż wartość będzie wyższa lub równa 0,75 w każdym roku analizy. Zatem wskaźnik jest wyższy od wartości oczekiwanej w każdym roku analizy.
- c) Stan środków pieniężnych  
Wartość wskaźnika kształtuje się na poziomie od 4,1 mln zł do 5,1 mln zł w okresie analizy. Oczekuje się, iż wartość będzie wyższa lub równa 0 w każdym

- roku analizy. Zatem wskaźnik jest wyższy od wartości oczekiwanej.
- d) Wskaźnik pokrycia obsługi zadłużenia (WPOD)  
Wartość wskaźnika kształtuje się na poziomie od 3,78 do 4,39 w każdym roku, w którym występuje dług. Oczekuje się, iż wartość będzie wyższa lub równa 1,2 w każdym roku analizy. Zatem wskaźnik jest wyższy od wartości oczekiwanej poza ostatnim okresem sprawozdawczym.
- e) Wskaźnik zadłużenia  
Wartość wskaźnika kształtuje się na poziomie od 0,32 do 0,38 w okresie analizy. Oczekuje się, iż wartość będzie niższa lub równa 0,60 w każdym roku

- analizy. Zatem wskaźnik jest na akceptowalnym poziomie.
- f) Analiza funkcji dyskryminacyjnej wg wzoru E. Mączyńskiej  
Wartość wskaźnika kształtuje się na poziomie od 0,535 do 0,900 w okresie analizy. Oczekuje się, iż wartość będzie wyższa od 0,00 w każdym roku analizy. Zatem wskaźnik jest wyższy od wartości oczekiwanej.

**Na podstawie przeprowadzonej oceny bieżącej sytuacji finansowej operatora stwierdza się, iż znajduje się on w dobrej sytuacji finansowej i jest w stanie zapewnić wykonalność elektryfikacji legnickiej komunikacji miejskiej.**

**Tab. 5.14 Historyczne wskaźniki finansowe – Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne sp. z o.o. w Legnicy**

| Kategoria/Okres projekcji                                   | 2021         | 2022         | 2023         |
|---|--------------|--------------|--------------|
| 1. Wskaźnik stanu nadwyżki finansowej                       | 2 944 637,46 | 2 311 501,94 | 2 332 480,07 |
| <i>sumy spłat kapitału kredytów i pożyczek</i>              | 0,00         | 0,00         | 0,00         |
| 2. Wskaźnik płynności II stopnia                            | 1,03         | 1,02         | 1,21         |
| 3. Stan środków pieniężnych                                 | 4 584 888,34 | 4 133 655,13 | 5 052 804,91 |
| 4. Wskaźnik pokrycia obsługi zadłużenia (WPOD)              | 4,08         | 3,78         | 4,39         |
| 5. Wskaźnik zadłużenia                                      | 0,376        | 0,352        | 0,322        |
| 6. Analiza funkcji dyskryminacyjnej wg wzoru E. Mączyńskiej | 0,900        | 0,535        | 0,646        |
| <i>X1 - amortyzacja + zysk netto/zobowiązania</i>           | 0,242        | 0,221        | 0,256        |
| <i>X2 - suma bilansowa/zobowiązania</i>                     | 2,661        | 2,838        | 3,107        |
| <i>X3 - EBIT/suma bilansowa</i>                             | 0,015        | -0,009       | -0,007       |
| <i>X4 - EBIT/przychody ze sprzedaży</i>                     | 0,018        | -0,009       | -0,006       |
| <i>X5 - zapasy/przychody ze sprzedaży</i>                   | 0,010        | 0,014        | 0,009        |
| <i>X6 - przychody ze sprzedaży/ suma bilansowa</i>          | 0,821        | 1,047        | 1,177        |

Źródło: Opracowanie własne



## 6. Oszacowanie efektów środowiskowych związanych z emisją szkodliwych substancji

Autobusy spalinowe są napędzane spalinowymi silnikami o samoczynnym zapłonie i znane są ekologiczne negatywne skutki ich stosowania. Najważniejsze z nich to emisja hałasu, powodowanie drgań oraz emisja zanieczyszczeń szkodliwych dla ludzi i środowiska. Dodatkowo sytuację ekologiczną pogarsza fakt, że autobusy są intensywnie użytkowane w centrach ośrodków miejskich, a więc w miejscach o dużym zaludnieniu i natężeniu ruchu drogowego. Emisja w pojazdach spalinowych, w porównaniu do pojazdów zeroemisyjnych, jest wyższa ze względu na wykorzystywanie większej ilości płynów eksploatacyjnych, jak i elementów mechanicznych, a także stosowanie oleju w obiegu silnika.

Głównym efektem spalania paliw w autobusach o napędzie konwencjonalnym są mieszaniny substancji – przede wszystkim gazowe, również frakcje ciekłe oraz stałe. Dodatkowo, w porównaniu z pojazdami elektrycznymi, w autobusach spalinowych występuje zwiększona emisja cząstek stałych, a także tlenków azotu. Są one jednymi z najpoważniejszych źródeł emisji cząstek stałych oraz tlenków azotu wytwarzanych w centrach miast pochodzących z transportu drogowego.

W porównaniu do autobusów konwencjonalnych, emisja w pojazdach elektrycznych jest niższa dzięki wyeliminowaniu procesu spalania paliwa (brak silnika spalinowego). Silniki elektryczne najczęściej chłodzone są powietrzem, wyeliminowany został obieg oleju, wykorzystuje się znacznie mniejsze ilości płynów i elementów mechanicznych. Nie występują filtry paliwa, powietrza, oleju.

Sprawność poprawiają systemy odzysku energii podczas hamowania (dłuższa żywotność elementów ciernych w układzie hamulcowym, mniejsze zużycie energii).

Pojazdy elektryczne, podobnie jak konstrukcje spalinowe, podlegają wymogom homologacyjnym i przechodzą testy zderzeniowe. Zgodnie z zapewnieniami producentów, akumulatory podczas wypadku nie powinny ulec zapłonowi czy rozlaniu przez wzgląd na konstrukcję przewidującą takie zdarzenia.

Jedynym produktem ubocznym eksploatacji w pełni zeroemisyjnych autobusów z wodorowymi ogniwami paliwowymi jest emisja pary wodnej powstająca w wyniku przekształcania wodoru w energię elektryczną.

Emisja szkodliwych substancji i gazów cieplarnianych negatywnie wpływa na zdrowie ludzi, wywołując silne i przewlekłe choroby nawet ze skutkiem śmiertelnym. Emisja cząstek stałych PM 2,5, PM 10 prowadzi do<sup>30</sup>:

- przewlekłych lub ostrych chorób układu oddechowego, układu krążeniowo – oddechowego, naczyń mózgowych u osób dorosłych, będąc również substancją kancerogenną,
- astmy i przewlekłego lub ostrego zapalenia ucha u dzieci.

Emitowanie tlenków azotu wywołuje choroby ze skutkiem śmiertelnym oraz w szczególności choroby układu oddechowego i sercowo – naczyniowego. Wpływa negatywnie na zdrowie

<sup>30</sup> Update of the Handbook on External Costs of Transport, RICARDO-AEA, 2014.

dzieci, powodując astmę, białaczkę, ograniczony wzrost płuc.

Emisja gazów cieplarnianych przyczynia się do:

- śmiertelnych chorób dotyczących dzieci (nagłą śmierć łóżeczkową) oraz osoby starsze (zastoinową niewydolność serca),
- chorób układu krążenia diagnozowanych wśród osób starszych oraz do niskich mas urodzeniowych noworodków.

Niemniej jednak, należy zaznaczyć, iż eksploatacja autobusów elektrycznych akumulatorowych wiąże się z ograniczeniem niskiej emisji, która w niniejszym opracowaniu definiowana jest jako emisja lokalna.



**Rys. 6.1** *Autobus elektryczny akumulatorowy typu MAXI w Berlinie, Niemcy*

*Źródło: Zbiory własne*

W poniższej tabeli zestawiono zmianę wielkości emisji spalin i gazów cieplarnianych w wyniku realizacji poszczególnych wariantów inwestycyjnych na przestrzeni lat 2024-2043. Ukazuje ona zsumowane emisje szkodliwych substancji dla dolnych warstw atmosfery, które bezpośrednio wpływają na stan zdrowia oraz samopoczucie ludzi. Obliczenia zostały wykonane zgodnie z wartościami opublikowanymi przez Centrum Unijnych Projektów Transportowych w kalkulatorze emisji zanieczyszczeń i kosztów klimatu dla środków

transportu publicznego, odpowiednio skorygowanymi o założenia opisane w rozdziale 7.1.

Z kolejnej tabeli można wywnioskować, iż w wariantach W1 i W2 redukcja emisji dotknie tlenki azotu NO<sub>x</sub> (o 39,59 Mg w W1, w W2 o 35,80 Mg) oraz metanowe lotne związki organiczne NHMC/NMVOC (o 13,20 Mg w W1 i 11,27 Mg w W2). Widoczny jest wyraźny wzrost emisji dwutlenku węgla, gdyż jest on substancją emitowaną podczas produkcji energii elektrycznej. Jest to spowodowane faktem, iż polski sektor energetyki oparty jest na spalaniu węgla, co przekłada się na bardzo niekorzystne wskaźniki dla pojazdów napędzanych energią elektryczną.

Jednocześnie należy zaznaczyć, że udział odnawialnych źródeł energii stale wzrasta, co warunkuje przede wszystkim Dyrektywa w sprawie odnawialnych źródeł energii (UE) 2018/2001 z dnia 11 grudnia 2018 r. określa ich udział w strukturze wytwarzania energii elektrycznej w 2030 r. na poziomie co najmniej 27% (według danych KOBIZE za 2022 r. udział wyniósł ponad 17%). Dlatego też przewiduje się, iż wskaźniki emisyjności dla pojazdów elektrycznych akumulatorowych w najbliższych latach ulegną poprawie.

Wprowadzenie do eksploatacji autobusów z wodorowymi ogniwami paliwowymi w wariacie W3 zaowocuje redukcją emisji wszystkich obecnie emitowanych w komunikacji miejskiej szkodliwych substancji, tj.:

- tlenki azotu NO<sub>x</sub> o 26,54 Mg,
- pyły zawieszane PM 2,5 o 0,49 Mg,
- metanowe lotne związki organiczne NHMC/NMVOC o 9,01 Mg,
- oraz dwutlenek węgla CO<sub>2</sub> o 10 930,66 Mg.

Tab. 6.1 Roczne zestawienia emisji spalin w dolnej warstwie atmosfery oraz gazów cieplarnianych w analizowanych wariantach [w Mg]

| Rok          | W0              | W1    | W2   | W3   | W0              | W1     | W2     | W3     | W0         | W1    | W2    | W3    | W0         | W1     | W2     | W3    | W0              | W1       | W2       | W3        |
|--------------|-----------------|-------|------|------|-----------------|--------|--------|--------|------------|-------|-------|-------|------------|--------|--------|-------|-----------------|----------|----------|-----------|
|              | SO <sub>2</sub> |       |      |      | NO <sub>x</sub> |        |        |        | PM 2,5/ PM |       |       |       | NHMC/NMVOC |        |        |       | CO <sub>2</sub> |          |          |           |
| 2024         | -               | -     | -    | -    | 31,29           | 31,29  | 31,29  | 31,29  | 0,54       | 0,54  | 0,54  | 0,54  | 5,57       | 5,57   | 5,57   | 5,57  | 3 401,38        | 3 401,38 | 3 401,38 | 3 401,38  |
| 2025         | 0,15            | 0,20  | 0,20 | 0,19 | 22,16           | 21,93  | 21,93  | 21,96  | 0,35       | 0,36  | 0,36  | 0,36  | 4,19       | 4,09   | 4,09   | 4,10  | 3 144,65        | 3 364,96 | 3 364,96 | 3 370,93  |
| 2026         | 0,19            | 0,45  | 0,39 | 0,19 | 13,24           | 11,11  | 11,23  | 10,72  | 0,17       | 0,16  | 0,16  | 0,14  | 3,07       | 2,45   | 2,51   | 2,42  | 2 829,19        | 3 275,17 | 3 298,57 | 2 639,67  |
| 2027         | 0,19            | 0,45  | 0,39 | 0,19 | 11,38           | 9,76   | 9,88   | 9,37   | 0,16       | 0,15  | 0,16  | 0,14  | 2,92       | 2,41   | 2,47   | 2,37  | 2 628,68        | 3 060,23 | 3 085,66 | 2 432,87  |
| 2028         | 0,19            | 0,66  | 0,54 | 0,19 | 11,38           | 6,84   | 7,06   | 7,70   | 0,16       | 0,13  | 0,13  | 0,12  | 2,92       | 1,69   | 1,80   | 1,95  | 2 628,68        | 2 970,57 | 3 021,56 | 2 026,16  |
| 2029         | 0,19            | 0,66  | 0,54 | 0,19 | 8,15            | 5,91   | 6,13   | 6,77   | 0,14       | 0,12  | 0,13  | 0,11  | 2,24       | 1,49   | 1,60   | 1,75  | 2 485,79        | 2 794,73 | 2 849,50 | 1 864,84  |
| 2030         | 0,19            | 0,66  | 0,54 | 0,19 | 8,15            | 5,91   | 6,13   | 6,77   | 0,14       | 0,12  | 0,13  | 0,11  | 2,24       | 1,49   | 1,60   | 1,75  | 2 485,79        | 2 774,55 | 2 833,08 | 1 859,17  |
| 2031         | 0,19            | 0,66  | 0,54 | 0,19 | 7,95            | 5,91   | 6,13   | 6,77   | 0,14       | 0,12  | 0,13  | 0,11  | 2,20       | 1,49   | 1,60   | 1,75  | 2 483,21        | 2 734,28 | 2 800,33 | 1 847,86  |
| 2032         | 0,19            | 0,66  | 0,54 | 0,19 | 7,95            | 5,91   | 6,13   | 6,77   | 0,14       | 0,12  | 0,13  | 0,11  | 2,20       | 1,49   | 1,60   | 1,75  | 2 483,21        | 2 694,02 | 2 767,58 | 1 836,55  |
| 2033         | 0,19            | 0,66  | 0,54 | 0,19 | 7,95            | 5,91   | 6,13   | 6,77   | 0,14       | 0,12  | 0,13  | 0,11  | 2,20       | 1,49   | 1,60   | 1,75  | 2 483,21        | 2 653,76 | 2 734,83 | 1 825,24  |
| 2034         | 0,19            | 0,66  | 0,54 | 0,19 | 7,95            | 5,91   | 6,13   | 6,77   | 0,14       | 0,12  | 0,13  | 0,11  | 2,20       | 1,49   | 1,60   | 1,75  | 2 483,21        | 2 613,49 | 2 702,07 | 1 813,93  |
| 2035         | 0,19            | 0,66  | 0,54 | 0,19 | 7,95            | 5,91   | 6,13   | 6,77   | 0,14       | 0,12  | 0,13  | 0,11  | 2,20       | 1,49   | 1,60   | 1,75  | 2 483,21        | 2 573,23 | 2 669,32 | 1 802,62  |
| 2036         | 0,19            | 0,66  | 0,54 | 0,19 | 7,95            | 5,91   | 6,13   | 6,77   | 0,14       | 0,12  | 0,13  | 0,11  | 2,20       | 1,49   | 1,60   | 1,75  | 2 483,21        | 2 551,04 | 2 651,28 | 1 796,39  |
| 2037         | 0,19            | 0,66  | 0,54 | 0,19 | 7,95            | 5,91   | 6,13   | 6,77   | 0,14       | 0,12  | 0,13  | 0,11  | 2,20       | 1,49   | 1,60   | 1,75  | 2 483,21        | 2 528,85 | 2 633,23 | 1 790,16  |
| 2038         | 0,19            | 0,66  | 0,54 | 0,19 | 7,95            | 5,91   | 6,13   | 6,77   | 0,14       | 0,12  | 0,13  | 0,11  | 2,20       | 1,49   | 1,60   | 1,75  | 2 483,21        | 2 506,66 | 2 615,18 | 1 783,93  |
| 2039         | 0,19            | 0,66  | 0,54 | 0,19 | 7,95            | 5,91   | 6,13   | 6,77   | 0,14       | 0,12  | 0,13  | 0,11  | 2,20       | 1,49   | 1,60   | 1,75  | 2 483,21        | 2 484,49 | 2 597,14 | 1 777,70  |
| 2040         | 0,19            | 0,66  | 0,54 | 0,19 | 7,95            | 5,91   | 6,13   | 6,77   | 0,14       | 0,12  | 0,13  | 0,11  | 2,20       | 1,49   | 1,60   | 1,75  | 2 483,21        | 2 462,30 | 2 579,10 | 1 771,47  |
| 2041         | 0,19            | 0,66  | 0,54 | 0,19 | 7,95            | 5,91   | 6,13   | 6,77   | 0,14       | 0,12  | 0,13  | 0,11  | 2,20       | 1,49   | 1,60   | 1,75  | 2 483,21        | 2 462,30 | 2 579,10 | 1 771,47  |
| 2042         | 0,19            | 0,66  | 0,54 | 0,19 | 7,95            | 5,91   | 6,13   | 6,77   | 0,14       | 0,12  | 0,13  | 0,11  | 2,20       | 1,49   | 1,60   | 1,75  | 2 483,21        | 2 462,30 | 2 579,10 | 1 771,47  |
| 2043         | 0,19            | 0,66  | 0,54 | 0,19 | 7,95            | 5,91   | 6,13   | 6,77   | 0,14       | 0,12  | 0,13  | 0,11  | 2,20       | 1,49   | 1,60   | 1,75  | 2 483,21        | 2 462,30 | 2 579,10 | 1 771,47  |
| Suma         | 3,50            | 11,70 | 9,59 | 3,53 | 209,18          | 169,58 | 173,38 | 182,64 | 3,46       | 3,20  | 3,26  | 2,97  | 51,73      | 38,54  | 40,46  | 42,73 | 51885,94        | 54830,59 | 56342,03 | 40955,28  |
| Zmiana do W0 |                 | 8,20  | 6,09 | 0,03 |                 | -39,59 | -35,80 | -26,54 |            | -0,26 | -0,19 | -0,49 |            | -13,20 | -11,27 | -9,01 |                 | 2944,65  | 4456,09  | -10930,66 |

Źródło: Opracowanie własne

## 7. Analiza społeczno-ekonomiczna

### 7.1. Wycena kosztów związanych z emisją szkodliwych substancji emitowanych podczas eksploatacji autobusów o napędzie elektrycznym

Podczas analizy społeczno-ekonomicznej nie rozróżniono wyceny kosztów związanych z emisją szkodliwych substancji ze względu na sposób ładowania autobusu elektrycznego akumulatorowego. Emisja szkodliwych dla środowiska substancji zależy głównie od rodzaju napędu i sposobu jej wytwarzania, a nie od systemu dostarczania energii do pojazdu.

Jednym z istotnych aspektów realizacji inwestycji polegających na zakupie taboru autobusowego jest obniżenie emisji zanieczyszczeń w niższych warstwach atmosfery poprzez wykorzystanie jak największej liczby pojazdów niskoemisyjnych bądź zeroemisyjnych. W poniższej tabeli przedstawiono zsumowaną emisję szkodliwych substancji i gazów cieplarnianych dla całego okresu objętego analizą, zarówno w wariantcie bezinwestycyjnym W0, jak i we wszystkich inwestycyjnych, tj. W1, W2 i W3.

Obliczenia zostały wykonane zgodnie z wartościami opublikowanymi przez Centrum Unijnych Projektów Transportowych Tablicach kosztów jednostkowych do wykorzystania w analizach kosztów i korzyści<sup>31</sup>. Zakładają one uwzględnienie:

- wielkości emisji oraz jej monetyzacji dla gazów cieplarnianych CO<sub>2</sub>, wynikających ze struktury produkcji energii elektrycznej w Polsce, wytwarzanej głównie przez elektrownie ciepłe, w których paliwem jest węgiel brunatny lub węgiel kamienny,

- w wariantach W0, W1, W2 - wielkości emisji oraz jej monetyzacji dla emitowanych wyłącznie przez autobusy spalinowe do niższych warstw atmosfery (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NHMC/NMVOC, PM 2,5) oraz dla szkodliwych substancji (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NHMC/NMVOC, PM), które przy eksploatacji autobusów elektrycznych nie są emitowane bezpośrednio w miejscu ich eksploatacji, a globalnie podczas produkcji energii elektrycznej,
- w wariantcie W3 - wielkości emisji oraz jej monetyzacji dla emitowanych wyłącznie przez autobusy spalinowe do niższych warstw atmosfery (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NHMC/NMVOC, PM 2,5) oraz dla szkodliwych substancji (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NHMC/NMVOC, PM), które przy eksploatacji autobusów elektrycznych nie są emitowane bezpośrednio w miejscu ich eksploatacji, a globalnie podczas produkcji energii elektrycznej, uwzględniając brak emisji z autobusów wodorowych.

Wskaźniki emisyjności wyznaczone w kalkulatorze emisji CUPT dla autobusów elektrycznych bazują na wskaźnikach opublikowanych w Krajowej bazie o emisjach gazów cieplarnianych i innych substancji za 2019 rok. Zgodnie z treścią opracowania KOBIZE<sup>32</sup> za 2022 rok, wskaźniki emisyjności NO<sub>x</sub>, PM<sub>2,5</sub>, SO<sub>2</sub> w Polsce obniżyły się w latach 2019 - 2022 odpowiednio o 20,8%, 37,9% i 14,7%. Dlatego też

<sup>31</sup> Źródło: <https://www.cupt.gov.pl/strefa-beneficjenta/wdrazanie-projektow/analiza-kosztow-i-korzysci/narzedzia/tablice-kosztow-jednostkowych-do-wykorzystania-w-analizach-kosztow-i-korzysci/>

<sup>32</sup> Wskaźniki emisyjności CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO i pyłu całkowitego dla energii elektrycznej na podstawie informacji zawartych w Krajowej bazie o emisjach gazów cieplarnianych i innych substancji z 2022 roku



na potrzeby niniejszego dokumentu uwzględniono następujące wartości rzeczywiste z 2022 r. emisji szkodliwych substancji przy produkcji energii elektrycznej w Polsce:

- dla NO<sub>x</sub>: 0,456 g/kWh,
  - dla PM: 0,018 g/kWh,
  - dla CO<sub>2</sub>: 685 kg/MWh,

- dla SO<sub>2</sub>: 0,436 g/kWh.

Niemniej jednak w przypadku CO<sub>2</sub> przyjęto jeszcze niższą wartość, wynikającą wprost z Kalkulatora kosztów jednostkowych CUPT, obejmującą prognozowaną zmianę emisyjności w czasie.

**Tab. 7.1 Zestawienie kosztów zewnętrznych emisji spalin oraz gazów cieplarnianych na przestrzeni lat 2024-2043**

| Związek chemiczny | W0  | W1               | W2               | W3               |
|-------------------|---|------------------|------------------|------------------|
|                   | Łączny koszt emisji szkodliwych substancji i gazów cieplarnianych |                  |                  |                  |
| SO <sub>2</sub>   | 401 242,20 zł   | 1 357 028,67 zł  | 1 038 652,21 zł  | 404 174,27 zł    |
| Zmiana do W0      |   | 955 786,46 zł    | 637 410,01 zł    | 2 932,07 zł      |
| NO <sub>x</sub>   | 21 390 042,43 zł  | 16 795 443,59 zł | 17 214 768,11 zł | 18 485 341,71 zł |
| Zmiana do W0      |   | -4 594 598,84 zł | -4 175 274,32 zł | -2 904 700,72 zł |
| PM 2,5            | 5 856 875,56 zł   | 4 634 934,19 zł  | 4 881 035,46 zł  | 4 753 488,90 zł  |
| Zmiana do W0      |   | -1 221 941,37 zł | -975 840,10 zł   | -1 103 386,66 zł |
| NHMC/NMVOC        | 672 805,80 zł   | 493 099,74 zł    | 519 594,46 zł    | 551 792,12 zł    |
| Zmiana do W0      |   | -179 706,05 zł   | -153 211,34 zł   | -121 013,67 zł   |
| CO <sub>2</sub>   | 12 583 332,21 zł  | 13 231 389,17 zł | 13 623 764,89 zł | 9 785 858,47 zł  |
| Zmiana do W0      |   | 648 056,96 zł    | 1 040 432,68 zł  | -2 797 473,75 zł |
| SUMA              | 40 904 298,19 zł  | 36 511 895,36 zł | 37 277 815,13 zł | 33 980 655,46 zł |
| Zmiana do W0      |   | -4 392 402,83 zł | -3 626 483,06 zł | -6 923 642,73 zł |

Źródło: Opracowanie własne

W wariantach W1 i W2 największą różnicę kosztów emisji szkodliwych substancji, przemawiającą na ich korzyść, można dostrzec w kosztach emisji tlenków azotu NO<sub>x</sub> i pyłów zawieszonych PM 2,5. Korzyści uzyskane na zmniejszeniu emisji NO<sub>x</sub> oraz PM 2,5 wynosić będą odpowiednio w wariantach W1 ok. 4,6 oraz 1,2 mln zł, a wariantach W2 ok. 4,2 i 1,0 mln zł. Koszty emisji metanowych lotnych związków organicznych w wariantach W1 i W2 spadną odpowiednio o ok. 0,18 i 0,15 mln zł. W przypadku dwutlenku węgla CO<sub>2</sub> koszty emisji wzrosną o ok. 0,64 mln zł w wariantach W1 i 1,04 mln zł w wariantach W2, z uwagi na emisję tego związku do górnych warstw atmosfery w wyniku produkcji energii elektrycznej opartej na spalaniu węgla. Największy przyrost kosztów w wyniku realizacji wariantów W1 i W2 cechuje emisję tlenków siarki, mającą miejsce wyłącznie przy użytkowaniu autobusów elektrycznych

akumulatorowych i wynosi on ok. 0,96 mln zł w wariantach W1 i ok. 0,64 mln zł w wariantach W2.

Znacznie korzystniej prezentują się efekty płynące z monetyzacji kosztów emisji szkodliwych substancji i gazów cieplarnianych w wariantach inwestycyjnym W3, który przewiduje eksploatację autobusów z wodorowymi ogniwami paliwowymi. Redukcja wszystkich analizowanych związków przełoży się na zmniejszenie kosztów zewnętrznych emisji tlenków azotu NO<sub>x</sub> o ok. 2,9 mln zł, pyłów zawieszonych PM 2,5 o ok. 1,1 mln zł, metanowych lotnych związków organicznych o ok. 0,12 mln zł, a dwutlenku węgla o ok. 2,8 mln zł.

W wyniku wprowadzenia do eksploatacji autobusów zeroemisyjnych poprawie ulegnie poziom i jakość życia w Legnicy oraz ościennych gminach, za sprawą zmniejszonej emisji

szkodliwych substancji poprawiającej jakość powietrza, jak i ograniczonemu hałasowi polepszając tym samym stan klimatu akustycznego. Elektryfikacja floty operatora komunikacji miejskiej nie będzie się wiązała ze zmianą oferty przewozowej dla pasażerów, toteż nie będzie ona wpływała na dostępność usług komunikacyjnych.

Podsumowując:

- realizacja wariantu W1 spowoduje spadek kosztów zewnętrznych emisji szkodliwych substancji i gazów cieplarnianych o ok. 4,4 mln zł,
- realizacja wariantu W2 spowoduje spadek kosztów zewnętrznych emisji szkodliwych substancji i gazów cieplarnianych o ponad 3,6 mln zł,
- realizacja wariantu W3 przełoży się na spadek kosztów zewnętrznych emisji szkodliwych związków chemicznych o ok. 6,9 mln zł.

## 7.2. Emitowany hałas podczas eksploatacji autobusów o napędzie spalinowym oraz elektrycznym

Hałasem określa się każdy dźwięk, który może doprowadzić do utraty słuchu, albo być szkodliwy dla zdrowia lub niebezpieczny z innych względów, zwykle o dużym natężeniu, niskiej częstotliwości, wpływający na stan fizyczny jak i psychiczny człowieka. Hałas powyżej 85 dB jest w stanie uszkodzić słuch trwale, natomiast niższy poziom hałasu może oddziaływać w bardzo niekorzystny sposób na psychikę, zwiększać ciśnienie krwi, być źródłem powstawania stresu.



**Rys. 7.1 Autobus MAXI elektryczny akumulatorowy na stacji szybkiego ładowania**  
Źródło: Zbiory własne

Dla obliczenia kosztów emitowanego hałasu przez autobusy elektryczne oraz spalinowe założono zindeksowaną jednostkową cenę za

hałas typowy dla autobusów, wskazaną w kalkulatorze kosztów jednostkowych CUPT. Przy szacowaniu zmonetyzowanych efektów hałasu uwzględniono:

- krańcowe koszty wewnętrzne hałasu na 1 poj-km dla autobusów na obszarze miejskim wskazane Kalkulatorze kosztów jednostkowych CUPT,
- indeksację kosztów krańcowych w czasie,
- średnią proporcję pór dnia (dzień=0,85 oraz noc=0,15), zgodnie z założeniami w kalkulatorze kosztów jednostkowych CUPT dla autobusów,
- obniżenie poziomu hałasu przez autobusy elektryczne o 27% w porównaniu do autobusów spalinowych<sup>33</sup>

Poniższa tabela przedstawia zindeksowane koszty hałasu emitowanego we wszystkich wariantach analizy w latach 2024-2043 oraz zmonetyzowane korzyści zewnętrzne w wyniku jego redukcji.

<sup>33</sup> Quieter buses socioeconomic effects”, Koucky & Partners A.B, 2014.

**Tab. 7.2 Monetyzacja emisji hałasu na przestrzeni lat 2024-2043**

| Rok   | Zmonetyzowany hałas emitowany w wariantcie W0 | Zmonetyzowany hałas emitowany w wariantcie W1 | Zmonetyzowany hałas emitowany w wariantcie W2 | Zmonetyzowany hałas emitowany w wariantcie W3 |
|---|---|---|---|---|
| 2024  | 128 573,16 zł                                 | 128 573,16 zł                                 | 128 573,16 zł                                 | 128 573,16 zł                                 |
| 2025  | 123 713,03 zł                                 | 121 092,71 zł                                 | 121 092,71 zł                                 | 122 056,24 zł                                 |
| 2026  | 125 426,11 zł                                 | 111 209,54 zł                                 | 114 751,33 zł                                 | 111 564,31 zł                                 |
| 2027  | 128 706,60 zł                                 | 114 118,19 zł                                 | 117 752,61 zł                                 | 114 482,24 zł                                 |
| 2028  | 132 092,23 zł                                 | 105 397,16 zł                                 | 112 324,34 zł                                 | 104 980,68 zł                                 |
| 2029  | 135 480,66 zł                                 | 108 100,81 zł                                 | 115 205,69 zł                                 | 107 673,64 zł                                 |
| 2030  | 138 975,77 zł                                 | 110 889,57 zł                                 | 118 177,74 zł                                 | 110 451,39 zł                                 |
| 2031  | 142 469,12 zł                                 | 113 676,94 zł                                 | 121 148,31 zł                                 | 113 227,74 zł                                 |
| 2032  | 146 072,88 zł                                 | 116 552,40 zł                                 | 124 212,75 zł                                 | 116 091,84 zł                                 |
| 2033  | 149 672,27 zł                                 | 119 424,37 zł                                 | 127 273,48 zł                                 | 118 952,46 zł                                 |
| 2034  | 153 381,01 zł                                 | 122 383,59 zł                                 | 130 427,20 zł                                 | 121 899,99 zł                                 |
| 2035  | 157 077,71 zł                                 | 125 333,21 zł                                 | 133 570,68 zł                                 | 124 837,95 zł                                 |
| 2036  | 160 754,54 zł                                 | 128 266,98 zł                                 | 136 697,28 zł                                 | 127 760,13 zł                                 |
| 2037  | 164 405,80 zł                                 | 131 180,34 zł                                 | 139 802,11 zł                                 | 130 661,98 zł                                 |
| 2038  | 168 023,62 zł                                 | 134 067,02 zł                                 | 142 878,52 zł                                 | 133 537,25 zł                                 |
| 2039  | 171 465,00 zł                                 | 136 812,92 zł                                 | 145 804,89 zł                                 | 136 272,30 zł                                 |
| 2040  | 174 988,87 zł                                 | 139 624,64 zł                                 | 148 801,41 zł                                 | 139 072,91 zł                                 |
| 2041  | 178 455,71 zł                                 | 142 390,84 zł                                 | 151 749,42 zł                                 | 141 828,18 zł                                 |
| 2042  | 181 856,62 zł                                 | 145 104,45 zł                                 | 154 641,37 zł                                 | 144 531,06 zł                                 |
| 2043  | 185 331,26 zł                                 | 147 876,88 zł                                 | 157 596,03 zł                                 | 147 292,54 zł                                 |
| SUMA  | 3 046 921,97 zł                               | 2 502 075,73 zł                               | 2 642 481,03 zł                               | 2 495 747,99 zł                               |
| <b>Zmiana kosztów zewnętrznych emisji hałasu w latach 2024 – 2043</b> |   | <b>- 544 846,24 zł</b>                        | <b>- 404 440,93 zł</b>                        | <b>- 551 173,98 zł</b>                        |

Źródło: opracowanie własne

Powyższa tabela wskazuje, że elektryfikacja legnickiej komunikacji miejskiej przełoży się na znaczne korzyści wynikające ze zmniejszenia emisji hałasu przy eksploatacji autobusów zeroemisyjnych. Największe zmonetyzowane korzyści z tytułu redukcji emisji hałasu zostaną wygenerowane w wariantcie W3 z autobusami wodorowymi w wysokości ponad 0,54 mln zł w całym okresie objętym analizą, zaś w przypadku autobusów elektrycznych akumulatorowych na

poziomie od ok. 0,40 mln zł w wariantcie W2 do ok. 0,55 mln zł w wariantcie W1.

Redukcja pozwoli wyciszyć ogólny hałas generowany w ruchu miejskim przez transport publiczny. Ponadto obniżona emisja hałasu wpłynie na zwiększenie komfortu podróżowania komunikacją miejską oraz na bezpieczeństwo podróży pasażerów. Warto dodać, że zredukowany hałas wpłynie również na lepsze samopoczucie mieszkańców oraz zwierząt.

### 7.3. Inne korzyści zewnętrzne

Eksploatacja autobusów elektrycznych akumulatorowych w polskich miastach wiąże się z pośrednim generowaniem emisji szkodliwych substancji i gazów cieplarnianych, powstających w procesie produkcji energii elektrycznej. Emisję tę można uznać za proces o rozproszonym charakterze, o znacząco mniejszym nasileniu w miejscu eksploatacji autobusów elektrycznych.

Wykorzystanie autobusów elektrycznych akumulatorowych de facto nie powoduje powstawania lokalnej emisji do niższych warstw atmosfery, co stanowi istotną korzyść dla mieszkańców ośrodków miejskich, w których eksploatowane są pojazdy tego typu (brak emisji lokalnej cechuje także eksploatację autobusów z wodorowymi ogniwami paliwowymi). Korzyść tą

oszacowano na podstawie różnicy kosztów zewnętrznych emisji szkodliwych substancji przez autobusy spalinowe, liczoną między wariantami inwestycyjnymi (w których część

pracy eksploatacyjnej autobusów spalinowych będzie wykonywana przez autobusy zeroemisyjne) i wariantem W0.

**Tab. 7.3 Zmiana kosztów zewnętrznych lokalnej emisji szkodliwych substancji do niższych warstw atmosfery na przestrzeni lat 2024-2043.**

| Wyszczególnienie                                     | Wariant W0       | Wariant W1         | Wariant W2        | Wariant W3        |
|--|------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| Koszty zewnętrzne lokalnej emisji w latach 2024-2043 | 40 904 298,19 zł | 30 848 115,57 zł   | 36 396 197,22 zł  | 32 274 489,12 zł  |
| Zmiana do W0   |                  | - 10 056 182,62 zł | - 4 508 100,98 zł | - 8 629 809,07 zł |

Źródło: opracowanie własne

## 7.4. Wskaźniki efektywności ekonomicznej

Analiza została przeprowadzona w oparciu o „Niebieską Księgę – Wydanie uaktualnione 2023 – Sektor transportu publicznego w miastach, aglomeracjach i regionach”. Przeprowadzając analizę ekonomiczną, a zarazem porównawczą dwóch wariantów, przyjęto następujące założenia:

- wskaźniki efektywności ekonomicznej wyliczono metodą różnicową,
- społeczna stopa dyskontowa wynosi 3%,
- analiza została przeprowadzona w latach 2024-2043,
- wyceny kosztów i korzyści dokonano w cenach netto.

W obliczeniu wskaźnika efektywności ekonomicznej uwzględniono następujące elementy:

- skorygowane nakłady inwestycyjne oraz odtworzeniowe,
- skorygowane koszty eksploatacyjne,
- skorygowana wartość rezydualna,
- koszty ekonomiczne,
- korzyści ekonomiczne.

Wykorzystano także, współczynniki korekty w analizie ekonomicznej, które zaprezentowano w Tab. 7.5.

**Tab. 7.4 Współczynnik korekty CF w analizie ekonomicznej**

| Współczynnik korekty dla nakładów, remontów i wartości rezydualnej | Wartość współczynnika |
|--|-----------------------|
| Infrastruktura   | 0,83                  |
| Tabor  | 0,87                  |
| Koszty operacyjne  | 0,81                  |

Źródło: Opracowanie własne

W celu dokonania oceny ekonomicznej wariantu wymiany taboru obliczono ekonomiczny wskaźnik efektywności:

- ekonomiczną wartością bieżącą netto (ENPV), która dla projektów efektywnych jest większa od zera,
- ekonomiczną stopę zwrotu (ERR), która dla projektów efektywnych jest wyższa

niż społeczna stopa dyskontowa na poziomie 3,0%,

- relację korzyści do kosztów (B/C), która powinna być wyższa od jedności.

Wskaźniki zostały obliczone na podstawie skorygowanych przepływów pieniężnych i zdyskontowane. Na podstawie przeprowadzonej analizy można stwierdzić, że inwestycja w autobusy zeroemisyjne jest



nieefektywna ze społecznego punktu widzenia, ponieważ w każdym z analizowanych wariantów inwestycyjnych wskaźnik ENPV osiągnął wartość ujemną, ERR przyjął wartość mniejszą od stopy dyskontowej, a relacja korzyści do kosztów jest mniejsza od 1. **Zmonetyzowane koszty z tytułu eksploatacji autobusów zeroemisyjnych w wymiarze wynikającym z docelowych poziomów udziału tychże pojazdów w uepa przewyższą poziom korzyści ekonomiczno - społecznych.** Zatem osiągnięcie poziomów minimalnego udziału autobusów zeroemisyjnych zgodnie z zapisami ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych we flocie operatora komunikacji miejskiej w Legnicy nie jest wymagane. Niemniej jednak, uwzględniając potencjalne korzyści finansowe, ekonomiczne i społeczne dla mieszkańców Legnicy i ościennych gmin, planowane jest przeprowadzenie modernizacji floty MPK Legnica w oparciu o autobusy elektryczne akumulatorowe przystosowanych do szybkiego ładowania

**pantografowego, gdyż najwyższy wynik ENPV uzyskał wariant W1. Uzyskanie dofinansowania ze źródeł zewnętrznych zrekompensuje wyższe nakłady inwestycyjne w porównaniu do zakupu autobusów o napędach konwencjonalnych (np. autobusów spalinowych).** Dla poszczególnych przedsięwzięć inwestycyjnych dotyczących nabycia autobusów elektrycznych akumulatorowych będą przeprowadzane odrębne analizy kosztów i korzyści, które będą wskazywały na zasadność i słuszność inwestycji w zakresach rzeczowych mniejszych aniżeli analizowany w niniejszym dokumencie cały system komunikacji miejskiej zakładający wprowadzenie do eksploatacji 19 autobusów zeroemisyjnych dla spełnienia docelowego udziału wskazanego w uepa. Wskaźnik ENPV osiągnie wartość dodatnią, jeśli cena autobusu elektrycznego akumulatorowego typu MAXI obniży się z zakładanego w analizie poziomu 2 300 000 PLN netto do ok. 1 535 000 PLN netto.

Tab. 7.5 Wskaźniki efektywności ekonomicznej

| Wskaźnik | W1                 | W2                 | W3                 |
|----------|--------------------|--------------------|--------------------|
| ENPV     | - 13 803 118,43 zł | - 29 754 103,66 zł | - 35 872 426,36 zł |
| ERR (%)  | -2,5%              | -8,9%              | -8,2%              |
| B/C      | 0,67               | 0,45               | 0,47               |

Źródło: Opracowanie własne

## 7.5. Analiza wrażliwości wskaźników efektywności ekonomicznej

Analiza wrażliwości jest częścią analiz finansowo – ekonomicznych, w której zbadano wpływ zmian poszczególnych zmiennych (ich spadek i wzrost) na wskaźniki efektywności finansowej (FNPV/C). Do analizy przyjęto następujące czynniki wrażliwości:

- nakłady inwestycyjne +25%, 15%, -15%, - 25%,
- koszty operacyjne +25%, 15%, -15%, - 25%,
- wariant pesymistyczny: nakłady inwestycyjne +15% (wzrost cen autobusów elektrycznych

akumulatorowych i infrastruktury), koszty operacyjne -15% (wzrost kosztów eksploatacyjnych przyczynia się do zmniejszenia korzyści z tytułu eksploatacji autobusów elektrycznych akumulatorowych).

Niniejszą analizę przeprowadzono dla wariantu W1, który jest najbardziej korzystnym wariantem inwestycyjnym polegającym na elektryfikacji legnickiej komunikacji miejskiej w oparciu o autobusy elektryczne akumulatorowe doładowywane w terenie z ładowarek pantografowych.

**Tab. 7.6 Wyniki analizy wrażliwości scenariuszy**

| Zmiana:  |      | ENPV                     | Zmiana ENPV   | Wartość ERR   | Zmiana ERR | B/C         | Zmiana B/C  |
|--|------|--------------------------|---------------|---------------|------------|-------------|-------------|
| <b>Wartość bazowa</b>                                    |      | <b>-13 803 118,43 zł</b> |               | <b>-2,5%</b>  |            | <b>0,67</b> |             |
| <b>Nakłady inwestycyjne</b>                              | 25%  | -21 041 857,52 zł        | 52,44%        | -4,00%        | 61%        | 0,57        | -15%        |
|  | 15%  | -18 146 361,88 zł        | 31,47%        | -3%           | 39%        | 0,61        | -9%         |
|  | -15% | -9 459 874,97 zł         | -31,47%       | -1,29%        | -48%       | 0,75        | 12%         |
|  | -25% | -6 564 379,34 zł         | -52,44%       | -0,30%        | -88%       | 0,81        | 21%         |
| <b>Koszty operacyjne</b>                                 | 25%  | -16 498 473,00 zł        | 19,53%        | -3,48%        | 40%        | 0,63        | -6%         |
|  | 15%  | -15 420 331,17 zł        | 11,72%        | -3,08%        | 24%        | 0,65        | -4%         |
|  | -15% | -12 185 905,68 zł        | -11,72%       | -1,87%        | -25%       | 0,70        | 4%          |
|  | -25% | -11 107 763,85 zł        | -19,53%       | -1,46%        | -41%       | 0,72        | 7%          |
| <b>Nakłady inwestycyjne +15%, koszty operacyjne +15%</b> |      | <b>-19 763 574,63 zł</b> | <b>43,18%</b> | <b>-3,99%</b> | <b>61%</b> | <b>0,59</b> | <b>-12%</b> |

Źródło: Opracowanie własne

Za zmienne krytyczne uznaje się zmienne, których zmiana wartości o +/-1% powoduje zmianę wartości bazowej ENPV o co najmniej +/-1%. W badanej analizie występują zmienne krytyczne, których zmiana wartości powoduje zmianę wartości bazowej ENPV o co najmniej +/-1%. W związku z powyższym wyznaczono

wartości progowe dla ENPV. Zwiększenie udziału autobusów elektrycznych akumulatorowych dostosowanych do szybkiego ładowania pantografowego do poziomu 30% floty operatora będzie efektywne ekonomicznie, gdy nakłady inwestycyjne obniżą się o 47,69%.

**Tab. 7.7 Wyniki analizy wrażliwości**

| Badana zmienna                    | Wartość ENPV po zmianie zmiennej o 1% | Zmiana ENPV przy zmianie zmiennej o 1% | Zmiana ENPV=0 |
|-----------------------------------|---------------------------------------|--|---------------|
| <b>Nakłady inwestycyjne (+1%)</b> | - 14 092 667,99 zł                    | 2,10%                                  | -47,69%       |
| <b>Koszty operacyjne (+1%)</b>    | - 13 910 932,61 zł                    | 0,78%                                  | -             |

Źródło: Opracowanie własne

## 7.6. Analiza ryzyka

Analiza ryzyka ma na celu rozpoznanie ryzyka występującego podczas wdrażania i czasu trwania projektu. W opracowaniu została wykonana jakościowa metoda analizy obejmująca: możliwe przyczyny i skutki, zmienne kluczowe, które mogą ulec zmianie, określenie poziomu ryzyka, możliwości zarządzania czynnikiem ryzyka oraz określenie sposobów, jakimi beneficjent może zapobiegać danemu ryzyku. Niniejszą analizę sporządzono dla wariantu inwestycyjnego W1, którego wskaźnik ENPV osiągnął najwyższą wartość.

Tab. 7.8 Zidentyfikowane ryzyka i ich przyczyny i skutki

| L.p.                         | Ryzyko   | Przyczyny   | Skutki   |
|------------------------------|--|---|--|
| <b>Ryzyko techniczne</b>     |  |   |  |
| R1                           | Bardzo wysoki popyt na autobusy elektryczne akumulatorowe                    | Zbyt duża liczba zamówień na autobusy elektryczne wynikająca z obowiązku spełnienia minimalnych udziałów autobusów zeroemisyjnych wskazanych w uepa.  | Ryzyko może wpłynąć na opóźnienie we wdrażaniu autobusów zeroemisyjnych do ruchu w terminach wynikających z uepa.  |
| R2                           | Opóźnienia w budowie ładowarek terenowych                                    | Opóźnienie w budowie ładowarek na pętlach może wynikać z dużej liczby zamówień na ładowarki. Mogą również wystąpić opóźnienia ze względu na sezonowość robót budowlanych (brak możliwości prowadzenia robót w miesiącach zimowych przy bardzo niskich temperaturach). | Opóźnienie we wprowadzaniu autobusów zeroemisyjnych do ruchu lub niepełna obsługa linii przez autobusy elektryczne akumulatorowe (brak możliwości doładowywania pojazdów).   |
| R3                           | Ryzyka związane z wykonawcą (bankructwo, brak wystarczających zasobów, itp.) | Nieodpowiednie zarządzanie firmy wykonującej roboty.  | Wzrost kosztów pojazdów i infrastruktury. Opóźnienie we wprowadzaniu autobusów zeroemisyjnych do ruchu.  |
| <b>Ryzyko eksploatacyjne</b> |  |   |  |
| R4                           | Awaria stacji wolnego ładowania (ładowarek zajezdniowych)                    | Awaryjność urządzeń.  | W zależności od skali awarii – zastąpienie autobusów elektrycznych, autobusami spalinowymi lub brak realizacji części kursów (brak możliwości ładowania pojazdów). Dodatkowe koszty poniesione na naprawę niesprawnych stacji wolnego ładowania. |
| R5                           | Przerwa w dostawie prądu   | Zbyt duże obciążenie sieci energetycznej spowodowane między innymi ładowaniem pojazdów o napędzie elektrycznym lub okresowymi, sezonowymi wzrostami poboru energii  | W zależności od długości przerwy w dostawie – zaburzenie harmonogramu ładowania autobusów elektrycznych lub częściowe zaburzenie funkcjonowania systemu komunikacji zbiorowej.   |
| R6                           | Zwiększenie zakładanych kosztów operacyjnych                                 | Częstsze naprawy pojazdów, wyższe koszty paliwa i energii.  | Wzrost kosztów eksploatacyjnych.   |
| R7                           | Ryzyko nieznaności rzeczywistych parametrów operacyjnych taboru              | Rzeczywista, mniejsza pojemność akumulatorów niż podana w danych technicznych   | Krótszy zasięg autobusu, problemy z eksploatacją autobusu na liniach komunikacyjnych   |
| R8                           | Ryzyko niezawodności technicznej   | Wady fabryczne autobusu i podzespołów.  | Problem z realizacją połączeń pojazdami zeroemisyjnymi.  |
| R9                           | Wzrost taryfy za prąd  | Mechanizmy popytowo-podażowe funkcjonujące na rynkach energii oraz cykle koniunkturalne   | Wyższe koszty eksploatacyjne pojazdów zeroemisyjnych   |

| L.p.                          | Ryzyko   | Przyczyny  | Skutki   |
|-------------------------------|--|--|--|
| R10                           | Uszkodzenia sieci zasilającej stacje ładowania                             | Przerwanie sieci energetycznej w gruncie podczas robót budowlanych   | W zależności od długości przerwy w dostawie - zaburzenie harmonogramu ładowania autobusów elektrycznych lub częściowe zaburzenie funkcjonowania systemu komunikacji zbiorowej.   |
| R11                           | Wyższa awaryjność taboru związana z zastosowaniem nowej technologii        | Problemy związane z zastosowaniem nowej technologii (brak podzespołów, dłuższy czas oczekiwania)   | Brak możliwości wykorzystania pojazdu do zadań przewozowych, wzrost kosztów napraw.  |
| R12                           | Opóźnienia w dostawie autobusów  | Zbyt duża liczba zamówień na autobusy elektryczne wynikająca z obowiązku spełnienia minimalnych udziałów autobusów zeroemisyjnych wskazanych w ustawie o elektromobilności i paliwach alternatywnych.              | Opóźnienie we wdrożeniu autobusów zeroemisyjnych do ruchu.   |
| R13                           | Nadmierne skrócenie żywotności baterii i konieczność częstszej wymiany     | Nieodpowiednia eksploatacja pojazdów i ładowanie akumulatorów. Wada fabryczna akumulatora  | Częstsze ponoszenie kosztów na wymianę baterii. Problemu z eksploatacją pojazdów   |
| <b>Ryzyko administracyjne</b> |  |  |  |
| R14                           | Opóźnienia związane z podłączeniem do sieci dystrybucyjnych                | Problemy w negocjacjach z dostawcą energii elektrycznej oraz brak odpowiednich mocy przyłączeniowych w pobliżu planowanej infrastruktury ładowania.  | Opóźnienie we wdrożeniu autobusów zeroemisyjnych do ruchu lub niepełna obsługa linii przez autobusy elektryczne akumulatorowe (brak możliwości ładowania pojazdów). Czasowy brak wykorzystania wybudowanej infrastruktury. |
| R15                           | Polityczne zmiany priorytetów inwestycyjnych                               | Zmiana priorytetów we wspieranej technologii – z autobusów elektrycznych akumulatorowych na autobusy elektryczne z wodorowymi ogniwami paliwowymi lub zmiana ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych. | Zaprzestanie prowadzenia projektu i zwiększona niepewność podmiotów dokonujących inwestycji w tabor elektryczny.   |
| R16                           | Opóźnienia w uzyskiwaniu pozwoleń na realizację inwestycji (np. na budowę) | Niespełnienie wszystkich warunków formalnych.  | Opóźnienie we wdrożeniu autobusów zeroemisyjnych do ruchu.   |
| R17                           | Opóźnienia w uzyskiwaniu decyzji środowiskowych                            | Opóźnienie w wydaniu decyzji przez RDOŚ we Wrocławiu oraz właściwego organu odpowiedzialnego za gospodarkę wodną   | Opóźnienie we wdrożeniu autobusów zeroemisyjnych do ruchu.   |
| R18                           | Opóźnienia w usuwaniu kolizji z sieciami dystrybucyjnymi                   | Kolidowanie sieci dystrybucyjnych z budowaną infrastrukturą do ładowania lub budowanymi sieciami energetycznymi do zasilania infrastruktury  | Opóźnienie we wdrożeniu autobusów zeroemisyjnych do ruchu.   |
| R19                           | Opóźnienia w realizacji procedur   | Problem z wyborem wykonawcy  | Opóźnienie we wdrożeniu autobusów zeroemisyjnych do ruchu.   |
| R20                           | Zmiany w przepisach prawnych dotyczących ochrony środowiska                | Konieczność zmiany w przepisach prawnych dotyczących ochrony środowiska.   | Opóźnienie we wdrożeniu autobusów zeroemisyjnych do ruchu.   |

| L.p.                                     | Ryzyko   | Przyczyny  | Skutki   |
|--|--|--|--|
| <b>Ryzyko finansowe</b>                  |  |  |  |
| R21                                      | Dostępność środków krajowych lub wspólnotowych na finansowanie nakładów inwestycyjnych | Zaprzestanie prowadzenia programów wspierających rozwój elektromobilności.   | Opóźnienie w realizacji projektu lub zaprzestanie wdrażania ze względu na poszukiwanie innych źródeł finansowania lub ich brak.                          |
| R22                                      | Przekroczenie budżetu nakładów inwestycyjnych  | Wzrost popytu na autobusy elektryczne i infrastrukturę do ładowania pojazdów oraz rosnący koszt usług budowlanych.   | Opóźnienie w realizacji oraz zwiększenie kosztów projektu  |
| R23                                      | Wzrost kosztów realnych, wynikających z ogólnych tendencji rynkowych                   | Mechanizmy popytowo-podażowe funkcjonujące na rynkach oraz cykle koniunkturalne  | Opóźnienie w realizacji projektu oraz zwiększenie kosztów projektu   |
| R24                                      | Wzrost kosztów finansowania  | Wzrost stopy procentowej i oprocentowania kredytów   | Opóźnienie w realizacji oraz zwiększenie kosztów projektu lub zaprzestanie wdrażania ze względu na poszukiwanie innych źródeł finansowania lub ich brak. |
| <b>Ryzyko klimatyczne i środowiskowe</b> |  |  |  |
| R25                                      | Zmiana zasięgu autobusu podczas nadzwyczajnych upałów lub mrozów                       | Pomimo podanych danych eksploatacyjnych dotyczących zasięgu przez producentów taboru (około min.200 km), występuje różnica w warunkach ekstremalnych. Pojemność akumulatorów w sezonie zimowym jest mniejsza względem miesięcy letnich, a zasięg jest obniżany przez dodatkowe zużycie energii na ogrzewanie, natomiast w sezonie letnim w związku z uruchamianą klimatyzacją. | Koszty sprowadzenia autobusu do bazy lub punktu ładowania, gdy zostanie przeszacowany zasięg autobusu.   |
| R26                                      | Możliwość wystąpienia szkody w środowisku  | Modyfikacja środowiska spowodowana budową infrastruktury   | Wystąpienie szkody w środowisku  |
| <b>Ryzyko popytowe</b>                   |  |  |  |
| R27                                      | Poziom ruchu niższy, niż prognozowany  | Przyspieszenie negatywnych tendencji demograficznych, starzenie się społeczeństwa, mniejsza mobilność osób starszych.  | Spadek ekonomicznej opłacalności projektu.   |

Źródło: Opracowanie własne

Następnie oceniono skalę prawdopodobieństwa oraz siłę oddziaływania ryzyka na projekt na podstawie poniższych kryteriów

**Tab. 7.9 Skala prawdopodobieństwa**

| <b>Prawdopodobieństwo</b> |                                    |                  |
|---------------------------|------------------------------------|------------------|
| Skala                     | Zakres wartości prawdopodobieństwa | Wartość punktowa |
| Bardzo niskie             | 0%, 10%                            | A                |
| Niskie                    | <10% - 33%                         | B                |
| Średnie                   | <33% - 66%                         | C                |
| Wysokie                   | <66% - 90%                         | D                |
| Bardzo wysokie            | <90% - 100%                        | E                |

Źródło: Opracowanie własne



Tab. 7.10 Siła oddziaływania na projekt

| Siła oddziaływania na projekt   |                  |
|---|------------------|
| Opis  | Wartość punktowa |
| Brak wpływu na dobrobyt społeczny, nawet bez podejmowania działań zaradczych  | 1                |
| Mały wpływ na dobrobyt społeczny, mały wpływ na efekty finansowe projektu, Działania zaradcze i korygujące są jednak potrzebne.   | 2                |
| Umiarkowany wpływ na dobrobyt społeczny, głównie negatywne efekty finansowe nawet w średnim lub długim terminie.  | 3                |
| Poziom krytyczny: wysoka strata dla dobrobytu społecznego, wystąpienie zdarzenia powoduje niemożliwość realizacji podstawowego celu projektu, działania zaradcze bardzo intensywne mogą nie doprowadzić do uniknięcia wysokich strat. | 4                |
| Poziom katastroficzny: Fiasko projektu, zdarzenie może wywołać całkowity brak realizacji celu projektu, główne efekty projektu nie będą uzyskane w średnim i długim terminie  | 5                |

Źródło: Opracowanie własne

Tab. 7.11 Macierz oceny ryzyka

|                    |   | Siła oddziaływania |                        |                      |                           |          |
|--------------------|---|--------------------|------------------------|----------------------|---------------------------|----------|
|                    |   | I                  | II                     | III                  | IV                        | V        |
| Prawdopodobieństwo | A |                    |                        |                      |                           | R15, R21 |
|                    | B |                    | R2, R14, R16, R17, R25 | R4, R20, R26         |                           |          |
|                    | C |                    | R1, R12, R12, R19, R27 | R9, R3, R13 R23, R24 | R5, R7, R8, R10, R11, R27 |          |
|                    | D |                    |                        | R6, R9, R22          |                           |          |
|                    | E |                    |                        |                      |                           |          |

Legenda:

|  |                      |  |                      |
|--|----------------------|--|----------------------|
|  | Niski poziom ryzyka  |  | Wysoki poziom ryzyka |
|  | Średni poziom ryzyka |  | Bardzo wysoki poziom |

Źródło: Opracowanie własne

W kolejnym kroku zaproponowano sposób zapobiegania danemu ryzyku oraz określono wpływ podmiotu wdrażającego projekt na ryzyko.

Tab. 7.12 Zidentyfikowane ryzyka, działania zapobiegawcze oraz możliwość wpływu na ryzyko

| L.p.                         | Ryzyko   | Działania zapobiegawcze  | Wpływ na ryzyko |
|------------------------------|--|--|-----------------|
| <b>Ryzyko techniczne</b>     |  |  |                 |
| R1                           | Zbyt duży popyt na autobusy elektryczne akumulatorowe                        | Założenie dłuższego czasu produkcji pojazdu lub wcześniejsze rozpisanie przetargu, wprowadzenie kar umownych dla producenta.   | średni          |
| R2                           | Opóźnienia w budowie ładowarek terenowych                                    | Założenie dłuższego czasu produkcji ładowarek oraz budowy w okresie letnim, wprowadzenie kar umownych dla wykonawcy, odpowiednie zaplanowanie inwestycji.  | średni          |
| R3                           | Ryzyka związane z wykonawcą (bankructwo, brak wystarczających zasobów, itp.) | Wybór wykonawcy, który może się wykazać realizacją podobnych inwestycji i posiada stabilną sytuację finansową i kadrową. Zabezpieczenie materiałów przez wykonawcę u kontrahentów na wypadek problemów z dostępnością komponentów. | średni          |
| <b>Ryzyko eksploatacyjne</b> |  |  |                 |
| R4                           | Awarie stacji wolnego ładowania (ładowarek zajezdniowych)                    | Przeszkolenie pracowników, wpisanie wymogu minimalnego wskaźnika niezawodności urządzenia.   | średni          |
| R5                           | Przerwa w dostawie prądu   | Zakup agregatów prądotwórczych.  | niski           |
| R6                           | Zwiększenie zakładanych kosztów operacyjnych                                 | Przeprowadzanie analiz ekonomicznych prognozujących przyszłe wartości cen.   | średni          |
| R7                           | Ryzyko niezajomości rzeczywistych parametrów operacyjnych taboru             | Wykupienie gwarancji na akumulatory od producenta pojazdów. Posiadanie rezerwowych zestawów bateryjnych.   | wysoki          |

| L.p.                   | Ryzyko   | Działania zapobiegawcze  | Wpływ na ryzyko |
|------------------------|--|--|-----------------|
| R8                     | Ryzyko niezawodności technicznej   | Wykupienie gwarancji na pojazdy od producenta. Właściwe serwisowanie pojazdów.   | wysoki          |
| R9                     | Wzrost taryfy za prąd  | Podpisywanie długookresowych kontraktów na dostawę energii.  | wysoki          |
| R10                    | Uszkodzenia sieci zasilającej stacje ładowania   | Realizacja przewozów taborem o napędzie konwencjonalnym.   | niski           |
| R11                    | Wyższa awaryjność taboru związana z zastosowaniem nowej technologii                    | Zabezpieczenie dostaw części zamiennych. Objęcie pojazdów gwarancją producenta.  | wysoki          |
| L.p.                   | Ryzyko   | Działania zapobiegawcze  | Wpływ na ryzyko |
| R12                    | Opóźnienia w dostawie autobusów  | Wydłużenie czasu realizacji zamówienia.  | średni          |
| R13                    | Nadmierne skrócenie żywotności baterii i konieczność częstszej wymiany                 | Objęcie pojazdów gwarancją producenta.   | średni          |
| Ryzyko administracyjne |  |  |                 |
| R14                    | Opóźnienia związane z podłączeniem do sieci dystrybucyjnych                            | Przyspieszenie negocjacji z dystrybutorem energii, odpowiednie zaplanowanie inwestycji.  | średni          |
| R15                    | Polityczne zmiany priorytetów inwestycyjnych   | brak   | niski           |
| R16                    | Opóźnienia w uzyskiwaniu pozwoleń na realizację inwestycji (np. na budowę)             | Staranne przygotowanie wniosku o wydanie pozwolenia na realizację inwestycji.  | średni          |
| R17                    | Opóźnienia w uzyskiwaniu decyzji środowiskowych  | Wcześniejsze złożenie wniosku o wydanie decyzji.   | średni          |
| R18                    | Opóźnienia w usuwaniu kolizji z sieciami dystrybucyjnymi                               | Aktualizowanie map z sieciami dystrybucyjnymi. Zaplanowanie rezerwy czasowej na ewentualne usuwanie kolizji.   | średni          |
| R19                    | Opóźnienia w realizacji procedur   | Dostosowanie procedur przetargowych tak, aby uniknąć konieczności wydłużania postępowania przetargowego.   | wysoki          |
| R20                    | Zmiany w przepisach prawnych dotyczących ochrony środowiska                            | Dostosowanie projektu to aktualnych przepisów prawnych dotyczących ochrony środowiska.   | średni          |
| Ryzyko finansowe       |  |  |                 |
| R21                    | Dostępność środków krajowych lub wspólnotowych na finansowanie nakładów inwestycyjnych | Finansowanie inwestycji ze środków własnych.   | niski           |
| R22                    | Przekroczenie budżetu nakładów inwestycyjnych  | Założenie wyższych nakładów inwestycyjnych przy prowadzeniu postępowania.  | średni          |
| R23                    | Wzrost kosztów realnych, wynikających z ogólnych tendencji rynkowych                   | Przeprowadzanie analiz ekonomicznych prognozujących przyszłe wartości cen.   | niski           |
| R24                    | Wzrost kosztów finansowania  | Pozyskiwanie finansowania o stałym oprocentowaniu.   | średni          |
| Ryzyko klimatyczne     |  |  |                 |
| R25                    | Zmiana zasięgu autobusu podczas nadzwyczajnych upałów lub mrozów                       | Założenie niższego zasięgu pomimo podanych danych eksploatacyjnych, analiza danych eksploatacyjnych dotyczących autobusów elektrycznych akumulatorowych.   | wysoki          |
| R26                    | Możliwość wystąpienia szkody w środowisku  | Zapobieganie znaczącej modyfikacji środowiska przyrodniczego w okolicach infrastruktury.   | średni          |
| Ryzyko popytowe        |  |  |                 |
| R27                    | Poziom ruchu niższy niż prognozowany   | Realizacja kursów zgodnie z zaplanowanym rozkładem jazdy. Dbanie o stan techniczny pojazdów, wykonywanie bieżących przeglądów i napraw, tak aby możliwe było wykonanie zaplanowanej pracy eksploatacyjnej. | średni          |

Źródło: Opracowanie własne

## 8. Rekomendacje w zakresie wymiany taboru, podsumowanie i wnioski

Wymiana taboru legnickiej komunikacji zbiorowej jest działaniem wynikającym ze Strategii rozwoju Miasta Legnicy 2030 Plus, w której założono realizację celu strategicznego 5 „Wzmocnienie i poprawa wewnętrznych i zewnętrznych powiązań komunikacyjnych” m.in. poprzez cel operacyjny 5.1. „Nowoczesna infrastruktura i tabor transportu publicznego w Legnicy”. W ramach tego celu jednym ze zdefiniowanych kierunków działań jest „Modernizacja taboru transportu publicznego w kierunku zeroemisyjności”.

Funkcjonowanie komunikacji miejskiej jest permanentnym procesem, wymagającym ciągłego monitorowania i udoskonalania prowadzącego do podnoszenia jakości świadczonych usług. Z uwagi na naturę zużywających się w wyniku eksploatacji pojazdów, konieczna jest systematyczna wymiana autobusów, najlepiej w okresach przyjętych w niniejszym dokumencie, tak aby odpowiadały one aktualnym potrzebom i oczekiwaniom pasażerów. Stale rosnące koszty przewozów przy coraz większych niedoborach kierowców w zasadzie w całej Unii Europejskiej wymuszają, aby komunikacja miejska funkcjonowała sprawnie i efektywnie. Wprowadzanie do eksploatacji wysoce wartościowych autobusów zeroemisyjnych przemawia za nadawaniem transportowi publicznej większego znaczenia w systemie komunikacyjnym. Jednym ze skutecznych rozwiązań jest wprowadzanie skutecznego priorytetu w ruchu, którego swoistym beneficjentem dzięki różnym sposobom, mogą być m.in. poddane niniejszej analizie autobusy zeroemisyjne. Finalnie jednak, największe korzyści mogą objąć mieszkańców, którym zapewnione mogłyby zostać szybsze, bardziej punktualne i niezawodne przewozy w komunikacji miejskiej.

Każdy pojazd wprowadzany do eksploatacji w komunikacji miejskiej w Legnicy powinien spełniać zalecenia określone w Planie zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego. Zgodnie z zapisami tego dokumentu, nowe autobusy przeznaczone do świadczenia usług w legnickiej komunikacji miejskiej powinny:

- spełniać wymagania środowiskowe, być nowoczesne w zakresie rozwiązań w układach napędowych i hamulcowych,
- mieć estetyczny wygląd i być wykonane z trudnych do zniszczenia materiałów (dotyczy to szczególnie wnętrza pojazdów),
- mieć obniżoną podłogę, szczególnie przy drzwiach wejściowych i w przestrzeni przeznaczonej dla wózków inwalidzkich i dziecięcych,
- posiadać rampę wjazdową,
- być wyposażone w przyklęk w autobusach, uruchamiany przez kierowcę, aby ułatwić wejście osobom niepełnosprawnym na wózkach inwalidzkich lub z wózkami dziecięcymi - jako obowiązujący standard,
- posiadać system lokalizacji GPS oraz monitoring przestrzeni pasażerskiej,
- posiadać system elektronicznej i fonicznej informacji pasażerskiej,
- posiadać całopojazdową klimatyzację,
- posiadać kompleksowy system audiowizualnej informacji pasażerskiej.

Uwzględniając znaczny koszt wymiany taboru, należy przyjąć, że w ramach służb całodziennych oraz w dni wolne od pracy powinien być eksploatowany nowy, ekologiczny tabor, natomiast starszy tabor w ograniczonym zakresie – służby szczytowe, jednozmiannowe, rezerwa.

Nowe autobusy powinny zastąpić najbardziej wyeksploatowane pojazdy we flocie, wciąż gwarantując dopasowanie wielkości pojazdów do popytu efektywnego na przewozy w komunikacji miejskiej. Rekomendowane jest utrzymanie zróżnicowania klas posiadanych autobusów, w zbliżonej strukturze względem obecnej floty operatora.

Sukcesywna wymiana taboru wykorzystywanego do świadczenia usług komunikacji miejskiej przemawiać będzie za wprowadzaniem usprawnień w ruchu dla pojazdów transportu publicznego, tak aby nowe pojazdy sprawnie przewoziły jak największą liczbę pasażerów bez strat czasu w zatorach drogowych.

Strategia Rozwoju Elektromobilności dla miasta Legnicy wyznacza katalog działań planowanych przez Gminę Legnica do wdrażania elektromobilności, wynikającego ze strategicznych dokumentów krajowych, a także ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych. W treści dokumentu zawarto cel strategiczny związany z transportem publicznym – rozwój zero- i niskoemisyjnej komunikacji miejskiej składający się z 3 celów operacyjnych:

- II.1 – modernizacja infrastruktury transportu publicznego - głównymi zadaniami tego celu operacyjnego będzie budowa ładowarek pantografowych przy pętlach, dostosowanie zajezdni autobusowej MPK do obsługi pojazdów zero- i niskoemisyjnych (m.in. wyposażenie w ładowarki dedykowane do pojazdów elektrycznych, przebudowa hal warsztatowych), wybudowanie wiat przystankowych z zasilaniem fotowoltaicznym, wyposażenie części przystanków w tablice Dynamicznej Informacji Pasażerskiej, wdrażanie antyzatok w obszarze śródmiejskim podczas przebudowy układu drogowego, budowa węzła przesiadkowego przy dworcu

kolejowym w Legnicy (integrującego transport kolejowy, miejski, autobusowy regionalny, rowerowy), wyposażonego w stacje wypożyczania miejskich samochodów elektrycznych i rowerów,

- II.2 – usprawnienie komunikacji miejskiej poprzez wyznaczenie wydzielonych pasów dla autobusów (w szczególności na odcinkach generujących opóźnienia pojazdów) oraz rozbudowa systemu przyznającego wysoki priorytet w formie zielonego światła dla pojazdów komunikacji miejskiej, zamontowane urządzeń zliczających pasażerów oraz analizujące ich podróże
- II.3 – ograniczenie emisji generowanej przez komunikację publiczną poprzez wymianę najstarszych autobusów z najniższymi normami na pojazdy zero- i niskoemisyjne oraz wycofanie z ruchu wszystkich pojazdów o normach emisji spalin niższych niż EURO 5.



**Rys. 8.1 Niskoemisyjny autobus hybrydowy MAXI eksploatowany przez MPK Legnica**

*Źródło: Zbiory własne*

W kolejnych latach wraz z rozwojem technologii i spadkiem cen autobusów zeroemisyjnych wynik następnej analizy kosztów i korzyści może wskazywać na zasadność wprowadzenia ich do eksploatacji, niezależnie od zastosowanych rozwiązań technicznych.

**Gmina Legnica deklaruje gotowość do wprowadzenia do eksploatacji autobusów zeroemisyjnych przy uzyskaniu środków zewnętrznych na ten cel. Realizacja zakupu autobusów zeroemisyjnych powinna zostać poprzedzona odpowiednią analizą wykonalności danej inwestycji (w tym np. analizą kosztów i korzyści sporządzoną wyłącznie w aspekcie zakresu rzeczowego projektu w ramach studium wykonalności),**

**w przeciwieństwie do AKK, w którym analizowany jest kompleksowo cały system komunikacji miejskiej w Legnicy**

W zależności od potrzeb i uwarunkowań zewnętrznych, dopuszcza się nakłady inwestycyjne na zakup pojazdów zeroemisyjnych w latach wcześniejszych, aniżeli w terminach wskazanych w AKK.



## 9. Wskazania dotyczące konieczności aktualizacji planu zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego w oparciu o rekomendowane rozwiązania

Na podstawie art. 9 ustawy o publicznym transporcie zbiorowym gminy, którym powierzono zadanie organizacji publicznego transportu zbiorowego na mocy porozumienia międzygminnego, których obszar liczy łącznie co najmniej 80 000 mieszkańców mają obowiązek sporządzenia planu zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 25 maja 2011 r. w sprawie szczegółowego zakresu planu zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego (Dz. U. z 2011 nr 117 poz. 684) w paragrafie 4 określa szczegółowo zawartość planu transportowego. Wymagania zostały przedstawione w poniższej tabeli razem

ze wskazaniami dotyczącymi konieczności aktualizacji planu.

Wyniki niniejszej analizy kosztów i korzyści wskazują, że wprowadzanie do eksploatacji autobusów zeroemisyjnych w komunikacji miejskiej w Legnicy nie jest zasadne (w praktyce bez dofinansowania zewnętrznego), niemniej jednak przewidziano aktualizację „Planu zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego dla Gminy Legnica (...)”. Zakres wymagań dotyczących pojazdów zeroemisyjnych w planie zostały przedstawiony w Tab. 9.1.

**Tab. 9.1 Zakres wymagań dotyczących pojazdów zeroemisyjnych w planie transportowym**

| Zakres   | Konieczność aktualizacji |
|--|--------------------------|
| <b>Ocena i prognoza potrzeb przewozowych z uwzględnieniem w szczególności:</b>   |                          |
| lokalizacji obiektów użyteczności publicznej   | Nie wymaga aktualizacji  |
| gęstości zaludnienia obszaru objętego planem transportowym,  | Nie wymaga aktualizacji  |
| zapewnienia dostępu osobom niepełnosprawnym oraz osobom o ograniczonej zdolności ruchowej do publicznego transportu zbiorowego;  | Nie wymaga aktualizacji  |
| Przewidywane finansowanie usług przewozowych, w tym źródła i formy finansowania  | Nie wymaga aktualizacji  |
| Preferencje dotyczące wyboru rodzaju środków transportu, w szczególności propozycje dotyczące wyboru rodzaju tych środków, uwzględniając infrastrukturę transportową znajdującą się na obszarze objętym planem transportowym | Nie wymaga aktualizacji  |
| <b>Pożądany standard usług przewozowych w przewozach o charakterze użyteczności publicznej, poprzez określenie standardu przewozów i jakości usług przewozowych, uwzględniając potrzebę zapewnienia w szczególności:</b>     |                          |
| ochrony środowiska naturalnego,  | Nie wymaga aktualizacji  |
| dostępu osób niepełnosprawnych oraz osób o ograniczonej zdolności ruchowej do publicznego transportu zbiorowego  | Nie wymaga aktualizacji  |
| <b>Przewidywany sposób organizowania systemu informacji dla pasażera, w tym uwzględniając potrzeby pasażerów związane z dostępem do informacji w zakresie:</b>   |                          |
| godzin przyjazdu lub odjazdu środków transportu  | Nie wymaga aktualizacji  |
| obowiązujących opłat za przejazd   | Nie wymaga aktualizacji  |
| obowiązujących uprawnień do ulgowych przejazdów środkami publicznego transportu zbiorowego   | Nie wymaga aktualizacji  |
| węzłów przesiadkowych  | Nie wymaga aktualizacji  |

| Zakres  | Konieczność aktualizacji   |
|---|--|
| koordynacji połączeń różnych rodzajów środków transportu  | Nie wymaga aktualizacji  |
| regulaminów przewozu osób   | Nie wymaga aktualizacji  |
| <b>Przewidywane wykorzystanie pojazdów elektrycznych lub pojazdów napędzanych gazem ziemnym, oraz planowany termin rozpoczęcia ich użytkowania</b>  |  |
| linie komunikacyjne, na których przewidywane jest wykorzystanie pojazdów elektrycznych lub pojazdów napędzanych gazem ziemnym, oraz planowany termin rozpoczęcia ich użytkowania.   | Dotyczy rozdziału 12<br>Planowana jest elektryfikacja wybranych linii komunikacji miejskiej w Legnicy, na których powinny być eksploatowane pojazdy elektryczne:<br>Całościowo elektryfikowane linie: 5, 6, 23, 24<br>Częściowo elektryfikowane linie: 15, 16,<br>Uzupełniająco elektryfikowane linie: 3, 8, 18 oraz wszystkie pozostałe linie w sieci komunikacyjnej wcześniej niewymienione<br>Wprowadzenie autobusów zeroemisyjnych do eksploatacji będzie następowało sukcesywnie po uzyskaniu stosownych dofinansowań na zakup taboru i infrastruktury ładowania np. z programów krajowych lub wspólnotowych. |
| geograficzne położenie stacji gazu ziemnego   | Nie wymaga uwzględnienia   |
| geograficzne położenie infrastruktury ładowania drogowego transportu publicznego w rozumieniu art. 2 pkt 3 ustawy z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych, zwanej dalej „infrastrukturą ładowania” | Nie wymaga uwzględnienia   |
| miejsce przyłączenia do sieci dystrybucyjnej elektroenergetycznej – planowanej infrastruktury ładowania   | Szczegółowe lokalizacje miejsc przyłączy do sieci dystrybucyjnej elektroenergetycznej w pobliżu infrastruktury ładowania będą ustalane z dostawcą energii.   |
| sieci dystrybucyjnej gazowej – planowanej stacji gazu ziemnego  | Nie wymaga aktualizacji  |
| Planowane magazyny energii  | Nie wymaga aktualizacji  |

Źródło: Opracowanie własne

## 10. Finansowanie inwestycji ze źródeł zewnętrznych

Wskaźnik luki finansowej wyniósł 79%, co oznacza, że niezbędne jest uzyskanie dofinansowania zewnętrznego przy inwestycjach polegających na zakupie autobusów zeroemisyjnych.

W perspektywie finansowej 2021 – 2027 źródłem finansowania mogą być programy operacyjne ze środków Unii Europejskiej. W Umowie Partnerstwa dla realizacji Polityki Spójności 2021-2027 w Polsce w Celu Priorytetowym 2. „Bardziej przyjazna dla środowiska niskoemisyjna Europa” w obszarze transport niskoemisyjny i mobilność miejska przewidziano m. in. następujące działania:

- wsparcie systemów publicznego transportu zbiorowego w ramach miast i ich obszarów funkcjonalnych, w tym dalsza rozbudowa systemu metra, inwestycje w infrastrukturę i nowoczesny tabor szynowy i nisko i **zeroemisyjny tabor kołowy (energia elektryczna, wodór, hybrydy, LNG, CNG)**,
- **budowa i rozbudowa infrastruktury do ładowania i tankowania zeroemisyjnych** komunikacji publicznej, a także rozwój systemów autonomicznych w transporcie miejskim;
- podnoszenie świadomości mieszkańców, pracodawców i władz samorządowych wszystkich szczebli w zakresie propagowania korzystania z niskoemisyjnego transportu zbiorowego i ruchu niezmotoryzowanego.

Do 2029 r. środki na zakup autobusów zeroemisyjnych mogą pochodzić także ze środków krajowych w ramach wieloletniego zobowiązania Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, które zastąpiło zlikwidowany 30.09.2020 r.<sup>34</sup> Fundusz Niskoemisyjnego Transportu. Maksymalny limit

wydatków z budżetu państwa w latach 2022 – 2029 na finansowanie tegoż zobowiązania w postaci docelowej dla NFOŚiGW wynosi 4 175 300 000 zł, przy czym wsparcie na zakup autobusów zeroemisyjnych oraz infrastruktury ich ładowania jest jednym z wielu obszarów potencjalnej alokacji (z zobowiązania finansowane mogą być także inwestycje w budowę stacji dystrybucji lub sprzedaży CNG, LNG, wodoru oraz dofinansowanie zakupu zeroemisyjnych pojazdów M1, czy współfinansowanie FRPA<sup>35</sup>). Jako dotąd, przeprowadzone zostały 3 nabory wniosków w programie priorytetowym Zielony Transport Publiczny, przy czym ostatni z nich z 2023 r. nie został jeszcze rozstrzygnięty.

Budżet na realizację naboru wynosił do 480 435 670,00 zł, w tym:

- dla bezzwrotnych form dofinansowania (dotacji) – do 276 679 011,00 zł, docelowo 2 055 268 688,00 zł (pod warunkiem uruchomienia środków w ramach Krajowego Planu Odbudowy i Zwiększania Odporności (KPO)),
- dla zwrotnych form dofinansowania (pożyczek) – do 203 756 659,00 zł.

Łączna kwota wnioskowanych dotacji ze wszystkich złożonych 79 wniosków wyniosła 2 720 277 110,00 zł, przekraczając tym samym dostępną wówczas alokację. Zawarcie umów o dofinansowanie powyżej kwoty budżetu naboru (do 276 679 011,00 zł) uzależnione jest od uruchomienia środków w ramach KPO. Na rozstrzygnięcie naboru oczekuje także MPK Legnica sp. z o.o. z projektem „Zeroemisyjna komunikacja miejska – zakup autobusów elektrycznych wraz z niezbędną infrastrukturą ładowania przez Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne spółka z ograniczoną odpowiedzialnością w Legnicy” (6 autobusów elektrycznych akumulatorowych MAXI i 7 punktów ładowania).

<sup>34</sup> Ustawa z dnia 14 sierpnia 2020 r. o zmianie ustawy o biokomponentach i biopaliwach ciekłych oraz niektórych innych ustaw (Dz. U. z 2020 r., poz. 1565)

<sup>35</sup> Art. 401 ust. 9c pkt 1-12 ustawy z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz. U. z 2020 r., poz. 1219 z późn. zm.)

## 11. Spis tabel

|  |    |
|--|----|
| Tab. 2.1 Liczba ludności w latach 2013 – 2023 w analizowanym obszarze.....   | 14 |
| Tab. 3.1 Wielkość zrealizowanej pracy eksploatacyjnej w tys. wozokilometrów w latach 2021-2023..   | 16 |
| Tab. 3.2 Przebieg stałych tras linii komunikacji miejskiej w Legnicy (stan na dzień 23.06.2021 r. ....   | 17 |
| Tab. 3.3 Struktura pojazdów według norm spalania i typu pojazdów (stan na 17.05.2024 r.).....  | 20 |
| Tab. 3.4 Struktura pojazdów według wieku i typu pojazdów (stan na dzień 17.05.2024 r.) .....   | 20 |
| Tab. 3.5 Symulacja struktury pojazdów według wieku i typu pojazdów w styczniu 2025 r. ....   | 21 |
| Tab. 3.6 Symulacja struktury pojazdów według wieku i typu pojazdów w styczniu 2028 r. ....   | 21 |
| Tab. 3.7 Średnioroczna emisja gazów i substancji szkodliwych we wszystkich pojazdach eksploatowanych przez operatora (stan na dzień 17.05.2024 r.).....                        | 21 |
| Tab. 3.8 Dane dotyczące zróżnicowania realizowanej liczby wozokilometrów przez poszczególne brygady w dzień roboczy szkolny.....   | 23 |
| Tab. 3.9 Stan obecny pod względem liczby brygad, stanu taboru oraz wykorzystania pojazdów MPK (dane dla dni roboczego szkolnego).....  | 23 |
| Tab. 3.10 Długości przerw międzykursowych w kluczowych przedziałach godzinowych w dzień roboczy szkolny .....  | 24 |
| Tab. 3.11 Punkty kolejowej obsługi pasażerskiej na terenie Legnicy .....   | 25 |
| Tab. 4.1 Przedsięwzięcia realizowane w ostatnich latach (stan na dzień 03.06.2024 r.) .....  | 26 |
| Tab. 4.2 Wybrane przykłady sieci komunikacyjnych w Europie, w których eksploatowane są autobusy o napędzie wodorowym.....  | 28 |
| Tab. 4.3. Parametry eksploatacyjne wybranych modeli autobusów o napędzie wodorowym .....   | 29 |
| Tab. 4.4 Zestawienie przykładowych zamówień na autobusy napędzane wodorem w Europie .....  | 29 |
| Tab. 4.5 Koszty netto wprowadzenia do ruchu autobusów o napędzie wodorowym.....  | 30 |
| Tab. 4.6 Wybrane zakupy autobusów elektrycznych akumulatorowych polskich miast .....   | 32 |
| Tab. 4.7 Liczba brygad w modelu opartym o ładowanie pojazdów wyłącznie metodą plug-in (dla 2028 r.) .....  | 34 |
| Tab. 4.8 Stan taboru, wykorzystanie taboru i udział autobusów elektrycznych akumulatorowych w modelu opartym o ładowanie pojazdów wyłącznie metodą plug-in .....               | 34 |
| Tab. 4.9 Liczba brygad w modelu opartym o ładowanie pojazdów metodą plug-in i ładowarkę pantografową .....   | 38 |
| Tab. 4.10 Stan taboru, wykorzystanie taboru i udział autobusów elektrycznych akumulatorowych w modelu opartym o ładowanie pojazdów metodą plug-in i za pomocą pantografu ..... | 38 |
| Tab. 4.11 Koszty netto zakupu trolejbusów.....   | 42 |
| Tab. 4.12 Koszty netto wprowadzenia do ruchu trolejbusów.....  | 42 |
| Tab. 4.13 Uśrednione koszty zakupu pojazdów o napędzie konwencjonalnym .....   | 43 |
| Tab. 4.14 Analiza wielokryterialna – wagi przypisane kryteriom .....   | 44 |
| Tab. 4.15 Ocena wariantów w poszczególnych aspektach szczegółowych .....   | 45 |
| Tab. 4.16 Wybrane warianty strategiczne odnowy taboru eksploatowanego w komunikacji miejskiej w Legnicy.....   | 47 |
| Tab. 5.1 Nakłady inwestycyjne na wymianę taboru w wariantcie W1 .....  | 49 |
| Tab. 5.2 Nakłady inwestycyjne na wymianę taboru w wariantcie W2.....   | 49 |
| Tab. 5.3 Nakłady inwestycyjne na wymianę taboru w wariantcie W3.....   | 49 |
| Tab. 5.4 Etapowanie elektryfikacji linii komunikacyjnych – wszystkie warianty inwestycyjne.....  | 50 |
| Tab. 5.5 Okres eksploatacji środków trwałych .....   | 50 |
| Tab. 5.6 Harmonogram i wysokość nakładów odtworzeniowych w wariantach objętych analizą. ....   | 51 |

|  |    |
|--|----|
| Tab. 5.7 Skumulowana wartość nakładów odtworzeniowych w analizowanych wariantach .....   | 51 |
| Tab. 5.8 Opis założeń prognozy kosztów eksploatacyjnych .....  | 52 |
| Tab. 5.9 Wartość rezydualna wariantów inwestycyjnych .....   | 54 |
| Tab. 5.10 Efektywność finansowa wariantów inwestycyjnych.....  | 54 |
| Tab. 5.11 Rachunek zysków i strat – Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne sp. z o.o. w Legnicy   | 55 |
| Tab. 5.12 Bilans - Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne sp. z o.o. w Legnicy.....   | 56 |
| Tab. 5.13 Rachunek przepływów pieniężnych - Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne sp. z o.o. w Legnicy .....                             | 57 |
| Tab. 5.14 Historyczne wskaźniki finansowe – Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne sp. z o.o. w Legnicy .....                             | 58 |
| Tab. 6.1 Roczne zestawienia emisji spalin w dolnej warstwie atmosfery oraz gazów cieplarnianych w analizowanych wariantach [w Mg] .....    | 61 |
| Tab. 7.1 Zestawienie kosztów zewnętrznych emisji spalin oraz gazów cieplarnianych na przestrzeni lat 2024-2043 .....                       | 63 |
| Tab. 7.2 Monetyzacja emisji hałasu na przestrzeni lat 2024-2043.....   | 65 |
| Tab. 7.3 Zmiana kosztów zewnętrznych lokalnej emisji szkodliwych substancji do niższych warstw atmosfery na przestrzeni lat 2024-2043..... | 66 |
| Tab. 7.4 Współczynnik korekty CF w analizie ekonomicznej.....  | 66 |
| Tab. 7.5 Wskaźniki efektywności ekonomicznej .....   | 67 |
| Tab. 7.6 Wyniki analizy wrażliwości scenariuszy.....   | 68 |
| Tab. 7.7 Wyniki analizy wrażliwości .....  | 68 |
| Tab. 7.8 Zidentyfikowane ryzyka i ich przyczyny i skutki.....  | 69 |
| Tab. 7.9 Skala prawdopodobieństwa .....  | 71 |
| Tab. 7.10 Siła oddziaływania na projekt .....  | 72 |
| Tab. 7.11 Macierz oceny ryzyka .....   | 72 |
| Tab. 7.12 Zidentyfikowane ryzyka, działania zapobiegawcze oraz możliwość wpływu na ryzyko.....   | 72 |
| Tab. 9.1 Zakres wymagań dotyczących pojazdów zeroemisyjnych w planie transportowym .....   | 77 |



## 12. Spis ilustracji

|  |    |
|--|----|
| Rys. 1.1 Autobus elektryczny akumulatorowy MAXI w Opolu w trakcie szybkiego ładowania ze stacji ładowania pantografowego.....                                | 6  |
| Rys. 1.2 Autobus elektryczny akumulatorowy MEGA18 .....  | 7  |
| Rys. 1.3 Obszar funkcjonowania legnickiej komunikacji miejskiej. ....  | 7  |
| Rys. 1.4 Oznakowanie autobusu zeroemisyjnego .....   | 8  |
| Rys. 1.5 Autobus elektryczny akumulatorowy MEGA18 na stacji szybkiego ładowania w trakcie postoju wyrównawczego .....  | 10 |
| Rys. 1.6 Autobus elektryczny akumulatorowy MAXI na stacji szybkiego ładowania w Świdnicy .....   | 10 |
| Rys. 1.7 Autobus elektryczny z wodorowymi ogniwami paliwowymi MAXI w Poznaniu .....  | 11 |
| Rys. 3.1.1 Wielkość popytu na legnicką komunikację miejską w latach 2018 - 2022 .....  | 16 |
| Rys. 4.1 Autobus elektryczny z wodorowymi ogniwami paliwowymi typu MAXI .....  | 27 |
| Rys. 4.2 Autobus elektryczny z wodorowymi ogniwami paliwowymi typu MAXI w Seulu, Korea Południowa .....  | 28 |
| Rys. 4.3 Autobus elektryczny z wodorowymi ogniwami paliwowymi typu MAXI .....  | 29 |
| Rys. 4.4 Autobus elektryczny akumulatorowy MAXI w Gdańsku .....  | 32 |
| Rys. 4.5 Autobus elektryczny akumulatorowy MAXI na ciągu pieszo-jezdnym w Düsseldorf, Niemcy   | 32 |
| Rys. 4.6 Autobus elektryczny akumulatorowy MAXI podczas szybkiego ładowania, Nicea, Francja ....   | 33 |
| Rys. 4.7 Ładowanie autobusu elektrycznego akumulatorowego MAXI z terenowej ładowarki typu plug-in zlokalizowanej przy dworcu kolejowym w Jeleniej Górze..... | 34 |
| Rys. 4.8 Ładowanie autobusu elektrycznego akumulatorowego z ładowarki pantografowej .....  | 35 |
| Rys. 4.9 Ładowanie autobusu elektrycznego akumulatorowego MEGA18 z ładowarki pantografowej we Wrocławiu.....   | 36 |
| Rys. 4.10 Linie komunikacyjne z możliwością obsługi pojazdami elektrycznymi wraz z lokalizacjami ładowarek.....  | 37 |
| Rys. 4.11 Gęstość zaludnienia w obrębie linii objętych elektryfikacją .....  | 38 |
| Rys. 4.12 Trolejbus MAXI w Lyon, Francja .....   | 39 |
| Rys. 4.13 Trolejbus MEGA18 na odcinku bez sieci trakcyjnej w Lublinie .....  | 40 |
| Rys. 4.14 Trolejbus MEGA25 w ZÜRICH, Szwajcaria.....   | 41 |
| Rys. 4.15 Trolejbus typu MAXI w Lublinie .....   | 42 |
| Rys. 4.16 Symulacja sieci trolejbusowej dla spełnienia warunków z ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych .....                                 | 43 |
| Rys. 4.17 Ocena wariantów w aspektach szczegółowych .....  | 45 |
| Rys. 4.18 Ocena wyboru wariantów do dalszego etapu AKK .....   | 46 |
| Rys. 6.1 Autobus elektryczny akumulatorowy typu MAXI w Berlinie, Niemcy .....  | 60 |
| Rys. 7.1 Autobus MAXI elektryczny akumulatorowy na stacji szybkiego ładowania .....  | 64 |
| Rys. 8.1 Niskoemisyjny autobus hybrydowy MAXI eksploatowany przez MPK Legnica .....  | 75 |

# **Załącznik a - opis taboru**

Tabela 1. Tabor według wieku

| L.p. | Miasto  | Wszyscy operatorzy razem                    |                |                 |              | Wyłącznie operatorzy wewnętrzni             |                |                 |              | Wyłącznie operatorzy zewnętrzni             |                |                 |              |
|------|---------|---|----------------|-----------------|--------------|---|----------------|-----------------|--------------|---|----------------|-----------------|--------------|
|      |         | Liczba autobusów według wieku taboru [szt.] |                |                 |              | Liczba autobusów według wieku taboru [szt.] |                |                 |              | Liczba autobusów według wieku taboru [szt.] |                |                 |              |
|      |         | Do 5 lat                                    | Od 6 do 10 lat | Od 11 do 15 lat | Ponad 15 lat | Do 5 lat                                    | Od 6 do 10 lat | Od 11 do 15 lat | Ponad 15 lat | Do 5 lat                                    | Od 6 do 10 lat | Od 11 do 15 lat | Ponad 15 lat |
| 1.   | Legnica | 0   | 30             | 12              | 21           | 0   | 30             | 12              | 21           | 0   | 0              | 0               |              |

Tabela 2. Tabor według emisyjności

| L.p. | Miasto  | Wszyscy operatorzy razem                             |    |   |   |   |     |    |    | Wyłącznie operatorzy wewnętrzni            |    |   |   |
|------|---------|--|----|---|---|---|-----|----|----|--|----|---|---|
|      |         | Liczba pojazdów spełniających daną normę emisyjności |    |   |   |   |     |    |    | Liczba pojazdów spełniających daną normę e |    |   |   |
|      |         | 1 (lub brak normy)                                   | 2  | 3 | 4 | 5 | EEV | 6  | EV | 1 (lub brak normy)                         | 2  | 3 | 4 |
| 1.   | Legnica | 0  | 11 | 5 | 4 | 4 | 8   | 31 | 0  | 0  | 11 | 5 | 4 |

Tabela 3. Tabor według rodzaju napędów

| L.p. | Miasto  | Wszyscy operatorzy razem              |         |     |      |           |     |     |      | Wyłącznie operatorzy wewnętrzni       |         |     |      |
|------|---------|---------------------------------------|---------|-----|------|-----------|-----|-----|------|---------------------------------------|---------|-----|------|
|      |         | Liczba pojazdów według rodzaju napędu |         |     |      |           |     |     |      | Liczba pojazdów według rodzaju napędu |         |     |      |
|      |         | ON                                    | Hybryda | BEV | FCEV | Trolejbus | CNG | LNG | Inne | ON                                    | Hybryda | BEV | FCEV |
| 1.   | Legnica | 59                                    | 4       | 0   | 0    | 0         | 0   | 0   | 0    | 59                                    | 4       | 0   | 0    |

Tabela 4. Tabor według klasy autobusów

| L.p. | Miasto  | Wszyscy operatorzy razem        |      |      |         |         | Wyłącznie operatorzy wewnętrzni |      |      |         |         | Wyłącznie operatorzy zewnętrzni |      |
|------|---------|---------------------------------|------|------|---------|---------|---------------------------------|------|------|---------|---------|---------------------------------|------|
|      |         | Liczba pojazdów według długości |      |      |         |         | Liczba pojazdów według długości |      |      |         |         | Liczba pojazdów według długości |      |
|      |         | mini                            | midi | maxi | mega 15 | mega 18 | mini                            | midi | maxi | mega 15 | mega 18 | mini                            | midi |
| 1.   | Legnica | 0                               | 2    | 11   | 32      | 13      | 0                               | 2    | 11   | 32      | 13      | 0                               | 0    |

mini: do 8,99 m długości  
midi: 9-10,99 m długości  
maxi: 11-13 m długości  
mega 15: 13,01-16 m długości  
mega 18: powyżej 16 m długości

| i           |     |    |    | Wyłącznie operatorzy zewnętrzni                      |   |   |   |   |     |   |    |
|-------------|-----|----|----|--|---|---|---|---|-----|---|----|
| emisyjności |     |    |    | Liczba pojazdów spełniających daną normę emisyjności |   |   |   |   |     |   |    |
| 5           | EEV | 6  | EV | 1 (lub brak normy)                                   | 2 | 3 | 4 | 5 | EEV | 6 | EV |
| 4           | 8   | 31 | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0   | 0 | 0  |

| i         |     |     |      | Wyłącznie operatorzy zewnętrzni       |         |     |      |           |     |     |      |
|-----------|-----|-----|------|---------------------------------------|---------|-----|------|-----------|-----|-----|------|
| ędu       |     |     |      | Liczba pojazdów według rodzaju napędu |         |     |      |           |     |     |      |
| Trolejbus | CNG | LNG | Inne | ON                                    | Hybryda | BEV | FCEV | Trolejbus | CNG | LNG | Inne |
| 0         | 0   | 0   | 0    | 0                                     | 0       | 0   | 0    | 0         | 0   | 0   | 0    |

| zy zewnętrzni |         |         |
|---------------|---------|---------|
| ędu           |         |         |
| maxi          | mega 15 | mega 18 |
| 0             | 0       | 0       |

# **Załącznik b – spis taboru**



Tabela 5. Spis taboru

| L.p. | Operator    | Marka i model   | Rodzaj napędu | Rok produkcji | Norma emisji EURO | Klasa/ długość (mini, midi, maxi, mega15, mega18) | Średni roczny przebieg autobusu w okresie 3 ostatnich lat | Realne, zmierzone zużycie paliwa na 100km |
|------|-------------|-----------------|---------------|---------------|-------------------|---|---|---|
| 1.   | MPK Legnica | NeoplanN4020    | ON            | 1998          | II                | MEGA15  | 25 331,50   | 48,04                                     |
| 2.   | MPK Legnica | NeoplanN4020    | ON            | 1998          | II                | MEGA15  | 27 985,22   | 47,53                                     |
| 3.   | MPK Legnica | NeoplanN4020    | ON            | 1998          | II                | MEGA15  | 33 378,96   | 47,35                                     |
| 4.   | MPK Legnica | NeoplanN4020    | ON            | 1998          | II                | MEGA15  | 31 449,83   | 41,45                                     |
| 5.   | MPK Legnica | NeoplanN4020    | ON            | 1998          | II                | MEGA15  | 30 729,79   | 45,72                                     |
| 6.   | MPK Legnica | SolarisUrbino15 | ON            | 2014          | VI                | MEGA15  | 45 050,94   | 49,98                                     |
| 7.   | MPK Legnica | SolarisUrbino15 | ON            | 2016          | VI                | MEGA15  | 53 445,99   | 46,24                                     |
| 8.   | MPK Legnica | SolarisUrbino15 | ON            | 2016          | VI                | MEGA15  | 65 804,03   | 47,94                                     |
| 9.   | MPK Legnica | SolarisUrbino15 | ON            | 2016          | VI                | MEGA15  | 69 381,70   | 46,79                                     |
| 10.  | MPK Legnica | SolarisUrbino15 | ON            | 2018          | VI                | MEGA15  | 41 567,25   | 47,14                                     |
| 11.  | MPK Legnica | SolarisUrbino15 | ON            | 2018          | VI                | MEGA15  | 63 575,73   | 44,95                                     |
| 12.  | MPK Legnica | SolarisUrbino15 | ON            | 2013          | EEV               | MEGA15  | 31 887,17   | 51,38                                     |
| 13.  | MPK Legnica | Lion's City     | ON            | 2016          | VI                | MEGA15  | 29 382,20   | 46,16                                     |
| 14.  | MPK Legnica | NeoplanK4016    | ON            | 1999          | II                | MAXI  | 31 979,10   | 39,55                                     |
| 15.  | MPK Legnica | SolarisUrbino12 | ON            | 2000          | II                | MAXI  | 27 453,23   | 41,71                                     |
| 16.  | MPK Legnica | SolarisUrbino12 | ON            | 2000          | II                | MAXI  | 32 135,54   | 39,17                                     |
| 17.  | MPK Legnica | SolarisUrbino12 | ON            | 2002          | II                | MAXI  | 18 539,74   | 39,12                                     |
| 18.  | MPK Legnica | SolarisUrbino12 | ON            | 2002          | II                | MAXI  | 32 555,47   | 39,10                                     |
| 19.  | MPK Legnica | SolarisUrbino12 | ON            | 2002          | II                | MAXI  | 32 255,41   | 40,73                                     |
| 20.  | MPK Legnica | SolarisUrbino12 | ON            | 2011          | V                 | MAXI  | 64 457,92   | 37,88                                     |
| 21.  | MPK Legnica | SolarisUrbino12 | ON            | 2013          | V                 | MAXI  | 74 729,56   | 36,74                                     |
| 22.  | MPK Legnica | SolarisUrbino12 | ON            | 2013          | V                 | MAXI  | 73 818,00   | 37,45                                     |
| 23.  | MPK Legnica | Urbino12        | ON            | 2013          | EEV               | MAXI  | 82 993,85   | 35,37                                     |
| 24.  | MPK Legnica | Urbino12        | ON            | 2013          | EEV               | MAXI  | 71 283,17   | 35,04                                     |
| 25.  | MPK Legnica | Urbino12        | ON            | 2013          | EEV               | MAXI  | 52 270,73   | 35,89                                     |
| 26.  | MPK Legnica | Urbino12        | ON            | 2013          | EEV               | MAXI  | 62 619,07   | 37,01                                     |
| 27.  | MPK Legnica | Urbino12        | ON            | 2013          | VI                | MAXI  | 61 604,78   | 40,06                                     |
| 28.  | MPK Legnica | Urbino12        | ON            | 2016          | VI                | MAXI  | 76 972,28   | 38,48                                     |
| 29.  | MPK Legnica | Urbino12        | ON            | 2016          | VI                | MAXI  | 76 472,42   | 39,48                                     |
| 30.  | MPK Legnica | Urbino12        | ON            | 2016          | VI                | MAXI  | 76 055,57   | 39,20                                     |
| 31.  | MPK Legnica | Urbino12        | ON            | 2016          | VI                | MAXI  | 79 712,96   | 38,62                                     |
| 32.  | MPK Legnica | Urbino12        | ON            | 2016          | VI                | MAXI  | 76 505,05   | 38,98                                     |
| 33.  | MPK Legnica | Urbino12        | ON            | 2016          | VI                | MAXI  | 70 206,99   | 39,17                                     |
| 34.  | MPK Legnica | Urbino12        | ON            | 2016          | VI                | MAXI  | 73 249,55   | 38,76                                     |
| 35.  | MPK Legnica | Urbino12        | ON            | 2016          | VI                | MAXI  | 78 129,52   | 38,68                                     |
| 36.  | MPK Legnica | Urbino12        | ON            | 2016          | VI                | MAXI  | 74 791,08   | 40,19                                     |
| 37.  | MPK Legnica | Urbino12        | ON            | 2016          | VI                | MAXI  | 74 624,86   | 38,63                                     |
| 38.  | MPK Legnica | Urbino12        | ON            | 2016          | VI                | MAXI  | 78 013,66   | 38,81                                     |
| 39.  | MPK Legnica | Urbino12        | ON            | 2016          | VI                | MAXI  | 68 393,47   | 40,22                                     |
| 40.  | MPK Legnica | Urbino12        | ON            | 2017          | VI                | MAXI  | 71 532,09   | 37,79                                     |
| 41.  | MPK Legnica | Urbino12        | ON            | 2017          | VI                | MAXI  | 77 236,05   | 37,40                                     |
| 42.  | MPK Legnica | Urbino12H       | ON            | 2018          | VI                | MAXI  | 73 828,30   | 32,17                                     |
| 43.  | MPK Legnica | Urbino12H       | ON            | 2018          | VI                | MAXI  | 79 423,44   | 30,38                                     |
| 44.  | MPK Legnica | Urbino12H       | ON            | 2018          | VI                | MAXI  | 72 552,50   | 30,89                                     |
| 45.  | MPK Legnica | Urbino12H       | ON            | 2018          | VI                | MAXI  | 76 466,00   | 31,42                                     |
| 46.  | MPK Legnica | SolarisUrbino10 | ON            | 2003          | III               | MIDI  | 19 943,53   | 35,49                                     |
| 47.  | MPK Legnica | SolarisUrbino10 | ON            | 2003          | III               | MIDI  | 22 992,47   | 37,79                                     |
| 48.  | MPK Legnica | SolarisUrbino10 | ON            | 2004          | III               | MIDI  | 34 210,04   | 36,39                                     |
| 49.  | MPK Legnica | SolarisUrbino10 | ON            | 2004          | III               | MIDI  | 28 349,89   | 36,02                                     |
| 50.  | MPK Legnica | SolarisUrbino10 | ON            | 2004          | III               | MIDI  | 40 366,23   | 37,13                                     |
| 51.  | MPK Legnica | SolarisUrbino10 | ON            | 2006          | IV                | MIDI  | 35 741,56   | 38,74                                     |
| 52.  | MPK Legnica | SolarisUrbino10 | ON            | 2006          | IV                | MIDI  | 34 741,30   | 37,91                                     |
| 53.  | MPK Legnica | SolarisUrbino10 | ON            | 2006          | IV                | MIDI  | 41 022,54   | 38,01                                     |
| 54.  | MPK Legnica | SolarisUrbino10 | ON            | 2006          | IV                | MIDI  | 39 184,61   | 35,39                                     |
| 55.  | MPK Legnica | Urbino10        | ON            | 2013          | EEV               | MIDI  | 65 325,24   | 32,28                                     |
| 56.  | MPK Legnica | Urbino10        | ON            | 2013          | EEV               | MIDI  | 37 595,59   | 33,52                                     |
| 57.  | MPK Legnica | SolarisUrbino18 | ON            | 2008          | V                 | MEGA18  | 26 863,63   | 52,74                                     |
| 58.  | MPK Legnica | SolarisUrbino18 | ON            | 2017          | VI                | MEGA18  | 29 347,92   | 52,35                                     |
| 59.  | MPK Legnica | SolarisUrbino18 | ON            | 2017          | VI                | MEGA18  | 51 473,51   | 48,59                                     |
| 60.  | MPK Legnica | SolarisUrbino18 | ON            | 2017          | VI                | MEGA18  | 57 569,98   | 50,92                                     |
| 61.  | MPK Legnica | SolarisUrbino18 | ON            | 2017          | VI                | MEGA18  | 59 108,19   | 50,20                                     |
| 62.  | MPK Legnica | Sprinter City   | ON            | 2016          | VI                | MINI  | 22 732,07   | 13,00                                     |
| 63.  | MPK Legnica | Urbino8,9 LE    | ON            | 2013          | EEV               | MINI  | 43 728,15   | 28,04                                     |

mini: do 8,99 m długości  
midi: 9-10,99 m długości  
maxi: 11-13 m długości  
mega 15: 13,01-16 m długości  
mega 18: powyżej 16 m długości

| Etykiety Średnia z Realne, zmierzone zużycie paliwa na 100km |              | Etykiety wie Liczba z Marka i Średnia z Średni roczny przebieg autobusu w okresie 3 ostatnich lat |              | Średnia z Realne, zmierzone zużycie paliwa na 100km |              |
|--|--------------|---|--------------|---|--------------|
| <b>VI</b>  | <b>40,44</b> | <b>VI</b>   | <b>31,00</b> | <b>64 651,94</b>                                    | <b>40,44</b> |
| MI   | 13,00        | Lion's C  | 1,00         | 29 382,20   | 46,16        |
| ME   | 50,51        | SolarisU  | 6,00         | 56 470,94   | 47,17        |
| ME   | 47,17        | SolarisU  | 4,00         | 49 374,90   | 50,51        |
| MA   | 37,77        | Sprinter  | 1,00         | 22 732,07   | 13,00        |
| <b>V</b>   | <b>41,20</b> | Urbino1:  | 15,00        | 74 233,36   | 38,97        |
| ME   | 52,74        | Urbino1:  | 4,00         | 75 567,56   | 31,21        |
| MA   | 37,36        | <b>V</b>  | <b>4,00</b>  | <b>59 967,28</b>                                    | <b>41,20</b> |
| <b>IV</b>  | <b>37,51</b> | SolarisU  | 3,00         | 71 001,83   | 37,36        |
| MIC  | 37,51        | SolarisU  | 1,00         | 26 863,63   | 52,74        |
| <b>III</b>   | <b>36,57</b> | <b>IV</b>   | <b>4,00</b>  | <b>37 672,50</b>                                    | <b>37,51</b> |
| MIC  | 36,57        | SolarisU  | 4,00         | 37 672,50   | 37,51        |
| <b>II</b>  | <b>42,68</b> | <b>III</b>  | <b>5,00</b>  | <b>29 172,43</b>                                    | <b>36,57</b> |
| ME   | 46,02        | SolarisU  | 5,00         | 29 172,43   | 36,57        |
| MA   | 39,90        | <b>II</b>   | <b>11,00</b> | <b>29 435,80</b>                                    | <b>42,68</b> |
| <b>EEV</b>   | <b>36,06</b> | Neoplan   | 1,00         | 31 979,10   | 39,55        |
| MI   | 28,04        | Neoplan   | 5,00         | 29 775,06   | 46,02        |
| MIC  | 32,90        | SolarisU  | 5,00         | 28 587,88   | 39,97        |
| ME   | 51,38        | <b>EEV</b>  | <b>8,00</b>  | <b>55 962,87</b>                                    | <b>36,06</b> |
| MA   | 35,83        | SolarisU  | 1,00         | 31 887,17   | 51,38        |
| <b>Suma k</b>  | <b>39,83</b> | Urbino1:  | 2,00         | 51 460,41   | 32,90        |
|  |              | Urbino1:  | 4,00         | 67 291,70   | 35,83        |
|  |              | Urbino8,  | 1,00         | 43 728,15   | 28,04        |
|  |              | <b>Suma końcc</b>   | <b>63,00</b> | <b>52 573,46</b>                                    | <b>39,83</b> |

# **Załącznik c – opis wariantów**





# **Załącznik d – ocena efektów środowiskowych**



