

# Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej na terenie Płocka

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





Dokument przygotowany przez:  
TRAKO PROJEKTY TRANSPORTOWE  
Szamborski i Szelukowski S.J. ©  
ul. Jaracza 71/9, 50-305 Wrocław,  
e-mail: poczta@trako.com.pl  
[www.trako.com.pl](http://www.trako.com.pl)

## Spis treści

1	Cel analizy .....	6
1.1	Wykaz stosowanych akronimów, skrótów i pojęć .....	7
2	Uwarunkowania techniczne i prawne .....	8
2.1	Uwarunkowania prawne.....	8
2.2	Uwarunkowania techniczne .....	10
3	Pogłębiona analiza eksploatacyjna przewozów w komunikacji miejskiej .....	12
3.1	Charakterystyka sieci komunikacyjnej .....	12
3.1.1	Założenia i wymagania płynące z obowiązujących umów o świadczenie usług przewozowych .....	12
3.1.2	Obecny układ sieci.....	13
3.1.3	Koszty eksploatacyjne .....	21
3.1.4	Ocena zapewnienia trwałości instytucjonalnej funkcjonowania analizowanego systemu komunikacji miejskiej w okresie analizy .....	22
3.2	Charakterystyka floty operatora komunikacji miejskiej .....	22
3.2.1	Projekty wymiany taboru – przedsięwzięcia realizowane i planowane .....	22
3.2.2	Normy emisji spalin.....	23
3.2.3	Obecna oraz planowana struktura wieku pojazdów i program wymiany taboru .....	24
3.2.4	Szacunkowa emisja szkodliwych substancji i gazów cieplarnianych w ujęciu rocznym	26
3.3	Analiza parametrów eksploatacyjnych sieci i linii komunikacyjnych .....	27
3.3.1	Wskaźnik wykorzystania taboru .....	29
3.3.2	Prędkości komunikacyjne i eksploatacyjne w przekroju sieci i linii komunikacyjnych ..	30
3.3.3	Poziom zróżnicowania realizowanej liczby wozokilometrów przez poszczególne brygady	32
3.3.4	Analiza rozkładów jazdy.....	32
4	Analiza ekonomiczno – finansowa możliwości eksploatacji autobusów zeroemisyjnych...	36
4.1	Ocena wprowadzenia do eksploatacji autobusów o napędzie wodorowym .....	37
4.1.1	Charakterystyka parametrów eksploatacyjnych autobusów o napędzie wodorowym	38
4.1.2	Koszty inwestycyjne zakupu taboru .....	39
4.1.3	Koszty inwestycji w infrastrukturę do tankowania pojazdów.....	41
4.2	Ocena wprowadzenia do eksploatacji autobusów o napędzie elektrycznym akumulatorowym .....	42
4.2.1	Charakterystyka parametrów eksploatacyjnych autobusów o napędzie elektrycznym akumulatorowym .....	42

4.2.2	Koszty inwestycyjne w modelu opartym o ładowanie pojazdów wyłącznie metodą plug-in	44
4.2.3	Możliwość wprowadzenia pojazdów elektrycznych akumulatorowych w modelu opartym o ładowanie pojazdów wyłącznie metodą plug-in.....	44
4.2.4	Koszty inwestycyjne w modelu opartym o ładowanie pojazdów ładowarkami plug-in i za pomocą pantografu .....	45
4.2.5	Możliwość wprowadzenia pojazdów elektrycznych akumulatorowych w modelu opartym o ładowanie pojazdów ładowarkami plug-in i pantografowymi .....	45
4.3	Ocena wprowadzenia do eksploatacji trolejbusów .....	49
4.3.1	Charakterystyka parametrów eksploatacyjnych trolejbusów .....	49
4.3.2	Koszty inwestycyjne zakupu taboru .....	50
4.3.3	Koszty inwestycji w infrastrukturę sieciową i punktową.....	51
4.3.4	Możliwość wprowadzenia trolejbusów w Płocku.....	52
4.4	Ocena wprowadzenia do eksploatacji autobusów zasilanych gazem CNG lub LNG .....	53
4.4.1	Charakterystyka parametrów eksploatacyjnych autobusów zasilanych gazem CNG ...	53
4.4.2	Charakterystyka parametrów eksploatacyjnych i koszty inwestycyjne autobusów zasilanych gazem LNG.....	55
4.4.3	Koszty inwestycyjne zakupu taboru zasilanego CNG.....	56
4.4.4	Koszty inwestycji w infrastrukturę do tankowania pojazdów napędzanych CNG.....	57
4.4.5	Możliwość wprowadzenia autobusów zasilanych gazem CNG w Płocku .....	58
4.4.6	Możliwość wprowadzenia autobusów zasilanych gazem LNG w Płocku.....	58
4.5	Ocena utrzymania w eksploatacji wyłącznie autobusów o napędzie spalinowym uzupełnianych o autobusy inne niż zeroemisyjne .....	58
4.6	Analiza wielokryterialna (MCA) wyboru wariantu wymiany taboru .....	59
5	Analiza finansowa .....	64
5.1	Założenia i metodyka analizy finansowej.....	64
5.2	Nakłady inwestycyjne .....	64
5.3	Wartość nakładów odtworzeniowych.....	66
5.4	Prognoza kosztów operacyjnych wariantów .....	68
5.5	Wartość rezydualna .....	69
5.6	Efektywność finansowa projektu zakupu taboru.....	69
6	Oszacowanie efektów środowiskowych związanych z emisją szkodliwych substancji dla środowiska naturalnego i zdrowia ludzi .....	71
7	Analiza społeczno-ekonomiczna uwzględniająca wycenę kosztów związanych z emisją szkodliwych substancji .....	73
7.1	Wycena kosztów związanych z emisją szkodliwych substancji emitowanych podczas eksploatacji autobusów o napędzie elektrycznym.....	73

7.2	Emitowany hałas podczas eksploatacji autobusów o napędzie spalinowym oraz elektrycznym .....	74
7.3	Inne korzyści zewnętrzne.....	77
7.4	Wskaźniki efektywności ekonomicznej .....	78
8	Analiza ryzyka.....	80
9	Rekomendacje dotyczące strategii wymiany taboru z uwzględnieniem różnych napędów autobusów w perspektywie do 2028 roku.....	84
10	Wskazania dotyczące konieczności aktualizacji planu zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego w oparciu o rekomendowane rozwiązania.....	86
11	Finansowanie inwestycji ze źródeł zewnętrznych .....	88



## 1 Cel

## analizy

Celem niniejszego dokumentu jest przeprowadzenie pogłębionej analizy kosztów i korzyści wprowadzenia do eksploatacji w płockiej komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych. Opracowanie zostało wykonane przede wszystkim w oparciu o ustalenia płynące z treści zapisów Ustawy z dnia 11 stycznia 2018r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (Dz.U. 2018 poz. 317) oraz niżej wymienionych aktów prawnych:

- Ustawa z dnia 16 grudnia 2010r. o publicznym transporcie zbiorowym (Dz.U. z 2017 r. poz. 2136 z późn. zm.),
- Ustawa z dnia 17 lipca 2009 r. o systemie zarządzania emisjami gazów cieplarnianych i innych substancji (Dz. U. z 2017 r. poz. 286 z późn. zm.).

Ponadto opracowanie sporządzono zgodnie z niżej wymienionymi dokumentami:

- „Niebieska Księga. Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach” Nowa edycja, Jaspers, sierpień 2015 r.,
- „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 w zakresie zagadnień związanych z przygotowaniem projektów inwestycyjnych, w tym projektów generujących dochód i projektów hybrydowych na lata 2014-2020”.

W pierwszych rozdziałach opracowania przedstawiono uwarunkowania techniczne i prawne, wprowadzając czytelnika w temat elektromobilności oraz przeprowadzono pogłębioną analizę eksploatacyjną przewozów w komunikacji miejskiej w Płocku, kluczową dla precyzyjnej analizy wariantowej prowadzącej do wyboru typu autobusów zeroemisyjnych.



**Rys. 1.1 Autobus elektryczny akumulatorowy w Jaworznie**

Źródło: Zbiory własne

Efektem analizy jest wyłonienie najkorzystniejszego wariantu w wyniku porównania m.in. kosztów wdrożenia oraz parametrów eksploatacyjnych.

Dla wybranego wariantu wprowadzenia do ruchu autobusów zeroemisyjnych opracowana została analiza finansowa i ekonomiczna, uwzględniająca potencjalne korzyści społeczne i środowiskowe, w odniesieniu do alternatywnego wariantu opartego na odtwarzaniu floty w oparciu o autobusy spalinowe. Ostatnim etapem analizy jest przedstawienie rekomendacji dotyczących strategii wymiany taboru komunikacji miejskiej w Płocku w perspektywie do 2028 roku.

## 1.1 Wykaz stosowanych akronimów, skrótów i pojęć

- AKK – analiza kosztów i korzyści
- BCR, B/C – (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 – (conversion factor) wskaźnik konwersji
- ENPV – (economic net present value) ekonomiczna wartość bieżąca netto
- ERR – (economic rate of return) ekonomiczna stopa zwrotu
- FNPV – (financial net present value) finansowa wartość bieżąca netto
- FNPV/c – finansowa wartość bieżąca netto z inwestycji
- FRR/c – finansowa stopa zwrotu z inwestycji
- 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 przegubowy o długości ok. 18 metrów
- Postój wyrównawczy – przerwa międzykursowa zaplanowana w rozkładzie jazdy na przystanku krańcowym
- Praca eksploatacyjna – liczba wykonywanych wozokilometrów przez środki transportu
- Prędkość eksploatacyjna – przeciętna prędkość z uwzględnieniem czasu postoju na przystankach pośrednich i długości przerw międzykursowych
- Prędkość komunikacyjna – przeciętna prędkość z uwzględnieniem czasu postoju na przystankach pośrednich
- uepa – Ustawa z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (Dz. U. z 07.02.2018 r., poz. 317)
- W0 – wariant bazowy
- W1 – 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

## 2 Uwarunkowania techniczne i prawne

### 2.1 Uwarunkowania

### prawne

Rozwój elektromobilności w Polsce wspierany jest przez Ustawę z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (Dz. U. z 07.02.2018 r., poz. 317), której zapisy odnoszą się również do sektora transportu publicznego. Wskazana w ustawie definicja autobusu zeroemisyjnego precyzuje ten typ pojazdu jako autobus wykorzystujący do napędu energię elektryczną wytworzoną z wodoru w zainstalowanych w nim ogniach 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 2017 r. poz. 286 ze zm.) oraz trolejbus<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, biometan), autobusy hybrydowe, autobusy hybrydowo – elektryczne oraz autobusy gazowo – elektryczne.



Rys. 2.1 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% ma być osiągane etapowo<sup>3</sup>:

- 5% od 1 stycznia 2021 r.,

<sup>1</sup> Art. 2 ust. 1 Ustawy z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (Dz. U. z 07.02.2018 r., poz. 317).

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

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



- 10% od 1 stycznia 2023 r.,
- 20% od 1 stycznia 2025 r.,
- 30% od 1 stycznia 2028 r.

Wskazane wymagane minimalne udziały uznaje się za odnoszące się wprost do sumarycznej 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 pierwsza analiza ma zostać opracowana w terminie do 31 grudnia 2018 r.<sup>4</sup>.

**Gmina - Miasto Płock z liczbą mieszkańców 120 787<sup>5</sup>, pełniąca funkcję organizatora przewozów o charakterze komunikacji miejskiej, jest ustawowo jednostką samorządu terytorialnego 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 ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na

środowisko (Dz. U. z 2017 r. poz. 1405 ze zm.). 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 Energii,
- ministrowi właściwemu do spraw gospodarki – obecnie Ministrowi Przedsiębiorczości i Technologii,
- ministrowi właściwemu do spraw środowiska – aktualnie Ministrowi 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.

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

<sup>5</sup> Dane według stanu na dzień 31.12.2017 r., źródło: <http://bdl.stat.gov.pl/>, dostęp 13.08.2018 r.

## 2.2 Uwarunkowania

## techniczne

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

Trolejbusy stanowią jeden z najdłużej eksploatowanych środków transportu publicznego, pozostając wciąż popularnymi pojazdami przede wszystkim w niektórych państwach azjatyckich i europejskich.

Eksploatacja trolejbusów wymaga utworzenia odpowiedniej infrastruktury sieciowej, niezbędnej do realizowania przewozów. W ostatnich latach producenci trolejbusów rozwinęli napędy pomocnicze (silniki spalinowe, akumulatory), pozwalające na wykorzystywanie ich na odcinkach sieci pozbawionych sieci trakcyjnej, znacząco zwiększając ich zasięg oraz elastyczność planowania tras. Obecnie czołowi europejscy producenci oferują trolejbusy typu MAXI, MEGA15, MEGA 18, MEGA 25.



**Rys. 2.2 Trolejbus w Lucernie**

Źródło: Zbiory własne

Na przestrzeni ostatnich lat coraz większą popularność zdobywają autobusy elektryczne akumulatorowe, poruszające się dzięki zainstalowanym akumulatorom, ładowanymi na rozmaite sposoby. Podstawowa metoda

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



**Rys. 2.3 Autobus elektryczny akumulatorowy w Jaworznie**

Źródło: Zbiory własne

Ze względu na relatywnie długi czas potrzebny do naładowania autobusu (nawet do 6 – 8 godzin, zależnie od konfiguracji akumulatorów w autobusie i ładowarki), ładowanie typu plug – in odbywa się najczęściej w porze nocnej na terenie zajezdni operatora transportu publicznego. Obecnie najczęściej stosowane akumulatory pozwalają na wykonanie maksymalnie do 150 - 200 km na jednym ładowaniu autobusu, przez co rozwijają się uzupełniające metody ładowania autobusów elektrycznych. 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 pantografu:

- pantografy podnoszone, które są montowane na dachach autobusów i na czas ładowania unoszone są podczas postoju pod ładowarką,

- pantograpy odwrócone, opuszczane z masztu pantografowego do strefy gniazda ładowania, ulokowanego na dachu autobusu.

Na chwilę obecną, na rynku elektrobusów w Polsce i Europie widać tendencję wykorzystywania ładowania poprzez pantograf odwrócony, a czołowi producenci taboru podjęli kroki do ustandaryzowania systemu ładowania, właśnie w ten sposób.



**Rys. 2.4 Autobus elektryczny akumulatorowy na stacji szybkiego ładowania w Krakowie**

Źródło: Zbiory własne

Drugą metodą jest ładowanie z wykorzystaniem pętli indukcyjnej zbudowanej pod przystankiem lub przystankiem krańcowym. Obie z tych metod pozwalają znacząco zwiększyć łączny zasięg autobusów elektrycznych akumulatorowych, dając możliwość przydzielania ich do obsługi zadań całodziennych, z przebiegami nawet do 300 – 400 km dziennie, jest to jednak metoda najdroższa we wdrożeniu i nie wykorzystywana obecnie w Polsce. Główni europejscy producenci taboru dla transportu publicznego

oferują autobusy elektryczne akumulatorowe o klasach wielkościowych MINI, MIDI, MAXI, MEGA18.

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 wiążane są duże nadzieje wynikające z przewidywanego zasięgu kursowania na poziomie nawet do 350 km dziennie.



**Rys. 2.5 Autobus na ogniwa wodorowe polskiej konstrukcji**

Źródło: Travelarz, <https://commons.wikimedia.org/wiki/>, dostęp: 20.07.2018 r.

Eksplatacja autobusów napędzanych wodorem wiąże się z koniecznością budowy odpowiednich stacji do ich tankowania, jako że obecnie na terenie Polski nie ma stacji tankowania wodorem, niezbędnym do zasilania ogniw paliwowych, jak i nie jest prowadzona dystrybucja czystego wodoru na potrzeby transportowe.

## 3 Pogłębiona analiza eksploatacyjna przewozów w komunikacji miejskiej

### 3.1 Charakterystyka sieci komunikacyjnej

#### 3.1.1 Założenia i wymagania płynące z obowiązujących umów o świadczenie usług przewozowych

Umowa pomiędzy organizatorem a operatorem (Komunikacja Miejska - Płock spółka z o.o. z siedzibą w Płocku zwana dalej Komunikacja Miejska - Płock) została zawarta w dniu 4 września 2018 r. trybie bezpośrednim dotyczącym podmiotu wewnętrznego gminy i obowiązuje do 4 września 2028 roku. Przedmiotem kontraktu jest świadczenie przez operatora na rzecz organizatora usług komunikacji miejskiej na określonych liniach w granicach miasta Płock oraz gmin, z którymi zawarto porozumienia w zakresie wynikającym z Planu Świadczenia Usług. Usługi muszą być świadczone wyłącznie pojazdami oznakowanymi zgodnie z wymaganiami określonymi w załączniku do umowy. Operator może świadczyć usługi na rzecz osób trzecich, na podstawie odrębnych zleceń, jednak nie mogą być do tego wykorzystane autobusy zakupione z projektów dofinansowanych ze środków Unii Europejskiej. Komunikacja Miejska - Płock Sp. z o. o. jest zobowiązana do świadczenia usług zgodnie ze standardami świadczenia usług określonymi w załączniku do umowy, a sama powinna dążyć do stałego podnoszenia jakości i efektywności. W ramach umowy, operator ma obowiązek:

- realizować inwestycje taborowe, pozwalające wypełnić przyjęte parametry jakościowe usług przewozowych,
- ogłaszać w pojazdach i na przystankach informacje o funkcjonowaniu przewozów na liniach autobusowych oraz dotyczące

publicznego transportu zbiorowego na terenie miasta i gmin ościennych,

- dostosować i wykorzystać odpowiedniej wielkości tabor na liniach autobusowych,
- promować przejazdy komunikacją miejską oraz wizerunek operatora w celach marketingowych.

Jednym z zadań organizatora jest określanie szczegółowych standardów dla funkcjonowania linii komunikacyjnych (preferowana częstotliwość, rodzaj taboru kursującego na linii). Kontrakt zobowiązuje Miasto do opracowania lub uaktualniania Planu Świadczenia Usług przy konsultacji z operatorem i uwzględnieniem jego możliwości taborowych. Plan Świadczenia Usług może się zmienić w przypadku: nagłego wzrostu lub spadku liczby pasażerów na danej linii autobusowej, dopuszczenia do ruchu nowej ulicy lub zamknięcia do długotrwałego remontu lub przebudowy, braku środków finansowych w budżecie Miasta Płock na realizację założonych wskaźników. Łączna liczba wozokilometrów dla przewozów autobusowych może wzrosnąć lub zmaleć o nie więcej niż 10% w każdym kolejnym roku kalendarzowym w stosunku do wielkości określonej dla poprzedniego roku kalendarzowego z wyjątkiem wycofania się okolicznych gmin z porozumień. Większe zmiany liczby planowanych do wykonania wozokilometrów są możliwe w drodze ustaleń pomiędzy organizatorem a operatorem, jeśli w budżecie Miasta są zapewnione środki na



zapłatę zwiększonej Rekompensaty. W okresach spiętrzeń przewozowych (obchody rocznic, obsługa imprez masowych, linii cmentarnych, uruchomienie komunikacji zastępczej) może zostać zwiększona liczba wozokilometrów oraz wykorzystany tabor rezerwowy. W przypadku, gdy operator nie może świadczyć usług z przyczyn niezależnych od siebie lub nie posiada wystarczającej liczby taboru jest uprawniony do zlecenia w danym roku świadczenia osobom trzecim na poziomie nie większym niż 10% łącznej liczby wozokilometrów wynikającego z planu świadczenia usług oraz planu operacyjnego na dany rok.

Komunikacja Miejska – Płock Sp. z o. o. ma również obowiązek zapewnić utrzymanie składników majątku (w tym taboru) niezbędnego do świadczenia usług, biorąc pod uwagę ich wiek, stan i przeznaczenie. Przy zakupie nowych środków transportowych operator jest zobowiązana do wprowadzania nowoczesnych rozwiązań technicznych oraz dostosowania pojazdów do potrzeb osób niepełnosprawnych. Zgodnie z umową wszelkie koszty eksploatacyjne, odpowiedniego personelu do świadczenia usług oraz związane z odtworzeniem taboru ponosi operator.

### 3.1.2 Obecny

Sieć komunikacji miejskiej w Płocku składa się z 53 linii komunikacyjnych, spośród których wyróżnić można:

- według kryterium przestrzennego:
  - 37 linii miejskich: 0, 2, 3, 4, 7, 10, 13, 14, 15, 19, 20, 22, 24, 26, 31, 32, 33, 35, 37, 43, 44, 60, 61, 62, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 81, 87, A, N1, N2, N3
  - 16 linii podmiejskich: 100, 101, 102, 103, 104, 105, 110, 111, 112, 120, 121, 130, 140, 160, L1, L2,
- według kryterium zakresu funkcjonowania w przekroju roku:

Komunikacja Miejska - Płock Sp. z o.o. ma także za zadanie prowadzić produkcję, sprzedaż oraz kontrolę biletów (ta ostatnia może być prowadzona przez osoby trzecie i musi być zapewniona jak największa jej efektywność). Przychody z biletów należą do Komunikacji Miejskiej – Płock Sp. z o. o. i nie są przekazywane do Miasta Płock.

Miasto zobowiązuje się do finansowania inwestycji w zakresie infrastruktury transportowej w zakresie niezbędnym do świadczenia usług. Komunikacja Miejska – Płock w zakresie finansowania inwestycji jest zobowiązana do przedłożenia organizatorowi do 30 września każdego roku programu inwestycyjnego na następny rok obejmującego inwestycje w zakresie taboru oraz infrastruktury technicznej do świadczenia usług. Miasto może przekazać operatorowi w celu świadczenia usług tabor zakupiony w ramach projektów współfinansowanych ze środków Unii Europejskiej. Przekazanie taboru może nastąpić w każdy prawny dopuszczalny sposób, szczególnie w formie aportu celem podwyższenia kapitału zakładowego spółki.

### układ

### sieci

- 42 linie całorocznych: 0, 2, 3, 4, 7, 10, 13, 14, 15, 19, 20, 22, 24, 26, 31, 32, 33, 35, 37, 60, 61, 62, A, N1, N2, N3, L1, L2 100, 101, 102, 103, 104, 105, 110, 111, 112, 120, 121, 130, 140, 160,
- 2 linie o charakterze sezonowym: 43, 44,
- 2 linie kursujące wyłącznie w święta: 81, 87,
- 7 linii kursujących w okresie Wszystkich Świętych: 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77,
- według kryterium zakresu funkcjonowania w przekroju tygodnia:



- 32 linie kursujące całotygodniowo: 0, 2, 3, 4, 7, 10, 14, 15, 19, 20, 22, 24, 26, 31, 32, 33, 35, 43, 44, 60, 1, 62, A, N1, N3, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 110, 111, 130, 140, 160,
  - 11 linii kursujących od poniedziałku do piątku: A, L1 (kursuje tylko w dni nauki szkolnej), L2, 13 (kursuje tylko w dni nauki szkolnej), 37, 61, 62, 112, 120, 121 (kursuje tylko w dni nauki szkolnej), 160,
  - 9 linii kursujących w wybrane dni świąteczne: 81, 87, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77,
  - 1 linia nocna kursująca w nocy z piątku na sobotę oraz z soboty na niedzielę: N2,
- według kryterium czasu funkcjonowania w przekroju doby (nie dotyczy linii świątecznych i cmentarnych):
  - 27 linii kursujących przez cały dzień lub większą część dnia: 0, 2, 3, 4, 7, 10, 14, 15, 19, 20, 22, 24, 26, 35, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 110, 111, 112, 120, 130, 140, 160,
  - 14 linii okresowych: 13, 31, 32, 33, 37, 60, 61, 62, 43, 44, 121, A, L1, L2,
  - 3 linie nocne: N1, N2, N3
- według kryterium znaczenia linii w sieci komunikacyjnej:
  - 3 linie priorytetowe: 3, 19, 22,
  - 9 linii podstawowych: 0, 2, 7, 10, 14, 20, 26, 35, A,
  - 3 linie uzupełniające: 4, 15, 24,
  - 4 linie wahadłowe: 31, 32, 33, 37,
  - 2 linie sezonowe: 43, 44,
  - 2 linie świąteczne: 81, 87,
  - 7 linii cmentarnych: 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77,
  - 3 linie nocne: N1, N2, N3,
  - 2 linie gminne: L1, L2
  - 18 linii dodatkowych: 13, 60, 61, 62, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 110, 111, 112, 120, 121, 130, 140, 160.

Obszar funkcjonowania komunikacji miejskiej obejmuje teren Gminy – Miasto Płock, pełniąc funkcję jej organizatora oraz 10 gmin, które powierzyły Gminie Miasto – Płock organizację komunikacji miejskiej na mocy stosownych porozumień międzygminnych, tj. Bielsk (10 miejscowości), Brudzeń Duży (16 miejscowości), Gąbin (14 miejscowości), Gozdowo (9 miejscowości), Łąck (1 miejscowość), Nowy Duninów (9 miejscowości), Radzanowo (11 miejscowości), Słupno (3 miejscowości), Stara Biała (23 miejscowości) oraz Staroźreby (3 miejscowości). W Tab. 3.1 zaprezentowano wielkość zrealizowanej pracy eksploatacyjnej w wozokilometrach w latach 2015-2017.

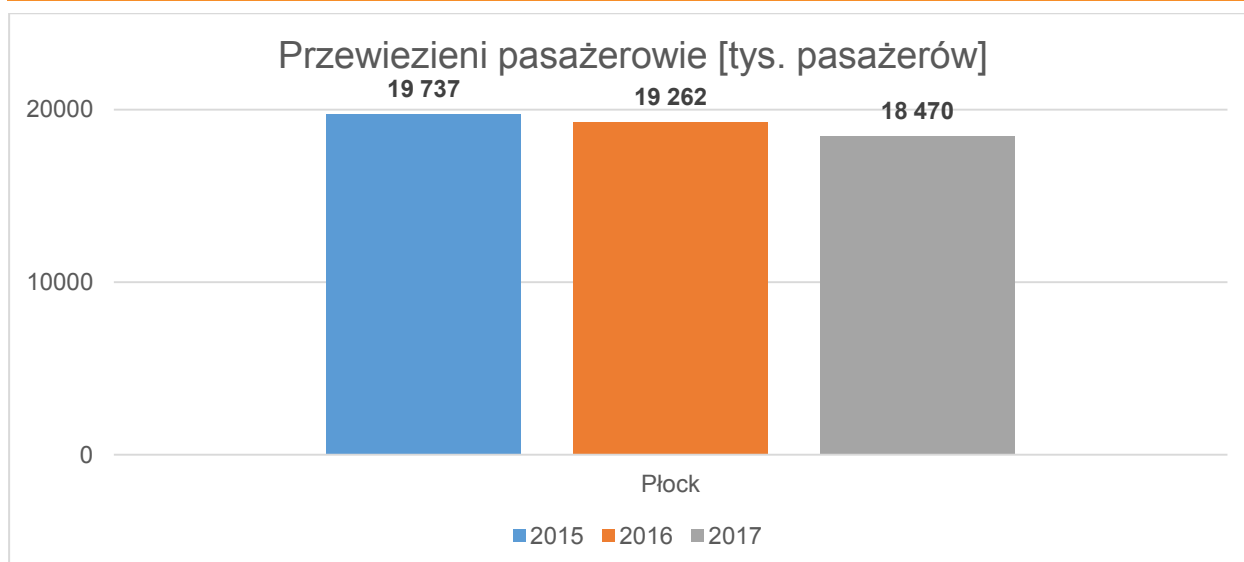
**Tab. 3.1 Wielkość zrealizowanej pracy eksploatacyjnej w wozokilometrach w latach 2015-2017**

Rok	Miasto Płock i okoliczne gminy	ROZNICE
2015	6223,0	6223,0
2016	6417,0	6417,0
2017	6225,0	6225,0

Źródło: opracowanie własne na podstawie Biuletynu IGKM „Komunikacja miejska w liczbach” za lata 2015, 2016, 2017

Na Rys. 3.1 przedstawiono liczbę przewiezionych pasażerów, który wskazuje na 4,7% spadek wielkości popytu na usługi płockiej komunikacji miejskiej w latach 2015 – 2017. W Tab. 3.2 przedstawiono trasy oraz długość na liniach obsługiwanych przez KM sp. z o.o. w Płocku. Najkrótsza linia – 61 (oprócz linii 44 o

charakterze sezonowym), ma długość 4,3 km i kursuje pomiędzy przystankami: Orlen, brama I oraz Winiary (Szpital). Najdłuższą linią jest linia podmiejska 102 o długości 34,4 km, która obsługuje znaczny obszar poza granicami miasta na terenie Gminy Brudzeń Duży i Stara Biała.



**Rys. 3.1 Przewiezieni pasażerowie w latach 2015-2017**

Źródło: opracowanie własne na podstawie Biuletynu IGKM „Komunikacja miejska w liczbach” za lata 2015, 2016, 2017

**Tab. 3.2 Przebieg tras linii komunikacji miejskiej w Płocku – stały układ tras (stan na 14.08.2018 r.)**

Nazwa linii	Trasa podstawowa i trasy dodatkowe	Długość linii [km]	Aspekt przestrzenny	Charakter linii
0	Winiary (Szpital) - Medyczna - Dobrzyńska - Mościckiego - Miodowa - Tysiąclecia - Bielska - J. Kwiatka - Kolegiarna - Al. J. Kilińskiego - Dworcowa - F. Chopina (Dworzec Kolejowy) - A. Mickiewicza - Tysiąclecia - Miodowa - K. I. Gałczyńskiego - Dobrzyńska - Medyczna - Winiary (Szpital)	12,80	miejska	podstawowa
2	Winiary (Szpital) - Medyczna - Dobrzyńska - I. Mościckiego (powrót: Gałczyńskiego) - Miodowa - Tysiąclecia - Bielska - J. Kwiatka - Kolegiarna - Al. J. Kilińskiego - Mostowa - most Legionów J. Piłsudskiego - Kolejowa - Portowa - Popłacińska - Kolejowa - Cicha - Dobrzykowska - Trasa Ks. J. Popiełuszki - most Solidarności - Trasa ks. J. Popiełuszki - Wyszogrodzka - Al. J. Pawła II - Czwartaków - Al. J. Pawła II - Podolszyce	20,65	miejska	podstawowa
3	Winiary (Szpital) - Medyczna - Dobrzyńska - rondo Grabskich - K. I. Gałczyńskiego - Batalionów Chłopskich - Narodowych Sił Zbrojnych - P. Bielska - Al. S. Jachowicza - Al. marszałka J. Piłsudskiego - Wyszogrodzka - Al. J. Pawła II - Czwartaków - Al. J. Pawła II - Wyszogrodzka - Harcerska - Borowicka - Borowiczki	15,90	miejska	priorytetowa

Nazwa linii	Trasa podstawowa i trasy dodatkowe	Długość linii [km]	Aspekt przestrzenny	Charakter linii
4	Cm. Komunalny - Bielska – Wiadukt – Kostrogaj – Przemysłowa – Narodowych Sił Zbrojnych - Batalionów Chłopskich – K. I. Gałczyńskiego – rondo Grabskich - Dobrzyńska –Al. F. Kobylńskiego – I. Łukasiewicza - A. J. Nowowiejskiego – Sienkiewicza – (powrót: J. Kwiatka – Kolegiarna) – plac Obrońców Warszawy – T. Kościuszki – plac Generała J. Dąbrowskiego – Warszawska – Al. J. Kilińskiego – Wyszogrodzka – Południowa – Słoneczna – Grabówka – J. Korczaka – Harcerska – Borowicka – Parcele – Św. Huberta (wybrane kursy z pętli św. Huberta skrócone do ul. Bielska)	17,25	miejska	uzupełniająca
7	Kostrogaj– Narodowych Sił Zbrojnych – 7 Czerwca 1991 r. – Łukasiewicza - Tysiąclecia – Bielska – J. Kwiatka – Kolegiarna – Al. J. Kilińskiego – Mostowa – most Legionów J. Piłsudskiego – Kolejowa – Portowa – Popłacińska – Kolejowa – Kościelna - Cicha – Kolejowa – Kutnowska – Góry – Łącka – Ciechomicka – Bukowa - Górki	17,5	miejska	podstawowa
10	Winiary (Szpital) - Medyczna – Dobrzyńska – rondo Grabskich - Dobrzyńska – I. Mościckiego – Miodowa - Tysiąclecia – A. Mickiewicza –F. Chopina (Dworzec Kolejowy) – Dworcowa – Al. J. Kilińskiego – H. Sienkiewicza – Bielska – Tysiąclecia – Miodowa – K. I. Gałczyńskiego – rondo Grabskich - Dobrzyńska – Medyczna – Winiary (szpital)	12,90	miejska	podstawowa
13	F. Chopina (Dworzec Kolejowy) – Dworcowa – Al. S. Jachowicza – Bielska – J. Kwiatka – Kolegiarna (w drugą stronę: H. Sienkiewicza) – Al. J. Kilińskiego – Mostowa - most Legionów J. Piłsudskiego – Portowa – Popłacińska – Kolejowa – Kościelna – Cicha - Kolejowa – Kutnowska	12,00	miejska	dodatkowa
14	Winiary Szpital - Medyczna – Dobrzyńska – rondo Grabskich – Dobrzyńska – K. Wielkiego – A. J. Nowowiejskiego – Bielska – Al. S. Jachowicza – Obrońców Westerplatte – A. Mickiewicza – F. Chopina (Dworzec Kolejowy) – Spółdzielcza – Al. Marszałka J. Piłsudskiego – Wyszogrodzka – Al. Armii Krajowej – Al. J. Pawła II – Podolszyce – (wariantowo: W. Nowickiego – Gościńiec)-	12,05	miejska	podstawowa
15	Podolszyce - Al. J. Pawła II – Czwartaków – Al. J. Pawła II – Al. Armii Krajowej – Żyzna – Boryszewska – Otolńska – S. Banacha – W. Lachmana – Spółdzielcza – Wyszogrodzka (powrót: Słoneczna – Południowa) – 4 Pułku Strzelców Konnych – H. Sienkiewicza (powrót: Kwiatka – Kolegiarna) – Bielska – Jachowicza – Łukasiewicza – Tysiąclecia – Bielska - F. Chopina (Dworzec Kolejowy) (wybrane kursy: Bielska – Targowa – Fabryka Maszyn lub Bielska – Cmentarz Komunalny)	15,15	miejska	uzupełniająca

Nazwa linii	Trasa podstawowa i trasy dodatkowe	Długość linii [km]	Aspekt przestrzenny	Charakter linii
19	Winiary (Szpital) - Medyczna - Dobrzyńska - rondo Grabskich - Dobrzyńska - I. Mościckiego (powrót: Gałczyńskiego) - Miodowa - Tysiąclecia - Bielska - J. Kwiatka - Kolegialna (powrót: Sienkiewicza) - Wyszogrodzka - Al. Armii Krajowej - Al. J. Pawła II - Podolszyce	12,45	miejska	priorytetowa
20	Kostrogaj - Przemysłowa - Narodowych Sił Zbrojnych - 7 Czerwca 1991 r. - I. Łukasiewicza - Al. F. Kobylińskiego - Bielska - H. Sienkiewicza (Kolegialna) - Al. J. Kilińskiego - Dworcowa - F. Chopina (Dworzec Kolejowy) - (wariantowo: Otolińska - Targowa) - Otolińska - S. Banacha - W. Lachmana - Al. marszałka J. Piłsudskiego - Wyszogrodzka - Al. Armii Krajowej - Czwartaków - Al. J. Pawła II - Podolszyce	15,80	miejska	podstawowa
22	Winiary (Szpital) - Medyczna - Dobrzyńska - rondo Grabskich - K. I. Gałczyńskiego - Batalionów Chłopskich - Narodowych Sił Zbrojnych - Bielska - J. Kwiatka - Kolegialna (H. Sienkiewicza) - Wyszogrodzka - Al. J. Pawła II - Podolszyce	12,35	miejska	priorytetowa
24	Brochocin - Bielska - Wiadukt - Kostrogaj - Przemysłowa - Narodowych Sił Zbrojnych - Batalionów Chłopskich - K. I. Gałczyńskiego - rondo Grabskich - Dobrzyńska - Kobylińskiego - Łukasiewicza - A. J. Nowowiejskiego - J. Kwiatka - Kolegialna (1 Maja - Sienkiewicza) - plac Obrońców Warszawy - T. Kościuszki - plac Generała J. Dąbrowskiego - Warszawska - Al. J. Kilińskiego - Al. Marszałka J. Piłsudskiego - Wyszogrodzka - Al. Armii Krajowej - Al. J. Pawła II - Podolszyce	15,80	miejska	uzupełniająca
26	Winiary (Szpital) - Medyczna - Dobrzyńska - rondo Grabskich - Dobrzyńska - I. - Mościckiego (powrót: Gałczyńskiego) - Miodowa - I. Łukasiewicza - Al. F. Kobylińskiego - Al. S. Jachowicza - Dworcowa - F. Chopina (Dworzec Kolejowy) - (wariantowo: Otolińska - Targowa) - Otolińska - S. Banacha - W. Lachmana - Spółdzielcza - Al. Marszałka J. Piłsudskiego - Wyszogrodzka - Al. Armii Krajowej - Czwartaków - Al. J. Pawła II - Podolszyce	15,00	miejska	podstawowa
31	(wybrane kursy: Winiary (Szpital) - Medyczna - Dobrzyńska - rondo Grabskich - Dobrzyńska - al. Kobylińskiego - Bielska - Narodowych Sił Zbrojnych - 7 Czerwca 1991 r. - I. Łukasiewicza - Orlen, brama II - Długa - Polmo - Orlen brama XI	10,80	miejska	wahadłowa
32	(wariantowo: Targowa - Otolińska) - Lachmana - S. Banacha - W. Lachmana - F. Chopina (Dworzec Kolejowy) - A. Mickiewicza - Tysiąclecia - Miodowa - K. I. Gałczyńskiego - I. Łukasiewicza - Orlen, brama II - Chemików - Orlen, brama I	9,60	miejska	wahadłowa
33	Podolszyce - Al. J. Pawła II - Wyszogrodzka - H. Sienkiewicza (J. Kwiatka - Kolegialna) - A. J. Nowowiejskiego - I. Łukasiewicza - Chemików - Orlen, brama I	13,65	miejska	wahadłowa

Nazwa linii	Trasa podstawowa i trasy dodatkowe	Długość linii [km]	Aspekt przestrzenny	Charakter linii
35	Borowiczki - Borowicka - Harcerska – Wyszogrodzka – Armii Krajowej lub Podolszyce – Al. Armii Krajowej – Wyszogrodzka – Al. marszałka J. Piłsudskiego – Al. S. Jachowicza – I. Łukasiewicza – Orlen, brama II - Chemików – Orlen, brama I - W. Zglenickiego - Naftobudowa	14,80	miejska	podstawowa
37	Borowiczki - Borowicka - Harcerska – Wyszogrodzka – Al. Armii Krajowej – Wyszogrodzka – Al. Marszałka J. Piłsudskiego – W. Lachmana – S. Banacha – Otołńska – Targowa – Bielska – Wiadukt – Kostrogaj, zajezdnia	11,10	miejska	wahadłowa
43	F. Chopina (Dworzec Kolejowy) – Dworcowa – Al. S. Jachowicza – Bielska – J. Kwiatka – Kolegialna (H. Sienkiewicza) – Al. J. Kilińskiego – Mostowa – most Legionów J. Piłsudskiego – Kolejowa – Kutnowska - Grabina	14,40	miejska	sezonowa
44	Winiary (Szpital) – Medyczna – Szpitalna - Rybaki	1,10	miejska	sezonowa
60	Podolszyce - Al. J. Pawła II – Czwartaków – Al. J. Pawła II - Wyszogrodzka – Al. Marszałka J. Piłsudskiego – F. Chopina (Dworzec Kolejowy) – Narodowych Sił Zbrojnych - Przemysłowa	6,10	miejska	dodatkowa
61	Orlen, brama I - Chemików – W. Zglenickiego – Dobrzyńska – Medyczna – Winiary (Szpital)	4,30	miejska	dodatkowa
62	Orlen, brama I - Chemików - Łukasiewicza – Orlen, brama II – Łukasiewicza - 7 Czerwca 1991 r. – Narodowych Sił Zbrojnych – Przemysłowa – Kostrogaj, zajezdnia	5,35	miejska	dodatkowa
71	Podolszyce – Jana Pawła II – Czwartaków – Armii Krajowej – Wyszogrodzka – Sienkiewicza (powrót Kwiatka – Kolegialna) – Bielska – Cm. Komunalny	13,40	miejska	cmentarna
72	Podolszyce – Jana Pawła II – Armii Krajowej – Wyszogrodzka – Piłsudskiego – Lachmana – Banacha – Chopina – Bielska – Cm. Komunalny	10,15	miejska	cmentarna
73	Borowiczki – Harcerska – Wyszogrodzka – Jana Pawła II – Czwartaków – Jana Pawła II – Wyszogrodzka – Piłsudskiego – Jachowicza – Bielska – Cm. Komunalny	13,55	miejska	cmentarna
74	Skarpa – Dobrzyńska – Mościckiego – Miodowa – Łukasiewicza – Batalionów Chłopskich – Narodowych Sił Zbrojnych – Przemysłowa – Kostrogaj – Wiadukt – Bielska – Cm. Komunalny	5,40	miejska	cmentarna
75	Skarpa – Mościckiego – Miodowa – Tysiąclecia – Przemysłowa – Kostrogaj – Wiadukt – Cm. Komunalny	5,30	miejska	cmentarna
76	Borowiczki – Borowicka – Harcerska – Korczaka – Gościniec – Mazura – Podolszyce	4.40	miejska	cmentarna
77	Cmentarz Komunalny – Bielska – przystanek Lotnisko	1,35	miejska	cmentarna
81	Borowiczki – Botaniczna – Zakole – Młyńska – Liściasta – Sielska – Kasztanowa – Imielnica – Podolszyce – Pniewskiego – Św. Wojciecha – Skotnickiego – Czwartaków – Sikorskiego – Roweckiego – Hubalczyków – Szarych Szeregów – Armii Krajowej – Piaska – Kopernika – Dworzec Kolejowy – Padlewskiego – Tumska – Rembielińskiego – Pszczela – Kredytowa – Skarpa – Winiary Szpital – Słowackiego – Orlen Arena – Kostrogaj	25,20	miejska	święteczna



Nazwa linii	Trasa podstawowa i trasy dodatkowe	Długość linii [km]	Aspekt przestrzenny	Charakter linii
87	Ciechomice – Jeziorna – Ziołowa – Semestralna-Przyszkolna – Góry – Radziewie stacja kolejowa -Cicha – Portowa –Rondo Lajourdle – Zoo – Misjonarska – Tumaska – Bielska – Jachowicza – Piękna – Padlewskiego – Ogródek Jordanowski – Fabryczna – Żytunia – Popiełuszki – Armii Krajowej – Czwartaków – Podolszyce	20,45	miejska	święteczna
100	F. Chopina (Dworzec Kolejowy) – Dworcowa – Al. S. Jachowicza – Al. F. Kobylińskiego – Dobrzyńska – rondo Grabskich – Dobrzyńska – W. Zglenickiego (wariantowo: PPPT, CUK) – A. Kordeckiego – Biała – Stara Biała – Dziarnowo	13,45	podmiejska	dodatkowa
101	F. Chopina (Dworzec Kolejowy) – Dworcowa – Al. S. Jachowicza – Bielska – Tysiąclecia – Miodowa – Mościckiego – Dobrzyńska – rondo Grabskich – Dobrzyńska – Miodowa – W. Zglenickiego (wariantowo: PPPT, CUK) – W. Zglenickiego – A. Kordeckiego – Biała – Stara Biała – Kamionki – Nowe Proboszczewice – Stare Proboszczewice	19,55	podmiejska	dodatkowa
102	F. Chopina (Dworzec Kolejowy) – Dworcowa – Al. S. Jachowicza – Bielska – Tysiąclecia – Miodowa – I. Mościckiego – Dobrzyńska – rondo Grabskich – Dobrzyńska – W. Zglenickiego (wariantowo: PPPT, CUK) – W. Zglenickiego – Biała – Stara Biała – Srebrna – Kobierniki – Lasotki – Siecień – Murzynowo – Uniejowo – Rokicie – Myśliborzyce – Więclawice – Główna	25,05	podmiejska	dodatkowa
103	F. Chopina (Dworzec Kolejowy) – Dworcowa – Al. S. Jachowicza – Al. F. Kobylińskiego – Dobrzyńska – rondo Grabskich – Dobrzyńska – Lipnowska – Maszewo Duże – Mańkowo – Sikórz – Parzeń – Parzeń Janówek – Brudzeń Duży –(wariantowo: Sobowo)	24,6	podmiejska	dodatkowa
104	F. Chopina (Dworzec Kolejowy) – Dworcowa – Al. S. Jachowicza – Al. F. Kobylińskiego – Dobrzyńska rondo Grabskich – Dobrzyńska – Lipowska – Maszewo Duże – Ludwikowo – Wyszyna	12,65	podmiejska	dodatkowa
105	F. Chopina (Dworzec Kolejowy) – Dworcowa – Al. S. Jachowicza – Al. F. Kobylińskiego – Dobrzyńska – rondo Grabskich – Dobrzyńska – Medyczna – Szpitalna – Maszewo – Brwilno – (wariantowo: Biskupice – Uniejowo – Rokicie – Myśliborzyce – Więclawice – Główna)	11,50	podmiejska	dodatkowa
110	F. Chopina (Dworzec Kolejowy) – Dworcowa – Al. S. Jachowicza – Bielska – Trzepowo – Nowe Trzepowo – Bronowo – Zalesie – Machcino – Sękowo – Zagoty – Umienino – Jączewo – Bonisław – Lelice	24,70	podmiejska	dodatkowa
111	F. Chopina (Dworzec Kolejowy) – Dworcowa – Al. S. Jachowicza – Bielska – Sierpecka – Nowe Trzepowo – Stare Draganie – Bronowo Kmiece – Kruszcze – Ogorzelice – Nowe Proboszczewice – Stare Proboszczewice – Golejowo – Gozdowo – Rempin – Rękawczyn	32,10	podmiejska	dodatkowa
112	F. Chopina (Dworzec Kolejowy) – Dworcowa – Al. S. Jachowicza – Bielska – Tchórz – Dzwierzno – Goślice – Ciachcin – Drwały – Gilino – Bielsk	19,70	podmiejska	dodatkowa

Nazwa linii	Trasa podstawowa i trasy dodatkowe	Długość linii [km]	Aspekt przestrzenny	Charakter linii
120	Al. S. Jachowicza – Al. Marszałka J. Piłsudskiego – Otolina – Nowe Boryszewo – Stare Boryszewo – Stróżewko – Rogozino – Wodzymin – Radzanowo – Woźniki – Smardzewo – Opatówiec – Staroźreby	25,70	podmiejska	dodatkowa
121	Podolszyce – Al. J. Pawła II – Czwartaków Al. J. Pawła II – Al. Armii Krajowej – Żyzna – Nowe Boryszewo – Stróżewko – Stare Boryszewo – Rogozino	10,65	podmiejska	dodatkowa
130	Al. S. Jachowicza – Al. marszałka J. Piłsudskiego – Wyszogrodzka – (wariantowo: Mirosław) – Nowe Gulczewo (Szlachecka – Ketlinga – Rogozińska) – Wyszogrodzka – Cekanowo (Mazowiecka – Plebanka) – Cekanowo (Płocka – Wiejska – Królewska) – Słupno (Miszeńska) – Warszawska – Krzelewo – Klonowa – Szeligi	22,10	podmiejska	dodatkowa
140	F. Chopina (Dworzec kolejowy) – Dworcowa – Al. S. Jachowicza – Bielska – J. Kwiatka – Kolegiarna (H. Sienkiewicza) – Al. J. Kilińskiego – Mostowa – Most Legionów J. Piłsudskiego – Kolejowa – Cicha – Dobrzykowska – Tokary – Dobrzykowska – Jordanów – Dobrzyków – Nowe Grabie – Gąbin	23,80	podmiejska	dodatkowa
160	F. Chopina (Dworzec kolejowy) – Dworcowa – Al. S. Jachowicza – Bielska – J. Kwiatka – Kolegiarna (H. Sienkiewicza) – Al. J. Kilińskiego – Mostowa – most Legionów J. Piłsudskiego – Kolejowa – Kościelna – Cicha – Kolejowa – Popłacińska – Popłacin – Brwilno – Soczewka – Brwilno Dolne – Wola Brwileńska – Stary Duninów – Nowy Duninów – Karolewo – Nowa Wieś	23,15	podmiejska	dodatkowa
A	Orlen Brama I – Chemików – Orlen, brama II – Jachowicza – I. Łukasiewicza – Al. F. Kobylińskiego – Al. S. Jachowicza – Al. Marszałka J. Piłsudskiego – Wyszogrodzka – Al. Armii Krajowej – Al. J. Pawła II – Podolszyce	14,95	miejska	podstawowa
L1	Gąbin (dworzec) – Nowy Rynek – Wspólna – Guzów – Nowy Kamień – Lipińskie – Jadwigów – Topólno – Cermno – Kępina – Gąbin (Rogatki Czerwińskie – J. Pawła II) – Gąbin, dworzec	22,60	miejska	gminna
L2	Planowane uruchomienie od 09.2018 r. Staroźreby – Worowice-Wyroby – Zdział Wielki – Sarzyn – Bylino – Rogowo – Rogowo Szlacheckie – Piączyn – Nowa Wieś k. Góry – Piączyn – Rogowo Szlacheckie – Żochowo Stare – Góra – Grabina k. Góry – Bromierzyk – Worowice-Wyroby – Staroźreby	26,00	podmiejska	gminna
N1	Kostrogaj – Przemysłowa – Narodowych Sił Zbrojnych – Batalionów Chłopskich – K. I. Gałczyńskiego – rondo Grabskich – Dobrzyńska – I. Mościckiego – Miodowa – Tysiąclecia – Bielska – J. Kwiatka – Kolegiarna (H. Sienkiewicza) – Al. J. Kilińskiego – Al. S. Jachowicza – Dworcowa – F. Chopina – Spółdzielcza – Al. Marszałka J. Piłsudskiego – Wyszogrodzka – Al. Armii Krajowej – Al. J. Pawła II – Czwartaków – Al. J. Pawła II – Wyszogrodzka – Harcerska – Borowicka – Borowiczki	18,80	miejska	nocna

Nazwa linii	Trasa podstawowa i trasy dodatkowe	Długość linii [km]	Aspekt przestrzenny	Charakter linii
N2	Ciechomice (Ciechomicka) - Góry - Kutnowska - Kolejowa - Popłacińska - Portowa - Kolejowa - most Legionów J. Piłsudskiego - Mostowa - Al. J. Kilińskiego - H. Sienkiewicza (J. Kwiatka - Kolegialna) - Bielska - Narodowych Sił Zbrojnych	15,30	miejska	nocna
N3	Borowiczki - Borowicka - Harcerska - Wyszogrodzka - Al. J. Pawła II - Czwartaków - Al. J. Pawła II - Wyszogrodzka - Al. Marszałka J. Piłsudskiego - Al. S. Jachowicza - Bielska - Tysiąclecia - Miodowa - I. Mościckiego - Dobrzyńska - rondo Grabskich - K. I. Gałczyńskiego - Batalionów Chłopskich - Narodowych Sił Zbrojnych - Przemysłowa - Kostrogaj	14,80	miejska	nocna

Źródło: Opracowanie własne

### 3.1.3 Koszty

### eksploatacyjne

Za świadczenie usług przewozowych na liniach komunikacyjnych objętych umową powierzenia operator otrzymuje rekompensatę za wozokilometr zgodną z Rozporządzeniem 1370/2007, ustawą o publicznym transporcie publicznym. Rekompensata stanowi uzupełnienie do wpływów ze sprzedaży biletów, które należą do operatora i nie są przekazywane do organizatora. Rekompensata jest kalkulowana corocznie przez Miasto Płock w oparciu o opinię niezależnego od obu podmiotów umowy eksperta z zakresu pomocy publicznej, który dokonał kalkulacji wynagrodzenia operatora na podstawie zapisów umowy i rozporządzenia. Rekompensata jest obliczana jako różnica pomiędzy kosztami poniesionymi w związku z realizacją przedmiotu umowy, a dodatkimi wpływami finansowymi i przychodami związanymi z realizacją przedmiotu umowy.

Komunikacja Miejska - Płock jest zobowiązana zapisami umowy do obniżania kosztów świadczenia usług bez naruszenia standardów świadczenia usług. Komunikacji Miejskiej - Płock przysługuje wynagrodzenie za wozokilometry niewykonane z przyczyn operatora w wysokości 60% stawki rekompensaty w celu pokrycia kosztów stałych przedsiębiorstwa. W przypadku nałożenia kary z tytułu nieprawidłowego wykonywania zadań przez operatora, koszt kary nie może być ujmowany jako koszt w obliczeniu rekompensaty w kolejnych okresach. W sytuacji, gdy nastąpi uzasadniony wzrost kosztów usług w danym miesiącu o 5% kwoty miesięcznej zaliczki za usługi świadczone przez Komunikację Miejską - Płock, operator ma prawo przedłożyć organizatorowi propozycję weryfikacji kalkulacji wynagrodzenia na pozostałe miesiące roku rozliczeniowego oraz za miesiące poprzednie, w których nastąpiło przekroczenie.

Tab. 3.3 Planowany koszt usługi przewozowej w 2018 roku

Planowany koszt usługi przewozowej				
Rok	wielkość pracy eksploatacyjnej - Płock	wielkość pracy eksploatacyjnej - Gminy ościenne	wielkość pracy eksploatacyjnej [wzkm]	wynagrodzenie operatora
2018	5 305 386	1 036 535	6 341 921	33 188 615 zł

Źródło: Na podstawie Raportu z kalkulacji rekompensaty z tytułu wykonywania przewozów w komunikacji publicznej

### 3.1.4 Ocena zapewnienia trwałości instytucjonalnej funkcjonowania analizowanego systemu komunikacji miejskiej w okresie analizy

Jednym z zadań własnych Gminy - Miasto Płock, określonego w Ustawie z dnia 8 marca 1990 r., 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 - Miasto Płock oraz Gmin, z którymi Gmina - Miasto Płock 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 - Miasto Płock, Bielsk, Brudzeń Duży, Gąbin, Gozdowo, Nowy Duninów, Radzanowo, Słupno i Stara Biała, Staroźreby z którymi Gmina - Miasto Płock zawarła 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.

## 3.2 Charakterystyka floty operatora komunikacji miejskiej

*Analizy w niniejszym rozdziale zostały wykonane według stanu na dzień 26 lipca 2018 r.*

### 3.2.1 Projekty wymiany taboru – przedsięwzięcia realizowane i planowane

W ostatnich latach w Płocku zakupiono 32 nowe autobusy, przeznaczone do obsługi komunikacji miejskiej. W 2015 roku zakupiono 3 fabrycznie nowe autobusy Solaris Urbino 12 IV generacji z normą spalania EURO 6 oraz 1 fabrycznie nowy autobus Solaris Urbino 18 IV generacji z taką samą normą spalania. W 2017 roku zakupiono kolejne 3 autobusy Solaris Urbino 12 IV generacji z normą spalania EURO 6. W 2018 roku do Płocka ma zostać dostarczonych 25 pojazdów hybrydowych – 17 sztuk Solaris Urbino 12 Hybrid oraz 8 sztuk Solaris Urbino 18 Hybrid. Zakup autobusów hybrydowych jest realizowany w ramach projektu „Rozwój systemu zrównoważonej mobilności miejskiej na terenie Obszaru Funkcjonalnego Miasta Płocka” planowany do współfinansowania ze środków Unii Europejskiej w ramach

Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Mazowieckiego na lata 2014-2020.

Miasto Płock uczestniczy w programie „Bezemisyjny Transport Publiczny” dotyczącym zakup elektrycznych autobusów zeroemisyjnych, finansowanym przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju oraz Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, w ramach którego podpisano umowę ramową na dostawę 11 pojazdów.

Komunikacja Miejska – Płock Sp. z o.o. planuje zakupić 44 autobusy elektryczne, tj. o szt. 10 więcej aniżeli wymagany udział 30% (minimum 34 szt.) we flocie wynikający z ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych. Zaplanowany udział autobusów elektrycznych

wynika z prowadzonych prac legislacyjnych na szczeblu UE, ukierunkowanych na wprowadzenie jeszcze wyższego minimalnego

udziału autobusów zeroemisyjnych we flocie operatorów komunikacji miejskiej.

**Tab. 3.4 Przedsięwzięcia realizowane w ostatnich latach (stan na dzień 26.07.2018 r.)**

Rok zakupu	Pojazd	Typ pojazdu	Liczba pojazdów	Rok produkcji	Norma spalania
2015	Solaris Urbino 12 IV generacji	MAXI	3	2015	EURO 6
	Solaris Urbino 18 IV generacji	MEGA18	1	2015	EURO 6
2017	Solaris Urbino 12 IV generacji	MAXI	3	2017	EURO 6
2018	Solaris Urbino 12 Hybrid	MAXI	17	2018	EURO 6
	Solaris Urbino 18 Hybrid	MEGA18	8	2018	EURO 6

Źródło: Opracowanie własne

### 3.2.2 Normy

### emisji

### spalin

Obecnie w płockiej komunikacji miejskiej eksploatowanych jest 113 pojazdów. Wszystkie posiadają silniki napędzane olejem napędowym, z czego 28% floty operatora posiada klimatyzację. We flocie użytkowanej przez Komunikację Miejską – Płock udział autobusów wysokopodłogowych wynosi 16% (17 sztuk), natomiast niskopodłogowych oraz niskowejściowych 84% (92 sztuki).

Najwięcej z nich stanowią pojazdy o normie spalania EURO 3 – 32 pojazdy (29 %). Kolejną największą grupą pojazdów we flocie operatora są autobusy o normie spalania EURO 5, które

stanowią 25 % posiadanego parku taborowego. We flocie użytkowanej przez Komunikację Miejską - Płock znajduje się także 7 pojazdów o normie spalania EURO 0 oraz 2 autobusy o normie spalania EURO 1 – 2 autobusy Ikarus 280.70E, 5 autobusów Jelcz 120M, 2 autobusy MAN NG 272. Warto zaznaczyć, że pojazdy o przestarzałych normach spalania zostaną wycofane w momencie wprowadzenia do ruchu nowych pojazdów hybrydowych. Szczegółową strukturę pojazdów według norm spalania i typu pojazdów prezentuje Tab. 3.5.

**Tab. 3.5 Struktura pojazdów według norm spalania i typu pojazdów w lipcu 2018 roku (stan na dzień 26.07.2018 r.)**

Norma spalania / typ pojazdu	MINI	MAXI	MEGA15	MEGA18	Liczba pojazdów
EURO 0		5		2	7
EURO 1				3	3
EURO 2		21	2	4	27
EURO 3	3	25	2	2	32
EURO 4		10			10
EURO 5		19		8	27
EURO 6		6		1	7
Liczba pojazdów	3	86	4	20	113

Źródło: Opracowanie własne



### 3.2.3 Obecna oraz planowana struktura wieku pojazdów i program wymiany taboru

Obecnie średni wiek pojazdów użytkowanych w komunikacji miejskiej w Płocku wynosi 12,6 lat. Pod koniec 2018 r. poziom ten zostanie znacząco obniżony do ponad 9 lat, dzięki realizowanemu obecnie projektowi wymiany taboru z przewidzianym wprowadzeniem do eksploatacji autobusów niskoemisyjnych. Najstarszy pojazd wyprodukowano w 1994 r. – MAN NG272 klasy MEGA18, a najmłodsze w 2018 r. – Solaris Urbino 12 z normą spalania EURO 6. Pojazdy w wieku 15 lat i więcej

stanowią największy odsetek wśród wszystkich pojazdów – 49%. Wśród najstarszych pojazdów największą grupę stanowią pojazdy klasy MAXI. Warto zaznaczyć, że część najstarszych autobusów zostanie wycofana z eksploatacji po dostawie autobusów hybrydowych w 2018 roku. Kolejną grupą są pojazdy w wieku 5-6 lat – stanowią one 20% wszystkich autobusów, w gronie których dominują pojazdy klasy MAXI. W Tab. 3.6 zaprezentowano obecną strukturę pojazdów według wieku i typu.

**Tab. 3.6 Struktura pojazdów według wieku i typu pojazdów (stan na dzień 26.07.2018 r.)**

Wiek pojazdu /typ pojazdu	MINI	MAXI	MEGA15	MEGA18	Liczba pojazdów
PONIŻEJ 2 LAT		3			3
3-4 LATA		3		1	4
5-6 LAT		15		7	22
7-8 LAT		3			3
9-10 LAT		7		1	8
11-12 LAT		4		2	6
13-14 LAT		12			12
15 LAT I WIĘCEJ	3	39	4	9	55

Źródło: Opracowanie własne

W kolejnych tabelach przedstawiono przewidywaną strukturę wieku pojazdów eksploatowanych w sieci płockiej komunikacji miejskiej 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:

- założenia operatora dotyczące wymiany najstarszych pojazdów,
- wytyczne z Niebieskiej Księgi dla sektora transportu publicznego, wskazujące na

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

- założenie dotyczące kontynuacji wymiany części floty w oparciu o autobusy używane, przewidziane do wprowadzenia wyłącznie w grupach typów taboru cechujących się najniższym wykorzystaniem w sieci.

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

Tab. 3.7 Struktura pojazdów według wieku i typu pojazdów w styczniu 2021 roku

Wiek pojazdu /typ pojazdu	MINI	MAXI	MEGA15	MEGA18	Liczba pojazdów
PONIŻEJ 2 LAT		9			9
3-4 LATA		20		8	28
5-6 LAT		4		3	7
7-8 LAT		5		2	7
9-10 LAT		11		5	16
11-12 LAT		7		1	8
13-14 LAT		6		2	8
15 LAT I WIĘCEJ	3	25	2		30

Źródło: Opracowanie własne

Tab. 3.8 Struktura pojazdów według wieku i typu pojazdów w styczniu 2023 roku

Wiek pojazdu /typ pojazdu	MINI	MAXI	MEGA15	MEGA18	Liczba pojazdów
PONIŻEJ 2 LAT		1			1
3-4 LATA		9			9
5-6 LAT		24		8	32
7-8 LAT		4		3	7
9-10 LAT		5		2	7
11-12 LAT		11		5	16
13-14 LAT		7		1	8
15 LAT I WIĘCEJ	3	26	2	2	33

Źródło: Opracowanie własne

Tab. 3.9 Struktura pojazdów według wieku i typu pojazdów w styczniu 2025 roku

Wiek pojazdu /typ pojazdu	MINI	MAXI	MEGA15	MEGA18	Liczba pojazdów
PONIŻEJ 2 LAT	3	15		1	19
3-4 LATA		1			1
5-6 LAT		9			9

Wiek pojazdu /typ pojazdu	MINI	MAXI	MEGA15	MEGA18	Liczba pojazdów
7-8 LAT		24		8	32
9-10 LAT		4		3	7
11-12 LAT		5		2	7
13-14 LAT		11		5	16
15 LAT I WIĘCEJ		18	2	2	22

Źródło: Opracowanie własne

Tab. 3.10 Struktura pojazdów według wieku i typu pojazdów w styczniu 2028 roku

Wiek pojazdu /typ pojazdu	MINI	MAXI	MEGA15	MEGA18	Liczba pojazdów
PONIŻEJ 2 LAT		33	2	10	45
3-4 LATA	3	16		1	20
5-6 LAT		8			8
7-8 LAT		2		2	4
9-10 LAT		25		8	33
11-12 LAT		3			3
13-14 LAT					
15 LAT I WIĘCEJ					

Źródło: Opracowanie własne

### 3.2.4 Szacunkowa emisja szkodliwych substancji i gazów cieplarnianych w ujęciu rocznym

Emisja gazów cieplarnianych w ujęciu rocznym zależy od zużycia paliwa przez pojazdy, ich norm spalania oraz przejechanego dystansu. W celu oszacowania emisji gazów cieplarnianych w ujęciu rocznym obliczono średnie zużycie oleju napędowego dla każdej grupy, która składa się z pojazdów o jednakowym modelu i tej samej marce oraz o tej samej normie spalania.

Następnie obliczono 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 oraz sumaryczną liczbę przejechanych kilometrów przez dany typ pojazdów. Wyliczone zmienne pozwoliły na oszacowanie rocznej emisji, którą przedstawiono w Tab. 3.11.

Tab. 3.11 Średnie zużycie oleju napędowego, roczna liczba przejechanych kilometrów oraz roczna emisja gazów i substancji szkodliwych

Typ pojazdu	Średnie zużycie ON [l/100km]	Łączna roczna odległość pokonana przez dany typ pojazdu [km]	NMHC i NMVOC [g]	NO <sub>x</sub> [g]	PM 2.5 [g]	CO <sub>2</sub> [kg]
EURO 0						
Ikarus 280.70E	43,82	23635,90	113 925,0	828 201,9	37 344,7	27 654,0
Jelcz 120 M	32,59	36629,88	131 501,3	955 307,3	42 857,0	31 868,0
EURO 1						

Typ pojazdu	Średnie zużycie ON [l/100km]	Łączna roczna odległość pokonana przez dany typ pojazdu [km]	NMHC i NMVOC [g]	NOx [g]	PM 2.5 [g]	CO2 [kg]
MAN NG 272	47,76	25851,90	135 981,0	988 576,7	44 465,3	33 090,4
EURO 2						
Neoplan 4020	50,57	34186,65	190 419,6	1 210 891,1	25 981,9	46 493,8
Solaris U - 12	42,58	45288,54	212 403,3	1 350 504,3	28 984,7	51 628,9
MAN NL 222	34,86	39932,13	153 339,4	975 541,9	20 764,7	37 536,2
MAN A 21	39,27	62618,89	270 513,6	1 722 645,7	36 945,1	65 749,8
Neoplan N4021	58,13	32237,40	205 997,0	1 311 095,1	28 046,5	50 290,3
EURO 3						
Solaris Urbino 12	41,15	50389,93	137 060,6	1 038 032,6	20 659,9	55 428,9
MAN NL 223	43,70	50600,10	145 728,3	1 105 612,2	22 264,0	59 202,1
MAN NL 283	40,55	51513,31	138 055,7	1 045 720,2	21 120,5	56 149,5
Cacciamali Kapena	19,08	17387,60	21 908,4	166 051,6	3 303,6	8 867,7
Mercedes Conecto	37,95	77919,18	195 577,1	1 480 464,4	29 609,3	79 477,6
MAN A 21	41,83	50842,23	140 324,6	1 062 602,6	21 353,7	56 943,3
Jelcz M181 MBB	59,95	44898,75	177 799,1	1 346 962,5	26 939,3	72 287,0
MAN A 26	59,20	42480,80	166 099,9	1 257 431,7	25 063,7	67 544,5
EURO 4						
Solaris Urbino 12	39,70	59117,84	108 185,6	821 738,0	4 729,4	62 664,9
EURO 5						
Solaris Urbino 12	39,99	65467,51	120 460,2	523 740,1	5 237,4	70 050,2
Solaris Urbino 18	54,88	63909,80	161 691,8	701 729,6	7 030,1	93 947,4
EURO 6						
Solaris Urbino 12	41,67	67011,23	61 644,0	493 152,0	4 931,5	66 083,7
Solaris Urbino 18	55,71	59905,90	264 042,3	2 112 338,0	21 123,4	283 053,3
Emisja roczna wszystkich pojazdów:			3 006 289,8	20 138 348,3	458 975,5	1 191 187,1

Źródło: Opracowanie własne

### 3.3 Analiza parametrów eksploatacyjnych sieci i linii komunikacyjnych

Analizy w niniejszym rozdziale zostały wykonane według stanu na dzień 26 lipca 2018 r.

W poniższym podrozdziale zostały scharakteryzowane parametry eksploatacyjne komunikacji miejskiej w Płocku. Sieć została przeanalizowana pod względem liczby wozokilometrów liniowych z podziałem na linie i techniczne według typu dnia, wskaźników wykorzystania taboru. Następnie przedstawiono dane dotyczące prędkości komunikacyjnych i eksploatacyjnych w przekroju całej sieci i linii komunikacyjnych na terenie miasta Płock oraz zróżnicowania realizowanej liczby wozokilometrów przez poszczególne brygady. W końcowej części rozdziału wykonana została analiza rozkładów jazdy na podstawie bazy rozkładów jazdy z dnia 18 listopada 2017 roku. Podczas analizy liczby wozokilometrów oraz prędkości komunikacyjnych, linie komunikacyjne zostały podzielone na dwie grupy: linie miejskie (linie 0-62, A oraz linie nocne) i podmiejskie (L1, 100-160).

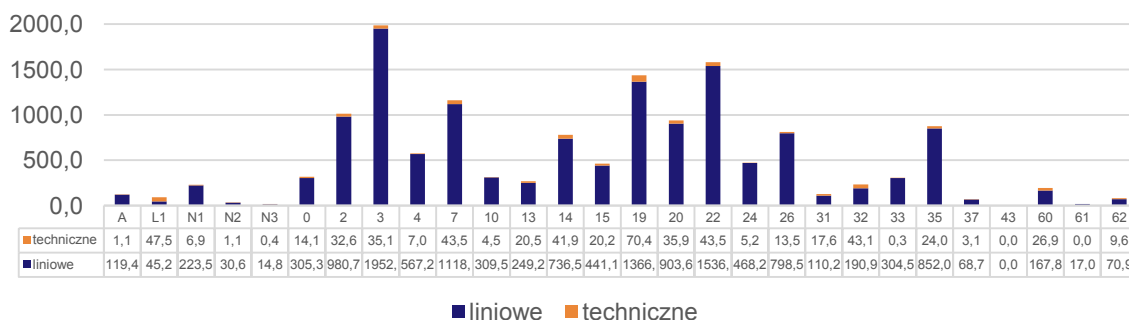
Dane dotyczące wielkości pracy eksploatacyjnej na poszczególnych liniach w przekroju typów dni rozkładowych zostały przedstawione w załączniku.

Wszystkie linie komunikacyjne wykonują pracę eksploatacyjną w poszczególne dni na poziomie:

- dzień roboczy szkolny – 23 363,5 wzkm,
- dzień roboczy wakacyjny – 20 435,0 wzkm,
- sobota oprócz wakacji - 10 431,6 wzkm,
- niedziela oprócz wakacji - 10 036,2 wzkm.

Najwięcej kilometrów realizowanych jest zwykle na liniach 3, 19, 22. Najmniejszą pracą eksploatacyjną cechuje się linia 60 kursująca z Podolszyc do krańca przy ul. Przemysłowej. Na kolejnych rysunkach zaprezentowano liczbę wozokilometrów na poszczególnych liniach w wybrane typy dni tygodnia.

Liczba wozokilometrów na poszczególnych liniach w dzień roboczy szkolny

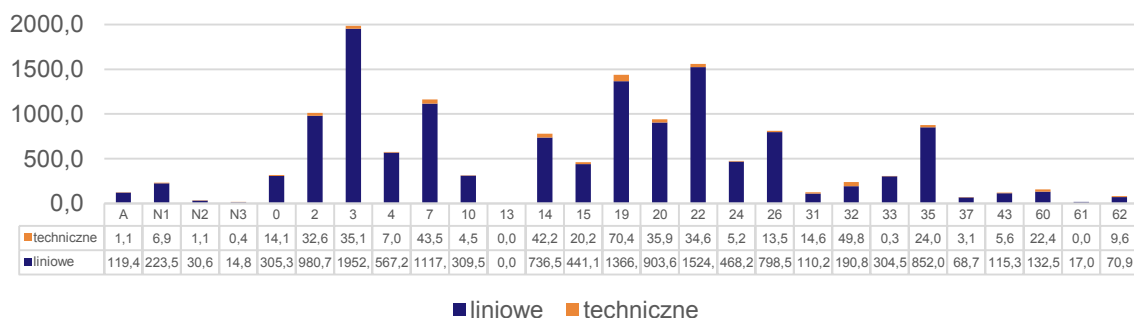


Rys. 3.2 Liczba wozokilometrów na poszczególnych liniach w dni robocze szkolne (stan na dzień 26.07.2018 r.)

Źródło: Opracowanie własne



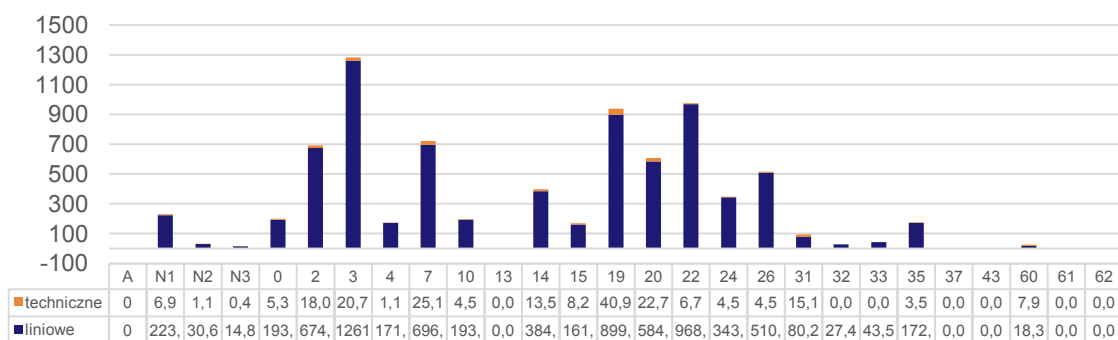
## Liczba wozokilometrów na poszczególnych liniach w dzień roboczy wakacyjny



Rys. 3.3 Liczba wozokilometrów na poszczególnych liniach w dni robocze wakacyjne (stan na dzień 26.07.2018 r.)

Źródło: Opracowanie własne

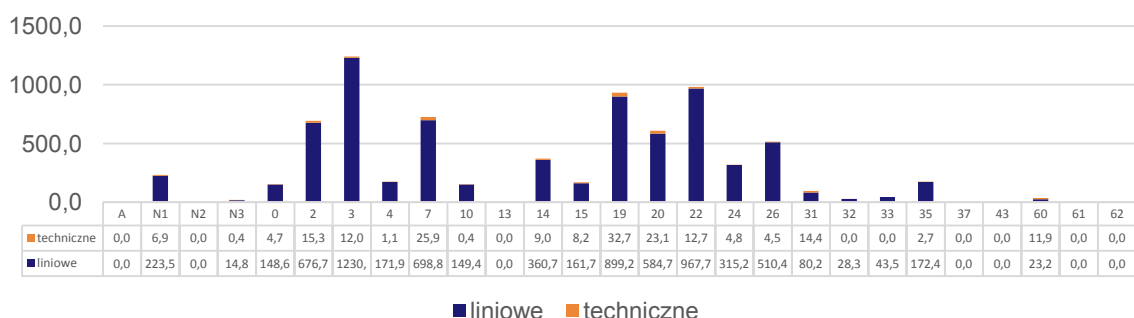
## Liczba wozokilometrów na poszczególnych liniach w sobotę



Rys. 3.4 Liczba wozokilometrów na poszczególnych liniach w soboty (stan na dzień 26.07.2018 r.)

Źródło: Opracowanie własne

## Liczba wozokilometrów na poszczególnych liniach w niedzielę



Rys. 3.5 Liczba wozokilometrów na poszczególnych liniach w niedzielę (stan na dzień 26.07.2018 r.)

Źródło: Opracowanie własne

Dane szczegółowe dla pozostałych linii oraz dni zaprezentowano w: Załącznik 1.

### 3.3.1 Wskaźnik

### wykorzystania

### taboru

Aktualnie Komunikacja Miejska - Płock dysponuje 113 autobusami, z czego do obsługi linii, ekspediowanych jest:

- w dni robocze w okresie szkolnym 102 autobusów – 90 % taboru,
- w dni robocze w okresie wakacji 100 autobusów – 88 % taboru,

- w soboty 45 autobusów – 40 % taboru,
- w niedziele 41 autobusów – 36% taboru,
- w święta 23 autobusów – 20% taboru.

W Tab. 3.12 przedstawiono wykorzystanie taboru według typu dnia oraz pojazdu

**Tab. 3.12 Wykorzystanie taboru według typu dnia oraz typu pojazdu (stan na dzień 26.07.2018 r.)**

Typ dnia /typ pojazdu	MINI		MIDI		MAXI		MEGA15		MEGA18	
	w ruchu	rezerwa	w ruchu	rezerwa	w ruchu	rezerwa	w ruchu	rezerwa	w ruchu	rezerwa
Roboczy szkolny	1	2			80	6	4		17	3
Roboczy wakacyjny		3			79	5	4		17	3
Sobota		3			36	52		4	5	15
Niedziela		3			39	47	2	2		20
Święta		3			19	67		4		20

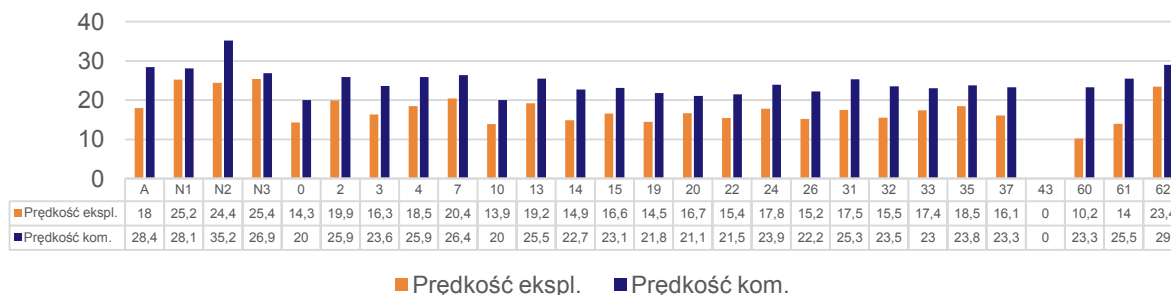
Źródło: Opracowanie własne.

### 3.3.2 Prędkości komunikacyjne i eksploatacyjne w przekroju sieci i linii komunikacyjnych

Prędkości eksploatacyjne w całej sieci kształtują się zwykle na poziomie od 17,1 do 20,4 km/h w zależności od typu dnia. Prędkości komunikacyjne w przekroju całej sieci kształtują się zwykle na poziomie od 26,8 do 27,3 km/h w zależności od typu dnia. Linie miejskie charakteryzują się prędkością eksploatacyjną w przedziale 15,6-17,2 km/h. a komunikacyjną od

24,2 do 26,4 km/h (linie podmiejskie odpowiednio 20 - 24,5 km/h oraz 30,8 - 32,1 km/h). Zwykle najwyższe prędkości eksploatacyjne wśród linii dziennych osiągają linie 2, 7, 62, a najniższe 10, 32 oraz 60. W przypadku prędkości komunikacyjnych najwyższe osiągają linie dzienne A, 2, 7, 62, a najniższe 0 i 10.

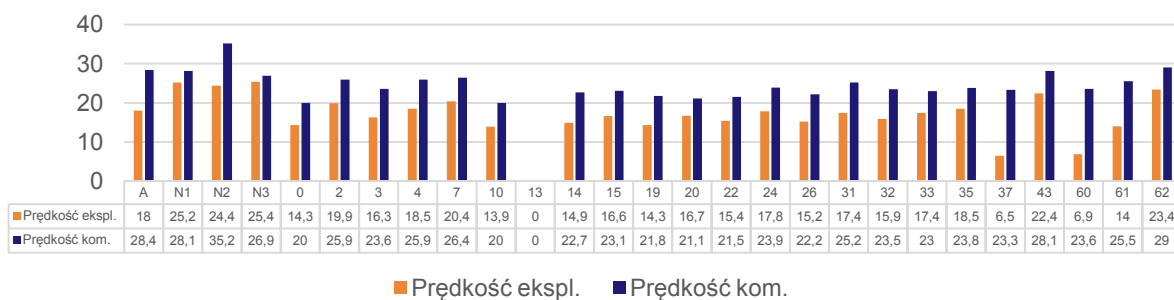
#### Prędkość eksploatacyjna i komunikacyjna na poszczególnych liniach w dzień roboczy szkolny



**Rys. 3.6 Prędkość eksploatacyjna i komunikacyjna na poszczególnych liniach w dzień roboczy szkolny (stan na dzień 26.07.2018 r.)**

Źródło: Opracowanie własne

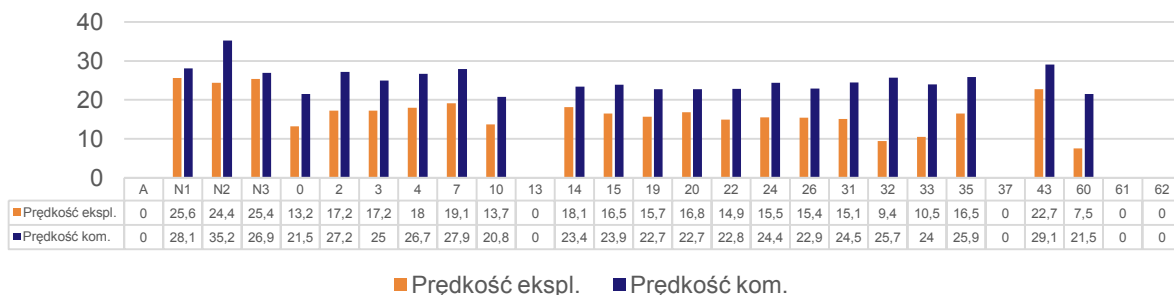
### Prędkość eksploatacyjna i komunikacyjna na poszczególnych liniach w dzień roboczy wakacyjny



Rys. 3.7 Prędkość eksploatacyjna i komunikacyjna na poszczególnych liniach w dzień roboczy wakacyjny (stan na dzień 26.07.2018 r.)

Źródło: Opracowanie własne

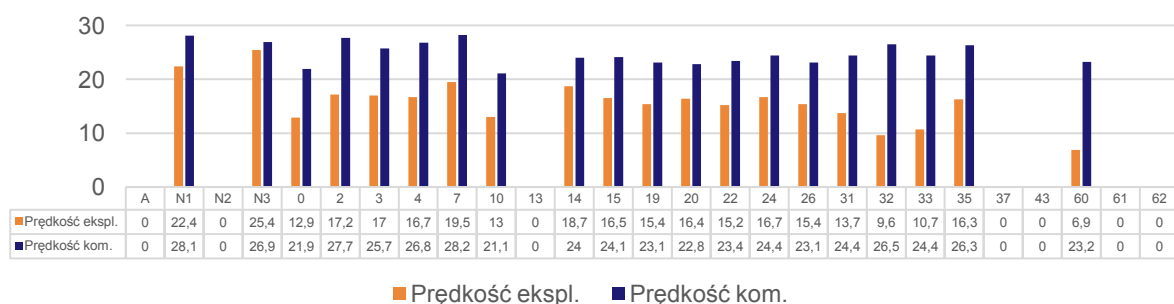
### Prędkość eksploatacyjna i komunikacyjna na poszczególnych liniach w sobotę



Rys. 3.8 Prędkość eksploatacyjna i komunikacyjna na poszczególnych liniach w sobotę (stan na dzień 26.07.2018 r.)

Źródło: Opracowanie własne

### Prędkość eksploatacyjna i komunikacyjna na poszczególnych liniach w niedzielę



Rys. 3.9 Prędkość eksploatacyjna i komunikacyjna na poszczególnych liniach w niedzielę (stan na dzień 26.07.2018 r.)

Źródło: Opracowanie własne

Dane szczegółowe dla pozostałych linii oraz dni zaprezentowano w: Załącznik 2.

### 3.3.3 Poziom zróżnicowania realizowanej liczby wozokilometrów przez poszczególne brygady

Wszystkie brygady w dzień roboczy szkolny wykonują łącznie 21 363,45 wzkm. Najwięcej brygad jest obsługiwane autobusami MAXI - 80, wykonują one pracę eksploatacyjną na poziomie 17 155,11 wzkm. Najkrótsza brygada w przekroju całej sieci realizuje zadanie o długości 91,88 km i jest obsługiwana przez autobus klasy MAXI. Najdłuższe zadanie ma długość 411,32 km, na którym są eksploatowane autobusy typu MAXI. Przeciętna długość brygady w całej sieci wynosi 210,63 km, pojazdy klasy MEGA15 są zwykle kierowane na najdłuższe brygady. Zróżnicowanie długości brygad zostało obliczone za pomocą współczynnika zmienności, wyrażonego wzorem:

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

Równanie 1 Współczynnik zmienności

gdzie:

s – odchylenie standardowe

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

Największym zróżnicowaniem długości brygad charakteryzują się brygady obsługiwane przez autobusy MAXI (41%). Oznacza to, że istnieją brygady realizujące znacznie więcej wozokilometrów niż wynosi średnia, jak i znacznie mniej. Liczba wozokilometrów jest najmniej zróżnicowana w przypadku autobusów klasy MEGA18 – 26%. Szczegółowe dane dotyczące zróżnicowania brygad zostały zaprezentowane w Tab. 3.13.

**Tab. 3.13 Dane dotyczące zróżnicowania realizowanej liczby wozokilometrów przez poszczególne brygady w dzień roboczy szkolny w czerwcu 2018 roku**

Parametr / typ taboru	MIDI	MAXI	MEGA15	MEGA18	Cała sieć
liczba brygad	1	80	4	17	102
minimalna długość w km	92,64	91,88	123,27	97,44	91,88
maksymalna długość w km	92,64	411,32	320,08	264,18	411,32
średnia długość w km	92,64	214,44	218,43	190,72	209,45
odch. standardowe	-	88,39	86,70	49,18	83,91
wsp. zmienności	-	41%	40%	26%	40%
Suma km	92,64	17155,11	873,70	3242,00	21363,45

Źródło: Opracowanie własne

### 3.3.4 Analiza

### rozkładów

### jazdy

Ze względu na ograniczenia techniczne wynikające z ograniczonego zasięgu autobusów elektrycznych akumulatorowych i trolejbusów, które obsługują obszary bez sieci trakcyjnej, wykonano pogłębioną analizę rozkładów jazdy. Analiza posłużyła do wskazania linii lub brygad, które mogłyby zostać obsługiwane przez autobusy zeroemisyjne. Sprawdzono również najczęściej

występujące długości przerw międzykursowych w kluczowych przedziałach godzinowych. Szczegółową analizę rozkładów jazdy dla każdego wariantu dokonano w następnym rozdziale. W Tab. 3.14 zaprezentowano stan obecny pod względem liczby brygad, stanu taboru oraz wykorzystania pojazdów.

**Tab. 3.14 Stan obecny pod względem liczby brygad, stanu taboru oraz wykorzystania pojazdów**

Stan obecny	MINI	MIDI	MAXI	MEGA15	MEGA18	Cała sieć
Liczba brygad - poj. spalinowych i niskoemisyjnych	1		80	4	17	102
Liczba brygad poj. Zeroemisyjnych	0					
Liczba brygad w ruchu	1		80	4	17	102
Stan taboru - poj. spalinowych i niskoemisyjnych	3		86	4	20	113
Stan taboru - poj. zeroemisyjnych	0					
Wskaźnik wykorzystania - poj. spalinowych i niskoemisyjnych	33%		93%	100%	85%	90%
Wskaźnik wykorzystania poj. zeroemisyjnych	0%					
Udział pojazdów zeroemisyjnych	0%					

Źródło: Opracowanie własne

W poniższych tabelach przedstawiono najczęściej występujące długości przerw międzykursowych w kluczowych przedziałach godzinowych. Kraniec podstawowy to pętla lub przystanek, gdzie bieg kończy najwięcej kursów danej linii. Długości postojów na wszystkich innych przystankach krańcowych są przedstawione w kolumnie „krańce wariantowe”. Linie wykonujące tylko 1 parę

kursów w danej porze, mają wpisana długość postoju tylko na jednym krańcu. Przy braku powtarzalnych interwałów rozumianych jako częstotliwości kursowania, zdefiniowany został przedział z występującymi odstępami lub liczba par kursów (np. „p1” oznacza 1 parę). Z analizy wyłączone zostały dedykowane przerwy posiłkowe, które nie są zaplanowane jako powtarzalne postoje wyrównawcze.

**Tab. 3.15 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]			
			Inter-wały	Kraniec 1	Kraniec 2	Krańce wariantowe	Inter-wały	Kraniec 1	Kraniec 2	Krańce wariantowe
0	Winiary Szpital	-	40	19	-	-	30	18	-	-
2	Winiary Szpital	Podolszyce	40	20	4-8		30	9-21	30-32	5
3	Winiary Szpital	Borowiczki	20	14-15	22-24		15	13-16	19	
4	Cmentarz Komunalny	Św. Huberta	60	28	11		35	36	11	
7	Kostrogaj	Górki	40	16-21	13	17	30	22	18	12
10	Winiary Szpital	-	40	22	-		30	19		
13	Dworzec Kolejowy	Kutnowska	P1	13	-		P3	7	15-18	
14	Winiary Szpital	Podolszyce	30	12	22-		30	31	22	
15	Podolszyce	Kochanowskiego	60	15-30	22-		P1	10	17	



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]			
			Inter-wały	Kraniec 1	Kraniec 2	Krańce wariantowe	Inter-wały	Kraniec 1	Kraniec 2	Krańce wariantowe
19	Winiary Szpital	Podolszyce	20	23	27		15	5-9	28	
20	Podolszyce	Kostrogaj	40	7-8	20-21		30	20	17	
22	Winiary Szpital	Podolszyce	20	13-33	16-17		15	14	16	
24	Podolszyce	Cmentarz Komunalny	60	9-14	-		60	14	14	
26	Winiary Szpital	Podolszyce	40	26	12		30	26	23	
31	Winiary Szpital	Orlen brama	-				P1		4	
32	Lachmana	Orlen brama	-				30	6	7	
33	Podolszyce	Orlen brama					30	8	2-7	
35	Podolszyce	Orlen brama	60	15	4		15	8	13	4
37	Borowiczki	Kostrogaj	-				P1,5	13		
43	Dworzec Kolejowy	Grabina	P1		11-15		P1		14	
60	Podolszyce	Przemysłowa	P1	5			K3			
61	Orlen Brama	Winiary Szpital	-				-			
62	Kostrogaj	Orlen Brama	-				k4		1-4	
81	Borowiczki	Kostrogaj	-				-			
87	Podolszyce	Ciechomice	-				-			
100	Dworzec Kolejowy	Dziarnowo	60		14	19	K3	9		
101	Dworzec Kolejowy	Stare Proboszczewice	-				K2		11	
102	Dworzec Kolejowy	Murzynowo	120	12	9		60		9	
103	Dworzec Kolejowy	Brudzeń Duży	60	22-24	19	7	30			7-19
104	Dworzec Kolejowy	Wyszyna	P3		3		P1	28	4	
105	Dworzec Kolejowy	Brwilno	P2	9	8		60	12	8	
110	Dworzec Kolejowy	Lelice	P2	5		9	P2		16	
111	Dworzec Kolejowy	Rempin	P2	13		12	60	7	10	8
112	Dworzec Kolejowy	Bielsk	P1		14		P2	12	13	
120	Jachowicza	Staroźreby	-				P2		15	
121	Rogozino	Podolszyce	-				P2	10	12	
130	Jachowicza	Szeligi	P2		12-24		P3	13	7	

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]			
			Inter-wały	Krańiec 1	Krańiec 2	Krańce wariantowe	Inter-wały	Krańiec 1	Krańiec 2	Krańce wariantowe
140	Dworzec Kolejowy	Gąbin	P2	14		22	P2		30	
160	Dworzec Kolejowy	Nowy Duniów	-				P2	11		14
A	Podolszyce	Orlen Brama	-				K3	14		
L1	Gąbin Dworzec	-	-				-			

Źródło: Opracowanie własne

## 4 Analiza ekonomiczno – finansowa możliwości eksploatacji autobusów zeroemisyjnych

W rozdziale 4 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 gazem CNG,
  - autobusy napędzane gazem LNG,
  - autobusy o napędzie konwencjonalnym.
- w terminie od 01.01.2025 r. – 23 pojazdy (tj. udział na poziomie 20%),
  - w terminie od 01.01.2028 r. – 34 pojazdy (tj. udział na poziomie 30%).

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 Płocku oraz potencjalne koszty wprowadzenia. Pod koniec rozdziału przeprowadzono analizę wielokryterialną (MCA) w celu wybrania najlepszych wariantów do dalszych części analiz kosztów i korzyści.

W kontekście ustaleń płynących z zapisów uopa, przy obecnie eksploatowanych w sieci płockiej komunikacji miejskiej 113 pojazdach, wymagana liczba posiadanych pojazdów zeroemisyjnych wynosi<sup>6</sup>:

- w terminie od 01.01.2021 r. – 6 pojazdów (tj. 5% spośród posiadanej liczby autobusów),
- w terminie od 01.01.2023 r. – 12 pojazdów (tj. udział na poziomie 10%),

---

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

## 4.1 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 br. 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. Najważniejszą inwestycją infrastrukturalną jest stacja tankowania wodoru (HRS), która umiejscowiona może być, np. na terenie zajezdni autobusowej.

Obecnie autobusy napędzane wodorem są eksploatowane w kilkunastu europejskich miastach, takich jak Londyn, Hamburg, Oslo, Mediolanie, czy Kolonii. Są to niewielkie floty, liczące zazwyczaj do 10 sztuk, ale ich liczba wciąż się zwiększa i w najbliższym czasie w Europie pojawi się co najmniej 60 kolejnych autobusów napędzanych wodorem<sup>7</sup>. Warto też wspomnieć o niedawnym zamówieniu na 40 autobusów złożonym wspólnie przez Kolonię i Wuppertal<sup>8</sup>.

---

<sup>7</sup> <https://fuelcellsworks.com/news/a-total-of-62-hydrogen-powered-buses-will-soon-be-deployed-in-four-european-cities>, dostęp 18.07.18

<sup>8</sup> <https://www.hyvolution-event.com/en/40-hydrogen-buses-order-van-hool>, dostęp 18.07.18

**Tab. 4.1 Największe systemy autobusów napędzanych wodorem w Europie**

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

Źródło: Opracowanie własne

#### 4.1.1 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 wydajność autobusu wyposażonego w ogniwa paliwowe. Zbiorniki na wodór umieszczane na dachu autobusu mają pojemność 35-40 kg, co wystarcza na przejechanie ok. 450 km, bez konieczności doładowania akumulatora 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.

Eksploatacja autobusów z napędem wodorowym wiąże się z koniecznością budowy odpowiedniej infrastruktury do tankowania, jako że obecnie w Polsce nie ma stacji tankowania wodorem. Utrudnieniem jest także brak dystrybucji czystego wodoru na potrzeby transportowe. Pojawiły się natomiast pierwsze

porozumienia mające na celu stworzenie infrastruktury do ładowania takich pojazdów.<sup>9</sup>

Tab. 4.2 przedstawia poszczególne parametry autobusów zaprojektowanych przez polskich producentów.

<sup>9</sup> Miasto Gdynia i Grupa Lotos podpisały list intencyjny dotyczący ewentualnych dostaw wodoru (data podpisania 3 kwietnia 2018 r.)



**Tab. 4.2. Parametry eksploatacyjne wybranych modeli autobusów o napędzie wodorowym**

Model	Długość	Rok	Pojemność baterii	Moc	Zasięg (1 ładowanie)	Inne
Solaris Urbino 18,75	18,75 m	2014	120 kWh	101 kW	300 km	105 pasażerów
Ursus Demo Hydrogen (elektryczny na wodorowe ogniwa paliwowe)	12 m	2017	70 kWh	1 100 kW	450 km	20 tys. h pracy, 700 tys. km przebiegu, ok. 80 pasażerów
Solaris Urbino 12 Hydrogen	12 m	2019	29,2 kWh	2 x 60 kW	ponad 350 km	ok. 80 pasażerów

Źródło: Opracowanie własne.

#### 4.1.2 Koszty inwestycyjne zakupu taboru

Projekty związane z wdrażaniem autobusów napędzanych wodorem, obejmują koszty zakupu taboru jak i infrastruktury niezbędnej do tankowania pojazdu. Według planu firmy Solaris Bus & Coach S.A., który dotyczy eksploatacji autobusów napędzanych wodorem, koszt takiego pojazdu klasy MAXI wynosi od 750 tys. do 1 mln euro. Solaris jest w trakcie realizacji wartego 18 mln euro kontraktu na dostawę 10 przegubowych, 18,75 metrowych trolejbusów z wodorowymi ogniwami paliwowymi i 10 napędzanych wodorem 12 metrowych autobusów dla łotewskiej Rygi.<sup>10</sup>

Docelowo cenę zakupu jednego autobusu napędzanego wodorem szacuje się na 500 tys. euro (taki scenariusz przewiduje jeden ze światowych dostawców innowacyjnych rozwiązań w zakresie ogniw paliwowych). Cena takiego pojazdu na pewno zależeć będzie od wielkości zamówienia.

Dr Frank Koch z Energie Agentur NRW, agencji zajmującej się ekspertyzami energetycznymi dla Nadrenii Północnej – Westfalii, szacuje, że koszty zakupu autobusu typu MAXI (12-13,5 m)

kształtują się w okolicy 650 tys. euro, a za autobus przegubowy do 1 miliona euro.<sup>11</sup> Ceny te również pojawiają się w materiałach i podręczniku promującym zastosowanie ogniw wodorowych w transporcie publicznym, wspieranym przez UE.<sup>12</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>13</sup> Dla potrzeb analizy przyjęto koszt jednego autobusu MAXI na ogniwa paliwowe zasilane wodorem na poziomie 3,21 mln zł netto (0,75 mln euro netto – pojazd 12 metrowy, a 0,9 mln euro netto – pojazd 18 metrowy).

<sup>10</sup> <https://skaties.lv/zinas/latvija/rigas-satiksme-teres-18-miljonus-lai-nopirkto-jaunus-udenraza-autobusus-un-trolejbusus/>, dostęp 18.07.18

<sup>11</sup> [https://www.now-gmbh.de/content/1-aktuelles/1-presse/20160308-fachkonferenz-in-aachen-und-foerderaufuf/frankkoch\\_energieagrnw\\_fk-aachen-08-03-2016.pdf](https://www.now-gmbh.de/content/1-aktuelles/1-presse/20160308-fachkonferenz-in-aachen-und-foerderaufuf/frankkoch_energieagrnw_fk-aachen-08-03-2016.pdf), dostęp na 18.07.18

<sup>12</sup> JIVE and MEHRLIN Performance Assessment Handbook, Stefan Eckert, Michael Faltenbacher, Klaus Stolzenburg, Martin Gallmetzer

<sup>13</sup> <http://www.rvk.de/das-unternehmen/innovationsfuehrer-rvk/projekt-null-emission.html>, dostęp na 18.07.18

**Tab. 4.3 Zestawienie przykładowych zamówień na autobusy napędzane wodorem w Europie**

Zamawiający	Wielkość zamówienia	Typ autobusu	Wartość zamówienia	Wartość jednego autobusu
Rotterdam <sup>14</sup>	2	Van Hool 13m	1,7mln €	850 tys. €
Kolonia	30	Van Hool 13m	13,0mln €	430 tys. €
Aberdeen <sup>15</sup>	10	Van Hool 13m	brak danych	~500 tys. £≈560 tys. €
Oslo16	10	Brak danych	38mln NOK ≈14mln €	~1,4mln €

Źródło: Opracowanie własne na podstawie artykułów branżowych.

<sup>14</sup> <https://www.3emotion.eu/news/ret-orders-two-fuel-cell-buses-van-hool>, dostęp 18.07.18

<sup>15</sup> <https://www.eveningexpress.co.uk/fp/news/local/decision-to-be-made-on-10-new-hydrogen-buses/> dostęp 18.07.18

<sup>16</sup> <https://www.hegnar.no/Nyheter/Naeringsliv/2018/07/Ruter-faar-stoette-til-ti-nye-hydrogenbusser-i-Oslo> dostęp 18.07.18

### 4.1.3 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 nisko- 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>17</sup> i wymagań, jakie stawiają założenia odnośnie taboru i jej użytkowników. Według danych opublikowanych przez UKH<sub>2</sub>Mobility, 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. Opracowanie dr F. Kocha z Energie Agentur NRW określa koszt budowy stacji mogącej obsłużyć sieć do 10 autobusów na 600 tys. euro<sup>18</sup>. W artykułach traktujących o stacjach tankowania wodoru do aut osobowych, padają kwoty między 1, a 2 mln euro<sup>19</sup>. Łotewska Ryga za budowę dużej stacji tankowania, mogącej obsługiwać 20 pojazdową flotę autobusów i

pojazdy prywatne, zapłaciła 4,5 mln euro<sup>20</sup>. Inne dane, pochodzące z USA wyceniają koszt budowy jednej dużej stacji na 5 mln dolarów, jednak warto zwrócić uwagę, że są to dane z 2012<sup>21</sup>.

W Polsce ciągle jednak brakuje zdecydowanych działań zmierzających do rozwiązania problemów regulacji prawnych dotyczących punktów tankowania wodoru oraz budowy sieci dystrybucyjnej na szeroką skalę.

<sup>17</sup> <https://h2stationmaps.com/costs-and-financing> dostęp 18.07.18

<sup>18</sup> [https://www.now-gmbh.de/content/1-aktuelles/1-presse/20160308-fachkonferenz-in-aachen-und-foerderaufuf/frankkoch\\_energieagrnw\\_fk-aachen-08-03-2016.pdf](https://www.now-gmbh.de/content/1-aktuelles/1-presse/20160308-fachkonferenz-in-aachen-und-foerderaufuf/frankkoch_energieagrnw_fk-aachen-08-03-2016.pdf), dostęp na 18.07.18

<sup>19</sup> <https://ecomento.de/2018/02/16/wasserstoff-elektroauto-tankstellen-2017-deutschland-europa-welt/>, dostęp 18.07.18

<sup>20</sup> <https://skaties.lv/zinas/latvija/rigas-satiksme-teres-18-miljonus-lai-nopirkto-jaunus-udenraza-autobusus-un-trolejbusus/>

<sup>21</sup> [https://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/review12/an020\\_melaina\\_2012\\_o.pdf](https://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/review12/an020_melaina_2012_o.pdf), dostęp 18.07.18

## 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 pierwszym kwartale 2018 r. w polskich miastach wykorzystywano 89 autobusów elektrycznych akumulatorowych, a kolejnych 105 jest na etapie zakupu i produkcji<sup>22</sup>. Autobusy elektryczne w Polsce produkuje Solaris Bus & Coach S.A., Ursus Bus S.A. oraz VOLVO POLSKA sp. z o. o.. Autobusy elektryczne akumulatorowe mają masę większą o około 750 kg w porównaniu do pojazdów spalinowych<sup>23</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 akumulatorów m.in. litowo-jonowych NMC, które charakteryzują się niskimi kosztami, niską masą, ale również niską żywotnością 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. Powszechne są również akumulatory litowo-tytanowe 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>24</sup>. Najważniejszymi czynnikami charakteryzującymi eksploatację autobusów elektrycznych akumulatorowych jest ich zasięg oraz metoda ładowania. Zasięg maksymalny autobusów eksploatowanych w Polsce waha się między 100 km a 300 km, jednak ze względu na np. zużycie energii przez klimatyzację lub niską temperaturę (na którą czułe są akumulatory), zasięg eksploatacyjny jest mniejszy. Zasięg pojazdu zależy od liczby zastosowanych akumulatorów, co przekłada się na masę pojazdu: w autobusie Ursus City Smile 10 o zasięgu 240 km, masa akumulatorów wynosi około 2 tony, natomiast w Solarisie Urbino 8,9 o zasięgu do 100 km akumulatory mają masę 1,4t.

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 równolegle 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

<sup>22</sup> <http://pspa.com.pl/polske-czeka-autobusowa-rewolucja>

<sup>23</sup> *Koncepcja wprowadzenia do eksploatacji autobusów elektrycznych w lubelskiej komunikacji miejskiej*, Poznań 2014

<sup>24</sup> *Przegląd aktualnych doświadczeń w eksploatacji autobusów elektrycznych*, MZA Sp. z o.o., Kraków 2017

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. 4.1** Autobus elektryczny akumulatorowy Solaris Urbino 18 electric

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 zabudowanych 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. 4.4** Wybrane zakupy autobusów elektrycznych akumulatorowych polskich miast

Miasto	Producent	Długość pojazdu	liczba	Cena za sztukę [mln zł brutto]	Ładowarki zawarte w cenie
Stalowa Wola	Solaris	9m	10	2,046	3x pantografowa i 5x plug-in
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

Źródło: Opracowanie własne

W Tab. 4.4 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 – 1,9 mln zł
- MAXI – 2,2 mln zł
- MEGA18 – 2,8 mln zł



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

Koszt zakupu ładowarek plug-in jest stosunkowo niski – koszt jednego urządzenia to około 130 000 zł netto. W celu efektywnego ładowania pojazdów zwykle wymagane jest posiadanie znacznej liczby ładowarek, zwykle jednej na pojazd (dla urządzeń jednostanowiskowych) 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 akumulatorowych potrzebnych do obsłużenia zaplanowanych brygad będzie większa niż analogiczna liczba pojazdów spalinowych (autobusy elektryczne akumulatorowe musiałyby zjeżdżać do zajezdni po wykonaniu około 150 km na kilkugodzinne ładowanie).

#### 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 przewoźnika. Przy analizie przyjęto założenie, że jeden autobus elektryczny może przejechać

120 km na naładowanym akumulatorze. Wariant zakłada ładowanie pojazdów jedynie na zajezdni do pełnych akumulatorów. W analizie wykluczono wymianę autobusów MEGA15, ponieważ producenci taboru nie produkują pojazdów elektrycznych o takiej długości.

**Tab. 4.5 Liczba brygad w modelu opartym o ładowanie pojazdów wyłącznie metodą plug-in**

Model oparty o ładowanie pojazdów wyłącznie metodą plug-in	MINI	MIDI	MAXI	MEGA15	MEGA18	Cała sieć
Liczba brygad - aut. spalinowe	1		57	4	1	63
Liczba brygad - aut. elektryczne akumulatorowe	2		26		16	44
Przyrost liczby brygad w ruchu						
Liczba brygad w ruchu	3		83	4	17	107

Źródło: Opracowanie własne

W modelu opartym o ładowanie pojazdów wyłącznie metodą plug-in obecne rozkłady jazdy pozwalają na obsługę autobusami elektrycznymi akumulatorowymi 107 brygad – 26 obsługiwanych autobusami klasy MAXI, 2 autobusami klasy MINI oraz 16 autobusami klasy MEGA 18.

Ze względu na ograniczony zasięg autobusów elektrycznych akumulatorowych zaistnieje potrzeba wprowadzenia do obsługi dodatkowo 3 autobusami klasy MINI oraz 2 klasy MEGA 18.

Do obsługi łącznie będzie potrzebnych 119 pojazdów – o 6 więcej niż obecnie, w tym 49 autobusów z napędem elektrycznym (41%). Rozwiązanie to pozwoli osiągnąć ustawowy wymóg 30% udziału pojazdów zeroemisyjnych. Przyrost liczby posiadanych autobusów wynika z ograniczonego zasięgu autobusów elektrycznych akumulatorowych, który nie pozwala na wymianę autobusów spalinowych w stosunku 1:1.

**Tab. 4.6 Stan taboru, wykorzystanie taboru i udział autobusów elektrycznych akumulatorowych w modelu opartym o ładowanie pojazdów wyłącznie metodą plug-in**

Model oparty o ładowanie pojazdów wyłącznie metodą plug-in	MINI	MIDI	MAXI	MEGA15	MEGA18	Cała sieć
Stan taboru - aut. spalinowe	1		64	4	1	70
Stan taboru - aut. elektryczne akumulatorowe	2		29		18	49
Stan taboru	3		93	4	19	119
Wskaźnik wykorzystania aut. spalinowych	100%		89%	100%	100%	90%
Wskaźnik wykorzystania aut. elektrycznych akumulatorowych	100%		90%		89%	90%
Udział aut. elektrycznych akumulatorowych	61%		31%		95%	41%

Źródło: Opracowanie własne

#### 4.2.4 Koszty inwestycyjne w modelu opartym o ładowanie pojazdów ładowarkami plug-in i za pomocą pantografu

Zastosowanie ładowarek pantografowych na trasie linii obsługiwanych taborem elektrycznym akumulatorowym przyczynia się do znaczącego zwiększenia pokonywanych kilometrów, 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, 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. 4.2 Autobus elektryczny akumulatorowy Solaris Urbino 12 electric w barwach PKM Jaworzno**

Źródło: Zbiory własne

#### 4.2.5 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. Model oparty o ładowanie pojazdów metodą plug-in i

ładówarką pantografową, oprócz budowy stacji wolnego ładowania na terenie zajezdni, zakłada budowę ładowarek na terenie miasta w wybranych lokalizacjach. Przy analizie przyjęto następujące założenia:

- 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 01.01.2018 r., przy założeniu, że wskaźnik wykorzystania autobusów elektrycznych akumulatorowych będzie wynosił w dzień roboczy 90%,
- przedmiotem elektryfikacji objęto wyłącznie linie, na których wszystkie kursujące brygady będą wykonywane przez autobusy elektryczne akumulatorowe,
- przyjęto, że preferowane do elektryfikacji są linie z niższymi prędkościami komunikacyjnymi oraz przebiegające przez zabytkowe centrum miasta i przez największe osiedla mieszkaniowe charakteryzujące się wysoką gęstością zaludnienia,
- lokalizację infrastruktury szybkiego ładowania wyznaczono z pominięciem krańców położonych na terenach prywatnych,
- ściśle oceniono długości postojów na krańcach w przedstawionych kluczowych porach poszczególnych typów dni, które dla określonych linii powinny zostać odpowiednio wydłużone, zakładając konieczność zachowania odpowiedniej rezerwy czasowej na doładowywanie autobusów,
- założono, że trasy nie będą modyfikowane, niewykorzystywane autobusy elektryczne akumulatorowe poza godzinami szczytów komunikacyjnych będą kierowane do obsługi innych linii,
- 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; założono, że nawet jeśli zwiększy się liczba pojazdów w ruchu przy utrzymaniu tej samej oferty przewozowej, to średnioroczna praca eksploatacyjna przypadająca na autobus elektryczny w ruchu będzie wyższa o 70% w porównaniu do użytkowanych pozostałych autobusów spalinowych.

Na podstawie powyższych założeń i dokonanej analizy wielokryterialnej do całkowitej elektryfikacji wybrano linie: 0, 3, 7, 10, 19, 20, 22, 26, natomiast częściowej elektryfikacji podlegać będą linie 2 i 14. Uzupełniając autobusy elektryczne akumulatorowe będą obsługiwały linie 15, 24, 31, 33 oraz 35 w porach o zmniejszonym zapotrzebowaniu na autobusy na liniach całkowicie zelektryfikowanych. Wyznaczono również lokalizację ładowarki terenowych z funkcjonalnością szybkiego ładowania z wykorzystaniem pantografu:

- 1 ładowarka na pętli „Borowiczki”,
- 1 ładowarka na pętli „Kostrogaj”,
- 2 ładowarki na pętli „Podolszyce”,
- 3 ładowarki na pętli „Winiary Szpital”.

Do zapewnienia ciągłości świadczenia usług przewozowych na elektryfikowanych liniach niezbędne będzie 7 stacji szybkiego ładowania, dedykowanych dla 40 autobusów elektrycznych w ruchu.

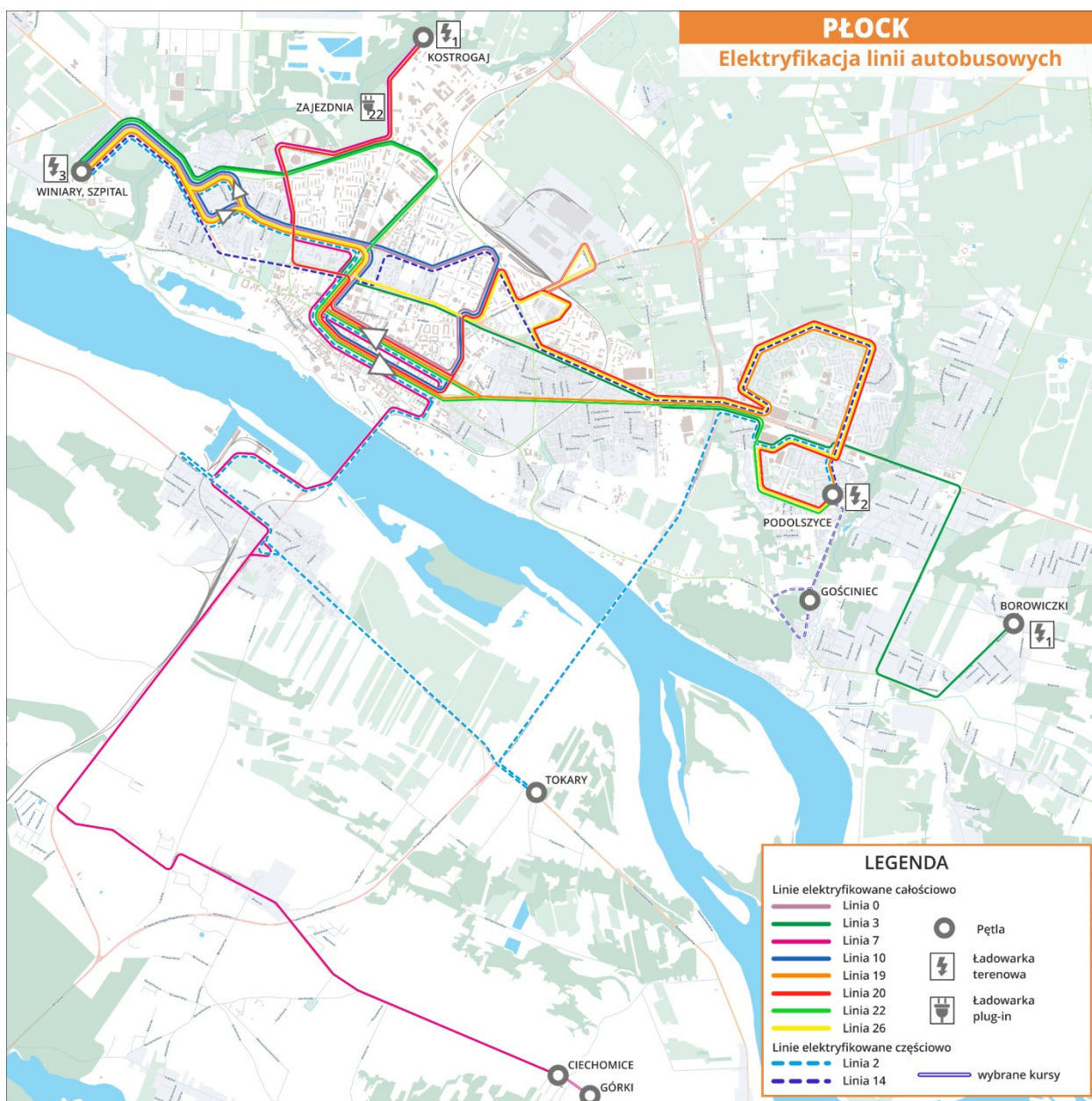


**Rys. 4.3 Ładowarka pantografowa i autobus elektryczny akumulatorowy Solaris Urbino 12 electric w malowaniu ZTM Warszawa**

*Źródło: Zbiory własne*

W modelu opartym o ładowanie pojazdów metodą plug-in i ładowarką pantografową będzie potrzebnych 117 pojazdów – o 4 więcej niż obecnie, w tym 44 autobusy o napędzie elektrycznym (38%). Przyrost liczby pojazdów w ruchu jest znacznie niższy w porównaniu do modelu opartego o ładowanie pojazdów wyłącznie metodą plug-in, wymagającego zwiększenia floty operatora o 2 pojazdy.





**Rys. 4.4 Linie komunikacyjne z możliwością obsługi pojazdami elektrycznymi wraz z lokalizacjami ładowarek**

Źródło: Opracowanie własne

Ze względu na ograniczony zasięg autobusów elektrycznych akumulatorowych, niwelowany przez możliwość doładowywania pojazdów dzięki przewidzianym ładowarkom pantografowym, liczba autobusów w ruchu wzrośnie. Linie 0, 2, 3, 7, 10, 14, 19, 20, 22, 26 obecnie obsługują maksymalnie 40 brygad w dzień roboczy, w godzinach szczytu przewozowego. W modelu opartym o ładowanie pojazdów metodą plug-in i ładowarką pantografową, przy założeniu o utrzymaniu obecnie stosowanych częstotliwości kursowania, liczba autobusów obsługujących

wskazane linie wzrośnie łącznie o 4 sztuki z uwagi na konieczność wydłużenia wybranych postojów wyrównawczych na doładowanie pojazdów przy użyciu ładowarki pantografowej. Liczba autobusów w ruchu w całej sieci komunikacyjnej wzrośnie zatem o 4 sztuki – z poziomu 102 brygad do 106 brygad w dzień roboczy szkolny.

W modelu opartym o ładowanie pojazdów metodą plug-in i ładowarką pantografową będzie potrzebnych 117 pojazdów – o 4 więcej niż obecnie, w tym 44 autobusy o napędzie elektrycznym akumulatorowym (38%).



**Tab. 4.7 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	MEGA 15	MEGA 18	Cała sieć
Liczba brygad - aut. spalinowe	3		53		10	66
Liczba brygad - aut. elektryczne akumulatorowe:			25		15	40
w tym na linii 0			2			
w tym na linii 2 (częściowo)			2			
w tym na linii 3					8	
w tym na linii 7			4			
w tym na linii 10			2			
w tym na linii 14 (częściowo)			2			
w tym na linii 19					7	
w tym na linii 20			4			
w tym na linii 22			7			
w tym na linii 26			4			
Przyrost liczby brygad w ruchu						
Liczba brygad w ruchu	3		78		25	106

Źródło: Opracowanie własne

Zakładając zwiększenie wskaźnika wykorzystania taboru elektrycznego w porównaniu do pozostałych pojazdów, przyrost wielkości floty operatora będzie niższy. W modelu opartym o ładowanie pojazdów metodą plug-in i ładowarkę pantografową do obsługi sieci potrzebnych będzie łącznie 117 pojazdów – o 4 więcej niż obecnie, w tym 44 autobusy o napędzie elektrycznym (38%). Przyrost liczby

pojazdów w ruchu jest znacznie niższy w porównaniu do modelu opartego o ładowanie pojazdów wyłącznie metodą plug-in, wymagającego zwiększenia floty operatora o 2 pojazdy. Zrealizowana zostanie wymagana liczba autobusów zeroemisyjnych dla obecnego ilostanu operatora (34 sztuki stanowiące 30% spośród 113 użytkowanych pojazdów).

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

Wariant W3	MINI	MIDI	MAXI	MEGA 15	MEGA 18	Cała sieć
Stan taboru - aut. spalinowe	3		59		11	73
Stan taboru - aut. elektryczne akumulatorowe			28		16	44
Stan taboru	3		87		27	117
Wskaźnik wykorzystania aut. spalinowych	100%		90%		91%	90%
Wskaźnik wykorzystania aut. elektrycznych akumulatorowych	0%		89%		94%	91%
Udział aut. elektrycznych akumulatorowych	0%		32%		59%	38%

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 trakcyjnych z prądem stałym o napięciu 600 V. Oprócz tego do funkcjonowania komunikacji trolejbusowej potrzebne są podstacje trakcyjne oraz zaplecza techniczne (zajezdnie trolejbusowa). Na przykładzie Gdyni, sieć trakcyjna jest zasilana w 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 w

Gdyni i w Lublinie dokonano zakupu 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 10-20 kilometrów. Pozwala to na obsługę obszarów nie pokrytych trolejbusową siecią trakcyjną. 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.

### 4.3.2 Koszty inwestycyjne zakupu taboru

W 2017 roku w Lublinie przeprowadzono przetarg na zakup 15 trolejbusów klasy MEGA18. Wyposażenie trolejbusów to: klimatyzację, system monitoringu, biletomaty, bramki zliczające oraz port USB w przestrzeni pasażerskiej. Wybrany oferent zaoferował pojazdy z bateriami trakcyjnymi o pojemności 60 kWh. Koszt pojedynczego trolejbusu wyniósł 2,44 mln zł brutto<sup>25</sup>. W 2018 roku, także w Lublinie przeprowadzono postępowanie na zakup taboru – 10 sztuk trolejbusów klasy MAXI. Wymogi dotyczące wyposażenia pojazdów były podobne, jak w postępowaniu przeprowadzonym w 2018 roku. Wybrany oferent zaoferował pojazdy z bateriami trakcyjnymi o pojemności 70 kWh. Koszt pojedynczego pojazdu wyniósł 2,17 mln zł brutto<sup>26</sup>. W Gdyni w 2018 roku zakupiono

14 sztuk trolejbusów 12 metrowych z bateriami o pojemności 58 kWh oraz 16 pojazdów MEGA18 o pojemności 87 kWh. Koszt pojedynczego pojazdu klasy MAXI wyniósł 2,29 mln zł brutto za szt., a pojedynczy trolejbus MEGA18 kosztował 3,15 mln zł brutto<sup>27</sup>. Warto podkreślić, że jedynie w tym postępowaniu wystartował tylko jeden oferent. 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><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: 10.07.2018)

<sup>26</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: 10.07.2018)

<sup>27</sup> <https://www.transport-publiczny.pl/wiadomosci/gdynia-tylko-z-jedna-i-droga-oferta-na-trolejbusy-56995.html> (dostęp: 10.07.2018)

### 4.3.3 Koszty inwestycji w infrastrukturę sieciową i punktową

W latach 2013-2015 w Lublinie wybudowano za 42 mln zł zajeżdnie trolejbusową na 100 trolejbusów i 25 pojazdów zaplecza technicznego<sup>28</sup>. Dokonano także rozbudowy sieci trakcyjnej dla trolejbusów. 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>29</sup>. W Tychach 1 km trakcji (w jedną stronę), 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>30</sup>.

---

<sup>28</sup> [http://mpk.lublin.pl/?id\\_site=1&id=1184](http://mpk.lublin.pl/?id_site=1&id=1184)  
(dostęp: 10.07.2018)

<sup>29</sup> <https://biuletyn.lublin.eu/zdm/zamowienia-publiczne/zakonczone/2016/2016-12-14-roboty-budowlane-przetarg-nieograniczony-na-budowe-trakcji-trolejbusowej-w-ul-J.-pawla-ii-od-ul-granitowej-do-al-krasnickiej-w-al-krasnickiej-od-ul-J.-pawla-ii-dopetli-trolejbusowej-i-na-skrzyzowaniu-ul-J.-pawla-ii-i-ul-/> (dostęp: 10.07.2018)

<sup>30</sup> <https://bazakonkurencyjnosci.gov.pl/publication/view/1082889#infowyk> (dostęp: 10.07.2018)

#### 4.3.4 Możliwość wprowadzenia trolejbusów w Płocku

W etapie docelowym udział pojazdów zeroemisyjnych powinien wynosić 30%. KM Płock posiada w swojej flocie 113 pojazdy (102 pojazdy w ruchu), co oznacza, że powinna posiadać 33 pojazdów zeroemisyjnych (31 w ruchu, zakładając ten sam poziom wskaźnika wykorzystania autobusów co obecnie). Wymianę autobusów spalinowych na trolejbusy założono w stosunku 1 do 1. Najbardziej optymalny wariant uruchomienia traktacji trolejbusowej obejmowałby wymianę autobusów kursujących na liniach 0, 10, 14, 19, 20, 22 i 26, ponieważ tworzą one wiązkę linii na możliwie długich wspólnych odcinkach trasy. Obecnie linie te w szczycie komunikacyjnym obsługiwane są przez łącznie 31 autobusów MAXI 12m. Trasa linii 0, 10, 19 w całości będzie pokryta siecią trakcyjną, natomiast linie 14, 20, 22, 26 nie będą miały sieci trakcyjnej na całej trasie, zakłada się kursowanie trolejbusów z napędem pomocniczym. Linia 14 nie będzie miała sieci trakcyjnej na fragmencie trasy od przystanku Podolszyce do przystanku Gościniec,

natomiast linia 20 na ulicy Przemysłowej od skrzyżowania z ulicą Narodowych Sił Zbrojnych do pętli Kostrogaj, a także na wspólnym odcinku z linią 26 na ulicy Otolińskiej od skrzyżowania z ulicą S. Banacha do przystanku WORD, oraz na ulicy Czwartaków i Al. J. Pawła II do przystanku Podolszyce. Linia 22 nie będzie miała traktacji na ulicy Bielskiej i Narodowych Sił Zbrojnych oraz na Alei J. Pawła II od skrzyżowania z Wyszogrodzką do przystanku Podolszyce. Linia 26 również nie będzie miała traktacji na Alei S. Jachowicza od skrzyżowania z Kilińskiego do Obrońców Westerplatte. Wyjazdy z zajezdni będą odbywać się z wykorzystaniem akumulatorów. Wprowadzanie trolejbusów wymagać będzie zmiany przydziałów pojazdów do brygad, jako że na chwilę obecną stosowane są służby łączące różne linie, także takie, na który nie jest możliwa obsługa traktacją trolejbusową. Łączna długość sieci trakcyjnej dla trolejbusów w Płocku docelowo może wynieść 50,2 km (w tym jest 3,4 km odcinka jednokierunkowego).

**Tab. 4.9 Koszty netto zakupu trolejbusów**

Tabor	Koszt netto zakupu trolejbusu	Liczba nabywanych pojazdów	Łączny koszt netto zakupu taboru
Maxi 12m	1,80 mln zł	33	59 400 000 zł

*Źródło: Opracowanie własne*

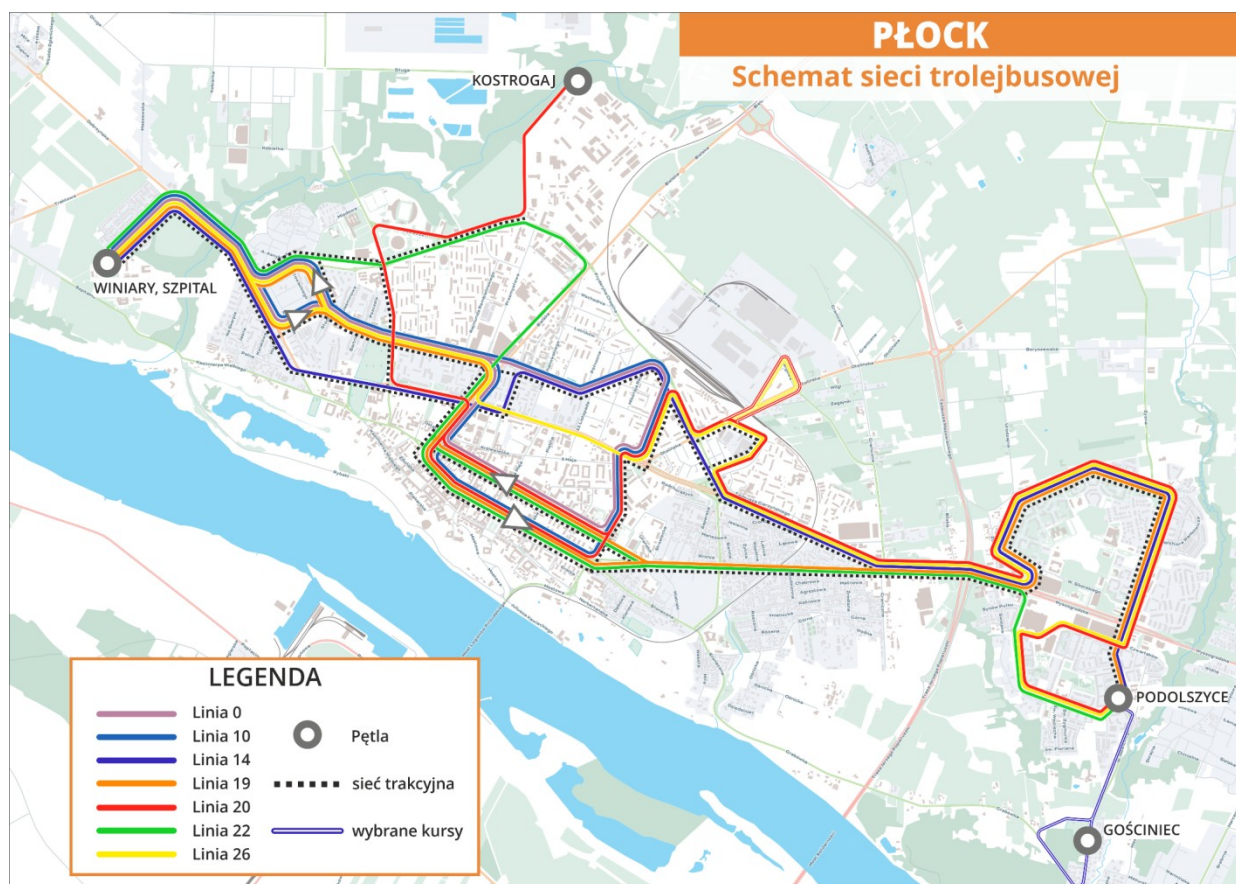
Do obsługi liniowej będzie potrzebne 31 trolejbusów klasy MAXI, w tym również 2 sztuki na rezerwę. Koszt budowy 1km sieci trakcyjnej w jedną stronę szacuje się na 2 mln zł netto. Istotnym elementem są podstacje trakcyjne,

które powinny być rozmieszczone co około 3 km – koszt budowy 1 podstacji szacuje się na poziomie około 2,1 mln zł netto. Poniżej zestawiono łączne koszty uruchomienia traktacji trolejbusowej w komunikacji miejskiej w Płocku.

**Tab. 4.10 Koszty netto wprowadzenia do ruchu trolejbusów**

Koszt netto	Wartość netto zakupu
Dostosowanie zajezdni do obsługi trolejbusów	12,20 mln zł
Zakup taboru	59,40 mln zł
Koszt budowy sieci trakcyjnej	100,40 mln zł
Koszt budowy podstacji trakcyjnych	18,90 mln zł
Łączne nakłady inwestycyjne	190,90 mln zł

Źródło: Opracowanie własne



Rys. 4.5 Schemat analizowanej sieci trolejbusowej

Źródło: Opracowanie własne

## 4.4 Ocena wprowadzenia do eksploatacji autobusów zasilanych gazem CNG lub LNG

### 4.4.1 Charakterystyka parametrów eksploatacyjnych autobusów zasilanych gazem CNG

Sprężony gaz ziemny (CNG) jest użytkowany na szeroką skalę w transporcie od około 30 lat i obecnie jest najbardziej popularnym paliwem alternatywnym w komunikacji miejskiej. Autobusy zasilane CNG nie są zaliczane do pojazdów zeroemisyjnych, jednakże wprowadzenie pojazdów o takim napędzie pozwala na znaczne ograniczenie niskiej emisji pyłów – PM, tlenków azotu, eliminację związków siarki, a także redukcję hałasu emitowanego przez silnik. Dodatkowym atutem jest możliwość zamontowania osprzętu

zaprojektowanego do spalania CNG do silnika spalinowego. Na system składają się reduktor, wtryskiwacze, sterownik oraz wysokociśnieniowy zbiornik do przechowywania gazu. Na rynku obecne są także mało popularne autobusy hybrydowe z silnikiem zasilanym sprężonym gazem ziemnym oraz pojazdy napędzane sprężonym biometanem.

Z doświadczeń operatorów komunikacji miejskiej, posiadających pojazdy zasilane CNG,

wynika, że oszczędności w tankowaniu wynoszą około 10% względem oleju napędowego (oszczędności były jeszcze większe (o 36%) w latach 2007-2012, kiedy gaz ziemny nie był objęty akcyzą). 8 sierpnia bieżącego roku, została podpisana przez prezydenta RP nowelizacja ustawy o akcyzie i Prawie celnym, która przewiduje wprowadzenie zerowej stawki akcyzy na sprężony gaz ziemny (CNG).<sup>31</sup>. Operatorzy podkreślają również mniejszą złożoność silnika, która powoduje niższe koszty napraw oraz wysoki wskaźnik wykorzystania taboru. Zasięg pojazdów zasilanych CNG wynosi 350-400 km<sup>32</sup>.

Do wdrożenia rozwiązania konieczna jest budowa infrastruktury do tankowania pojazdów, co wiąże się z dodatkowymi nakładami inwestycyjnymi oraz kosztami eksploatacji. Warto podkreślić, że przy podpisaniu długoterminowej umowy na dostawę gazu, dostawcy są skłonni partycypować lub nawet pokryć całość kosztów na budowę infrastruktury.

W pierwszym kwartale 2018 roku w polskich miastach jeździło 349 autobusów zasilanych gazem CNG, planowany jest zakup kolejnych 71. Na rynku polskim autobusy zasilane CNG oferują: AUTOSAN sp. z o.o., MAN Truck&Bus, Mercedes-Benz Polska Sp. z o.o., Scania Polska S.A., Solaris Bus & Coach S.A., Iveco Ltd., SOR Poland sp. z o.o.

---

<sup>31</sup> [http://infobus.pl/zerowa-akcyza-na-cng-z-podpisem-prezydenta\\_more\\_107463.html](http://infobus.pl/zerowa-akcyza-na-cng-z-podpisem-prezydenta_more_107463.html) (dostęp: 20.08.2018)

<sup>32</sup> Paliwa alternatywne w komunikacji miejskiej, PSPA, IGKM, Warszawa 2018



#### 4.4.2 Charakterystyka parametrów eksploatacyjnych i koszty inwestycyjne autobusów zasilanych gazem LNG

Skroplony gaz ziemny (LNG) zyskuje coraz większą popularność w transporcie, jednak najszersze zastosowanie znajduje w transporcie ciężarowym niż w komunikacji miejskiej. Autobusy zasilane LNG nie są zaliczane do pojazdów zeroemisyjnych, jednakże podobnie jak przy autobusach CNG, ich wprowadzenie pozwala na znaczne ograniczenie niskiej emisji pyłów, a także redukcję hałasu emitowanego przez silnik. Do wdrożenia rozwiązania konieczny jest transport cysternami oraz składowanie skroplonego gazu ziemnego, które wymaga kriogenicznych zbiorników zapewniające temperaturę -162 stopni Celsjusza. Rozwój tego segmentu autobusu w Polsce jest głównie ograniczony przez wysoki koszt budowy zbiorników, a także konieczność współpracy z dostawcą, który umożliwi tankowanie pojazdów. Wdrożenie systemu tankowania dla LNG pozwala na rozszerzenie go niewielkim kosztem o tankowanie pojazdów CNG.

Pojazdy zasilane LNG różnią się od autobusów zasilanych CNG jedynie pod względem przechowywania (posiadają lżejsze i znacznie mniejsze zbiorniki), tankowania (krótszy czas tankowania – podobny jak w przypadku oleju napędowego) i dostarczania paliwa. Pozwala to na wydłużenie zasięgu, który w przypadku autobusów LNG wynosi 500-550 km<sup>33</sup>. Warto dodać, że podpisana przez prezydenta RP nowelizacja ustawy o akcyzie i Prawie celnym, przewiduje też wprowadzenie zerowej stawki akcyzy na skroplony gaz ziemny (LNG).

W pierwszym kwartale 2018 roku w polskich miastach jeździło 47 autobusów (w Warszawie i Olsztynie) zasilanych gazem LNG. Koszt zakupu

35 autobusów MEGA18 z 10-letnim kontraktem na dostawę gazu wyniósł 114 mln zł<sup>34</sup>.

<sup>33</sup> Paliwa alternatywne w komunikacji miejskiej, PSPA, IGKM, Warszawa 2018

<sup>34</sup> <http://www.elektroonline.pl/news/7897,Warszawa-inwestuje-w-autobusy-zasilane-pradem-i-LNG> (dostęp: 31.08.2018)

#### 4.4.3 Koszty inwestycyjne zakupu taboru zasilanego CNG

W 2017 roku w Tarnowie przeprowadzono przetarg na zakup 21 autobusów niskoemisyjnych napędzanych CNG klasy MAXI. Koszt pojedynczego pojazdu wyniósł 1,27 mln zł brutto<sup>35</sup>. W Kostrzynie Wielkopolskim zakup 4 autobusów klasy MAXI kosztował 5,34 mln zł brutto<sup>36</sup>. W 2017 roku odbył się także przetarg w Przemyśle na 2 autobusy klasy MAXI. Wartość zamówienia wyniosła 2,38 mln zł brutto. W 2018 roku Miejskie Zakłady Autobusowe w Warszawie podpisały umowę na dostawę 80 autobusów zasilanych CNG – w tym 30 klasy MAXI i 50 klasy MEGA18. Wartość zamówienia wyniosła 132,3 mln zł brutto<sup>37</sup>. W Tychach w ostatnim czasie rozpisano przetarg na 10 pojazdów klasy MIDI. Koszt pojedynczego pojazdu w tym przetargu wyniósł 0,86 mln zł brutto<sup>38</sup>.

---

<sup>35</sup> <http://www.mpk.tarnow.pl/pl/przetargi/2017-08-08/dostawa-21-sztuk-fabrycznie-nowych-autobusow-niskopodlogowych-ekologicznych-niskoemisyjnych-zasilanych-gazem-ziemnym-sprezonym-cng-przeznaczonych-do-komunikacji-miejskiej-w-mpk-spolka-z-o-o-w-tarnowie> (dostęp: 30.07.2018)

<sup>36</sup> [http://infobus.pl/solaris-z-umowa-w-kostrzynie-wielkopolskim-4-x-nowy-urbino-12-cng\\_more\\_100586.html](http://infobus.pl/solaris-z-umowa-w-kostrzynie-wielkopolskim-4-x-nowy-urbino-12-cng_more_100586.html) (dostęp: 30.07.2018)

<sup>37</sup> <https://www.transport-publiczny.pl/wiadomosci/mza-warszawa-wybiera-gazowe-autobusy-mana-58373.html> (dostęp: 30.07.2018)

<sup>38</sup> [http://www.infobus.pl/pkm-tychy-wybral-gazowe-minibusy-od-mmi\\_more\\_106997.html](http://www.infobus.pl/pkm-tychy-wybral-gazowe-minibusy-od-mmi_more_106997.html) (dostęp: 30.07.2018)

#### 4.4.4 Koszty inwestycji w infrastrukturę do tankowania pojazdów napędzanych CNG

W 2016 roku w Częstochowie otwarto nową stację tankowania CNG. Przy rozstrzygnięciu postępowania na budowę stacji zakontraktowano dostawę gazu na ok. 16 mln metrów sześciennych. Łączny koszt dostaw i budowy wyniósł 52 mln zł<sup>39</sup>. Według raportu Polskiego Stowarzyszenia Paliw Alternatywnych szacunkowy koszt utworzenia stacji CNG wynosi 300 tys. euro.

---

<sup>39</sup><http://silesiainfotransport.pl/blog/2016/10/26/najnowocześniejsza-w-polsce-stacja-cng/> (dostęp: 30.07.2018)

#### 4.4.5 Możliwość wprowadzenia autobusów zasilanych gazem CNG w Płocku

Wdrożenie autobusów zasilanych gazem CNG w Płocku wiązałoby się z budową nowej stacji (najbliższa stacja znajdują się w Warszawie) lub dostosowaniem obecnej do obsługi nowych pojazdów. Zaletą tych autobusów jest duży zasięg, który pozwala obsłużyć dowolną linię w całej sieci komunikacyjnej. Oszczędności wynikające z tankowania gazu ziemnego zamiast oleju napędowego wyniosłyby ok. 15 mln zł (lub 54,4 mln zł w przypadku zniesienia podatku akcyzowego) w ciągu 25 lat. Kwotę wyliczono przy założeniu, że w kolejnych latach aktualnie użytkowane autobusy byłyby tylko

wymieniane na autobusy tankowane gazem ziemnym. Korzyścią przy wdrożeniu tego rozwiązania jest także ograniczenie emisji szkodliwych gazów do atmosfery względem autobusów o napędzie konwencjonalnym. Jednak warto dodać, że w myśl ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych, autobusy CNG nie są zaliczane do pojazdów zeroemisyjnych. Ich wdrożenie nie pozwoli na wypełnienie wymogów ustawy, skutkując koniecznością wprowadzenia innych rozwiązań w celu jej spełnienia.

#### 4.4.6 Możliwość wprowadzenia autobusów zasilanych gazem LNG w Płocku

Wprowadzenie autobusów napędzanych LNG w Płocku, podobnie jak w przypadku autobusów napędzanych CNG wiązałoby się z budową nowej infrastruktury (zbiornik kriogeniczny, stanowisko tankowania). Zaletą tych autobusów jest także duży zasięg oraz ograniczenie emisji hałasu i szkodliwych gazów do atmosfery

względem autobusów o napędzie konwencjonalnym. Autobusy LNG również nie są zaliczane do pojazdów zeroemisyjnych. Ich wdrożenie nie pozwoli na wypełnienie wymogów ustawy, skutkując koniecznością wprowadzenia innych rozwiązań w celu jej spełnienia.

### 4.5 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 na dodatkową infrastrukturę do obsługi pojazdów zeroemisyjnych – budowę sieci trakcyjnej dla trolejbusów, stacji tankowania pojazdów napędzanych wodorem, czy ładowarek do autobusów elektrycznych akumulatorowych. 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 normę spalania EURO 6. Na podstawie ostatnich przetargów można założyć koszt pojedynczego autobusu klasy MAXI na poziomie około 0,95 mln zł netto za autobus, a klasy MIDI 0,85 mln zł netto. Koszt jednostkowy pojazdu klasy MEGA18 wynosi około 1,4 mln zł netto. Ze względu na brak przetargów w ostatnim czasie na autobusy klasy MEGA 15 – na potrzeby analizy przyjęto, że pojedynczy pojazd kosztuje 1,05 mln zł netto.

Tab. 4.11 Uśrednione koszty zakupu pojazdów o napędzie konwencjonalnym

Klasa pojazdu	Liczba pojazdów	Przeciętna cena jednostkowa netto	Koszt całkowity netto w mln zł
MAXI	36	0,95 mln zł	34 200 000
MEGA18	8	1,40 mln zł	11 200 000
Koszt całkowity inwestycji:			45 400 000

Źródło: Opracowanie własne

## 4.6 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 taboru i możliwość używania pojazdów na innych liniach,

### ■ społeczny

- liczba potencjalnych pasażerów linii obsługiwanych taboru,

- 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. 4.12 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	0,30		
1.3		elastyczność zarządzania taboru	0,45		

l.p.	Aspekt		Waga aspektów szczegółowych		Waga aspektu
			Częstkowa	Łączna	
2.1	Społeczny	liczbę potencjalnych pasażerów linii obsługiwanych taborem	0,40	1,00	0,1
2.2		potencjalny wpływ zastosowania taboru zeroemisyjnego na wzrost zainteresowania publicznym transportem zbiorowym	0,60		
3.1	Dostępność technologiczna	dostępność rozwiązania technologicznego	1,00	1,00	0,2
4.1	Środowiskowy	emisja spalin	0,50	1,00	0,3
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.



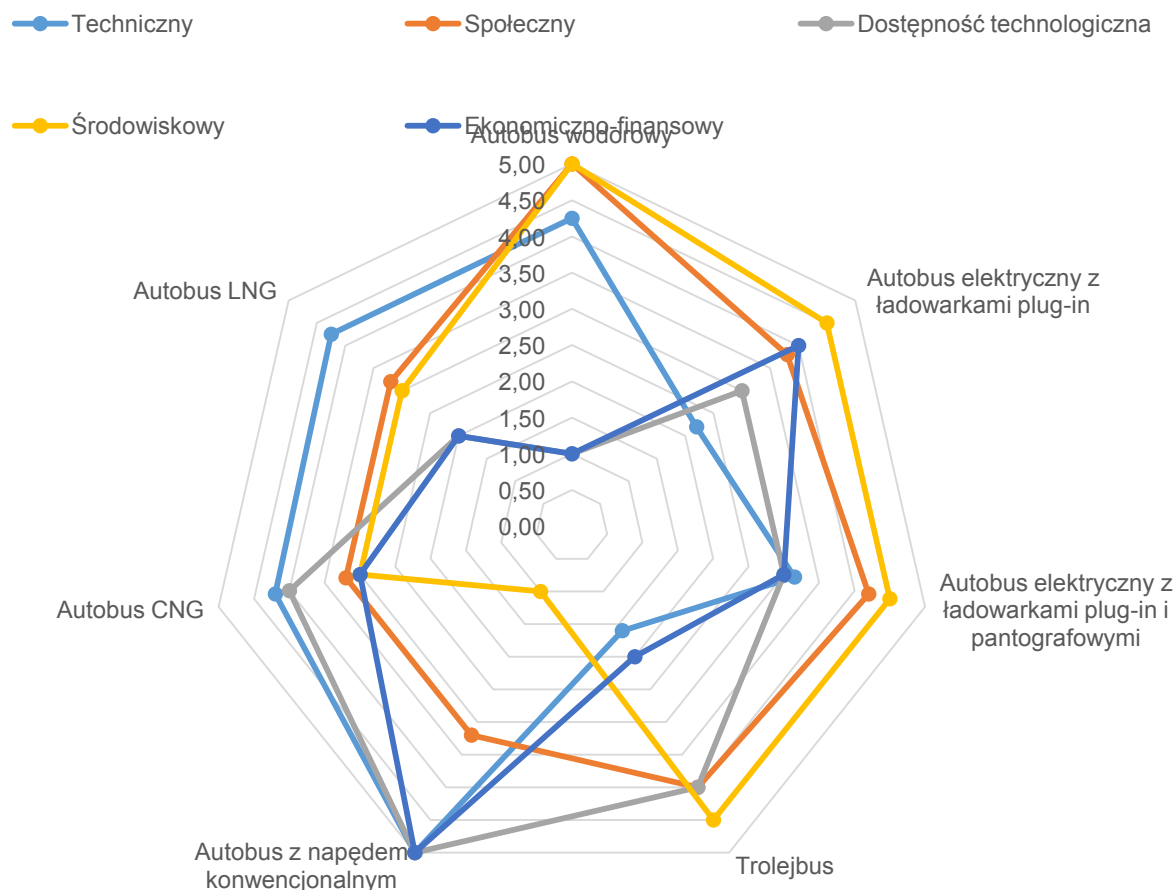
Tab. 4.13 Ocena wariantów w poszczególnych aspektach szczegółowych

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

Źródło: Opracowanie własne

Następnym etapem analizy było przemnożenie poszczególnych ocen wariantów przez wagi aspektów szczegółowych.

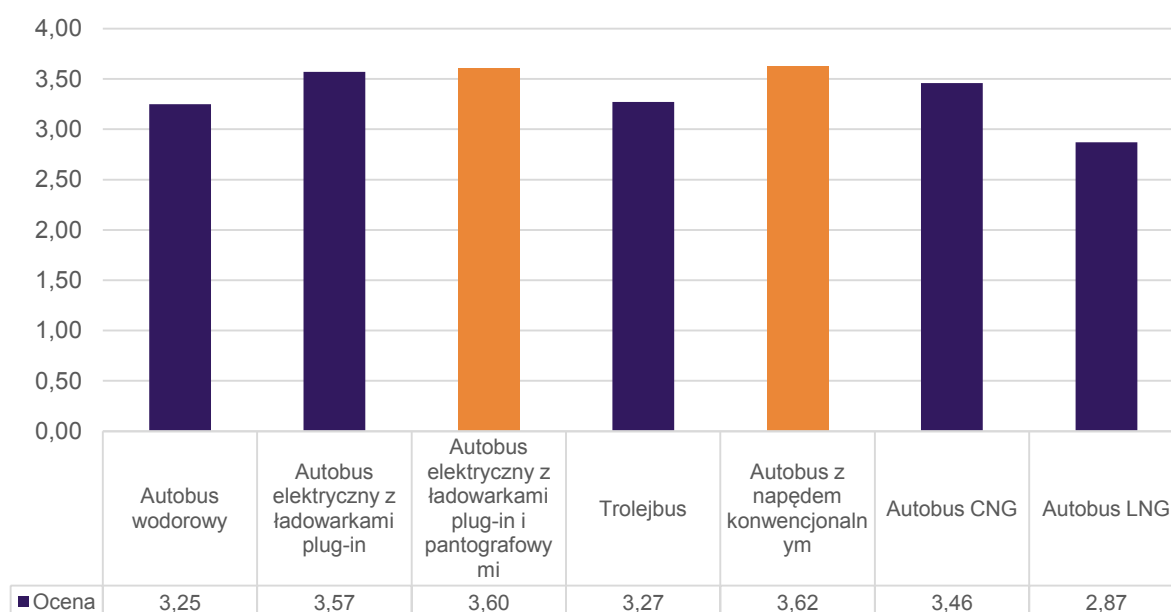
## Ocena wariantów w poszczególnych aspektach



**Rys. 4.6 Ocena wariantów w aspektach szczegółowych**

Źródło: Opracowanie własne

## Ocena wyboru wariantu



Rys. 4.7 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 3,62.** Drugie miejsce zajęły autobusy elektryczne akumulatorowe z ładowarkami plug-in i pantografowymi z oceną 3,6. Powyższe dwa warianty będą poddane szczegółowej analizie w następnych 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.

Tab. 4.14 Wybrane warianty strategiczne odnowy taboru eksploatowanego w płockiej komunikacji miejskiej.

W0	W1
Odnowa floty w oparciu o autobusy spalinowe i hybrydowe	<p>Wprowadzenie do eksploatacji 44 szt. autobusów elektrycznych akumulatorowych</p> <p>Całościowo elektryfikowane linie: 0,2,3, 7,10, 14, 19,20,22,26</p> <p>Częściowo elektryfikowane linie: 2, 14</p> <p>Budowa 22 szt. dwustanowiskowych ładowarek zajezdniowych i 7 szt. ładowarek terenowych szybkiego ładowania przy pętli Winiary-Szpital (3 szt.), Podolszyce (2 szt.), Borowiczki (1 szt.), Kostrogaj (1 szt.)</p> <p>Odnowa pozostałej części floty w oparciu o autobusy spalinowe i hybrydowe</p>

Źródło: Opracowanie własne

## 5 Analiza

## finansowa

Na podstawie analizy wielokryterialnej do dalszej analizy wybrano wariant z autobusami o napędzie konwencjonalnym (wariant W0) oraz z autobusami elektrycznymi akumulatorowymi z ładowarkami plug-in i pantografowymi (wariant W1).

### 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, danymi z dokumentacji technicznej, kosztorysów oraz szacunkami wykonanymi na podstawie metody eksperckiej.
- Analiza została przeprowadzona w latach 2018-2042.
- W analizie przyjęto stopę dyskontową na poziomie 4%.
- 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 projekcie zostaną podjęte w 2020 roku, a eksploatacja pojazdów rozpocznie się od 2021 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 2017 r. z usług płockiej komunikacji miejskiej skorzystało łącznie 18,47 mln pasażerów.
- Autobusy elektryczne akumulatorowe realizować będą zwiększoną pracę eksploatacyjną o 20% do poziomu średnio ok. 70 tys. wzm. rocznie, kosztem autobusów z normą spalania EURO 6 z danej klasy pojazdów.

### 5.2 Nakłady

### inwestycyjne

Koszty 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 progu). Dodatkowo przyjęto założenie, że 1 ładowarka wolnego ładowania przypada na 2 autobusy (w przypadku nieparzystej liczby autobusów wartość zaokrąglono w górę).

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

<b>W1 – nakłady inwestycyjne</b>		
<b>Przedsięwzięcie</b>	<b>Rok inwestycji</b>	<b>Wartość</b>
Zakup 6 autobusów elektrycznych akumulatorowych typu MAXI o długości 12 m	2020	13 200 000 zł
Budowa 3 ładowarek wolnego ładowania	2020	390 000 zł
Budowa 1 ładowarki pantografowej razem z budową trafostacji i infrastruktury energetycznej – Winiary Szpital	2020	950 000 zł
Przygotowanie zajezdni i infrastruktury energetycznej	2020	600 000 zł
Zakup 6 autobusów elektrycznych akumulatorowych typu MAXI o długości 12 m	2022	13 200 000 zł
Budowa 3 ładowarek wolnego ładowania	2022	390 000 zł
Budowa 1 ładowarki pantografowej – Winiary Szpital	2022	600 000 zł
Zakup 12 autobusów elektrycznego akumulatorowego typu MAXI o długości 12 m	2024	26 400 000 zł
Budowa 6 ładowarek wolnego ładowania	2024	780 000 zł
Budowa 2 ładowarek pantografowych razem z budową trafostacji i infrastruktury energetycznej – Podolszyce oraz Kostrogaj	2024	1 900 000 zł
Zakup 2 autobusów elektrycznych akumulatorowych typu MAXI o długości 12 oraz 8 typu MEGA 18 o długości 18 m	2026	26 800 000 zł
Budowa 5 ładowarek wolnego ładowania	2026	650 000 zł
Budowa 1 ładowarki pantografowej razem z budową trafostacji i infrastruktury energetycznej – Borowiczki	2026	950 000 zł
Zakup 2 autobusów elektrycznych akumulatorowych typu MAXI o długości 12 m oraz 8 typu MEGA 18 o długości 18 m	2027	26 800 000 zł
Budowa 5 ładowarek wolnego ładowania	2027	650 000 zł
Budowa 2 ładowarek pantografowych – Winiary Szpital oraz Podolszyce	2027	1 200 000 zł
<b>Suma:</b>		<b>115 460 000 zł</b>

Źródło: Opracowanie własne

Tab. 5.2 Etapowanie elektryfikacji linii komunikacyjnych

	Stopień elektryfikacji linii			
LINIE	2021 r.	2023 r.	2025 r.	2028 r.
0	PEŁNA	PEŁNA	PEŁNA	PEŁNA
3	BRAK	BRAK	BRAK	PEŁNA
7	BRAK	BRAK	PEŁNA	PEŁNA
10	PEŁNA	PEŁNA	PEŁNA	PEŁNA
19	BRAK	BRAK	BRAK	PEŁNA
20	BRAK	BRAK	PEŁNA	PEŁNA
22	CZĘŚCIOWO	PEŁNA	PEŁNA	PEŁNA
26	BRAK	BRAK	CZĘŚCIOWO	PEŁNA

Źródło: Opracowanie własne

### 5.3 Wartość nakładów odtworzeniowych

W obu wariantach inwestycyjnych założono ponoszenie nakładów o charakterze odtworzeniowym, które mają na celu utrzymanie poziomu świadczonych usług. Założono, że nakłady będą poniesione zgodnie z planem operatora lub po 15 latach od użytkowania danego pojazdu o napędzie elektrycznym oraz spalinowym wyprodukowanym przed 2010 r. W przypadku pojazdów młodszych o napędzie konwencjonalnym stopniowo okres eksploatacji zmniejszano do 10 lat, który przyjęto dla

autobusów wyprodukowanych po 2018 roku. 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. 5.2. Przyjęto także, że obecnie wartość akumulatora stanowi 40% wartości autobusu elektrycznego, a w 2030 roku ich cena spadnie o 25% względem dzisiejszej. W Tab. 5.4 przedstawiono harmonogram i wysokość nakładów odtworzeniowych w W0 i W1.



Tab. 5.3 Okres eksploatacji środków trwałych

Rodzaj środka trwałego	Okres eksploatacji (żywotności) w latach	Stopień odtworzenia po zakończeniu eksploatacji (żywotności) w %
Zakup autobusów	Autobusy spalinowe i hybrydowe: od 10 do 15 w zależności od roku produkcji, przy czym 10 lat dla wszystkich autobusów wyprodukowanych po 2018 r. (okres zgodny z wytycznymi w Niebieskiej Księdze). Autobusy elektryczne akumulatorowe: 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	40	100%
Stacje ładowania	30	100%
Akumulatory w autobusach elektrycznych	8	100%

Źródło: Opracowanie własne

Tab. 5.4 Harmonogram i wysokość nakładów odtworzeniowych w wariantach W0 i W1

Rok	2018	2019	2020	2021	2022
Wartość nakładów odtworzeniowych – W0 w zł	0,00	0,00	2 075 000,00	0,00	2 090 000,00
Wartość nakładów odtworzeniowych – W1 w zł	0,00	0,00	0,00	0,00	840 000,00
Różnica w zł	0,00	0,00	- 2 075 000,00	0,00	- 1 250 000,00

Rok	2023	2024	2025	2026	2027
Wartość nakładów odtworzeniowych – W0 w zł	1 900 000,00	15 550 000,00	3 975 000,00	33 550 000,00	15 325 000,00
Wartość nakładów odtworzeniowych – W1 w zł	0,00	5 100 000,00	2 850 000,00	21 850 000,00	3 690 000,00
Różnica w zł	- 1 900 000,00	- 10 450 000,00	- 1 125 000,00	- 11 700 000,00	- 11 635 000,00

Rok	2028	2029	2030	2031	2032
Wartość nakładów odtworzeniowych – W0 w zł	2 850 000,00	48 400 000,00	2 075 000,00	0,00	2 375 000,00
Wartość nakładów odtworzeniowych – W1 w zł	7 410 000,00	48 400 000,00	4 560 000,00	0,00	7 680 000,00
Różnica w zł	4 560 000,00	0,00	2 485 000,00	0,00	5 305 000,00

Rok	2033	2034	2035	2036	2037
Wartość nakładów odtworzeniowych – W0 w zł	1 900 000,00	15 550 000,00	3 975 000,00	33 550 000,00	15 325 000,00

<b>Wartość nakładów odtworzeniowych – W1 w zł</b>	0,00	12 960 000,00	23 910 000,00	21 850 000,00	16 890 000,00
<b>Różnica w zł</b>	- 1 900 000,00	- 2 590 000,00	19 935 000,00	-11 700 000,00	1 565 000,00

Rok	2038	2039	2040	2041	2042
<b>Wartość nakładów odtworzeniowych - W0 w zł</b>	2 850 000,00	48 400 000,00	2 075 000,00	0,00	2 375 000,00
<b>Wartość nakładów odtworzeniowych – W1 w zł</b>	2 850 000,00	74 800 000,00	0,00	26 800 000,00	27 640 000,00
<b>Różnica w zł</b>	0,00	26 400 000,00	- 2 075 000,00	26 800 000,00	25 265 000,00

Źródło: Opracowanie własne

## 5.4 Prognoza kosztów operacyjnych wariantów

Do kosztów operacyjnych zaliczono wszystkie koszty związane z eksploatacją taboru oraz infrastrukturą do obsługi autobusów elektrycznych akumulatorowych w wariantcie W1. Analizę przeprowadzono z podziałem na warianty oraz rozróżnieniem na poszczególne składowe. W obu wariantach analizy 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. 5.5 Opis założeń prognozy kosztów eksploatacyjnych

Koszt	Wariant W0	Wariant W1
<b>Koszt zużycia materiałów i części zamiennych</b>	Koszty zużycia materiałów i części zamiennych wyliczono na podstawie struktury stawki rekompensaty na pokrycie jednostkowego w 2018 roku wyrażonego w zł na wozokilometr	Koszty zużycia materiałów i części zamiennych wyliczono na podstawie struktury stawki rekompensaty na pokrycie jednostkowego w 2018 roku wyrażonego w zł na wozokilometr. Założono, że koszt ten jest niższy o 30% dla autobusów elektrycznych względem autobusów spalinowych
<b>Koszt zużycia płynów eksploatacyjnych</b>	Koszt zużycia płynów eksploatacyjnych wyliczono na podstawie struktury stawki rekompensaty na pokrycie jednostkowego w 2018 roku wyrażonego w zł na wozokilometr	Koszt zużycia płynów eksploatacyjnych wyliczono na podstawie struktury stawki rekompensaty na pokrycie jednostkowego w 2018 roku wyrażonego w zł na wozokilometr. Dla autobusów elektrycznych obniżono koszt ze względu, że posiada mniej płynów eksploatacyjnych niż autobus o napędzie konwencjonalnym
<b>Średnie spalanie ON</b>	Na podstawie danych od przewoźnika	Na podstawie danych od przewoźnika
<b>Koszt 1l ON netto</b>	Zostało oszacowane na podstawie ceny hurtowej netto Orlen S.A. według stanu na dzień 04.09.2018	Został oszacowany na podstawie ceny hurtowej netto Orlen S.A. według stanu na dzień 04.09.2018
<b>Średnie zużycie energii</b>	Nie dotyczy	Na podstawie doświadczeń innych operatorów
<b>Zużycie energii</b>	Nie dotyczy	Koszty zużycia energii zostały

Koszt	Wariant W0	Wariant W1
		oszacowane na podstawie kosztu jednostkowego wyrażonego w zł/1kWh i według taryfy całodobowej dla firm z urządzeniami i poborze większym niż 40kWh, z cennika Energa – Obrót S.A.
Zużycie ogumienia	Koszty zużycia ogumienia wyliczono na podstawie struktury stawki rekompensaty na pokrycie jednostkowego w 2018 roku wyrażonego w zł na wozokilometr	Koszty zużycia ogumienia wyliczono na podstawie struktury stawki rekompensaty na pokrycie jednostkowego w 2018 roku wyrażonego w zł na wozokilometr
Koszt napraw	Koszt napraw wyliczono na podstawie struktury stawki rekompensaty na pokrycie jednostkowego w 2018 roku wyrażonego w zł na wozokilometr	Koszt napraw wyliczono na podstawie struktury stawki rekompensaty na pokrycie jednostkowego w 2018 roku wyrażonego w zł na wozokilometr. 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 – 5%, dla stacji ładowania – 10%
Podatki i opłaty	Na podstawie kwoty przedstawionej w Biuletynie Informacji Publicznej Urzędu Miasta Płocka	Na podstawie kwoty przedstawionej w Biuletynie Informacji Publicznej Urzędu Miasta Płocka
Ubezpieczenia	Koszt ubezpieczenia oszacowano na 4 gr za kilometr na podstawie Niebieskiej Księgi	Koszt ubezpieczenia oszacowano na 4 gr za kilometr na podstawie Niebieskiej Księgi
Koszt wynagrodzeń dodatkowych pracowników	Nie dotyczy	Założono, że koszt 1 wozogodziny pracy kierowcy wynosi łącznie 40 zł wraz ze składkami ubezpieczeniowymi i podatkami

Źródło: Opracowanie własne

## 5.5 Wartość

## rezydualna

W ostatnim roku analizy wyznaczono wartość inwestycji. Wyniki zostały przedstawione rezydualną inwestycji jako wartość aktywów netto, z uwagi na niedochodowy charakter poniżej:

Tab. 5.6 Wartość rezydualna wariantu W1

Wariant W1	
Wartość rezydualna w zł	58 800 000,00
Umorzenie środków trwałych w zł	162 310 000,00
Wartość netto środków trwałych w zł	221 110 000,00

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 4%.

**Tab. 5.7 Efektywność finansowa projektu zakupu taboru elektrycznego akumulatorowego**

Kategoria	Wariant W1
FNPV/C	- 52 895 669, 65 zł
FRR/C	-12 %

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 projektów.

Niewątpliwie największy wpływ na ujemną wartość wskaźnika FNPV/C mają znacznie wyższe wartości nakładów inwestycyjnych w W1, generowane przez wyższe koszty jednostkowe autobusów elektrycznych akumulatorowych w porównaniu do autobusów spalinowych. Ponadto w wariantcie W1 wartość nakładów odtworzeniowych znacznie wzrasta z uwagi na konieczność wymiany akumulatorów po 7. roku eksploatacji autobusów elektrycznych akumulatorowych.

Wielkość kosztów operacyjnych w wariantcie W1 będzie niższa, dzięki oszczędnościom wynikającym z niższych kosztów napraw, 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

między zdyskontowanymi nakładami inwestycyjnymi, a dochodami powiększonymi o wartość rezydualną. Wskaźnik wyniósł 46%.

Przeprowadzona analiza finansowa wykazała, iż elektryfikacja komunikacji miejskiej w Płocku zaplanowana w wariantcie W1 nie wpłynie na zaburzenie stabilności finansowej Gminy Miasta Płocka 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, 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, po uwzględnieniu ustawowych wyłączeń w oparciu o wykonanie roku poprzedzającego pierwszy rok prognozy (wskaźnik ustalony w oparciu o średnią arytmetyczną z 3 poprzednich lat).

## 6 Oszacowanie efektów środowiskowych związanych z emisją szkodliwych substancji dla środowiska naturalnego i zdrowia ludzi

Autobusy spalinowe są napędzane spalinowymi silnikami o samoczynnym zapłonie, co sprawia, że 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 elektrycznych akumulatorowych, 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.

Emisja szkodliwych substancji i gazów cieplarnianych negatywnie wpływa na zdrowie ludzi, wywołując silne i przewlekłe choroby nawet ze skutkiem śmiertelnym. Emisja cząstek stałych prowadzi do<sup>40</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 wpływa negatywnie na zdrowie dzieci, powodując astmę, białaczkę, ograniczony wzrost płuc. Emisja gazów cieplarnianych przyczynia się do:

---

40

Update of the Handbook on External Costs of Transport, RICARDO-AEA, 2014.

- 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.

Dwutlenek siarki, emitowany w trakcie produkcji energii niezbędnej do eksploatacji autobusów elektrycznych akumulatorowych, przyczynia się do powstawania wielu śmiertelnych chorób dotyczących wszystkie grupy wiekowe społeczeństwa, a także do przewlekłych i ostrych chorób układu krążeniowo – oddechowego.

W poniższej tabeli zestawiono zmianę wielkości emisji spalin i gazów cieplarnianych w wyniku realizacji wariantu inwestycyjnego na przestrzeni lat 2018-2042. 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.

**Tab. 6.1 Różnice emisji spalin w dolnej warstwie atmosfery dla wariantu W1 w stosunku do wariantu W0 [w Mg]**

Związek chemiczny	W0	W1	Zmiana
	Wielkość emisji	Wielkość emisji	
SO <sub>2</sub>	-	58,25	58,25
NO <sub>x</sub>	894,22	848,26	- 45,96
PM 2,5	22,29	23,13	0,84
NHMC/NMVOC	175,07	144,00	- 31,08
CO <sub>2</sub>	188 826,62	193 973,42	5 146,80

Źródło: Opracowanie własne

Z powyższej tabeli można wywnioskować, iż redukcja emisji dotknie wyłącznie metanowe lotne związki organiczne NHMC/NMVOC (o 45,96 Mg), a także tlenki azotu NO<sub>x</sub> (o 31,08 Mg). Widoczny jest wyraźny wzrost emisji dwutlenku siarki oraz dwutlenku węgla, gdyż pierwsza z tych substancji emitowana jest 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. Emisja cząstek stałych ulegnie nieznacznemu zwiększeniu.

Jednocześnie należy zaznaczyć, że udział odnawialnych źródeł energii stale wzrasta, przez co wskaźniki dla pojazdów elektrycznych w najbliższych latach ulegną poprawie.



## 7 Analiza społeczno-ekonomiczna uwzględniająca wycenę kosztów związanych z emisją szkodliwych substancji

### 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 paliwa do pojazdu.

Jednym z istotnych aspektów realizacji inwestycji 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 z wprowadzeniem do eksploatacji autobusów elektrycznych akumulatorowych, jak i spalinowych.

Obliczenia zostały wykonane zgodnie z wartościami opublikowanymi przez Centrum Unijnych Projektów Transportowych w Kalkulatorze emisji zanieczyszczeń i kosztów klimatu dla środków transportu publicznego. 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 ciepłne, w których paliwem jest węgiel brunatny lub węgiel kamienny,

- wielkości emisji oraz jej monetyzacji dla dwutlenku siarki SO<sub>2</sub>, przewidywanych tylko dla autobusów elektrycznych w wariantcie W1, które są wytwarzane podczas produkcji energii elektrycznej,
- w wariantcie W0 - wielkości emisji oraz jej monetyzacji dla szkodliwych substancji emitowanych do niższych warstw atmosfery (NO<sub>x</sub>, NHMC/NMVOC, PM 2,5),
- w wariantcie W1 – wielkości emisji oraz jej monetyzacji dla emitowanych przez autobusy spalinowe do niższych warstw atmosfery (NO<sub>x</sub>, NHMC/NMVOC, PM 2,5) oraz dla szkodliwych substancji (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.

Wskaźniki emisyjności CO<sub>2</sub> wskazane w kalkulatorze emisji CUPT dla autobusów elektrycznych bazują na wskaźnikach pochodzących z opracowania EIB Carbon Footprint z 2012 r. Zgodnie z treścią opracowania KOBIZE pn. WSKAŹNIKI EMISYJNOŚCI (...) za 2016 rok, wskaźnik emisyjności CO<sub>2</sub> w Polsce obniżył się w latach 2014 – 2016 o 2,1%, w związku z czym na potrzeby niniejszego opracowania uwzględniono wartość 806 kg/MWh emisji przy produkcji energii elektrycznej (wskazaną jako wartość rzeczywistą w 2016 r.).

Wskaźniki emisyjności wyznaczone w kalkulatorze emisji CUPT dla autobusów elektrycznych bazują na wskaźnikach opublikowanych w opracowaniu RICARDO-AEA z 2014 r. Zgodnie z treścią opracowania KOBIZE pn. WSKAŹNIKI EMISYJNOŚCI (...) za 2016 rok, wskaźniki emisyjności SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM<sub>2,5</sub> w Polsce obniżyły się w latach 2014 – 2016 odpowiednio o 46,3%, 19,0% i 15,6%. Dlatego też na potrzeby

niniejszego dokumentu uwzględniono następujące wartości rzeczywiste z 2016 r. emisji szkodliwych substancji przy produkcji energii elektrycznej w Polsce:

- dla SO<sub>2</sub>: 0,844 g/kWh,
- dla NO<sub>x</sub>: 0,850 g/kWh,
- dla PM: 0,054 g/kWh.

**Tab. 7.1 Zestawienie kosztów zewnętrznych emisji spalin oraz gazów cieplarnianych na przestrzeni lat 2018-2042**

Związek chemiczny	W0	W1	W0	W1	Zmiana kosztów zewnętrznych w wyniku realizacji W1
	Łączna emisja szkodliwych substancji i gazów cieplarnianych [w Mg]		Łączny koszt emisji szkodliwych substancji i gazów cieplarnianych [w zł]		
SO <sub>2</sub>	-	58,25	- zł	6 655 264,39 zł	6 655 264,39 zł
NO <sub>x</sub>	894,22	848,26	77 141 732,42 zł	70 838 591,51 zł	- 6 303 140,92 zł
PM 2,5	22,29	23,13	31 677 183,78 zł	27 665 379,68 zł	- 4 011 804,10 zł
NHMC/NMVOC	175,07	144,00	1 978 082,88 zł	1 551 229,92 zł	- 426 852,96 zł
CO <sub>2</sub>	188 826,62	193 973,42	39 565 571,05 zł	40 663 252,96 zł	1 097 681,91 zł
SUMA	189 918,20	195 047,05	150 362 570,13 zł	147 373 718,45 zł	- 2 988 851,69 zł

Źródło: Opracowanie własne

Największą różnicę kosztów emisji szkodliwych substancji, przemawiającą na korzyść wariantu W1 przewidującego rozpoczęcie eksploatacji autobusów elektrycznych akumulatorowych, można dostrzec w kosztach emisji tlenków azotu NO<sub>x</sub>. Korzyści uzyskane na zmniejszeniu emisji NO<sub>x</sub> wynoszą ok. 6,3 mln zł, jak i również w przypadku pyłków zawieszonych PM<sub>2,5</sub> (ok. 4,0 mln. zł.)

Koszty emisji cząstek stałych niemetanowych lotnych związków organicznych NHMC/NMVOC, także o ok. 0,4 mln zł. W przypadku dwutlenku węgla CO<sub>2</sub> koszty emisji nieznacznie wzrosną,

z uwagi na emisję tego związku do górnych warstw atmosfery w wyniku produkcji energii elektrycznej opartej na spalaniu węgla.

Największy wzrost kosztów zewnętrznych emisji cechuje dwutlenek siarki SO<sub>2</sub>, który powstaje w trakcie produkcji energii elektrycznej – w wariantcie W1 koszty jego emisji do atmosfery wyniosą ok. 6,7 mln zł.

Podsumowując, realizacja wariantu W1 spowoduje wzrost kosztów zewnętrznych emisji szkodliwych substancji i gazów cieplarnianych o ok. 3,0 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 szkodliwym dla zdrowia lub niebezpiecznym z innych względów, zwykle o dużym natężeniu,

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.

Hałasem określa się każdy dźwięk, który może doprowadzić do utraty słuchu, albo być szkodliwym dla zdrowia lub niebezpieczny z innych względów, zwykle o dużym natężeniu, 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.

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:

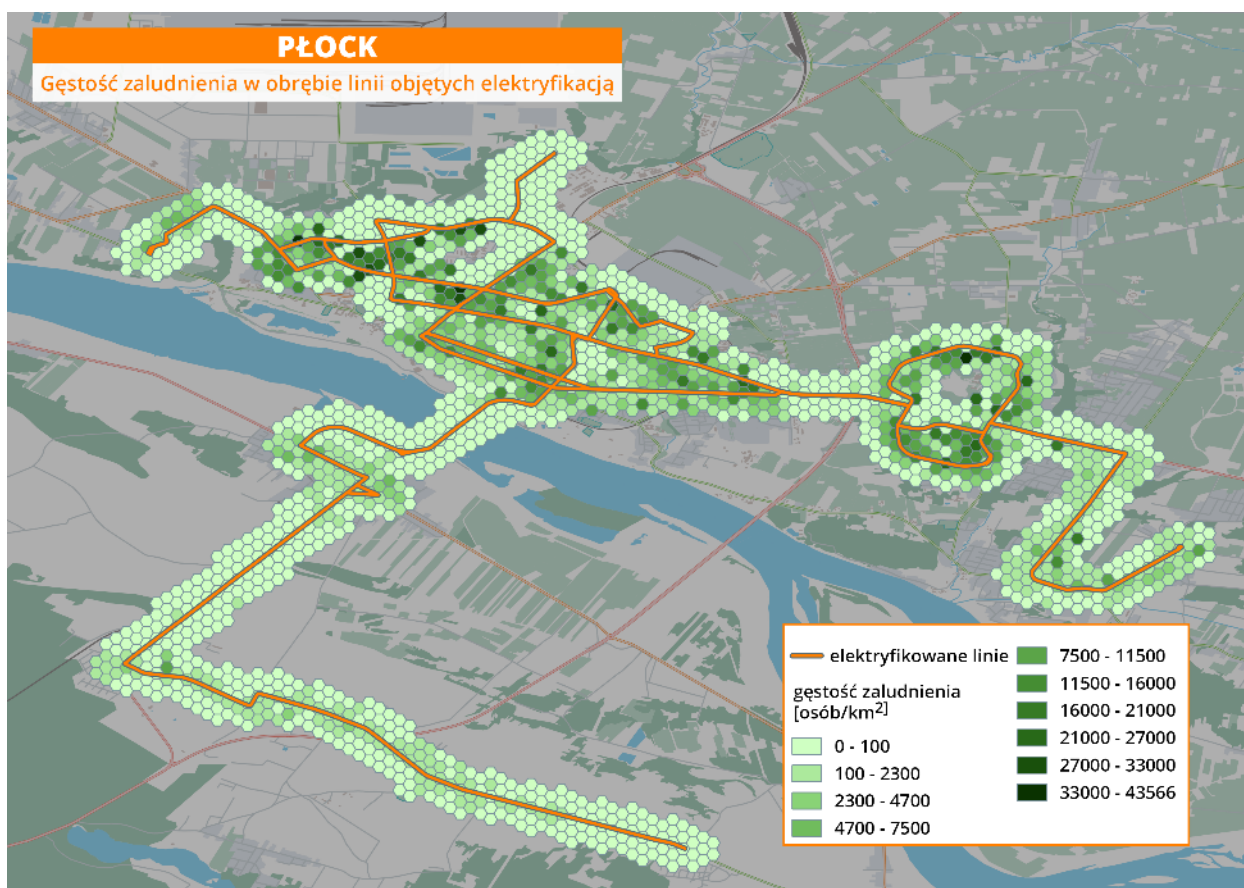
- krańcowe koszty zewnętrzne hałasu na 1 poj-km dla autobusów wskazane w opracowaniu Update of the Handbook on External Costs of Transport (RICARDO-AEA 2014),
- indeksację kosztów krańcowych w czasie,
- średnią proporcję pór dnia (dzień=0,67 oraz noc=0,33), zgodnie z założeniami w kalkulatorze kosztów jednostkowych CUPT dla autobusów,
- obniżenie poziomu hałasu przez autobusy elektryczne o 27% w porównaniu do autobusów spalinowych<sup>41</sup>,
- gęstość zaludnienia obszaru przyległego na długości 250m od osi jezdni, którymi przebiegają podstawowe warianty linii

objętych całkowitą elektryfikacją, tj. 4517,39 os/km<sup>2</sup>,

- średnią gęstość zaludnienia typowego obszaru miejskiego, dla którego przyjęte zostały krańcowe koszty zewnętrzne hałasu, tj. 3000 os./km<sup>2</sup>, wskazane w opracowaniu Update of the Handbook on External Costs of Transport (RICARDO-AEA, 2014).

Rys. 7.1 przedstawia gęstość zaludnienia w obrębie 250 metrów od linii obsługiwanych przez autobusy elektryczne akumulatorowe.

<sup>41</sup> "Quieter buses socioeconomic effects", Koucky & Partners A.B, 2014.



**Rys. 7.1 Gęstość zaludnienia w obrębie linii objętych elektryfikacją.**

Źródło: Opracowanie własne

Korzyści zewnętrzne wynikające ze zmniejszenia emisji hałasu po wprowadzeniu do eksploatacji autobusów elektrycznych zostały zmnożone o wskaźnik relacji gęstości zaludnienia obszarów wzdłuż całościowo elektryfikowanych linii do gęstości zaludnienia typowego obszaru miejskiego, wynoszący 1,5.

Poniższa tabela przedstawia zindeksowane ceny za hałas emitowany w obu wariantach analizy w latach 2018-2042 oraz zmonetyzowane korzyści zewnętrzne w wyniku jego redukcji.

**Tab. 7.2 Poziom emisji hałasu dla wariantu W0 oraz wariantu W1 na przestrzeni lat 2018-2042**

Zmonetyzowany hałas w zł		Zmiana kosztów emitowanego hałasu w zł
W0	W1	
85 070 423,71 zł	74 951 435,97 zł	- 10 118 987,74 zł

Źródło: opracowanie własne

Powyższa tabela wskazuje, że wustąpią znaczne korzyści wynikające ze zmniejszenia emisji hałasu przy eksploatacji autobusów elektrycznych w W1 w postaci ok. 10 mln zł w okresie objętym analizą.

Redukcja pozwoli wyciszyć ogólny hałas generowany w ruchu miejskim przez publiczny

transport. Ponadto obniżona emisja hałasu wpłynie na zwiększenie komfortu podróżowania transportem miejskim oraz na bezpieczeństwo w podróży dla 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 powstawaniem kosztów zewnętrznych 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. Korzyść tą oszacowano na podstawie różnicy kosztów zewnętrznych emisji szkodliwych substancji przez autobusy spalinowe, liczoną między wariantem W1 (w którym część pracy eksploatacyjnej autobusów spalinowych będzie wykonywana przez zeroemisyjne autobusy elektryczne akumulatorowe) i wariantem W0.

**Tab. 7.3 Zmiana kosztów zewnętrznych lokalnej emisji szkodliwych substancji do niższych warstw atmosfery.**

Koszty zewnętrzne lokalnej emisji w zł		Zmiana kosztów zewnętrznych lokalnej emisji w zł
W0	W1	
149 297 346,71 zł	118 794 017,00 zł	30 503 329,71 zł

Źródło: opracowanie własne

Zwiększona liczba wozogodzin w wariantcie W1 wygenerowana przez dłuższe postoje wyrównawcze na krańcach, spowoduje konieczność zwiększenia zatrudnienia w grupie kierowców. Dodatkowe wozogodziny dadzą możliwość znalezienia pracy dla osób pozostających bez zatrudnienia, dając wymierne korzyści dla członków lokalnej społeczności w formie wynagrodzeń, ale także

dla budżetu centralnego i Zakładu Ubezpieczeń Społecznych w postaci dodatkowych składek ubezpieczeniowych oraz zwiększonych poziomów odprowadzanych podatków dochodowych. Wspomniany aspekt został uznany za kolejną korzyść ekonomiczną tworzoną w wyniku eksploatacji autobusów elektrycznych akumulatorowych w wariantcie W1 – jej wartość prezentuje poniższa tabela.

**Tab. 7.4 Korzyści społeczne z tytułu wzrostu wynagrodzeń.**

Przyrost poziomu kosztów wynagrodzeń w zł		Zmonetyzowane korzyści społeczne ze zwiększenia zatrudnienia w zł
W0	W1	
-	27 856 800,00 zł	27 856 800,00 zł

Źródło: opracowanie własne



## 7.4 Wskaźniki efektywności ekonomicznej

Analiza została przeprowadzona w oparciu o „Niebieską Księgę – Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach”. Przeprowadzając analizę ekonomiczną, a zarazem porównawczą dwóch wariantów przyjęto następujące założenia:

- wskaźniki efektywności ekonomicznej wyliczono metodą różnicową,
- społeczna stopa dyskontowa wynosi 4,5%,
- analiza została przeprowadzona w latach 2018-2042,
- 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. 7.5 Współczynnik korekty CF w analizie ekonomicznej**

Współczynnik korekty dla nakładów, remontów i wartości rezydualnej	Wartość współczynnika
Infrastruktura	0,83
Tabor	0,87
Koszty operacyjne	0,78

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 4,5%
- 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 elektryczne akumulatorowe jest nieefektywna ze społecznego punktu widzenia, ponieważ

wskaźnik ENPV osiągnął wartość ujemną, ERR przyjął wartość mniejszą od stopy dyskontowej, a relacja korzyści do kosztów jest mniejsza od 0.

**Inwestycja w autobusy elektryczne akumulatorowe nie powinna zostać zrealizowana, gdyż jest nieefektywna pod względem społeczno-gospodarczym. Zmonetyzowane koszty z tytułu ich eksploatacji przewyższają poziom korzyści ekonomiczno - społecznych. Zatem osiągnięcie poziomów minimalnego udziału autobusów zeroemisyjnych zgodnie z zapisami uepa we flocie operatora płockiej komunikacji miejskiej nie jest wymagane.**

**Wskaźnik ENPV osiągnie wartość dodatnią, jeśli cena autobusu elektrycznego akumulatorowego typu MAXI obniży się z zakładanego w analizie poziomu 2 200 000 PLN netto do ok. 1 975 000 PLN netto, a typu**



MEGA18 z 2 800 000 PLN netto do ok. 2 475 000 PLN netto.

Tab. 7.6 Wskaźniki efektywności ekonomicznej

Wskaźnik	Wartość
ENPV	- 9 018 524,25 zł
ERR (%)	2 %
B/C	0,86

Źródło: Opracowanie własne



Rys. 7.2 Dynamiczna informacja pasażerska z wyszczególnieniem pojazdów elektrycznych

Źródło: Zbiory własne

## 8 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 się zmienić, określenie poziomu ryzyka, możliwości zarządzania czynnikami ryzyka oraz określenie sposobów, jakimi beneficjent może zapobiegać danemu ryzyku.

**Tab. 8.1 Zidentyfikowane ryzyka i ich przyczyny i skutki**

L.p.	Ryzyko	Przyczyny	Skutki
<b>Ryzyko techniczne</b>			
R1	Zbyt duży 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).
<b>Ryzyko eksploatacyjne</b>			
R3	Awaryjne stacje 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.
R4	Przerwa w dostawie prądu	Zbyt duże obciążenie sieci energetycznej spowodowane między innymi ładowaniem pojazdów o napędzie elektrycznym lub okresowymi, skokowymi wzrostami poboru energii	W zależności od długości przerwy w dostawie – zaburzenie harmonogramu ładowania autobusów elektrycznych lub częściowe zaburzenie funkcjonowania systemu komunikacji zbiorowej.
<b>Ryzyko administracyjne</b>			
R5	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.
R6	Polityczne zmiany priorytetów inwestycyjnych	Zmiana priorytetów we wspieranej technologii – z autobusów elektrycznych akumulatorowych na autobusy elektryczne na wodorowe ogniwa paliwowe lub zmiana ustawy o	Zaprzestanie prowadzenia projektu i zwiększona niepewność podmiotów dokonujących inwestycji w tabor elektryczny.

		elektromobilności i paliwach alternatywnych.	
<b>Ryzyko finansowe</b>			
R7	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.
R8	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
R9	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
<b>Ryzyko klimatyczne</b>			
R10	Zmiana zasięgu autobusu podczas nadzwyczajnych upałów lub mrozów	Pomimo podanych danych eksploatacyjnych dotyczących zasięgu przez producentów taboru (około 160 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.

Źródło: Opracowanie własne

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

**Tab. 8.2 Skala prawdopodobieństwa**

<b>Prawdopodobieństwo</b>		
Skala	Zakres wartości prawdopodobieństwa	Wartość punktowa
Bardzo niskie	0%, 10%	1
Niskie	<10% - 33%	2
Średnie	<33% - 66%	3
Wysokie	<66% - 90%	4
Bardzo wysokie	<90% - 100%	5

Źródło: Opracowanie własne

**Tab. 8.3 Siła oddziaływania na projekt**

<b>Siła oddziaływania na projekt</b>	
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	2

Siła oddziaływania na projekt	
Opis	Wartość punktowa
korygujące są jednak potrzebne.	
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. 8.4 Macierz oceny ryzyka

		Prawdopodobieństwo				
		1	2	3	4	5
Wpływ	1					
	2		R2, R5, R10	R1		
	3		R3	R9	R8	
	4		R4			
	5	R6, R7				

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 wdrażającego projekt na ryzyko.

Tab. 8.5 Zidentyfikowane ryzyka, działania zapobiegawcze oraz możliwość wpływu na ryzyko

L.p.	Ryzyko	Działania zapobiegawcze	Wpływ na ryzyko
Ryzyko techniczne			
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
Ryzyko eksploatacyjne			
R3	Awarie stacji wolnego ładowania (ładowarek zajezdniowych)	Przeszkolenie pracowników, wpisanie wymogu minimalnego wskaźnika niezawodności urządzenia	średni
R4	Przerwa w dostawie prądu	Zakup agregatów prądotwórczych	niski

L.p.	Ryzyko	Działania zapobiegawcze	Wpływ na ryzyko
<b>Ryzyko administracyjne</b>			
R5	Opóźnienia związane z podłączeniem do sieci dystrybucyjnych	Przyspieszenie negocjacji z dystrybutorem energii, odpowiednie zaplanowanie inwestycji	średni
R6	Polityczne zmiany priorytetów inwestycyjnych	brak	niski
<b>Ryzyko finansowe</b>			
R7	Dostępność środków krajowych lub wspólnotowych na finansowanie nakładów inwestycyjnych	Finansowanie inwestycji ze środków własnych	niski
R8	Przekroczenie budżetu nakładów inwestycyjnych	Założenie wyższych nakładów inwestycyjnych przy prowadzeniu postępowania	średni
R9	Wzrost kosztów realnych, wynikających z ogólnych tendencji rynkowych	Przeprowadzanie analiz ekonomicznych prognozujących przyszłe wartości cen	niski
<b>Ryzyko klimatyczne</b>			
R10	Zmiana zasięgu autobusu podczas nadzwyczajnych upałów lub mrozów	Założenie niższego zasięgu pomimo podanych danych eksploatacyjnych, analiza danych eksploatacyjnych dotyczących autobusów elektrycznych akumulatorowych	wysoki

Źródło: Opracowanie własne

## 9 Rekomendacje dotyczące strategii wymiany taboru z uwzględnieniem różnych napędów autobusów w perspektywie do 2028 roku

Każdy pojazd wprowadzany do eksploatacji w płockiej komunikacji miejskiej powinien spełniać minimalne wymagania określone w Planie zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego dla Miasta Płocka oraz Gmin, z którymi Miasto Płock posiada zawarte porozumienie międzygminne w zakresie organizacji publicznego transportu zbiorowego. Zgodnie z zapisami tego dokumentu, nowe pojazdy powinny posiadać:

- jednolite barwy miejskie,
- niską podłogę (bez progów poprzecznych wewnątrz – nie dotyczy autobusów klasy MIDI),
- klimatyzację przestrzeni pasażerskiej,
- platformę ułatwiającą wjazd osobom niepełnosprawnym na wózkach inwalidzkich,
- system przykłąku prawej strony pojazdu podczas otwarcia drzwi na przystanku,
- automaty biletowe,
- system elektronicznej informacji pasażerskiej, lokalizujący także pojazd na tablicach przystankowej informacji dynamicznej,
- tablice elektroniczne pokazujące kierunek i trasę jazdy – wewnętrzne i zewnętrzne,
- głosowe zapowiedzi przystanków,
- monitoring przestrzeni pasażerskiej z rejestracją obrazu.

Pojazdy wprowadzane do eksploatacji jako autobusy używane, powinny spełniać co najmniej normę emisji spalin Euro 5. Przy założeniu o wdrażaniu autobusów używanych w wieku do 10 lat, założenie to zostanie spełnione – począwszy od 2019 r. autobusy 10-letnie będą spełniały normę Euro 5. Autobusy używane będą nabywane wyłącznie do obsługi zadań,

których stopień wykorzystania kształtuje się na niskim poziomie, znacząco poniżej średniej dla wszystkich eksploatowanych typów autobusów.

Począwszy od 2019 r., zgodnie z założeniami w wariantach W0 i W1, każdy wprowadzanych do eksploatacji pojazd o napędzie konwencjonalnym powinien być wykorzystywany maksymalnie przez 10 lat licząc od daty produkcji, a elektryczny przez 15 lat. Pozwoli to na stopniowe uzyskanie wskaźnika przeciętnego wieku taboru autobusowego do 8 lat założonego w Planie zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego dla Miasta Płocka.

Warto nadmienić, iż struktura wielkościowa taboru nie powinna ulec znaczącym zmianom, gdyż nowe autobusy powinny zastąpić najbardziej wyeksploatowane modele we flocie, gwarantując wciąż dopasowanie wielkości pojazdów do popytu efektywnego na przewozy w komunikacji miejskiej.

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

Wynik niniejszej analizy, niewykazujący przewagi korzyści nad kosztami z wprowadzenia do eksploatacji autobusów zeroemisyjnych, zwalnia z obowiązku osiągnięcia wymaganego udziału autobusów zeroemisyjnych tylko w okresie do trzech lat od daty jej sporządzenia. Gmina Płock, jak każda



jednostka samorządu terytorialnego określona w ustawie o elektromobilności i paliwach alternatywnych, ma obowiązek sporządzania analizy, cyklicznie co 36 miesięcy.

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.

**Niezależnie od wyników niniejszej analizy, Gmina Miasto - Płock deklaruje gotowość do wprowadzenia do eksploatacji autobusów zeroemisyjnych, przy uzyskaniu środków zewnętrznych na ten cel. Realizacja zakupu**

**powinna zostać poprzedzona odpowiednią analizą wykonalności inwestycji, w tym np. analizą kosztów i korzyści sporządzoną wyłącznie w zakresie np. linii zdefiniowanej do elektryfikacji, w przeciwieństwie do niniejszego dokumentu, w którym analizowany jest kompleksowo cały system komunikacji miejskiej w Płocku.**

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

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

Na podstawie art. 9 ustawy z dnia 16 grudnia 2010 roku o publicznym transporcie zbiorowym gminy, którym powierzono zadanie organizacji publicznego transportu zbiorowego na mocy porozumienia między gminami, 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 roku w sprawie szczegółowego zakresu planu zrównoważonego rozwoju publicznego

transportu zbiorowego 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 plockiej komunikacji miejskiej nie jest zasadne, w związku z czym nie przewiduje się konieczności aktualizacji planu zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego.

**Tab. 10.1 Zakres wymagań i konieczność aktualizacji planu transportowego**

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
Przewidywane wykorzystanie pojazdów elektrycznych lub pojazdów napędzanych gazem ziemnym, oraz planowany termin rozpoczęcia ich użytkowania	
linie komunikacyjne, na których przewidywane jest wykorzystanie pojazdów elektrycznych lub pojazdów napędzanych gazem ziemnym, oraz planowany termin rozpoczęcia ich użytkowania.	<p>Dotyczy rozdziału 10.:</p> <p><i>Planowana jest elektryfikacja wybranych linii komunikacji miejskiej w Płocku, na których powinny być eksploatowane pojazdy elektryczne:</i></p> <p><i>całościowo elektryfikowane linie: 0,2,3, 7,10, 14, 19,20,22,26</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ <i>częściowo elektryfikowane linie: 2, 14</i></li> <li>■ <i>uzupełniające elektryfikowane linie: 15, 24, 31, 33, 35</i></li> </ul> <p><i>Wprowadzenie autobusów zeroemisyjnych do eksploatacji będzie następowało sukcesywnie po uzyskaniu stosownych dofinansowań na zakup taboru i infrastruktury ładowania np. z programów krajowych lub wspólnotowych.</i></p>
geograficzne położenie stacji gazu ziemnego	Nie wymaga aktualizacji
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”	<p><i>W przypadku elektryfikacji wyżej wymienionych linii, infrastruktura ładowania pojazdów zeroemisyjnych zostanie zlokalizowana:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ <i>na terenie zajezdni Komunikacji Miejskiej - Płock,</i></li> <li>■ <i>przy pętli autobusowej Winiary- Szpital (3 szt.),</i></li> <li>■ <i>przy pętli autobusowej Podolszyce (2 szt.),</i></li> <li>■ <i>przy pętli autobusowej Borowiczki (1 szt.),</i></li> <li>■ <i>przy pętli autobusowej Kostrogaj (1 szt.).</i></li> </ul>
miejsce przyłączenia do sieci dystrybucyjnej elektroenergetycznej – planowanej infrastruktury ładowania	<i>Szczegółowe lokalizacje miejsc przyłączy do sieci dystrybucyjnej elektroenergetycznej w pobliżu infrastruktury ładowania będą ustalone z dostawcą energii.</i>
sieci dystrybucyjnej gazowej – planowanej stacji gazu ziemnego	Nie wymaga aktualizacji
Planowane magazyny energii	Nie wymaga aktualizacji

Źródło: Opracowanie własne

## 11 Finansowanie inwestycji ze źródeł zewnętrznych

W celu zapewnienia finansowania inwestycji możliwe jest pozyskanie środków ze źródeł zewnętrznych, takich jak programy krajowe czy unijne.

Jednym z najważniejszych programów, umożliwiających uzyskanie dofinansowania ze środków unijnych jest Regionalny Program Operacyjny Województwa Mazowieckiego w ramach działań związanych z redukcją emisji zanieczyszczeń powietrza, szczególnie w obszarze mobilności miejskiej.

Kolejnym źródłem finansowania może być Program Operacyjny Infrastruktura i Środowisko (POIiŚ), wdrażany przez Centrum Unijnych Projektów Transportowych. W ramach

POIiŚ możliwe jest dofinansowanie projektów związanych z rozwojem transportu publicznego, w tym transportu miejskiego zeroemisyjnego. Na przełomie 2018/2019 prowadzony będzie nabór w trybie konkursowym wniosków o dofinansowanie w ramach *Osi Priorytetowej VI – Rozwój niskoemisyjnego transportu zbiorowego w miastach* oraz *Działania 6.1 – Rozwój publicznego transportu zbiorowego w miastach*, dotyczących wdrażania napędu elektrycznego na liniach komunikacji miejskiej. Projekt ten dostępny jest dla miast wojewódzkich i ich obszarów funkcjonalnych, miast średnich tracących funkcje społeczno-gospodarcze. Płock nie został ujęty w wykazie miast stanowiących potencjalnych beneficjentów konkursu.



**Rys. 11.1 Zeroemisyjny autobus Solaris Urbino electric**

Źródło: Zbiory własne

Nową możliwością pozyskania wsparcia jest Fundusz Niskoemisyjnego Transportu (zarządzanego przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej), którego zadaniem będzie finansowanie projektów związanych z rozwojem

elektromobilności oraz transportem opartym na paliwach alternatywnych. Szacowane jest, że w ciągu najbliższych 10 lat na ten cel przeznaczone zostaną środki w wysokości około 1 mld zł.

## Spis tabel

Tab. 3.1 Wielkość zrealizowanej pracy eksploatacyjnej w wozokilometrach w latach 2015-2017 .....	14
Tab. 3.2 Przebieg tras linii komunikacji miejskiej w Płocku – stały układ tras (stan na 14.08.2018 r.).	15
Tab. 3.3 Planowany koszt usługi przewozowej w 2018 roku .....	21
Tab. 3.4 Przedsięwzięcia realizowane w ostatnich latach (stan na dzień 26.07.2018 r.).....	23
Tab. 3.5 Struktura pojazdów według norm spalania i typu pojazdów w lipcu 2018 roku (stan na dzień 26.07.2018 r.).....	23
Tab. 3.6 Struktura pojazdów według wieku i typu pojazdów (stan na dzień 26.07.2018 r.).....	24
Tab. 3.7 Struktura pojazdów według wieku i typu pojazdów w styczniu 2021 roku .....	25
Tab. 3.8 Struktura pojazdów według wieku i typu pojazdów w styczniu 2023 roku .....	25
Tab. 3.9 Struktura pojazdów według wieku i typu pojazdów w styczniu 2025 roku .....	25
Tab. 3.10 Struktura pojazdów według wieku i typu pojazdów w styczniu 2028 roku .....	26
Tab. 3.11 Średnie zużycie oleju napędowego, roczna liczba przejechanych kilometrów oraz roczna emisja gazów i substancji szkodliwych .....	26
Tab. 3.12 Wykorzystanie taboru według typu dnia oraz typu pojazdu (stan na dzień 26.07.2018 r.)..	30
Tab. 3.13 Dane dotyczące zróżnicowania realizowanej liczby wozokilometrów przez poszczególne brygady w dzień roboczy szkolny w czerwcu 2018 roku .....	32
Tab. 3.14 Stan obecny pod względem liczby brygad, stanu taboru oraz wykorzystania pojazdów .....	33
Tab. 3.15 Długości przerw międzykursowych w kluczowych przedziałach godzinowych w dzień roboczy szkolny.....	33
Tab. 4.1 Największe systemy autobusów napędzanych wodorem w Europie .....	38
Tab. 4.2. Parametry eksploatacyjne wybranych modeli autobusów o napędzie wodorowym .....	39
Tab. 4.3 Zestawienie przykładowych zamówień na autobusy napędzane wodorem w Europie.....	40
Tab. 4.4 Wybrane zakupy autobusów elektrycznych akumulatorowych polskich miast .....	43
Tab. 4.5 Liczba brygad w modelu opartym o ładowanie pojazdów wyłącznie metodą plug-in .....	44
Tab. 4.6 Stan taboru, wykorzystanie taboru i udział autobusów elektrycznych akumulatorowych w modelu opartym o ładowanie pojazdów wyłącznie metodą plug-in .....	45
Tab. 4.7 Liczba brygad w modelu opartym o ładowanie pojazdów metodą plug-in i ładowarkę pantografową .....	49
Tab. 4.8 Stan taboru, wykorzystanie taboru i udział autobusów elektrycznych akumulatorowych w modelu opartym o ładowanie pojazdów metodą plug-in i za pomocą pantografu .....	49
Tab. 4.9 Koszty netto zakupu trolejbusów .....	52
Tab. 4.10 Koszty netto wprowadzenia do ruchu trolejbusów .....	52
Tab. 4.11 Uśrednione koszty zakupu pojazdów o napędzie konwencjonalnym .....	59
Tab. 4.12 Analiza wielokryterialna – wagi przypisane kryteriom.....	59
Tab. 4.13 Ocena wariantów w poszczególnych aspektach szczegółowych.....	61
Tab. 4.14 Wybrane warianty strategiczne odnowy taboru eksploatowanego w płockiej komunikacji miejskiej. ....	63
Tab. 5.1 Nakłady inwestycyjne na wymianę taboru w W1 .....	65
Tab. 5.2 Etapowanie elektryfikacji linii komunikacyjnych .....	66
Tab. 5.3 Okres eksploatacji środków trwałych.....	67
Tab. 5.4 Harmonogram i wysokość nakładów odtworzeniowych w wariantach W0 i W1 .....	67
Tab. 5.5 Opis założeń prognozy kosztów eksploatacyjnych .....	68
Tab. 5.6 Wartość rezydualna wariantu W1 .....	69

Tab. 5.7 Efektywność finansowa projektu zakupu taboru elektrycznego akumulatorowego .....	70
Tab. 6.1 Różnice emisji spalin w dolnej warstwie atmosfery dla wariantu W1 w stosunku do wariantu W0 [w Mg] .....	72
Tab. 7.1 Zestawienie kosztów zewnętrznych emisji spalin oraz gazów cieplarnianych na przestrzeni lat 2018-2042 .....	74
Tab. 7.2 Poziom emisji hałasu dla wariantu W0 oraz wariantu W1 na przestrzeni lat 2018-2042.....	76
Tab. 7.3 Zmiana kosztów zewnętrznych lokalnej emisji szkodliwych substancji do niższych warstw atmosfery. ....	77
Tab. 7.4 Korzyści społeczne z tytułu wzrostu wynagrodzeń.....	77
Tab. 7.5 Współczynnik korekty CF w analizie ekonomicznej .....	78
Tab. 7.6 Wskaźniki efektywności ekonomicznej .....	79
Tab. 8.1 Zidentyfikowane ryzyka i ich przyczyny i skutki .....	80
Tab. 8.2 Skala prawdopodobieństwa .....	81
Tab. 8.3 Siła oddziaływania na projekt .....	81
Tab. 8.4 Macierz oceny ryzyka .....	82
Tab. 8.5 Zidentyfikowane ryzyka, działania zapobiegawcze oraz możliwość wpływu na ryzyko .....	82
Tab. 10.1 Zakres wymagań i konieczność aktualizacji planu transportowego .....	86



Rys. 1.1 Autobus elektryczny akumulatorowy w Jaworznie .....	6
Rys. 2.1 Oznakowanie autobusu zeroemisyjnego .....	8
Rys. 2.2 Trolejbus w Lucernie .....	10
Rys. 2.3 Autobus elektryczny akumulatorowy w Jaworznie .....	10
Rys. 2.4 Autobus elektryczny akumulatorowy na stacji szybkiego ładowania w Krakowie .....	11
Rys. 2.5 Autobus na ogniwa wodorowe polskiej konstrukcji .....	11
Rys. 3.1 Przewiezieni pasażerowie w latach 2015-2017 .....	15
Rys. 3.2 Liczba wozokilometrów na poszczególnych liniach w dni robocze szkolne (stan na dzień 26.07.2018 r.) .....	28
Rys. 3.3 Liczba wozokilometrów na poszczególnych liniach w dni robocze wakacyjne (stan na dzień 26.07.2018 r.) .....	29
Rys. 3.4 Liczba wozokilometrów na poszczególnych liniach w soboty (stan na dzień 26.07.2018 r.) ..	29
Rys. 3.5 Liczba wozokilometrów na poszczególnych liniach w niedziele (stan na dzień 26.07.2018 r.) .....	29
Rys. 3.6 Prędkość eksploatacyjna i komunikacyjna na poszczególnych liniach w dzień roboczy szkolny (stan na dzień 26.07.2018 r.) .....	30
Rys. 3.7 Prędkość eksploatacyjna i komunikacyjna na poszczególnych liniach w dzień roboczy wakacyjny (stan na dzień 26.07.2018 r.) .....	31
Rys. 3.8 Prędkość eksploatacyjna i komunikacyjna na poszczególnych liniach w sobotę (stan na dzień 26.07.2018 r.) .....	31
Rys. 3.9 Prędkość eksploatacyjna i komunikacyjna na poszczególnych liniach w niedzielę (stan na dzień 26.07.2018 r.) .....	31
Rys. 4.2 Autobus elektryczny akumulatorowy Solaris Urbino 18 electric .....	43
Rys. 4.3 Autobus elektryczny akumulatorowy Solaris Urbino 12 electric w barwach PKM Jaworzno ..	45
Rys. 4.4 Ładowarka pantografowa i autobus elektryczny akumulatorowy Solaris Urbino 12 electric w malowaniu ZTM Warszawa .....	47
Rys. 4.5 Linie komunikacyjne z możliwością obsługi pojazdami elektrycznymi wraz z lokalizacjami ładowarek .....	48
Rys. 4.6 Schemat analizowanej sieci trolejbusowej .....	53
Rys. 4.7 Ocena wariantów w aspektach szczegółowych .....	62
Rys. 4.8 Ocena wyboru wariantów do dalszego etapu AKK .....	63
Rys. 7.1 Gęstość zaludnienia w obrębie linii objętych elektryfikacją .....	76
Rys. 7.2 Dynamiczna informacja pasażerska z wyszczególnieniem pojazdów elektrycznych .....	79
Rys. 11.1 Zeroemisyjny autobus Solaris Urbino electric .....	88

## Załączniki

**Załącznik 1 Liczba wozokilometrów liniowych i technicznych według typu dnia**

Linia	Robocze szkolne			Roboczy feryjny			Roboczy wakacyjny		
	techniczne	liniowe	całkowite	techniczne	liniowe	całkowite	techniczne	liniowe	całkowite
A	1,1	119,4	120,5	1,1	119,4	120,5	1,1	119,4	120,5
L1	47,5	45,2	92,6						
N1	6,9	223,5	230,4	6,9	223,5	230,4	6,9	223,5	230,4
N2	1,1	30,6	31,7	1,1	30,6	31,7	1,1	30,6	31,7
N3	0,4	14,8	15,2	0,4	14,8	15,2	0,4	14,8	15,2
0	14,1	305,3	319,4	14,1	305,3	319,4	14,1	305,3	319,4
2	32,6	980,7	1013,4	32,6	980,7	1013,4	32,6	980,7	1013,4
3	35,1	1952,0	1987,3	35,1	1952,0	1987,3	35,1	1952,0	1987,3
4	7,0	567,2	574,2	7,0	567,2	574,2	7,0	567,2	574,2
7	43,5	1118,6	1162,2	43,5	1117,4	1161,0	43,5	1117,4	1161,0
10	4,5	309,5	314,0	4,5	309,5	314,0	4,5	309,5	314,0
13	20,5	249,2	269,7						
14	41,9	736,5	778,5	41,9	736,5	778,5	42,2	736,5	778,8
15	20,2	441,1	461,3	20,2	441,1	461,3	20,2	441,1	461,3
19	70,4	1366,2	1436,7	70,4	1366,2	1436,7	70,4	1366,2	1436,7
20	35,9	903,6	939,6	35,9	903,6	939,6	35,9	903,6	939,6
22	43,5	1536,6	1580,4	43,5	1536,6	1580,4	34,6	1524,2	1559,0
24	5,2	468,2	473,4	5,2	468,2	473,4	5,2	468,2	473,4
26	13,5	798,5	812,0	13,5	798,5	812,0	13,5	798,5	812,0
31	17,6	110,2	127,9	17,6	110,2	127,9	14,6	110,2	124,9
32	43,1	190,9	234,1	43,1	190,9	234,1	49,8	190,8	240,7
33	0,3	304,5	304,7	0,3	304,5	304,7	0,3	304,5	304,7
35	24,0	852,0	876,1	24,0	852,0	876,1	24,0	852,0	876,1
37	3,1	68,7	71,8	3,1	68,7	71,8	3,1	68,7	71,8
43							5,6	115,3	120,9
60	26,9	167,8	194,7	24,2	143,5	167,7	22,4	132,5	155,0
61	0,0	17,0	17,0	0,0	17,0	17,0	0,0	17,0	17,0
62	9,6	70,9	80,6	9,6	70,9	80,6	9,6	70,9	80,6
81									
87									
100	29,1	379,4	408,5	29,1	379,4	408,5	28,8	379,4	408,2
101	11,0	353,1	364,1	12,6	353,1	365,6	12,6	353,1	365,6
102	25,8	683,0	708,8	25,8	683,0	708,8	21,4	482,5	503,9
103	34,9	696,6	731,6	34,9	696,6	731,6	27,3	543,1	570,5
104	17,2	323,4	340,7	17,2	323,4	340,7	18,8	323,4	342,3
105	27,8	400,5	428,3	29,4	400,5	429,9	32,8	400,5	433,4
110	16,2	461,8	478,1	16,2	461,8	478,1	16,2	461,8	478,1
111	52,5	808,4	861,0	54,2	808,2	862,5	58,0	808,2	866,3

Linia	Robocze szkolne			Roboczy feryjny			Roboczy wakacyjny		
	techniczne	liniowe	całkowite	techniczne	liniowe	całkowite	techniczne	liniowe	całkowite
112	30,1	312,8	343,0	30,1	312,8	343,0	33,7	312,8	346,6
120	25,8	308,5	334,4	25,8	308,5	334,4	25,8	308,5	334,4
121	0,9	85,3	86,2						
130	67,3	824,0	891,3	67,3	824,0	891,3	67,3	824,0	891,3
140	41,5	505,7	547,2	30,4	496,9	527,4	32,0	496,9	529,0
160	14,3	306,7	321,0	9,1	136,8	145,9	9,1	136,8	145,9

Linia	Sobota oprócz wakacji			Sobota wakacje			Niedziela oprócz wakacji		
	techniczne	liniowe	całkowite	techniczne	liniowe	całkowite	techniczne	liniowe	całkowite
A									
L1									
N1	6,9	223,5	230,4	6,9	223,5	230,4	6,9	223,5	230,4
N2	1,1	30,6	31,7	1,1	30,6	31,7			
N3	0,4	14,8	15,2	0,4	14,8	15,2	0,4	14,8	15,2
0	5,3	193,9	199,3	5,3	193,9	199,3	4,7	148,6	153,3
2	18,0	674,7	692,8	18,0	674,7	692,8	15,3	676,7	692,0
3	20,7	1261,7	1282,5	20,7	1261,7	1282,5	12,0	1230,0	1242,1
4	1,1	171,9	173,0	1,1	171,9	173,0	1,1	171,9	173,0
7	25,1	696,1	721,2	25,1	696,1	721,2	25,9	698,8	724,6
10	4,5	193,4	198,0	4,5	193,4	198,0	0,4	149,4	149,8
13									
14	13,5	384,7	398,3	13,5	384,7	398,3	9,0	360,7	369,8
15	8,2	161,7	169,9	8,2	161,7	169,9	8,2	161,7	169,9
19	40,9	899,2	940,2	40,9	899,2	940,2	32,7	899,2	932,0
20	22,7	584,7	607,4	22,7	584,7	607,4	23,1	584,7	607,8
22	6,7	968,6	975,4	6,7	968,6	975,4	12,7	967,7	980,5
24	4,5	343,6	348,1	4,5	343,6	348,1	4,8	315,2	320,0
26	4,5	510,4	514,8	4,5	510,4	514,8	4,5	510,4	514,8
31	15,1	80,2	95,3	15,1	80,2	95,3	14,4	80,2	94,6
32	0,0	27,4	27,4	0,0	27,4	27,4	0,0	28,3	28,3
33	0,0	43,5	43,5	0,0	43,5	43,5	0,0	43,5	43,5
35	3,5	172,4	176,0	3,5	172,4	176,0	2,7	172,4	175,1
37									
43				11,1	230,6	241,8			
60	7,9	18,3	26,2	7,9	18,3	26,2	11,9	23,2	35,1
61									
62									
81									
87									
100	1,1	62,9	64,0	1,1	62,9	64,0	1,1	62,9	64,0
101	6,5	234,6	241,0	6,5	234,6	241,0	4,9	195,5	200,4
102	6,7	451,0	457,7	6,7	451,0	457,7	11,2	451,0	462,2
103	27,6	408,0	435,7	27,6	408,0	435,7	19,0	393,3	412,3

Linia	Sobota oprócz wakacji			Sobota wakacje			Niedziela oprócz wakacji		
	techniczne	liniowe	całkowite	techniczne	liniowe	całkowite	techniczne	liniowe	całkowite
104	7,1	134,5	141,6	7,1	134,5	141,6	13,0	105,3	118,2
105	16,1	230,1	246,2	16,1	230,1	246,2	11,2	142,1	153,3
110	1,3	43,7	45,0	1,3	43,7	45,0	3,0	43,7	46,7
111	33,7	340,9	374,6	33,7	340,9	374,6	29,0	340,8	369,9
112									
120									
121									
130	61,7	397,9	459,6	61,7	397,9	459,6	57,9	397,9	455,7
140	4,4	95,2	99,6	4,4	95,2	99,6	6,3	95,2	101,5
160									

Linia	Sobota oprócz wakacji			Sobota wakacje			Niedziela oprócz wakacji		
	techniczne	liniowe	całkowite	techniczne	liniowe	całkowite	techniczne	liniowe	całkowite
A									
L1									
N1	6,9	223,5	230,4	6,9	223,5	230,5	6,9	223,5	230,4
N2				1,1	30,6	31,7	1,1	30,6	31,7
N3	0,4	14,8	15,2	0,4	14,8	15,2	0,4	14,8	15,2
0	4,7	148,6	153,3	6,3	137,0	143,3			
2	15,3	676,7	692,0	9,0	485,3	494,3	7,3	311,9	319,3
3	12,0	1230,0	1242,1						
4	1,1	171,9	173,0						
7	25,9	698,8	724,6	4,1	486,9	491,0	2,1	349,7	351,8
10	0,4	149,4	149,8	9,0	141,9	150,9			
13									
14	9,0	360,7	369,8	10,0	276,5	286,5	2,0	168,3	170,3
15	8,2	161,7	169,9	24,0	63,5	87,5			
19	32,7	899,2	932,0	46,0	637,0	683,1	50,1	823,5	873,7
20	23,1	584,7	607,8	8,1	411,1	419,3	3,3	584,7	587,9
22	12,7	967,7	980,5	23,0	703,3	726,3	36,6	614,4	651,1
24	4,8	315,2	320,0	13,2	327,8	341,0	4,0	142,4	146,4
26	4,5	510,4	514,8	4,5	360,3	364,7			
31	14,4	80,2	94,6	19,6	88,3	108,0	24,4	88,3	112,7
32	0,0	28,3	28,3	2,9	13,7	16,7	7,7	28,3	36,0
33	6,7	43,5	50,2	6,5	65,3	71,8	11,8	43,5	55,3
35	2,7	172,4	175,1						
37									
43	9,6	230,6	240,2						
60	11,4	17,2	28,6	2,3	23,0	25,3			
61									
62									
81				38,5	501,7	540,1			
87				15,4	211,0	226,4			

Linia	Sobota oprócz wakacji			Sobota wakacje			Niedziela oprócz wakacji		
	techniczne	liniowe	całkowite	techniczne	liniowe	całkowite	techniczne	liniowe	całkowite
100	1,1	62,9	64,0	0,6	31,5	32,1			
101	4,9	195,5	200,4	1,1	78,2	79,3			
102	11,2	451,0	462,2	5,7	325,7	331,4			
103	19,0	393,3	412,3	8,0	168,5	176,6			
104	13,0	105,3	118,2	1,2	83,8	85,1			
105	11,2	142,1	153,3	17,5	146,7	164,3			
110	3,0	43,7	46,7	1,3	43,7	45,0			
111	27,0	340,8	367,8	7,0	181,1	188,1			
112									
120									
121									
130	57,9	397,9	455,7						
140	6,3	95,2	101,5	6,3	95,2	101,5			
160									

**Załącznik 2 Prędkość eksploatacyjna i komunikacyjna na poszczególnych liniach**

Linia / dzień tygodnia	Roboczy szkolny		Roboczy feryjny		Roboczy wakacyjny		SOBOTA oprócz wakacji	
	Prędkość ekspl.	Prędkość kom.	Prędkość ekspl.	Prędkość kom.	Prędkość ekspl.	Prędkość kom.	Prędkość ekspl.	Prędkość kom.
A	18	28,4	18	28,4	18	28,4	0	0
L1	39,1	39,1	0	0	0	0	0	0
N1	25,2	28,1	25,2	28,1	25,2	28,1	25,6	28,1
N2	24,4	35,2	24,4	35,2	24,4	35,2	24,4	35,2
N3	25,4	26,9	25,4	26,9	25,4	26,9	25,4	26,9
0	14,3	20	14,3	20	14,3	20	13,2	21,5
2	19,9	25,9	19,9	25,9	19,9	25,9	17,2	27,2
3	16,3	23,6	16,3	23,6	16,3	23,6	17,2	25
4	18,5	25,9	18,5	25,9	18,5	25,9	18	26,7
7	20,4	26,4	20,4	26,4	20,4	26,4	19,1	27,9
10	13,9	20	13,9	20	13,9	20	13,7	20,8
13	19,2	25,5	0	0	0	0	0	0
14	14,9	22,7	14,9	22,7	14,9	22,7	18,1	23,4
15	16,6	23,1	16,6	23,1	16,6	23,1	16,5	23,9
19	14,5	21,8	14,3	21,8	14,3	21,8	15,7	22,7
20	16,7	21,1	16,7	21,1	16,7	21,1	16,8	22,7
22	15,4	21,5	15,4	21,5	15,4	21,5	14,9	22,8
24	17,8	23,9	17,8	23,9	17,8	23,9	15,5	24,4
26	15,2	22,2	15,2	22,2	15,2	22,2	15,4	22,9
31	17,5	25,3	17,5	25,3	17,4	25,2	15,1	24,5
32	15,5	23,5	15,5	23,5	15,9	23,5	9,4	25,7
33	17,4	23	17,4	23	17,4	23	10,5	24
35	18,5	23,8	18,5	23,8	18,5	23,8	16,5	25,9
37	16,1	23,3	16,1	23,3	6,5	23,3	0	0
43	0	0	0	0	22,4	28,1	0	0
60	10,2	23,3	9,5	23,4	6,9	23,6	7,5	21,5
61	14	25,5	14	25,5	14	25,5	0	0
62	23,4	29	23,4	29	23,4	29	0	0
81	0	0	0	0	0	0	0	0
87	0	0	0	0	0	0	0	0
100	20,9	28,3	18,3	28,3	18,3	28,2	23,6	29,6
101	21,8	28,7	21,7	28,6	19,3	28,6	18,7	29,2
102	25,8	30,6	24,9	30,6	24,8	31	24,4	31,5
103	23,2	32,3	18,8	32,3	17,5	31,6	23,7	32,4
104	21,3	28,6	21,3	28,6	21,2	28,4	14,7	28,4
105	21,1	29	15,4	29	14,2	28,8	19,7	30,5
110	23,4	32,7	21,6	32,7	21,8	32,7	19,2	28,4



Linia / dzień tygodnia	Roboczy szkolny		Roboczy feryjny		Roboczy wakacyjny		SOBOTA oprócz wakacji	
	Prędkość ekspl.	Prędkość kom.	Prędkość ekspl.	Prędkość kom.	Prędkość ekspl.	Prędkość kom.	Prędkość ekspl.	Prędkość kom.
111	27,2	32,8	26	32,7	24,9	32,6	16,5	32,2
112	26,1	34,3	18,7	34,3	26,3	34,1	0	0
120	30	36,5	30	36,5	30,3	36,5	0	0
121	23,5	33	0	0	0	0	0	0
130	25	32,7	25	32,7	25	32,7	24,1	33,2
140	23,7	31,2	21,1	31,1	21,1	31	18,2	32,3
160	26,9	32,5	28,3	33	28,3	33	0	0
<b>RAZEM:</b>	20,4	27,3	19,2	26,9	19	26,9	17,7	26,8

Linia / dzień tygodnia	Sobota wakacje		Niedziela oprócz wakacji		Niedziela wakacji		Święta Bożego Narodzenia i Sylwester	
	Prędkość ekspl.	Prędkość kom.	Prędkość ekspl.	Prędkość kom.	Prędkość ekspl.	Prędkość kom.	Prędkość ekspl.	Prędkość kom.
A	0	0	0	0	0	0	0	0
L1	0	0	0	0	0	0	0	0
N1	25,6	28,1	22,4	28,1	22,4	28,1	25,3	28,1
N2	24,4	35,2	0	0	0	0	24,4	35,2
N3	25,4	26,9	25,4	26,9	25,4	26,9	25,4	26,9
0	13,2	21,5	12,9	21,9	12,9	21,9	13,6	21,2
2	17,2	27,2	17,2	27,7	17,2	27,7	19,6	26,6
3	17,2	25	17	25,7	17	25,7	0	0
4	18	26,7	16,7	26,8	16,7	26,8	0	0
7	19,1	27,9	19,5	28,2	19,5	28,2	18,4	27,4
10	13,7	20,8	13	21,1	13	21,1	14,2	20,5
13	0	0	0	0	0	0	0	0
14	18,1	23,4	18,7	24	18,7	24	17,2	23
15	16,5	23,9	16,5	24,1	16,5	24,1	17,1	23,1
19	15,7	22,7	15,4	23,1	15,4	23,1	14,5	22,5
20	16,8	22,7	16,4	22,8	16,4	22,8	16,5	22,2
22	14,9	22,8	15,2	23,4	15,3	23,4	14,9	22,5
24	15,5	24,4	16,7	24,4	16,7	24,4	17,9	24,4
26	15,4	22,9	15,4	23,1	15,4	23,1	15,1	22,3
31	15,1	24,5	13,7	24,4	13,7	24,4	15,2	29,7
32	9,4	25,7	9,6	26,5	9,6	26,5	10,2	25,7
33	10,5	24	10,7	24,4	12,3	23,7	12,4	23,7
35	16,5	25,9	16,3	26,3	16,3	26,3	0	0
37	0	0	0	0	0	0	0	0
43	22,7	29,1	0	0	23,6	29,6	0	0
60	7,5	21,5	6,9	23,2	5,8	22,6	6,4	23
61	0	0	0	0	0	0	0	0

Linia / dzień tygodnia	Sobota wakacje		Niedziela oprócz wakacji		Niedziela wakacji		Święta Bożego Narodzenia i Sylwester	
	Prędkość ekspl.	Prędkość kom.	Prędkość ekspl.	Prędkość kom.	Prędkość ekspl.	Prędkość kom.	Prędkość ekspl.	Prędkość kom.
62	0	0	0	0	0	0	0	0
81	0	0	0	0	0	0	22,2	25,5
87	0	0	0	0	0	0	21,7	27,3
100	23,6	29,6	24,6	29,8	24,6	29,8	21,9	29,6
101	18,7	29,2	20,2	29,5	20,2	29,5	25	28,5
102	24,4	31,5	21,1	31,7	21,1	31,7	24,4	31,2
103	23,7	32,4	23,9	33,1	23,9	33,1	22,2	32
104	14,7	28,4	12,5	28,6	12,5	28,6	16	29,5
105	19,7	30,5	16,8	30,7	16,8	30,7	20	29,6
110	19,2	28,4	12,5	28	12,5	28	18,9	28,4
111	16,5	32,2	24,7	32,8	24,8	33	25	32,2
112	0	0	0	0	0	0	0	0
120	0	0	0	0	0	0	0	0
121	0	0	0	0	0	0	29,5	33,3
130	24,1	33,2	22,9	33,6	22,9	33,6	0	0
140	18,2	32,3	18	31,9	18	31,9	18,5	31,7
160	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>RAZEM:</b>	17,8	26,9	17,1	26,9	17,3	26,9	18,8	26,9

Linia	Święta Wielkanocne i Nowy Rok	
	Prędkość ekspl.	Prędkość kom.
A	0	0
L1	0	0
N1	25,6	28,1
N2	24,4	35,2
N3	25,4	26,9
0	13,2	21,5
2	17,2	27,2
3	17,2	25
4	18	26,7
7	19,1	27,9
10	13,7	20,8
13	0	0
14	18,1	23,4
15	16,5	23,9
19	15,7	22,7
20	16,8	22,7
22	14,9	22,8

Linia	Święta Wielkanocne i Nowy Rok	
	Prędkość ekspl.	Prędkość kom.
24	15,5	24,4
26	15,4	22,9
31	15,1	24,5
32	9,4	25,7
33	10,5	24
35	16,5	25,9
37	0	0
43	22,7	29,1
60	7,5	21,5
61	0	0
62	0	0
81	0	0
87	0	0
100	23,6	29,6
101	18,7	29,2
102	24,4	31,5
103	23,7	32,4
104	14,7	28,4
105	19,7	30,5
110	19,2	28,4
111	16,5	32,2
112	0	0
120	0	0
121	0	0
130	24,1	33,2
140	18,2	32,3
160	0	0
<b>RAZEM:</b>	17,8	26,9