

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI ZWIĄZANYCH Z WYKORZYSTANIEM PRZY ŚWIADCZENIU USŁUG KOMUNIKACJI MIEJSKIEJ AUTOBUSÓW ZEROEMISYJNYCH DLA MIASTA SUWAŁK

Suwałki 2024 r.

Autorami „Analizy kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych dla Miasta Suwałk” są członkowie zespołu specjalistów spółki REFUNDA z Wrocławia.



www.refunda.pl

Spis treści

Nota prawna	5
Użyte pojęcia, skróty i akronimy	6
1. Podstawy przeprowadzonej Analizy	10
1.1 Uwarunkowania techniczne i prawne	10
1.2 Elektromobilność w dokumentach strategicznych	11
1.2.1 Elektromobilność w dokumentach Unii Europejskiej	11
1.3.1 Elektromobilność w dokumentach krajowych	12
1.3 Konsultacje społeczne	13
1.4 Cel opracowania	14
1.5 Przedmiot opracowania	14
1.6 Podmiot opracowania	15
1.6.1 Charakterystyka społeczno-gospodarcza obszaru objętego Analizą	15
1.6.2 Istniejąca sieć komunikacyjna	17
1.6.3 Charakterystyka parametrów sieci komunikacyjnej – analiza rozkładów jazdy	26
1.6.4 Charakterystyka floty operatora	34
1.6.5 Szacunkowa emisja gazów cieplarnianych w skali roku	43
1.3.1 Pojazdy elektryczne oraz infrastruktura pojazdów elektrycznych	45
1.3.2 Realizowane i planowane przedsięwzięcia taborowe i infrastrukturalne	45
1.5.7 Analiza popytu na komunikację zbiorową	46
2. Metodyka Analizy	46
2.3 Dane	47
2.4 Zastosowane metody	47
2.4.1 Analiza finansowa	48
2.4.2 Analiza społeczno-ekonomiczna	50
2.4.3 Analiza wrażliwości	50
2.4.4 Analiza ryzyka	51
2.5 Procedura Analizy	53
3. Analiza opcji inwestycyjnych	54
3.3 Wariant bazowy	55
3.4 Wariant inwestycyjny „1”	57
3.5 Wariant inwestycyjny „2”	61
3.6 Wyznaczenie linii przeznaczonych do obsługi przez autobusy zeroemisyjne	63
3.7 Porównanie alternatywnych wariantów inwestycyjnych	72
4. Wyniki Analizy	74
4.3 Analiza finansowo-ekonomiczna	74
4.4 Analiza społeczno-ekonomiczna	87
4.4.1 Koszty społeczne emisji gazów cieplarnianych	87

4.4.2	Koszty zmiany klimatu	89
4.4.3	Koszty społeczne emisji hałasu	90
4.5	Oszacowanie efektów środowiskowych związanych z emisją szkodliwych substancji dla środowiska naturalnego i zdrowia ludzi	91
4.6	Efektywność społeczno-ekonomiczna Inwestycji – wariantowa analiza korzyści	93
5.	Analiza wrażliwości	114
6.	Analiza ryzyka	115
6.3	Czynniki ryzyka w projekcie	115
6.4	Matryca ryzyka.....	120
7.	Wnioski i rekomendacje	121
	Spis tabel.....	123
	Spis rysunków	123
	Spis wykresów	124

Nota prawna

REFUNDA Maciocha i Wspólnicy spółka komandytowa sporządziła niniejsze opracowanie z zachowaniem należytej staranności na podstawie informacji i dokumentów źródłowych udostępnionych przez Organizatora oraz Operatora publicznego transportu zbiorowego.

Dane i informacje w niniejszym dokumencie są zgodne z aktualnymi danymi na grudzień 2023 r. lub sierpień 2024 r.

Użyte pojęcia, skróty i akronimy

AKK/ Analiza – Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych dla Miasta Suwałk.

Autobus zeroemisyjny – autobus w rozumieniu art. 2 pkt 41 Ustawy z dnia 20 czerwca 1997 r. Prawo o ruchu drogowym, 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 oraz trolejbus w rozumieniu art. 2 pkt 83 Ustawy z dnia 20 czerwca 1997 r. Prawo o ruchu drogowym.

BEV – elektryczne pojazdy bateryjne.

CO₂ – dwutlenek węgla.

CUPT – Centrum Unijnych Projektów Transportowych.

EV – norma emisji spalin, gdzie emisja cząstek sadzy jest około 50% niższa niż w przypadku wartości wymaganych przez EURO V. EEV to termin używany w europejskich normach emisji dla definicji „czystego pojazdu”. Norma mieści się pomiędzy poziomami EURO V i EURO VI.

Ekwiwalent CO₂ – za ekwiwalent CO₂ przyjmuje się 1 megagram (1 Mg) CO₂ lub ilość innego gazu cieplarnianego (np. metanu – CH₄ lub podtlenku azotu – N₂O) stanowiącą odpowiednik 1 MgCO₂ i obliczoną z wykorzystaniem współczynników ocieplenia globalnego.

Elektryfikacja linii – przeznaczenie linii komunikacyjnej do obsługi autobusami zeroemisyjnymi.

EEV – pojazdy o napędzie elektrycznym.

ENPV – ang. Economic Net Present Value – ekonomiczna wartość bieżąca netto.

EURO – europejski standard emisji spalin (norma dopuszczalna emisji spalin w pojazdach sprzedawanych na terenie Unii Europejskiej).

ERR – ang. Economic Rate of Return – ekonomiczna stopa zwrotu.

FCEV – elektryczne samochody wodorowe.

Flota użytkowanych pojazdów – łączna liczba użytkowanych autobusów, tramwajów i pociągów, w tym autobusów zeroemisyjnych, służących wykonywaniu przewozów dla danego organizatora.

GUS – Główny Urząd Statystyczny.

HEV – silnik spalinowy połączony z silnikiem elektrycznym, bez możliwości doładowania baterii energią elektryczną z zewnętrznego źródła.

Inwestycja – zakup taboru zeroemisyjnego.

IRR – ang. Internal Rate of Return – wewnętrzna stopa zwrotu.

Komunikacja miejska – gminne przewozy pasażerskie wykonywane w granicach administracyjnych miasta albo miasta i gminy, miast, albo miast i gmin sąsiadujących – jeżeli zostało zawarte porozumienie lub został utworzony związek międzygminny w celu wspólnej realizacji publicznego transportu zbiorowego, a także metropolitalne przewozy pasażerskie.

kWh – kilowatogodzina.

Linia komunikacyjna – połączenie komunikacyjne na sieci dróg publicznych albo liniach kolejowych, innych szynowych, linowych, linowo-terenowych, albo akwenach morskich lub wodach śródlądowych wraz z oznaczonymi miejscami do wsiadania i wysiadania pasażerów na liniach komunikacyjnych, po których odbywa się publiczny transport zbiorowy.

MAXI – autobus jednoczlónowy o długości ok. 12 m (pojemność: 80-110 miejsc).

MEGA – autobus o długości od 15 m do 18,75 m (pojemność: >110 miejsc).

Miasto – Miasto Suwałki.

MIDI – autobus jednoczlónowy o długości od 8,5 m do 10,8 m (pojemność: 50-80 miejsc).

MINI – autobus jednoczlónowy o długości do 8,5 m (pojemność: <50 miejsc).

MWh – megawatogodzina.

NPV – ang. Net Present Value – wartość bieżąca netto.

ON – olej napędowy.

Operator (publicznego transportu zbiorowego) – samorządowy zakład budżetowy oraz przedsiębiorca uprawniony do prowadzenia działalności gospodarczej w zakresie przewozu osób, który zawarł z organizatorem publicznego transportu zbiorowego umowę o świadczenie usług w zakresie PTZ, na linii komunikacyjnej określonej w umowie; tu: **PGK sp. z o.o.**

Organizator (publicznego transportu zbiorowego) – organizator publicznego transportu zbiorowego, właściwa jednostka samorządu terytorialnego albo minister właściwy do spraw transportu, zapewniający funkcjonowanie publicznego transportu zbiorowego na danym obszarze.

Paliwa alternatywne – paliwa lub energia wykorzystywane do napędu silników pojazdów samochodowych lub jednostek pływających stanowiące substytut dla paliw pochodzących z ropy naftowej lub otrzymywanych w procesach jej przetwórstwa, w szczególności energia elektryczna, wodór, biopaliwa ciekłe, paliwa syntetyczne i parafinowe, sprężony gaz ziemny (CNG), w tym pochodzący z biometanu, skroplony gaz ziemny (LNG), w tym pochodzący z biometanu lub gaz płynny (LPG).

Parking Park&Ride (parking P+R) – parking zlokalizowany w pobliżu przystanku lub stacji kolejowej umożliwiający pozostawienie samochodu osobowego i kontynuowanie dalszej podróży z wykorzystaniem publicznego transportu zbiorowego. W opracowaniu stosuje się również określenie system P&R, co odnosi się do sieci tego typu infrastruktury.

PGK sp. z o.o. – Przedsiębiorstwo Gospodarki Komunalnej w Suwałkach sp. z o.o., z siedzibą przy ul. Sejneńskiej 82, 16-400 Suwałki, zwana także operatorem.

PM – (Particulate Matter) pył zawieszony.

PM_{2,5} – pył zawieszony o średnicy aerodynamicznej cząstek do 2,5 µm.

PMCO – (Coarse particulate matter) pył zawieszony o średnicy aerodynamicznej cząstek 2,5 µm – 10 µm.

SO₂ – dwutlenek siarki.

Parking Bike&Ride (parking B+R) – parking zlokalizowany w pobliżu przystanku lub stacji kolejowej umożliwiający pozostawienie roweru i kontynuowanie dalszej podróży z wykorzystaniem publicznego transportu zbiorowego. W opracowaniu stosuje się również określenie system B&R, co odnosi się do sieci tego typu infrastruktury.

Plan transportowy – plan zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego opracowany przez organizatora PTZ i ogłoszony zgodnie z Ustawą z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym (Dz.U.2023 poz. 2778 t.j.), tu: „Plan zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego dla Miasta Suwałk na lata 2022-2030”.

Pojazd elektryczny – pojazd samochodowy w rozumieniu art. 2 pkt 33 Ustawy z dnia 20 czerwca 1997 r. Prawo o ruchu drogowym, wykorzystujący do napędu wyłącznie energię elektryczną akumulowaną przez podłączenie do zewnętrznego źródła zasilania, w opracowaniu nazywany także autobusem elektrycznym.

Pojazd napędzany wodorem – pojazd samochodowy w rozumieniu art. 2 pkt 33 Ustawy z dnia 20 czerwca 1997 r. Prawo o ruchu drogowym, wykorzystujący do napędu energię elektryczną wytworzoną z wodoru w zainstalowanych w nim ogniach paliwowych. W opracowaniu nazywany także autobusem wyposażonym w ogniwa paliwowe lub autobusem wodorowym.

Pojazd napędzany gazem ziemnym – pojazd samochodowy w rozumieniu art. 2 pkt 33 Prawa o ruchu drogowym, wykorzystujący do napędu sprężony gaz ziemny (CNG) lub skroplony gaz ziemny (LNG), w tym pochodzący z biometanu.

Pojazd samochodowy – pojazd silnikowy, którego konstrukcja umożliwia jazdę z prędkością przekraczającą 25 km/h; określenie to nie obejmuje ciągnika rolniczego.

PTZ / publiczny transport zbiorowy – powszechnie dostępny regularny przewóz osób wykonywany

w określonych odstępach czasu i po określonej linii komunikacyjnej, liniach komunikacyjnych lub sieci komunikacyjnej.

Podmiot wewnętrzny – odrębna prawnie jednostka podlegająca kontroli właściwego organu lokalnego, a w przypadku grupy organów przynajmniej jednego właściwego organu lokalnego, analogicznej do kontroli, jaką sprawują one nad własnymi służbami.

Punkt ładowania – urządzenie umożliwiające ładowanie pojedynczego pojazdu elektrycznego, pojazdu hybrydowego i autobusu zeroemisyjnego oraz miejsce, w którym wymienia się lub ładuje akumulator służący do napędu tego pojazdu; punkt ładowania może być normalnej mocy (do 22 kW) lub dużej mocy (o mocy większej niż 22 kW).

Prędkość eksploatacyjna – stosunek przebytej drogi do czasu pracy pojazdu z uwzględnieniem czasów postoju na przystankach pośrednich i przystankach krańcowych.

Prędkość komunikacyjna – stosunek przebytej drogi do czasu pracy pojazdu z uwzględnieniem czasów postoju na przystankach pośrednich.

Przewoźnik – przedsiębiorca uprawniony do prowadzenia działalności gospodarczej w zakresie przewozu osób na podstawie zgłoszenia przewozu, a w transporcie kolejowym – przewoźnik kolejowy wykonujący przewóz osób na podstawie umowy o świadczenie usług publicznych albo decyzji o przyznaniu dostępu.

Przewóz o charakterze użyteczności publicznej – powszechnie dostępna usługa w zakresie publicznego transportu zbiorowego wykonywana przez operatora publicznego transportu zbiorowego w celu bieżącego i nieprzerwanego zaspokajania potrzeb przewozowych społeczności na danym obszarze.

Rozporządzenie 1370/2007 – Rozporządzenie (WE) nr 1370/2007 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2007 r. dotyczące usług publicznych w zakresie kolejowego i drogowego transportu pasażerskiego oraz uchylające rozporządzenia Rady (EWG) nr 1191/69 i (EWG) nr 1107/70 (Dz. Urz. UE, I. 315/1 z dnia 3.12.2007 r.), zmienne Sprostowaniem z dnia 3 grudnia 2007 r.

(Dz. Urz. UE, I. 240/65 z dnia 16.09.2015 r.) oraz Rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/2338 z dnia 14 grudnia 2016 r. (Dz. Urz. UE, I. 354/22 z dnia 23.12.2016 r.);

Sieć komunikacyjna – układ linii komunikacyjnych obejmujących obszar działania organizatora publicznego transportu zbiorowego lub część tego obszaru.

Tabor zeroemisyjny – pojazd, który podczas jazdy nie emituje żadnych zanieczyszczeń. Pojazdami zeroemisyjnymi są np. autobusy o napędzie elektrycznym, ale też zasilane ogniwami wodorowymi, w których podczas generowania energii powstaje tylko woda.

Transport niskoemisyjny – transport oparty o pojazdy niskoemisyjne, tj. pojazdy napędzane paliwami alternatywnymi, w szczególności gazem ziemnym.

UE – Unia Europejska.

Ustawa o elektromobilności i paliwach alternatywnych/UoEiPA/ Ustawa – ustawa z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (Dz.U.2023 poz. 875 t.j.).

Stacja ładowania – urządzenie budowlane obejmujące punkt ładowania o normalnej mocy lub punkt ładowania o dużej mocy, związane z obiektem budowlanym, lub wolnostojący obiekt budowlany z zainstalowanym co najmniej jednym punktem ładowania o normalnej mocy lub punktem ładowania o dużej mocy - wyposażone w oprogramowanie umożliwiające świadczenie usług ładowania, wraz ze stanowiskiem postojowym oraz instalacją prowadzącą od punktu ładowania do przyłącza elektroenergetycznego.

Wariant „0” – bazowy – uwzględniający posiadane autobusy ON, niskoemisyjne zasilane gazem ziemnym oraz ich kontynuację w okresie objętym Analizą.

Wariant „1” – zeroemisyjny – autobusy zeroemisyjne z silnikiem elektrycznym zasilanym energią elektryczną z akumulatorów, wykorzystujących wyłącznie energię elektryczną akumulowaną przez podłączenie do zewnętrznego źródła zasilania.

Wariant „2” – zeroemisyjny – wodorowy – autobusy zeroemisyjne wykorzystujące do napędu energię elektryczną wytworzoną z wodoru w zainstalowanych w nich ogniwach paliwowych.

Wzkm – wozokilometr.

Zintegrowany węzeł przesiadkowy (zamiennie stosowane w opracowaniu terminy: węzeł przesiadkowy, centrum przesiadkowe) – miejsce umożliwiające dogodną zmianę środka transportu wyposażone w niezbędną dla obsługi podróżnych infrastrukturę, w szczególności: miejsca postojowe, przystanki komunikacyjne, punkty sprzedaży biletów, systemy informacyjne umożliwiające zapoznanie się zwłaszcza z rozkładem jazdy, linią komunikacyjną lub siecią komunikacyjną.

Zrównoważony transport – idea efektywnej, ekonomicznej i ekologicznej komunikacji.

1. Podstawy przeprowadzonej Analizy

1.1 Uwarunkowania techniczne i prawne

Polska energetyka potrzebuje pilnych interwencji, aby jak najszybciej sprostać restrykcyjnym wymogom środowiskowym i klimatycznym, postawionym przez Unię Europejską. W związku z powyższym już od kilku lat kwestie elektromobilności są regulowane przez krajowego prawodawcę. Wynika to także z rosnącej świadomości społecznej w dziedzinie ochrony środowiska i zdobywającej coraz większą popularność koncepcji „zielonej gospodarki” ukierunkowanej nie tylko na rozwój inwestycyjny, ale przede wszystkim na dbanie o lokalny ekosystem.

W celu stworzenia dogodnych warunków do rozwoju elektromobilności, między innymi w przedsiębiorstwach komunikacji miejskiej, w 2017 r. polski rząd przyjął Plan Rozwoju Elektromobilności. Do osiągnięcia postawionych sobie celów w Krajowych ramach polityki rozwoju, jak i w nadmienionym Planie Rozwoju Elektromobilności ustawodawca wprowadził w życie w 2018 r. Ustawę o elektromobilności¹ która stanowi również transpozycję Dyrektywy 2014/94/UE.

Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2019/1161 z dnia 20 czerwca 2019 r. zmieniająca dyrektywę 2009/33/WE w sprawie promowania ekologicznie czystych i energooszczędnych pojazdów transportu drogowego wskazała minimalne poziomy docelowe udziały zamówień na ekologicznie czyste pojazdy ciężkie w całkowitej liczbie pojazdów ciężkich objętych zamówieniami, o których mowa w art. 3 niniejszej Dyrektywy. W związku z powyższym Polska została zobowiązana, aby w okresie od 2.08.2021 r. do 31.12.2025 r. liczba czystych pojazdów w całkowitej liczbie pojazdów ciężkich objętych zamówieniami wynosiła 32% zamówienia, natomiast w terminie 01.01.2026 r. – 31.12.2030 r. 46%.

Polski ustawodawca w Ustawie o elektromobilności i paliwach alternatywnych nałożył obowiązek na jednostki samorządu terytorialnego, z wyłączeniem gmin i powiatów, których liczba mieszkańców nie przekracza 50 000, udziału autobusów zeroemisyjnych we flocie pojazdów użytkowanych w celu świadczenia usługi komunikacji miejskiej na poziomie 30% od 1 stycznia 2028 r.

Dla ułatwienia spełnienia w 2028 r. ww. prognozy UoEiPA przewidziała cele pośrednie do zrealizowania w następujących terminach:



Decyzja o opłacalności wprowadzenia pojazdów zeroemisyjnych do floty użytkowanych pojazdów w komunikacji miejskiej będzie wynikać z analizy kosztów i korzyści, o której mowa w art. 37 UoEiPA.

Miasto Suwałki pełniąc funkcję organizatora przewozów o charakterze użyteczności publicznej, było zobowiązane od 2018 roku do sporządzania analizy kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych.

Ostatnia, wykonana w 2021 r. „Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych dla Miasta Suwałk”, wykazała, iż przy przyjętych wówczas założeniach zachodzi brak korzyści ze stosowania taboru zeroemisyjnego, a zatem i brak obowiązku jego stosowania.

¹ Ustawa z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (Dz.U.2023 poz. 875 t.j.).

Jednakże UoEiPA zobowiązała również jednostki samorządu terytorialnego, o których mowa w art. 36 przedmiotowej ustawy, do sporządzenia co 36 miesięcy przedmiotowej AKK oraz zapewnienia możliwości udziału społeczeństwa w jej opracowaniu (art. 37 ust. 1).

Dodatkowo nadmienić należy, iż niniejsza AKK jest podstawą aktualizacji planów transportowych Organizatora publicznego transportu zbiorowego. Wyniki dokumentu są kluczowe dla Organizatora w zakresie przyjmowanych kryteriów jakościowych świadczenia usług przez Operatorów, z punktu widzenia preferowanego taboru autobusowego na obszarze objętym niniejszą AKK.

Niezwłocznie po sporządzeniu AKK należy przekazać dokument:

- 1) ministrowi właściwemu do spraw energii;
- 2) ministrowi właściwemu do spraw klimatu.

1.2 Elektromobilność w dokumentach strategicznych

1.2.1 Elektromobilność w dokumentach Unii Europejskiej

Sektor transportu jest jednym z ważniejszych obszarów podlegających regulacjom unijnym, ze względu na swój powszechny charakter oraz istotny wpływ na inne dziedziny gospodarki i społeczeństwo. Obecnie obowiązującymi dokumentami, które są podstawą prowadzonej polityki transportowej są:

Niebieska Księga „Sektor transportu publicznego”², która prezentuje metody przeprowadzania analizy kosztów i korzyści dla planowanych projektów inwestycyjnych w sektorze transportu w Polsce. Głównym celem Niebieskiej Księgi jest określenie zasad i założeń oraz spójnego podejścia do analiz kosztów i korzyści w celu zapewnienia porównywalności i spójności oceny projektów w ramach sektora transportu.

Zielona Księga „W kierunku nowej kultury mobilności w mieście”³, która stanowi syntetyczną prezentację problemów transportu w miastach. W dokumencie poruszono zagadnienia związane z mobilnością miejską, która powinna wspierać rozwój gospodarczy, zapewniać odpowiedni poziom życia mieszkańców oraz chronić środowisko naturalne.

Wśród wyzwań stojących przed europejskimi miastami wskazano na: redukcję zatorów w miastach, redukcję emisji CO₂ i obniżanie poziomu hałasu, niwelowanie ograniczeń w zakresie rozwoju infrastruktury transportowej, eliminowanie ograniczeń dostępności transportu miejskiego dla osób o ograniczonej sprawności ruchowej (w tym osób niepełnosprawnych, osób starszych, rodzin z małymi dziećmi) oraz zwiększanie poziomu bezpieczeństwa osób uczestniczących w ruchu.

Komunikat „Ekologiczny transport”⁴, to dokument, w którym Komisja Europejska zaproponowała wprowadzenie wspólnych ram szacowania zewnętrznych kosztów transportu oraz realizację działań w zakresie ograniczania hałasu kolejowego. W przedmiotowym dokumencie pojawiają się również wnioski dotyczące zmiany dyrektywy w sprawie pobierania opłat za pojazdy ciężarowe.

² Jaspers, Niebieska Księga. Sektor transportu publicznego w miastach, aglomeracjach i regionach. Wydanie uaktualnione 2023 r.

³ Komisja Wspólnot Europejskich, Zielona Księga „W kierunku nowej kultury mobilności w mieście”, Bruksela 2007 r., SEK (2007) 1209.

⁴ Komisja Wspólnot Europejskich, Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego i Rady „Ekologiczny transport”, Bruksela 2008 r., SEK (2008) 2206.

Biała Księga „Plan utworzenia jednolitego europejskiego obszaru transportu – dążenie do osiągnięcia konkurencyjnego i zasobooszczędnego systemu transportu”⁵, w której podkreśla się konieczność zapewnienia wzrostu sektora transportu i wspierania mobilności przy jednoczesnym ograniczeniu emisji, o co najmniej 60% w 2050 r. w stosunku do poziomów z 1990 r. Wskazuje się na konieczność ujednoczenia systemu transportowego oraz powszechne wykorzystywanie nowoczesnych technologii, zarówno w zakresie wykorzystywanego taboru, jak i inteligentnego zarządzania ruchem.

Komunikat „Europejska strategia na rzecz mobilności niskoemisyjnej”⁶ w którym wskazuje się, że potencjał sektora transportu w zakresie możliwości obniżenia jego emisyjności staje się coraz większy, a proces przechodzenia na mobilność niskoemisyjną trwa.

Kluczowymi czynnikami rozwoju będzie wkład w inwestycje zmierzające do:

- budowy bardziej efektywnego systemu transportowego, m.in. poprzez wdrażanie inteligentnych systemów transportowych oraz propagowanie multimodalności;
- szerszego wykorzystania niskoemisyjnych alternatywnych źródeł energii na potrzeby transportu, uwzględniającego potrzebę tworzenia infrastruktury zasilania pojazdów;
- szerszego wykorzystania pojazdów niskoemisyjnych i bezemisyjnych, poprzez uruchomienie interwencji zmierzającej do wsparcia producentów i użytkowników tego typu pojazdów.

W dokumencie tym wskazuje się, że sukces strategii niskoemisyjnej w dużym stopniu uzależniony jest od działań podejmowanych przez władze lokalne, głównie w obszarze transportu publicznego.

1.3.1 Elektromobilność w dokumentach krajowych

Polityka Polski dot. elektromobilności znajduje swoje potwierdzenie w krajowych dokumentach strategicznych takich jak:

Strategia na Rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju⁷; została przyjęta przez Radę Ministrów 14 lutego 2017 r. i stanowi aktualizację średniookresowej strategii rozwoju kraju, tj. *Strategii Rozwoju Kraju 2020*. Dokument ten stanowi rozwinięcie i operacjonalizację tzw. *Planu Morawieckiego*, w którym została sformułowana nowa wizja i model rozwoju kraju będące odpowiedzią na wyzwania stojące przed polską gospodarką. W rozdziale 3.2. przedmiotowego dokumentu pn. Pełniejsze wykorzystanie potencjału największych polskich aglomeracji wskazane jest, że „(...)polityka miejska wobec obszarów metropolitalnych koncentrować się będzie na: wsparciu realizacji miejskich strategii niskoemisyjnych oraz strategii ZIT, które mają

podstawowe znaczenie dla celów określonych w SOR w zakresie reindustrializacji, elektromobilności, ochrony środowiska i tworzenia warunków dla przyciągania zaawansowanych produktowo inwestycji (zeroemisyjny transport publiczny, efektywność energetyczna itp.)”.

Strategia Zrównoważonego Rozwoju Transportu do 2030 r.⁸; została przyjęta 24 września 2019 r. Jej głównym celem jest zwiększenie dostępności transportowej kraju oraz poprawa bezpieczeństwa uczestników ruchu i efektywności sektora transportowego przez utworzenie spójnego, zrównoważonego, innowacyjnego i przyjaznego użytkownikom systemu transportowego na poziomie krajowym, europejskim i globalnym. Realizacja tego celu wymaga wielu skoordynowanych działań, m.in. ograniczania negatywnego wpływu transportu na środowisko, co jest możliwe dzięki rozwojowi

⁵ Komisja Europejska, Biała Księga „Plan utworzenia jednolitego europejskiego obszaru transportu – dążenie do osiągnięcia konkurencyjnego i zasobooszczędnego systemu transportu”, Bruksela 2011 r., SEK (2011) 391 wersja ostateczna.

⁶ Komisja Europejska, Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów „Europejska strategia na rzecz mobilności niskoemisyjnej”, Bruksela 2016 r., SWD (2016) 244 final.

⁷ Dokument przyjęty uchwałą Rady Ministrów w dniu 14 lutego 2017 r., „Strategia na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju do 2020 roku (z perspektywą do 2030 r.)”, Warszawa 2017 r.

⁸ Dokument przyjęty uchwałą nr 105/2009 Rady Ministrów z dnia 24 września 2019 r. Ministerstwo Infrastruktury, „Strategia Zrównoważonego Rozwoju Transportu do 2030 roku”, Warszawa 2019 r.

elektromobilności przez poszczególne jednostki samorządu terytorialnego.

- Plan Rozwoju Elektromobilności w Polsce „Energia do przyszłości”⁹;
- Krajowe ramy polityki rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych¹⁰;
- Plan Rozwoju Elektromobilności w Polsce zakłada trzy główne cele, tj.:
 - stworzenie warunków dla rozwoju elektromobilności Polaków;
 - rozwój przemysłu elektromobilności;
 - stabilizację sieci elektroenergetycznej.

Etap II Plan Rozwoju Elektromobilności w Polsce „Energia do przyszłości” przewidziany na lata 2021–2025 zakłada wzrost popularności pojazdów elektrycznych, zarówno indywidualnych jak i wykorzystywanych w transporcie zbiorowym. Sieć infrastruktury dla pojazdów elektrycznych w całej Polsce ma być przygotowana na obsługę pojazdów elektrycznych i dostosowana do wykorzystania tych pojazdów jako stabilizatorów energetycznych. Dodatkowo zakłada się, że pojazdy elektryczne będą wykorzystywane przez administrację publiczną w celu popularyzacji elektromobilności.

1.3 Konsultacje społeczne

Rozdział zawierający podsumowanie konsultacji społecznych zostanie uzupełniony po ich zakończeniu.

Opracowana i poddana konsultacjom społecznym AKK, zgodnie z art. 37 ust. 4, zostanie przekazana:

- ministrowi właściwemu do spraw energii,
- ministrowi właściwemu do spraw klimatu.

⁹ Ministerstwo Energii, Plan Rozwoju Elektromobilności w Polsce „Energia do przyszłości”, Warszawa 2017 r.

¹⁰ Ministerstwo Energii, „Krajowe ramy polityki rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych”, Warszawa 2017 r.

1.4 Cel opracowania

Głównym celem opracowania jest ocena efektywności finansowej i społeczno-ekonomicznej Inwestycji polegającej na zakupie taboru zeroemisyjnego.

Cel zostanie osiągnięty poprzez realizację celów szczegółowych, w tym:

I Wytypowanie oraz kwantyfikację kosztów finansowych i społeczno-ekonomicznych taboru istniejącego oraz będącego przedmiotem Inwestycji;

II Wskazanie i wycenę korzyści finansowych i społeczno-ekonomicznych płynących z zastosowania taboru zeroemisyjnego.



1.5 Przedmiot opracowania

Niniejsza Analiza została sporządzona na zlecenie Miasta Suwałki, będącego Organizatorem w rozumieniu przepisów ustawy z dnia 16 grudnia 2010 roku o publicznym transporcie zbiorowym (Dz.U.2023 poz. 2778 t.j.). Przedmiotem opracowania jest Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych dla Miasta Suwałk.

W niniejszym opracowaniu został przeanalizowany obecny stan taboru autobusowego Operatora, różne warianty wprowadzania taboru zeroemisyjnego wraz z niezbędną infrastrukturą towarzyszącą oraz zakres działalności przedsiębiorstwa świadczącego usługi komunikacji miejskiej w Suwałkach.

1.6 Podmiot opracowania

Miasto Suwałki wypełnia funkcje organizatorskie dla zadań z zakresu PTZ na sieci miejskich przewozów pasażerskich obejmujących linie komunikacyjne na obszarze Miasta, Gminy Suwałki i Gminy Szypliszki. Miasto Suwałki to miasto na prawach powiatu a także siedziba gminy wiejskiej Suwałki, położone

w północno-wschodniej części kraju, w woj. podlaskim. Suwałki zlokalizowane są w pobliżu granicy z Litwą, Białorusią i Rosją.



1.6.1 Charakterystyka społeczno-gospodarcza obszaru objętego Analizą

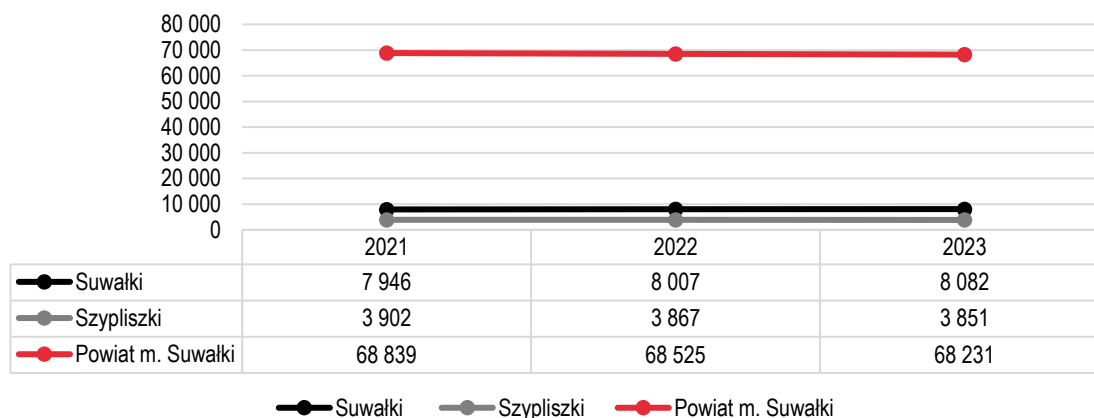
Suwałki są drugim co do wielkości miastem województwa i jego ośrodkiem subregionalnym, w którym koncentrują się funkcje ponadpowiatowe dla otaczającego go obszaru, obejmujące także powiaty sejneński i augustowski.

W obecnych granicach administracyjnych obejmuje powierzchnię 65,24 km², którą zamieszkuje łącznie 68 231 mieszkańców¹¹. Gęstość zaludnienia Miasta wynosi 1 041,5 os./km², natomiast w gminach objętych porozumieniami międzygminnymi: 30,5 (Gmina Suwałki) i 24,6 (Gmina Szypliszki).

W ostatnich trzech latach liczba mieszkańców Miasta uległa zmniejszeniu o 0,88 p.p. Liczba ludności Miasta oraz gmin objętych porozumieniami międzygminnymi kształtuje się na poziomie 80 164 mieszkańców¹², przy czym tu również należy podkreślić spadek liczby mieszkańców od 2021 roku (-0,65 p.p.).

¹¹ Stan ludności wg GUS na dzień 31.12.2023 r.

¹² J.w.



Wykres 1. Zmiany liczby ludności od 2021 roku na terenie Miasta Suwałki, Gminy Suwałki i Gminy Szypliszki
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS.

Warto zwrócić także uwagę na fakt, iż rokrocznie zmniejsza się na omawianym terenie liczba osób w wieku przedprodukcyjnym, a zwiększa się grupa osób po 60 r.ż. Jest to zjawisko odnotowywane w wielu miastach Polski i Europy i wpływa ono na wiele dziedzin życia, w tym także na organizację publicznego transportu zbiorowego.

Strukturę ludności Miasta Suwałki oraz pozostałych gmin, z którymi podpisane zostały stosowne porozumienia prezentuje Tabela 1.

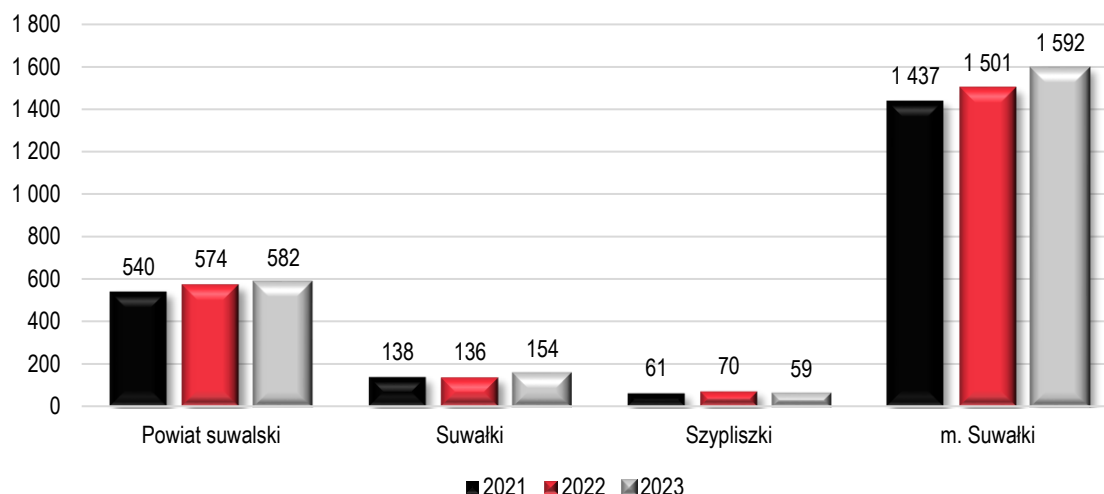
Tabela 1. Struktura ludności

	Miasto Suwałki	Gmina Suwałki	Gmina Szypliszki
Wiek przedprodukcyjny			
2021	13108	1684	761
2022	12973	1694	747
2023	12786	1704	725
Wiek produkcyjny			
2021	41623	4856	2359
2022	41001	4868	2328
2023	40368	4874	2303
Wiek poprodukcyjny			
2021	14108	1406	782
2022	14551	1445	792
2023	15007	1504	823
Razem			
2021	68839	7946	3902
2022	68525	8007	3867
2023	68231	8082	3851

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS.

Stopa bezrobocia jest jedną z wartości określających sytuację ekonomiczną ludności zamieszkującej dany obszar, ponieważ osoby pozostające bez pracy rzadziej odbywają podróże obowiązkowe. Z tego też powodu zmiany współczynnika bezrobocia mogą pośrednio wpłynąć na popyt w publicznym transporcie zbiorowym.

Na koniec 2023 r. liczba bezrobotnych w Mieście Suwałki wyniosła 1 592 osoby, co stanowiło 3,94 % udziału w liczbie ludności w wieku produkcyjnym. Stopa bezrobocia w Mieście w 2023 roku kształtowała się na poziomie 5,6% – jest to większa stopa bezrobocia rejestrowanego od tej zarejestrowanej dla powiatu suwalskiego, ale zdecydowanie mniejsza od poziomu bezrobotnych odnotowanych w całym województwie (7,0%).



Wykres 2. Rynek pracy. Bezrobocie rejestrowane w latach 2021-2023 w powiecie suwalskim, Mieście Suwałki, Gminie Suwałki i Gminie Szypliszki

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS.

1.6.2 Istniejąca sieć komunikacyjna

Wymagania wynikające z umowy zawartej z Operatorem

Ustawa o publicznym transporcie zbiorowym zdefiniowała pojęcie organizatora PTZ jako właściwą jednostkę samorządu terytorialnego, albo ministra właściwego do spraw transportu zapewniającego funkcjonowanie PTZ na danym obszarze. Miasto Suwałki jako Organizator PTZ na sieci komunikacyjnej w przewozach pasażerskich, obejmuje linie komunikacyjne na terenie Miasta Suwałki.

Linie suwalskiej komunikacji miejskiej obsługują poza Miastem Suwałki także inne miejscowości w gminie Suwałki¹³ oraz Gminie Szypliszki¹⁴ – na podstawie zawartych stosownych porozumień międzygminnych.

Organizatorem suwalskiej komunikacji miejskiej jest Prezydent Miasta Suwałk. Zadania organizatora wypełnia Wydział Gospodarki Komunalnej i Nadzoru Właścicielskiego Urzędu Miejskiego w Suwałkach, ul. Mickiewicza 1, 16-400 Suwałki. Do statutowych zadań Wydziału należy m.in. wykonywanie nadzoru nad wykonywaniem zadań Miasta oraz oceny merytorycznej i ekonomicznej nad działalnością spółek komunalnych.

Operatorem PTZ na sieci komunikacyjnej organizowanej przez Miasto Suwałki jest Przedsiębiorstwo Gospodarki Komunalnej w Suwałkach Sp. z o.o. Zakres przestrzenny działalności Operatora to: Miasto Suwałki oraz Gmina Suwałki: Krzywe, Płociczno, Stary Folwark, Biała Woda, Poddubówek, Sobolewo, Wychodne, Zielone Kamedulskie, Zielone Królewskie, Przebród, Nowa Wieś, Lipniak, Zielone Kamedulskie, Okuniowiec, Mała Huta. Na terenie Miasta i Gminy Suwałki usługi publicznego transportu zbiorowego świadczy również podwykonawca – BIURO USŁUG TURYSTYCZNYCH ŻAK TOURIST, ul. Rybacka 2, Augustów. Zakres przestrzenny działalności podwykonawcy: Miasto Suwałki oraz Gmina Suwałki: Poddubówek, Zielone Królewskie, Wychodne, Stary Folwark, Krzywe.

¹³ Porozumienie międzygminne z dnia 12 grudnia 2007 r. w sprawie wspólnej realizacji zadań w zakresie lokalnego transportu zbiorowego na obszarze Gminy Suwałki.

¹⁴ Porozumienie międzygminne z dnia 22 marca 2022 r. w sprawie wspólnej realizacji zadania w zakresie lokalnego transportu zbiorowego.

Podstawową działalnością Przedsiębiorstwa Gospodarki Komunalnej w Suwałkach Sp. z o.o. jest świadczenie usług przewozu osób na terenie Miasta Suwałki, Gminy Suwałki oraz Gminy Szypliszki, tj. gmin z którymi Miasto zawarło porozumienie międzygminne na podstawie umowy z dnia 14 czerwca 2019 r. Umowa została zawarta pomiędzy Przedsiębiorstwem Gospodarki Komunalnej w Suwałkach Sp. z o.o. a Gminą Miastem Suwałki na okres od 1.07.2019 roku do 30.06.2029 roku.

Na podstawie przedmiotowej umowy Organizator zleca Operatorowi świadczenie usług w zakresie publicznego transportu drogowego na liniach komunikacji miejskiej, które wchodzi lub w okresie obowiązywania umowy wejdą w skład sieci komunikacyjnej obejmującej obszar Gminy Miasta Suwałki, Gminy Suwałki oraz Gminy Szypliszki, które zawarły z Miastem porozumienia międzygminne, według rozkładów jazdy dostarczonych przez Organizatora, w zamian za rekompensatę.

Na terenie Miasta Suwałki obowiązują dwa porozumienia międzygminne zawarte pomiędzy Miastem Suwałki a Gminą Suwałki i Gminą Szypliszki.

Zgodnie z zapisami umowy Spółka zobowiązana jest prowadzić miejską komunikację autobusową w oparciu o tabor użyczony przez Miasto, uzupełniony własnymi środkami transportu (pojazdy użyczone Spółce mogą być wykorzystywane jedynie do realizacji powierzonego zadania lub usługi na rzecz jednostek organizacyjnych Miasta). Wpływy z opłat za przewóz, o których mowa w ustawie Prawo przewozowe stanowią przychód Spółki, podobnie jak opłaty za przejazd bez ważnego biletu.

Sieć komunikacyjna

Operator:

Przedsiębiorstwo Gospodarki Komunalnej w Suwałkach Sp. z o.o.

W ramach suwalskiej komunikacji miejskiej
w 2023 r. zrealizowano

1 294 770

wozokilometrów

Porozumienia międzygminne obowiązujące w 2023 r.

Gmina Szypliszki

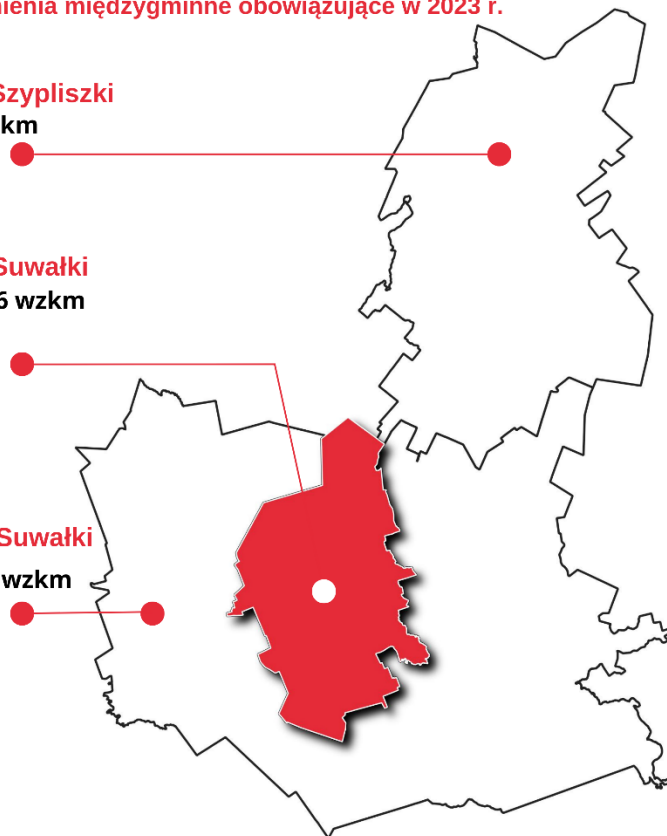
3 186 wzkm

Miasto Suwałki

1 189 286 wzkm

Gmina Suwałki

102 298 wzkm



Średnia prędkość techniczna:
linie miejskie: 25,04 km/h
linie podmiejskie: 29,36 km/h
Średnia prędkość komunikacyjna:
linie miejskie: 20,48 km/h
linie podmiejskie: 24,27 km/h



Liczba linii:

linie miejskie: 17 linii*
linie podmiejskie: 9 linii
Linie sezonowe: 1 linia
*w tym linia sezonowa



Średni czas trwania jednego przejazdu:
linie miejskie: 00:25
linie podmiejskie: 00:24



Średnia długość tras:
linie miejskie: 10,78 km
linie podmiejskie: 12,61 km



Liczba pasażerów przewiezionych w ciągu 2023 roku
2 503 200 pasażerów



Łączna liczba pojazdów eksploatowanych, będących na wyposażeniu Organizatora:
46 szt.
(w tym 19 szt. autobusów CNG).

Poniżej w tabeli zaprezentowano przebieg wszystkich linii komunikacyjnych obsługiwanych przez PGK w Suwałkach Sp. z o.o. Linie te tworzą aktualną sieć komunikacyjną obsługiwaną przez transport autobusowy na terenie Organizatora.

Tabela 2. Przebieg linii komunikacji miejskiej obsługiwanych przez PGK w Suwałkach Sp. z o.o. i podwykonawcę – Biuro Usług Turystycznych Żak Tourist (stan na: 1.09.2024 r.)

Nr linii	Przebieg trasy	Rodzaj linii
1	Bakałarzewska/Cmentarz – Filipowska – Jagiełły – Mieszka I – Sikorskiego – E. Plater – Kościuszki – Papieża Jana Pawła II – Nowomiejska – Tysiąclecia Litwy – Szpitalna – Szpitalna/Pętla (<i>wybrane kursy wydłużone do Krzywólki</i>)	miejska
2	Nowomiejska – Pułaskiego – Chopina – Pileckiego – Wierusza-Kowalskiego – Reja – Noniewiczza – Waryńskiego – 1 Maja – Sejneńska – Krzywe – Wigierski Park Narodowy (<i>wybrane kursy przez Sobolewo II</i>)	podmiejska
3	Maja – Waryńskiego – Noniewiczza – Kościuszki – Mickiewicza – Filipowska – Grunwaldzka – Zastawie – Zielone Kamedulskie – Wychodne – Przebród	podmiejska
4	Nowomiejska – Pułaskiego – Dwernickiego – Noniewiczza – Waryńskiego – Utrata – Staniszewskiego – Płociczno	podmiejska
5	1 Maja/Pętla – Waryńskiego – Noniewiczza – Dwernickiego – Pułaskiego – Kowalskiego – Reja – Biała Woda	podmiejska
6	Szpitalna – Reja – Kowalskiego – Pułaskiego – Świerkowa – Dwernickiego – Kościuszki – Wojska Polskiego – Sportowa – Walerego Romana/PNT	miejska
7	1 Maja/Pętla – Waryńskiego – Noniewiczza – Dwernickiego – Podhorskiego – Jana Pawła II – Nowomiejska – Pułaskiego – Wierusza-Kowalskiego – Reja – Szpitalna – Szpitalna/Pętla (<i>wybrane kursy wydłużone do Krzywólki</i>)	miejska
8	Sejneńska/PGK – Sejneńska – Waryńskiego – Noniewiczza – Dwernickiego – Kolejowa – Północna – Okuniewicz – Nowa Wieś – Lipniak	podmiejska
9	1 Maja – Sejneńska – Piaskowa – Mała Huta	podmiejska
10	Pułaskiego/Jasionowo – Pułaskiego – Podhorskiego – Dwernickiego (<i>wybrane kursy przez Noniewiczza – Waryńskiego – 1 Maja – Sejneńska – Sejneńska/PGK</i>) – Kościuszki (<i>wybrane kursy przez Wigierska – 1 Maja/Pętla</i>) – Wojska Polskiego – Wojska Polskiego II/Pętla	miejska
11*	Świtalskiego/Wylotowa – Pileckiego – Wierusza-Kowalskiego – Reja – (<i>wybrane kursy przez Reja/Cmentarz Komunalny</i>) – Kościuszki – Mickiewicza – Bakałarzewska – Filipowska – Grunwaldzka – Zarzecze – (<i>wybrane kursy przez Zastawie/Bałtycka – Zastawie/Francuska</i>) → obsługa ROD im. M. Konopnickiej) – Powstańców Wielkopolskich – Bydgoska – Wojska Polskiego/Bydgoska	miejska
11**	Świtalskiego/Wylotowa – Północna – Kolejowa – Świerkowa – Nowomiejska – Pułaskiego – Wierusza-Kowalskiego – Reja – (<i>wybrane kursy przez Reja/Cmentarz Komunalny</i>) – Kościuszki – Mickiewicza – Bakałarzewska – Filipowska – Grunwaldzka – Zarzecze – (<i>wybrane kursy przez Zastawie/Bałtycka – Zastawie/Francuska</i>) → obsługa ROD im. M. Konopnickiej) – Powstańców Wielkopolskich – Bydgoska – Wojska Polskiego/Bydgoska – Warszawska/Poznańska	miejska
12	Wojska Polskiego/Bydgoska – Warszawska – Raczkowska – Wojska Polskiego – Kościuszki – Waryńskiego – 1 Maja – Utrata – Dwernickiego – Sikorskiego – Staszica – Ogrodowa – Sikorskiego – Bakałarzewska/Mieszka I	miejska
13	Krzywólka/Pętla – Szpitalna – Tysiąclecia Litwy – Pułaskiego – Utrata – Papiernia – Wojska Polskiego – Wojska Polskiego II/Porta	miejska

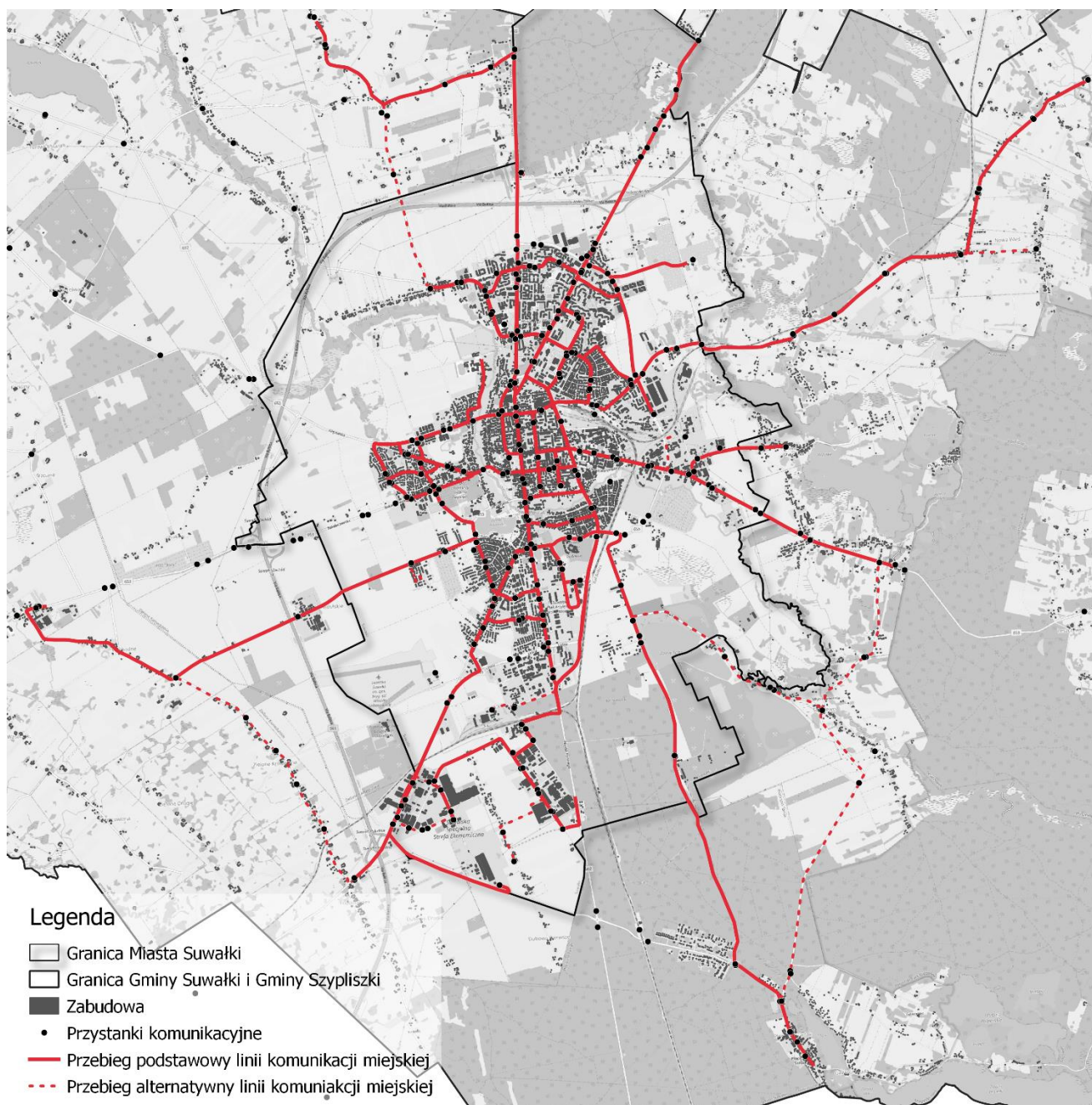
14	(wybrane kursy od Mała Huta – Piaskowa) Sejneńska/PGK – Sejneńska (wybrane kursy przez 100-lecia Niepodległości → obsługa ROD Malwa) – Utrata – Waryńskiego – Noniewiczza – Dwernickiego – Podhorskiego – Pułaskiego – Wierusza-Kowalskiego – Reja – Szpitalna – Krzywólka	podmiejska
15	Reja/Stokrotka – Reja – Wierusza-Kowalskiego – Pułaskiego – Podhorskiego – Utrata – Wojska Polskiego – Turkusowa – Brylantowa – Brylantowa/Mispol	miejska
16	Krzywólka/Pętla – Szpitalna – Reja – Wierusza-Kowalskiego – Pułaskiego – Świerkowa – Dwernickiego – Kościuszki – Wojska Polskiego – Ptaszyńskiego – Raczkowska – Dubowo TANNE	miejska
17	Szpitalna/Pętla – Reja – Wierusza-Kowalskiego – Pułaskiego – Świerkowa – Kolejowa – Utrata – Sejneńska – Sejneńska/PGK	miejska
18	Szpitalna/Pętla – Reja – (wybrane kursy przez Reja/cmentarz komunalny) – Wierusza-Kowalskiego – Pułaskiego – Świerkowa – Klonowa – Różana – Północna – Kolejowa – Dwernickiego – Noniewiczza – Waryńskiego – Utrata – Utrata/Ląkowa	miejska
19	(wybrane kursy od Północna/Stollar – Północna) Północna/Kamena – Kolejowa – Świerkowa – Nowomiejska – Pułaskiego – Wierusza-Kowalskiego – Reja – Kościuszki (wybrane kursy przez Sportowa – Walerego Romana) – Wojska Polskiego (wybrane kursy przez Hubala – TrackTec – Hubala – Wojska Polskiego) – Wojska Polskiego (wybrane kursy: Dubowo I – Wojska Polskiego) – Wojska Polskiego II/Pętla (wybrane kursy: Wojska Polskiego II/Pętla – Wojska Polskiego II/Porta)	miejska
20	Mieszka I/Bakalarzewska – Mieszka I – Sikorskiego – Bulwarowa – Reja – Wierusza-Kowalskiego – Pułaskiego – Świerkowa – Dwernickiego/Plaza	miejska
21	(wybrane kursy od Północna/Os. Stollar) Północna/Kamena – Kolejowa – Świerkowa – Nowomiejska – Pułaskiego – Wierusza-Kowalskiego – Reja – Kościuszki – Wojska Polskiego – Ptaszyńskiego – Raczkowska (wybrane kursy przez Brylantowa – Szafirowa) – Raczkowska – Poddubówek (wybrane kursy wydłużone do Zielone Królewskie i Wychodne)	podmiejska
22	Szpitalna/Szpital – Daszyńskiego – Kowalskiego – Pułaskiego – Świerkowa – Nowomiejska – Pułaskiego – Chopina – Wyszyńskiego/Pętla ROD	Sezonowa miejska
23	Kościuszki/Urząd Miejski – Kościuszki – Wojska Polskiego – Sportowa – Walerego Romana – Sportowa – A. Piłsudskiej – Utrata – Dwernickiego – Kościuszki – Kościuszki/Urząd Miejski	miejska
24	1 Maja/Pętla – Ludwika Waryńskiego – Teofila Noniewiczza – Dwernickiego – Utrata – Papieża Jana Pawła II – Nowomiejska – Pułaskiego – Armii Krajowej – Reja – Szpitalna/Szpital	miejska
25	Noniewiczza/Urząd Miejski – Waryńskiego – Utrata – 100-lecia Niepodległości – Staniszewskiego (wybrane kursy do Płociczno)	podmiejska
26***	Sikorskiego/Rondo – Grunwaldzka – Powstańców Wielkopolskich – Sikorskiego PWiK	miejska

* trasa w dni robocze;

** trasa w soboty oraz niedziele i święta (linia nr 11 od 1.09.2024 r. w niedziele kursuje tak jak w soboty. Jedynie w dni robocze jest inna trasa);

***uruchomienie linii od 1.09.2024 r.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych przez Organizatora komunikacji miejskiej w Suwałkach.



Rysunek 1. Układ sieci komunikacji miejskiej organizowanej przez Miasto Suwałki

Źródło: opracowanie własne na podstawie: <http://rozkłady.suwalki.pl/>

Ocena kosztów eksploatacyjnych

W 2023 roku na wszystkich funkcjonujących wówczas liniach komunikacyjnych zostało wykonanych **1 294 770 wzkm** rozkładowych, w tym:

- **1 189 286 wzkm** na obszarze Miasta Suwałki;
- **102 298 wzkm** na obszarze Gminy Suwałki;

- **3 186 wzkm** na obszarze Gminy Szypliszki.

Koszty eksploatacyjne za 2023 roku kształtują się zgodnie z poniżej prezentowanym zestawieniem.

Tabela 3. Koszty eksploatacyjne funkcjonowania linii komunikacyjnych

Linia	Powszednie szkolne ¹⁵		Soboty ¹⁶		Niedziele i święta ¹⁷		Ferie i wakacje ¹⁸	
	km 1 dzień	koszt w 2023 (zł)	km 1 dzień	koszt w 2023 (zł)	km 1 dzień	koszt w 2023 (zł)	km 1 dzień	koszt w 2023 (zł)
1	123,91	22 923,72	00,0	00,0	00,0	00,0	123,91	8 549,93
2	370,27	68 500,32	294,66	15 027,86	104,74	6 389,14	420,58	29 019,81
3	51,44	9 515,66	00,0	00,0	00,0	00,0	00,0	00,0
4	253,06	46 816,84	00,0	00,0	00,0	00,0	157,33	10 855,49
5	73,49	13 596,39	00,0	00,0	00,0	00,0	00,0	00,0
6	39,36	7 281,42	00,0	00,0	00,0	00,0	39,36	2 715,77
7	344,25	63 685,88	259,02	13 209,77	140,33	8 560,25	207,26	14 300,87
8	86,37	15 977,90	00,0	00,0	00,0	00,0	78,41	5 410,22
9	00,0	00,0	00,0	00,0	18,674	1 139,11	00,0	00,0
10	67,56	12 499,16	00,0	00,0	00,0	00,0	00,0	00,0
11	360,41	66 676,22	293,41	14 963,76	94,53	5 766,33	360,41	24 868,43
12	11,98	2 215,75	00,0	00,0	00,0	00,0	00,0	00,0
13	69,63	12 881,00	00,0	00,0	00,0	00,0	69,63	4 804,26
14	668,33	123 640,50	00,0	00,0	00,0	00,0	443,70	30 615,37
15	76,95	14 235,20	00,0	00,0	00,0	00,0	76,95	5 309,34
16	122,28	22 621,06	122,28	6 236,08	00,0	00,0	122,28	8 437,04
17	27,33	5 056,24	00,0	00,0	00,0	00,0	27,33	1 885,84
18	383,06	70 866,29	163,14	8 320,19	37,17	2 267,07	383,06	26 431,21
19	1 049,66	194 186,55	421,16	21 478,91	195,14	11 903,48	895,64	61 798,82
20	89,52	16 561,57	00,0	00,0	00,0	00,0	21,51	1 483,85
21	437,57	80 950,82	216,58	11 045,58	160,05	9 762,81	364,10	25 123,18
22	52,50	9 711,76	52,50	2 677,30	39,37	2 401,69	52,50	3 622,22
23	54,91	10 158,17	00,0	00,0	00,0	00,0	54,91	3 788,72
	4813,83	890558,37	1 822,73	92959,43	790,00	48189,88	3898,85	269020,37

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Organizatora.

Tabela 4. Wskaźniki kosztów eksploatacyjnych komunikacji miejskiej w Suwałkach

Wyszczególnienie	Jednostka	Wartość
Średnioroczne zużycie paliwa przez autobus z silnikiem na olej napędowy:		
MEGA	l/100 km	58,7
MAXI	l/100 km	39,4
MIDI	l/100 km	-
Średnioroczne spalanie autobusu z silnikiem na CNG		
MEGA	m ³ /100 km	54,6
MAXI	m ³ /100 km	54,6
MIDI	m ³ /100 km	54,6
Średnia cena oleju napędowego	zł/l	4,70

¹⁵ 185 dni powszednich w skali roku.

¹⁶ 51 sobót w skali roku.

¹⁷ 61 niedziel i dni świątecznych w skali roku.

¹⁸ 69 dni wolnych od nauki szkolnej (ferie i wakacje).

Wyszczególnienie	Jednostka	Wartość
Średnia cena gazu	zł/l	5,87
Średnia cena energii elektrycznej	zł/kWh	1,09

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Organizatora.

Analiza poziomu zróżnicowania realizowanej liczby kilometrów przez brygady

W ciągu dnia roboczego podczas ferii i wakacji sieć komunikacji miejskiej obsługiwana jest przez 25 brygad, w dni robocze szkolne 32 brygady, w soboty 9 brygad, natomiast w niedziele i święta – 6 brygad.

Liczba wozokilometrów realizowanych na poszczególnych kursówkach prezentuje poniższa tabela, z wyszczególnieniem typu dnia.

Tabela 5. Liczba kilometrów realizowanych przez poszczególne brygady. Zestawienie dla sieci funkcjonującej od 1.09.2024 r., tj. z uwzględnieniem linii nr 26

Typ dnia: 5 Ferie i wakacje	Droga (km)			Liczba kursów		
	Kursówka	Liniowa	Techniczna	Razem	Liniowe	Techniczne
1/1/CP	115,945	18,546	134,491	10	5	15
1/2/CP	90,187	14,164	104,351	9	3	12
13/1/CP	145,059	28,146	173,205	11	6	17
14/1/CP	106,365	16,473	122,838	9	4	13
14/2	90,921	10,528	101,449	9	4	13
15/1	225,177	36,794	261,971	19	8	27
16/1	190,746	79,838	270,584	14	14	28
17/1	130,654	11,631	142,285	15	3	18
18/1	218,129	6,353	224,482	24	3	27
18/2/CP	81,402	10,532	91,934	9	3	12
19/1/Z	291,544	30,432	321,976	26	6	32
19/2/Z	269,706	10,262	279,968	19	3	22
19/3	174,522	31,079	205,601	17	6	23
19/4	97,335	23,877	121,212	9	6	15
19/5	115,532	12,524	128,056	12	4	16
19/6/CP	119,219	18,598	137,817	10	4	14
19/7	249,647	19,430	269,077	26	5	31
19/8	200,322	40,829	241,151	20	10	30
2/1	271,296	19,106	290,402	26	6	32
2/2	160,937		160,937	18		18
20/1	237,574	23,772	261,346	23	6	29
21/1/CP	123,238	26,365	149,603	9	5	14
26/1	100,201	14,699	114,900	10	4	14
4/1	109,679	12,492	122,171	9	5	14
9/1/CP	120,312	20,518	140,830	9	5	14
	4 035,649	536,988	4 572,637	372	128	500
Typ dnia: R Powszednie szkolne	Droga (km)			Liczba kursów		
Kursówka	Liniowa	Techniczna	Razem	Liniowe	Techniczne	Razem
1/1	97,734	21,122	118,856	10	5	15
1/2/CP	96,678	16,442	113,120	9	4	13
1/3	90,567	44,150	134,717	11	12	23
13/1	250,035	14,420	264,455	26	4	30
14/1	233,676	15,354	249,030	22	5	27
14/2/CP	106,829	16,401	123,230	11	4	15
14/3	132,614	24,933	157,547	12	6	18
14/4/CP	142,952	2,976	145,928	12	1	13
15/1	229,638	36,794	266,432	18	8	26
16/1	164,238	54,950	219,188	15	11	26
17/1	129,436	21,015	150,451	15	4	19
18/1	209,644	7,377	217,021	23	3	26
18/2/CP	96,480	11,729	108,209	9	3	12
19/1	229,956	14,942	244,898	22	4	26
19/2	150,504	17,299	167,803	14	4	18

19/3/CP	101,228	18,616	119,844	12	5	17
19/4/CP	102,575	22,183	124,758	12	5	17
19/5/CP	122,435	25,282	147,717	11	6	17
19/6/CP	119,219	18,598	137,817	10	4	14
19/7/CP	101,123	23,333	124,456	15	6	21
19/8/Z	296,202	18,133	314,335	23	3	26
19/9/Z	271,912	19,562	291,474	20	5	25
2/1	255,129	29,230	284,359	26	7	33
2/2	123,645	11,564	135,209	12	4	16
20/1	82,689	19,715	102,404	9	5	14
21/1/CP	123,695	18,598	142,293	8	4	12
26/2	78,482	9,500	87,982	8	2	10
3/1	169,031	35,241	204,272	13	8	21
4/1/CP	189,918	16,640	206,558	12	5	17
5/1/CP	118,732	9,505	128,237	10	3	13
8/1	227,039	22,253	249,292	16	7	23
9/1/CP	118,813	25,766	144,579	8	5	13
	4 962,848	663,623	5 626,471	454	162	616

Typ dnia: S Sobota	Droga (km)			Liczba kursów		
	Kursówka	Liniowa	Techniczna	Razem	Liniowe	Techniczne
1/1	221,185	44,388	265,573	17	11	28
11/1	166,568	9,881	176,449	11	3	14
16/1	106,765	17,216	123,981	10	4	14
16/2	93,210	29,205	122,415	9	6	15
19/1/Z	254,627	19,393	274,020	25	4	29
19/2	265,907	30,078	295,985	27	6	33
2/1	178,569	13,718	192,287	14	5	19
2/2	301,529		301,529	34		34
21/1/Z	303,252	11,799	315,051	25	4	29
	1 891,612	175,678	2 067,290	172	43	215

Typ dnia: NŚ Niedziele i święta	Droga (km)			Liczba kursów		
	Kursówka	Liniowa	Techniczna	Razem	Liniowe	Techniczne
16/1	104,976	14,832	119,808	6	4	10
16/2	116,296	17,107	133,403	11	4	15
19/1	151,406	15,194	166,600	19	4	23
2/1/Z	250,135	51,300	301,435	24	13	37
21/1/Z	197,872	17,118	214,990	15	4	19
7/1	76,432	37,369	113,801	10	9	19
	897,117	152,920	1 050,037	85	38	123

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Organizatora.

1.6.3 Charakterystyka parametrów sieci komunikacyjnej – analiza rozkładów jazdy

Od kilku lat na podobnym poziomie otrzymuje się wartość łączną realizowanych wozokilometrów przez komunikację miejską w Suwałkach na poziomie około 1,3 mln wzk.

Tabela 6. Liczba wozokilometrów rozkładowych w latach 2019-2023 w podziale na gminy

Rok	Liczba wozokilometrów rozkładowych	Liczba wozokilometrów rozkładowych - obszar Miasta Suwałki	Liczba wozokilometrów rozkładowych - obszar Gminy Suwałki	Liczba wozokilometrów rozkładowych - obszar Gminy Szypliszki
2019	1 360 124	1 282 804	77 320	x
2020	1 257 561	1 193 467	64 094	x
2021	1 373 406	1 276 516	96 890	x
2022	1 352 031	1 247 774	101 071	3 186 (20% współfinansowanie odcinka linii nr 10)
2023	1 294 770	1 189 286	102 298	3 186 (20% współfinansowanie odcinka linii nr 10)

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Organizatora.

Liczba kilometrów na poszczególnych liniach, realizowanych w ciągu 1 dnia w 2024 roku nieznacznie uległa zmianie względem rozkładów jazdy realizowanych w roku 2023.

Tabela 7. Liczba zrealizowanych w 2023 roku kilometrów na poszczególnych liniach komunikacyjnych i planowana liczba kilometrów do zrealizowania w 2024 r. (1 dzień)

	Liczba km (2023)				Liczba km (2024) - wersja rozkładu jazdy od dnia 1.08.2024 r.			
	dni powszednie szkolne	dni powszednie ferie/wakacje	soboty	niedziele i święta	dni powszednie szkolne	dni powszednie ferie/wakacje	soboty	niedziele i święta
1	123,91	123,91	0	0	123,31	123,31	0	0
2	370,27	420,58	294,66	104,74	396,73	479,03	344,3	153,81
3	51,44	0	0	0	77,16	0,00	0	0
4	253,06	157,33	0	0	253,06	157,33	0	0
5	73,82	0	0	0	73,51	0	0	0
6	38,87	38,87	0	0	39,36	39,36	0	0
7	344,25	214,71	208,27	126,05	50,40	32,34	34,73	134,78
8	86,37	78,41	0	0	86,37	78,41	0	0
9	0	0	0	18,67	0	0	0	18,67
10	67,56	0	0	0	66,93	0	0	0
11	341,18	341,18	302,24	101,78	370,16	370,16	327,53	111,50
12	11,98	0	0	0	11,69	0	0	0
13	69,63	69,63	0	0	69,68	69,68	0	0
14	682,17	454,14	78,58	62,781	683,95	469,37	89,81	55,36
15	76,95	76,95	0	0	76,95	76,95	0	0
16	122,28	122,28	122,28	0	122,35	122,35	122,35	0
17	27,33	27,33	0	0	29,08	29,08	0	0
18	389,40	389,40	163,14	37,75	388,87	388,87	164,35	61,34
19	1063,61	909,59	421,16	195,14	1036,30	883,54	413,55	190,7
20	83,11	19,02	0	0	80,15	18,68	0	0
21	437,57	364,1	216,58	101,41	466,31	392,84	216,58	160,05
22	52,50	52,5	52,5	39,37	52,5	52,5	52,45	39,37

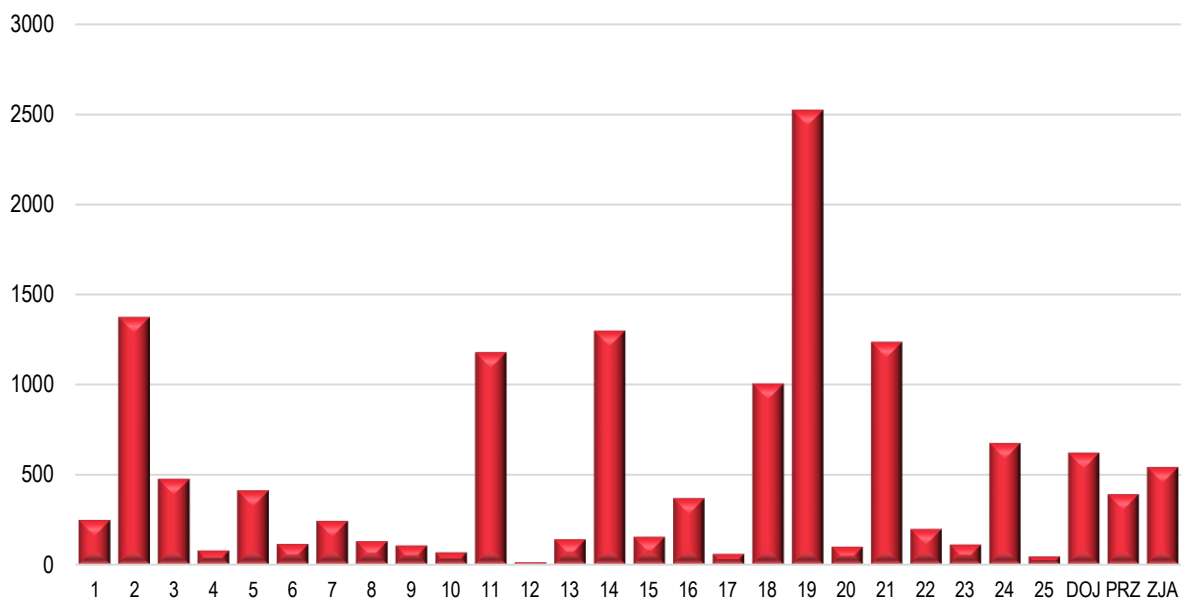
	Liczba km (2023)				Liczba km (2024) - wersja rozkładu jazdy od dnia 1.08.2024 r.			
	dni powszednie szkolne	dni powszednie ferie/wakacje	soboty	niedziele i święta	dni powszednie szkolne	dni powszednie ferie/wakacje	soboty	niedziele i święta
23	62,66	62,66	0	0	54,91	54,91	0	0
24	0	0	0	0	318,14	184,57	171,02	0
25	0	0	0	0	0	0	43,83	0
26	0	0	0	0	106,3	106,3	0	0
SUMA	4 829,92	3 922,59	1 859,41	787,70	5 034,17	4 129,58	1 980,51	925,59

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Organizatora.

Tabela 8. Liczba planowanych do zrealizowania kilometrów na sieci komunikacyjnej w 2024 roku (1 dzień)

	Liczba km (2024) – kilometry liniowe				Liczba km (2024) – kilometry techniczne			
	dni powszednie szkolne	dni powszednie ferie/wakacje	soboty	niedziele i święta	dni powszednie szkolne	dni powszednie ferie/wakacje	soboty	niedziele i święta
1	123,31	123,31	0	0	-	-	-	-
2	396,73	479,03	344,3	153,81	-	-	-	-
3	77,16	0,00	0	0	-	-	-	-
4	253,06	157,33	0	0	-	-	-	-
5	73,51	0	0	0	-	-	-	-
6	39,36	39,36	0	0	-	-	-	-
7	50,40	32,34	34,73	134,78	-	-	-	-
8	86,37	78,41	0	0	-	-	-	-
9	0	0	0	18,67	-	-	-	-
10	66,93	0	0	0	-	-	-	-
11	370,16	370,16	327,53	111,50	-	-	-	-
12	11,69	0	0	0	-	-	-	-
13	69,68	69,68	0	0	-	-	-	-
14	683,95	469,37	89,81	55,36	-	-	-	-
15	76,95	76,95	0	0	-	-	-	-
16	122,35	122,35	122,35	0	-	-	-	-
17	29,08	29,08	0	0	-	-	-	-
18	388,87	388,87	164,35	61,34	-	-	-	-
19	1036,30	883,54	413,55	190,7	-	-	-	-
20	80,15	18,68	0	0	-	-	-	-
21	466,31	392,84	216,58	160,05	-	-	-	-
22	52,5	52,5	52,45	39,37	-	-	-	-
23	54,91	54,91	0	0	-	-	-	-
24	318,14	184,57	171,02	0	-	-	-	-
25	0	0	43,83	0	-	-	-	-
26	106,3	106,3	0	0	-	-	-	-
DOJ	-	-	-	-	290,546	211,833	69,333	49,268
PRZ	-	-	-	-	148,576	152,94	56,943	32,127
ZJA	-	-	-	-	237,74	179,561	59,08	65,001
SUMA	5 034,17	4 129,58	1 980,51	925,59	676,86	544,33	185,36	146,40

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Organizatora.



Wykres 3. Porównanie liczby kilometrów liniowych i technicznych w przekroju linii oraz całej sieci – łącznie dla wszystkich dni

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Organizatora.

Analiza poziomu zróżnicowania realizowanej liczby wozokilometrów przez brygady

Z uwagi na występujące ograniczenia techniczne pojazdów zeroemisyjnych (ograniczony zasięg pojazdów elektrycznych) przeprowadzono szczegółową analizę rozkładów jazdy komunikacji miejskiej Miasta Suwałki. W poniższej tabeli przedstawiono krańcowe przystanki (rozumiane jako pętla lub przystanek, gdzie bieg zaczyna bądź kończy większość kursów danej linii), długość linii, średnie czasy przejazdu, przybliżoną liczbę kursów wykonywaną na danej linii, liczbę brygad w podziale na rodzaj dni tygodnia oraz liczbę km i wozokilometrów na tych liniach realizowaną.

W późniejszym etapie AKK pogłębiona analiza rozkładów jazdy posłuży do wskazania linii, które mogłyby zostać w całości lub w części obsługane przez autobusy zeroemisyjne.

Tabela 9. Analiza rozkładów jazdy

Numer linii	Przystanek krańcowy 1	Przystanek krańcowy 2	Uśredniona liczba przystanków (zatrzymań)	Liczba pojazdów przewidziana do realizacji rozkładu jazdy	Długość linii [m]	Średni czas przejazdu [min]	Przybliżona liczba kursów				Liczba km (2023)				Liczba km (2024) - wersja rozkładu jazdy od dnia 1.08.2024 r.				Średnia prędkość komunikacyjna	Prędkość techniczna
							dni powszednie szkolne	dni powszednie ferie/wakacje	soboty	niedziele i święta	dni powszednie szkolne	dni powszednie ferie/wakacje	soboty	niedziele i święta	dni powszednie szkolne	dni powszednie ferie/wakacje	soboty	niedziele i święta		
1	Bakałarzewska/Cmentarz	Szpitalna/Pętla (wybrane kursy wydłużone do Krzywólki)	17	7	10,024	00:22	12	12	0	0	123,91	123,91	0	0	123,308	123,308	0	0	22,08	27,84
2	Nowomiejska	Wigierski Park Narodowy (wybrane kursy przez Sobolewo II)	16	7	11,26	00:16	41	49	36	14	370,27	420,58	294,66	104,74	396,73	479,03	344,30	153,81	21,04	25,57
3	1 Maja	Przebród	19	2	14,28	00:25	6	0	0	0	51,44	0	0	0	318,144	157,326	0	0	26,2	32,15
4	Nowomiejska	Płociczno	18	5	16,17	00:25	16	12	0	0	253,06	157,33	0	0	77,155	0	0	0	30,41	36,38
5	1 Maja/Pętla	Biała Woda	21	3	13,37	00:30	6	0	0	0	73,49	0	0	0	253,064	157,326	0	0	22,65	27,51
6	Szpitalna	Walerego Romana/PNT	18	2	8,976	00:26	4	4	0	0	39,36	39,36	0	0	73,513	39,359	0	0	17,33	20,88
7	1 Maja/ Pętla	Szpitalna/ Pętla (wybrane kursy wydłużone do Krzywólki)	18	4	8,0375	00:21	6	4	4	17	344,25	207,26	259,02	140,33	39,36	32,34	34,73	134,78	18,32	23,00
8	Sejneńska/PGK	Lipniak	17	3	13,639	06:00	6	6	0	0	86,37	78,41	0	0	50,403	78,409	0	0	24,48	29,25

Numer linii	Przystanek krańcowy 1	Przystanek krańcowy 2	Uśredniona liczba przystanków (zatrzymań)	Liczba pojazdów przewidziana do realizacji rozkładu jazdy	Długość linii [m]	Średni czas przejazdu [min]	Przybliżona liczba kursów				Liczba km (2023)				Liczba km (2024) - wersja rozkładu jazdy od dnia 1.08.2024 r.				Średnia prędkość komunikacyjna	Prędkość techniczna
							dni powszednie szkolne	dni powszednie ferie/wakacje	soboty	niedziele i święta	dni powszednie szkolne	dni powszednie ferie/wakacje	soboty	niedziele i święta	dni powszednie szkolne	dni powszednie ferie/wakacje	soboty	niedziele i święta		
9	1 Maja	Mała Huta	9	1	4,664	00:11	0	0	0	4	0	0	0	18,674	86,367	0	0	18,674	21,10	25,91
10	Pułaskiego/ Jesionowo	Wojska Polskiego II/ Pętla	18	2	10,943	00:20	7	0	0	0	67,56	0	0	0	66,929	0	0	0	24,57	26,05
11	Świtalskiego/ Wylotowa	Wojska Polskiego/ Bydgoska	24	4	18,805	00:38	23	23	18	6	360,41	360,41	293,41	94,53	370,162	370,162	327,532	111,503	23,72	29,18
12	Wojska Polskiego/ Bydgoska	Bakałarzewska/ Mieszka I	19	1	11,688	00:29	1	0	0	0	11,98	0	0	0	11,688	0	0	0	20,29	24,35
13	Krzywólka/ Pętla	Wojska Polskiego II/ Pętla	18	3	11,667	00:24	6	6	0	0	69,63	69,63	0	0	69,684	69,684	0	0	23,91	29,17
14	Sejneńska/ PGK (wybrane kursy od Mała Huta - Piaskowa)	Krzywólka	21	13	13,1	00:27	60	41	7	4	668,33	443,70	0	0	683,945	469,371	89,814	55,359	20,48	24,95
15	Reja/ Stokrotka	Brylantowa/ Mispol	18	3	12,779	00:24	6	6	0	0	76,95	76,95	0	0	76,947	76,947	0	0	26,19	31,95
16	Krzywólka/ Pętla	Dubowo TANNE	28	4	16,264	00:41	8	8	8	0	122,28	122,28	122,28	0	122,352	122,352	122,352	0	19,64	23,89
17	Szpitalna/ Pętla	Sejneńska/ PGK	18	1	9,479	00:23	3	3	0	0	27,33	27,33	0	0	29,081	29,081	0	0	20,13	24,94
18	Szpitalna/ Pętla	Utrata/ Łąkowa	25	5	11,6495	00:30	41	41	16	5	383,06	383,06	163,14	37,17	388,872	388,872	164,353	61,341	17,45	21,99

Numer linii	Przystanek krańcowy 1	Przystanek krańcowy 2	Uśredniona liczba przystanków (zatrzymań)	Liczba pojazdów przewidziana do realizacji rozkładu jazdy	Długość linii [m]	Średni czas przejazdu [min]	Przybliżona liczba kursów				Liczba km (2023)				Liczba km (2024) - wersja rozkładu jazdy od dnia 1.08.2024 r.				Średnia prędkość komunikacyjna	Prędkość techniczna
							dni powszednie szkolne	dni powszednie ferie/wakacje	soboty	niedziele i święta	dni powszednie szkolne	dni powszednie ferie/wakacje	soboty	niedziele i święta	dni powszednie szkolne	dni powszednie ferie/wakacje	soboty	niedziele i święta		
19	Północna/ Kamena (wybrane kursy od Północna/Stollar)	Wojska Polskiego II/ Pętla (wybrane kursy: Wojska Polskiego II/Pętla - Wojska Polskiego II/Porta)	29	14	14,3225	00:34	74	64	30	14	1 049,66	895,64	421,16	195,14	1 036,30	883,54	413,55	190,70	19,88	24,87
20	Mieszka I/ Bakałarzewska	Dwernickiego/ Plaza	13	3	5,067	00:16	12	2	0	0	89,52	21,51	0	0	80,148	18,675	0	0	19,56	24,12
21	Północna/ Kamena (wybrane kursy od Północna/Stollar)	Poddubówek (wybrane kursy wydłużone do Zielone Królewskie i Wychodne)	31	7	16,438	00:39	30	26	14	10	437,57	364,10	216,58	160,05	466,31	392,84	216,58	160,05	20,76	24,69
22*	Szpitalna/ Szpital	Wyszyńskiego/ Pętla ROD	14	3	6,668	00:15	8	8	8	6	52,50	52,50	52,50	39,37	52,50	52,50	52,45	39,37	20,56	26,12
23	Kościuszki/Urząd Miejski	Kościuszki/ Urząd Miejski	16	6	7,911	00:20	7	7	0	0	54,91	54,91	0	0	54,91	54,91	0	0	19,05	23,37
24	1 Maja/ Pętla	Krzywólka/ Pętla	21	8	8,2555	00:24	37	22	19	0	0	0	0	0	318,14	184,57	171,02	0	16,93	21,11
25	Noniewicza/ Urząd Miejski	Płociczno	12	2	10,588	00:17	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	43,83	0	31,33	37,81

Numer linii	Przystanek krańcowy 1	Przystanek krańcowy 2	Uśredniona liczba przystanków (zatrzymań)	Liczba pojazdów przewidziana do realizacji rozkładu jazdy	Długość linii [m]	Średni czas przejazdu [min]	Przybliżona liczba kursów				Liczba km (2023)				Liczba km (2024) - wersja rozkładu jazdy od dnia 1.08.2024 r.				Średnia prędkość komunikacyjna	Prędkość techniczna
							dni powszednie szkolne	dni powszednie ferie/wakacje	soboty	niedziele i święta	dni powszednie szkolne	dni powszednie ferie/wakacje	soboty	niedziele i święta	dni powszednie szkolne	dni powszednie ferie/wakacje	soboty	niedziele i święta		
26	Sikorskiego/ Rondo	Sikorskiego/ PWiK	18	6	8,90	00:23	6	6	0	0	0	0	0	0	106,30	106,30	0	0	18,64	22,90

*linia sezonowa.

Źródło: opracowanie własne.

Trasy szesnastu całorocznych linii autobusowych: 1, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 23, 24 i 26 oraz sezonowej linii 22 zawierają się w całości w granicach Miasta Suwałk. Trasy pozostałych dziewięciu linii (2, 3, 4, 5, 8, 9, 14, 21 i 25) obsługują także pasażerów z obszaru podmiejskiego. Linie te obsługują odpowiednio miejscowości:

- 2 – Krzywe, Sobolewo;
- 3 – Przebród, Poddubówek, Wychodne, Zielone Kamedulskie;
- 4 – Płociczno;
- 5 – Biała Woda;
- 8 – Lipniak, Nowa Wieś i Okuniowiec;
- 9 – Mała Huta;
- 14 – Mała Huta;
- 21 – Poddubówek, Zielone Królewskie, Wychodne;
- 25 – Płociczno.

Kryterium dni funkcjonowania podzieliło linie suwalskiej komunikacji miejskiej na pięć kategorii, obejmujących odpowiednio:

- osiem linii całotygodniowych – 2, 7, 11, 14, 18, 19 i 21 oraz dodatkowo linię sezonową 22;
- dwanaście linii z kursami tylko w dni powszednie, niezależnie od trwających ferii i wakacji – 1, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 13, 15, 17, 20 i 26¹⁹;
- jedną linię z kursami w dni powszednie wyłącznie podczas roku szkolnego – 12;
- trzy linie z kursami od poniedziałku do piątku i w sobotę – 16, 23 i 24;
- jedną linię funkcjonującą wyłącznie tylko w soboty – 25;
- jedną linię funkcjonującą wyłącznie w niedziele i święta – 9.

W analizowanych rozkładach jazdy linii autobusowych komunikacji miejskiej Miasta Suwałki nie występuje zasada rytmiczności odjazdów. Dla części linii możliwe jest dostrzeżenie rytmiczności w pewnych porach dnia, lecz bardzo często zasada rytmiczności jest zakłócona dostosowaniem niektórych, wybranych kursów do określonych potrzeb (szkół lub zakładów pracy), a to wówczas powoduje konieczność dostosowania innych kursów w zadaniu przewozowym. Warto jednak zaznaczyć, że pełna rytmiczność kursów jest cechą pożądaną przez pasażerów komunikacji miejskiej, co potwierdzają liczne badania ankietowe prowadzone w różnych miastach Polski – rozkłady jazdy charakteryzujące się rytmicznością powodują łatwiejszą koordynację pomiędzy różnymi liniami autobusowymi na wspólnych odcinkach tras, a to daje poczucie znacznie wyższej częstotliwości kursowania, niż w przypadku zupełnie indywidualnych rozkładów jazdy, konstruowanych odrębnie dla poszczególnych linii.

¹⁹ Linia uruchomiona 1.09.2024 r.

1.6.4 Charakterystyka floty operatora

Według stanu na sierpień 2024 roku flota autobusów, należąca do Organizatora, wykorzystywanych do przewozów pasażerów w suwalskiej komunikacji miejskiej liczyła 46 pojazdów. Dodatkowo na stanie inwentarzowym znajduje się jeden autobus, który ze względów technicznych nie jest wykorzystywany na liniach komunikacyjnych. Wszystkie pojazdy należące do Organizatora, którymi realizowane są usługi publicznego transportu zbiorowego przez PGK w Suwałkach Sp. z o.o. i Podwykonawcę są pojazdami niskopodłogowym, w tym:

- niskopodłogowe z przykłękami – 9 szt.
- niskopodłogowe z przykłękami i klimatyzacją – 37 szt.



Zdecydowaną większość taboru stanowią autobusy o długości 12 m (76,09%).



60,87% pojazdów to autobusy mieszczące 100 osób i więcej, natomiast tylko 18 autobusów posiada mniej niż 100 miejsc dla pasażerów. Łączna podaż miejsc w eksploatowanych autobusach komunikacji miejskiej wynosi 4 600 miejsc.

























8,70% taboru wykorzystywanego przez Operatora i Podwykonawcę stanowią autobusy o napędzie konwencjonalnym (ON), który jeszcze jest najczęściej wykorzystywanym rodzajem napędu w transporcie zbiorowym. Drugą grupą pojazdów eksploatowanych w gminie są autobusy napędzane gazem ziemnym (CNG).


W poniższej tabeli przedstawiono strukturę użytkowanego przez PGK w Suwałkach Sp. z o.o. taboru wykorzystywanego do realizacji przewozów komunikacji miejskiej – wg kryterium wieku i spełnienia norm emisji spalin (stan na sierpień 2024 r.).

Tabela 10. Struktura taboru użytkowanego przez PGK w Suwałkach Sp. z o.o. wg kryterium wieku i spełnianych norm czystości spalin – stan na sierpień 2024 r.

Marka	Typ, model	Kolumna1	Rodzaj (osób/ ciężar.)	Rok produkcji	Poj. silnika	Moc silnika [kW]	Długość pojazdu	Norma EURO	Liczba miejsc	Wartość wyposażenia dodatkowego
Irisbus	SFR 12 LEM S2 Crossway12.0/LE		Autobus miejski	2009	7790	246	12	5	116 razem/ siedz 32	niskopodłogowy z przykłękami
Irisbus	SFR 12 LEM S2 Crossway12.0/LE		Autobus miejski	2009	7790	246	12	5	116 razem/ siedz 32	niskopodłogowy z przykłękami
Irisbus	SFR 12 LEM S2 Crossway12.0/LE		Autobus miejski	2009	7790	246	12	5	116 razem/ siedz 32	niskopodłogowy z przykłękami

Marka	Typ, model	Kolumna1	Rodzaj (osób/ ciężar.)	Rok produkcji	Poj. silnika	Moc silnika [kW]	Długość pojazdu	Norma EURO	Liczba miejsc	Wartość wyposażenia dodatkowego
Irisbus	SFR 12 LEM S2 Crossway12.0/LE		Autobus miejski	2009	7790	246	12	5	116 razem/ siedz 32	niskopodłogowy z przykłękciem
Irisbus	SFR 12 LEM S2 Crossway12.0/LE		Autobus miejski	2009	7790	246	12	5	116 razem/ siedz 35	niskopodłogowy z przykłękciem
Irisbus	SFR 12 LEM S2 Crossway12.0/LE		Autobus miejski	2009	7790	246	12	5	116 razem/ siedz 35	niskopodłogowy z przykłękciem
Irisbus	SFR 12 LEM S2 Crossway12.0/LE		Autobus miejski	2009	7790	246	12	5	116 razem/ siedz 32	niskopodłogowy z przykłękciem
Irisbus	SFR 12 LEM S2 Crossway12.0/LE		Autobus miejski	2009	7790	246	12	5	116 razem/ siedz 32	niskopodłogowy z przykłękciem
Irisbus	SFR 12 LEM S2 Crossway12.0/LE		Autobus miejski	2009	7790	246	12	5	116 razem/ siedz 32	niskopodłogowy z przykłękciem
Mercedes	Benz 628 Conecto LF A30		Autobus miejski	2010	7201	210	12	5	102+1/ siedz. 29+1	niskopodłogowy z przykłękciem+klima
Mercedes	Benz 628 Conecto LF A30		Autobus miejski	2010	7201	210	12	5	102+1/ siedz. 29+1	niskopodłogowy z przykłękciem+klima
Mercedes	Benz 628 Conecto LF A30		Autobus miejski	2010	7201	210	12	5	102+1/ siedz. 29+1	niskopodłogowy z przykłękciem+klima
Mercedes	Benz 628 Conecto LF A30		Autobus miejski	2010	7201	210	12	5	102+1/ siedz. 29+1	niskopodłogowy z przykłękciem+klima
Mercedes	Benz 628 Conecto LF A30		Autobus miejski	2010	7201	210	12	5	102+1/ siedz. 29+1	niskopodłogowy z przykłękciem+klima
Mercedes	Benz 628 Conecto LF A30		Autobus miejski	2010	7201	210	12	5	102+1/ siedz. 29+1	niskopodłogowy z przykłękciem+klima
Mercedes	Benz 628 Conecto LF A30		Autobus miejski	2010	7201	210	12	5	102+1/ siedz. 29+1	niskopodłogowy z przykłękciem+klima
Mercedes	Benz 628 Conecto LF A30		Autobus miejski	2010	7201	210	12	5	102+1/ siedz. 29+1	niskopodłogowy z przykłękciem+klima
Mercedes	Benz 628 Conecto LF A30		Autobus miejski	2010	7201	210	12	5	102+1/ siedz. 29+1	niskopodłogowy z przykłękciem+klima
Mercedes	Benz 628 Conecto LF A30		Autobus miejski	2010	7201	210	12	5	102+1/ siedz. 29+1	niskopodłogowy z przykłękciem+klima
Mercedes	Benz 628 Conecto LF A30		Autobus miejski	2010	7201	210	12	5	102+1/ siedz. 29+1	niskopodłogowy z przykłękciem+klima
Mercedes	Benz 628 Conecto LF A30		Autobus miejski	2010	7201	210	12	5	102+1/ siedz. 29+1	niskopodłogowy z przykłękciem+klima
Mercedes	Benz 628 Conecto LF A30		Autobus miejski	2010	7201	210	12	5	102+1/ siedz. 29+1	niskopodłogowy z przykłękciem+klima
Mercedes	Benz 628 Conecto LF A30		Autobus miejski	2010	7201	210	12	5	102+1/ siedz. 29+1	niskopodłogowy z przykłękciem+klima
Mercedes	Benz 628 Conecto LF A30		Autobus miejski	2010	7201	210	12	5	102+1/ siedz. 29+1	niskopodłogowy z przykłękciem+klima
Mercedes	EOBUS 0530 CITARO		Autobus miejski	2001	11967	220	18	3	100/ siedz. 52	niskopodłogowy z przykłękciem+klima

Marka	Typ, model	Kolumna1	Rodzaj (osób/ciężar.)	Rok produkcji	Poj. silnika	Moc silnika [kW]	Długość pojazdu	Norma EURO	Liczba miejsc	Wartość wyposażenia dodatkowego
Mercedes	EVOBUS 0530 CITARO		Autobus miejski	2001	11967	220	18	3	100/ siedz. 52	niskopodłogowy z przykłękami+klima
Solaris	Urbino18		Autobus miejski	2018	7201	240	18	5	141 razem/ siedz. 44	niskopodłogowy z przykłękami+klima
Solaris	URBINO18CNG		Autobus miejski	2020	8880	235	18	6	143 razem / siedz. 44	niskopodłogowy z przykłękami+klima
AUTOSAN	M12LF SANCITY 12LF CNG		Autobus miejski	2020	8880	235	12	6	95 razem/ siedz. 28	niskopodłogowy z przykłękami+klima
AUTOSAN	M12LF SANCITY 12LF CNG		Autobus miejski	2020	8880	235	12	6	95 razem/ siedz. 28	niskopodłogowy z przykłękami+klima
AUTOSAN	M12LF SANCITY 12LF CNG		Autobus miejski	2020	8880	235	12	6	95 razem/ siedz. 28	niskopodłogowy z przykłękami+klima
AUTOSAN	M12LF SANCITY 12LF CNG		Autobus miejski	2020	8880	235	12	6	95 razem/ siedz. 28	niskopodłogowy z przykłękami+klima
AUTOSAN	M12LF SANCITY 12LF CNG		Autobus miejski	2020	8880	235	12	6	95 razem/ siedz. 28	niskopodłogowy z przykłękami+klima
AUTOSAN	M12LF SANCITY 12LF CNG		Autobus miejski	2020	8880	235	12	6	95 razem/ siedz. 28	niskopodłogowy z przykłękami+klima
AUTOSAN	M12LF SANCITY 12LF CNG		Autobus miejski	2020	8880	235	12	6	95 razem/ siedz. 28	niskopodłogowy z przykłękami+klima
AUTOSAN	M12LF SANCITY 12LF CNG		Autobus miejski	2020	8880	235	12	6	95 razem/ siedz. 28	niskopodłogowy z przykłękami+klima
AUTOSAN	M12LF SANCITY 12LF CNG		Autobus miejski	2020	8880	235	12	6	95 razem/ siedz. 28	niskopodłogowy z przykłękami+klima
AUTOSAN	M12LF SANCITY 12LF CNG		Autobus miejski	2020	8880	235	12	6	95 razem/ siedz. 28	niskopodłogowy z przykłękami+klima
AUTOSAN	M12LF SANCITY 12LF CNG		Autobus miejski	2020	8880	235	12	6	95 razem/ siedz. 28	niskopodłogowy z przykłękami+klima
SCANIA	M323, G28A77A10		Autobus miejski	2020	9291	206	9	6	81 razem/ siedz. 24	niskopodłogowy z przykłękami+klima
SCANIA	M323, G28A77A10		Autobus miejski	2020	9291	206	9	6	81 razem/ siedz. 24	niskopodłogowy z przykłękami+klima
SCANIA	M323, G28A77A10		Autobus miejski	2020	9291	206	9	6	81 razem/ siedz. 24	niskopodłogowy z przykłękami+klima
SCANIA	M323, CITYWIDE LF		Autobus miejski	2021	9291	206	9	6	81 razem/ siedz. 24	niskopodłogowy z przykłękami+klima
SCANIA	M323, CITYWIDE LF		Autobus miejski	2021	9291	206	9	6	81 razem/ siedz. 24	niskopodłogowy z przykłękami+klima
SCANIA	M323, CITYWIDE LF		Autobus miejski	2021	9291	206	9	6	81 razem/ siedz. 24	niskopodłogowy z przykłękami+klima

Marka	Typ, model	Kolumna1	Rodzaj (osób/ ciężar.)	Rok produkcji	Poj. silnika	Moc silnika [kW]	Długość pojazdu	Norma EURO	Liczba miejsc	Wartość wyposażenia dodatkowego
SCANIA	M323, CITYWIDE LF		Autobus miejski	2021	9291	206	9	6	81 razem/ siedz. 24	niskopodłogowy z przykłękami+klima

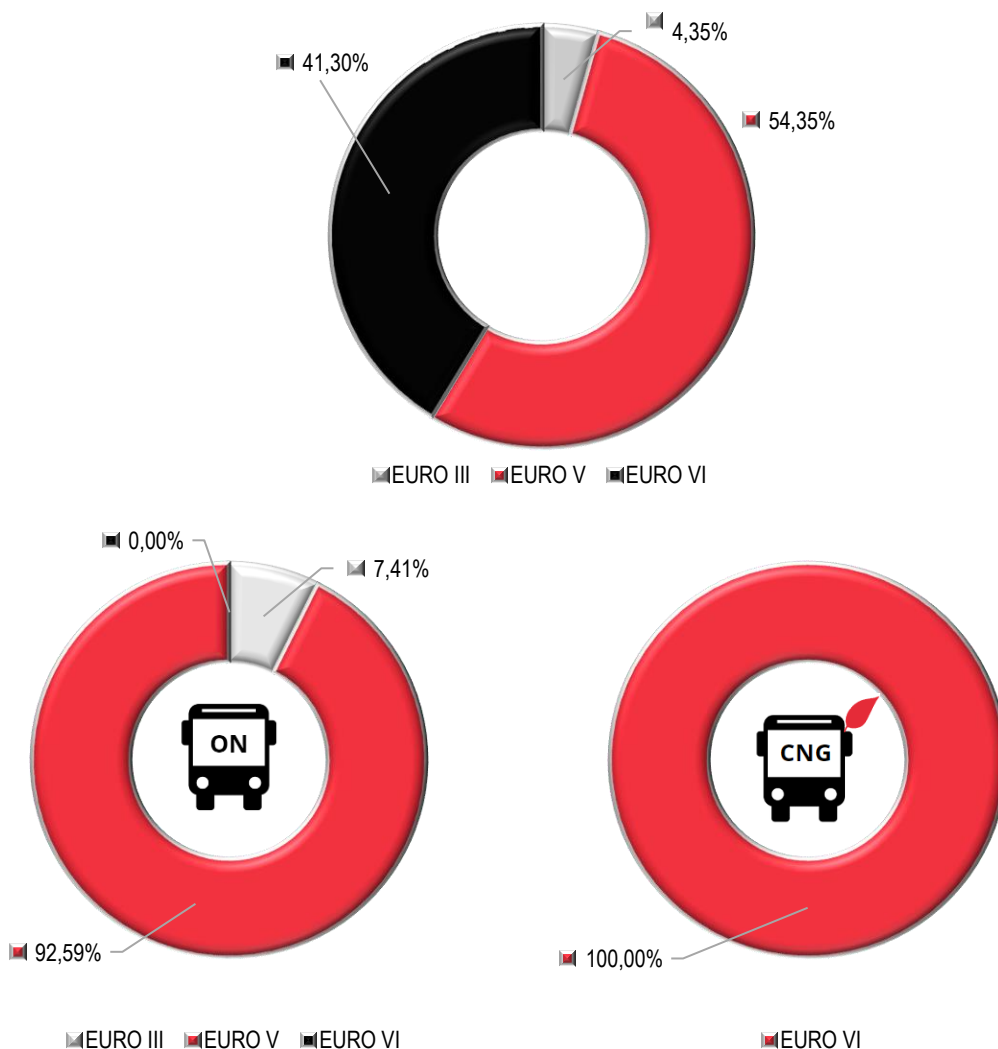
*Na czerwono oznaczone zostały autobusy predysponowane do wycofania w ramach podejmowanych czynności modernizacji floty Operatora.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Organizatora.

Normy emisji spalin

Cała flota Organizatora, eksploatowana na liniach komunikacji miejskiej składa się z 41,30% autobusów o normie emisji spalin EURO VI, 54,35% normy emisji spalin EURO V i 4,35% autobusów o najniższej normie – EURO III. Wśród autobusów napędzanych

olejem napędowym znajdują się autobusy o normach EURO V (92,59%) i EURO III (7,41%). Wśród autobusów napędzanych gazem ziemnym CNG są wyłącznie autobusy o normie EURO VI.



Wykres 4. Normy emisji spalin całej floty autobusów; autobusów napędzanych olejem napędowym i autobusów napędzanych gazem ziemnym (CNG)

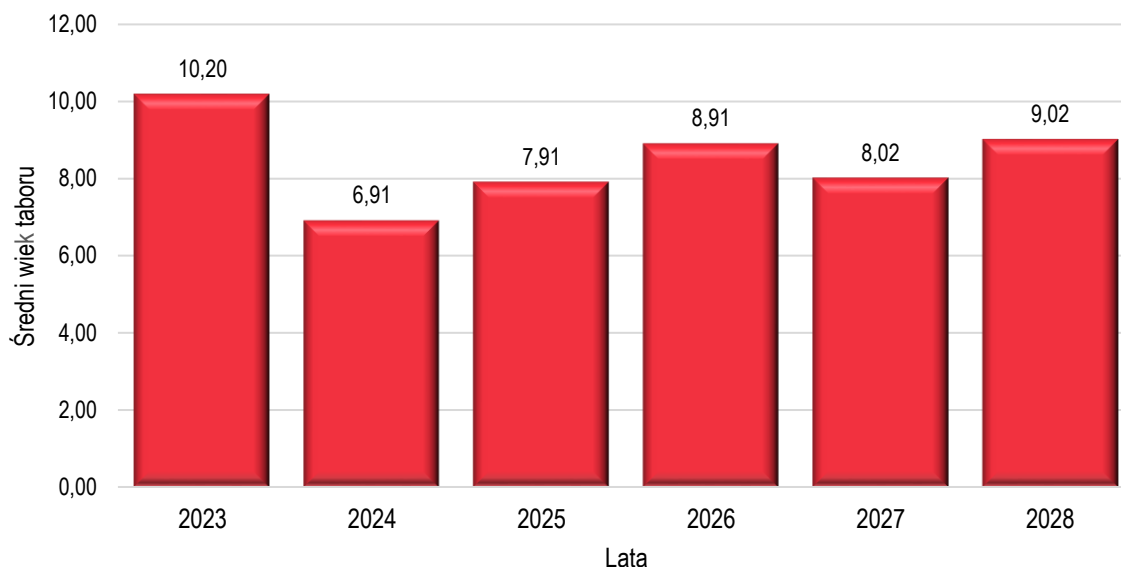
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Organizatora.

Struktura wieku taboru

W skład taboru wykorzystywanego przez Operatora wchodzi 19 autobusów wyprodukowanych nie wcześniej niż 5 lat temu. Warto podkreślić, iż w przeciągu ostatnich 3 lat struktura wieku eksploatowanych pojazdów znacząco zmieniła się na korzyść – obecnie średni wiek taboru to 10,2 lat.

Po dokonaniu wymian/modernizacji floty Operatora struktura wieku taboru również ulegnie zmianom, zgodnie z poniżej prezentowanymi wartościami²⁰:

²⁰ Założenie hipotetyczne, zakładające wymianę taboru zgodnie z wymogami UoEiPA w 2024 roku (9 szt.) i 2027 roku (5 szt.).



Wykres 5. Zakładana struktura wieku taboru po wymianie autobusów zgodnie z przyjętymi założeniami w 2024 r. (9 szt.) i 2027 r. (5 szt.)

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Organizatora.

Wskaźnik wykorzystania taboru Operatora

Aktualnie PGK w Suwałkach Sp. z o.o. do przewozów pasażerskich w komunikacji miejskiej wykorzystuje 46 pojazdów.

$$\frac{WZKM\ j}{WZKM\ o} * 100\%$$

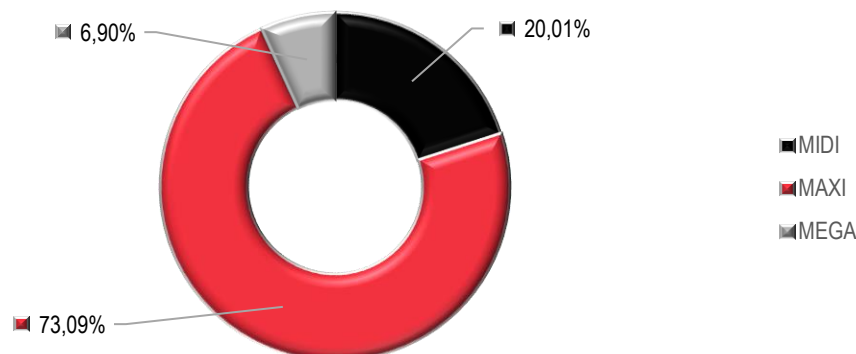
W 2023 roku 37,73% wszystkich wozokilometrów zrealizowanych zostało przy wykorzystaniu pojazdów napędzanych olejem napędowym, pozostałe zaś pojazdami napędzanymi sprężonym gazem ziemnym CNG. Na prezentowanym wykresie przedstawiona została struktura wykorzystania poszczególnych modeli pojazdów do obsługi sieci komunikacyjnej.

gdzie:

WZKM j – liczba wozokilometrów wykonana przez pojedynczy autobus w 2023 roku;

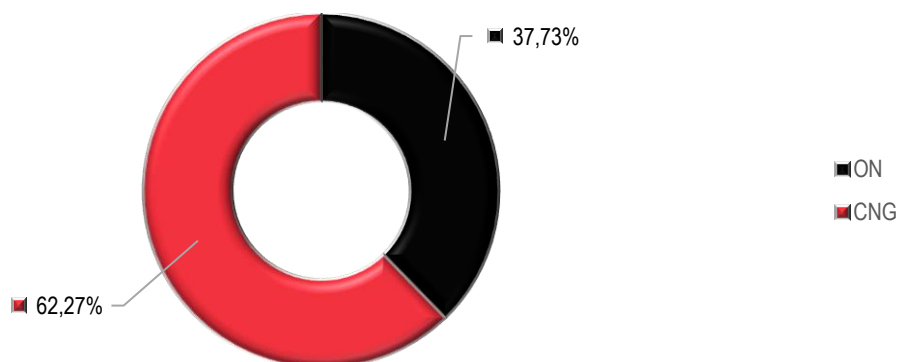
WZKM o – łączna liczba wozokilometrów wykonana przez wszystkie autobusy będące na wyposażeniu PGK w Suwałkach Sp. z o.o.

Wskaźnik wykorzystania poszczególnych autobusów został obliczony z wykorzystaniem następującego wzoru:



Wykres 6. Wskaźnik wykorzystania taboru z uwzględnieniem wielkości pojazdu

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Organizatora.



Wykres 7. Wskaźnik wykorzystania taboru z uwzględnieniem rodzaju napędu

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Organizatora.

Tabela 11. Wskaźnik wykorzystania poszczególnych pojazdów wykorzystywanych przez PGK w Suwałkach Sp. z o.o.

Typ modelu autobusu	Wskaźnik wykorzystania pojazdu	Typ modelu autobusu	Wskaźnik wykorzystania pojazdu
SFR 12 LEM S2 Crossway12.0/LE	0,71%	EVOBUS 0530 CITARO	0,70%
SFR 12 LEM S2 Crossway12.0/LE	0,34%	EVOBUS 0530 CITARO	1,07%
SFR 12 LEM S2 Crossway12.0/LE	1,82%	Urbino18	2,75%
SFR 12 LEM S2 Crossway12.0/LE	1,12%	URBINO18CNG	2,38%
SFR 12 LEM S2 Crossway12.0/LE	0,79%	M12LF SANCITY 12LF CNG	2,80%
SFR 12 LEM S2 Crossway12.0/LE	1,19%	M12LF SANCITY 12LF CNG	3,76%
SFR 12 LEM S2 Crossway12.0/LE	1,25%	M12LF SANCITY 12LF CNG	3,42%
SFR 12 LEM S2 Crossway12.0/LE	1,51%	M12LF SANCITY 12LF CNG	3,97%
Benz 628 Conecto LF A30	0,59%	M12LF SANCITY 12LF CNG	2,60%
Benz 628 Conecto LF A30	1,81%	M12LF SANCITY 12LF CNG	3,80%
Benz 628 Conecto LF A30	2,64%	M12LF SANCITY 12LF CNG	3,73%
Benz 628 Conecto LF A30	2,29%	M12LF SANCITY 12LF CNG	4,08%
Benz 628 Conecto LF A30	1,80%	M12LF SANCITY 12LF CNG	4,21%
Benz 628 Conecto LF A30	2,96%	M12LF SANCITY 12LF CNG	3,81%
Benz 628 Conecto LF A30	2,42%	M12LF SANCITY 12LF CNG	3,71%
Benz 628 Conecto LF A30	1,95%	M323, G28A77A10	2,26%
Benz 628 Conecto LF A30	2,59%	M323, G28A77A10	3,39%
Benz 628 Conecto LF A30	0,21%	M323, G28A77A10	2,69%
Benz 628 Conecto LF A30	0,15%	M323, CITYWIDE LF	2,53%
Benz 628 Conecto LF A30	0,46%	M323, CITYWIDE LF	2,53%
Benz 628 Conecto LF A30	2,06%	M323, CITYWIDE LF	3,44%
Benz 628 Conecto LF A30	1,94%	M323, CITYWIDE LF	3,17%
Benz 628 Conecto LF A30	0,59%		

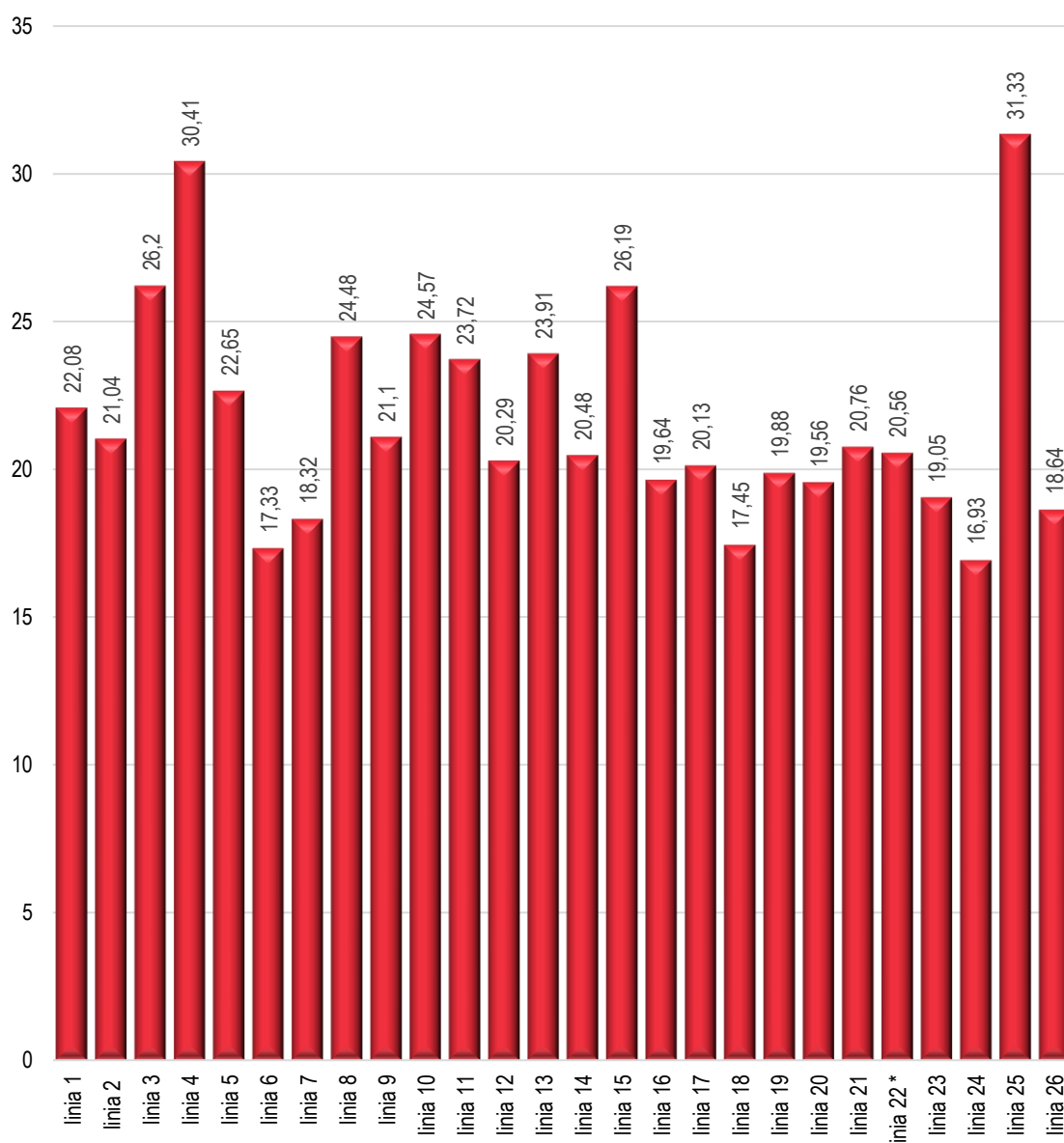
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Organizatora.

Prędkość komunikacyjna na liniach komunikacji miejskiej

Prędkość komunikacyjna definiowana jest jako stosunek przebytej drogi do czasu pracy pojazdu z uwzględnieniem czasów postoju na przystankach pośrednich.

Średnia prędkość komunikacyjna na wszystkich liniach w dzień roboczy wynosi 21,80 km/h. Na wszystkich liniach prędkości komunikacyjne wynoszą od 16,93 km/h nawet do 31,33 km/h. Linie, które osiągają najwyższą prędkość komunikacyjną to linie: 25, 4, 3, 15 i 10. Linie, które kursują z najniższą prędkością komunikacyjną to linie: 24, 18, 6, 7 i 26²¹.

Poniżej znajduje się wykres z prędkościami komunikacyjnymi wszystkich linii obsługiwanych przez Operatora.



Wykres 8. Średnie prędkości komunikacyjne na liniach suwalskiej komunikacji miejskiej [km/h]

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Organizatora.

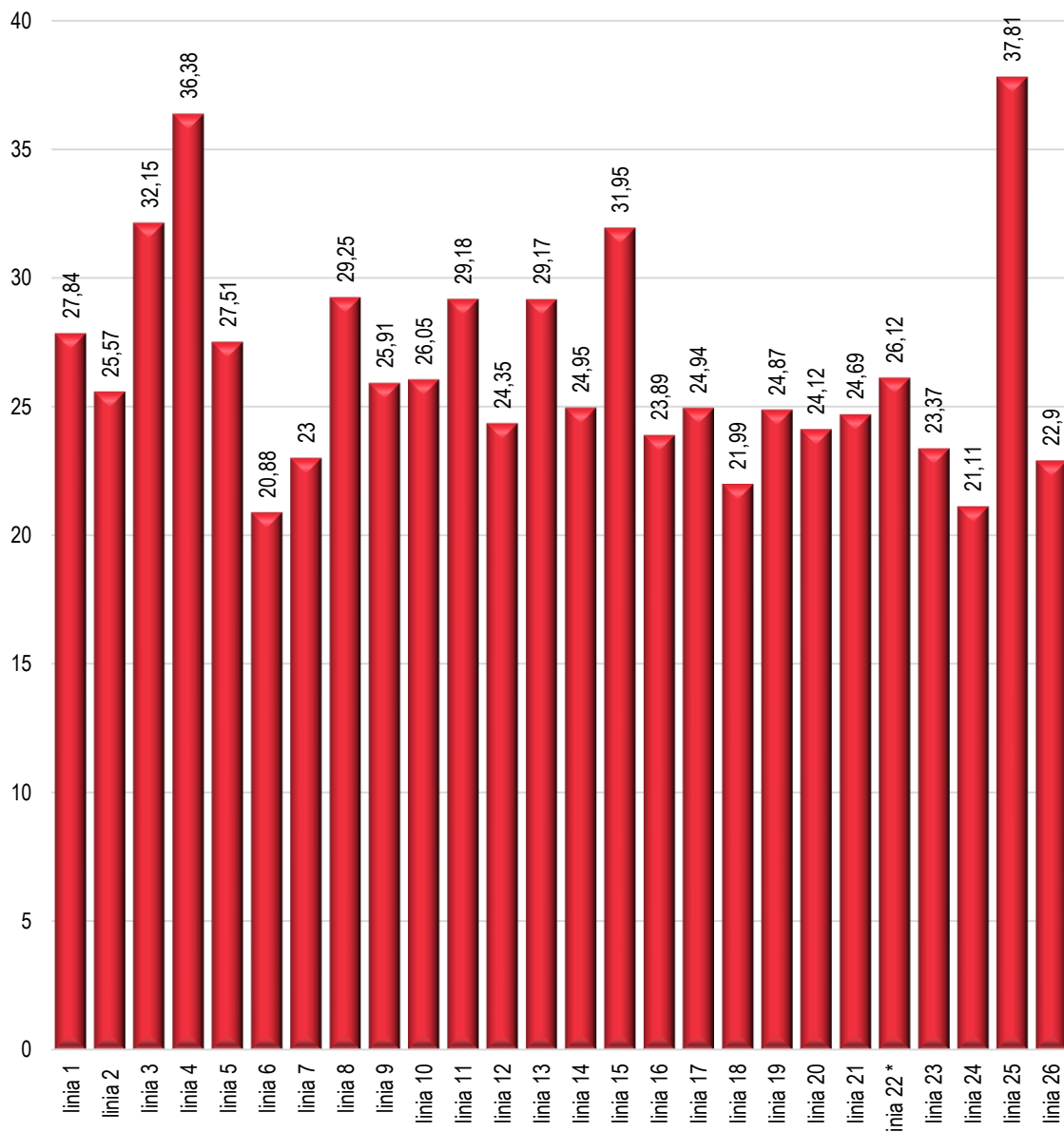
²¹ Linia kursująca od 1.09.2024 r.

Prędkość techniczna na liniach komunikacji miejskiej

Prędkość techniczna definiowana jest jako przeciętna prędkość jazdy bez uwzględnienia czasu postoju na przystankach.

Średnia prędkość techniczna na wszystkich liniach w dzień roboczy wynosi 26,54 km/h. Prędkości techniczne wynoszą od 20,88 km/h do 37,81 km/h. Linie, które osiągają najwyższą prędkość eksploatacyjną to linie: 25, 4, 3 i 15. Linie, które kursują z najniższą prędkością techniczną to linie: 24, 18, 6 i 26²².

Poniżej znajduje się tabela z prędkościami eksploatacyjnymi wszystkich linii obsługiwanych przez Operatora.



Wykres 9. Średnie prędkości techniczne na liniach suwalskiej komunikacji miejskiej [km/h]

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Organizatora.

²² Linia kursująca od 1.09.2024 r.

1.6.5 Szacunkowa emisja gazów cieplarnianych w skali roku

Efektom wdrożenia autobusów zeroemisyjnych będzie ograniczenie emisji pyłów i gazów szkodliwych dla zdrowia ludzi oraz środowiska. Dla ukazania możliwych do osiągnięcia efektów ekologicznych w Tabeli 14 Przedstawiono obecną emisję spalin przez poszczególne kategorie pojazdów należących do Organizatora, których emisja szkodliwych substancji zależy od normy emisji spalin i średniego zużycia paliwa. Tabela 42 przedstawia natomiast zmiany, jakie mogą nastąpić po wymianie 14 pojazdów napędzanych paliwem konwencjonalnym na autobusy zeroemisyjne. W przypadku emisji CO₂, NO_x oraz PM uwzględniono fakt, iż energia elektryczna w Polsce jest głównie oparta na węglu kamiennym oraz węglu brunatnym. Autobusy elektryczne będą zasilane energią wyprodukowaną ze wskazanych paliw konwencjonalnych, które podczas jej wytwarzania generują emisję CO₂. W związku z powyższym przedstawiono zarówno ujęcie globalne, jak i lokalne emisji związanej z użytkowaniem w Mieście pojazdów elektrycznych.

Przyjęta metodologia obliczania wskaźników zanieczyszczeń

Metoda, z użyciem której obliczane są emisje zanieczyszczeń, zależy od specyfiki i rodzaju zanieczyszczeń, rodzaju paliwa, wielkości zużycia paliwa i jego parametrów oraz od specyfiki procesów odpowiedzialnych za ich powstawanie. Dodatkowo, wybrana metoda obliczeniowa powinna uwzględniać dostępność danych i efektywność obliczeń, możliwość wykreowania podokresów obliczeniowych, możliwość określenia emisji w warunkach pracy emitora oraz w warunkach odbiegających od norm.

Wyznaczenie emisji dokonać można metodą:

- bilansową (wskaźnikową),
- opartą na wynikach pomiarów jednorazowych,
- opartą na danych literaturowych,
- opartą na wynikach pomiarów okresowych, które obejmują analizę częstotliwości pomiarów, wybór metody wyznaczania wskaźników emisji

oraz metodologię postępowania z wynikami „nieprawdopodobnie” niskimi lub wysokimi.

Metoda wskaźnikowa polega na określeniu ilości spalonego paliwa w okresie rozliczeniowym oraz doborze odpowiedniego wskaźnika (**wskaźnik emisji zanieczyszczeń z określonej instalacji jest ilorazem emisji przez wielkość produkcji**).

Wartość emisji zanieczyszczeń dla poszczególnych kategorii pojazdów przyjmuje się na podstawie norm emisyjnych pojazdu (zakładając, że pojazd spełnia określone normy emisji spalin) lub na podstawie rzeczywistych wyników pomiarów emisji.

Tabela 12. Przyjęte wskaźniki emisji zanieczyszczeń dla pojazdów w podziale na normę emisji spalin

Norma silnika	Jedn.	NMHC /NMOVOC	NO _x	PM
ON EURO II	g/kWh	1,1	7,0	0,15
ON EURO III	g/kWh	0,66	5,0	0,10
ON EURO IV	g/kWh	0,46	3,5	0,02
ON EURO V	g/kWh	0,46	2,0	0,01
ON EURO VI	g/kWh	0,13	0,4	0,01

Dodatkowo do obliczenia emisji zanieczyszczeń z pojazdów samochodowych, założono:

Dla autobusów napędzanych olejem napędowym (Diesel)²³:

- wartość energetyczna Diesla – 36 MJ/l

1 kWh – 3,6 MJ;

wartość energetyczna Diesla – 10,00kWh/l

- EIB Carbon Footprint – 2,68 CO₂ kg/l.

Na podstawie wyżej wymienionych wskaźników oraz w oparciu o średnie zużycie paliwa przez dany autobus oraz normę silnika EURO wyliczono wielkość emisji zanieczyszczeń NMHC/NMVO, NO_x, PM, CO₂ z następującego wzoru:

$$E = B \times W$$

gdzie:

E – emisja substancji [g/km];

B – zużycie paliwa [kWh/km];

²³ Rozporządzenie Prezesa Rady Ministrów z dnia 10.05.2011 r. w sprawie innych niż cena obowiązkowych kryteriów oceny ofert w odniesieniu do niektórych rodzajów zamówień publicznych.

W – wskaźnik emisji zanieczyszczeń [g/kWh].

Dla autobusów napędzanych gazem CNG²⁴:

- wartość energetyczna CNG – 33 MJ/Nm³;

1 kWh – 3,6 MJ;

wartość energetyczna CNG – 9,17 kWh/Nm³.

- EIB Carbon Footprint – 0,054 CO₂kg na 1 SCF.

Na podstawie wyżej wymienionych wskaźników oraz w oparciu o średnie spalanie przez dany autobus oraz normę silnika EURO wyliczono wielkość emisji zanieczyszczeń NMHC/NMVOC, NO_x, PM, CO₂ z następującego wzoru:

$$E = B \times W$$

gdzie:

E – emisja substancji [g/km]

B – średnie spalanie [kWh/km]

W – wskaźnik emisji zanieczyszczeń [g/kWh]

Przy dokonywaniu szacunkowych obliczeń dot. emisji gazów cieplarnianych uwzględniono średnią wartość spalania dla każdego typu i wielkości taboru z uwzględnieniem norm emisji spalin EURO.

Dla autobusów napędzanych energią elektryczną:

- średnie zużycie energii przez dany autobus – 139 kWh/100 km;
- uśrednione wskaźniki emisji zanieczyszczeń przy produkcji energii elektrycznej w Polsce²⁵.

	NMHC/ NMVOC	NO _x	PM
g/GJ	1,4	303	8,3
g/kWh	0,00504	1,0908	0,02988

Na podstawie wyżej wymienionych wskaźników oraz w oparciu o średnie zużycie energii przez dany autobus wyliczono wielkość emisji zanieczyszczeń NMHC/NMVOC, NO_x, PM, CO₂ z następującego wzoru:

$$E = I \times B100 [km]$$

gdzie:

E – emisja substancji [g/km]

I – emisja poszczególnych zanieczyszczeń wynikająca z produkcji energii elektrycznej w Polsce (wartości uśrednione)

B – średnie zużycie energii [kWh/100km]

W przypadku emisji dwutlenku węgla uwzględniono fakt, iż energia elektryczna w Polsce jest głównie oparta na węglu kamiennym oraz węglu brunatnym. Dlatego też przyjęto do obliczeń następujące wskaźniki jednostkowej emisji zanieczyszczeń przy produkcji energii elektrycznej:

Tabela 13. Wskaźniki jednostkowej emisji zanieczyszczeń przy produkcji energii elektrycznej²⁶

Wskaźniki emisji w przeliczeniu na jednostkę przebytej drogi przez autobus [g/km]			
CO ₂	CO	NO _x	PM
Elektrownie wiatrowe			
1509,0	0,282	1,77	0,09
Elektrownie gazowe			
457,7	0,149	0,613	0,0035

²⁴ Rozporządzenie Prezesa Rady Ministrów z dnia 10.05.2011 r. w sprawie innych niż cena obowiązkowych kryteriów oceny ofert w odniesieniu do niektórych rodzajów zamówień publicznych.

²⁵ Ricardo-AEA, F.3.

²⁶ Marczak H., Koszty zużycia energii i emisji zanieczyszczeń wynikające z użytkowania autobusów miejskich.

Tabela 14. Emisja spalin autobusów komunikacji miejskiej Miasta Suwałki przed wymianą floty autobusów

	Szt.	SPALANIE/ ZUŻYCIE PALIWA	NMHC/NMVO [g/km]	Nox [g/km]	PM [g/km]	CO ₂ [kg/km]
ON						
EURO III						
MEGA	2	58,7 l/100 km	7,740	58,700	1,180	3,120
EURO V						
MAXI	24	39,4 l/100 km	43,440	189,120	1,920	25,200
MEGA	1	58,7 l/100 km	2,700	11,740	0,120	1,560
CNG						
EURO VI						
MIDI	7	54,6 m ³ /km	4,550	35,490	0,423	1,300
MAXI	11	54,6 m ³ /km	7,150	22,000	0,551	11,440
MEGA	1	54,6 m ³ /km	0,650	2,000	0,050	1,040
	46	-	66,230	319,050	4,243	43,660

Źródło: opracowanie własne.

1.3.1 Pojazdy elektryczne oraz infrastruktura pojazdów elektrycznych

Organizator i Operator nie posiadają obecnie na stanie środków trwałych autobusów zeroemisyjnych.

1.3.2 Realizowane i planowane przedsięwzięcia taborowe i infrastrukturalne

Miasto Suwałki realizuje projekt inwestycyjny „Zrównoważona mobilność miejska w miejskim obszarze funkcjonalnym Suwałk – etap II”, w ramach programu Fundusze Europejskie dla Polski Wschodniej 2021-2027. W ramach tego projektu przewidziano:

1. Zakup autobusu elektrycznego przegubowego (18 m) z ładowarką mobilną (1 szt.).
2. Budowę myjni autobusowej z możliwością mycia autobusów 18 m (1 szt.).
3. Modernizację istniejących tablic dynamicznej informacji pasażerskiej (25 szt.).
4. Zakup i montaż tablic dynamicznej informacji pasażerskiej (15 szt.).
5. Budowę ciągu pieszo-rowerowego na ul. Północnej od ul. Różanej do przejścia na wysokości Piekarni Cymes z infrastrukturą techniczną o długości ok. 295m (1 szt.).

6. Budowę ciągu pieszo-rowerowego na ul. Hamerszmita od Placu Marszałka J. Piłsudskiego do ul. Kamedulskiej z infrastrukturą techniczną o długości ok. 90m (1 szt.).

7. Budowę ciągu pieszo-rowerowego na ul. Wojska Polskiego od ul. Leśnej do ul. Spokojnej o długości ok. 1,65 km (1 szt.).

8. Budowę ciągu pieszo-rowerowego na ul. K. Pułaskiego od ronda obwodnicy miasta do granic administracyjnych miasta o długości ok. 2,25 km (1 szt.).

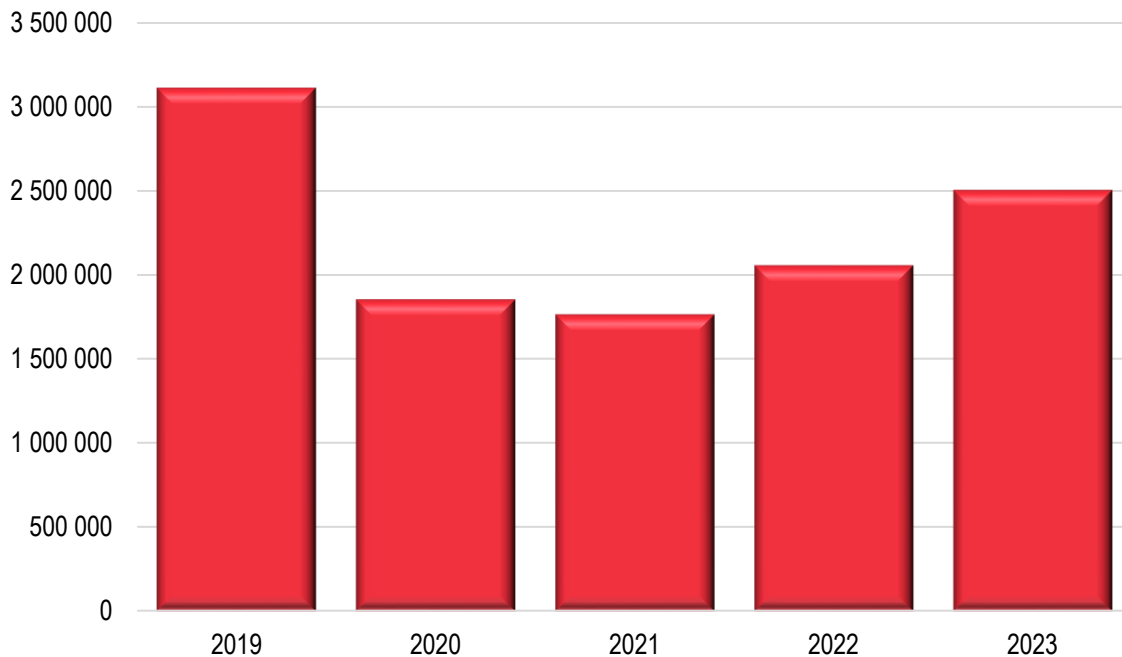
9. Wiatę przystankowa typu smart na ul. Kolejowej przy dworcu PKP wyposażona w panele fotowoltaiczne (1 szt.).

Realizacja wyżej opisanego projektu spowoduje wprowadzenie do taboru suwalskiej komunikacji miejskiej pierwszego autobusu elektrycznego.

1.5.7 Analiza popytu na komunikację zbiorową

Analiza popytu na komunikację miejską w ostatnich latach (2019-2023) przedstawia, iż liczba pasażerów ulega ciągłym zmianom. W roku 2019 roku łączna liczba pasażerów przewożonych autobusami suwalskiej komunikacji miejskiej wyniosła 3 110 000, natomiast w roku 2020, w roku wybuchu pandemii SARS COV2, kiedy to wprowadzone zostały liczne ograniczenia w przemieszczaniu się ludności kraju,

liczba pasażerów spadła do 1 855 400 (spadek o 40,34%). Zbliżona wielkość pasażerów odnotowana została także w kolejnym roku „pandemicznym” – 1 764 900 pasażerów. Po zlikwidowaniu licznych ograniczeń w przemieszczaniu się liczba pasażerów zaczęła wzrastać – w 2023 r. do poziomu 2 503 200 pasażerów.



Wykres 10. Zmiany liczby pasażerów suwalskiej komunikacji miejskiej

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Organizatora.

2. Metodyka Analizy

Zastosowana w niniejszym opracowaniu analiza kosztów i korzyści stanowi system oceny efektywności Inwestycji. Analiza kosztów i korzyści swój początek powzięła z ekonomii dobrobytu – nurtu teorii ekonomii, która powstała na początku XX wieku. Celowość analizy oparto na zmodyfikowanej zasadzie optimum Pareto – kryterium efektywności Kaldora-Hicksa.

Według przytoczonego kryterium projekt otrzyma rekomendację wdrożenia w przypadku, gdy możliwe będzie, aby jednostki gospodarcze, które zyskują na realizacji Inwestycji, wypłaciły pełną rekompensatę pozostałym podmiotom, które ponoszą koszty. Konkluzją analizy kosztów i korzyści jest zależność, która stanowi, że poprzez projekty generujące korzyści netto (nadwyżkę korzyści nad kosztami) możliwa jest maksymalizacja dobrobytu społecznego²⁷.

²⁷ Ligus M., Efektywność inwestycji w odnawialne źródła energii. Analiza kosztów i korzyści, CeDeWu Sp. z o.o., Warszawa 2010.

2.3 Dane

Dane do AKK pozyskano od Wydziału Gospodarki Komunalnej i Nadzoru Właścicielskiego oraz operatora realizującego przewozy na liniach komunikacji miejskiej w Suwałkach w zakresie m.in.:

- kosztów bieżącego serwisu i utrzymania (naprawy, przeglądy, konserwacje itp.) autobusów z podziałem na rodzaj taboru;
- szczegółowych informacji na temat wykorzystywanego taboru (m.in. rok produkcji, rodzaj napędu, norma emisji spalin, liczba miejsc, długość autobusu, dodatkowe wyposażenie, zużycie paliwa [l/100km]);
- charakterystyki obecnej sieci publicznej komunikacji zbiorowej;
- zasad organizacji rynku przewozów (obowiązujące porozumienia międzygminne oraz zasady rozliczania się z gminami);
- realizowanych w 2023 r. i planowanych inwestycjach zakupu taboru oraz budowy i modernizacji infrastruktury technicznej;
- szczegółowych informacji na temat infrastruktury przystankowej i inne.

2.4 Zastosowane metody

W ramach AKK projekt Inwestycji w tabor o napędzie zeroemisyjnym zostanie zweryfikowany pod względem:

- finansowym (analiza finansowa);
- społeczno-ekonomicznym (analiza społeczno-ekonomiczna);
- wrażliwości i ryzyka otrzymanych parametrów oceny.

2.4.1 Analiza finansowa

Głównym założeniem analizy finansowej przeprowadzonej w niniejszym opracowaniu jest ocena efektywności ekonomicznej Inwestycji. Rachunek opłacalności Inwestycji obejmować będzie planowane wpływy i wydatki związane bezpośrednio z realizacją Inwestycji, a zatem nie będzie on uwzględniał wpływu Inwestycji na wynik finansowy przedsiębiorstwa inwestującego i inne uwarunkowania jego działalności.

Do oceny opłacalności Inwestycji wykorzystano:

metodę wartości bieżącej netto (NPV);

metodę wewnętrznej stopy zwrotu (IRR).

Obliczenia będą odnosiły się do wpływów osiąganych dzięki Inwestycjom i wydatkom z nią związanych (nakłady inwestycyjne, koszty eksploatacji i odtworzenia). Analiza nie uwzględnia ewentualnych negatywnych skutków, jakie mogą wystąpić w związku z Inwestycją w dotychczasowej działalności przedsiębiorstwa (np. podwyższenie poziomu ryzyka, negatywne zmiany w strukturze kosztów, itp.).

Wartość bieżąca netto (wartość zaktualizowana netto) NPV (ang. net present value), opiera się na zdyskontowanych przepływach gotówkowych netto (ang. net cash flow) w prognozowanych latach. Miernik NPV bazuje na różnicach między przewidywanymi wpływami pieniężnymi i wydatkami pieniężnymi poniesionymi w związku z realizacją Inwestycji (w tym nakłady inwestycyjne).

Strumienie pieniężne netto w poszczególnych okresach można obliczyć jako różnicę dodatnich i ujemnych przepływów pieniężnych.

Do dodatnich przepływów zalicza się, np.: zysk netto, amortyzację, nakłady na kapitał obrotowy.

W ramach ujemnych przepływów pieniężnych zalicza się: nakłady inwestycyjne finansowane kapitałem własnym, nakłady na kapitał obrotowy finansowane kapitałami własnymi podczas realizacji Inwestycji, a także koszty z eksploatacji Inwestycji i inne o podobnym charakterze.

Miernik NPV przedstawia się wówczas za pomocą wzoru:

Bieżąca wartość netto (NPV)

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{FCF_t}{(1+r)^t} - I_0$$

gdzie:

NPV – wartość bieżąca netto;

FCF_t – przepływy gotówkowe w okresie *t*;

r – stopa dyskonta;

I₀ – nakłady początkowe;

t – kolejne okresy (najczęściej lata) eksploatacji Inwestycji.

Składniki NPV – FCF (free cash flow)

$$FCF = EBIT * (1 - T) + A - CAPEX - \Delta NWC$$

gdzie:

FCF – wolne przepływy pieniężne;

EBIT – zysk operacyjny;

T – stopa opodatkowana;

A – amortyzacja;

CAPEX – nakłady odtworzeniowe;

ΔNWC – wydatki na sfinansowanie wzrostu zapotrzebowania na kapitał obrotowy netto (KON).

NPV jako kryterium opłacalności Inwestycji może przybierać wartości:

NPV < 0 – Inwestycja jest nieopłacalna z punktu widzenia wartości firmy;

NPV = 0 – Inwestycja znajduje się na granicy opłacalności;

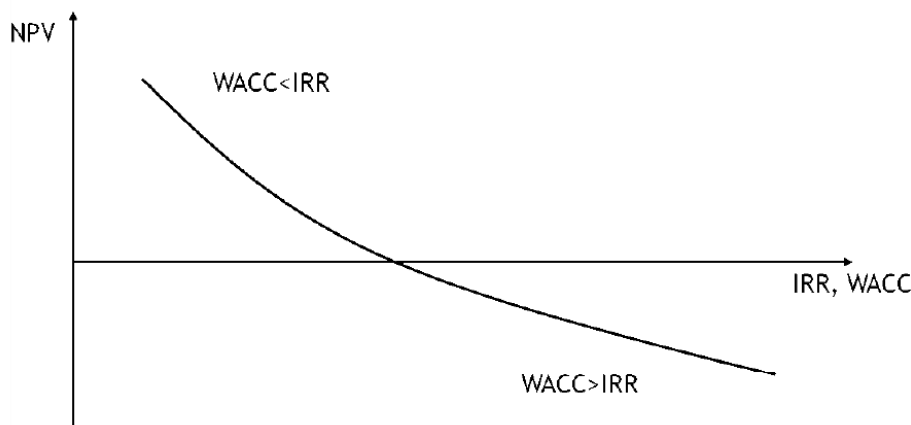
NPV > 0 – Inwestycja jest opłacalna, tym bardziej im większa jest wartość współczynnika.

Inwestycja jest więc opłacalna, gdy NPV ≥ 0, co oznacza, iż stopa rentowności Inwestycji jest wyższa od stopy granicznej, określonej przez przyjętą do rachunku stopę dyskontową. Każda Inwestycja o NPV większym od zera może być zrealizowana, ponieważ przyniesie przedsiębiorstwu wyższe korzyści finansowe niż wymagane przez inwestora, a tym samym podniesie wartość firmy.

Natomiast ujemna wartość NPV świadczy o niższej od granicznej stopie rentowności przedsięwzięcia. Z punktu widzenia wartości firmy realizacja takiego przedsięwzięcia będzie nieopłacalna.

Wartość NPV zależy, z jednej strony, od wartości i rozłożenia w czasie przepływów pieniężnych netto,

z drugiej zaś od przyjętej do obliczeń stopy dyskontowej. Podniesienie poziomu stopy dyskontowej prowadzi do obniżenia zdyskontowanej wartości przepływów pieniężnych netto w kolejnych latach okresu obliczeniowego. Zależność między stopą dyskontową, a wartością NPV przedstawiono na wykresie.



Wykres 11. Zależność między stopą dyskontową a wartością NPV

Źródło: opracowanie własne.

Drugą metodą zastosowaną do oceny efektywności inwestycji jest **wewnętrzna stopa zwrotu (IRR)**.

IRR jest miarą rzeczywistej efektywności przedsięwzięcia inwestycyjnego, rentowności dla danego przedsięwzięcia. IRR jest taką stopą dyskontową, przy której $NPV=0$ (wartość zaktualizowana wpływów pieniężnych równa się wartości zaktualizowanej wydatków pieniężnych). Opłacalny będzie ten projekt, dla którego wewnętrzna stopa zwrotu jest nie mniejsza niż stopa dyskontowa przyjęta do obliczania NPV projektu inwestycyjnego.

W przypadku wyboru spośród kilku alternatywnych projektów za najlepszy uważa się ten, dla którego IRR ma najwyższą wartość.

Poziomą wewnętrzną stopę zwrotu badanej inwestycji wykorzystując formułę interpolacji liniowej przyjmuje postać:

$$\sum_{t=0}^n \frac{FCF_t}{(1+r)^t} - I_0 = 0$$

gdzie:

NPV – wartość bieżąca netto;

FCF_t – przepływy gotówkowe w okresie t;

r – stopa dyskonta;

I₀ – nakłady początkowe;

t – kolejne okresy (najczęściej lata) eksploatacji inwestycji.

Analiza finansowa obejmuje czas ekonomicznej użyteczności taboru – cały okres funkcjonowania inwestycji, tj. okres jej realizacji, jak i pełny, przewidywany okres eksploatacji inwestycji.

2.4.2 Analiza społeczno-ekonomiczna

Założenia analizy społeczno-ekonomicznej:

- analiza koncentruje się na efektach Inwestycji z perspektywy dobrobytu społecznego;
- analiza efektów ekologicznych;
- analiza obejmuje tylko efekty bezpośrednio wynikające z projektu;
- analiza koncentruje się na:
 - zgeneralizowanych kosztach transportu;
 - dających się zmonetyzować kosztach zewnętrznych transportu.

Zgeneralizowane koszty transportu oraz efekty ekonomiczne Inwestycji oznaczają wartości, które można zdefiniować jako:

- koszty czasu (straty czasu) – różnicowe koszty czasu podróży pasażerów, którzy zrezygnowali z podróży samochodami na rzecz transportu publicznego;
- różnicowe koszty podróży – oszczędności na kosztach eksploatacji pojazdów (pomniejszone o koszt zakupu biletów);
- koszty wypadków – niższe koszty wypadków na drogach dzięki zmniejszeniu ruchu drogowego;
- koszty społeczne emisji gazów cieplarnianych (CO₂) – różnicowe koszty zmian klimatycznych (emisja CO₂);
- koszty społeczne emisji gazów innych niż cieplarniane (tj. lokalnych skutków zanieczyszczenia powietrza) – niższe koszty zanieczyszczenia środowiska, dzięki zmniejszeniu ruchu drogowego;
- koszty społeczne emisji hałasu – różnicowe koszty hałasu.

Rezultatami analizy społeczno-ekonomicznej są miary:

- ENPV – (economic net present value) ekonomiczna wartość bieżąca netto;
- ERR – (economic rate of return) ekonomiczna stopa zwrotu.

ENPV Ekonomiczna bieżąca wartość netto

$$ENPV = \sum_{t=0}^n \frac{S_t}{(1+r)^t} - I_0$$

gdzie:

S_t – salda strumieni ekonomicznych kosztów i korzyści generowanych przez projekt w poszczególnych latach przyjętego okresu odniesienia analizy;

I_0 – nakłady początkowe;

r – stopa dyskonta;

t – kolejne okresy (najczęściej lata) eksploatacji Inwestycji.

ERR ekonomiczna stopa zwrotu

$$\sum_{t=0}^n \frac{S_t}{(1+r)^t} - I_0 = 0$$

gdzie:

S_t – salda strumieni ekonomicznych kosztów i korzyści generowanych przez projekt w poszczególnych latach przyjętego okresu odniesienia analizy;

I_0 – nakłady początkowe;

r – stopa dyskonta;

t – kolejne okresy (najczęściej lata) eksploatacji Inwestycji.

2.4.3 Analiza wrażliwości

Analiza wrażliwości polega na badaniu wpływu przyszłych zmian w kształtowaniu się podstawowych zmiennych Inwestycji na poziom jej opłacalności, tj. mierniki NPV, IRR, ENPV i ERR. Technika ta służy do określenia zmienności wyników oceny opłacalności na wahania wartości różnych zmiennych. Analiza polega na określeniu wpływu zmiany pojedynczych zmiennych krytycznych o określoną procentowo wartość, na poziom finansowych i ekonomicznych wskaźników efektywności projektu. Modyfikacji poddaje się tylko jedną zmienną, podczas gdy inne parametry powinny pozostać niezmiennione.

W opracowaniu bada się wpływ zmian wartości takich zmiennych jak: wysokość wpływów pieniężnych będących efektem Inwestycji, wysokość wydatków pieniężnych o charakterze bieżącym (eksploatacyjnym), a także wysokość nakładów inwestycyjnych oraz stopy dyskontowej, na zmiany w wysokości miar NPV, IRR, ENPV i ERR.

Dokonano symulacji parametrów analizy wrażliwości związanych bezpośrednio z projektem (zmienne kluczowe), w tym:

- nakłady inwestycyjne;
- koszty operacyjne;
- praca przewozowa oraz wynikające z niej wartości jednostkowe monetizowanych efektów.

Rezultaty analizy wrażliwości:

- wyłonienie kluczowych zmiennych AKK jako krytycznych dla Analizy. Za zmienną krytyczną uważa się tę zmienną kluczową, której zmiana o ± 1 pp. wywołuje zmianę ENPV o co najmniej 1pp.;
- wartości progowe (switching values) kluczowych założeń, w tym przede wszystkim zmiennych

krytycznych. Zmienna przyjmuje wartość progową, kiedy jej zmiana powoduje osiągnięcie $NPV=0$.

2.4.4 Analiza ryzyka

Analiza ryzyka została przeprowadzona zgodnie z zaleceniami zawartymi w „Niebieska Księga. Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach”.

W pierwszej kolejności zidentyfikowano potencjalne ryzyka, a następnie określono ich „aktywność”²⁸. W przypadku każdego ze zidentyfikowanych, aktywnych ryzyk przeanalizowano następujące aspekty:

- wpływ zidentyfikowanego ryzyka na realizację projektu;
- możliwą strategię przeciwdziałania (sposób ograniczenia ryzyka);
- przyczynę, czyli co powoduje, że dane ryzyko występuje;
- prawdopodobieństwo wystąpienia w skali od A do E (Tabela 15);
- siłę oddziaływania w skali od I do V (Tabela 16).

Tabela 15. Analiza jakościowa ryzyka – skala prawdopodobieństwa

Skala prawdopodobieństwa	Zakres wartości prawdopodobieństwa	Wartość punktowa
Bardzo niskie	0% – 10%	A
Niskie	<10% – 33%	B
Średnie	<33% – 66%	C
Wysokie	<66% – 90%	D
Bardzo wysokie	<90% – 100%	E

Źródło: opracowanie własne na podstawie „Niebieska Księga. Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach”; Wydanie uaktualnione, opracowanie JASPERS 2023 r.

Tabela 16. Analiza jakościowa ryzyka – siła oddziaływania

L.p.	Znaczenie	Wartość
1.	Brak wpływu na dobrobyt społeczny, nawet bez podejmowania działań zaradczych.	I
2.	Mały wpływ na dobrobyt społeczny, mały wpływ na efekty finansowe przedsięwzięcia, działania zaradcze i korygujące są jednak potrzebne.	II
3.	Umiarkowany wpływ na dobrobyt społeczny, głównie negatywne efekty finansowe nawet w średnim lub długim terminie.	III
4.	Poziom krytyczny: wysoka strata dla dobrobytu społecznego, wystąpienie zdarzenia powoduje niemożliwość realizacji podstawowego celu przedsięwzięcia, działania zaradcze bardzo intensywne mogą nie doprowadzić do uniknięcia wysokich strat.	IV
5.	Poziom katastroficzny: fiasko przedsięwzięcia, zdarzenie może wywołać całkowity brak realizacji celu przedsięwzięcia, główne efekty przedsięwzięcia nie będą uzyskane w średnim i długim terminie.	V

Źródło: opracowanie własne na podstawie „Niebieska Księga. Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach”; Wydanie uaktualnione, opracowanie JASPERS 2023 r.

²⁸ Ryzyko uważane jest za „aktywne” jeśli jest identyfikowalne i istotne dla projektu na obecnym etapie AKK.

Tabela 17. Matryca ryzyka – klasyfikacja poziomu ryzyka

Prawdopodobieństwo	Stopień zagrożenia				
	I	II	III	IV	V
A	BARDZO NISKIE	BARDZO NISKIE	NISKIE	NISKIE	UMIARKOWANE
B	BARDZO NISKIE	NISKIE	UMIARKOWANE	UMIARKOWANE	WYSOKIE
C	NISKIE	UMIARKOWANE	UMIARKOWANE	WYSOKIE	BARDZO WYSOKIE
D	NISKIE	UMIARKOWANE	WYSOKIE	BARDZO WYSOKIE	BARDZO WYSOKIE
E	UMIARKOWANE	WYSOKIE	BARDZO WYSOKIE	BARDZO WYSOKIE	BARDZO WYSOKIE

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 18. Matryca ryzyka – sposób działania

Prawdopodobieństwo	Stopień zagrożenia				
	I	II	III	IV	V
A	ZAPOBIEGANIE LUB			ŁAGODZENIE	
B	ŁAGODZENIE				
C					
D	ZAPOBIEGANIE		ZAPOBIEGANIE I ŁAGODZENIE		
E					

Źródło: opracowanie własne.

Następnie, w kolejnej części analizy ryzyka, określone zostały rodzaje strategii reagowania na poszczególne ryzyka. Zgodnie z metodyką analizy ryzyka zawartą w *Niebieskiej Księdze* można wyodrębnić cztery główne strategie reagowania na ryzyka (w tym działania zaradcze), których zastosowanie zależy od poziomu ryzyka stanowiącego kombinację wartości prawdopodobieństwa wystąpienia i siły oddziaływania. Należą do nich:

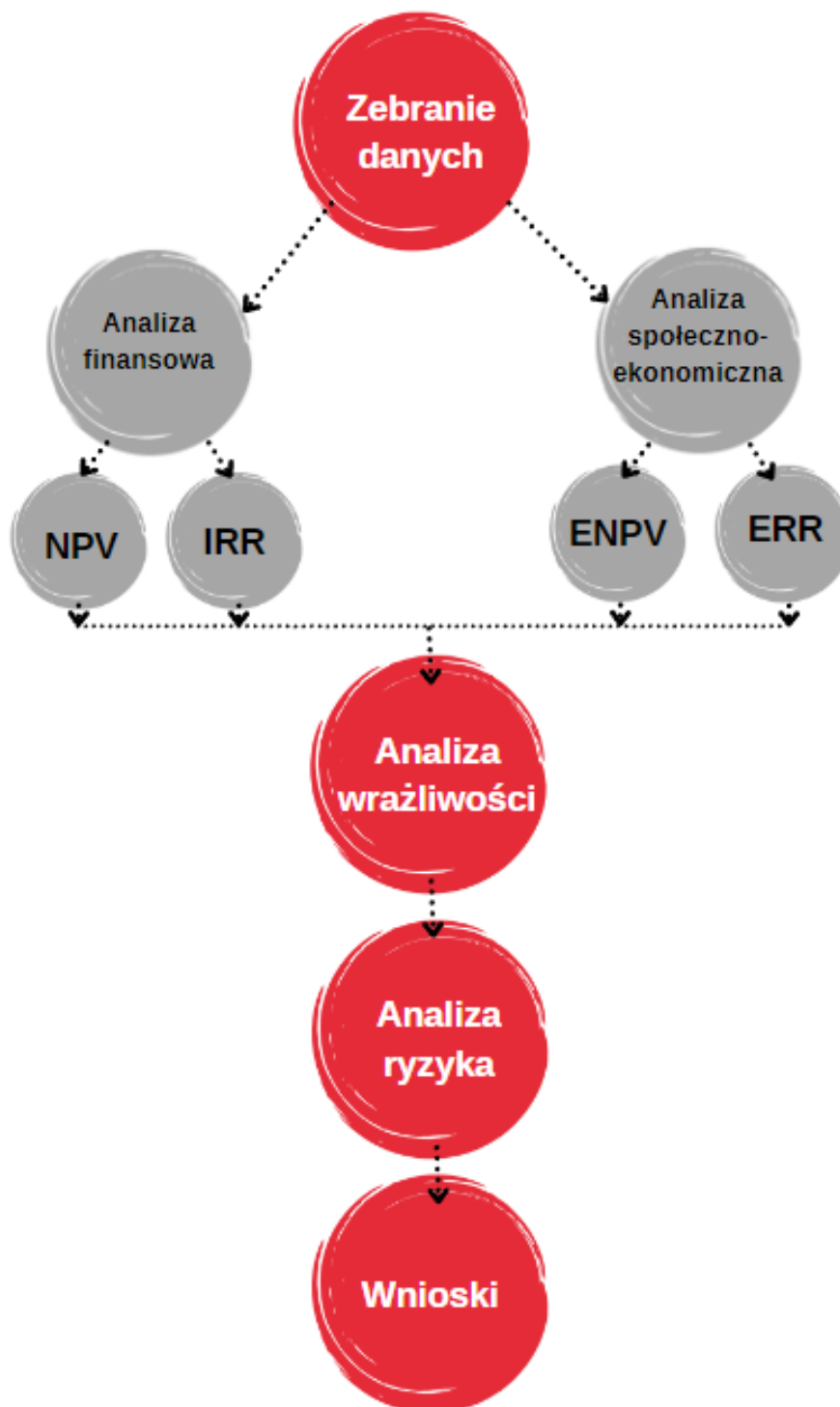
- **zapobieganie ryzyku:** oznacza zmianę planu przedsięwzięcia w celu wyeliminowania zagrożenia lub wyeliminowania wpływu ryzyka na projekt;
- **ograniczanie ryzyka:** oznacza redukcję prawdopodobieństwa wystąpienia ryzyka lub jego skutków poprzez wprowadzenie zmian do przedsięwzięcia;
- **przeniesienie ryzyka:** oznacza przeniesienie odpowiedzialności za ryzyko na stronę trzecią (inny podmiot) za określoną cenę (firmy

ubezpieczeniowe są najbardziej oczywistym przykładem takiej strony trzeciej). Przeniesienie ryzyka ma sens tylko wtedy, jeśli strona przejmująca ryzyko jest w stanie (lepiej) kontrolować dane ryzyko, a także posiada środki na pokrycie skutków oddziaływania danego ryzyka, w przypadku, gdy ryzyko się zmaterializuje;

- **tolerowanie ryzyka:** jest strategią przyjmowaną w sytuacjach, w których nie można zapobiec ryzyku, ograniczyć go lub (ekonomicznie) przenieść. Jednakże to podejście wymaga opracowania planu awaryjnego na wypadek wystąpienia negatywnego zdarzenia, lecz nie wymaga wcześniejszych działań.

Ostatnim elementem analizy ryzyka było **określenie zasad monitorowania** każdego aktywnego ryzyka, aby w przyszłości możliwa była ocena prawidłowości przeprowadzonej oceny ryzyka i skuteczności podjętych działań zaradczych.

2.5 Procedura Analizy



3. Analiza opcji inwestycyjnych

Alternatywne warianty realizacji Inwestycji:

- Wariant „0” – bazowy.
- Wariant „1” – elektryczny baterijny – wprowadzenie do eksploatacji pojazdów o napędzie zeroemisyjnym elektrycznym baterijnym.
- Wariant „2” – elektryczny wodorowy – wprowadzenie do eksploatacji pojazdów o napędzie zeroemisyjnym wodorowym – autobusy elektryczne z wodorowymi ogniwami paliwowymi.

Zgodnie z zapisami UoEiPA od 1 stycznia 2028 r. usługi komunikacji miejskiej powinny być świadczone przez tabor autobusowy składający się co najmniej z 30% autobusów zeroemisyjnych. W związku z powyższym na terenie Miasta Suwałk, przy obecnym stanie taboru autobusowego wynoszącym 46 pojazdów do 2028 r. wymagana liczba pojazdów zeroemisyjnych wynosi 14.

PGK w Suwałkach Sp. z o.o. nie posiada w swoim taborze pojazdów o napędzie zeroemisyjnym, lecz w swoich planach przewiduje jego zakup wraz z ładowarką mobilną – zakup przy dofinansowaniu zewnętrznym na 1 przegubowy autobus (18 m).

W celu spełnienia wyżej opisanych wymogów UoEiPA udział pojazdów zeroemisyjnych we flocie pojazdów, które będą wykorzystywane do wykonywania przewozów w komunikacji miejskiej Miasta Suwałk powinien przedstawiać się następująco:

- od 1 stycznia 2025 r. (20%) – 9 autobusów;
- od 1 stycznia 2028 r. (30%) – 14 autobusów.

Postęp we wprowadzaniu autobusów zeroemisyjnych do floty pojazdów w kolejnych latach przedstawia się następująco:

9 autobusów zeroemisyjnych w 2024 roku + 5 autobusów w 2027 roku, w tym:

- autobusy klasy MAXI – 12 szt. (26,09% całej floty);

- autobusy klasy MEGA – 2 szt. (4,35% całej floty).

Autobusy z silnikami spełniającymi następujące normy:

- EURO III – 2 szt. (4,35% całej floty);
- EURO V – 12 szt. (26,09% całej floty).

W pierwszym etapie modernizacji (zakup w 2024 r.) użytkowanych pojazdów do likwidacji przeznaczono pojazdy charakteryzujące się normą emisji spalin EURO III i EURO V – 9 szt. (20,00%).

Tym samym wymianie ulegnie:

- 2 pojazdy klasy MEGA, EURO III;
- 7 pojazdów klasy MAXI, EURO V.

Parametry wymienianych pojazdów:

- łączna liczba wzm realizowanych w skali roku: 111 627 wzm;
- Śr. l. wzm na jeden pojazd: 12 403 wzm
- Śr. zużycie paliwa w skali roku przez jeden pojazd: 4 862,61 l;
- liczba pasażerów możliwych do przewiezienia (maksymalne zapelnienie): 1096 pasażerów.

W drugim etapie modernizacji (zakup w 2027 r.) użytkowanych pojazdów do likwidacji przeznaczono pojazdy charakteryzujące się normą emisji spalin EURO V – 5 szt.

Tym samym wymianie ulegnie 5 pojazdów klasy MAXI (10,87%).

Parametry wymienianych pojazdów:

- łączna liczba wzm realizowanych w skali roku: 102 497 wzm;
- Śr. l. wzm na jeden pojazd: 20 499 wzm
- Śr. zużycie paliwa w skali roku przez jeden pojazd: 8 333,5 l;
- liczba pasażerów możliwych do przewiezienia (maksymalne zapelnienie): 510 pasażerów.

3.3 Wariant bazowy

Wariant bazowy uwzględnia posiadane autobusy zasilane ON (planuje się wyłączenie ich z taboru), niskoemisyjne zasilane gazem ziemnym oraz ich kontynuację w okresie objętym analizą.

Korzyścią z wariantu bazowego jest zdecydowane ograniczenie kosztów inwestycyjnych, ponieważ zakup pojazdów o napędzie konwencjonalnym (ON lub CNG) jest zdecydowanie tańszy, niż zakup np. autobusów elektrycznych bateryjnych lub wodorowych. Zakup autobusu klasy MAXI to koszt około 1,4-1,6 mln zł²⁹ netto, natomiast koszt autobusu MEGA to kwota około 2 mln zł netto. Dodatkowo należy mieć na względzie koszty zakupu oleju napędowego – w przypadku eksploatowanych dotychczas autobusów PGK w Suwałkach Sp. z o.o. klasy MAXI jest to koszt około 39,4 l/100 km, natomiast w przypadku autobusów klasy MEGA – 58,7 l/100 km. Przy założeniu ceny zakupu paliwa 4,70 zł/l (netto)³⁰ wskazuje na koszty paliwa wielkości 185,18 zł netto/100 km dla autobusu klasy MAXI i 275,89 zł netto/100 km dla autobusu klasy MEGA. Autobusy CNG zużywają natomiast średnio 54,6m³/100 km³¹, co przy kwocie 5,87 zł/l (netto) daje wynik 320,50 zł za przejazd 100 km tym typem pojazdów.

Koniecznym podkreślenia w wariantie bazowym jest fakt, iż w tym przypadku nie zachodzi konieczność zakupu/budowy infrastruktury tankowania i dostosowywania baz autobusowych do autobusów spalinowych i/lub gazowych.

Na potrzeby AKK przyjęto, iż w każdym roku analizy, w momencie inwestycji wycofywane będą pojazdy napędzane olejem napędowym, o najgorszych normach emisji spalin, z zachowaniem tej samej klasy pojazdu/podaży miejsc.

W scenariuszu bazowym przyjęto niekorzystną wizję rozwoju komunikacji autobusowej w Mieście, tj. założono w tym wariantie realizację usług zbiorowego transportu publicznego w oparciu o aktualnie eksploatowany tabor wraz z niezbędnym,

minimalnym zakresem działań odtworzeniowych w zakresie floty, w latach przyszłych. W tym scenariuszu założono wykorzystanie w przewozach taboru autobusowego zasilanego paliwem konwencjonalnym – olejem napędowym.

Implementacja Wariantu bazowego związana jest z zaniechaniem wymogów UoEiPA w związku z koniecznymi do osiągnięcia progami pojazdów zeroemisyjnych, gdyż w ramach tego scenariusza rozważa się zakup wyłącznie pojazdów napędzanych paliwami konwencjonalnymi. Scenariusz ten zakłada kompleksową modernizację taboru Organizatora na pojazdy napędzane paliwami konwencjonalnymi, które powinny spełniać normy emisji spalin na poziomie min. EURO VI. Wariant „0” zakłada zatem, iż do 1 stycznia 2028 r., z uwzględnieniem dat przejściowych zaproponowanych w UoEiPA, wymianie ulegnie 14 pojazdów. Wymianie podlegać będą, zgodnie z założeniami, pojazdy najstarsze, charakteryzujące się jednocześnie spełnianiem najniższych norm emisji spalin. W pierwszym etapie, do 1 stycznia 2025 r., zaleca się zakup 9 autobusów i wycofanie z eksploatacji pojazdów, które zgodnie z założeniami głównymi spełniają najniższe normy emisji spalin i wykonują jednocześnie największą pracę eksploatacyjną. W etapie drugim modernizacji taboru, obsługującego sieć komunikacji miejskiej Miasta Suwałk, zakłada się zakup i eksploatację 5 nowych autobusów napędzanych olejem napędowym. Pojazdy te, podobnie jak w etapie pierwszym, powinny zastąpić pojazdy napędzane olejem napędowym, o najniższych normach emisji spalin EURO.

Na potrzeby Analizy założono, że nowo zakupione pojazdy będą spełniały najbardziej restrykcyjne normy emisji spalin, w związku z czym w 2028 r. pojazdy spełniające normę emisji spalin EURO VI stanowiłyby 71,74% taboru wykorzystywanego na w suwalskiej komunikacji miejskiej.

²⁹ Na podstawie ofert handlowych producentów w 2023 r.

³⁰ Dane PGK w Suwałkach Sp. z o.o., styczeń 2024 r.

³¹ Spółka przyjmuje dla wszystkich autobusów CNG średnie zużycie w wysokości 54,6 m³/100 km, ustalone jako iloraz rocznego zużycia gazu i liczby wozokilometrów przejechanych na kursówkach.

Podobnie jak w przypadku wariantów inwestycyjnych, w celu zachowania porównywalności wariantu „0” bazowego z wariantami pozostałymi, założono tu wymianę tej samej liczby pojazdów, z uwzględnieniem klas ich wielkości i podaży miejsc,

zgodnie z poniżej przedstawionym zestawieniem. Wskazana do wymiany liczba autobusów wynika z konieczności spełnienia udziału pojazdów zeroemisyjnych we flocie pojazdów, o której mowa w Tabeli 19.

Tabela 19. Przyjęta struktura taboru do wymiany w ramach Wariantu „0”

	Wariant "0"					
	2023	2024	2025	2026	2027	2028
ON						
EURO III	2	0	0	0	0	0
EURO V	25	18	18	18	13	13
EURO VI	0	9	9	9	14	14
CNG						
EURO III	0	0	0	0	0	0
EURO V	0	0	0	0	0	0
EURO VI	19	19	19	19	19	19
EEV						
-	0	0	0	0	0	0
FCEF						
-	0	0	0	0	0	0
RAZEM	46	46	46	46	46	46

Źródło: opracowanie własne.

Zaletą wdrożenia Wariantu „0” jest ograniczenie kosztów inwestycyjnych, z uwagi na fakt, że zakup autobusu z napędem elektrycznym jest 2-2,5 wyższy niż zakup autobusu o napędzie konwencjonalnym, natomiast zakup autobusu wodorowego jest ponad 3 razy wyższy niż zakup autobusu spalinowego. Dodatkową zaletą jest fakt, iż w zakresie zaopatrzenia pojazdów w olej napędowy lub sprężony gaz ziemny nowo zakupione pojazdy wykorzystywałyby istniejącą infrastrukturę. Zatem Wariant „0” pozwala również uniknąć kosztów zakupu infrastruktury do ładowania/ tankowania pojazdów zeroemisyjnych.

Negatywnymi aspektami wyboru Wariantu „0” są przede wszystkim szkody w środowisku naturalnym w postaci zanieczyszczenia powietrza tzn. emisja produktów spalania oleju napędowego, czyli głównie tlenków węgla, węglowodorów, tlenków azotu oraz cząstek PM. Brak realizacji zakupów pojazdów zeroemisyjnych powoduje również spadek jakości życia mieszkańców ulic na których poruszają się pojazdy z napędem konwencjonalnym, z uwagi na zwiększony hałas i drgania emitowane przez silnik spalinowy oraz zanieczyszczenie powietrza. Należy wziąć pod uwagę, że wymiana pojazdów na pojazdy spełniające wyższe normy emisji spalin, zgodnie z Wariantem „0”, jedynie zmniejsza emisję, lecz jej całkowicie nie eliminuje.

3.4 Wariant inwestycyjny „1”

Wariant inwestycyjny „1” zakłada rozwój publicznego transportu zbiorowego dla Miasta Suwałk z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych z silnikiem elektrycznym zasilanym energią elektryczną z akumulatorów, wykorzystujących wyłącznie energię elektryczną akumulowaną przez podłączenie do wewnętrznego źródła zasilania.

Wariant inwestycyjny „1” uwzględnia wykorzystanie autobusów aktualnie posiadanych lub nabywanych w ramach zawartych zobowiązań przez Organizatora i Operatora komunikacji miejskiej oraz planowanego do nabycia przez nich w analizowanym okresie wyłącznie taboru zeroemisyjnego (autobusowego), zasilanego energią elektryczną, przystosowanego do ładowania w zajezdniach i na wybranych krańcach, za pomocą ładowarek plug-in oraz pantografów, a także uwzględniający szacunkowe koszty: eksploatacji pojazdów, budowy punktów ładowania na krańcach oraz w zajezdniach, koszt dostosowania baz autobusowych do obsługi pojazdów zeroemisyjnych, koszty utylizacji magazynów energii (baterii, akumulatorów, kondensatorów, ogniw paliwowych), a także uwzględniający utrzymanie na dotychczasowym poziomie podaży miejsc w autobusach.

Autobusy elektryczne bateryjne, znane również jako autobusy elektryczne zasilane akumulatorami, działają na zasadzie przechowywania energii elektrycznej w akumulatorach, która następnie zasila silnik elektryczny. Oto ogólny proces działania:

Ładowanie: autobusy elektryczne są ładowane zazwyczaj na stacjach ładowania zlokalizowanych na krańcach linii zelektryfikowanych lub w zajezdniach. Autobusy elektryczne najczęściej napędzane są za pomocą asynchronicznego silnika trakcyjnego. Ponadto niektóre pojazdy o nowoczesnej konstrukcji napędzane są silnikami umieszczonymi w piastach kół. Autobusy elektryczne są również wyposażone w system rekuperacji energii, czyli odzyskiwania energii (doładowania baterii) podczas hamowania.

Pojazdy elektryczne wykorzystywane do świadczenia usług komunikacji miejskiej dzieli się zazwyczaj ze względu na sposób ich ładowania:

- ładowanie stacjonarne – nocne (najczęściej na zajezdni małą mocą 30 - 60 kW);
- ładowanie stacjonarne – nocne w zajezdni wraz z doładowywaniem w ciągu dnia za pomocą stacji ładowania o średniej (100-200 kW) lub dużej mocy (300-600 kW);
- wyłącznie ładowanie szybkie na pętłach końcowych dużą mocą (300-600 kW). 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,
 - pantografy odwrócone, opuszczane z maszty pantografowego do strefy gniazda ładowania, ulokowanego na dachu autobusu;
- ładowanie dynamiczne w ruchu.

Wśród 4 metod ładowania, z technicznego punktu widzenia wyróżnić należy:

- ładowanie za pomocą złącza wtykowego;
- ładowanie w systemie czteroprzewodowym;
- ładowanie w systemie dwuprzewodowym;
- ładowanie dynamiczne w ruchu.

Istnieją także autobusy konstrukcyjnie przygotowane do szybkiej wymiany baterii, dzięki czemu możliwe jest jej ładowanie niezależnie od eksploatowanego pojazdu.

Przechowywanie energii: w przypadku autobusów elektrycznych istotnie ważną rolę odgrywa rodzaj baterii trakcyjnych pojazdu, która dobierana jest w zależności od potrzeb eksploatacyjnych zamawiającego. Obecnie rynek baterii dla pojazdów elektrycznych oparty jest w dużej mierze na technologiach litowo-jonowych. Najczęściej wykorzystywane są baterie LTO (Lithium-titanite Li4T5O12), LFP (Lithium-iron-phosphate LiFePO4) oraz NMC (Lithium Nickel Manganese Cobalt Oxide LiNiMnCoO2). Baterie typu „High Power” stosowane są w autobusach elektrycznych, w sytuacji, kiedy istnieje możliwość szybkiego

i dodatkowego doładowania na trasie, np. na pętli autobusowej. Natomiast baterie typu LFP lub NMC są wykorzystywane w pojazdach, które nie mają możliwości dodatkowego, kilkunastominutowego doładowania na trasie przejazdu. Te baterie są umieszczone w autobusie w wyznaczonych komorach lub przestrzeniach, aby zoptymalizować dystrybucję masy i zachować równowagę. Baterie typu „High Energy” zapewniają duży zasięg na pojedynczym ładowaniu. Dodatkowo wiele autobusów elektrycznych jest wyposażonych w systemy rekuperacji energii, które pozwalają na odzyskanie energii podczas hamowania lub zwalniania. Podczas hamowania energię kinetyczną przekształca się z powrotem na energię elektryczną i magazynuje w akumulatorach, co zwiększa efektywność energetyczną pojazdu.

Według danych prezentowanych przez miasta Polski eksploatujące bateryjne autobusy elektryczne w komunikacji miejskiej zużycie energii elektrycznej w eksploatacji na trakcję wynosi około 130,8 kWh/100 km w przypadku autobusów klasy MAXI oraz 152,4 kWh/100 km w przypadku autobusów klasy MEGA, co przy koszcie 1 kWh energii elektrycznej wynoszącym ok. 1,09 zł/kWh netto daje koszt wielkości 142,57 zł/100 km dla autobusu klasy MAXI i 166,12 zł/100 km dla autobusu klasy MEGA. Deklarowany przez producentów zasięg autobusów elektrycznych przy pełnym naładowaniu baterii wynosi ok. 200 km przy odpowiednich warunkach atmosferycznych³². Dodatkowo należy mieć na względzie, że niektóre autobusy napędzane energią elektryczną wykorzystują także olej napędowy na ogrzewanie i klimatyzację – w przypadku eksploatowanych autobusów klasy MAXI jest to 5,8 l/100 km, natomiast w przypadku autobusów klasy MEGA – 5,9 l/100 km.

Czas ładowania pojazdów elektrycznych uzależniony jest od mocy stacji ładowania, która powinna wynosić od 22 kW dla systemów ładowania nocnego (z czasem pełnego ładowania wynoszącym ok. 8-10 h) oraz od 200 kW dla systemów ładowania pantografowego bądź indukcyjnego (z czasem

pełnego ładowania wynoszącym ok. 1 h, co przy krótkotrwałym doładowaniu w czasie postoju wynoszącym 15 minut pozwoli wydłużyć przebieg pojazdu o ok. 35-40 km). Koszt budowy stacji ładowania zlokalizowanej w zajezdni autobusowej (ładowanie za pośrednictwem złącza wtykowego) o mocy 22 kW to koszt ok. 20.000,00 zł, dla stacji o mocy 120 kW to koszt ok. **129.000,00 zł**³³ (netto), natomiast stacji pantografowej – **532.576,00 zł**³⁴ (netto) zł, przy założeniu, iż nie jest wymagana budowa stacji transformatorowej. W przypadku takiej konieczności, łączną inwestycję w stację ładowania pantografowego należy szacować na **1 mln zł**, nie doliczając przy tym prac dodatkowych związanych np. z przebudową zatok. Rozwiązanie polegające na zakupie ładowarek mobilnych to koszt ok. **132.000,00 zł**³⁵ (netto) dla ładowarki o mocy 80 kW.

Uwzględniając uwarunkowania przestrzenne i eksploatacyjne sieci komunikacyjnej Miasta Suwałki zakłada się, iż autobusy o napędzie zeroemisyjnym będą wyposażone w baterie typu High Energy, o pojemności minimum 240 kWh dla pojazdów klasy MAXI, 116 kWh dla pojazdów klasy MINI/MIDI oraz o pojemności 350 kWh lub większej dla pojazdów klasy MEGA. Według danych producentów taki magazyn energii gwarantuje przejazd, w zależności od warunków atmosferycznych, około 130-215 km na jednym ładowaniu (215 km w okresie letnim i 130 km z ogrzewaniem elektrycznym w okresie zimowym). Jednakże, analizując wielomiesięczne dane eksploatacyjne autobusów elektrycznych eksploatowanych na terenie innych miast Polski, należy założyć średnie zużycie energii elektrycznej przez autobus klasy MAXI na 1 km o wartości 1,6 kWh, natomiast przez autobus klasy MEGA – 2,5 kWh przy odpowiednich warunkach atmosferycznych³⁶. Zużycie energii elektrycznej wzrasta, w okresach upałów, przy pracującej klimatyzacji, baterie pojazdu powinny więc posiadać pewien zapas pojemności, dla pokrycia zwiększonego zapotrzebowania na energię przy intensywnie pracującej klimatyzacji, nawet jeśli

³² Wpływ na zużycie energii przez pojazdy elektryczne ma przede wszystkim: prędkość, styl jazdy, topografia, warunki klimatyczne i obciążenie pojazdu.

³³ Kwota zgodna z zakupem dokonany w grudniu 2023 r., cena dotyczy dostawy samego urządzenia.

³⁴ Cena szacunkowa z rozeznania rynku I kw. 2024 za ładowarkę pantografową 400 kW, cena dotyczy dostawy samego urządzenia.

³⁵ Cena szacunkowa z rozeznania rynku I kw. 2024 r., cena dotyczy dostawy samego urządzenia.

³⁶ Wpływ na zużycie energii przez pojazdy elektryczne ma przede wszystkim: prędkość, styl jazdy, topografia, warunki klimatyczne i obciążenie pojazdu.

urządzenia klimatyzacyjne wspomagane są pompą ciepła.

Czas ładowania baterii autobusu o wielkości 350 kWh ładowarką o mocy 60 kW, zakłada się na 5 godzin.

Zakup autobusu elektrycznego (baterijnego) klasy MAXI to koszt około **2.760.000,00 zł**³⁷ netto, klasy MEGA – **3 430 000,00 zł**, a klasy MIDI – **2 100 000,00 zł**. Jednakże należy mieć tu na względzie deklarowany przez producentów okres żywotności baterii, gdyż po tym czasie (około 8 lat) należy dokonać jej wymiany. Poszczególne typy baterii cechują się dużym zróżnicowaniem cenowym, a jej koszt może wynieść nawet 20% ceny samego pojazdu. Z danych szacunkowych pozyskanych od producentów wynika, iż koszt nowego „pack’u” baterii trakcyjnej kształtuje się na poziomie 40.000-50.000 €/szt. Liczba packów/autobus wynosi 5-6 w zależności od wykonania, zatem szacowany koszt na autobus, przyjmując 1€=4,3zł, może kształtować się na poziomie od 5*40.000€ (860.000) do 6*50.000€ (1.290.000,00 zł). W obecnych trendach rozwiązań technicznych odchodzi się od pantografu zwiększając pojemność baterii poprzez dodanie ilości packów bateryjnych, których liczba obecnie może dochodzić nawet do 10 szt. na autobus.

Uwzględnić przy tym należy koszt utylizacji magazynów energii, po zakończonym procesie eksploatacji – utylizacja baterii to koszt 1 € za kilogram, tj. 4,3 zł za kilogram. Zakładając, iż waga baterii elektrycznej w autobusie, w zależności o pojemności i wybranego składu chemicznego, może wahać się od 500 kg do 1000 kg to należy przyjąć koszt utylizacji na poziomie około 4 300 zł.

Dodatkowo należy pamiętać, iż zwiększenie liczby autobusów zeroemisyjnych na sieci komunikacji miejskiej organizowanej przez Miasto Suwałki może być związane z koniecznością reorganizacji i przygotowania rozkładów jazdy w taki sposób, aby w danej chwili tylko jeden pojazd był zaplanowany do ładowania na danej stacji oraz aby dopasować niewielki zasięg autobusów elektrycznych do liczby kursów i przerw międzykursowych. Pozwoli to na najefektywniejsze korzystanie

z zainstalowanej infrastruktury ładowania i maksymalne wykorzystanie taboru zeroemisyjnego.

Zgodnie z zapisami w UoEiPA, uwzględniając stały poziom taboru wynoszący 46 pojazdów oraz po uwzględnieniu zaplanowanego do zakupienia jednego autobusu zeroemisyjnego przegubowego (MEGA), liczba autobusów zeroemisyjnych od 1 stycznia 2028 r. powinna wynosić 14 szt.

Zatem wariant inwestycyjny „1” to wariant wedle którego 20% taboru od 1 stycznia 2025 roku powinien stanowić tabor autobusowy zeroemisyjny (9 autobusów przy stanie inwentarzowym 46), natomiast od 1 stycznia 2028 r. – 30% (14 autobusów przy stanie inwentarzowym wynoszącym 46 pojazdów).

Dodatkowo należało tutaj pamiętać także o zachowaniu parytetu zakupowego (udział pojazdów zeroemisyjnych w realizowanych zamówieniach publicznych, wynikający z nowelizacji ustawy o elektromobilności (określonych w art. 68a i 68b)). Dla hipotetycznych założeń tego wariantu założono, iż zamówienie taboru wedle parytetu to jednocześnie jego dostarczenie i zmiana struktury taborowej operatorów.

W pierwszym etapie, do 1 stycznia 2025 r., zaleca się zakup 9 autobusów i wycofanie z eksploatacji pojazdów, które zgodnie z założeniami głównymi spełniają najniższe normy emisji spalin EURO i wykonują jednocześnie największą pracę eksploatacyjną. W etapie drugim modernizacji taboru, obsługującego sieć komunikacyjną Miasta Suwałk, zakłada się zakup i eksploatację dodatkowo 5 nowych bateryjnych pojazdów elektrycznych. Pojazdy te, podobnie jak w etapie pierwszym, powinny zastąpić pojazdy napędzane olejem napędowym, o najniższych normach emisji spalin EURO.

W związku z przyjętymi dla Wariantu „1” założeniami w 2028 r. sieć komunikacyjną Miasta Suwałk powinny obsługiwać łącznie 14 autobusów elektrycznych, co będzie stanowiło **30,43%** użytkowanego taboru. W wariantcie tym, dla autobusów ładowanych na terenie zajezdni metodą

³⁷ Na podstawie szacunków z I kw. 2024 r.

plug-in przed wyjazdem w trasę, przyjęto zastępowanie autobusów spalinowych analogiczną liczbą autobusów zeroemisyjnych.

Istotną kwestią jest zaznaczenie, że **powyższe rozważanie zostało stworzone przy zachowaniu stałego poziomu taboru, tj. 46 pojazdów samochodowych**. Wymiana taboru może nastąpić

znacznie szybciej i przy większych jednorazowych zakupach, jeżeli zostaną pozyskane dodatkowe środki na zakup z zewnętrznych funduszy.

Szczegółowe założenia dotyczące liczby taboru w latach Analizy 2024-2028, dla Wariantu „1” przedstawiono w Tabeli 20.

Tabela 20. Przyjęta struktura taboru do wymiany w ramach Wariantu „1”

Wariant "1"						
	2023	2024	2025	2026	2027	2028
ON						
EURO III	2	0	0	0	0	0
EURO V	25	18	18	18	13	13
EURO VI	0	0	0	0	0	0
CNG						
EURO III	0	0	0	0	0	0
EURO V	0	0	0	0	0	0
EURO VI	19	19	19	19	19	19
EEV						
-	0	9	9	9	14	14
FCEF						
-	0	0	0	0	0	0
RAZEM	46	46	46	46	46	46

Źródło: opracowanie własne.

Podstawową zaletą wyboru Wariantu „1” jest znaczne ograniczenie wpływu funkcjonowania transportu publicznego na środowisko. Brak emisji lokalnej w miejscu eksploatacji oraz zmniejszenie poziomu hałasu i drgań wpływa bezpośrednio na jakość życia mieszkańców w miejscu użytkowania pojazdów. Należy też wziąć pod uwagę trend zwiększenia udziału w miksie energetycznym Odnawialnych Źródeł Energii. Zgodnie z „Krajowym planem na rzecz energii i klimatu na lata 2021-2030” udział OZE w miksie energetycznym ma się zwiększać, zgodnie z poniższą listą:

- 2022 r.: 16,4%;
- 2025 r.: 18,4%;
- 2027 r.: 20,2%.

Dzięki tym działaniom inwestowanie w autobusy elektryczne staje się jeszcze bardziej zasadne z uwagi na redukcję zanieczyszczeń nie tylko

lokalnie, ale także globalnie. Wspomnieć należy również o licznych konkursach na dofinansowanie zakupu pojazdów zeroemisyjnych organizowanych przez różne jednostki z których mogą korzystać samorządy. Dzięki takim działaniom cena za pojazd elektryczny może być wkrótce mniejsza niż zakup pojazdu z silnikiem spalinowym.

Główną wadą dla Wariantu „1” jest ograniczony zasięg autobusu elektrycznego, który jest zależny od wielu czynników, takich jak: warunki atmosferyczne, pochylenie terenu, ilość pasażerów czy stopień zużycia baterii. Dodatkowo koszty autobusu elektrycznego są 2-2,5 razy większe względem zakupu pojazdu z napędem konwencjonalnym. Dodatkowo w przypadku realizacji Wariantu „1” konieczne jest poniesienie zdecydowanie wyższych kosztów inwestycyjnych w infrastrukturę ładującą, w porównaniu do Wariantu „0”.

3.5 Wariant inwestycyjny „2”

Wariant inwestycyjny „2” zakłada rozwój publicznego transportu zbiorowego dla Miasta Suwałk z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych wykorzystujących do napędu energię elektryczną wytworzoną z wodoru, w zainstalowanych w nim ogniwach paliwowych (zwanych dalej autobusami wodorowymi).

Wariant „2”, wariant inwestycyjny, zakłada eksploatację dotychczas wykorzystywanego taboru autobusowego, który sukcesywnie, zgodnie z regulami ujętymi w UoEiPA, będzie podlegać wymianie na tabor zeroemisyjny; tu: autobusy zeroemisyjne napędzane energią elektryczną – autobusy elektryczne z podstawą zasilania energią elektryczną wytwarzaną podczas jazdy w ogniwie paliwowym zasilanym wodorem (H₂), a także uwzględnia szacunkowe koszty: eksploatacji pojazdów, budowy punktów ładowania wraz z uśrednionymi kosztami wykonania stacji tankowania wodoru, koszt dostosowania baz autobusowych do obsługi pojazdów wodorowych, a także uwzględniający utrzymanie na dotychczasowym poziomie podaży miejsc w autobusach.

Autobusy wodorowe działają na zasadzie wykorzystania wodoru jako nośnika energii, który jest następnie przekształcany w energię elektryczną poprzez reakcję chemiczną w ogniwach paliwowych – wykorzystywany jest do tego proces elektrochemiczny, który zachodzi w tzw. ogniwach paliwowych, gdzie wodór w postaci gazu dostaje się do anody ogniwa paliwowego i w procesie katalizy rozszczepia się na tworzące go protony i elektrony, a przepływ elektronów wytwarza energię elektryczną. Do ogniwa paliwowego dostaje się tlen, elektrony i protony łączą się, tworząc wodę i ciepło. W taki sposób pojazdy napędzane wodorem emitują do powietrza wyłącznie wodę i parę wodną.

Magazynowanie wodoru: wyprodukowany wodór jest magazynowany w zbiornikach wodorowych w odpowiednio przystosowanych zbiornikach umieszczonych na dachu autobusu, o pojemności około 205 litrów (4,96 kg wodoru na zbiornik)³⁸. Te zbiorniki muszą być odpowiednio zaprojektowane

i zabezpieczone, aby zapewnić bezpieczne przechowywanie wysokozapalnego wodoru.

Efektom przetwarzania wodoru przez ogniwo paliwowe jest para wodna oraz ciepło, co powoduje, że eksploatacja takiego autobusu jest bardzo korzystna dla środowiska, a w konsekwencji dla mieszkańców danego obszaru. W pojeździe klasy MAXI magazynowane jest, w formie sprężonej w odpowiednio przystosowanych zbiornikach umieszczonych na dachu autobusu, ok. 34 kg wodoru, a zainstalowane ogniwo paliwowe ma moc 60 kW³⁹. Autobusy te wyposażone są dodatkowo w baterie, które mają za zadanie poprawić wydajność i umożliwić rekuperację energii podczas hamowania. Napędzanie silnika elektrycznego: wyprodukowana energia elektryczna jest przekazywana do silnika elektrycznego autobusu, który napędza pojazd. Silniki elektryczne są bardzo efektywne i oferują płynną i cichą jazdę.

Autobusy te wyposażone są dodatkowo w baterie, które mają za zadanie poprawić wydajność i umożliwić rekuperację energii podczas hamowania. Zgodnie z zapisami w UoEiPA, uwzględniając stały poziom użytkowanego przez PGK w Suwałkach Sp. z o.o. taboru wynoszący 46 pojazdów oraz po uwzględnieniu zaplanowanego do zakupu jednego autobusu zeroemisyjnego przegubowego (MEGA), liczba autobusów zeroemisyjnych od 1 stycznia 2028 r. powinna wynosić 14 szt.

W pierwszym etapie, do 1 stycznia 2025 r., zaleca się zakup 9 autobusów i wycofanie z eksploatacji pojazdów, które zgodnie z założeniami głównymi spełniają najniższe normy emisji spalin EURO i wykonują jednocześnie największą pracę eksploatacyjną. W etapie drugim modernizacji taboru, obsługującego sieć komunikacji miejskiej Miasta Suwałk, zakłada się zakup i eksploatację dodatkowo 5 nowych autobusów elektrycznych z podstawą zasilania energią elektryczną wytwarzaną podczas jazdy w ogniwie paliwowym zasilanym wodorem. Pojazdy te, podobnie jak w etapie pierwszym, powinny zastąpić pojazdy napędzane olejem napędowym, o najniższych wówczas normach emisji spalin EURO.

³⁸ Figaszewski M., SOLARIS, „Pojazdy komunikacji publicznej wykorzystujące wodór”.

³⁹ Jw.

W związku z przyjętymi dla Wariantu „2” założeniami w 2028 r. sieć komunikacji miejskiej Miasta Suwałk powinno obsługiwać łącznie 14 samochodowych pojazdów elektrycznych-wodorowych, co będzie stanowiło 30,43% użytkowanego taboru.

Istotną kwestią jest zaznaczenie, że **powyższe rozważanie zostało stworzone przy zachowaniu**

stałego poziomu taboru, tj. 46 pojazdów samochodowych. Wymiana taboru może nastąpić znacznie szybciej i przy większych jednorazowych zakupach, jeżeli zostaną pozyskane dodatkowe środki na zakup z zewnętrznych funduszy.

Szczegółowe założenia dotyczące liczby taboru w latach Analizy 2024-2028, dla Wariantu „2” przedstawiono w Tabeli 21.

Tabela 21. Przyjęta struktura taboru do wymiany w ramach Wariantu „2”

	Wariant "2"					
	2023	2024	2025	2026	2027	2028
ON						
EURO III	2	0	0	0	0	0
EURO V	25	18	18	18	13	13
EURO VI	0	0	0	0	0	0
CNG						
EURO III	0	0	0	0	0	0
EURO V	0	0	0	0	0	0
EURO VI	19	19	19	19	19	19
EEV						
-	0	0	0	0	0	0
FCEF						
-	0	9	9	9	14	14
RAZEM	46	46	46	46	46	46

Źródło: opracowanie własne.

Należy podkreślić, iż główną zaletą wdrożenia Wariantu „2” - wodorowego jest to, że autobusy napędzane wodorem mają znikomy wpływ na środowisko naturalne, co w przypadku rozważania wdrożenia nowego taboru obsługującego sieć komunikacyjną Miasta Suwałk jest niezwykle istotne – w cyklu 12-letniej eksploatacji tego typu pojazdu możliwe jest ograniczenie emisji do atmosfery NOx oraz około 800 ton dwutlenku węgla. Ponadto, silniki autobusów na wodór są cichsze od tradycyjnych napędów (autobus wodorowy w ruchu emituje hałas 40 dB, natomiast autobus spalinowy 90 dB)⁴⁰. Podkreślić należy także, że zasięg autobusu napędzanego wodorem jest porównywalny do zasięgu o napędzie tradycyjnym (400–450 km⁴¹), a czas tankowania wodoru wynosi zaledwie 10 minut. Koszty eksploatacyjne, w porównaniu do kosztów eksploatacyjnych pojazdów napędzanych paliwami

konwencjonalnymi, są zdecydowanie wyższe (cena za jeden kilogram wodoru to około 67,20 zł/kg⁴², co oznacza, że przejechanie 100 km autobusem z napędem wodorowym kosztuje ok. 244 zł, gdzie przejechanie tego samego odcinka drogi autobusem o napędzie konwencjonalnym to koszt około 170 zł⁴³). Na uwagę należy mieć także bardzo wysokie koszty inwestycyjne, zarówno w zakresie zakupu taboru jak i wybudowania infrastruktury do tankowania wodoru. Zakup autobusu zeroemisyjnego napędzanego energią elektryczną – autobusu elektrycznego z podstawą zasilania energią elektryczną wytwarzaną podczas jazdy w ogniwie paliwowym zasilanym wodorem (H₂) to koszt około **3 800 000,00 zł**⁴⁴(netto) za autobus klasy MEGA, **3 200 000,00 zł** (netto) za autobus klasy MAXI oraz **2 600 000,00 zł** (netto) za autobus klasy MIDI.

⁴⁰ Obserwatorium Rynku Paliw Alternatywnych, PKN Orlen wybuduje hub wodorowy we Włocławku, www.orpa.pl, TOR Zespół Doradców Gospodarczych, Transport kluczem do rozwoju technologii wodorowych w Polsce.

⁴¹ Przy uwzględnieniu, że pojemność butli z wodorem wynosi 34 kg bez uwzględnienia komfortu termicznego.

⁴² Cena średnia obliczona na podstawie zamówień dokonanych w 2023 r. w Rybniku (69,003 zł/kg), Poznaniu (56,457 zł/kg) i Katowicach (73,308 zł/kg). Ceny dotyczą dostawy paliwa wraz z usługą tankowania.

⁴³ Powyższe dane przedstawione są dla autobusu klasy MAXI.

⁴⁴ Cena wskazana na podstawie ofert handlowych producentów autobusów, pozyskanych przez MZA w 2023 r.

⁴⁵ W rozstrzygniętym przetargu w Chelmie na 26 autobusów wodorowych klasy MAXI cena jednostkowa za jeden pojazd kształtowała się na poziomie 3.730.576,93 zł.

3.6 Wyznaczenie linii przeznaczonych do obsługi przez autobusy zeroemisyjne

W celu wskazania najkorzystniejszych tras sieci komunikacyjnej, na których autobusy zeroemisyjne będą wykonywały przewozy w zakresie publicznego transportu zbiorowego należy przeprowadzić szczegółową analizę parametrów technicznych danej trasy, jej przebiegu oraz zakres przestrzenny obsługi obszaru miejskiego.

Następnie na tej podstawie można wskazać potrzeby dotyczące infrastruktury ładowania jakie powinny znaleźć się na trasach przejazdu lub na bazie Operatora.

Rekomenduje się⁴⁶, aby pojazdy zeroemisyjne przeznaczone były w pierwszej kolejności do obsługi linii, która:



obsługuje **obszary miejskie charakteryzujące się intensywną zabudową wielorodzinną**, dzięki czemu zeroemisyjne pojazdy, które nie emitują wysokich dźwięków ograniczą negatywny wpływ transportu na życie mieszkańców gęstej zabudowy;



charakteryzuje się **dużym poziomem dobowego i rocznego wykorzystania taboru**;



obsługuje **obszar Miasta charakteryzujący się dużą gęstością przystanków autobusowych**;



obsługuje **obszar Miasta o jak najmniejszych różnicach poziomów terenu**; stanowi **element skoordynowanego systemu obsługi terenu śródmieścia** wieloma liniami;



podatna jest na kongestię drogową (trasa powinna charakteryzować się dużą liczbą zatrzymań na przystankach komunikacyjnych oraz pomiędzy nimi, a także niewielką prędkością jazdy);



przebieg trasy obejmuje obecne lub planowane strefy ograniczonego ruchu/ strefy ekologiczne/ strefy czystego powietrza lub przebiega przez historyczny obszar Miasta lub obszar turystyczno-rekreacyjny.

⁴⁶ Rekomendacje zgodne z Przewodnikiem dla Jednostek Samorządu Terytorialnego, Przedsiębiorstw Użyteczności Publicznej i Prywatnych Przewoźników „Elektromobilność w transporcie publicznym. Praktyczne aspekty wdrażania”, Polskie Stowarzyszenie Paliw Alternatywnych, Warszawa 2018.

Analiza wielokryterialna rozkładów jazdy oraz koniecznych do spełnienia przesłanek do elektryfikacji linii wskazała następujące predysponowane linie komunikacyjne do obsługi autobusami elektrycznymi: **2, 11, 14, 18, 19 i 21**.

Najlepsze warunki do obsługi autobusami elektrycznymi spełniają linie: **11 i 19**.

Uzupełniająco autobusy elektryczne powinny być przeznaczone do obsługi pozostałych linii komunikacyjnych w porach o zmniejszonym zapotrzebowaniu na autobusy na liniach całkowicie zelektryfikowanych.

Tabela 22. Szczegółowa charakterystyka linii nr 2 – predysponowanej linii do elektryfikacji



Czynniki sprzyjające wprowadzeniu autobusów zeroemisyjnych	Linia 2
Typ linii	podmiejska
Dni obsługi	dni powszednie szkolne; dni powszednie ferie/wakacje; soboty; niedziele i święta
Obsługuje obszary miejskie, charakteryzujące się intensywną zabudową wielorodzinną	Tak, linia nr 2 łączy osiedle Północ II zlokalizowane w północnej części Miasta, przebiega przez obszar gęsto zaludnionego śródmieścia i komunikuje z Miastem miejscowość Krzywe (wybrane kursy również Sobolewo)
Charakteryzuje się dużym poziomem dobowego i rocznego wykorzystania taboru	133 389,56 km (plan na 2024 r.)
Obsługuje obszar Miasta charakteryzujący się dużą gęstością przystanków autobusowych	Przebiega przez obszar gęstej sieci przystanków autobusowych
Obsługuje obszar Miasta o jak najmniejszych różnicach poziomów terenu	Linia nr 2 przebiega przez obszar o niewielkich różnicach terenu
Stanowi element skoordynowanego systemu obsługi terenu śródmieścia wieloma liniami	Linia nr 2 jest skoordynowana z następującymi liniami: 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 24 i 26
Podatna jest na kongestię drogową	Tak. Linia nr 2 poprowadzona jest wzdłuż ulic, które charakteryzują się dużym natężeniem ruchu.
Średnia prędkość komunikacyjna autobusów	21,04 km/h
Średnia prędkość techniczna autobusów	22,57 km/h
Średni czas przejazdu	00:16
Średnia długość kursu	11,26 km
Uśredniona liczba przystanków (zatrzymań)	16
Przebieg trasy obejmuje obecne lub planowane strefy ograniczonego ruchu/ strefy ekologiczne/ strefy czystego powietrza lub przebiega przez historyczny obszar Miasta	Linia przebiega przez obszar Śródmieścia.

Tabela 23. Szczegółowa charakterystyka linii nr 11 – predysponowanej linii do elektryfikacji



Czynniki sprzyjające wprowadzeniu autobusów zeroemisyjnych	Linia 11
Typ linii	miejska
Dni obsługi	dni powszednie szkolne; dni powszednie ferie/wakacje; soboty; niedziele i święta
Obsługuje obszary miejskie, charakteryzujące się intensywną zabudową wielorodzinną	Tak, linia nr 11 łączy Osiedle Północ II, Śródmieście, Osiedle Piastowskie z południową częścią Miasta, obsługując tym samym liczne obiekty użyteczności publicznej i generatory ruchu
Charakteryzuje się dużym poziomem dobowego i rocznego wykorzystania taboru	117 526,96 km (plan na 2024 r.)
Obsługuje obszar Miasta charakteryzujący się dużą gęstością przystanków autobusowych	Przebiega przez obszar gęstej sieci przystanków autobusowych
Obsługuje obszar Miasta o jak najmniejszych różnicach poziomów terenu	Linia nr 11 przebiega przez obszar o niewielkich różnicach terenu
Stanowi element skoordynowanego systemu obsługi terenu śródmieścia wieloma liniami	Linia nr 11 jest skoordynowana z następującymi liniami: 1, 2, 3, 5, 6, 7, 10, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 i 22
Podatna jest na kongestię drogową	Tak. Linia nr 11 poprowadzona jest wzdłuż ulic, które charakteryzują się dużym natężeniem ruchu.
Średnia prędkość komunikacyjna autobusów	23,72 km/h
Średnia prędkość techniczna autobusów	29,18 km/h
Średni czas przejazdu	00:38
Średnia długość kursu	18,81 km
Uśredniona liczba przystanków (zatrzymań)	24
Przebieg trasy obejmuje obecne lub planowane strefy ograniczonego ruchu/ strefy ekologiczne/ strefy czystego powietrza lub przebiega przez historyczny obszar Miasta	Linia przebiega przez obszar Śródmieścia.

Tabela 24. Szczegółowa charakterystyka linii nr 14 – predysponowanej linii do elektryfikacji



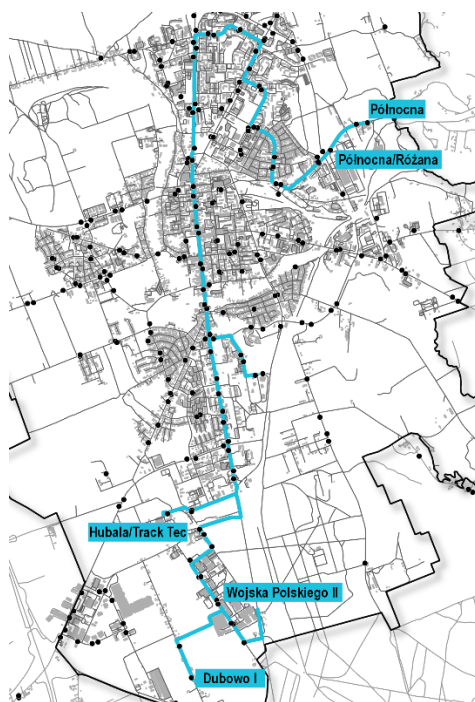
Czynniki sprzyjające wprowadzeniu autobusów zeroemisyjnych	Linia 14
Typ linii	podmiejska
Dni obsługi	dni powszednie szkolne; dni powszednie ferie/wakacje; soboty; niedziele i święta
Obsługuje obszary miejskie, charakteryzujące się intensywną zabudową wielorodzinną	Tak, linia nr 14 przebiega od pętli zlokalizowanej w północno-zachodniej części Miasta (Krzywólka) do pętli zlokalizowanej w południowo-wschodniej części Suwałk (Sejneńska), obsługując tym samym Śródmieście i liczne obiekty użyteczności publicznej i generatory ruchu
Charakteryzuje się dużym poziomem dobowego i rocznego wykorzystania taboru	166 873,84 km (plan na 2024 r.)
Obsługuje obszar Miasta charakteryzujący się dużą gęstością przystanków autobusowych	Przebiega przez obszar gęstej sieci przystanków autobusowych
Obsługuje obszar Miasta o jak najmniejszych różnicach poziomów terenu	Linia nr 14 przebiega przez obszar o niewielkich różnicach terenu
Stanowi element skoordynowanego systemu obsługi terenu śródmieścia wieloma liniami	Linia nr 14 jest skoordynowana z następującymi liniami: 2, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23 i 24
Podatna jest na kongestię drogową	Tak. Linia nr 14 poprowadzona jest wzdłuż ulic, które charakteryzują się dużym natężeniem ruchu.
Średnia prędkość komunikacyjna autobusów	20,48 km/h
Średnia prędkość techniczna autobusów	24,95 km/h
Średni czas przejazdu	00:27
Średnia długość kursu	13,31 km
Uśredniona liczba przystanków (zatrzymań)	21
Przebieg trasy obejmuje obecne lub planowane strefy ograniczonego ruchu/ strefy ekologiczne/ strefy czystego powietrza lub przebiega przez historyczny obszar Miasta	Linia przebiega przez obszar Śródmieścia.

Tabela 25. Szczegółowa charakterystyka linii nr 18 – predysponowanej linii do elektryfikacji



Czynniki sprzyjające wprowadzeniu autobusów zeroemisyjnych	Linia 18
Typ linii	miejska
Dni obsługi	dni powszednie szkolne; dni powszednie ferie/wakacje; soboty; niedziele i święta
Obsługuje obszary miejskie, charakteryzujące się intensywną zabudową wielorodzinną	Tak, linia nr 18 przebiega z północy na południe Miasta - od Szpitala przy ul. Szpitalnej do Osiedla II, obsługując tym samym Śródmieście i liczne obiekty użyteczności publicznej oraz generatory ruchu
Charakteryzuje się dużym poziomem dobowego i rocznego wykorzystania taboru	110 897,29 km (plan na 2024 r.)
Obsługuje obszar Miasta charakteryzujący się dużą gęstością przystanków autobusowych	Przebiega przez obszar gęstej sieci przystanków autobusowych
Obsługuje obszar Miasta o jak najmniejszych różnicach poziomów terenu	Linia nr 18 przebiega przez obszar o niewielkich różnicach terenu
Stanowi element skoordynowanego systemu obsługi terenu śródmieścia wieloma liniami	Linia nr 18 jest skoordynowana z następującymi liniami: 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 13, 14, 16, 17, 20, 22, 23, 24 i 26
Podatna jest na kongestię drogową	Tak. Linia nr 18 poprowadzona jest wzdłuż ulic, które charakteryzują się dużym natężeniem ruchu.
Średnia prędkość komunikacyjna autobusów	17,45 km/h
Średnia prędkość techniczna autobusów	21,99 km/h
Średni czas przejazdu	00:30
Średnia długość kursu	11,65 km
Uśredniona liczba przystanków (zatrzymań)	25
Przebieg trasy obejmuje obecne lub planowane strefy ograniczonego ruchu/ strefy ekologiczne/ strefy czystego powietrza lub przebiega przez historyczny obszar Miasta	Linia przebiega przez obszar Śródmieścia.

Tabela 26. Szczegółowa charakterystyka linii nr 19 – predysponowanej linii do elektryfikacji

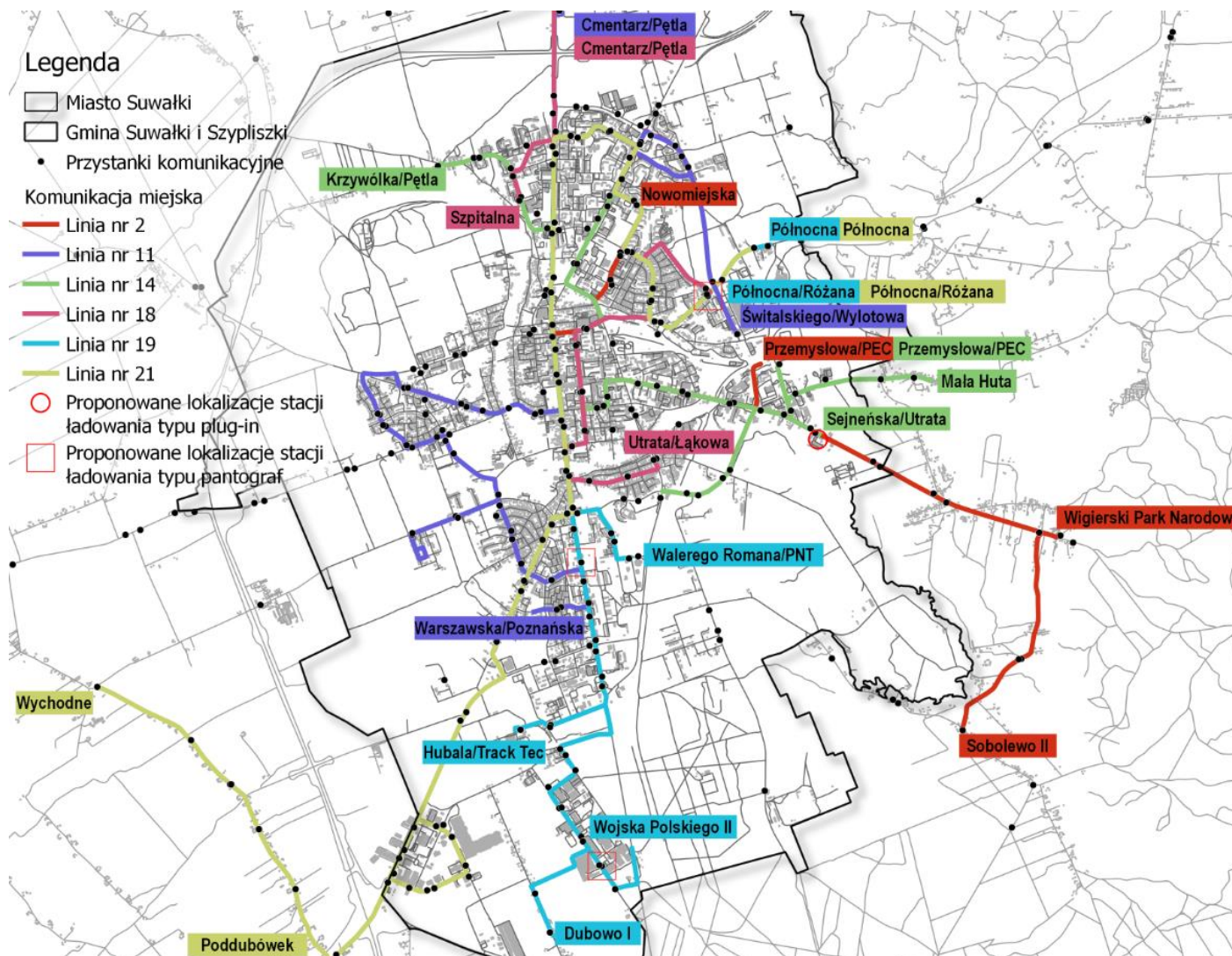


Czynniki sprzyjające wprowadzeniu autobusów zeroemisyjnych	Linia 19
Typ linii	miejska
Dni obsługi	dni powszednie szkolne; dni powszednie ferie/wakacje; soboty; niedziele i święta
Obsługuje obszary miejskie, charakteryzujące się intensywną zabudową wielorodzinną	Tak, linia nr 19 przebiega z północy na południe Miasta - od Osiedla Północ II do Suwalskiej Specjalnej Strefy Ekonomicznej, przebiegając przez obszar Śródmieścia, obsługując tym samym liczne generatory ruchu
Charakteryzuje się dużym poziomem dobowego i rocznego wykorzystania taboru	285 403,63 km (plan na 2024 r.)
Obsługuje obszar Miasta charakteryzujący się dużą gęstością przystanków autobusowych	Przebiega przez obszar gęstej sieci przystanków autobusowych
Obsługuje obszar Miasta o jak najmniejszych różnicach poziomów terenu	Linia nr 19 przebiega przez obszar o niewielkich różnicach terenu
Stanowi element skoordynowanego systemu obsługi terenu śródmieścia wieloma liniami	Linia nr 19 jest skoordynowana z następującymi liniami: 6, 10, 11, 13, 15, 16, 17, 20, 21, 23
Podatna jest na kongestię drogową	Tak. Linia nr 19 poprowadzona jest wzdłuż ulic, które charakteryzują się dużym natężeniem ruchu.
Średnia prędkość komunikacyjna autobusów	19,88 km/h
Średnia prędkość techniczna autobusów	24,87 km/h
Średni czas przejazdu	00:34
Średnia długość kursu	14,32 km
Uśredniona liczba przystanków (zatrzymań)	29
Przebieg trasy obejmuje obecne lub planowane strefy ograniczonego ruchu/ strefy ekologiczne/ strefy czystego powietrza lub przebiega przez historyczny obszar Miasta	Linia przebiega przez obszar Śródmieścia.

Tabela 27. Szczegółowa charakterystyka linii nr 21 – predysponowanej linii do elektryfikacji



Czynniki sprzyjające wprowadzeniu autobusów zeroemisyjnych	Linia 21
Typ linii	podmiejska
Dni obsługi	dni powszednie szkolne; dni powszednie ferie/wakacje; soboty; niedziele i święta
Obsługuje obszary miejskie, charakteryzujące się intensywną zabudową wielorodzinną	Tak, linia nr 21 przebiega z północy na południe Miasta - od Osiedla Północ II do Suwalskiej Specjalnej Strefy Ekonomicznej, a wybrane kursy obsługują dodatkowo Poddubówek i Wychodne, przebiegając przez obszar Śródmieścia, obsługując tym samym liczne generatory ruchu
Charakteryzuje się dużym poziomem dobrego i rocznego wykorzystania taboru	134 180,82 km (plan na 2024 r.)
Obsługuje obszar Miasta charakteryzujący się dużą gęstością przystanków autobusowych	Przebiega przez obszar gęstej sieci przystanków autobusowych
Obsługuje obszar Miasta o jak najmniejszych różnicach poziomów terenu	Linia nr 21 przebiega przez obszar o niewielkich różnicach terenu
Stanowi element skoordynowanego systemu obsługi terenu śródmieścia wieloma liniami	Linia nr 21 jest skoordynowana z następującymi liniami: 6, 10, 11, 13, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 23
Podatna jest na kongestię drogową	Tak. Linia nr 21 poprowadzona jest wzdłuż ulic, które charakteryzują się dużym natężeniem ruchu.
Średnia prędkość komunikacyjna autobusów	20,76 km/h
Średnia prędkość techniczna autobusów	24,69 km/h
Średni czas przejazdu	00:39
Średnia długość kursu	16,44 km
Uśredniona liczba przystanków (zatrzymań)	31
Przebieg trasy obejmuje obecne lub planowane strefy ograniczonego ruchu/ strefy ekologiczne/ strefy czystego powietrza lub przebiega przez historyczny obszar Miasta	Linia przebiega przez obszar Śródmieścia.



Rysunek 2. Predysponowane linie do elektryfikacji

Źródło: opracowanie własne

3.7 Porównanie alternatywnych wariantów inwestycyjnych

Wariant „1” oraz Wariant „2” zakładają zakup oraz eksploatację nowego taboru autobusowego o napędzie zeroemisyjnym, który będzie w stanie zastąpić pojazdy o napędzie konwencjonalnym. Zamiana pojazdów z napędem konwencjonalnym na pojazdy zeroemisyjne przyczyni się w dużej mierze do poprawy czynników ekologicznych.

Do czynników ekologicznych, na które wpływ ma konwersja floty autobusów o napędzie konwencjonalnym na autobusy o napędzie zeroemisyjnym można zaliczyć:



poprawę jakości powietrza



poprawę zdrowia mieszkańców



redukcję negatywnego wpływu komunikacji autobusowej na zmiany klimatyczne



zmniejszenie poziomu hałasu

Porównując wszystkie zaprezentowane warianty ze sobą można zauważyć, że wprowadzenie Wariantu „1” lub Wariantu „2” pozytywnie wpłynie na środowisko naturalne, co będzie prowadziło do poprawy jakości życia mieszkańców m.in. Miasta Suwałk, Gminy Suwałk i Gminy Szypliszki. Autobusy o napędzie zeroemisyjnym obsługujące linie komunikacyjne pozwolą na zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych emitowanych przez transport zbiorowy w centrum Miasta, jak również na pozostałych trasach. Natomiast zaniechanie wdrożenia Wariantu „1” lub Wariantu „2” będzie skutkowało corocznym pogarszaniem się stanu powietrza.

W związku z czym porównując warianty inwestycyjne pod względem ekologicznym można zauważyć, że w przypadku nie podjęcia inwestycji stan środowiska będzie się pogarszał ze względu na coraz większą emisję niebezpiecznych substancji wytwarzanych przez transport publiczny (autobusy spalinowe).

Koszt zakupu pojazdów z napędem zeroemisyjnym oraz infrastruktury do ich obsługi przewyższa zakup pojazdów z napędem konwencjonalnym, jednak rynek motoryzacyjny w zakresie pojazdów o napędzie alternatywnym dynamicznie się rozwija, zatem można spodziewać się, że koszty te będą się zmniejszały. Ponadto należy zauważyć, że

późniejsze koszty eksploatacyjne tego typu pojazdów są zdecydowanie niższe.






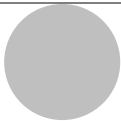






Rozważając wdrożenie wariantu inwestycyjnego, Wariantu „1” lub Wariantu „2” należy stwierdzić, że autobusy zasilane energią elektryczną, wytwarzaną podczas jazdy w ogniwie paliwowym zasilanym wodorem (H₂), mają przewagę nad baterijnymi pojazdami elektrycznymi ze względu na zdecydowanie większy zasięg i krótki czas ładowania, porównywalny do czasu tankowania pojazdów o napędzie konwencjonalnym. Jednakże na chwilę obecną koszty produkcji i zakupu pojazdów wodorowych są zbyt wysokie i bez odpowiedniego dofinansowania ich zakup dla wielu jednostek samorządowych jest niemożliwy. Podobnie kwestia wygląda z infrastrukturą, gdzie koszt budowy stacji tankowania wodoru kilkukrotnie przewyższa koszt budowy stacji paliw lub koszt zakupu ładowarek dla BEV. Można spodziewać się, iż wraz z rozwojem rynku motoryzacyjnego koszty stacji tankowania wodoru będą maleć, a zatem autobusy wodorowe będą stanowiły realną konkurencję dla bateryjnych autobusów elektrycznych, zważywszy również na fakt, iż sieć energetyczna w Polsce jest coraz bardziej obciążona, a zatem koszty infrastruktury pojazdów elektrycznych mogą z czasem wzrastać. Dodatkowym i kosztownym aspektem w przypadku pojazdów napędzanych wodorem jest konieczność zapewnienia odpowiedniego szkolenia dla

kierowców, zarówno w zakresie działania pojazdów, jak i w zakresie obsługi technicznej i zapewnienia bezpieczeństwa.

Porównując wszystkie zaprezentowane warianty ze sobą należy podkreślić, że implementacja wariantów inwestycyjnych pozytywnie wpłynie na środowisko naturalne, co będzie prowadziło do poprawy jakości życia, w szczególności obszarów silnie zurbanizowanych. Autobusy o napędzie zeroemisyjnym, obsługujące w pierwszej kolejności najważniejsze arterie Miasta Suwałki, pozwolą na zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych emitowanych przez transport zbiorowy w centrum Miasta, jak również na pozostałych trasach. Natomiast zaniechanie wdrożenia Wariantu zeroemisyjnego lub Wariantu zeroemisyjnego - wodorowego będzie skutkowało kontynuacją nadmiernego zanieczyszczenia środowiska naturalnego. Jednakże tu należy mieć na względzie

zdecydowanie wyższe koszty inwestycyjne w tabor zeroemisyjny niż w tabor o napędzie konwencjonalnym. Nadto zakup pojazdów elektrycznych (baterijnych) wiąże się z okresową wymianą baterii pokładowych pojazdów, co generuje dodatkowe koszty inwestycyjne po ok. 8 latach od zakupu taboru. Istotnym problemem dla Wariantu inwestycyjnego zeroemisyjnego - wodorowego jest brak stosownej infrastruktury tankowania wodoru.

Nadto podkreślić należy w odniesieniu do Wariantu bazowego, że gaz ziemny jest paliwem kopalnym oraz w dużej mierze importowanym do Polski. Rozwój transportu napędzanego gazem będzie oznaczał trwałe uzależnienie od dostaw tego surowca z zagranicy, bo udział krajowej produkcji będzie spadał. Dodatkowo należy pamiętać, iż ani tabor zasilany CNG ani pojazdy hybrydowe nie spełniają wymogów art. 36 ustawy o elektromobilności.

	Wariant bazowy „0”	Wariant „1”	Wariant „2”
Koszt inwestycyjny w tabor [OCENA]			
Koszt inwestycyjny w infrastrukturę towarzyszącą [OCENA]			
Koszty eksploatacyjne [OCENA]			
Monetyzacja efektów środowiskowych -różnicowo [OCENA]			

Odnosząc się do powyższej tabeli można zauważyć, że aspekty środowiskowe zdecydowanie przeważają na korzyść Wariantu „1” i Wariantu „2”, a co za tym idzie Inwestycja w pojazdy zeroemisyjne zdecydowanie pozytywnie wpłynie na jakość powietrza.

Koszty eksploatacyjne również w przypadku ww. wariantów są niższe niż w przypadku Wariantu „0” jednak w porównaniu do kosztów inwestycyjnych, dotyczących zarówno taboru jak i infrastruktury, sytuacja ulega zmianie. Wariant „0” jest wariantem

najbardziej opłacalnym biorąc pod uwagę powyższe koszty. Wariant „2” generuje wysokie koszty inwestycyjne z uwagi na wykorzystanie technologii wodorowej, która jest dopiero rozwijana.

Najkorzystniejszym wariantem wydają się zatem Wariant „1”, który przy średnich kosztach zakupu pojazdów oraz infrastruktury potrzebnej do ich obsługi pozwoli na uzyskanie bardzo dobrych efektów ekologicznych oraz względnie niskich kosztów eksploatacyjnych.

4. Wyniki Analizy

4.3 Analiza finansowo-ekonomiczna

Analizę przedstawiono w modelu różnicowym, tj. zakładającym zmiany poszczególnych parametrów Inwestycji (wartości nakładów inwestycyjnych, kosztów bieżącego funkcjonowania taboru) wskazując efekty przyrostowe danych wariantów w perspektywie 15 lat rozumianego jako ekonomiczny cykl życia projektu (Inwestycji).

Analiza kosztów i korzyści została opracowana w odniesieniu do floty pojazdów wykorzystywanych do realizacji zadań publicznego transportu zbiorowego przez Operatorów na obszarze, gdzie organizatorem jest Miasto Suwałki.

W ramach przedmiotowej analizy rozważane są trzy rodzaje Inwestycji, z tego:

- **Wariant „0” – bazowy:** wymiana części taboru na nowy o napędzie konwencjonalnym zasilanym ON, spełniającym normy emisji spalin EURO 6
- **Wariant „1” – elektryczny bateryjny:** wymiana części taboru na nowy zeroemisyjny o napędzie elektrycznym (bateryjny) wraz ze stacją ładowania typu plug – in oraz pantograf.

- **Wariant „2” – elektryczny wodorowy:** wymiana części taboru na nowy zeroemisyjny o napędzie wodorowym wraz ze stacją tankowania.

Analiza ekonomiczno-finansowa została przeprowadzona w cenach stałych z pominięciem podatku od towarów i usług VAT (netto), a wszystkie wartości wynikowe wskazano w pełnych złotych (PLN).

Założenia ekonomiczno-finansowe wykorzystane w niniejszej analizie pozyskano ze źródeł ogólnodostępnych oraz danych udostępnionych przez Operatorów.

Poniżej zaprezentowano zestawienia obejmujące poszczególne parametry ekonomiczno-finansowe zastosowane w modelu analizy dot. wydatków inwestycyjnych, kosztów operacyjnych związanych z utrzymaniem i eksploatacją infrastruktury towarzyszącej danego rodzaju taboru w ujęciu średniorocznym realizacji Inwestycji w przeliczeniu na 1 wzm oraz rodzaj taboru, tj.:

Tabela 28. Założenia ekonomiczno-finansowe analizy [w zł netto]

Wyszczególnienie	Wartość			
	ON	CNG	EEV	FCEV
Ceny zakupu autobusów				
MIDI	1 400 000	1 200 000	2 100 000	2 600 000
MAXI	1 600 000	1 490 000	2 760 000	3 200 000
MEGA	2 300 000	1 990 000	3 430 000	3 800 000
Średnioroczne koszty eksploatacji taboru [zł/autobus]				
Naprawy, konserwacje, przeglądy				
MIDI		9 550	11 460	12 606
MAXI	22 300	9 600	11 520	12 672
MEGA	29 000	9 100	10 920	12 012
Ubezpieczenie OC/AC				
MIDI		10 342	10 500	13 000
MAXI	3 960	10 506	13 800	16 000
MEGA	5 438	13 076	17 150	19 000
Średnioroczne zużycie paliwa/energii elektrycznej				
średnie zużycia paliwa (ON) [l/100 km]	41,21		5,81	
MIDI				
MAXI	39,40		5,80	
MEGA	58,70		5,90	

średnie zużycia CNG [l/100 km]	54,60		
MIDI	54,60		
MAXI	54,60		
MEGA	54,60		
średnie zużycia energii elektrycznej [kWh/100 km]	133,41		
MIDI	-		
MAXI	130,80		
MEGA	152,40		
średnie zużycia wodoru [kg/100 km]	8,07		
MIDI	6,87		
MAXI	7,91		
MEGA	9,22		
średni koszt zużycia paliwa/energii [w zł/wzkm]	3,21	1,49	4,56
MIDI	3,21		3,88
MAXI	1,85	3,21	1,43
MEGA	2,76	3,21	1,94
Infrastruktura towarzysząca			
Ładowarka plug-in	129 000		
Ładowarka pantografowa	532 576		
Bateria do pojazdów elektrycznych:			
MIDI	172 400		
MAXI	193 950		
MEGA	215 500		
Stacja tankowania wodoru	15 000 000		
Aktualne ceny zakupu paliwa/energii			
ON [zł/l]	4,70		
CNG [zł/l]	5,87		
Energia elektryczna [zł/kWh]	1,09		
Wodór [zł/kg]	56,47		

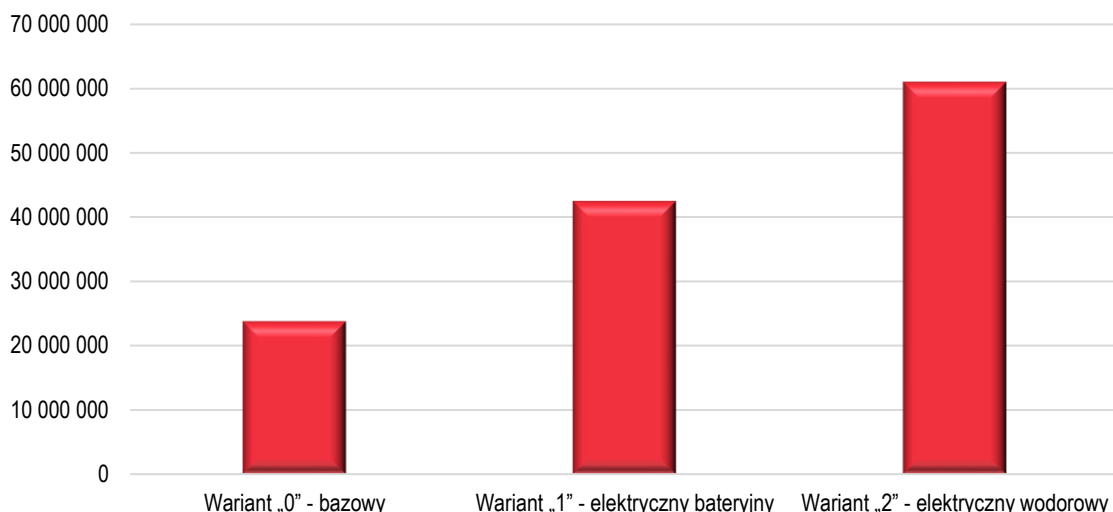
Źródło: opracowanie własne.

Tabela 29. Założenia ekonomiczno-finansowe analizy – stawki amortyzacyjne [w zł netto]

Wyszczególnienie	Wartość
Autobusy elektryczne/gazowe	12,50%
Stacja tankowania wodoru	14,00%
Ładowarki plug-in/pantograf	10,00%

Źródło: opracowanie własne.

Wartość nakładów inwestycyjnych związanych z wymianą taboru autobusowego ze względu na przedmiot poszczególnych wariantów inwestycyjnych poddanych ocenie w ramach analizy, zaprezentowano w ujęciu graficznym oraz tabelarycznym, tj.:


Wykres 12. Łączna wartość nakładów inwestycyjnych dla poszczególnych wariantów [w zł netto]

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 30. Wartość nakładów inwestycyjnych dla Wariantu "0" bazowego w latach 2024-2028 [w zł netto]

Wyszczególnienie	2024	2025	2026	2027	2028
Wydatki inwestycyjne (razem)	15 800 000	0	0	8 000 000	0
Inwestycja w środki transportu	15 800 000	0	0	8 000 000	0
MIDI	0	0	0	0	0
<i>Liczba autobusów</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
<i>Cena jednostkowa</i>	<i>1 400 000</i>	<i>1 400 000</i>	<i>1 400 000</i>	<i>1 400 000</i>	<i>1 400 000</i>
MAXI	11 200 000	0	0	8 000 000	0
<i>Liczba autobusów</i>	<i>7</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>5</i>	<i>0</i>
<i>Cena jednostkowa</i>	<i>1 600 000</i>	<i>1 600 000</i>	<i>1 600 000</i>	<i>1 600 000</i>	<i>1 600 000</i>
MEGA	4 600 000	0	0	0	0
<i>Liczba autobusów</i>	<i>2</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
<i>Cena jednostkowa</i>	<i>2 300 000</i>	<i>2 300 000</i>	<i>2 300 000</i>	<i>2 300 000</i>	<i>2 300 000</i>
Inwestycja w infrastrukturę towarzyszącą	0	0	0	0	0

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 31. Wartość nakładów inwestycyjnych dla Wariantu "1" elektrycznego baterijnego w latach 2024-2028 [w zł netto]

Wyszczególnienie	2024	2025	2026	2027	2028
Wydatki inwestycyjne (razem)	27 890 152	0	0	14 590 576	0
Inwestycja w środki transportu	26 180 000	0	0	13 800 000	0
MIDI	0	0	0	0	0
<i>Liczba autobusów</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
<i>Cena jednostkowa</i>	<i>2 100 000</i>	<i>2 100 000</i>	<i>2 100 000</i>	<i>2 100 000</i>	<i>2 100 000</i>
MAXI	19 320 000	0	0	13 800 000	0
<i>Liczba autobusów</i>	<i>7</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>5</i>	<i>0</i>
<i>Cena jednostkowa</i>	<i>2 760 000</i>	<i>2 760 000</i>	<i>2 760 000</i>	<i>2 760 000</i>	<i>2 760 000</i>
MEGA	6 860 000	0	0	0	0
<i>Liczba autobusów</i>	<i>2</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
<i>Cena jednostkowa</i>	<i>3 430 000</i>	<i>3 430 000</i>	<i>3 430 000</i>	<i>3 430 000</i>	<i>3 430 000</i>
Inwestycja w infrastrukturę towarzyszącą	1 710 152	0	0	790 576	0

Ładowarka plug-in	645 000	0	0	258 000	0
<i>Liczba stanowisk</i>	5	0	0	2	0
<i>Cena jednostkowa</i>	129 000	129 000	129 000	129 000	129 000
Ładowarka pantografowa	1 065 152	0	0	532 576	0
<i>Liczba stanowisk</i>	2	0	0	1	0
<i>Cena jednostkowa</i>	532 576	532 576	532 576	532 576	532 576

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 32. Wartość nakładów inwestycyjnych dla Wariantu "2" elektrycznego wodorowego w latach 2024-2028 [w zł netto]

Wyszczególnienie	2024	2025	2026	2027	2028
Wydatki inwestycyjne (razem)	45 000 000	0	0	16 000 000	0
Inwestycja w środki transportu	30 000 000	0	0	16 000 000	0
MIDI	0	0	0	0	0
<i>Liczba autobusów</i>	0	0	0	0	0
<i>Cena jednostkowa</i>	2 600 000	2 600 000	2 600 000	2 600 000	2 600 000
MAXI	22 400 000	0	0	16 000 000	0
<i>Liczba autobusów</i>	7	0	0	5	0
<i>Cena jednostkowa</i>	3 200 000	3 200 000	3 200 000	3 200 000	3 200 000
MEGA	7 600 000	0	0	0	0
<i>Liczba autobusów</i>	2	0	0	0	0
<i>Cena jednostkowa</i>	3 800 000	3 800 000	3 800 000	3 800 000	3 800 000
Inwestycja w infrastrukturę towarzyszącą	15 000 000	0	0	0	0
Stacja tankowania wodoru	15 000 000	0	0	0	0
<i>Liczba stacji</i>	1	0	0	0	0
<i>Cena jednostkowa</i>	15 000 000	15 000 000	15 000 000	15 000 000	15 000 000

Źródło: opracowanie własne.

Wariantowość realizacji Inwestycji ze względu na odmienny rodzaj napędu taboru niesie za sobą zróżnicowane wydatki dotyczące bieżącego utrzymania i eksploatacji pojazdów, do których zaliczono: koszty paliwa, energii elektrycznej, bieżących napraw i przeglądów technicznych, jak również koszt wymiany baterii dla taboru o napędzie elektrycznym.

W celu oszacowania wymiernych kosztów i korzyści realizacji poszczególnych wariantów Inwestycji poddano analizie koszty eksploatacyjne taboru ze względu na rodzaj napędu oraz wielkość pojazdów.

Należy przy tym wskazać, że przyjęte w analizie koszty eksploatacyjne uwzględniają w odpowiedniej proporcji zmiany wynikające z realizacji pracy przewozowej wyrażonej w wozokilometrach dla

danego rodzaju taboru poszczególnych wariantów, w wymiarze odpowiadającym ich wymianę w związku z realizacją Inwestycji.

Poziom planowanych wydatków eksploatacyjnych w całym okresie realizacji Inwestycji tj. w latach 2024-2038 wynoszą:

- Wariant „0” – bazowy: 65.367.978 zł.
- Wariant „1” – elektryczny baterijny: 65.528.413 zł.
- Wariant „2” – elektryczny wodorowy: 77.990.003 zł.

a ich szczegółowa struktura przedstawia się następująco, tj.:

Tabela 33. Wartość wydatków eksploatacyjnych Wariantów w latach 2024-2028 [w zł netto]

Wyszczególnienie	2024	2025	2026	2027	2028
Wariant „0” - bazowy	4 357 865	4 357 865	4 357 865	4 357 865	4 357 865
Paliwo [ON]	1 386 579	1 386 579	1 386 579	1 386 579	1 386 579
Liczba wzkm	715 945	715 945	715 945	715 945	715 945
Koszt paliwa na wzkm					
MAXI	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85
MEGA	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76
Średnioroczne koszty eksploatacji taboru ON [zł]	733 554	733 554	733 554	733 554	733 554
Liczba autobusów	27	27	27	27	27
Średnioroczne jedn. koszty eksploatacji taboru [zł/autobus]					
MAXI	26 260	26 260	26 260	26 260	26 260
MEGA	34 438	34 438	34 438	34 438	34 438
Gaz ziemny [CNG]	1 855 147	1 855 147	1 855 147	1 855 147	1 855 147
Liczba wzkm	578 825	578 825	578 825	578 825	578 825
Koszt gazu na wzkm					
MIDI	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21
MAXI	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21
MEGA	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21
Średnioroczne koszty eksploatacji taboru CNG [zł]	382 586	382 586	382 586	382 586	382 586
Liczba autobusów	19	19	19	19	19
Średnioroczne jedn. koszty eksploatacji taboru [zł/autobus]					
MIDI	19 892	19 892	19 892	19 892	19 892
MAXI	20 106	20 106	20 106	20 106	20 106
MEGA	22 176	22 176	22 176	22 176	22 176

Źródło: opracowanie własne.

Wyszczególnienie	2024	2025	2026	2027	2028
Wariant „1” - elektryczny bateryjny	4 357 865	4 221 249	4 221 249	4 221 249	4 158 946
Paliwo [ON]	1 386 579	912 824	912 824	912 824	662 473
Liczba wzkm	715 945	481 996	481 996	481 996	346 803
Koszt paliwa na wzkm					
MAXI	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85
MEGA	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76
Średnioroczne koszty eksploatacji taboru ON [zł]	733 554	480 858	480 858	480 858	349 558
Liczba autobusów	27	18	18	18	13
Średnioroczne jedn. koszty eksploatacji taboru [zł/autobus]					
MAXI	26 260	26 260	26 260	26 260	26 260
MEGA	34 438	34 438	34 438	34 438	34 438
Gaz ziemny [CNG]	1 855 147	1 855 147	1 855 147	1 855 147	1 855 147
Liczba wzkm	578 825	578 825	578 825	578 825	578 825
Koszt gazu na wzkm					
MIDI	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21
MAXI	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21
MEGA	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21
Średnioroczne koszty eksploatacji taboru CNG [zł]	382 586	382 586	382 586	382 586	382 586
Liczba autobusów	19	19	19	19	19

Wyszczególnienie	2024	2025	2026	2027	2028
Średnioroczne jedn. koszty eksploatacji taboru [zł/autobus]					
MIDI	19 892	19 892	19 892	19 892	19 892
MAXI	20 106	20 106	20 106	20 106	20 106
MEGA	22 176	22 176	22 176	22 176	22 176
Energia elektryczna [EEV]	0	356 454	356 454	356 454	549 202
Liczba wzkm	0	233 949	233 949	233 949	369 142
Koszt energii elektrycznej na wzkm					
MAXI	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43
MEGA	1,94	1,94	1,94	1,94	1,94
Średnioroczne koszty eksploatacji taboru EEV [zł]	0	233 380	233 380	233 380	359 980
Liczba autobusów	0	9	9	9	14
Średnioroczne jedn. koszty eksploatacji taboru [zł/autobus]					
MAXI	25 320	25 320	25 320	25 320	25 320
MEGA	28 070	28 070	28 070	28 070	28 070
Wymiana baterii wraz z utylizacją					
Liczba	0	0	0	0	0
Cena jednostkowa (MIDI)	172 400	172 400	172 400	172 400	172 400
Cena jednostkowa (MAXI)	193 950	193 950	193 950	193 950	193 950
Cena jednostkowa (MEGA)	215 500	215 500	215 500	215 500	215 500

Źródło: opracowanie własne.

Wyszczególnienie	2024	2025	2026	2027	2028
Wariant „2” - elektryczny wodorowy	4 357 865	4 972 192	4 972 192	4 972 192	5 337 778
Paliwo [ON]	1 386 579	912 824	912 824	912 824	662 473
Liczba wzkm	715 945	481 996	481 996	481 996	346 803
Koszt paliwa na wzkm					
MAXI	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85
MEGA	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76
Średnioroczne koszty eksploatacji taboru ON [zł]	733 554	480 858	480 858	480 858	349 558
Liczba autobusów	27	18	18	18	13
Średnioroczne jedn. koszty eksploatacji taboru [zł/autobus]					
MAXI	26 260	26 260	26 260	26 260	26 260
MEGA	34 438	34 438	34 438	34 438	34 438
Gaz ziemny [CNG]	1 855 147	1 855 147	1 855 147	1 855 147	1 855 147
Liczba wzkm	578 825	578 825	578 825	578 825	578 825
Koszt gazu na wzkm					
MIDI	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21
MAXI	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21
MEGA	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21
Średnioroczne koszty eksploatacji taboru CNG [zł]	382 586	382 586	382 586	382 586	382 586
Liczba autobusów	19	19	19	19	19
Średnioroczne jedn. koszty eksploatacji taboru [zł/autobus]					
MIDI	19 892	19 892	19 892	19 892	19 892
MAXI	20 106	20 106	20 106	20 106	20 106
MEGA	22 176	22 176	22 176	22 176	22 176
Wodór [FCEV]	0	1 078 049	1 078 049	1 078 049	1 681 927
Liczba wzkm	0	233 949	233 949	233 949	369 142

Wyszczególnienie	2024	2025	2026	2027	2028
Koszt zużycia wodoru na wzkm					
MIDI	3,88	3,88	3,88	3,88	3,88
MAXI	4,47	4,47	4,47	4,47	4,47
MEGA	5,21	5,21	5,21	5,21	5,21
Średnioroczne koszty eksploatacji taboru FCEV [zł]	0	262 728	262 728	262 728	406 088
Liczba autobusów	0	9	9	9	14
Średnioroczne jedn. koszty eksploatacji taboru [zł/autobus]					
MIDI	25 606	25 606	25 606	25 606	25 606
MAXI	28 672	28 672	28 672	28 672	28 672
MEGA	31 012	31 012	31 012	31 012	31 012

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 34. Wartość wydatków eksploatacyjnych Wariantów w latach 2029-2033 [w zł netto]

Wyszczególnienie	2029	2030	2031	2032	2033
Wariant „0” - bazowy	4 357 865	4 357 865	4 357 865	4 357 865	4 357 865
Paliwo [ON]	1 386 579	1 386 579	1 386 579	1 386 579	1 386 579
Liczba wzkm	715 945	715 945	715 945	715 945	715 945
Koszt paliwa na wzkm					
MAXI	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85
MEGA	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76
Średnioroczne koszty eksploatacji taboru ON [zł]	733 554	733 554	733 554	733 554	733 554
Liczba autobusów	27	27	27	27	27
Średnioroczne jedn. koszty eksploatacji taboru [zł/autobus]					
MAXI	26 260	26 260	26 260	26 260	26 260
MEGA	34 438	34 438	34 438	34 438	34 438
Gaz ziemny [CNG]	1 855 147	1 855 147	1 855 147	1 855 147	1 855 147
Liczba wzkm	578 825	578 825	578 825	578 825	578 825
Koszt gazu na wzkm					
MIDI	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21
MAXI	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21
MEGA	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21
Średnioroczne koszty eksploatacji taboru CNG [zł]	382 586	382 586	382 586	382 586	382 586
Liczba autobusów	19	19	19	19	19
Średnioroczne jedn. koszty eksploatacji taboru [zł/autobus]					
MIDI	19 892	19 892	19 892	19 892	19 892
MAXI	20 106	20 106	20 106	20 106	20 106
MEGA	22 176	22 176	22 176	22 176	22 176

Źródło: opracowanie własne.

Wyszczególnienie	2029	2030	2031	2032	2033
Wariant „1” - elektryczny bateryjny	4 158 946	4 158 946	4 158 946	5 947 596	4 158 946
Paliwo [ON]	662 473	662 473	662 473	662 473	662 473
Liczba wzkm	346 803	346 803	346 803	346 803	346 803
Koszt paliwa na wzkm					
MAXI	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85
MEGA	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76
Średnioroczne koszty eksploatacji taboru ON [zł]	349 558	349 558	349 558	349 558	349 558

Wyszczególnienie	2029	2030	2031	2032	2033
Liczba autobusów	13	13	13	13	13
Średnioroczne jedn. koszty eksploatacji taboru [zł/autobus]					
MAXI	26 260	26 260	26 260	26 260	26 260
MEGA	34 438	34 438	34 438	34 438	34 438
Gaz ziemny [CNG]	1 855 147	1 855 147	1 855 147	1 855 147	1 855 147
Liczba wzkm	578 825	578 825	578 825	578 825	578 825
Koszt gazu na wzkm					
MIDI	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21
MAXI	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21
MEGA	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21
Średnioroczne koszty eksploatacji taboru CNG [zł]	382 586	382 586	382 586	382 586	382 586
Liczba autobusów	19	19	19	19	19
Średnioroczne jedn. koszty eksploatacji taboru [zł/autobus]					
MIDI	19 892	19 892	19 892	19 892	19 892
MAXI	20 106	20 106	20 106	20 106	20 106
MEGA	22 176	22 176	22 176	22 176	22 176
Energia elektryczna [EEV]	549 202	549 202	549 202	549 202	549 202
Liczba wzkm	369 142	369 142	369 142	369 142	369 142
Koszt energii elektrycznej na wzkm					
MAXI	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43
MEGA	1,94	1,94	1,94	1,94	1,94
Średnioroczne koszty eksploatacji taboru EEV [zł]	359 980	359 980	359 980	359 980	359 980
Liczba autobusów	14	14	14	14	14
Średnioroczne jedn. koszty eksploatacji taboru [zł/autobus]					
MAXI	25 320	25 320	25 320	25 320	25 320
MEGA	28 070	28 070	28 070	28 070	28 070
Wymiana baterii wraz z utylizacją	0	0	0	1 788 650	0
Liczba	0	0	0	9	0
Cena jednostkowa (MIDI)	172 400	172 400	172 400	172 400	172 400
Cena jednostkowa (MAXI)	193 950	193 950	193 950	193 950	193 950
Cena jednostkowa (MEGA)	215 500	215 500	215 500	215 500	215 500

Źródło: opracowanie własne.

Wyszczególnienie	2029	2030	2031	2032	2033
Wariant „2” - elektryczny wodorowy	5 337 778	5 337 778	5 337 778	5 337 778	5 337 778
Paliwo [ON]	662 473	662 473	662 473	662 473	662 473
Liczba wzkm	346 803	346 803	346 803	346 803	346 803
Koszt paliwa na wzkm					
MAXI	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85
MEGA	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76
Średnioroczne koszty eksploatacji taboru ON [zł]	349 558	349 558	349 558	349 558	349 558
Liczba autobusów	13	13	13	13	13
Średnioroczne jedn. koszty eksploatacji taboru [zł/autobus]					
MAXI	26 260	26 260	26 260	26 260	26 260
MEGA	34 438	34 438	34 438	34 438	34 438
Gaz ziemny [CNG]	1 855 147	1 855 147	1 855 147	1 855 147	1 855 147
Liczba wzkm	578 825	578 825	578 825	578 825	578 825

Wyszczególnienie	2029	2030	2031	2032	2033
Koszt gazu na wzkm					
MIDI	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21
MAXI	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21
MEGA	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21
Średnioroczne koszty eksploatacji taboru CNG [zł]	382 586	382 586	382 586	382 586	382 586
Liczba autobusów	19	19	19	19	19
Średnioroczne jedn. koszty eksploatacji taboru [zł/autobus]					
MIDI	19 892	19 892	19 892	19 892	19 892
MAXI	20 106	20 106	20 106	20 106	20 106
MEGA	22 176	22 176	22 176	22 176	22 176
Wodór [FCEV]	1 681 927	1 681 927	1 681 927	1 681 927	1 681 927
Liczba wzkm	369 142	369 142	369 142	369 142	369 142
Koszt zużycia wodoru na wzkm					
MIDI	3,88	3,88	3,88	3,88	3,88
MAXI	4,47	4,47	4,47	4,47	4,47
MEGA	5,21	5,21	5,21	5,21	5,21
Średnioroczne koszty eksploatacji taboru FCEV [zł]	406 088	406 088	406 088	406 088	406 088
Liczba autobusów	14	14	14	14	14
Średnioroczne jedn. koszty eksploatacji taboru [zł/autobus]					
MIDI	25 606	25 606	25 606	25 606	25 606
MAXI	28 672	28 672	28 672	28 672	28 672
MEGA	31 012	31 012	31 012	31 012	31 012

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 35. Wartość wydatków eksploatacyjnych Wariantów w latach 2034-2038 [w zł netto]

Wyszczególnienie	2034	2035	2036	2037	2038
Wariant „0” - bazowy	4 357 865	4 357 865	4 357 865	4 357 865	4 357 865
Paliwo [ON]	1 386 579	1 386 579	1 386 579	1 386 579	1 386 579
Liczba wzkm	715 945	715 945	715 945	715 945	715 945
Koszt paliwa na wzkm					
MAXI	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85
MEGA	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76
Średnioroczne koszty eksploatacji taboru ON [zł]	733 554	733 554	733 554	733 554	733 554
Liczba autobusów	27	27	27	27	27
Średnioroczne jedn. koszty eksploatacji taboru [zł/autobus]					
MAXI	26 260	26 260	26 260	26 260	26 260
MEGA	34 438	34 438	34 438	34 438	34 438
Gaz ziemny [CNG]	1 855 147	1 855 147	1 855 147	1 855 147	1 855 147
Liczba wzkm	578 825	578 825	578 825	578 825	578 825
Koszt gazu na wzkm					
MIDI	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21
MAXI	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21
MEGA	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21
Średnioroczne koszty eksploatacji taboru CNG [zł]	382 586	382 586	382 586	382 586	382 586
Liczba autobusów	19	19	19	19	19

Wyszczególnienie	2034	2035	2036	2037	2038
Średnioroczne jedn. koszty eksploatacji taboru [zł/autobus]					
MIDI	19 892	19 892	19 892	19 892	19 892
MAXI	20 106	20 106	20 106	20 106	20 106
MEGA	22 176	22 176	22 176	22 176	22 176

Źródło: opracowanie własne.

Wyszczególnienie	2034	2035	2036	2037	2038
Wariant „1” - elektryczny bateryjny	4 158 946	5 128 696	4 158 946	4 158 946	4 158 946
Paliwo [ON]	662 473	662 473	662 473	662 473	662 473
Liczba wzkm	346 803	346 803	346 803	346 803	346 803
Koszt paliwa na wzkm					
MAXI	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85
MEGA	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76
Średnioroczne koszty eksploatacji taboru ON [zł]	349 558	349 558	349 558	349 558	349 558
Liczba autobusów	13	13	13	13	13
Średnioroczne jedn. koszty eksploatacji taboru [zł/autobus]					
MAXI	26 260	26 260	26 260	26 260	26 260
MEGA	34 438	34 438	34 438	34 438	34 438
Gaz ziemny [CNG]	1 855 147	1 855 147	1 855 147	1 855 147	1 855 147
Liczba wzkm	578 825	578 825	578 825	578 825	578 825
Koszt gazu na wzkm					
MIDI	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21
MAXI	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21
MEGA	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21
Średnioroczne koszty eksploatacji taboru CNG [zł]	382 586	382 586	382 586	382 586	382 586
Liczba autobusów	19	19	19	19	19
Średnioroczne jedn. koszty eksploatacji taboru [zł/autobus]					
MIDI	19 892	19 892	19 892	19 892	19 892
MAXI	20 106	20 106	20 106	20 106	20 106
MEGA	22 176	22 176	22 176	22 176	22 176
Energia elektryczna [EEV]	549 202	549 202	549 202	549 202	549 202
Liczba wzkm	369 142	369 142	369 142	369 142	369 142
Koszt energii elektrycznej na wzkm					
MAXI	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43
MEGA	1,94	1,94	1,94	1,94	1,94
Średnioroczne koszty eksploatacji taboru EEV [zł]	359 980	359 980	359 980	359 980	359 980
Liczba autobusów	14	14	14	14	14
Średnioroczne jedn. koszty eksploatacji taboru [zł/autobus]					
MAXI	25 320	25 320	25 320	25 320	25 320
MEGA	28 070	28 070	28 070	28 070	28 070
Wymiana baterii wraz z utylizacją	0	969 750	0	0	0
Liczba	0	5	0	0	0
Cena jednostkowa (MIDI)	172 400	172 400	172 400	172 400	172 400
Cena jednostkowa (MAXI)	193 950	193 950	193 950	193 950	193 950
Cena jednostkowa (MEGA)	215 500	215 500	215 500	215 500	215 500

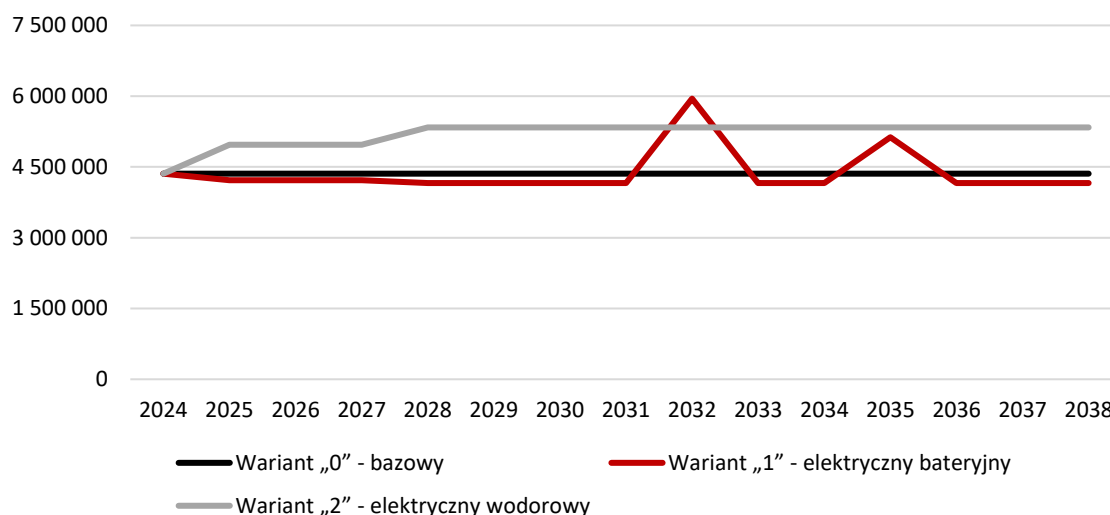
Źródło: opracowanie własne.

Wyszczególnienie	2034	2035	2036	2037	2038
Wariant „2” - elektryczny wodorowy	5 337 778	5 337 778	5 337 778	5 337 778	5 337 778
Paliwo [ON]	662 473	662 473	662 473	662 473	662 473
Liczba wzkm	346 803	346 803	346 803	346 803	346 803
Koszt paliwa na wzkm					
MAXI	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85
MEGA	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76
Średnioroczne koszty eksploatacji taboru ON [zł]	349 558	349 558	349 558	349 558	349 558
Liczba autobusów	13	13	13	13	13
Średnioroczne jedn. koszty eksploatacji taboru [zł/autobus]					
MAXI	26 260	26 260	26 260	26 260	26 260
MEGA	34 438	34 438	34 438	34 438	34 438
Gaz ziemny [CNG]	1 855 147	1 855 147	1 855 147	1 855 147	1 855 147
Liczba wzkm	578 825	578 825	578 825	578 825	578 825
Koszt gazu na wzkm					
MIDI	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21
MAXI	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21
MEGA	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21
Średnioroczne koszty eksploatacji taboru CNG [zł]	382 586	382 586	382 586	382 586	382 586
Liczba autobusów	19	19	19	19	19
Średnioroczne jedn. koszty eksploatacji taboru [zł/autobus]					
MIDI	19 892	19 892	19 892	19 892	19 892
MAXI	20 106	20 106	20 106	20 106	20 106
MEGA	22 176	22 176	22 176	22 176	22 176
Wodór [FCEV]	1 681 927	1 681 927	1 681 927	1 681 927	1 681 927
Liczba wzkm	369 142	369 142	369 142	369 142	369 142
Koszt zużycia wodoru na wzkm					
MIDI	3,88	3,88	3,88	3,88	3,88
MAXI	4,47	4,47	4,47	4,47	4,47
MEGA	5,21	5,21	5,21	5,21	5,21
Średnioroczne koszty eksploatacji taboru FCEV [zł]	406 088	406 088	406 088	406 088	406 088
Liczba autobusów	14	14	14	14	14
Średnioroczne jedn. koszty eksploatacji taboru [zł/autobus]					
MIDI	25 606	25 606	25 606	25 606	25 606
MAXI	28 672	28 672	28 672	28 672	28 672
MEGA	31 012	31 012	31 012	31 012	31 012

Źródło: opracowanie własne.

W związku z okresem użyteczności technicznej baterii dla taboru zeroemisyjnego o napędzie elektrycznym bateryjnym oszacowanym w oparciu o przewidywaną liczbę cykli ładowania na 8 lat, wartość wydatków eksploatacyjnych planowanych w latach 2029-2033 oraz 2034-2038 w Wariantcie „1” uwzględnia koszty zakupu i wymiany przedmiotowego magazynu energii, wraz z kosztem utylizacji zużytych baterii poddanych wymianie.

Pozostałe kategorie wydatków eksploatacyjnych zgodnie z głównym założeniem modelu (ceny stałe) oraz niezmiennością zleconej pracy przewozowej publicznego transportu zbiorowego wykazują stały trend, co zaprezentowano na poniższym wykresie, tj.:



Wykres 13. Łączna wartość wydatków eksploatacyjnych realizacji Inwestycji dla poszczególnych wariantów w latach 2024-2038 [w zł netto]

Źródło: opracowanie własne.

Na podstawie szacowanych nakładów inwestycyjnych oraz wydatków eksploatacyjnych związanych z realizacją Inwestycji, w ramach poszczególnych wariantów, oszacowano alternatywne korzyści oraz skutki finansowe wynikające z wymiany taboru o napędzie konwencjonalnym.

W tym celu przedstawiono różnice wynikające z planowanych wartości nakładów inwestycyjnych i wydatków eksploatacyjnych, w postaci przepływów pieniężnych dla poszczególnych wariantów względem Wariantu bazowego, w rezultacie czego otrzymano następujące wyniki, tj.:

Tabela 36. Przepływy finansowe realizacji Inwestycji dla Wariantów w latach 2024-2028 [w zł netto]

Wyszczególnienie	2024	2025	2026	2027	2028
Analiza finansowa – model różnicowy					
Wydatki inwestycyjne					
Wariant „1”	12 090 152	0	0	6 590 576	0
Wariant „2”	29 200 000	0	0	8 000 000	0
Wydatki eksploatacyjne					
Wariant „1”	0	-136 617	-136 617	-136 617	-198 920
Wariant „2”	0	614 327	614 327	614 327	979 913
Wartość rezydualna					
Wariant „1”					
Wariant „2”					
Przepływy pieniężne					
Wariant „1”	-12 090 152	136 617	136 617	-6 453 959	198 920
Wariant „2”	-29 200 000	-614 327	-614 327	-8 614 327	-979 913

Źródło: Opracowanie własne.

Tabela 37. Przepływy finansowe realizacji Inwestycji dla Wariantów w latach 2029-2033 [w zł netto]

Wyszczególnienie	2029	2030	2031	2032	2033
Analiza finansowa – model różnicowy					
Wydatki inwestycyjne					
Wariant „1”	0	0	0	0	0
Wariant „2”	0	0	0	0	0
Wydatki eksploatacyjne					
Wariant „1”	-198 920	-198 920	-198 920	1 589 730	-198 920
Wariant „2”	979 913	979 913	979 913	979 913	979 913
Wartość rezydualna					
Wariant „1”					
Wariant „2”					
Przepływy pieniężne					
Wariant „1”	198 920	198 920	198 920	-1 589 730	198 920
Wariant „2”	-979 913	-979 913	-979 913	-979 913	-979 913

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 38. Przepływy finansowe realizacji Inwestycji dla Wariantów w latach 2034-2038 [w zł netto]

Wyszczególnienie	2034	2035	2036	2037	2038
Analiza finansowa – model różnicowy					
Wydatki inwestycyjne					
Wariant „1”	0	0	0	0	0
Wariant „2”	0	0	0	0	0
Wydatki eksploatacyjne					
Wariant „1”	-198 920	770 830	-198 920	-198 920	-198 920
Wariant „2”	979 913	979 913	979 913	979 913	979 913
Wartość rezydualna					
Wariant „1”					
Wariant „2”					
Przepływy pieniężne					
Wariant „1”	198 920	-770 830	198 920	198 920	198 920
Wariant „2”	-979 913	-979 913	-979 913	-979 913	-979 913

Źródło: opracowanie własne.

Zgodnie z przeprowadzoną kalkulacją przepływów pieniężnych realizacji inwestycji wg danych wariantów, obejmujące niezbędne nakłady inwestycyjne, wydatki eksploatacyjne oraz wartość rezydualną majątku wytworzonego w ramach projektu, różnicowe rezultaty pieniężne alternatywnych wariantów inwestycyjnych względem założeń dla taboru konwencjonalnego (Wariant bazowy), kształtuje się następująco, tj.

- **Wariant „1” – elektryczny baterijny:**
-18.841.163 zł.
- **Wariant „2” – elektryczny wodorowy:**
-49.822.026 zł.

Żaden z rozpatrywanych wariantów nie wykazał dodatnich skumulowanych przepływów finansowych.

Niezależnie od osiągniętego wyniku różnicowych przepływów finansowych w okresie realizacji projektu, poniżej zaprezentowano ocenę efektywności ekonomicznej Inwestycji wyrażonej w postaci mierników FNPV i FRR, co do których zgodnie zaleceniem zawartym w Niebieskiej Księdze „Sektor transportu publicznego” zastosowano realną stopę dyskontową na poziomie 3%, a wyniki analizy kształtują się następująco, tj.:

Tabela 39. Ocena efektywności finansowej Wariantów [PLN; %]

Wyszczególnienie	Wartość
FNPV	
Wariant „1”	-17 634 203
Wariant „2”	-45 200 197
FRR	
Wariant „1”	nie można obliczyć
Wariant „2”	nie można obliczyć

Źródło: opracowanie własne.

Z punktu widzenia oceny finansowej realizacji poszczególnych Wariantów, podobnie jak w przypadku oceny przyływów pieniężnych, żadna z inwestycji nie wykazuje opłacalności.

4.4 Analiza społeczno-ekonomiczna

4.4.1 Koszty społeczne emisji gazów cieplarnianych

Za przekroczenia odpowiednich norm zanieczyszczeń na terenie Miasta w dużej mierze odpowiada emisja zanieczyszczeń ze źródeł komunikacyjnych (z transportu samochodowego – z emisji spalinywej i poza spalinywej, np. wynikającej ze ścierania opon). Ruch pojazdów silnikowych spalinywych powoduje emisję szkodliwych gazów i pyłów oraz hałasu – w strukturze emisji gazów cieplarnianych emitowanych przez transport dominującą pozycję zajmuje transport drogowy. W związku z powyższym szczególnie ważnym wyzwaniem staje się w tym przypadku dekarbonizacja sektora transportu. W celu oceny jakości powietrza rokrocznie wykonywana jest kontrola jakości powietrza województwa podlaskiego⁴⁷. Województwo podlaskie, na potrzeby rocznych ocen stanu środowiska zostało podzielone na dwie strefy – aglomerację białostocką i strefę podlaską, do której przynależy Miasto Suwałki i gminy, z którymi Miasto ma podpisane stosowne porozumienie międzygminne.

Na terenie Miasta znajduje się:

- jedna strefa pomiarowa, na podstawie której wyniki zostały wykorzystane w ocenie stanu

powietrza w 2023 r. – ul. Pułaskiego 26 (54.115897; 22.938464);

- trzy stanowiska pomiarowe, z których wyniki zostały wykorzystane w ocenie za 2023 r.:
 - PdSuwPulask2 – BaP(PM10) –stacja manualna;
 - PdSuwPulask2 – PM10 – stacja manualna;
 - PdSuwPulask2 – PM2,5 – stacja automatyczna.

Klasy stref dla poszczególnych zanieczyszczeń, uzyskane w ocenie rocznej dokonanej z uwzględnieniem kryteriów ustanowionych w celu ochrony zdrowia ludzi – klasyfikacja podstawowa dla strefy podlaskiej:

Tabela 40. Klasy stref dla poszczególnych zanieczyszczeń dla strefy podlaskiej

SO ₂	–	A
NO ₂	–	A
C ₆ H ₆	–	A
CO	–	A
O ₃	–	D ₂ ⁴⁸
PM10	–	A
Pb	–	A
As	–	A

⁴⁷ Roczna ocena jakości powietrza w województwie podlaskim. Raport wojewódzki za rok 2023. Białystok, kwiecień 2024.

⁴⁸ Klasa strefy dla O₃ wg poziomu celu długoterminowego. Wg poziomu docelowego: A.

Cd	–	A
Ni	–	A
B(a)P	–	A
PM2.5	–	A1

Legenda poziomu stężeń zanieczyszczeń:

A – nieprzekraczający poziomu dopuszczalnego;

D2 – powyżej poziomu celu długoterminowego.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ujętych w „Roczna ocena jakości powietrza w województwie podlaskim. Raport wojewódzki za rok 2023”. Białystok, kwiecień 2024.

W 2023 roku jakość powietrza w województwie podlaskim uległa poprawie względem lat poprzednich. W zakresie zanieczyszczenia powietrza pyłem zawieszonym PM10 i PM2,5 nie odnotowano przekroczeń standardów jakości powietrza. Na żadnej stacji nie odnotowano także przekroczeń poziomu docelowego dla benzo(a)pirenu zawartego w pyłe zawieszonym PM10.

Wyłącznie poziom ozonu, dla celu długoterminowego, został przekroczony i zaklasyfikowany do klasy D2.

Zanieczyszczone powietrze wpływa bezpośrednio na zdrowie ludzkie, w tym na:



problemy z oddychaniem;



problemy z pamięcią i koncentracją;



raka płuc;



układ krwionośny;



nadciśnienie tętnicze;



plód (niska waga urodzeniowa, obumarcie płodu, przedwczesny poród)

i wiele innych schorzeń i chorób (w tym m. in.: podrażnienia nosa i gardła, kaszel, katar; przewlekłą obturacyjną chorobę płuc, alergię i astmę).

Nadmienić należy, iż znaczna część emisji pyłu z transportu drogowego pochodzi z procesów innych niż spalanie paliw, do których zaliczyć można np. ścieranie opon i hamulców oraz ścieranie nawierzchni dróg. W zależności od rodzaju środków transportu drogowego koszty ekonomiczne zależą od prędkości i kategorii pojazdów (autobusy o napędzie konwencjonalnym, alternatywnym lub zeroemisyjnym), jak również od ukształtowania terenu, lokalizacji (teren miejski lub zamiejski) i stanu technicznego drogi.

Koszty jednostkowe emisji zanieczyszczeń w transporcie lądowym

Poniżej przedstawione zostały koszty jednostkowe emisji zanieczyszczeń w transporcie lądowym na tonę substancji wyemitowanej.

	NOx [PLN/t NOx]	NM VOC [PLN/t NMHC.NM VOC]	PM [PLN/t CO2]
2023	70 375,18	3 351,20	1 350 054,40
2025	72 722	3 463	1 395 074,59
2028	78 701	3 748	1 509 783,65

Źródło: Tablice kosztów jednostkowych do wykorzystania w analizach kosztów i korzyści, Centrum Unijnych Projektów Transportowych.

4.4.2 Koszty zmiany klimatu

Negatywne skutki środowiskowe wykorzystywania produktów ropopochodnych w transporcie związane są przede wszystkim z emisją gazów cieplarnianych.

Sektor transportu drogowego odpowiada za 30% cząstek PM w europejskich miastach. Szkodliwe emisje, za które odpowiada sektor transportu pochodzą głównie z:



spalania paliw



emisje wtórne



ścierania układu hamulcowego



ścierania opon

Natomiast w przypadku wprowadzenia pojazdów zeroemisyjnych redukcja emisji CO₂ oraz ograniczenie wpływu transportu zbiorowego na zmiany klimatyczne może nastąpić dzięki:



braku spalania paliw, braku wycieku oleju i innych płynów eksploatacyjnych



redukcji pyłów ze ścieranych tarcz i klocków hamulcowych dzięki hamowaniu odzyskowemu



lokalnej zeroemisyjności (braku spalin CO₂, PM, NO_x, SO_x)

W przypadku wykorzystywania energii elektrycznej pochodzącej ze źródeł niskoemisyjnych lub z odnawialnych źródeł energii, emisja dwutlenku węgla przez pojazdy elektryczne może być równa

zeru. Takie autobusy to nie tylko zmniejszenie emisji szkodliwych zanieczyszczeń i dwutlenku węgla, ale również znaczące obniżenie kosztów eksploatacji.

Koszty jednostkowe zmian klimatycznych wywołanych przez sektor transportu

Poniżej przedstawione zostały wartości emisji gazów cieplarnianych według Europejskiego Banku Inwestycyjnego [EUR/ t CO₂).

Scenariusz	Wartość podstawowa (2010 r.)	Co roku
High	40	2,00
Medium	25	1,00
Low	10	0,50

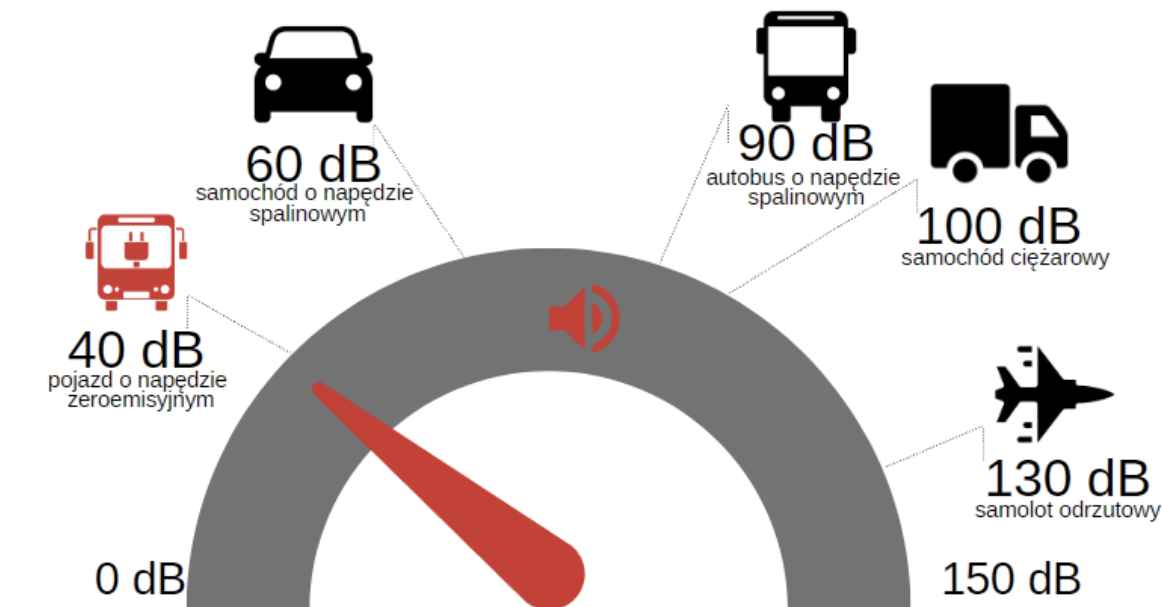
Źródło: *The Economic Appraisal of Investment Projects at the EIB*, Europejski Bank Inwestycyjny marzec 2013, tabela 4.1, str. 25.

Zagregowane koszty zmian klimatycznych (CO₂) w gałęzi transportu przedstawiają się następująco⁴⁹:

655,58 [PLN/ t CO₂] w 2023 r.

1 144,40 [PLN/ t CO₂] w 2028 r.

4.4.3 Koszty społeczne emisji hałasu





Napęd elektryczny pomaga w głównej mierze zredukować poziom hałasu w centrach miast, co łącznie z brakiem emisji szkodliwych zanieczyszczeń może znacząco podnieść komfort życia mieszkańców. Pojazdy o napędzie elektrycznym są niezwykle ciche, co ma duże znaczenie zarówno dla samych pasażerów takiego autobusu jak i dla zewnętrznego otoczenia (poziom hałasu autobusu elektrycznego wynosi około 40–50

dB, a dla porównania jest to poziom dźwięku darcia papieru z odległości 1 m lub spokojnej rozmowy).

W celu zwiększenia bezpieczeństwa pieszych wszystkie pojazdy o napędzie elektrycznym, wprowadzane na rynek motoryzacyjny od 1 lipca 2019 r. muszą posiadać system AVAS (Acoustic Vehicle Alerting System), który jest odpowiedzialny za generowanie ostrzegawczych sygnałów przy prędkości pojazdu do 20 km/h.

Jednostkowe koszty hałasu dla autobusów i autokarów⁵⁰

	Metropolia	Obszar miejski	Obszar podmiejski
	0,459 [PLN/poj-km]	0,028 [PLN/poj-km]	0,004 [PLN/poj-km]
	0,836 [PLN/poj-km]	0,052 [PLN/poj-km]	0,006 [PLN/poj-km]

⁴⁹ Centrum Unijnych Projektów Transportowych (CUPT), Tablice kosztów jednostkowych do wykorzystania w analizach kosztów i korzyści, wersja aktualna (aktualizacja 23.05.2023 r. – ceny na koniec 2019 r., prognozy makroekonomiczne z 07.2020 r), <https://www.cupt.gov.pl/strefa-beneficjenta/wdrazanie-projektow/analiza-kosztow-i-korzysci/narzedzia/tablice-kosztow-jednostkowych-do-wykorzystania-w-analizach-kosztow-i-korzysci/>

⁵⁰ Jaspers, „Niebieska Księga”. Nowa edycja, Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach, wydanie uaktualnione w 2023 r.

Średnie koszty jednostkowe hałasu w transporcie lądowym przedstawiają się następująco⁵¹:

0,274 [PLN/ pojkm] w 2023 r.

0,313 [PLN/ pojkm] w 2028 r.

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

Zanieczyszczenie powietrza i nadmierny hałas szkodzą zdrowiu ludzi i środowisku. Nadmienione zanieczyszczenia pochodzą w głównej mierze z przemysłu, transportu i produkcji energii elektryczne⁵². W dużych ośrodkach miejskich jednym z głównych źródeł zanieczyszczeń jest gałąź transportowa – pojazdy o napędzie konwencjonalnym. W celu ograniczenia zanieczyszczeń powodowanych przez transport drogowy przyjęto szereg dyrektyw, które określają normy emisji dla różnych kategorii pojazdów.

Emisja szkodliwych substancji w pojazdach spalinowych, w porównaniu do pojazdów elektrycznych bateryjnych, jest wyższa ze względu na wykorzystywanie większej ilości płynów eksploatacyjnych, jak i elementów mechanicznych. W związku z czym należy spodziewać się, iż realizacja inwestycji polegającej na zakupie autobusów zeroemisyjnych pozytywnie wpłynie na jakość środowiska naturalnego. Jest to możliwe dzięki temu, że pojazdy o napędzie elektrycznym charakteryzują się zdecydowanie niższą emisją szkodliwych substancji, głównie dzięki

wyeliminowaniu procesu spalania paliwa (brak silnika spalinowego). Silniki elektryczne najczęściej chłodzone są powietrzem, w związku z czym wyeliminowany został obieg oleju i wykorzystuje się znacznie mniejsze ilości płynów i elementów mechanicznych. Dodatkowo sprawność tego rodzaju pojazdów poprawiana jest dzięki systemom odzysku energii podczas hamowania (dłuższa żywotność elementów ciernych w układzie hamulcowym, mniejsze zużycie energii).

Według stanu na dzień opracowywania AKK (tj. wrzesień 2024 r.) tabor obsługujący teren objęty opracowaniem składa się z 46 pojazdów o napędzie konwencjonalnym (olej napędowy i gaz ziemny). Wycofanie z obecnego stanu inwentarzewego najstarszych pojazdów spalinowych spowoduje znaczne ograniczenia emisji NHC/NMVOC, NOx, PM i CO₂.

Poniższa tabela przedstawia strukturę emisji CO₂, NMHC/NMVOC, NOx oraz PM, które zostaną ograniczone przez wycofanie najstarszych pojazdów.

Tabela 41. Emisja spalin autobusów komunikacji miejskiej Miasta Suwałki przed wymianą floty autobusów

	Szt.	SPALANIE/ ZUŻYCIE PALIWA	NMHC/NMVOC [g/km]	Nox [g/km]	PM [g/km]	CO ₂ [kg/km]
ON						
EURO III						
MEGA	2	58,7 l/100 km	7,740	58,700	1,180	3,120
EURO V						
MAXI	24	39,4 l/100 km	43,440	189,120	1,920	25,200
MEGA	1	58,7 l/100 km	2,700	11,740	0,120	1,560
CNG						
EURO VI						
MIDI	7	54,6	4,550	35,490	0,423	1,300
MAXI	11	54,6	7,150	22,000	0,551	11,440
MEGA	1	54,6	0,650	2,000	0,050	1,040
	46	-	66,230	319,050	4,243	43,660

Źródło: opracowanie własne na podstawie „Tablice kosztów jednostkowych do wykorzystania w analizach kosztów i korzyści”.

⁵¹ Centrum Unijnych Projektów Transportowych (CUPT), Tablice kosztów jednostkowych do wykorzystania w analizach kosztów i korzyści, wersja aktualna (aktualizacja 23.05.2023 r. – ceny na koniec 2022 r.), <https://www.cupt.gov.pl/wdrazanie-projektow/analiza-kosztow-i-korzysci/narzedzia/tablice-kosztow-jednostkowych-do-wykorzystania-w-analizach-kosztow-i-korzysci>.

⁵² <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/pl/sheet/75/zanieczyszczenie-powietrza-i-zanieczyszczenie-halaszem>.

Wprowadzenie autobusów zeroemisyjnych (bateryjnych) w zamian za wyżej wskazane autobusy napędzane olejem napędowym spowoduje ograniczenie szkodliwych emisji zgodnie z poniżej prezentowanymi wartościami.

Tabela 42. Emisja spalin autobusów komunikacji miejskiej Miasta Suwałki po wymianie floty autobusów

	Szt.	SPALANIA/ ZUŻYCIE PALIWA	NMHC/ NMVOC	NOx		PM		CO2	
				W ujęciu globalnym	W ujęciu lokalnym	W ujęciu globalnym	W ujęciu lokalnym	W ujęciu globalnym	W ujęciu lokalnym
ON									
EURO V									
MAXI	12	39,4 l/100 km	21,72	94,56	94,56	0,96	0,96	12,6	12,6
MEGA	1	58,7 l/100 km	2,7	11,74	11,74	0,12	0,12	1,56	1,56
CNG									
EURO VI									
MIDI	7	54,6 m ³ /100 km	4,55	14	14	0,35035	0,35035	7,28	7,28
MAXI	11	54,6 m ³ /100 km	7,15	22	22	0,55055	0,55055	11,44	11,44
MEGA	1	54,6 m ³ /100 km	0,65	2	2	0,05005	0,05005	1,04	1,04
EEV									
MAXI	12	139 kWh/100 km	8,52	0,12	0	9,6	0	0,48	0
MEGA	2	139 kWh/100 km	1,58	0,02	0	1,78	0	0,08	0
	46	-	46,87	144,44	144,3	13,41095	2,03095	34,48	33,92

Źródło: opracowanie własne.

Powyższa tabela wskazuje, iż w wyniku realizacji Inwestycji redukcji ulegną metanowe lotne związki organiczne NHMC/NMVOC, a także tlenki azotu NOx. Widoczny jest również wyraźny wzrost emisji dwutlenku siarki w wariantcie inwestycyjnym (substancja ta emitowana jest podczas produkcji energii elektrycznej).

Należy spodziewać się również spadku emisji dwutlenku węgla, lecz ta wielkość uzależniona jest w dużej mierze od rozwoju sektora energetyki w Polsce. W sytuacji, gdy sektor energetyki oparty będzie w dalszym ciągu na spalaniu węgla brunatnego i kamiennego należy spodziewać się niekorzystnych wskaźników emisyjności dla pojazdów napędzanych energią elektryczną.

Jednakże należy zaznaczyć, że udział odnawialnych źródeł energii stale wzrasta⁵³, co warunkuje przede wszystkim Dyrektywa w sprawie odnawialnych źródeł energii (2009/28/WE). **Dlatego też przewiduje się, iż wskaźniki emisyjności dla pojazdów elektrycznych bateryjnych w najbliższych latach ulegną poprawie.**

⁵³ <https://www.rynekelektryczny.pl/energia-elektryczna-ze-zrodel-odnawialnych/>.

4.6 Efektywność społeczno-ekonomiczna Inwestycji – wariantowa analiza korzyści

Efekty środowiskowe realne do osiągnięcia w wyniku realizacji Inwestycji w poszczególnych wariantach oszacowano dla poszczególnych kategorii wymiernych kosztów opisanych w poprzednim podrozdziale, których wpływ na środowisko wynikać będzie z wymiany części taboru o napędzie spalinowym na zero- i niskoemisyjny.

Przedmiotowe efekty środowiskowe oszacowano w jednostkach naturalnych bazując na przyjętych założeniach realizacji projektu w zakresie planowanej etapowej wymiany 14 szt. autobusów i szacowanej pracy przewozowej realizowanej nowym taborem, w odniesieniu do rezultatów ograniczenia skutków mających wpływ na środowisko w następujących kategoriach, tj.:

- ograniczenie emisji zanieczyszczeń CO₂;
- ograniczenie emisji zanieczyszczeń – niższe warstwy (PM, NMHC/NMVOC, NO_x);
- ograniczenie emisji hałasu.

W celu przeprowadzenia analizy planowanych do osiągnięcia efektów środowiskowych wynikających z realizacji Inwestycji w danym wariantcie, oszacowano koszty środowiskowe związane z emisją szkodliwych substancji dla środowiska naturalnego i zdrowia ludzi, dla Wariantu bazowego, tj. zakładającego zakup nowych autobusów o napędzie spalinowym spełniających normę spalin EURO 6.

Na potrzeby niniejszej analizy przyjęto założenie, że przedmiotowe koszty środowiskowe Wariantu bazowego stanowią będą niejako skutki środowiskowe, a tym samym punkt odniesienia wymiany taboru w danym wariantcie realizacji Inwestycji.

W oparciu o przyjęte założenia ekonomiczne dot. wielkości pracy przewozowej, kalkulatory i tablice CUPT oszacowane skutki środowiskowe Wariantu bazowego kształtują się następująco, tj.:

Tabela 43. Wartość skutków środowiskowych dla Wariantu "0" bazowego w latach 2024–2028 [j.n.]

Wyszczególnienie	2024	2025	2026	2027	2028
Autobus ON					
Emisja zanieczyszczeń - CO₂ [t]	785,32	785,32	785,32	785,32	785,32
Liczba wzkm	715 945	715 945	715 945	715 945	715 945
Emisja CO ₂ [kg/km]	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
Emisja CO ₂ [kg]	785 323	785 323	785 323	785 323	785 323
Emisja CO ₂ [t]	785,32	785,32	785,32	785,32	785,32
Emisja zanieczyszczeń - PM [t]	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
PM g/km	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Liczba wzkm	715 945	715 945	715 945	715 945	715 945
Emisja zanieczyszczeń - NMHC/NMVOC [t]	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
NMHC/NMVOC g/km	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
Liczba wzkm	715 945	715 945	715 945	715 945	715 945
Emisja zanieczyszczeń - NO_x [t]	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18
NO _x g/km	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65
Liczba wzkm	715 945	715 945	715 945	715 945	715 945
Emisja hałasu - [PLN]	26 735,74	27 468,54	28 354,62	29 203,48	29 926,34
krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Liczba wzkm	715 945	715 945	715 945	715 945	715 945
Autobus CNG					
Emisja zanieczyszczeń - CO₂ [t]	600,47	600,47	600,47	600,47	600,47
Liczba wzkm	578 825	578 825	578 825	578 825	578 825

Wyszczególnienie	2024	2025	2026	2027	2028
Emisja CO2 [kg/km]	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04
Emisja CO2 [kg]	600 473	600 473	600 473	600 473	600 473
Emisja CO2 [t]	600,47	600,47	600,47	600,47	600,47
Emisja zanieczyszczeń - PM [t]	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
PM g/km	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Liczba wzkm	578 825	578 825	578 825	578 825	578 825
Emisja zanieczyszczeń - NMHC/NMVOG [t]	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
NMHC/NMVOG g/km	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
Liczba wzkm	578 825	578 825	578 825	578 825	578 825
Emisja zanieczyszczeń - NOx [t]	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16
NOx g/km	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Liczba wzkm	578 825	578 825	578 825	578 825	578 825
Emisja hałasu - [PLN]	21 615,25	22 207,70	22 924,07	23 610,36	24 194,78
krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Liczba wzkm	578 825	578 825	578 825	578 825	578 825

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych CUPT i Operatorów.

Tabela 44. Wartość skutków środowiskowych dla Wariantu "0" bazowego w latach 2029–2033 [j.n.]

Wyszczególnienie	2029	2030	2031	2032	2033
Autobus ON					
Emisja zanieczyszczeń - CO2 [t]	785,32	785,32	785,32	785,32	785,32
Liczba wzkm	715 945	715 945	715 945	715 945	715 945
Emisja CO2 [kg/km]	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
Emisja CO2 [kg]	785 323	785 323	785 323	785 323	785 323
Emisja CO2 [t]	785,32	785,32	785,32	785,32	785,32
Emisja zanieczyszczeń - PM [t]	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
PM g/km	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Liczba wzkm	715 945	715 945	715 945	715 945	715 945
Emisja zanieczyszczeń - NMHC/NMVOG [t]	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
NMHC/NMVOG g/km	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
Liczba wzkm	715 945	715 945	715 945	715 945	715 945
Emisja zanieczyszczeń - NOx [t]	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18
NOx g/km	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65
Liczba wzkm	715 945	715 945	715 945	715 945	715 945
Emisja hałasu - [PLN]	30 669,69	31 411,49	32 150,22	32 843,48	33 509,76
krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05
Liczba wzkm	715 945	715 945	715 945	715 945	715 945
Autobus CNG					
Emisja zanieczyszczeń - CO2 [t]	600,47	600,47	600,47	600,47	600,47
Liczba wzkm	578 825	578 825	578 825	578 825	578 825
Emisja CO2 [kg/km]	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04
Emisja CO2 [kg]	600 473	600 473	600 473	600 473	600 473
Emisja CO2 [t]	600,47	600,47	600,47	600,47	600,47
Emisja zanieczyszczeń - PM [t]	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
PM g/km	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Liczba wzkm	578 825	578 825	578 825	578 825	578 825
Emisja zanieczyszczeń - NMHC/NMVOG [t]	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38

Wyszczególnienie	2029	2030	2031	2032	2033
NMHC/NMVOC g/km	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
Liczba wzkm	578 825	578 825	578 825	578 825	578 825
Emisja zanieczyszczeń - NOx [t]	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16
NOx g/km	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Liczba wzkm	578 825	578 825	578 825	578 825	578 825
Emisja hałasu - [PLN]	24 795,76	25 395,49	25 992,74	26 553,22	27 091,89
krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05
Liczba wzkm	578 825	578 825	578 825	578 825	578 825

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych CUPT i Operatorów.

Tabela 45. Wartość skutków środowiskowych dla Wariantu "0" bazowego w latach 2034–2038 [j.n.]

Wyszczególnienie	2034	2035	2036	2037	2038
Autobus ON					
Emisja zanieczyszczeń - CO2 [t]	785,32	785,32	785,32	785,32	785,32
Liczba wzkm	715 945	715 945	715 945	715 945	715 945
Emisja CO2 [kg/km]	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
Emisja CO2 [kg]	785 323	785 323	785 323	785 323	785 323
Emisja CO2 [t]	785,32	785,32	785,32	785,32	785,32
Emisja zanieczyszczeń - PM [t]	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
PM g/km	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Liczba wzkm	715 945	715 945	715 945	715 945	715 945
Emisja zanieczyszczeń - NMHC/NMVOC [t]	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
NMHC/NMVOC g/km	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
Liczba wzkm	715 945	715 945	715 945	715 945	715 945
Emisja zanieczyszczeń - NOx [t]	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18
NOx g/km	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65
Liczba wzkm	715 945	715 945	715 945	715 945	715 945
Emisja hałasu - [PLN]	34 199,04	34 908,23	35 581,65	36 244,46	36 893,19
krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Liczba wzkm	715 945	715 945	715 945	715 945	715 945
Autobus CNG					
Emisja zanieczyszczeń - CO2 [t]	600,47	600,47	600,47	600,47	600,47
Liczba wzkm	578 825	578 825	578 825	578 825	578 825
Emisja CO2 [kg/km]	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04
Emisja CO2 [kg]	600 473	600 473	600 473	600 473	600 473
Emisja CO2 [t]	600,47	600,47	600,47	600,47	600,47
Emisja zanieczyszczeń - PM [t]	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
PM g/km	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Liczba wzkm	578 825	578 825	578 825	578 825	578 825
Emisja zanieczyszczeń - NMHC/NMVOC [t]	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
NMHC/NMVOC g/km	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
Liczba wzkm	578 825	578 825	578 825	578 825	578 825
Emisja zanieczyszczeń - NOx [t]	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16
NOx g/km	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Liczba wzkm	578 825	578 825	578 825	578 825	578 825
Emisja hałasu - [PLN]	27 649,16	28 222,52	28 766,97	29 302,84	29 827,32
krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

Wyszczególnienie	2034	2035	2036	2037	2038
Liczba wzm	578 825	578 825	578 825	578 825	578 825

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych CUPT i Operatorów.

W kolejnym etapie Analizy powyższe hipotetyczne skutki środowiskowe realizacji Wariantu bazowego wyrażone w jednostkach naturalnych poddano monetyzacji, celem określenia wartości wyrażonej w jednostkach pieniężnych, tj.:

Tabela 46. Zmonetyzowane skutki środowiskowe dla Wariantu "0" bazowego w latach 2024–2028 [j.n.]

Wyszczególnienie	2024	2025	2026	2027	2028
Wariant „0” - bazowy	1 427 103	1 585 265	1 744 942	1 904 251	2 062 315
Emisja CO2	1 163 000	1 313 924	1 464 847	1 615 771	1 766 695
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO2]	839,23	948,14	1 057,04	1 165,95	1 274,86
Emisja CO2 [t]	1 385,80	1 385,80	1 385,80	1 385,80	1 385,80
Emisja zanieczyszczeń-niższe warstwy	215 752	221 665	228 816	235 666	241 499
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t PM]	487 975	501 350	517 522	533 015	546 209
Emisja PM [t]	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NMHC/NMVOG]	3 754	3 857	3 981	4 100	4 202
Emisja NMHC/NMVOG [t]	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t Nox]	78 827	80 987	83 600	86 102	88 234
Emisja NOx [t]	2,34	2,34	2,34	2,34	2,34
Emisji hałasu - [PLN]	48 351	49 676	51 279	52 814	54 121

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych CUPT i Operatorów.

Tabela 47. Zmonetyzowane skutki środowiskowe dla Wariantu "0" bazowego w latach 2029–2033 [j.n.]

Wyszczególnienie	2029	2030	2031	2032	2033
Wariant „0” - bazowy	2 220 582	2 378 833	2 537 054	2 792 483	3 047 644
Emisja CO2	1 917 618	2 068 542	2 219 466	2 468 046	2 716 626
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO2]	1 383,77	1 492,67	1 601,58	1 780,96	1 960,34
Emisja CO2 [t]	1 385,80	1 385,80	1 385,80	1 385,80	1 385,80
Emisja zanieczyszczeń-niższe warstwy	247 498	253 484	259 446	265 040	270 417
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t PM]	559 776	573 315	586 799	599 452	611 613
Emisja PM [t]	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NMHC/NMVOG]	4 306	4 410	4 514	4 611	4 705
Emisja NMHC/NMVOG [t]	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t Nox]	90 425	92 612	94 791	96 835	98 799
Emisja NOx [t]	2,34	2,34	2,34	2,34	2,34
Emisji hałasu - [PLN]	55 465	56 807	58 143	59 397	60 602

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych CUPT i Operatorów.

Tabela 48. Zmonetyzowane skutki środowiskowe dla Wariantu "0" bazowego w latach 2034–2038 [j.n.]

Wyszczególnienie	2034	2035	2036	2037	2038
Wariant „0” - bazowy	3 303 033	3 558 619	3 813 852	4 060 101	4 306 212
Emisja CO2	2 965 206	3 213 786	3 462 366	3 702 069	3 941 771
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO2]	2 139,71	2 319,09	2 498,47	2 671,44	2 844,41
Emisja CO2 [t]	1 385,80	1 385,80	1 385,80	1 385,80	1 385,80
Emisja zanieczyszczeń-niższe warstwy	275 979	281 702	287 136	292 485	297 720
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t PM]	624 193	637 137	649 428	661 526	673 366
Emisja PM [t]	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06

Wyszczególnienie	2034	2035	2036	2037	2038
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NMHC/NMVOC]	4 801	4 901	4 996	5 089	5 180
Emisja NMHC/NMVOC [t]	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t Nox]	100 831	102 922	104 908	106 862	108 775
Emisja NOx [t]	2,34	2,34	2,34	2,34	2,34
Emisji hałasu - [PLN]	61 848	63 131	64 349	65 547	66 721

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych CUPT i Operatorów.

W dalszej części niniejszej Analizy oszacowano koszty środowiskowe stanowiące efekty środowiskowe realne do osiągnięcia w wyniku realizacji inwestycji w poszczególnych wariantach jej realizacji, dla poszczególnych kategorii wymiernych ograniczeń emisji zanieczyszczeń oraz hałasu, których wpływ na środowisko wynikać będzie z wymiany taboru o napędzie spalinowym (powyżej

wskazanych hipotetycznych skutków środowiskowych Wariantu bazowego).

Wyniki szacowanych efektów środowiskowych związanych z realizacją Inwestycji w ramach poszczególnych wariantów w latach 2024-2038 zaprezentowano w poniższych tabelach, odrębnie względem Wariantu bazowego, tj.:

Tabela 49. Wartość skutków środowiskowych dla Wariantu "1" w latach 2024–2028 [j.n.]

Wyszczególnienie	2024	2025	2026	2027	2028
Autobus ON					
Emisja zanieczyszczeń - CO2 [t]	785,32	528,70	528,70	528,70	380,41
Liczba wzkm	715 945	481 996	481 996	481 996	346 803
Emisja CO2 [kg/km]	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
Emisja CO2 [kg]	785 323	528 703	528 703	528 703	380 409
Emisja CO2 [t]	785,32	528,70	528,70	528,70	380,41
Emisja zanieczyszczeń - PM [t]	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01
PM g/km	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Liczba wzkm	715 945	481 996	481 996	481 996	346 803
Emisja zanieczyszczeń - NMHC/NMVOC [t]	0,38	0,26	0,26	0,26	0,19
NMHC/NMVOC g/km	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
Liczba wzkm	715 945	481 996	481 996	481 996	346 803
Emisja zanieczyszczeń - NOx [t]	1,18	0,79	0,79	0,79	0,57
NOx g/km	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65
Liczba wzkm	715 945	481 996	481 996	481 996	346 803
Emisja hałasu - [PLN]	26 735,74	18 492,66	19 089,19	19 660,67	14 496,28
krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Liczba wzkm	715 945	481 996	481 996	481 996	346 803
Autobus CNG					
Emisja zanieczyszczeń - CO2 [t]	600,47	600,47	600,47	600,47	600,47
Liczba wzkm	578 825	578 825	578 825	578 825	578 825
Emisja CO2 [kg/km]	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04
Emisja CO2 [kg]	600 473	600 473	600 473	600 473	600 473
Emisja CO2 [t]	600,47	600,47	600,47	600,47	600,47
Emisja zanieczyszczeń - PM [t]	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
PM g/km	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Liczba wzkm	578 825	578 825	578 825	578 825	578 825
Emisja zanieczyszczeń - NMHC/NMVOC [t]	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
NMHC/NMVOC g/km	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
Liczba wzkm	578 825	578 825	578 825	578 825	578 825

Wyszczególnienie	2024	2025	2026	2027	2028
Emisja zanieczyszczeń - NOx [t]	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16
NOx g/km	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Liczba wzkm	578 825	578 825	578 825	578 825	578 825
Emisja hałasu - [PLN]	21 615,25	22 207,70	22 924,07	23 610,36	24 194,78
krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Liczba wzkm	578 825	578 825	578 825	578 825	578 825
Autobus EEV					
Emisja zanieczyszczeń - CO2 [t]	0,00	224,42	224,42	224,42	354,10
Liczba wzkm	0	233 949	233 949	233 949	369 142
Emisja CO2 [kg/km]	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
Emisja CO2 [kg]	0	224 415	224 415	224 415	354 099
Emisja CO2 [t]	0,00	224,42	224,42	224,42	354,10
Emisja zanieczyszczeń - PM [t]	0,000	0,009	0,009	0,009	0,014
PM g/km	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Liczba wzkm	0	233 949	233 949	233 949	369 142
Emisja zanieczyszczeń - NMHC/NMVOC [t]	0,000	0,002	0,002	0,002	0,002
NMHC/NMVOC g/km	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Liczba wzkm	0	233 949	233 949	233 949	369 142
Emisja zanieczyszczeń - NOx [t]	0,000	0,180	0,180	0,180	0,284
NOx g/km	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77
Liczba wzkm	0	233 949	233 949	233 949	369 142
Emisja hałasu - [PLN]	0,00	8 975,89	9 265,43	9 542,81	15 430,06
krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Liczba wzkm	0	233 949	233 949	233 949	369 142

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych CUPT i Operatorów.

Tabela 50. Wartość skutków środowiskowych dla Wariantu "1" w latach 2029–2033 [j.n.]

Wyszczególnienie	2029	2030	2031	2032	2033
Autobus ON					
Emisja zanieczyszczeń - CO2 [t]	380,41	380,41	380,41	380,41	380,41
Liczba wzkm	346 803	346 803	346 803	346 803	346 803
Emisja CO2 [kg/km]	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
Emisja CO2 [kg]	380 409	380 409	380 409	380 409	380 409
Emisja CO2 [t]	380,41	380,41	380,41	380,41	380,41
Emisja zanieczyszczeń - PM [t]	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
PM g/km	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Liczba wzkm	346 803	346 803	346 803	346 803	346 803
Emisja zanieczyszczeń - NMHC/NMVOC [t]	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
NMHC/NMVOC g/km	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
Liczba wzkm	346 803	346 803	346 803	346 803	346 803
Emisja zanieczyszczeń - NOx [t]	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57
NOx g/km	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65
Liczba wzkm	346 803	346 803	346 803	346 803	346 803
Emisja hałasu - [PLN]	14 856,36	15 215,68	15 573,53	15 909,34	16 232,08
krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05
Liczba wzkm	346 803	346 803	346 803	346 803	346 803
Autobus CNG					

Wyszczególnienie	2029	2030	2031	2032	2033
Emisja zanieczyszczeń - CO2 [t]	600,47	600,47	600,47	600,47	600,47
Liczba wzkm	578 825	578 825	578 825	578 825	578 825
Emisja CO2 [kg/km]	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04
Emisja CO2 [kg]	600 473	600 473	600 473	600 473	600 473
Emisja CO2 [t]	600,47	600,47	600,47	600,47	600,47
Emisja zanieczyszczeń - PM [t]	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
PM g/km	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Liczba wzkm	578 825	578 825	578 825	578 825	578 825
Emisja zanieczyszczeń - NMHC/NMVOC [t]	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
NMHC/NMVOC g/km	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
Liczba wzkm	578 825	578 825	578 825	578 825	578 825
Emisja zanieczyszczeń - NOx [t]	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16
NOx g/km	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Liczba wzkm	578 825	578 825	578 825	578 825	578 825
Emisja hałasu - [PLN]	24 795,76	25 395,49	25 992,74	26 553,22	27 091,89
krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05
Liczba wzkm	578 825	578 825	578 825	578 825	578 825
Autobus EEV					
Emisja zanieczyszczeń - CO2 [t]	354,10	354,10	354,10	354,10	354,10
Liczba wzkm	369 142	369 142	369 142	369 142	369 142
Emisja CO2 [kg/km]	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
Emisja CO2 [kg]	354 099	354 099	354 099	354 099	354 099
Emisja CO2 [t]	354,10	354,10	354,10	354,10	354,10
Emisja zanieczyszczeń - PM [t]	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014
PM g/km	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Liczba wzkm	369 142	369 142	369 142	369 142	369 142
Emisja zanieczyszczeń - NMHC/NMVOC [t]	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
NMHC/NMVOC g/km	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Liczba wzkm	369 142	369 142	369 142	369 142	369 142
Emisja zanieczyszczeń - NOx [t]	0,284	0,284	0,284	0,284	0,284
NOx g/km	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77
Liczba wzkm	369 142	369 142	369 142	369 142	369 142
Emisja hałasu - [PLN]	15 813,33	16 195,81	16 576,70	16 934,14	17 277,67
krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05
Liczba wzkm	369 142	369 142	369 142	369 142	369 142

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych CUPT i Operatorów.

Tabela 51. Wartość skutków środowiskowych dla Wariantu "1" w latach 2034–2038 [j.n.]

Wyszczególnienie	2034	2035	2036	2037	2038
Autobus ON					
Emisja zanieczyszczeń - CO2 [t]	380,41	380,41	380,41	380,41	380,41
Liczba wzkm	346 803	346 803	346 803	346 803	346 803
Emisja CO2 [kg/km]	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
Emisja CO2 [kg]	380 409	380 409	380 409	380 409	380 409
Emisja CO2 [t]	380,41	380,41	380,41	380,41	380,41
Emisja zanieczyszczeń - PM [t]	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
PM g/km	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04

Wyszczególnienie	2034	2035	2036	2037	2038
Liczba wzkm	346 803	346 803	346 803	346 803	346 803
Emisja zanieczyszczeń - NMHC/NMVOG [t]	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
NMHC/NMVOG g/km	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
Liczba wzkm	346 803	346 803	346 803	346 803	346 803
Emisja zanieczyszczeń - NOx [t]	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57
NOx g/km	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65
Liczba wzkm	346 803	346 803	346 803	346 803	346 803
Emisja hałasu - [PLN]	16 565,97	16 909,50	17 235,70	17 556,77	17 871,01
krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Liczba wzkm	346 803	346 803	346 803	346 803	346 803
Autobus CNG					
Emisja zanieczyszczeń - CO2 [t]	600,47	600,47	600,47	600,47	600,47
Liczba wzkm	578 825	578 825	578 825	578 825	578 825
Emisja CO2 [kg/km]	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04
Emisja CO2 [kg]	600 473	600 473	600 473	600 473	600 473
Emisja CO2 [t]	600,47	600,47	600,47	600,47	600,47
Emisja zanieczyszczeń - PM [t]	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
PM g/km	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Liczba wzkm	578 825	578 825	578 825	578 825	578 825
Emisja zanieczyszczeń - NMHC/NMVOG [t]	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
NMHC/NMVOG g/km	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
Liczba wzkm	578 825	578 825	578 825	578 825	578 825
Emisja zanieczyszczeń - NOx [t]	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16
NOx g/km	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Liczba wzkm	578 825	578 825	578 825	578 825	578 825
Emisja hałasu - [PLN]	27 649,16	28 222,52	28 766,97	29 302,84	29 827,32
krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Liczba wzkm	578 825	578 825	578 825	578 825	578 825
Autobus EEV					
Emisja zanieczyszczeń - CO2 [t]	354,10	354,10	354,10	354,10	354,10
Liczba wzkm	369 142	369 142	369 142	369 142	369 142
Emisja CO2 [kg/km]	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
Emisja CO2 [kg]	354 099	354 099	354 099	354 099	354 099
Emisja CO2 [t]	354,10	354,10	354,10	354,10	354,10
Emisja zanieczyszczeń - PM [t]	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014
PM g/km	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Liczba wzkm	369 142	369 142	369 142	369 142	369 142
Emisja zanieczyszczeń - NMHC/NMVOG [t]	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
NMHC/NMVOG g/km	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Liczba wzkm	369 142	369 142	369 142	369 142	369 142
Emisja zanieczyszczeń - NOx [t]	0,284	0,284	0,284	0,284	0,284
NOx g/km	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77
Liczba wzkm	369 142	369 142	369 142	369 142	369 142
Emisja hałasu - [PLN]	17 633,07	17 998,73	18 345,95	18 687,69	19 022,18
krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Liczba wzkm	369 142	369 142	369 142	369 142	369 142

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych CUPT i Operatorów.

Tabela 52. Wartość skutków środowiskowych dla Wariantu "2" w latach 2024–2028 [j.n.]

Wyszczególnienie	2024	2025	2026	2027	2028
Autobus ON					
Emisja zanieczyszczeń - CO2 [t]	785,32	528,70	528,70	528,70	380,41
Liczba wzkm	715 945	481 996	481 996	481 996	346 803
Emisja CO2 [kg/km]	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
Emisja CO2 [kg]	785 323	528 703	528 703	528 703	380 409
Emisja CO2 [t]	785,32	528,70	528,70	528,70	380,41
Emisja zanieczyszczeń - PM [t]	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01
PM g/km	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Liczba wzkm	715 945	481 996	481 996	481 996	346 803
Emisja zanieczyszczeń - NMHC/NMVOC [t]	0,38	0,26	0,26	0,26	0,19
NMHC/NMVOC g/km	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
Liczba wzkm	715 945	481 996	481 996	481 996	346 803
Emisja zanieczyszczeń - NOx [t]	1,18	0,79	0,79	0,79	0,57
NOx g/km	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65
Liczba wzkm	715 945	481 996	481 996	481 996	346 803
Emisja hałasu - [PLN]	26 735,74	18 492,66	19 089,19	19 660,67	14 496,28
krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Liczba wzkm	715 945	481 996	481 996	481 996	346 803
Autobus CNG					
Emisja zanieczyszczeń - CO2 [t]	600,47	600,47	600,47	600,47	600,47
Liczba wzkm	578 825	578 825	578 825	578 825	578 825
Emisja CO2 [kg/km]	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04
Emisja CO2 [kg]	600 473	600 473	600 473	600 473	600 473
Emisja CO2 [t]	600,47	600,47	600,47	600,47	600,47
Emisja zanieczyszczeń - PM [t]	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
PM g/km	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Liczba wzkm	578 825	578 825	578 825	578 825	578 825
Emisja zanieczyszczeń - NMHC/NMVOC [t]	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
NMHC/NMVOC g/km	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
Liczba wzkm	578 825	578 825	578 825	578 825	578 825
Emisja zanieczyszczeń - NOx [t]	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16
NOx g/km	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Liczba wzkm	578 825	578 825	578 825	578 825	578 825
Emisja hałasu - [PLN]	21 615,25	22 207,70	22 924,07	23 610,36	24 194,78
krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Liczba wzkm	578 825	578 825	578 825	578 825	578 825
Autobus FCEF					
Emisja zanieczyszczeń - CO2 [t]	0,00	224,42	224,42	224,42	354,10
Liczba wzkm	0	233 949	233 949	233 949	369 142
Emisja CO2 [kg/km]	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
Emisja CO2 [kg]	0	224 415	224 415	224 415	354 099
Emisja CO2 [t]	0,00	224,42	224,42	224,42	354,10
Emisja zanieczyszczeń - PM [t]	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
PM g/km	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Liczba wzkm	0	233 949	233 949	233 949	369 142

Wyszczególnienie	2024	2025	2026	2027	2028
Emisja zanieczyszczeń - NMHC/NMVOG [t]	0,000	0,002	0,002	0,002	0,002
NMHC/NMVOG g/km	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Liczba wzkm	0	233 949	233 949	233 949	369 142
Emisja zanieczyszczeń - NOx [t]	0,00	0,18	0,18	0,18	0,28
NOx g/km	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77
Liczba wzkm	0	233 949	233 949	233 949	369 142
Emisja hałasu - [PLN]	0,00	8 975,89	9 265,43	9 542,81	15 430,06
krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Liczba wzkm	0	233 949	233 949	233 949	369 142

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych CUPT i Operatorów.

Tabela 53. Wartość skutków środowiskowych dla Wariantu "2" w latach 2029–2033 [j.n.]

Wyszczególnienie	2029	2030	2031	2032	2033
Autobus ON					
Emisja zanieczyszczeń - CO2 [t]	380,41	380,41	380,41	380,41	380,41
Liczba wzkm	346 803	346 803	346 803	346 803	346 803
Emisja CO2 [kg/km]	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
Emisja CO2 [kg]	380 409	380 409	380 409	380 409	380 409
Emisja CO2 [t]	380,41	380,41	380,41	380,41	380,41
Emisja zanieczyszczeń - PM [t]	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
PM g/km	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Liczba wzkm	346 803	346 803	346 803	346 803	346 803
Emisja zanieczyszczeń - NMHC/NMVOG [t]	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
NMHC/NMVOG g/km	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
Liczba wzkm	346 803	346 803	346 803	346 803	346 803
Emisja zanieczyszczeń - NOx [t]	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57
NOx g/km	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65
Liczba wzkm	346 803	346 803	346 803	346 803	346 803
Emisja hałasu - [PLN]	14 856,36	15 215,68	15 573,53	15 909,34	16 232,08
krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05
Liczba wzkm	346 803	346 803	346 803	346 803	346 803
Autobus CNG					
Emisja zanieczyszczeń - CO2 [t]	600,47	600,47	600,47	600,47	600,47
Liczba wzkm	578 825	578 825	578 825	578 825	578 825
Emisja CO2 [kg/km]	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04
Emisja CO2 [kg]	600 473	600 473	600 473	600 473	600 473
Emisja CO2 [t]	600,47	600,47	600,47	600,47	600,47
Emisja zanieczyszczeń - PM [t]	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
PM g/km	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Liczba wzkm	578 825	578 825	578 825	578 825	578 825
Emisja zanieczyszczeń - NMHC/NMVOG [t]	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
NMHC/NMVOG g/km	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
Liczba wzkm	578 825	578 825	578 825	578 825	578 825
Emisja zanieczyszczeń - NOx [t]	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16
NOx g/km	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Liczba wzkm	578 825	578 825	578 825	578 825	578 825
Emisja hałasu - [PLN]	24 795,76	25 395,49	25 992,74	26 553,22	27 091,89

Wyszczególnienie	2029	2030	2031	2032	2033
krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05
Liczba wzkm	578 825	578 825	578 825	578 825	578 825
Autobus FCEF					
Emisja zanieczyszczeń - CO2 [t]	354,10	354,10	354,10	354,10	354,10
Liczba wzkm	369 142	369 142	369 142	369 142	369 142
Emisja CO2 [kg/km]	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
Emisja CO2 [kg]	354 099	354 099	354 099	354 099	354 099
Emisja CO2 [t]	354,10	354,10	354,10	354,10	354,10
Emisja zanieczyszczeń - PM [t]	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
PM g/km	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Liczba wzkm	369 142	369 142	369 142	369 142	369 142
Emisja zanieczyszczeń - NMHC/NMVOC [t]	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
NMHC/NMVOC g/km	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Liczba wzkm	369 142	369 142	369 142	369 142	369 142
Emisja zanieczyszczeń - NOx [t]	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
NOx g/km	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77
Liczba wzkm	369 142	369 142	369 142	369 142	369 142
Emisja hałasu - [PLN]	15 813,33	16 195,81	16 576,70	16 934,14	17 277,67
krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05
Liczba wzkm	369 142	369 142	369 142	369 142	369 142

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych CUPT i Operatorów.

Tabela 54. Wartość skutków środowiskowych dla Wariantu "2" w latach 2034–2038 [j.n.]

Wyszczególnienie	2034	2035	2036	2037	2038
Autobus ON					
Emisja zanieczyszczeń - CO2 [t]	380,41	380,41	380,41	380,41	380,41
Liczba wzkm	346 803	346 803	346 803	346 803	346 803
Emisja CO2 [kg/km]	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
Emisja CO2 [kg]	380 409	380 409	380 409	380 409	380 409
Emisja CO2 [t]	380,41	380,41	380,41	380,41	380,41
Emisja zanieczyszczeń - PM [t]	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
PM g/km	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Liczba wzkm	346 803	346 803	346 803	346 803	346 803
Emisja zanieczyszczeń - NMHC/NMVOC [t]	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
NMHC/NMVOC g/km	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
Liczba wzkm	346 803	346 803	346 803	346 803	346 803
Emisja zanieczyszczeń - NOx [t]	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57
NOx g/km	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65
Liczba wzkm	346 803	346 803	346 803	346 803	346 803
Emisja hałasu - [PLN]	16 565,97	16 909,50	17 235,70	17 556,77	17 871,01
krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Liczba wzkm	346 803	346 803	346 803	346 803	346 803
Autobus CNG					
Emisja zanieczyszczeń - CO2 [t]	600,47	600,47	600,47	600,47	600,47
Liczba wzkm	578 825	578 825	578 825	578 825	578 825
Emisja CO2 [kg/km]	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04
Emisja CO2 [kg]	600 473	600 473	600 473	600 473	600 473

Wyszczególnienie	2034	2035	2036	2037	2038
Emisja CO2 [t]	600,47	600,47	600,47	600,47	600,47
Emisja zanieczyszczeń - PM [t]	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
PM g/km	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Liczba wzkm	578 825	578 825	578 825	578 825	578 825
Emisja zanieczyszczeń - NMHC/NMVOG [t]	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
NMHC/NMVOG g/km	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
Liczba wzkm	578 825	578 825	578 825	578 825	578 825
Emisja zanieczyszczeń - NOx [t]	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16
NOx g/km	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Liczba wzkm	578 825	578 825	578 825	578 825	578 825
Emisja hałasu - [PLN]	27 649,16	28 222,52	28 766,97	29 302,84	29 827,32
krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Liczba wzkm	578 825	578 825	578 825	578 825	578 825
Autobus FCEF					
Emisja zanieczyszczeń - CO2 [t]	354,10	354,10	354,10	354,10	354,10
Liczba wzkm	369 142	369 142	369 142	369 142	369 142
Emisja CO2 [kg/km]	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
Emisja CO2 [kg]	354 099	354 099	354 099	354 099	354 099
Emisja CO2 [t]	354,10	354,10	354,10	354,10	354,10
Emisja zanieczyszczeń - PM [t]	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
PM g/km	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Liczba wzkm	369 142	369 142	369 142	369 142	369 142
Emisja zanieczyszczeń - NMHC/NMVOG [t]	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
NMHC/NMVOG g/km	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Liczba wzkm	369 142	369 142	369 142	369 142	369 142
Emisja zanieczyszczeń - NOx [t]	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
NOx g/km	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77
Liczba wzkm	369 142	369 142	369 142	369 142	369 142
Emisja hałasu - [PLN]	17 633,07	17 998,73	18 345,95	18 687,69	19 022,18
krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Liczba wzkm	369 142	369 142	369 142	369 142	369 142

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych CUPT i Operatorów.

W kolejnej fazie Analizy zaprezentowano oszacowane efekty środowiskowe dla poszczególnych wariantów wyrażone w jednostkach naturalnych, które poddano monetyzacji, dzięki czemu osiągnięto ich wartość wyrażoną w jednostkach pieniężnych, tj.:

Tabela 55. Zmonetyzowane skutki środowiskowe dla Wariantu "1" w latach 2024–2028 [j.n.]

Wyszczególnienie	2024	2025	2026	2027	2028
Wariant „1” - elektryczny bateryjny	48 351	97 652	103 324	108 906	148 886
Ograniczenie emisji CO2	0	30 534	34 041	37 549	64 781
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO2]	839,23	948,14	1 057,04	1 165,95	1 274,86
Ograniczenie emisji CO2 [t]	0,00	32,20	32,20	32,20	50,81
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy	0	17 442	18 004	18 543	29 984
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t PM]	487 975	501 350	517 522	533 015	546 209
Ograniczenie emisji PM [t]	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NMHC/NMVOC]	3 754	3 857	3 981	4 100	4 202
Ograniczenie emisji NMHC/NMVOC [t]	0,00	0,12	0,12	0,12	0,20
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t Nox]	78 827	80 987	83 600	86 102	88 234
Ograniczenie emisji NOx [t]	0,00	0,21	0,21	0,21	0,32
Ograniczenie emisji hałasu - [PLN]	48 351	49 676	51 279	52 814	54 121

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych CUPT i Operatorów.

Tabela 56. Zmonetyzowane skutki środowiskowe dla Wariantu "1" w latach 2029–2033 [j.n.]

Wyszczególnienie	2029	2030	2031	2032	2033
Wariant „1” - elektryczny bateryjny	156 509	164 128	171 738	182 801	193 788
Ograniczenie emisji CO2	70 315	75 849	81 383	90 498	99 613
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO2]	1 383,77	1 492,67	1 601,58	1 780,96	1 960,34
Ograniczenie emisji CO2 [t]	50,81	50,81	50,81	50,81	50,81
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy	30 728	31 472	32 212	32 906	33 574
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t PM]	559 776	573 315	586 799	599 452	611 613
Ograniczenie emisji PM [t]	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NMHC/NMVOC]	4 306	4 410	4 514	4 611	4 705
Ograniczenie emisji NMHC/NMVOC [t]	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t Nox]	90 425	92 612	94 791	96 835	98 799
Ograniczenie emisji NOx [t]	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
Ograniczenie emisji hałasu - [PLN]	55 465	56 807	58 143	59 397	60 602

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych CUPT i Operatorów.

Tabela 57. Zmonetyzowane skutki środowiskowe dla Wariantu "1" w latach 2034–2038 [j.n.]

Wyszczególnienie	2034	2035	2036	2037	2038
Wariant „1” - elektryczny bateryjny	204 841	215 949	226 956	237 608	248 221
Ograniczenie emisji CO2	108 728	117 843	126 958	135 747	144 537
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO2]	2 139,71	2 319,09	2 498,47	2 671,44	2 844,41
Ograniczenie emisji CO2 [t]	50,81	50,81	50,81	50,81	50,81
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy	34 264	34 975	35 650	36 314	36 964
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t PM]	624 193	637 137	649 428	661 526	673 366
Ograniczenie emisji PM [t]	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NMHC/NMVOC]	4 801	4 901	4 996	5 089	5 180
Ograniczenie emisji NMHC/NMVOC [t]	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t Nox]	100 831	102 922	104 908	106 862	108 775
Ograniczenie emisji NOx [t]	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
Ograniczenie emisji hałasu - [PLN]	61 848	63 131	64 349	65 547	66 721

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych CUPT i Operatorów.

Tabela 58. Zmonetyzowane skutki środowiskowe dla Wariantu "2" w latach 2024–2028 [j.n.]

Wyszczególnienie	2024	2025	2026	2027	2028
Wariant „2” - elektryczny wodorowy	48 351	97 652	103 324	108 906	148 886
Ograniczenie emisji CO2	0	30 534	34 041	37 549	64 781
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO2]	839,23	948,14	1 057,04	1 165,95	1 274,86
Ograniczenie emisji CO2 [t]	0,00	32,20	32,20	32,20	50,81
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy	0	17 442	18 004	18 543	29 984
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t PM]	487 975	501 350	517 522	533 015	546 209
Ograniczenie emisji PM [t]	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NMHC/NMVOC]	3 754	3 857	3 981	4 100	4 202
Ograniczenie emisji NMHC/NMVOC [t]	0,00	0,12	0,12	0,12	0,20
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t Nox]	78 827	80 987	83 600	86 102	88 234
Ograniczenie emisji NOx [t]	0,00	0,21	0,21	0,21	0,32
Ograniczenie emisji hałasu - [PLN]	48 351	49 676	51 279	52 814	54 121

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych CUPT i Operatorów.

Tabela 59. Zmonetyzowane skutki środowiskowe dla Wariantu "2" w latach 2029–2033 [j.n.]

Wyszczególnienie	2029	2030	2031	2032	2033
Wariant „2” - elektryczny wodorowy	156 509	164 128	171 738	182 801	193 788
Ograniczenie emisji CO2	70 315	75 849	81 383	90 498	99 613
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO2]	1 383,77	1 492,67	1 601,58	1 780,96	1 960,34
Ograniczenie emisji CO2 [t]	50,81	50,81	50,81	50,81	50,81
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy	30 728	31 472	32 212	32 906	33 574
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t PM]	559 776	573 315	586 799	599 452	611 613
Ograniczenie emisji PM [t]	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NMHC/NMVOC]	4 306	4 410	4 514	4 611	4 705
Ograniczenie emisji NMHC/NMVOC [t]	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t Nox]	90 425	92 612	94 791	96 835	98 799
Ograniczenie emisji NOx [t]	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
Ograniczenie emisji hałasu - [PLN]	55 465	56 807	58 143	59 397	60 602

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych CUPT i Operatorów.

Tabela 60. Zmonetyzowane skutki środowiskowe dla Wariantu "2" w latach 2034–2038 [j.n.]

Wyszczególnienie	2034	2035	2036	2037	2038
Wariant „2” - elektryczny wodorowy	204 841	215 949	226 956	237 608	248 221
Ograniczenie emisji CO2	108 728	117 843	126 958	135 747	144 537
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO2]	2 139,71	2 319,09	2 498,47	2 671,44	2 844,41
Ograniczenie emisji CO2 [t]	50,81	50,81	50,81	50,81	50,81
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy	34 264	34 975	35 650	36 314	36 964
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t PM]	624 193	637 137	649 428	661 526	673 366
Ograniczenie emisji PM [t]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NMHC/NMVOC]	4 801	4 901	4 996	5 089	5 180
Ograniczenie emisji NMHC/NMVOC [t]	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t Nox]	100 831	102 922	104 908	106 862	108 775
Ograniczenie emisji NOx [t]	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
Ograniczenie emisji hałasu - [PLN]	61 848	63 131	64 349	65 547	66 721

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych CUPT i Operatorów.

Na podstawie szacowanych nakładów inwestycyjnych, wydatków eksploatacyjnych związanych z realizacją Inwestycji oraz zmonetyzowanych efektów środowiskowych dla poszczególnych wariantów, oszacowano alternatywne korzyści oraz skutki finansowe wynikające z wymiany taboru o konwencjonalnym napędzie.

W tym celu przedstawiono różnice w postaci przepływów pieniężnych obejmujące w/w elementy dla danych wariantów, względem Wariantu bazowego, w rezultacie czego otrzymano wartość skumulowanych przepływów ekonomicznych planowanych do osiągnięcia w ramach realizacji Inwestycji, których wyniki kształtują się następująco, tj.:

Tabela 61. Skumulowane przepływy ekonomiczne dla Wariantu „0” bazowego w latach 2024–2028 [w zł netto]

Wyszczególnienie	2024	2025	2026	2027	2028
Przepływy ekonomiczne	-21 584 968	-5 943 131	-6 102 807	-14 262 116	-6 420 180
Wydatki inwestycyjne	-15 800 000	0	0	-8 000 000	0
Wartość rezydualna	0	0	0	0	0
Wydatki eksploatacyjne	-4 357 865	-4 357 865	-4 357 865	-4 357 865	-4 357 865
Monetyzacja skutków środowiskowych	-1 427 103	-1 585 265	-1 744 942	-1 904 251	-2 062 315
Korzyści ekonomiczne netto	0	0	0	0	0
Koszty ekonomiczne netto	-21 584 968	-5 943 131	-6 102 807	-14 262 116	-6 420 180

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych CUPT i Operatorów.

Tabela 62. Skumulowane przepływy ekonomiczne dla Wariantu „0” bazowego w latach 2029–2033 [w zł netto]

Wyszczególnienie	2029	2030	2031	2032	2033
Przepływy ekonomiczne	-6 578 447	-6 736 698	-6 894 919	-7 150 348	-7 405 510
Wydatki inwestycyjne	0	0	0	0	0
Wartość rezydualna	0	0	0	0	0
Wydatki eksploatacyjne	-4 357 865	-4 357 865	-4 357 865	-4 357 865	-4 357 865
Monetyzacja skutków środowiskowych	-2 220 582	-2 378 833	-2 537 054	-2 792 483	-3 047 644
Korzyści ekonomiczne netto	0	0	0	0	0
Koszty ekonomiczne netto	-6 578 447	-6 736 698	-6 894 919	-7 150 348	-7 405 510

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych CUPT i Operatorów.

Tabela 63. Skumulowane przep

Wyszczególnienie	2034	2035	2036	2037	2038
Przepływy ekonomiczne	-7 660 899	-7 916 484	-8 171 717	-8 417 966	-8 664 077
Wydatki inwestycyjne	0	0	0	0	0
Wartość rezydualna	0	0	0	0	0
Wydatki eksploatacyjne	-4 357 865	-4 357 865	-4 357 865	-4 357 865	-4 357 865
Monetyzacja skutków środowiskowych	-3 303 033	-3 558 619	-3 813 852	-4 060 101	-4 306 212
Korzyści ekonomiczne netto	0	0	0	0	0
Koszty ekonomiczne netto	-7 660 899	-7 916 484	-8 171 717	-8 417 966	-8 664 077

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych CUPT i Operatorów.

Tabela 64. Skumulowane przepływy ekonomiczne dla Wariantu „1” w latach 2024–2028 [w zł netto]

Wyszczególnienie	2024	2025	2026	2027	2028
Przepływy ekonomiczne	-12 041 801	234 269	239 941	-6 345 054	347 805
Wydatki inwestycyjne	-12 090 152	0	0	-6 590 576	0
Wartość rezydualna	0	0	0	0	0
Wydatki eksploatacyjne	0	136 617	136 617	136 617	198 920
Efekty środowiskowe	48 351	97 652	103 324	108 906	148 886
Korzyści ekonomiczne netto	48 351	234 269	239 941	245 522	347 805
Koszty ekonomiczne netto	-12 090 152	0	0	-6 590 576	0

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych CUPT i Operatorów.

Tabela 65. Skumulowane przepływy ekonomiczne dla Wariantu „1” w latach 2029–2033 [w zł netto]

Wyszczególnienie	2029	2030	2031	2032	2033
Przepływy ekonomiczne	355 428	363 047	370 657	-1 406 929	392 708
Wydatki inwestycyjne	0	0	0	0	0
Wartość rezydualna	0	0	0	0	0
Wydatki eksploatacyjne	198 920	198 920	198 920	-1 589 730	198 920
Efekty środowiskowe	156 509	164 128	171 738	182 801	193 788
Korzyści ekonomiczne netto	355 428	363 047	370 657	182 801	392 708
Koszty ekonomiczne netto	0	0	0	-1 589 730	0

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych CUPT i Operatorów.

Tabela 66. Skumulowane przepływy ekonomiczne dla Wariantu „1” w latach 2034–2038 [w zł netto]

Wyszczególnienie	2034	2035	2036	2037	2038
Przepływy ekonomiczne	403 760	-554 882	425 876	436 528	447 140
Wydatki inwestycyjne	0	0	0	0	0
Wartość rezydualna	0	0	0	0	0
Wydatki eksploatacyjne	198 920	-770 830	198 920	198 920	198 920
Efekty środowiskowe	204 841	215 949	226 956	237 608	248 221
Korzyści ekonomiczne netto	403 760	215 949	425 876	436 528	447 140
Koszty ekonomiczne netto	0	-770 830	0	0	0

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych CUPT i Operatorów.

Tabela 67. Skumulowane przepływy ekonomiczne dla Wariantu „2” w latach 2024–2028 [w zł netto]

Wyszczególnienie	2024	2025	2026	2027	2028
Przepływy ekonomiczne	-29 151 649	-516 674	-511 002	-8 505 421	-831 028
Wydatki inwestycyjne	-29 200 000	0	0	-8 000 000	0
Wartość rezydualna	0	0	0	0	0
Wydatki eksploatacyjne	0	-614 327	-614 327	-614 327	-979 913
Efekty środowiskowe	48 351	97 652	103 324	108 906	148 886
Korzyści ekonomiczne netto	48 351	97 652	103 324	108 906	148 886
Koszty ekonomiczne netto	-29 200 000	-614 327	-614 327	-8 614 327	-979 913

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych CUPT i Operatorów.

Tabela 68. Skumulowane przepływy ekonomiczne dla Wariantu „2” w latach 2029–2033 [w zł netto]

Wyszczególnienie	2029	2030	2031	2032	2033
Przepływy ekonomiczne	-823 404	-815 786	-808 175	-797 112	-786 125
Wydatki inwestycyjne	0	0	0	0	0
Wartość rezydualna	0	0	0	0	0
Wydatki eksploatacyjne	-979 913	-979 913	-979 913	-979 913	-979 913
Efekty środowiskowe	156 509	164 128	171 738	182 801	193 788
Korzyści ekonomiczne netto	156 509	164 128	171 738	182 801	193 788
Koszty ekonomiczne netto	-979 913	-979 913	-979 913	-979 913	-979 913

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych CUPT i Operatorów.

Tabela 69. Skumulowane przepływy ekonomiczne dla Wariantu „2” w latach 2034–2038 [w zł netto]

Wyszczególnienie	2034	2035	2036	2037	2038
Przepływy ekonomiczne	-775 073	-763 965	-752 957	-742 305	-731 693
Wydatki inwestycyjne	0	0	0	0	0
Wartość rezydualna	0	0	0	0	0
Wydatki eksploatacyjne	-979 913	-979 913	-979 913	-979 913	-979 913
Efekty środowiskowe	204 841	215 949	226 956	237 608	248 221
Korzyści ekonomiczne netto	204 841	215 949	226 956	237 608	248 221
Koszty ekonomiczne netto	-979 913	-979 913	-979 913	-979 913	-979 913

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych CUPT i Operatorów.

Zgodnie z przeprowadzoną kalkulacją przepływów ekonomicznych realizacji inwestycji wg danych wariantów, obejmujące niezbędne nakłady inwestycyjne, wydatki eksploatacyjne, wartość rezydualną majątku wytworzonego w ramach projektu oraz zmonetyzowane efekty/skutki środowiskowe, różnicowe rezultaty ekonomiczne alternatywnych wariantów inwestycyjnych względem założeń dla taboru konwencjonalnego (Wariant bazowy) dla całego okresu objętego analizą, kształtuje się następująco, tj.:

• Wariant „1” – elektryczny bateryjny:
-16.331.506 zł.

• Wariant „2” – elektryczny wodorowy:
-47.312.369 zł.

Należy przy tym wskazać, że żaden z Wariantów nie wykazuje dodatnich skumulowanych przepływów ekonomicznych, nie wykazując korzyści ekonomicznych.

Niezależnie od osiągniętego wyniku różnicowych przepływów ekonomiczno-finansowych w okresie realizacji projektu, poniżej zaprezentowano ocenę efektywności ekonomicznej Inwestycji wyrażonej w postaci mierników ENPV, ERR i BCR, co do których zgodnie zaleceniem zawartym w Niebieskiej Księdze „Sektor transportu publicznego” zastosowano realną stopę dyskontową na poziomie 3%, a wyniki analizy kształtują się następująco, tj.:

Tabela 70. Ocena ekonomicznej efektywności wariantów [PLN; %]

Wyszczególnienie	Wartość
ENPV	
Wariant „1”	-15 720 671
Wariant „2”	-43 286 665
ERR	
Wariant „1”	-20,78%
Wariant „2”	Nieemożliwe do obliczenia
BCR	
Wariant „1”	0,22
Wariant „2”	0,05

Źródło: opracowanie własne.

Z punktu widzenia oceny finansowej realizacji poszczególnych Wariantów należy wskazać, że zarówno inwestycja w Wariant „1”, jak i w Wariant „2” jest nieopłacalna (ENPV<0), co oznacza, że ich realizacja nie generuje korzyści ekonomicznych.

W ramach niniejszego opracowania przeprowadzono dodatkowo analizę efektywności ekonomicznej inwestycji przy założeniu pozyskania dofinansowania z zewnętrznych środków pomocowych np. UE.

W oparciu o założenia oraz wyniki przeprowadzonej analizy oszacowano punkt krytyczny przedmiotowego współfinansowania Inwestycji do

poziomu, którego Inwestycja jest opłacalna dla najkorzystniejszego z punktu widzenia ekonomicznej efektywności jej realizacji, tj. dla Wariantu „1”.

Wartość dofinansowania spełniająca kryterium opłacalności projektu w ramach analizy efektywności ekonomicznej Inwestycji wynosi min. 90% wydatków kwalifikowanych.

Poniżej zaprezentowano szczegółowe wartości skumulowanych przepływów pieniężnych uwzględniających dofinansowanie zewnętrzne dla najkorzystniejszego z punktu widzenia efektywności ekonomicznej Inwestycji (Wariantu „1”) tj.

Tabela 71. Skumulowane przepływy ekonomiczne dla Wariantu „1” wraz z dotacją w latach 2024–2028 [zł]

Wyszczególnienie	2024	2025	2026	2027	2028
Przepływy ekonomiczne - wariant z dotacją	-1 160 664	234 269	239 941	-413 535	347 805
Wydatki inwestycyjne	-1 209 015	0	0	-659 058	0
Wartość rezydualna	0	0	0	0	0
Wydatki eksploatacyjne	0	136 617	136 617	136 617	198 920
Efekty środowiskowe	48 351	97 652	103 324	108 906	148 886
Korzyści ekonomiczne netto	48 351	234 269	239 941	245 522	347 805
Koszty ekonomiczne netto	-1 209 015	0	0	-659 058	0

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 72. Skumulowane przepływy ekonomiczne dla Wariantu „1” wraz z dotacją w latach 2029–2033 [zł]

Wyszczególnienie	2029	2030	2031	2032	2033
Przepływy ekonomiczne - wariant z dotacją	355 428	363 047	370 657	-1 406 929	392 708
Wydatki inwestycyjne	0	0	0	0	0
Wartość rezydualna	0	0	0	0	0
Wydatki eksploatacyjne	198 920	198 920	198 920	-1 589 730	198 920
Efekty środowiskowe	156 509	164 128	171 738	182 801	193 788
Korzyści ekonomiczne netto	355 428	363 047	370 657	182 801	392 708
Koszty ekonomiczne netto	0	0	0	-1 589 730	0

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 73. Skumulowane przepływy ekonomiczne dla Wariantu „1” wraz z dotacją w latach 2034–2038 [zł]

Wyszczególnienie	2034	2035	2036	2037	2038
Przepływy ekonomiczne - wariant z dotacją	403 760	-554 882	425 876	436 528	447 140
Wydatki inwestycyjne	0	0	0	0	0
Wartość rezydualna	0	0	0	0	0
Wydatki eksploatacyjne	198 920	-770 830	198 920	198 920	198 920
Efekty środowiskowe	204 841	215 949	226 956	237 608	248 221
Korzyści ekonomiczne netto	403 760	215 949	425 876	436 528	447 140
Koszty ekonomiczne netto	0	-770 830	0	0	0

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 74. Ocena ekonomicznej efektywności Wariant „1” [PLN; %]

Wyszczególnienie	Wartość
ENPV	113 617
ERR	4,27%
BCR	1,11

Źródło: opracowanie własne.

W konsekwencji uwzględnienia w skumulowanych przepływach ekonomicznych realizacji niniejszego wariantu, dofinansowania unijnego na poziomie 90% wydatków inwestycyjnych (kosztów kwalifikowalnych) ekonomiczna efektywność inwestycji generuje korzyści ekonomiczne ENPV>0, ERR jest równy 4,27%, a współczynnik korzyści do kosztów BCR wynosi 1,11.

Tabela 75. Skumulowane przepływy ekonomiczne dla Wariantu „2” wraz z dotacją w latach 2024–2028 [zł]

Wyszczególnienie	2024	2025	2026	2027	2028
Przepływy ekonomiczne - wariant z dotacją	-2 871 649	-516 674	-511 002	-1 305 421	-831 028
Wydatki inwestycyjne	-2 920 000	0	0	-800 000	0
Wartość rezydualna	0	0	0	0	0
Wydatki eksploatacyjne	0	-614 327	-614 327	-614 327	-979 913
Efekty środowiskowe	48 351	97 652	103 324	108 906	148 886
Korzyści ekonomiczne netto	48 351	97 652	103 324	108 906	148 886
Koszty ekonomiczne netto	-2 920 000	-614 327	-614 327	-1 414 327	-979 913

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 76. Skumulowane przepływy ekonomiczne dla Wariantu „2” wraz z dotacją w latach 2029–2033 [zł]

Wyszczególnienie	2029	2030	2031	2032	2033
Przepływy ekonomiczne - wariant z dotacją	-823 404	-815 786	-808 175	-797 112	-786 125
Wydatki inwestycyjne	0	0	0	0	0
Wartość rezydualna	0	0	0	0	0
Wydatki eksploatacyjne	-979 913	-979 913	-979 913	-979 913	-979 913
Efekty środowiskowe	156 509	164 128	171 738	182 801	193 788
Korzyści ekonomiczne netto	156 509	164 128	171 738	182 801	193 788
Koszty ekonomiczne netto	-979 913	-979 913	-979 913	-979 913	-979 913

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 77. Skumulowane przepływy ekonomiczne dla Wariantu „2” wraz z dotacją w latach 2034–2038 [zł]

Wyszczególnienie	2034	2035	2036	2037	2038
Przepływy ekonomiczne - wariant z dotacją	-775 073	-763 965	-752 957	-742 305	-731 693
Wydatki inwestycyjne	0	0	0	0	0
Wartość rezydualna	0	0	0	0	0
Wydatki eksploatacyjne	-979 913	-979 913	-979 913	-979 913	-979 913
Efekty środowiskowe	204 841	215 949	226 956	237 608	248 221
Korzyści ekonomiczne netto	204 841	215 949	226 956	237 608	248 221
Koszty ekonomiczne netto	-979 913	-979 913	-979 913	-979 913	-979 913

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 78. Ocena ekonomicznej efektywności Wariant „2” [PLN; %]

Wyszczególnienie	Wartość
ENPV	-11 374 995
ERR	Niemożliwe do obliczenia
BCR	0,15

Źródło: opracowanie własne.

W konsekwencji **uwzględnienia** w skumulowanych przepływach finansowych realizacji **Inwestycji** dofinansowania zewnętrznego na poziomie 90% wydatków kwalifikowalnych **ekonomiczna efektywność** Inwestycji wynosi dla:

- Wariantu „1”: zdyskontowana ekonomiczna wartość bieżąca ENPV: 113.617 PLN i ekonomiczna stopa zwrotu ERR 4,27%;
- Wariantu „2”: zdyskontowana ekonomiczna wartość bieżąca ENPV: -11.374.995 PLN i ekonomiczna stopa zwrotu ERR jest nie możliwa do obliczenia.

Przeprowadzona **analiza finansowo-ekonomiczna** realizacji inwestycji dot. wymiany taboru z napędem spalinowym w poszczególnych wariantach wykazała, że:

- Uzyskane wyniki realizacji Wariantu „1” oraz „2” wykazały brak korzyści ekonomicznych (ENPV<0) wykorzystywania autobusów o napędzie zeroemisyjnym, co w kontekście treści art. 37 ust. 5 UoEiPA wskazuje na brak konieczności realizacji obowiązku osiągnięcia poziomu udziału autobusów zeroemisyjnych.
- Przeprowadzona dodatkowo analiza efektywności ekonomicznej inwestycji dla obu Wariantów przy założeniu pozyskania dofinansowania z zewnętrznych środków pomocowych wykazała opłacalność w Wariantcie „1” w całym okresie trwania projektu, czyli korzyści ekonomiczne (ENPV>0).

5. Analiza wrażliwości

W celu wytypowania kluczowych zmiennych krytycznych wykorzystano projektowane zmiany najważniejszych czynników wpływających na decyzję o realizacji inwestycji i wymianie taboru.

Analizie podlegał Wariant „1” z uwzględnieniem dotacji, ponieważ okazał się najkorzystniejszy – posiadał najwyższą rentowność.

W ramach zmiennych poddanych analizie wrażliwości wytypowano zmianę następujących czynników:

- wartość Inwestycji;
- koszty energii elektrycznej;
- koszty napraw i konserwacji taboru;
- koszty wymiany baterii;

Wyniki analizy wrażliwości zaprezentowano w poniższych tabelach, tj.:

Tabela 79. Analiza wrażliwości – zmienne krytyczne Inwestycji

Analiza wrażliwości	ENPV	ERR	Zmiana ENPV (%)	Zmiana ERR (p.p.)
Wartości bazowe - wariant optymalny	113 617	4,27%		
Zmiana kosztów wymiany baterii o +1%	93 106	4,05%	-18,05%	-0,22%
Zmiana wartości inwestycji o +1%	73 575	3,80%	-35,24%	-0,47%
Zmiana kosztów energii elektrycznej o +1%	58 679	3,66%	-48,35%	-0,61%
Zmiana kosztów napraw i konserwacji o +1%	-17 123	2,81%	-115,07%	-1,46%

Źródło: opracowanie własne.

Do zmiennych sklasyfikowanych jako krytyczne (zmiana wartości czynnika o 1% wywołała zmianę wartości ENPV o więcej niż -1%) zaliczono wszystkie czynniki wytypowane jako kluczowe.

Analiza wrażliwości wartości progowych wskazała, że najsilniejszy wpływ na projekt i realizację Inwestycji wywołuje zmiana kosztów konserwacji i napraw.

6. Analiza ryzyka

6.3 Czynniki ryzyka w projekcie

Zgodnie z zasadami ujętymi w „Niebieska Księga. Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach” analizę ryzyka przeprowadzono w następujących etapach:



identyfikacja ryzyka

zdefiniowanie aktywności ryzyka

analiza jakościowa ryzyka

określenie działań zaradczych i monitoringu

Tabela 80. Zdefiniowane aktywne⁵⁴ ryzyka

L.p.	Identyfikacja ryzyka	Wpływ zidentyfikowanego ryzyka na realizację projektu	Strategia przeciwdziałania (sposób ograniczenia ryzyka)	Monitoring ryzyka
1.	Opóźnienia w dostawie taboru.	Ograniczenie zakresu Inwestycji i zmniejszenie finalnych korzyści. Opóźnienie realizacji założonych celów. Możliwe zmniejszenie rentowności projektu. Opóźnienia w konsumpcji efektów ekologicznych.	Brak możliwości ograniczenia ryzyka na tym poziomie, gdyż dostępność odpowiednich pojazdów zeroemisyjnych (w szczególności pojazdów specjalistycznych) zależy od dynamiki rozwoju rynku motoryzacyjnego.	Ryzyko będzie monitorowane od momentu rozpoczęcia. Monitoring ryzyka będzie obejmował wszystkie procedury przetargowe.
2.	Opóźnienia w dostawie infrastruktury towarzyszącej.	Ograniczenie zakresu Inwestycji i zmniejszenie finalnych korzyści. Opóźnienie realizacji założonych celów. Możliwe zmniejszenie rentowności projektu.	Brak możliwości ograniczenia ryzyka na tym poziomie, gdyż dostępność specjalistycznej infrastruktury dla pojazdów zeroemisyjnych zależy od dynamiki	Monitoring ryzyka będzie prowadzony do czasu wykonania podłączeń dystrybucyjnych.

⁵⁴ Ryzyko uważane jest za „aktywne” jeśli jest identyfikowalne i istotne dla projektu na obecnym etapie AKK.

L.p.	Identyfikacja ryzyka	Wpływ zidentyfikowanego ryzyka na realizację projektu	Strategia przeciwdziałania (sposób ograniczenia ryzyka)	Monitoring ryzyka
		Opóźnienia w konsumpcji efektów ekologicznych.	rozwoju rynku motoryzacyjnego.	
3.	Częste awarie techniczne pojazdów (tzw. choroba wieku dziecięcego) oraz stacji ładujących.	Brak możliwości załadowania/ zatankowania pojazdu zeroemisyjnego (brak możliwości wykorzystania pojazdu do świadczenia usługi). Zmniejszenie częstotliwości jazdy na linii komunikacyjnej. Zwiększenie kosztów eksploatacyjnych. Zwiększenie kosztów osobowych. Zwiększenie kosztów serwisowych. Obniżenie zaufania do zeroemisyjnych technologii.	Częste okresowe przeglądy stanu technicznego pojazdów oraz infrastruktury towarzyszącej.	Monitoring prowadzony będzie w sposób ciągły w całym okresie eksploatacji, również z udziałem wykonawcy stacji ładowania.
4.	Przerwy w dostawie energii elektrycznej. Problem z zapewnieniem odpowiedniej rezerwy mocy przyłączeniowej w danej lokalizacji.	Brak możliwości wykorzystania pojazdów elektrycznych. Brak możliwości obsługi linii komunikacyjnych w zaplanowanym zakresie.	Skoordynowana i systematyczna modernizacja sieci elektroenergetycznej. Racjonalne i etapowe wprowadzanie zaproponowanych rozwiązań, aby montaż i przyłączenia nowych stacji ładowania samochodów elektrycznych nie zaburzyły pracy sieci elektroenergetycznej.	Monitoring ryzyka prowadzony będzie w fazie przygotowawczej projektu, podczas realizacji robót, a także przez cały okres eksploatacji.
5.	Osiągnięcie rzeczywistych słabszych parametrów technicznych autobusów względem zapowiadanych przez producentów.	Skrócenie maksymalnego dystansu pojazdu. Konieczność częstszego ładowania pojazdów. Wydłużenie przerw na ładowanie pojazdów.	Odpowiednie przeszkolenie kierowców, którzy w efektywny sposób będą prowadzić zeroemisyjne pojazdy.	Monitoring ryzyka prowadzony będzie w fazie przygotowawczej projektu, podczas realizacji robót, a także przez cały okres eksploatacji.
6.	Niesprzyjające warunki atmosferyczne.	Niekorzystne warunki atmosferyczne, tj. nadzwyczajne opady śniegu i mróz wpływają na ryzyko	Skrócenie maksymalnego dystansu pojazdu, dzięki czemu uzyskany zostanie „zapas” energii, który	Monitoring ryzyka prowadzony będzie w fazie

L.p.	Identyfikacja ryzyka	Wpływ zidentyfikowanego ryzyka na realizację projektu	Strategia przeciwdziałania (sposób ograniczenia ryzyka)	Monitoring ryzyka
		zniszczeń sieci przesyłowych, a także uszkodzenia infrastruktury. Ww. uwarunkowania mogą negatywnie wpłynąć na funkcjonowanie sieci dystrybucyjnej oraz eksploatację pojazdów, w tym szczególnie pojazdów elektrycznych.	będzie mógł zostać wykorzystany w sytuacjach nadzwyczajnych. Wprowadzenie wymogu, na etapie zakupu taboru, o konieczności wykorzystania wysokiej klasy materiałów, odpornych na szkodliwe oddziaływanie warunków atmosferycznych.	przygotowawczej projektu, podczas realizacji robót, a także przez cały okres eksploatacji.
7.	Brak umiejętności kierowania pojazdem elektrycznym przez kadrę.	Skrócenie maksymalnego dystansu pojazdu. Konieczność częstszego ładowania pojazdów. Wydłużenie przerw na ładowanie pojazdów.	Organizacja specjalistycznych kursów i szkoleń dla kierowców pojazdów zeroemisyjnych.	Monitoring ryzyka będzie prowadzony na początku wdrożenia projektu oraz w całym okresie eksploatacji.
8.	Szybka eksploatacja baterii (w przypadku zakupu floty pojazdów elektrycznych).	Konieczność częstej wymiany baterii w pojazdach elektrycznych, co bezpośrednio związane jest ze wzrostem kosztów eksploatacyjnych oraz koniecznością utylizacji zużytych baterii.	Stosowanie zrównoważonego systemu ładowania, odpowiedniego do każdego rodzaju pojazdu. Problem utylizacji baterii z samochodów elektrycznych zostanie rozwiązany poprzez: – wykorzystanie baterii, które utraciły swoją sprawność i nie mogą już być wykorzystywane w pojazdach, do tzw. magazynów energii; – recykling baterii.	Monitoring ryzyka będzie prowadzony w całym okresie eksploatacji.
9.	Wyższe od spodziewanych koszty inwestycyjne.	Konieczność pozyskania środków finansowych ze źródeł zewnętrznych lub ograniczenie zakresu Inwestycji, co przełoży	Stały monitoring budżetu oraz odpowiednie zabezpieczenie środków finansowych na zaplanowane działania.	Monitoring ryzyka będzie prowadzony do momentu wyboru odpowiedniego dostawcy taboru

L.p.	Identyfikacja ryzyka	Wpływ zidentyfikowanego ryzyka na realizację projektu	Strategia przeciwdziałania (sposób ograniczenia ryzyka)	Monitoring ryzyka
		się na mniejszy rezultat i korzyści. Obniżenie rentowości Inwestycji.		zeroemisyjnego i infrastruktury towarzyszącej. Monitoring zostanie zakończony w momencie wskazania przez nich ostatecznych nakładów inwestycyjnych. Nad dostawami i robotami sprawowany będzie odpowiedni nadzór inwestora.
10.	Wyższe od spodziewanych koszty eksploatacyjne.	Obniżenie rentowości Inwestycji.	Stały monitoring budżetu oraz odpowiednie zabezpieczenie środków finansowych.	Monitoring ryzyka prowadzony będzie przez całą fazę operacyjną (eksploatacyjną) projektu.
11.	Polityczne zmiany priorytetów inwestycyjnych.	Brak możliwości pozyskania środków finansowych.	–	Monitoring ryzyka prowadzony będzie w okresie przygotowania przedsięwzięcia projektu, ale także podczas procesu jego wdrożenia.
12.	Brak dostępności środków zewnętrznych.	Brak możliwości realizacji Inwestycji.	Analiza możliwości finansowania ze środków własnych. Analiza dostępności kredytów na realizację zadania.	Monitoring ryzyka będzie prowadzony do momentu wyboru odpowiedniego dostawcy taboru zeroemisyjnego i infrastruktury towarzyszącej.
13.	Niedoszacowanie wartości Inwestycji.	Niższa efektywność przedsięwzięcia i konieczność pozyskania dodatkowych źródeł finansowania. Konieczność pozyskania dodatkowych środków na realizację przedsięwzięcia.	Szacowanie kosztów Inwestycji na podstawie analizy rynku dostawców i wykonawców oraz podobnych ofert przetargowych prowadzonych w innych miastach.	Monitoring ryzyka będzie prowadzony do momentu wyboru odpowiedniego dostawcy taboru zeroemisyjnego i infrastruktury towarzyszącej. Monitoring zostanie

L.p.	Identyfikacja ryzyka	Wpływ zidentyfikowanego ryzyka na realizację projektu	Strategia przeciwdziałania (sposób ograniczenia ryzyka)	Monitoring ryzyka
				zakończony w momencie wskazania przez nich ostatecznych nakładów inwestycyjnych. Nad dostawami i robotami sprawowany będzie odpowiedni nadzór inwestora.
14.	Brak możliwości realizacji instalacji w wybranych lokalizacjach ze względu na kolizję z inną inwestycją.	Brak możliwości realizacji Inwestycji.	Uwzględnienie podczas wyboru lokalizacji inwestycji planów inwestycyjnych podmiotów zewnętrznych (konsultacje z tymi podmiotami), wskazanie lokalizacji rezerwowych.	Monitoring ryzyka prowadzony będzie w fazie przygotowawczej projektu.
15.	Zmiany w systemie transportowym (zmiana przebiegu tras komunikacyjnych, zmiana częstotliwości kursowania pojazdów).	Wydłużenie czasu wdrożenia Inwestycji.	Wskazanie w umowie z Operatorami PTZ zasad obowiązujących w przypadku zmiany zelektryfikowanej trasy, tak aby zagwarantować dostęp do sieci doładowującej pojazdy.	Monitoring ryzyka będzie prowadzony w całym okresie eksploatacji.
16.	Znaczny wzrost kosztów energii.	Obniżenie rentowności Inwestycji.	Brak możliwości ograniczenia ryzyka na tym poziomie.	Monitoring ryzyka będzie prowadzony w całym okresie eksploatacji.

Źródło: opracowanie własne.






6.4 Matryca ryzyka

Analiza ryzyka została przeprowadzona zgodnie z zaleceniami zawartymi w „Niebieska Księga. Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach”. Ocena jakościowa ryzyka została określona przy wykorzystaniu oceny prawdopodobieństwa oraz skali ryzyka.

Następnie określono poziom ryzyka, który stanowi kombinację wartości prawdopodobieństwa wystąpienia danego zjawiska i stopnia jego wpływu na przedsięwzięcie (szczegółowy opis metodologii został umieszczony w rozdz. 2.2.4.).

Tabela 81. Matryca ryzyka – klasyfikacja poziomu ryzyka

Prawdopodobieństwo	Stopień zagrożenia				
	I	II	III	IV	V
A		1, 2			
B				3	4, 5
C		7	12,13	6, 8	9
D					10, 11, 14
E			15	16	

	Bardzo niski
	Niski
	Średni
	Wysoki
	Bardzo wysoki

Źródło: opracowanie własne na podstawie „Niebieska Księga. Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach”.

Tabela 82. Matryca ryzyka – sposób działania

Prawdopodobieństwo	Stopień zagrożenia				
	1	2	3	4	5
A					
B		1, 2, 7			
C					
D					
E				10, 11, 14, 15, 16	

Źródło: opracowanie własne na podstawie „Niebieska Księga. Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach”.

Przedstawiona analiza ryzyka wskazuje, że ogólny poziom ryzyka dla Inwestycji jest średni, jednakże należy mieć na uwadze, iż istnieją w większości przypadków realne możliwości ograniczenia lub zminimalizowania skutków poszczególnych ryzyk. Największy poziom zagrożenia dostrzega się w następujących aspektach:

- wysokie **koszty eksploatacyjne**;
- **polityczne zmiany priorytetów inwestycyjnych**;

- **brak możliwości realizacji instalacji w wybranych lokalizacjach ze względu na kolizję z inną inwestycją**;
- **zmiany w systemie transportowym (zmiana przebiegu tras komunikacyjnych, zmiana częstotliwości kursowania pojazdów)**;
- **problem ponoszenia zwiększonych kosztów przez gminy, czego skutkiem może być oczekiwanie zmniejszania pracy eksploatacyjnej**.

7. Wnioski i rekomendacje

Przeprowadzona Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych dla Miasta Suwałk wskazała na następujące wnioski i rekomendacje:

- 1) Miasta Suwałki, jak każda jednostka samorządu terytorialnego określona w UoEiPA, ma obowiązek sporządzania Analizy, cyklicznie co 36 miesięcy.
- 2) Obecnie ani Operator ani Organizator nie posiadają na stanie środków trwałych autobusów zeroemisyjnych.
- 3) Przy zachowaniu obecnego stanu taboru Organizatora (46 szt.) i realizacji Inwestycji polegającej na wymianie 14 szt. pojazdów na pojazdy zeroemisyjne, Miasto spełni wymogi wynikające z Ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych.
- 4) Struktura wielkościowa taboru nie powinna ulec znaczącym zmianom, ponieważ nowe pojazdy o napędzie zeroemisyjnym, zgodnie z założeniem zastąpią najbardziej wyeksploatowane autobusy o napędzie konwencjonalnym, gwarantując wciąż dopasowanie wielkości pojazdów do popytu efektywnego na przewozy w komunikacji miejskiej.
- 5) W pierwszej kolejności wymianie podlegać powinny pojazdy spełniające najniższe normy emisji spalin, co przyczyni się do wspierania przedsięwzięć proekologicznych.
- 6) Wyłączenie z obsługi podróży przestarzałego taboru wpłynie pozytywnie na wizerunek ogólnie rozumianego publicznego transportu na terenie Miasta oraz zachęci mieszkańców do korzystania z komunikacji zbiorowej.
- 7) Zaprezentowane warianty realizacji Inwestycji, bez zewnętrznego dofinansowania, przekładają się na wzrost kosztów funkcjonowania transportu publicznego (wyższa amortyzacja taboru z uwagi na wyższe ceny zakupu), co w konsekwencji będzie prowadzić do wyższego obciążenia budżetu Miasta i/lub wzrostu cen biletów komunikacji publicznej.
- 8) Koszt może być istotnie zmniejszony bądź utrzymany na dotychczasowym poziomie dzięki

współfinansowaniu Inwestycji ze środków unijnych (otrzymanie dotacji), co przełoży się również na możliwość wzrostu obecnych standardów jakościowych i utrzymania cen taryfowych.

9) W zależności od potrzeb i uwarunkowań zewnętrznych, dopuszcza się nakłady inwestycyjne na zakup pojazdów zeroemisyjnych w latach wcześniejszych niż w rekomendowanych terminach wskazanych w niniejszym dokumencie.

10) Realizacja Inwestycji powinna zostać poprzedzona odpowiednią analizą wykonalności inwestycji, np. analizą kosztów i korzyści sporządzoną wyłącznie w zakresie np. linii zdefiniowanej do elektryfikacji, w przeciwieństwie do niniejszego dokumentu, w którym analizowana jest kompleksowo cała suwalska sieć komunikacyjna.

11) Projekt rozwoju elektromobilności dla Miasta Suwałk charakteryzuje się wysoką wrażliwością na wzrost cen zakupu taboru i infrastruktury oraz kosztów operacyjnych, co w połączeniu z wysokim poziomem ryzyka wzrostu cen energii elektrycznej może sprawić, że w przypadku niepozyskania odpowiednich funduszy zewnętrznych osiągnięcie zakładanych celów i rezultatów stanie się mocno ograniczone.

12) Uzyskane wyniki wskazują na brak korzyści wykorzystywania autobusów o napędzie zeroemisyjnym. W związku z powyższym, zgodnie z przepisem art. 37 ust. 5 Ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych Organizator nie jest zobowiązany do zrealizowania obowiązku osiągnięcia poziomu udziału autobusów zeroemisyjnych. Inwestycja jest opłacalna wyłącznie przy pozyskaniu zewnętrznego źródła dofinansowania na poziomie min. 90%.

13) Rekomendacja ta nie oznacza jednak, że Miasto Suwałki nie powinno realizować dalszych inwestycji w tabor zeroemisyjny. Zgodnie z planowaną nowelizacją ustawy o elektromobilności w zakresie art. 68a i 68b obligatoryjne będzie uwzględnianie we wszystkich zamówieniach publicznych związanych z transportem zbiorowym wymogów w zakresie udziału autobusów, zaliczanych do

kategorii M3, wykorzystujących do napędu paliwa alternatywne, w całkowitej liczbie autobusów objętych zamówieniami publicznymi. Udział ten ma wynosić:

- od dnia 2 sierpnia 2021 r. do dnia 31 grudnia 2025 r. - co najmniej 32%,
- od dnia 1 stycznia 2026 r. do dnia 31 grudnia 2030 r - co najmniej 46%.

Z czego co najmniej połowa tego udziału ma być osiągnięta przez autobusy zeroemisyjne (tzn. elektryczne lub wodorowe), co oznacza, że nawet dokonując modernizacji floty pojazdów poprzez zakup autobusów gazowym, spalinowych lub hybrydowych, zawsze konieczny będzie zakup autobusów zeroemisyjnych w wyznaczonej ustawą proporcji.

Spis tabel

Tabela 1. Struktura ludności	16	Tabela 16. Analiza jakościowa ryzyka – siła oddziaływania	51
Tabela 2. Przebieg linii komunikacji miejskiej obsługiwanych przez PGK w Suwałkach Sp. z o.o. i podwykonawcę – Biuro Usług Turystycznych Żak Tourist	20	Tabela 17. Matryca ryzyka – klasyfikacja poziomu ryzyka	52
Tabela 3. Koszty eksploatacyjne funkcjonowania linii komunikacyjnych	23	Tabela 18. Matryca ryzyka – sposób działania	52
Tabela 4. Liczba kilometrów realizowanych przez poszczególne brygady. Zestawienie dla sieci funkcjonującej od 1.09.2024 r., tj. z uwzględnieniem linii nr 26	24	Tabela 19. Przyjęta struktura taboru do wymiany w ramach Wariantu „0”	56
Tabela 5. Liczba wozokilometrów rozkładowych w latach 2019-2023 w podziale na gminy	26	Tabela 20. Przyjęta struktura taboru do wymiany w ramach Wariantu „1”	60
Tabela 6. Liczba zrealizowanych w 2023 roku kilometrów na poszczególnych liniach komunikacyjnych i planowana liczba kilometrów do zrealizowania w 2024 r. (1 dzień)	26	Tabela 21. Przyjęta struktura taboru do wymiany w ramach Wariantu „2”	62
Tabela 7. Liczba planowanych do zrealizowania kilometrów na sieci komunikacyjnej w 2024 roku (1 dzień)	27	Tabela 22. Szczegółowa charakterystyka linii nr 2 – predysponowanej linii do elektryfikacji	65
Tabela 8. Analiza rozkładów jazdy	29	Tabela 23. Szczegółowa charakterystyka linii nr 11 – predysponowanej linii do elektryfikacji	66
Tabela 9. Struktura taboru użytkowanego przez PGK w Suwałkach Sp. z o.o. wg kryterium wieku i spełnianych norm czystości spalin – stan na sierpień 2024 r.	34	Tabela 24. Szczegółowa charakterystyka linii nr 14 – predysponowanej linii do elektryfikacji	67
Tabela 10. Wskaźnik wykorzystania poszczególnych pojazdów wykorzystywanych przez PGK w Suwałkach Sp. z o.o.	40	Tabela 25. Szczegółowa charakterystyka linii nr 18 – predysponowanej linii do elektryfikacji	68
Tabela 11. Przyjęte wskaźniki emisji zanieczyszczeń dla pojazdów w podziale na normę emisji spalin	43	Tabela 26. Szczegółowa charakterystyka linii nr 19 – predysponowanej linii do elektryfikacji	69
Tabela 12. Wskaźniki jednostkowej emisji zanieczyszczeń przy produkcji energii elektrycznej ..	44	Tabela 27. Szczegółowa charakterystyka linii nr 21 – predysponowanej linii do elektryfikacji	70
Tabela 13. Emisja spalin autobusów komunikacji miejskiej Miasta Suwałki przed wymianą floty autobusów	45	Tabela 28. Klasy stref dla poszczególnych zanieczyszczeń dla strefy podlaskiej	87
Tabela 15. Analiza jakościowa ryzyka – skala prawdopodobieństwa	51	Tabela 13. Emisja spalin autobusów komunikacji miejskiej Miasta Suwałki przed wymianą floty autobusów	91
		Tabela 14. Emisja spalin autobusów komunikacji miejskiej Miasta Suwałki po wymianie floty autobusów	92
		Tabela 32. Zdefiniowane aktywne ryzyka	115
		Tabela 33. Matryca ryzyka – klasyfikacja poziomu ryzyka	120
		Tabela 34. Matryca ryzyka – sposób działania	120

Spis rysunków

Rysunek 1. Układ sieci komunikacji miejskiej organizowanej przez Miasto Suwałki	22
Rysunek 2. Predysponowane linie do elektryfikacji ...	71

Spis wykresów

Wykres 1. Zmiany liczby ludności od 2021 roku na terenie Miasta Suwałki, Gminy Suwałki i Gminy Szypliszki.....	16
Wykres 2. Rynek pracy. Bezrobocie rejestrowane w latach 2021-2023 w powiecie suwalskim, Miście Suwałki, Gminie Suwałki i Gminie Szypliszki.....	17
Wykres 3. Porównanie liczby kilometrów liniowych i technicznych w przekroju linii oraz całej sieci – łącznie dla wszystkich dni	28
Wykres 4. Normy emisji spalin całej floty autobusów; autobusów napędzanych olejem napędowym i autobusów napędzanych gazem ziemnym (CNG)....	38
Wykres 5. Zakładana struktura wieku taboru po wymianie autobusów zgodnie z przyjętymi założeniami w 2024 r. (9 szt.) i 2027 r. (5 szt.).....	39
Wykres 6. Wskaźnik wykorzystania taboru z uwzględnieniem wielkości pojazdu.....	39
Wykres 7. Wskaźnik wykorzystania taboru z uwzględnieniem rodzaju napędu.....	40
Wykres 8. Średnie prędkości komunikacyjne na liniach suwalskiej komunikacji miejskiej [km/h].....	41
Wykres 9. Średnie prędkości techniczne na liniach suwalskiej komunikacji miejskiej [km/h].....	42
Wykres 10. Zmiany liczby pasażerów suwalskiej komunikacji miejskiej	46
Wykres 11. Zależność między stopą dyskontową a wartością NPV	49