

ANALIZA KOSZTÓW I
KORZYŚCI ZWIĄZANYCH
Z WYKORZYSTANIEM
AUTOBUSÓW
ZEROEMISYJNYCH PRZY
ŚWIADCZENIU USŁUG
KOMUNIKACJI MIEJSKIEJ
(AKK) PRZEZ GMINĘ
MIASTO SZCZECIN

Szczecin 2024 r.

Autorami „Analizy kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej dla Miasta Szczecin” 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 |
| 1.2.2. Elektromobilność w dokumentach krajowych | 12 |
| 1.3. Konsultacje społeczne | 13 |
| 1.4. Cel opracowania | 14 |
| 1.5. Przedmiot opracowania | 14 |
| 2. Obszar terytorialny objęty Analizą..... | 15 |
| 3. Analiza otoczenia społeczno-gospodarczego na obszarze objętym Analizą | 16 |
| 4. Opis systemu komunikacyjnego..... | 19 |
| 4.1. Szczecińska Kolei Metropolitalna | 26 |
| 4.2. Opis stanu taboru autobusowego | 28 |
| 4.3. Szacunkowa emisja gazów cieplarnianych w skali roku..... | 30 |
| 4.4. Pojazdy elektryczne oraz infrastruktura pojazdów elektrycznych | 32 |
| 4.5. Analiza popytu na komunikację zbiorową..... | 33 |
| 5. Metodyka Analizy | 34 |
| 5.1. Dane | 34 |
| 5.2. Zastosowane metody..... | 34 |
| 5.2.1. Analiza finansowa..... | 35 |
| 5.2.2. Analiza społeczno-ekonomiczna | 37 |
| 5.2.3. Analiza wrażliwości..... | 38 |
| 5.2.4. Analiza ryzyka | 38 |
| 5.3. Procedura Analizy..... | 41 |
| 6. Analiza opcji inwestycyjnych | 42 |
| 6.1. Wariant bazowy | 43 |
| 6.2. Wariant inwestycyjny „1” | 46 |
| 1.1. Wariant inwestycyjny „2” - Analiza potencjału wykorzystania wodoru, jako paliwa w komunikacji miejskiej w Szczecinie | 50 |
| 6.1. Wyznaczenie linii przeznaczonych do obsługi przez autobusy zeroemisyjne | 53 |
| 6.2. Porównanie alternatywnych wariantów inwestycyjnych..... | 66 |
| 7. Analiza finansowo-ekonomiczna | 68 |
| 8. Oszacowanie efektów środowiskowych związanych z emisją szkodliwych substancji dla środowiska naturalnego i zdrowia ludzi..... | 78 |
| 9. Analiza społeczno-ekonomiczna | 81 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 9.1. | Wycena kosztów związanych z emisją szkodliwych substancji | 81 |
| 9.2. | Wariantowa ocena korzyści wdrożenia pojazdów zeroemisyjnych | 85 |
| 10. | Analiza wrażliwości | 98 |
| 11. | Analiza ryzyka | 99 |
| 11.1. | Czynniki ryzyka w projekcie | 99 |
| 11.2. | Matryca ryzyka | 104 |
| 12. | Wnioski i rekomendacje | 106 |
| | Spis tabel | 108 |
| | Spis rysunków | 109 |
| | Spis wykresów | 110 |

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 październik 2024 r.

Użyte pojęcia, skróty i akronimy

AKK/ Analiza – Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej (AKK) przez Gminę Miasto Szczecin.

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.

EEV – 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.

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 jednoczłonowy 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 Szczecin.

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

MINI – autobus jednoczłonowy 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

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.

PM – (Particulate Matter) pył zawieszony.

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

PM₁₀ – (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.

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 ogniwach 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.), zmienione 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. progu 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 Szczecin 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 2018 r. „Analiza kosztów i korzyści związanych z eksploatacją autobusów zeroemisyjnych w komunikacji miejskiej Miasta Szczecin”, wykazała, iż przy przyjętych wówczas założeniach zachodzi brak korzyści ze stosowania taboru zeroemisyjnego, a zatem i brak obowiązku jego stosowania. Jednakże UoEiPA zobowiązała

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

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.

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 ograniczaniu 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

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.

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.

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.

1.2.2. 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

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.

Strategia Rozwoju Ponadlokalnego Szczecińskiego Obszaru Metropolitalnego 2030 (Strategia 2030) – jest podstawowym narzędziem w rozwijaniu partnerskiej współpracy pomiędzy gminami, powiatem polickim oraz samorządem województwa zachodniopomorskiego. Strategia jest dokumentem ukierunkowanym na zrównoważony rozwój Szczecińskiego Obszaru Metropolitalnego oraz na trwałą poprawę sytuacji społeczno-gospodarczej społeczności lokalnej. Wśród celów strategicznych wskazane zostało zapewnienie dobrostanu mieszkańców oraz dostępności do wysokiej jakości usług publicznych m.in. poprzez adaptacje do zmian, w tym do zmian klimatu i wdrażanie rozwiązań ekosystemowych. Wśród wyzwań stojących przed Szczecińskim Obszarem Metropolitalnym przedstawiono niwelowanie negatywnych skutków zmian klimatu w miastach, poprawę jakości środowiska przyrodniczego w miastach oraz zapewnienie zrównoważonego i zintegrowanego systemu mobilności miejskiej i w miejskich obszarach funkcjonalnych.

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 Szczecin, 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 autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej dla Miasta Szczecin.

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 Szczecinie.

2. Obszar terytorialny objęty Analizą

Miasto Szczecin wypełnia funkcje organizatorskie dla zadań z zakresu PTZ na sieci miejskich przewozów pasażerskich obejmujących linie komunikacyjne na obszarze Miasta, Gminy Police, Gminy Dobra, Gminy Kołbaskowo i Gminy Goleniów. Miasto Szczecin to miasto na prawach powiatu oraz stolica województwa zachodniopomorskiego. Szczecin jest centralnym ośrodkiem aglomeracji szczecińskiej oraz Szczecińskiego Obszaru Metropolitalnego (SOM). Szczecin w obecnych granicach administracyjnych obejmuje powierzchnię 301 km², stanowiąc piąte największe miasto w Polsce.

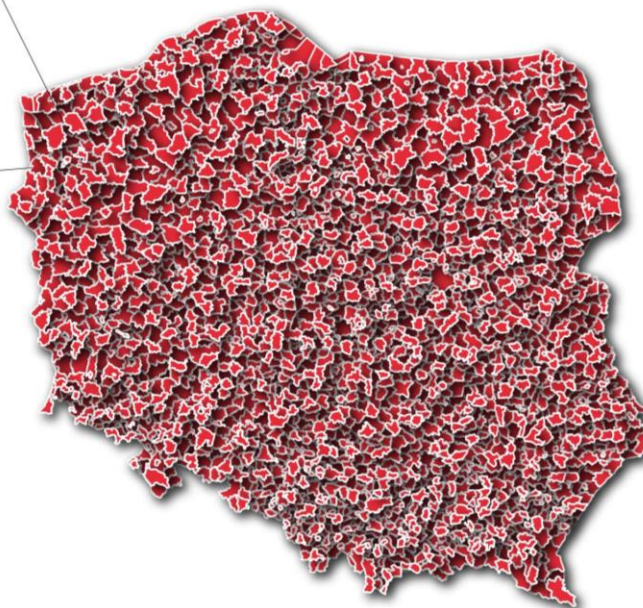
Powierzchnia



300,55 km²

Szczecin położony jest na Pobrzeżu Szczecińskim, nad Odrą i nad jeziorem Dąbie.

Szczecin graniczy z miastem i gminą Police (od północy) oraz gminami: Dobra, Kołbaskowo od zachodu, Gryfino i Stare Czarnowo od południa oraz Kobylanka i Goleniów od wschodu. Granica polsko-niemiecka oddalona jest o 5 km od granicy miasta.



3. Analiza otoczenia społeczno-gospodarczego na obszarze objętym Analizą

Liczba ludności



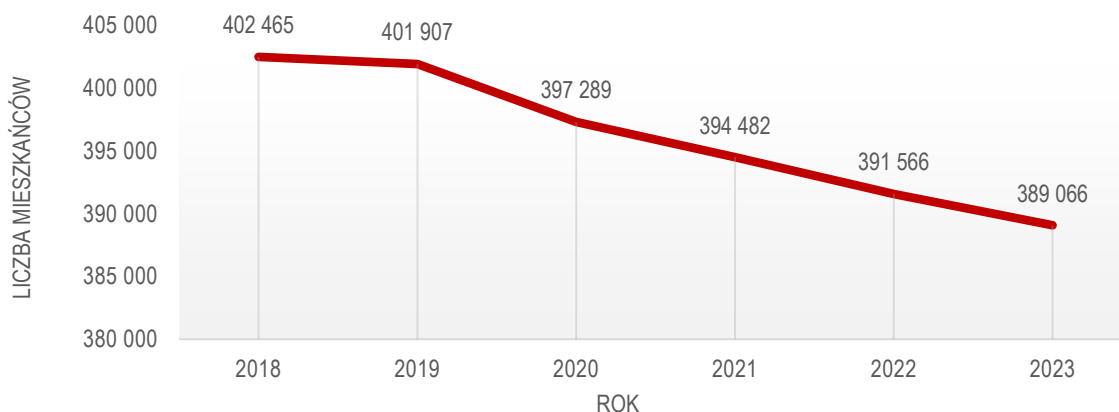
389 066

Gęstość zaludnienia



1 294

Od 2018 r. liczba mieszkańców Miasta Szczecin uległa zmniejszeniu o 3,33%. Liczba ludności Miasta oraz gmin objętych porozumieniami międzygminnymi kształtuje się na poziomie 510 451 mieszkańców¹¹, przy czym tu również należy podkreślić spadek liczby mieszkańców od 2028 r. o 1,14%



Wykres 1 .Zmiany liczby ludności od 2018 roku na terenie Miasta Szczecin

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS

Tabela 1 Zmiany liczby ludności od 2018 r. na terenie objętym komunikacją miejską organizowaną przez Miasto Szczecin

| Gmina | L. ludności (2023 r.) | L. ludności (2018 r.) | Zmiany liczby ludności [%] | Powierzchnia [km ²] |
|----------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|---------------------------------|
| m. Szczecin | 389 066 | 402 465 | -3,33 | 301 |
| gm. Dobra | 30 056 | 23 472 | +28,05 | 110 |
| gm. Kołbaskowo | 15 321 | 13 022 | +17,65 | 105 |
| gm. Police | 39 022 | 41 334 | -5,59 | 252 |
| gm. Goleniów | 36 986 | 36 058 | +2,57 | 443 |

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS

Analizując sytuację społeczno-gospodarczą obszaru, na którym organizatorem publicznego transportu zbiorowego jest ZDiTM, należy szczególną uwagę zwrócić na dwa znaczące dla rozwoju transportu zbiorowego aspekty, tj. trwający

proces suburbanizacji oraz związane z tym faktem wahadłowe migracje pracownicze.

W odniesieniu do procesu suburbanizacji należy podkreślić, iż od 2018 r. w większości gmin zaobserwowano wzrost liczby ludności – największy w gminie Dobra o 28,05 %. Taka sytuacja powoduje,

¹¹ GUS

że poza granicami Szczecina zamieszkuje coraz większa liczba osób, które odbywają codzienne podróże w celach zarobkowych i edukacyjnych w kierunku Miasta. Migracje są jednym z trzech podstawowych czynników oddziałujących bezpośrednio a zarazem silnie na procesy demograficzne, kształtując strukturę i rozmieszczenie ludności. Funkcje pełnione przez Miasto Szczecin powodują, że do mieszkańców codziennie przemierzających się po ulicach Miasta doliczyć należy tych, którzy dojeżdżają z obszaru zewnętrznego – gmin ościennych. Migracje mieszkańców do gmin ościennych skutkują zwiększeniem liczby przemieszczeń osób, które zmieniając miejsce zamieszkania, najczęściej pracują lub uczą się w tym samym miejscu co dotychczas, tj. w Szczecinie.

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.

W Szczecinie osoby w wieku przedprodukcyjnym stanowią 16,06%, przy czym osoby w wieku poprodukcyjnym – 26,02%. Najmłodsze społeczeństwo jest na terenie gmin: Dobra (23,86% osób w wieku przedprodukcyjnym), oraz Kołbaskowo (22,37 osób w wieku przedprodukcyjnym).

Strukturę ludności Miasta Szczecin oraz pozostałych gmin, z którymi podpisane zostały stosowne porozumienia prezentuje Tabela 2.

Tabela 2. Struktura ludności

| | Miasto Szczecin | Gmina Goleniów | Gmina Dobra | Gmina Kołbaskowo | Gmina Police |
|------------------------------|--------------------|-------------------|----------------|---------------------|-----------------|
| Wiek przedprodukcyjny | | | | | |
| 2018 | 68 831 | 6 839 | 5 486 | 2 917 | 7 478 |
| 2023 | 62 473 | 7 056 | 7 172 | 3 427 | 6 706 |
| Wiek produkcyjny | | | | | |
| 2018 | 237 683 | 22 033 | 14 952 | 8 574 | 25 572 |
| 2023 | 225 340 | 21 720 | 18 561 | 9 695 | 22 729 |
| Wiek poprodukcyjny | | | | | |
| 2018 | 99 951 | 7 216 | 3 034 | 1 531 | 8 284 |
| 2023 | 101 253 | 8 210 | 4 323 | 2 199 | 9 587 |

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS.

Prognoza ludności na lata 2023-2060, przygotowana przez Główny Urząd Statystyczny wskazuje, że w najbliższym czasie do 2028 r. największy wzrost liczby ludności odnotują gminy: Dobra (+8,36%) oraz Kołbaskowo (+8,39%). Największy spadek w tym okresie prognozowany jest w Szczecinie (-1,34%).

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

Stopa bezrobocia jest jedną z wartości określających sytuację ekonomiczną ludności zamieszkującej dany

obszar, ponieważ osoby pozostające bez pracy rzadziej odbywają podróże obligatoryjne. Z tego też powodu zmiany współczynnika bezrobocia mogą pośrednio wpłynąć na popyt w publicznym transporcie zbiorowym.

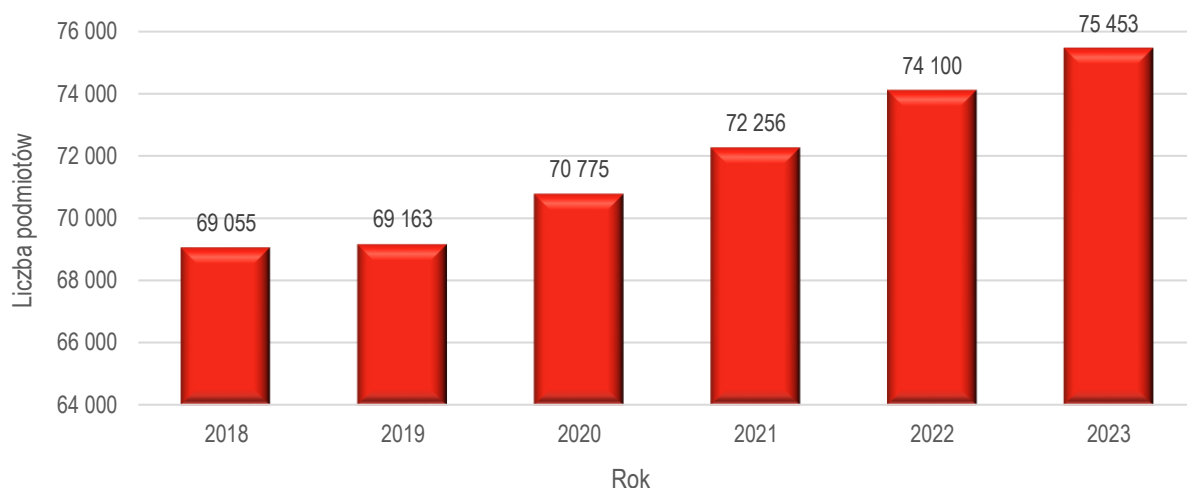
Stopa bezrobocia w Mieście w 2023 roku kształtowała się na poziomie 3,6% – jest to mniejsza stopa bezrobocia rejestrowanego od tej zarejestrowanej w całym województwie (3,6%).

0,9% aktywnych zawodowo mieszkańców Szczecina pracuje w sektorze rolniczym (rolnictwo, leśnictwo, łowiectwo i rybactwo), 15,9% w przemyśle, 6,4% w budownictwie, a 50,9% w sektorze usługowym (handel, naprawa pojazdów, transport, zakwaterowanie i gastronomia, informacja i komunikacja) oraz 25,9%

pracuje w administracji, edukacji oraz opiece zdrowotnej i społecznej.

Z roku na rok w Szczecinie rośnie liczba podmiotów gospodarki narodowej wpisanych do rejestru REGON.

Od 2018r. zanotowano wzrost o 9,27%. Największy udział mają małe podmioty zatrudniające do 9 osób. Na terenie Miasta zarejestrowanych jest również 11 podmiotów, które zatrudniają powyżej 1000 osób.



Wykres 2 Liczba podmiotów gospodarki narodowej wpisanych do rejestru REGON w Mieście Szczecin w latach 2018-2023

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS.

4. Opis systemu komunikacyjnego

Miasto Szczecin w myśl Ustawy o publicznym transporcie zbiorowym jest organizatorem publicznego transportu zbiorowego (PTZ) w Szczecinie i gminach sąsiadujących, z którymi zostały zawarte stosowne porozumienia, w rozumieniu art. 4 ust. 1 pkt 9 ww. ustawy. Zadania organizatora wykonuje Prezydent Miasta Szczecin przy pomocy powołanej jednostki budżetowej – Zarządu Dróg i Transportu Miejskiego (dalej: ZDiTM). ZDiTM odpowiada zatem za organizację transportu publicznego, jak również za zawieranie umów z operatorami usług transportu publicznego zbiorowego w m. Szczecinie. System publicznego transportu zbiorowego w Szczecinie obejmuje różnorodne środki transportu, takie jak autobusy, tramwaje oraz pociągi Szczecińskiej Kolei Metropolitalnej, które obsługują mieszkańców oraz turystów poruszających się po Szczecinie i jego okolicach.

Obsługa komunikacyjna w publicznym transporcie zbiorowym na zlecenie ZDiTM w Szczecinie realizowana jest przez 5 operatorów, w tym 4 operatorów świadczących przewozy autobusowe i 1 świadczącego przewozy tramwajowe.

Do operatorów autobusowych należą:

- Szczecińskie Przedsiębiorstwo Autobusowe „Klonowica” Sp. z o.o.
- Szczecińskie Przedsiębiorstwo Autobusowe „Dąbie” Sp. z o.o.
- Szczecińsko – Polickie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne Sp. z o.o.
- Przedsiębiorstwo Komunikacji Samochodowej w Szczecinie Sp. z o.o.

Do operatora tramwajowego należy:

- Tramwaje Szczecińskie Sp. z o.o.

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 Szczecin jako Organizator PTZ na sieci komunikacyjnej w przewozach pasażerskich, obejmuje linie komunikacyjne na terenie Miasta Szczecin.

Linie szczecińskiej komunikacji miejskiej obsługują poza Miastem Szczecin także inne miejscowości w gminie Police¹², gminie Kołbaskowo¹³, gminie Dobra¹⁴ oraz Gminie Goleniów¹⁵ – na podstawie zawartych stosownych porozumień międzygminnych.

Tabela 3 Rodzaje funkcjonującej komunikacji

| Gmina | Rodzaje funkcjonującej komunikacji | | |
|------------|------------------------------------|---------|-------|
| | Autobus | Tramwaj | Kolej |
| Szczecin | ✓ | ✓ | ✓ |
| Police | ✓ | | ✓ |
| Kołbaskowo | ✓ | | |
| Dobra | ✓ | | |
| Goleniów | ✓ | | ✓ |

Źródło: opracowaniem własne na podstawie danych przekazanych przez ZDiTM.

¹² Porozumienie międzygminne z dnia 29 grudnia 2023 r. w sprawie powierzenia realizacji zadań w zakresie publicznego transportu zbiorowego na trasach pomiędzy Gminą Miasto Szczecin a Gminą Police oraz na terenie Gminy Police.

¹³ Porozumienie międzygminne z dnia 29 stycznia 2024 r. w sprawie powierzenia realizacji zadań w zakresie publicznego transportu zbiorowego na trasach pomiędzy Gminą Miasto Szczecin a Gminą Kołbaskowo oraz na terenie Gminy Kołbaskowo.

¹⁴ Porozumienie międzygminne z dnia 29 grudnia 2023 r. w sprawie powierzenia realizacji zadań w zakresie publicznego transportu zbiorowego na trasach pomiędzy Gminą Miasto Szczecin a Gminą Dobra oraz na terenie Gminy Dobra.

¹⁵ Porozumienie międzygminne z dnia 21 lutego 2023 r. w sprawie powierzenia realizacji zadania polegającego na zapewnieniu lokalnego transportu zbiorowego..

Tabela 4 Zakres terytorialny obsługi operatorów

| Operator | Teren obsługi |
|---|---|
| Szczecińskie Przedsiębiorstwo Autobusowe „Klonowica” Sp. z o.o., | na terenie m. Szczecin |
| Szczecińskie Przedsiębiorstwo Autobusowe „Dąbie” Sp. z o.o. | na terenie m. Szczecin, gm. Goleniów |
| Szczecińsko – Polickie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne Sp. z o.o. | na terenie m. Szczecin, gm. Police |
| Przedsiębiorstwo Komunikacji Samochodowej w Szczecinie Sp. z o.o. | na terenie m. Szczecin, gm. Dobra, gm. Kołbaskowo |
| Tramwaje Szczecińskie Sp. z o.o. | na terenie m. Szczecin |

Źródło: opracowaniem własne na podstawie danych przekazanych przez ZDiTM.

Obecnie (październik 2024) na kształt szczecińskiej komunikacji miejskiej składa się:

- 11 linii tramwajowych dziennych zwykłych,
- 60 linii autobusowych dziennych zwykłych,
- 2 linii autobusowe dzienne zwykłe — transport na żądanie,
- 3 linie autobusowe dzienne pospieszne,
- 2 linie autobusowe dzienne zastępcze,
- 16 linii autobusowych nocnych.

Tabela 5 Podział linii obsługujących komunikację miejską w Szczecinie

| Rodzaj linii | Nr linii | |
|--------------|---------------------------------------|---|
| Autobusowe | dzienne zwykłe | 51, 52, 53, 54, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 72, 73, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 82, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 96, 97, 98, 99, 101, 102, 103, 106, 107, 109, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 241, 242, 243, 244 |
| | dzienne zwykłe — transport na żądanie | 904, 908 |
| | autobusowe dzienne pospieszne | A, B, C |
| | autobusowe dzienne zastępcze | 806, 811 |
| | Autobusowe nocne | 521, 522, 523, 524, 525, 526, 527, 528, 529, 530, 531, 532, 533, 534, 535, 536 |
| Tramwajowe | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 | |

Źródło: opracowaniem własne na podstawie strony internetowej ZDiTM <https://www.zditm.szczecin.pl/>

Tabela 6 Podział realizowanych i planowanych wzkm ze względu na operatora w latach 2023-2025

| | | 2023 | 2024 | 2025 |
|---|-------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | | wozokm / pockm | wozokm / pockm | wozokm / pockm |
| Transport miejski - przewozy autobusowe | SPA Klonowica sp. z o.o. | 5 116 519 | 5 267 196 | 5 256 558 |
| | SPA Dąbie sp. z o.o. | 6 367 183 | 6 911 412 | 6 965 377 |
| | SPPK Police sp. z o.o. | 3 061 242 | 3 161 780 | 3 167 028 |
| | PKS sp. z o.o. | 4 023 648 | 4 224 679 | 4 388 344 |
| | Razem autobusy | 18 568 592 | 19 565 067 | 19 777 307 |
| Transport miejski - przewozy tramwajowe | Tramwaje Szczecińskie sp. z o.o. | 4 591 653 | 6 349 033 | 6 052 364 |
| | Razem tramwaje | 4 591 653 | 6 349 033 | 6 052 364 |

Źródło: opracowaniem własne na podstawie danych przekazanych przez ZDiTM.

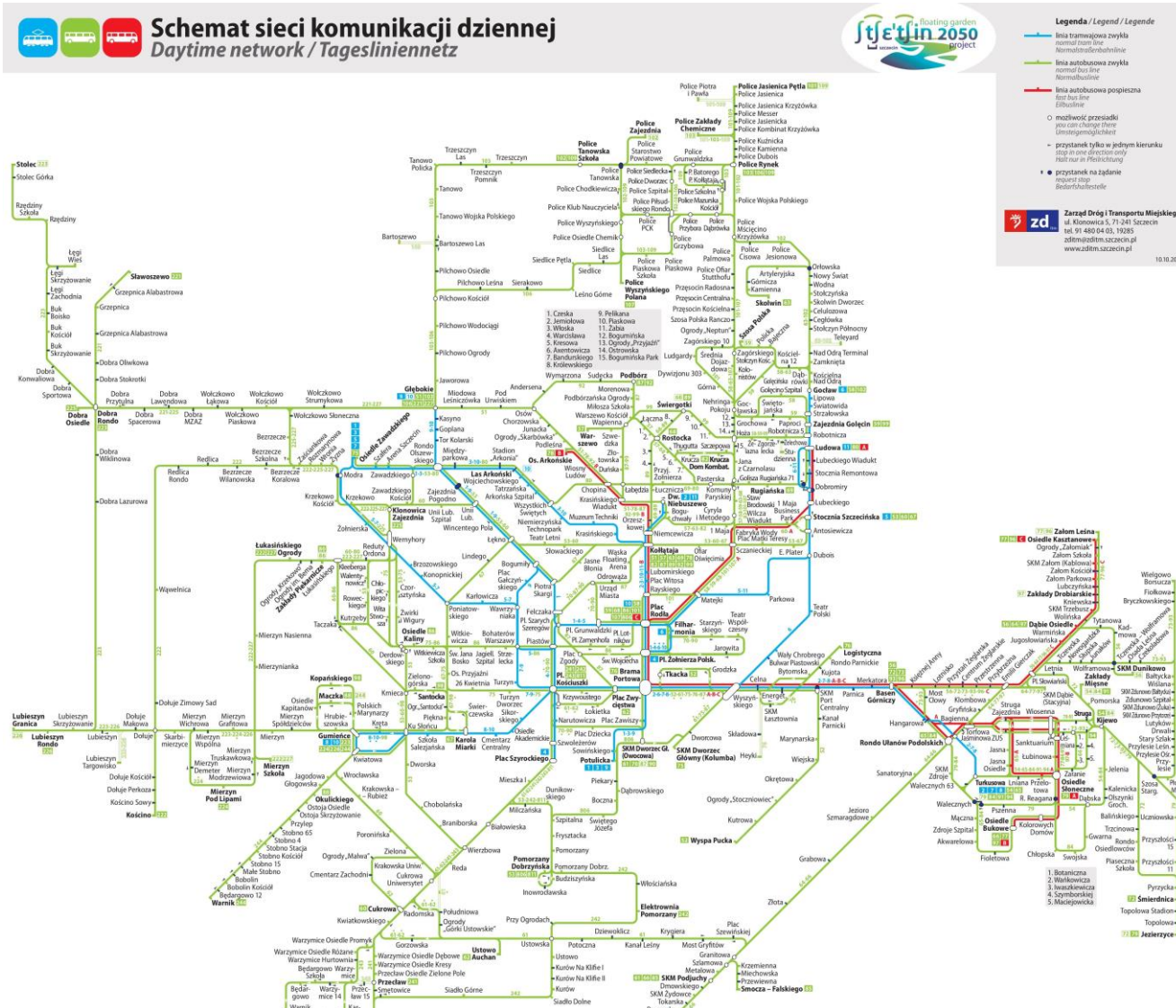
Przewozy tramwajowe są realizowane na 10 liniach obsługujących miasto Szczecin za pomocą 200 tramwajów. Tylko 14 % taboru stanowią pojazdy niskopodłogowe.

Tabela 7 Tabor szynowy szczecińskiej komunikacji miejskiej

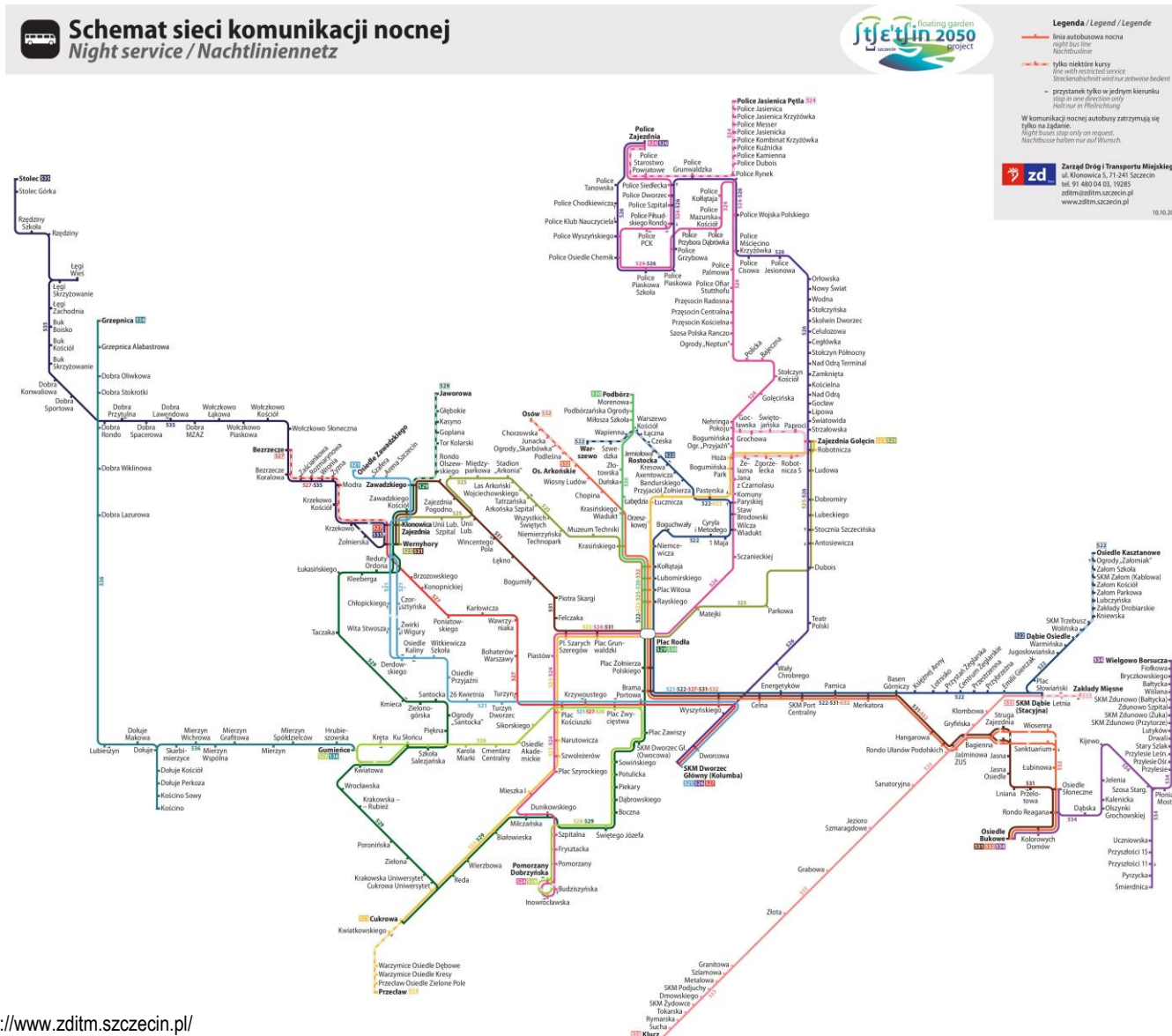
| Typ | Liczba [szt.] | Wysokość podłogi |
|------------------------------|---------------|----------------------------------|
| 105N2k/S+105N2k/Protram | 20 | Tramwaj wysokopodłogowy |
| 105Ng | 12 | Tramwaj wysokopodłogowy |
| Tatra KT4Dt | 71 | Tramwaj wysokopodłogowy |
| Tatra T6A2 | 45 | Tramwaj wysokopodłogowy |
| Moderus Beta jednokierunkowy | 4 | Tramwaj częściowo niskopodłogowy |
| Moderus Beta dwukierunkowy | 6 | Tramwaj częściowo niskopodłogowy |
| Moderus Alfa | 14 | Tramwaj wysokopodłogowy |
| PESA 120NaS | 6 | Tramwaj niskopodłogowy |
| PESA 120NaS2 | 22 | Tramwaj niskopodłogowy |

Źródło: opracowaniem własne na podstawie danych przekazanych przez Tramwaje Szczecińskie sp. z o.o.

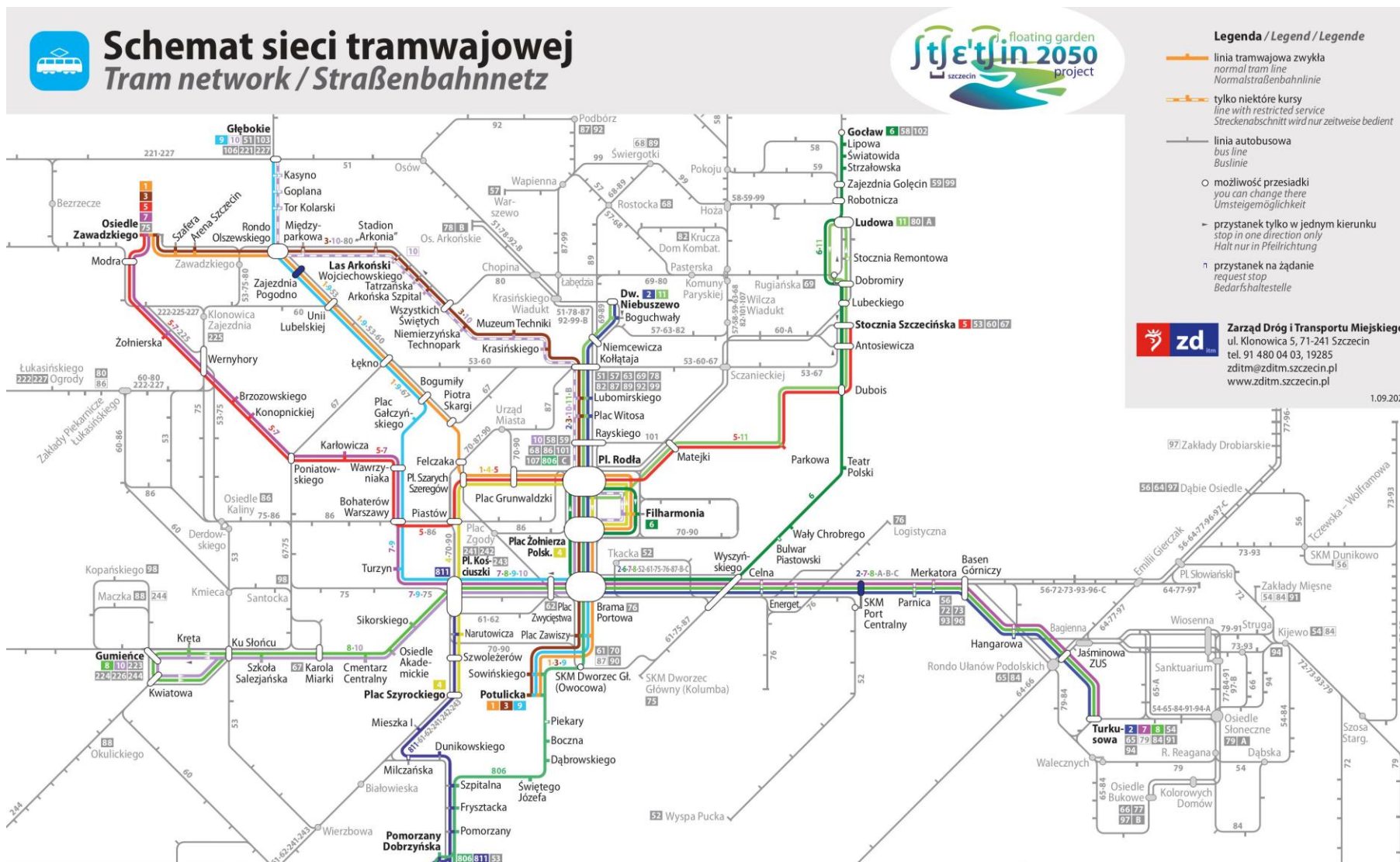
Poniżej przedstawiono schemat komunikacji miejskiej w Szczecinie daytimej i nocnej.



Źródło: strona internetowa ZDiTM <https://www.zditm.szczecin.pl/>



Źródło: strona internetowa ZDiTM <https://www.zditm.szczecin.pl/>



Źródło: strona internetowa ZDiTM <https://www.zditm.szczecin.pl/>

Operator:

Do operatorów autobusowych należą:

- Szczecińskie Przedsiębiorstwo Autobusowe „Klonowica” Sp. z o.o.
- Szczecińskie Przedsiębiorstwo Autobusowe „Dąbie” Sp. z o.o.
- Szczecińsko – Polickie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne Sp. z o.o.
- Przedsiębiorstwo Komunikacji Samochodowej w Szczecinie Sp. z o.o.

Do operatora tramwajowego należy:

- Tramwaje Szczecińskie Sp. z o.o.

W ramach szczecińskiej komunikacji miejskiej w 2024 r.
planowane jest zrealizowanie taborem autobusowym

19 565 067

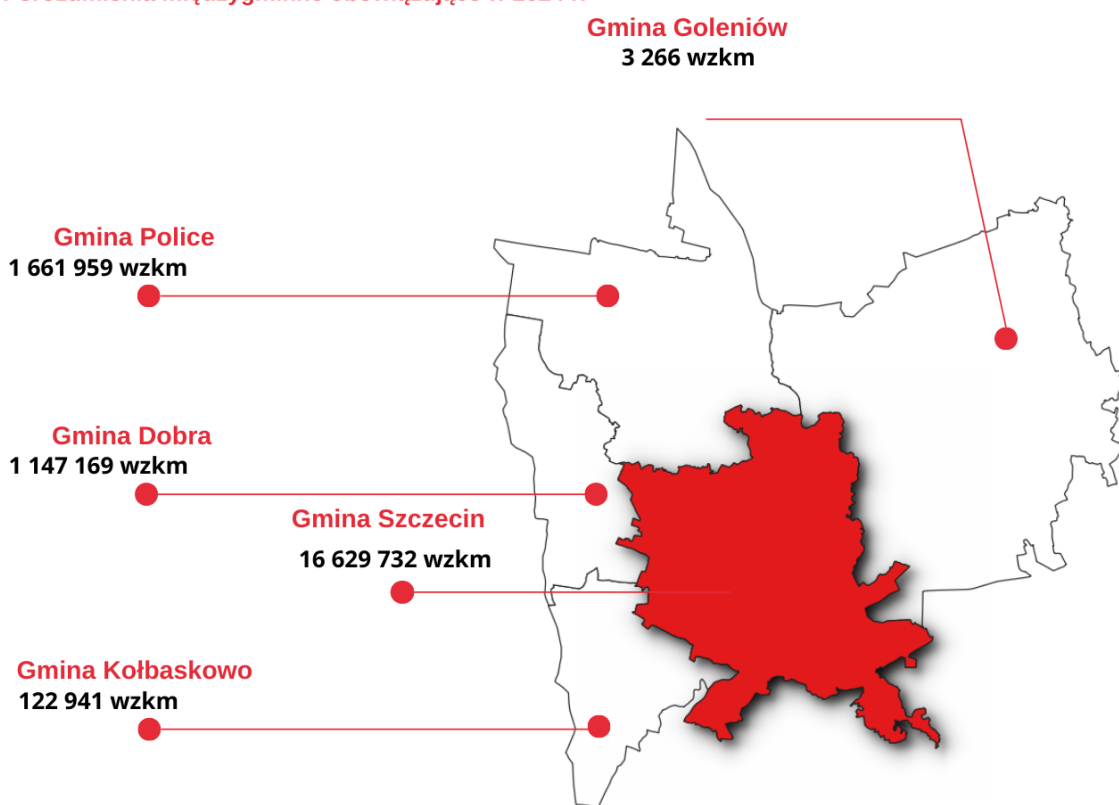
wozokilometrów

W ramach szczecińskiej komunikacji miejskiej w 2024 r.
planowane jest zrealizowanie taborem tramwajowym

6 349 033

wozokilometrów

Porozumienia międzygminne obowiązujące w 2024 r.



Liczba pasażerów przewiezionych w ciągu 2023 roku
133 945 241 pasażerów



Łączna liczba autobusów eksploatowanych w szczecińskiej komunikacji miejskiej
365 szt.
(w tym 16 szt. autobusów elektrycznych).

4.1. Szczecińska Kolei Metropolitalna

Szczecińska Kolei Metropolitalna (SKM) stanowi najważniejszą inwestycję komunikacyjną dla regionu i w docelowym kształcie szybka kolej miejska połączy takie miasta jak Szczecin, Stargard, Goleniów, Gryfino i Police. Łącznie na trasie SKM będzie 40 przystanków kolejowych, w tym 9 zupełnie nowych. I etap systemu został uruchomiony 10 marca 2024 r.

W ramach systemu SKM organizatorem transportu publicznego (tramwaj, autobus) w Szczecinie jest ZDiTM, a organizatorem transportu kolejowego Zachodniopomorski Urząd Marszałkowski.

Obecnie pociągi funkcjonują na trzech liniach:

- Szczecin Główny – Stargard
- Szczecin Główny – Gryfino
- Szczecin Główny – Goleniów (Port Lotniczy Szczecin Goleniów)

Planuje się, iż pociągi metropolitalne do Polic w ramach SKM Szczecin pojadą w czerwcu 2026 roku.

Po ukończeniu inwestycji planuje się, iż docelowo pociągi SKM po centrum Szczecina będą w szczytach jeździć średnio co 10-15 minut.

Dotychczas Gmina Miasto Szczecin w ramach działań zmierzających do rozwoju Szczecińskiej Kolei Metropolitalnej przeprowadziła budowę lub też przebudowę węzłów i przystanków przesiadkowych na liniach kolejowych nr 273, 35, 401 i 406. W wyniku prac zrealizowane poniższe inwestycje:

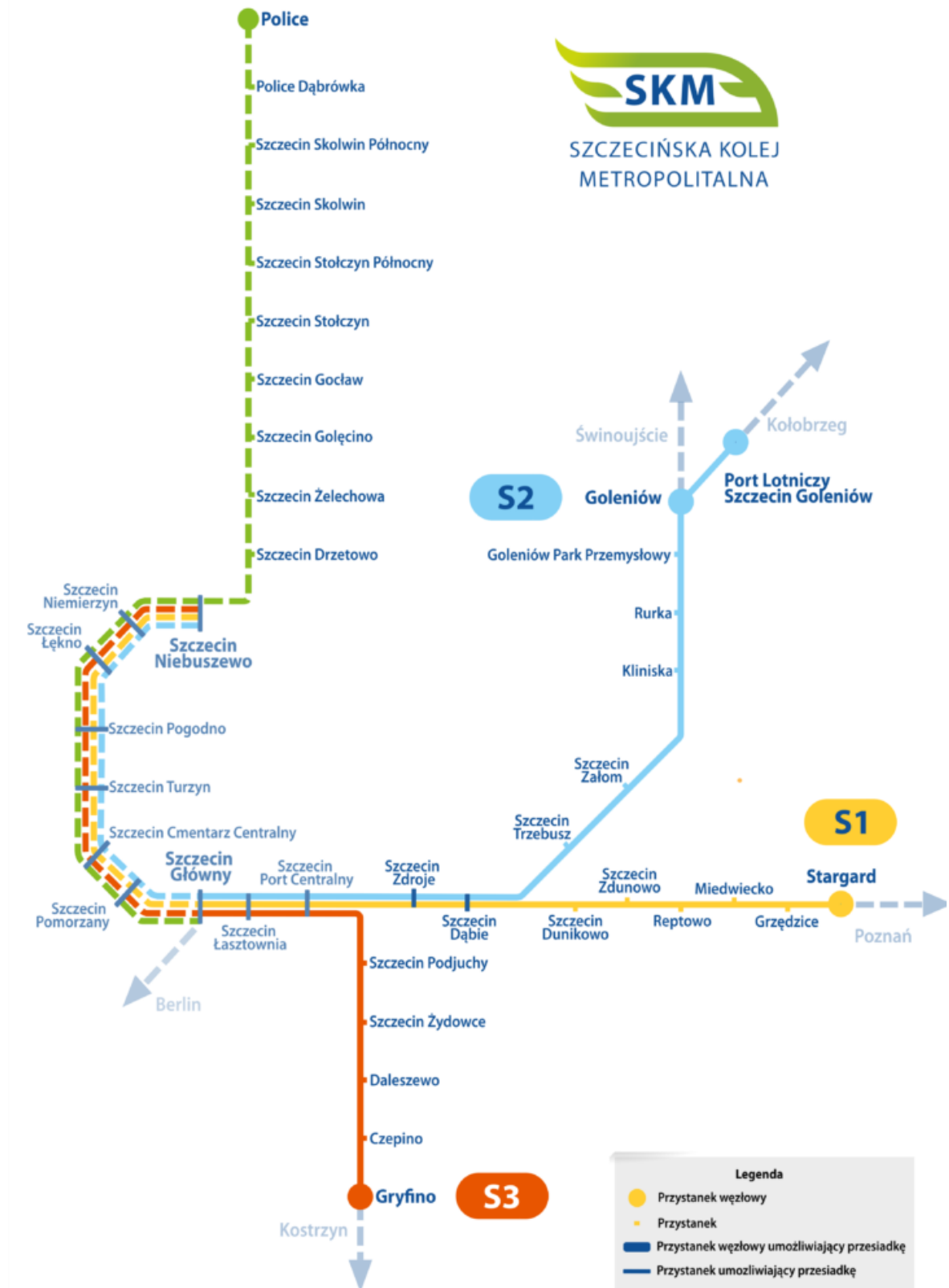
- Stacja Szczecin Główny
- Stacja Szczecin Pomorzany
- Stacja Szczecin Ku Słońcu - Cmentarz
- Centralny
- Stacja Szczecin Turzyn
- Stacja Szczecin Pogodno
- Stacja Szczecin Niemierzyn (Arkońska)
- Stacja Szczecin Niebuszewo
- Stacja Szczecin Drzetowo
- Stacja Szczecin Żelechowa
- Stacja Szczecin Golęcino
- Stacja Szczecin Goclaw
- Stacja Szczecin Glinki (Stołczyn)
- Stacja Stołczyn Północny (Nad Odrą)

- Stacja Szczecin Skolwin
- Stacja Skolwin Północny (Artyleryjska)
- Stacja Szczecin Trzebusz
- Stacja Szczecin Załom
- Stacja Szczecin Zdunowo
- Stacja Szczecin Dunikowo
- Stacja Szczecin Dąbie Północ
- Stacja Szczecin Dąbie Południe
- Stacja Szczecin Zdroje
- Stacja Szczecin Łasztownia

Od 1 września 2024 r. funkcjonuje Szczeciński Bilet Metropolitalny umożliwiający przejazdy w ramach Szczecińskiej Kolei Metropolitalnej i komunikacji miejskiej na terenie Szczecińskiego Obszaru Metropolitalnego.

Pasażerowie mogą wybrać 4 wersje biletu miesięcznego:

- Tylko na strefę A (Szczecin oraz gminy Dobra, Kołbaskowo, Police).
- Na strefę B (gminę i miasto Stargard, Goleniów, Gryfino i Kobyłankę) .
- Bilet ważny na całym obszarze SKM (Szczecin, Police, Stargard, gmina Goleniów, Gryfino, Kobyłanka, Stargard) oraz w komunikacji miejskiej na terenie Szczecina, Dobrej, Kołbaskowa, Polic oraz na trasie Kasztanowe-Załom, z wyłączeniem komunikacji miejskiej w Stargardzie.
- Bilet pozwalający na podróżowanie wszystkimi gminnymi autobusami i tramwajami oraz pociągami POLREGIO na całym obszarze objętym przewozami łącznie ze stargardzką komunikacją miejską.



Rysunek 1 Schemat Szczecińskiej Kolei Metropolitalnej

Źródło: <https://skm.szczecin.pl/>

4.2. Opis stanu taboru autobusowego

Według stanu na październik 2024 roku flota autobusów wykorzystywanych do przewozów pasażerów w szczecińskiej komunikacji miejskiej liczy 365 pojazdów.



Zdecydowaną większość taboru stanowią autobusy o długości 18 m (59,73%).



64% pojazdów to autobusy mieszczące 100 osób i więcej. Łączna podaż miejsc w eksploatowanych autobusach komunikacji

miejscowej wynosi 42 263 miejsc.



90,96% taboru wykorzystywanego przez operatorów stanowią autobusy o napędzie konwencjonalnym (ON), który jeszcze jest najczęściej wykorzystywanym rodzajem napędu w transporcie zbiorowym. 4,66% pojazdów stanowią autobusy hybrydowe, a 4,38% autobusy elektryczne.



Autobusy z klimatyzacją stanowią 93,70% wszystkich pojazdów wykorzystywanych w komunikacji miejskiej.

Tabela 8 Zestawienie taboru autobusowego wykorzystywanego do obsługi sieci komunikacyjnej ze względu na długość pojazdu

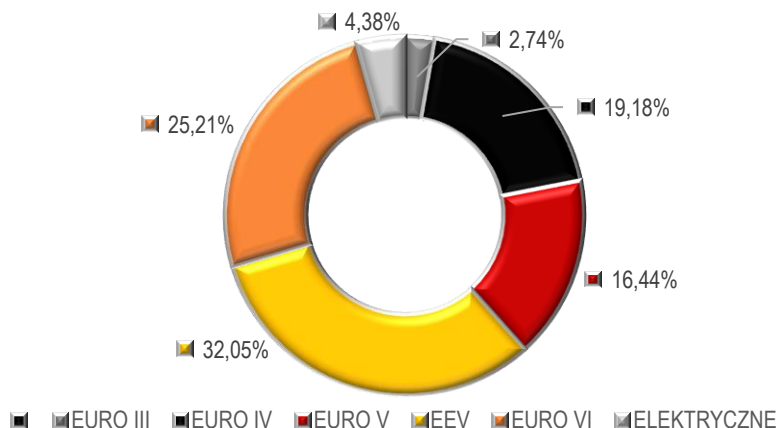
| Ilość pojazdów | SPA Klonowica (SPAK) | SPA Dąbie (SPAD) | SPPK Police (SPPK) | PKS |
|----------------|----------------------|------------------|--------------------|-----|
| MINI | 0 | 0 | 0 | 9 |
| MIDI | 4 | 0 | 0 | 0 |
| MAXI | 43 | 33 | 21 | 37 |
| MEGA 15 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| MEGA 18 | 58 | 72 | 26 | 62 |

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych przekazanych przez operatorów..

Normy emisji spalin

Cała flota eksploatowana na liniach komunikacji miejskiej składa się z 2,74% autobusów o normie emisji spalin EURO III, 19,18% o normie emisji spalin EURO IV, 16,16% o normie EURO V, 32,33% o

normie EEV i 25,21% autobusów o najwyższej normie – EURO IV. 4,38% stanowią autobusy elektryczne.



Wykres 3 Normy emisji spalin

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych przekazanych przez operatorów.

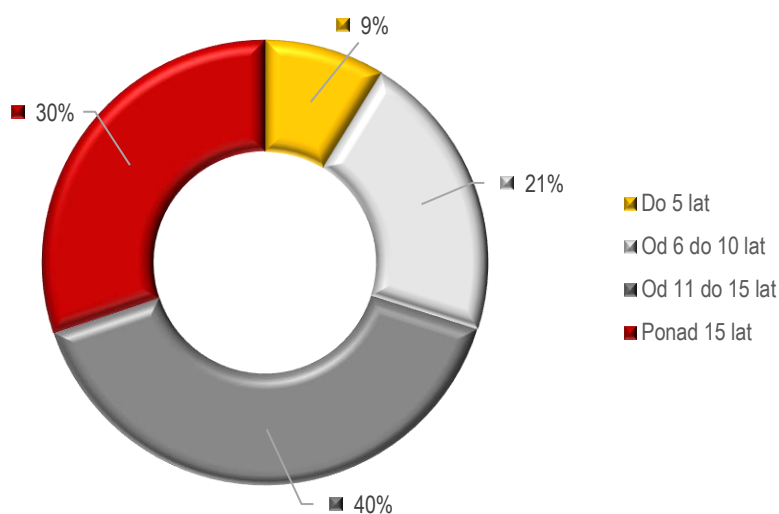
| Norma emisji EURO | SPA Klonowica (SPAK) | SPA Dąbie (SPAD) | SPPK Police (SPPK) | PKS |
|-------------------|----------------------|------------------|--------------------|-----|
| Euro 3 | 5 | 4 | 0 | 1 |
| Euro 4 | 8 | 6 | 0 | 56 |
| Euro 5 | 1 | 15 | 0 | 44 |
| EEV | 54 | 53 | 10 | 0 |
| Euro 6 | 21 | 27 | 37 | 7 |
| ELEKTRYCZNE | 16 | 0 | 0 | 0 |

Wykres 4. Normy emisji spalin całej floty autobusów

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych przekazanych przez operatorów.

Struktura wieku taboru

W skład taboru wykorzystywanego przez Operatora wchodzi 32 autobusy wyprodukowanych nie wcześniej niż 5 lat temu. 30% użytkowanej floty pojazdów stanowią autobusy mające ponad 15 lat.



Wykres 5. Struktura wieku taboru

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych przez operatorów.

Tabela 9 Wiek taboru

| wiek taboru | SPA Klonowica (SPAK) | SPA Dąbie (SPAD) | SPPK Police (SPPK) | PKS |
|-----------------|----------------------|------------------|--------------------|-----|
| Do 5 lat | 19 | 0 | 13 | 0 |
| Od 6 do 10 lat | 18 | 28 | 24 | 7 |
| Od 11 do 15 lat | 55 | 59 | 10 | 22 |
| Ponad 15 lat | 13 | 18 | 0 | 79 |

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych przez operatorów

4.3. 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 przedstawiono w tabeli 12 obecną emisję spalin przez poszczególne kategorie pojazdów obsługującej sieć komunikacji miejskiej w Mieście Szczecin, których emisja szkodliwych substancji zależy od normy emisji spalin i średniego zużycia paliwa. Tabela 49 przedstawia natomiast zmiany, jakie mogą nastąpić po wymianie 94 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 ilorzem 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 10. 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)¹⁶:

- 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, NOx, PM, CO₂ z następującego wzoru:

$$E = B \times W$$

gdzie:

- E – emisja substancji [g/km];
- B – zużycie paliwa [kWh/km];
- W – wskaźnik emisji zanieczyszczeń [g/kWh].

Dla autobusów napędzanych gazem CNG¹⁷:

- 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/NMVO, NOx, 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 Polsce¹⁸.

| | NMHC/ NMVOC | NOx | 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/NMVO, NOx, PM, CO₂ z następującego wzoru:

$$E = I \times B \times 100 \text{ [km]}$$

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 11. Wskaźniki jednostkowej emisji zanieczyszczeń przy produkcji energii elektrycznej¹⁹

| Wskaźniki emisji w przeliczeniu na jednostkę przebytej drogi przez autobus [g/km] | | | |
|---|-------|-------|--------|
| CO ₂ | CO | NOx | PM |
| Elektrownie wiatrowe | | | |
| 1509,0 | 0,282 | 1,77 | 0,09 |
| Elektrownie gazowe | | | |
| 457,7 | 0,149 | 0,613 | 0,0035 |

¹⁶ 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.

¹⁷ 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.

¹⁸ Ricardo-AEA, F.3.

¹⁹ Marczak H., Koszty zużycia energii i emisji zanieczyszczeń wynikające z użytkowania autobusów miejskich.

Tabela 12. Emisja spalin autobusów komunikacji miejskiej Miasta Szczecin przed wymianą floty autobusów

| | Szt. | SPALANIE/ ZUŻYCIE PALIWA | NMHC/NMVOС [g/km] | Nox [g/km] | PM [g/km] | CO ₂ [kg/km] |
|--|------------|--------------------------------|----------------------|----------------|--------------|-------------------------|
| ON | | | | | | |
| Norma EURO III | | | | | | |
| MAXI | 3 | 37,90 l/100 km | 10,01 | 75,80 | 1,52 | 4,04 |
| MEGA | 7 | 65,18 l/100 km | 30,11 | 228,13 | 4,56 | 12,15 |
| Norma EURO IV | | | | | | |
| MAXI | 30 | 46,36 l/100 km | 63,98 | 486,78 | 2,78 | 37,02 |
| MEGA | 40 | 58,18 l/100 km | 107,05 | 814,52 | 4,65 | 61,95 |
| Norma EURO V | | | | | | |
| MINI | 4 | 17,00 l/100 km | 3,13 | 13,60 | 0,14 | 1,81 |
| MAXI | 13 | 39,4 l/100 km | 23,56 | 102,44 | 1,02 | 13,63 |
| MEGA | 42 | 53,68 l/100 km | 103,71 | 450,91 | 4,51 | 60,02 |
| Norma EEV | | | | | | |
| MIDI | 4 | 36,77 l/100 km | 3,68 | 29,42 | 0,29 | 3,92 |
| MAXI | 39 | 45,24 l/100 km | 44,11 | 352,87 | 3,53 | 46,97 |
| MEGA | 74 | 56,45 l/100 km | 104,43 | 835,46 | 8,35 | 111,20 |
| Norma EURO EEV HYBRYDA | | | | | | |
| MAXI | 1 | 39,40 l/100 km | 0,99 | 7,88 | 0,08 | 1,05 |
| Norma EURO VI* | | | | | | |
| MINI | 5 | 17,00 l/100 km | 1,11 | 3,40 | 0,09 | 2,26 |
| MAXI | 34 | 36,47 l/100 km | 16,12 | 49,60 | 1,24 | 33,01 |
| MEGA | 37 | 49,61 l/100 km | 23,86 | 73,42 | 1,84 | 48,86 |
| Norma EURO VI HYBRYDA | | | | | | |
| MAXI | 8 | 35,74 l/100 km | 3,72 | 11,44 | 0,29 | 7,61 |
| MEGA | 8 | 50,26 l/100 km | 5,23 | 16,08 | 0,40 | 10,70 |
| ELEKTRYCZNE (w ujęciu lokalnym) | | | | | | |
| MAXI | 6 | 156 kWh/100 km | 0 | 0 | 0 | 0 |
| MEGA | 10 | 205 kWh/100 km | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 365 | - | 544,80 | 3475,95 | 35,29 | 456,20 |

Źródło: opracowanie własne.

4.4. Pojazdy elektryczne oraz infrastruktura pojazdów elektrycznych

Miasto Szczecin posiada 16 pojazdów (10 szt. klasy MEGA i 6 szt. klasy MAXI) o napędzie zeroemisyjnym, które obecnie realizują przewozy w ramach działalności operatora - Szczecińskie Przedsiębiorstwo Autobusowe "Klonowica" Sp. z o.o.

Do infrastruktury pojazdów elektrycznych należą:

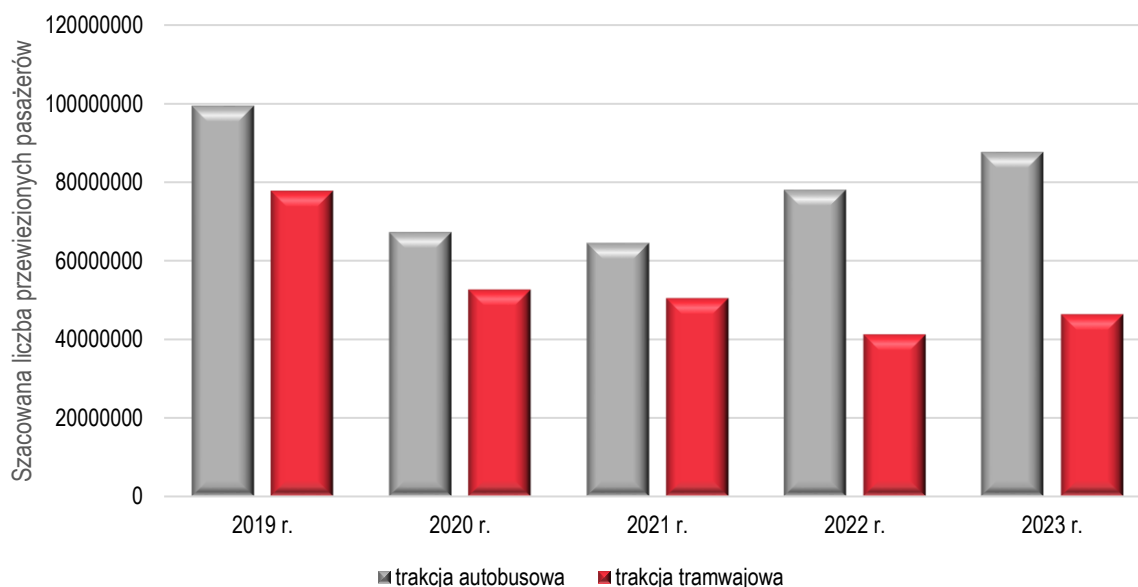
- 3 ładowarki pantografowe 400 kW zlokalizowane na ul. Kolumba, ul. Kołłątają i ul. Owocowej,
- 6 ładowarek dwustanowiskowych plug-in 120kW zlokalizowanych na terenie bazy autobusowej operatora Szczecińskie Przedsiębiorstwo Autobusowe "Klonowica" Sp. z o.o.).

Obecne lokalizacje stacji ładowania pantografowego stanowią realizację założeń wskazanych w Analizie Kosztów i Korzyści przeprowadzonej w 2018 r.

4.5. 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 zarówno autobusami jak i tramwajami komunikacji miejskiej wyniosła 176 979 542, 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 119 812 326 (spadek o 32,30%). Zbliżona wielkość pasażerów odnotowana została także w kolejnym roku „pandemicznym” – 114 890 929 pasażerów. Po zlikwidowaniu licznych ograniczeń w przemieszczaniu się liczba pasażerów zaczęła wzrastać – w 2023 r. do poziomu 133 945 241 pasażerów.



Wykres 6. Zmiany liczby pasażerów szczecińskiej komunikacji miejskiej

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Organizatora.

5. 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 społecznego²⁰.

5.1. Dane

Dane do AKK pozyskano od Zarządu Dróg i Transportu Miejskiego oraz operatorów realizującego przewozy na liniach komunikacji miejskiej w Szczecinie 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.

5.2. 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.

²⁰ Ligus M., Efektywność inwestycji w odnawialne źródła energii. Analiza kosztów i korzyści, CeDeWu Sp. z o.o., Warszawa 2010.

5.2.1. 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 osiągniętych 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.

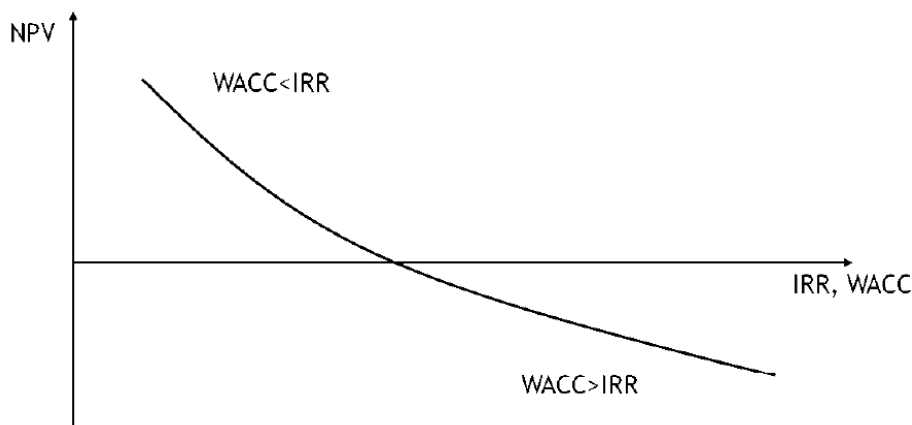
Inwestycja jest więc opłacalna, gdy $NPV \geq 0$, co oznacza, iż stopa rentowności Inwestycji jest wyższa od stopy granicznej, określonej przez przyjętą do rachunku stopę dyskontową. Każda Inwestycja o NPV większym od zera może być zrealizowana, ponieważ przyniesie przedsiębiorstwu

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 7. 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 obejmie czas ekonomicznej użyteczności taboru – cały okres funkcjonowania Inwestycji, tj. okres jej realizacji, jak i pełny, przewidywany okres eksploatacji Inwestycji.

5.2.2. 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.

5.2.3. 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 niezmienione.

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.

5.2.4. 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”²¹. W przypadku każdego ze zidentyfikowanych,

Dokonano symulacji parametrów analizy wrażliwości związanych bezpośrednio z projektem (zmiennie 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 $NPV=0$.

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;

²¹ Ryzyko uważane jest za „aktywne” jeśli jest identyfikowalne i istotne dla projektu na obecnym etapie AKK.

- prawdopodobieństwo wystąpienia w skali od A do E (Tabela 15);
- siłę oddziaływania w skali od I do V (Tabela 16).

Tabela 13. 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 14. 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.

Tabela 15. 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 16. 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:

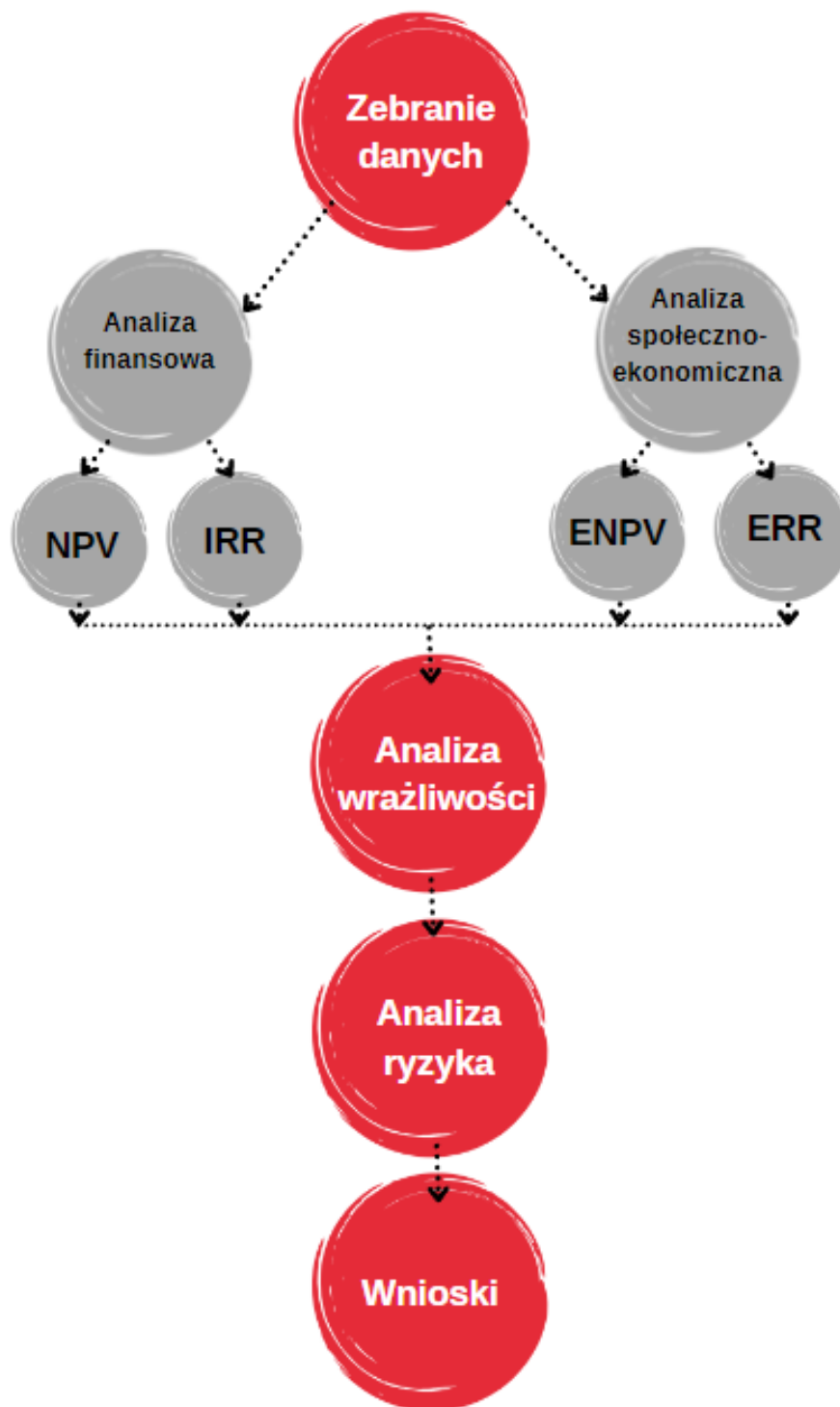
- **zapobieganie ryzyku:** oznacza zmianę planu przedsięwzięcia w celu wyeliminowania zagrożenia lub wyeliminowania wpływu ryzyka na projekt;
- **ograniczanie ryzyka:** oznacza redukcję prawdopodobieństwa wystąpienia ryzyka lub jego skutków poprzez wprowadzenie zmian do przedsięwzięcia;
- **przeniesienie 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.

5.3.Procedura Analizy



6. 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 Szczecin, przy obecnym stanie taboru autobusowego wynoszącym 365 pojazdów do 2028 r. wymagana liczba pojazdów zeroemisyjnych wynosi 110.

Miasto Szczecin posiada 16 pojazdów (10 szt. klasy MEGA i 6 szt. klasy MAXI) o napędzie zeroemisyjnym, które obecnie realizują przewozy w ramach działalności operatora - Szczecińskie Przedsiębiorstwo Autobusowe "Klonowica" Sp. z o.o.).

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

- od 1 stycznia 2025 r. (20%) – 73 autobusy;
- od 1 stycznia 2028 r. (30%) – 110 autobusów.

W związku z planowaną dostawą 18 autobusów zeroemisyjnych wraz z infrastrukturą ładowania pojazdów elektrycznych zlokalizowanej na terenie bazy autobusów operatora - Szczecińskie Przedsiębiorstwo Autobusowe "Klonowica" Sp. z o.o., w pierwszej kolejności planowana jest wymiana pojazdów znajdujących się w taborze ww. Spółki, co powoduje konieczność wymiany

najstarszych pojazdów tego operatora, w których skład wchodzi również 5 pojazdów o normie emisji EEV

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

57 autobusów zeroemisyjnych w 2024 roku (16 autobusów elektrycznych znajduje się w taborze operatora - Szczecińskie Przedsiębiorstwo Autobusowe "Klonowica" Sp. z o.o.) + 94 autobusy w 2027 roku, w tym:

- autobusy klasy MAXI – 45 (39 + 6 obecnych) szt. (12,33% całej floty);
- autobusy klasy MEGA – 65 (55 + 10 obecnych) szt. (17,81% całej floty).

Autobusy z silnikami spełniającymi następujące normy:

- EURO III – 10 szt. (2,74% całej floty);
- EURO IV – 70 szt. (19,18% całej floty);
- EURO V – 60 szt. (16,44% całej floty);
- EURO EEV – 117 szt. (32,05% całej floty).
- EURO VI – 92 szt. (25,21% całej floty)

W pierwszym etapie modernizacji (zakup w 2024 r.) użytkowanych pojazdów do likwidacji przeznaczono pojazdy charakteryzujące się normą emisji spalin EURO III, EURO IV, EURO V i EURO EEV – 57 szt. (15,62%) + 16 szt. obecnie posiadanego taboru zeroemisyjnego (4,38%).

Tym samym wymianie ulegnie:

- 7 pojazdów klasy MEGA, EURO III;
- 20 pojazdów klasy MEGA, EURO IV;
- 3 pojazdy klasy MEGA, EURO EEV;
- 3 pojazdy klasy MAXI, EURO III;
- 22 pojazdy klasy MAXI, EURO IV;
- 1 pojazd klasy MAXI, EURO V;
- 1 pojazd klasy MAXI, EURO EEV.

Parametry wymienianych pojazdów:

- Łączna szacowana liczba wzm realizowanych w skali roku: 3 175 461 wzm;
- Śr. szacowana l. wzm na jeden pojazd: 55 710 wzm
- Śr. szacowane zużycie paliwa w skali roku przez jeden pojazd: 26 753 l;
- liczba pasażerów możliwych do przewiezienia (maksymalne zapelnienie): 6816 pasażerów.

W drugim etapie modernizacji (zakup w 2027 r.) użytkowanych pojazdów do likwidacji przeznaczono pojazdy charakteryzujące się normą emisji spalin EURO IV i EURO V – 37 szt. (10,14%)

Tym samym wymianie ulegnie:

- 8 pojazdów klasy MAXI, EURO IV;
- 4 pojazdy klasy MAXI, EURO V;
- 20 pojazdów klasy MEGA, EURO IV;
- 5 pojazdów klasy MEGA, EURO V.

Parametry wymienianych pojazdów:

- Łączna szacowana liczba wzm realizowanych w skali roku: 2 002 180 wzm;
- Śr. szacowana l. wzm na jeden pojazd: 54 112 wzm
- Śr. szacowane zużycie paliwa w skali roku przez jeden pojazd: 27 042 l;
- liczba pasażerów możliwych do przewiezienia (maksymalne zapelnienie): 2036 pasażerów.

6.1. Wariant bazowy

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

Korzyścią z wariantu bazowego jest zdecydowane ograniczenie kosztów inwestycyjnych, ponieważ zakup pojazdów o napędzie konwencjonalnym (ON) jest zdecydowanie tańszy, niż zakup np. autobusów elektrycznych, bateryjnych lub wodorowych. Zakup autobusu klasy MAXI to koszt około 1,4-1,6 mln zł²² 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 klasy MAXI prognozowany koszt około 209,8 l/100 km, natomiast w przypadku autobusów klasy MEGA – 291,0 zł/100 km. Przy założeniu ceny zakupu paliwa 5,10 zł/l (netto)²³ klasy MEGA.

Konieczny 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

²² Na podstawie ofert handlowych producentów w 2023 r.

²³ Dane przekazane przez operatorów obsługujących Miasto Szczecin dot. prognozy cen paliw.

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 oraz posiadanych w taborze 16 autobusów zeroemisyjnych, wymianie ulegną 94 pojazdy. 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 57 autobusów i wycofanie z eksploatacji pojazdów, które zgodnie z założeniami głównymi spełniają najniższe normy emisji spalin i wykonują jednocześnie największą pracę eksploatacyjną. Wyjątek stanowią 4 najstarsze pojazdy o normie emisji EEV, w związku z realizowanym przetargiem na dostawę 18 autobusów zeroemisyjnych wraz z infrastrukturą ładowania pojazdów elektrycznych zlokalizowanej na terenie bazy autobusów operatora - Szczecińskie Przedsiębiorstwo Autobusowe "Klonowica" Sp. z o.o., przez co pierwszej kolejności planowana jest wymiana pojazdów znajdujących się w taborze ww. Spółki.

W etapie drugim modernizacji taboru, obsługującego sieć komunikacji miejskiej Miasta Szczecin, zakłada się zakup i eksploatację 37 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 46,58% taboru wykorzystywanego na w szczecińskiej komunikacji miejskiej.

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.

Tabela 17 Przyjęta struktura taboru do wymiany w ramach Wariantu „0”

| | Wariant "0" | | | | | |
|---------------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 |
| ON | | | | | | |
| EURO III | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| EURO IV | 70 | 28 | 28 | 28 | 0 | 0 |
| EURO V | 60 | 59 | 59 | 59 | 50 | 50 |
| EEV | 116 | 112 | 112 | 112 | 112 | 112 |
| EEV (Hybrydowe) | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| EURO VI* | 76 | 133 | 133 | 133 | 170 | 170 |
| EURO VI (Hybrydowe) | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 |
| CNG | | | | | | |
| EURO III | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| EURO V | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| EURO VI | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ELEKTRYCZNE | | | | | | |
| - | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 |
| FCEF | | | | | | |
| - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| RAZEM | 365 | 365 | 365 | 365 | 365 | 365 |

*autobusy Mild Hybrid zostały przyporządkowane do kategorii EURO VI

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.

6.2. Wariant inwestycyjny „1”

Wariant inwestycyjny „1” zakłada rozwój publicznego transportu zbiorowego dla Miasta Szczecin 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 Operatorów 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 pętlach 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 LiNi_xMn_yCo_zO₂). 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 trakturę 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. 0,95 zł/kWh netto daje koszt wielkości 124,26 zł/100 km dla autobusu klasy MAXI i 146,49 zł/100 km dla autobusu klasy MEGA. Deklarowany przez producentów zasięg autobusów elektrycznych przy pełnym naładowaniu baterii wynosi ok. 200 km przy odpowiednich warunkach atmosferycznych²⁴.

Czas ładowania pojazdów elektrycznych uzależniony jest od mocy stacji ładowania, która powinna wynosić od 80 kW dla systemów ładowania nocnego oraz od 250 kW dla systemów ładowania pantografowego bądź indukcyjnego. Koszt budowy stacji ładowania zlokalizowanej w zajezdni autobusowej (ładowanie za pośrednictwem złącza wtykowego) dla stacji o mocy 120 kW to koszt ok. **175.865,50 zł**²⁵ (netto), natomiast stacji pantografowej – **532.576,00 zł**²⁶

(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**, doliczyć można również koszty związane z pracami dodatkowymi związanymi np. z przebudową zatok. Rozwiązanie polegające na zakupie ładowarek mobilnych to koszt ok. **132.000,00 zł**²⁷ (netto) dla ładowarki o mocy 80 kW.

Uwzględniając uwarunkowania przestrzenne i eksploatacyjne sieci komunikacyjnej Miasta Szczecin 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 130-250 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 atmosferycznych²⁸. 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 urządzenia klimatyzacyjne wspomagane są pompą ciepła.

Czas ładowania baterii autobusu o wielkości 240 kWh ładowarką o mocy 120 kW, zakłada się na 1,5 godziny.

²⁴ Wpływ na zużycie energii przez pojazdy elektryczne ma przede wszystkim: prędkość, styl jazdy, topografia, warunki klimatyczne i obciążenie pojazdu.

²⁵ Cena szacunkowa z rozeznania rynku III kw. 2024., cena dotyczy dostawy samego urządzenia.

²⁶ Cena szacunkowa z rozeznania rynku III kw. 2024 za ładowarkę pantografową 400 kW, cena dotyczy dostawy samego urządzenia.

²⁷ Cena szacunkowa z rozeznania rynku III kw. 2024 r., cena dotyczy dostawy samego urządzenia.

²⁸ Wpływ na zużycie energii przez pojazdy elektryczne ma przede wszystkim: prędkość, styl jazdy, topografia, warunki klimatyczne i obciążenie pojazdu.

Zakup autobusu elektrycznego (baterijnego) klasy MAXI to koszt około **2.550.000,00 zł**²⁹ netto, klasy MEGA – **3.450.000,00 zł**³⁰, 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 Szczecin 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 365 pojazdów oraz po uwzględnieniu 16 autobusów zeroemisyjnych znajdujących się już w taborze eksploatowanych autobusów, liczba autobusów zeroemisyjnych od 1 stycznia 2028 r. powinna wynosić 110 szt.

Zatem wariant inwestycyjny „1” to wariant wedle którego 20% taboru od 1 stycznia 2025 roku powinien stanowić tabor autobusowy zeroemisyjny (73 autobusów przy stanie inwentarzowym 365), natomiast od 1 stycznia 2028 r. – 30% (110 autobusów przy stanie inwentarzowym wynoszącym 365 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 57 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 Szczecin, zakłada się zakup i eksploatację dodatkowo 37 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 Szczecin powinny obsługiwać łącznie 110 autobusów elektrycznych, co będzie stanowiło **30,14%** użytkowanego taboru. W wariantcie tym, dla autobusów ładowanych na terenie zajezdni metodą plug-in przed wyjazdem w trasę, przyjęto

²⁹ Na podstawie szacunków z III kw. 2024 r.

³⁰ Jw.

zastępowanie autobusów spalinowych analogiczną liczbą autobusów zeroemisyjnych.

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

stałego poziomu taboru, tj. 365 pojazdów samochodowych. Wymiana taboru może nastąpić znacznie szybciej i przy większych jednorazowych zakupach, jeżeli zostaną pozyskane dodatkowe środki na zakup z zewnętrznych funduszy.

Tabela 18. Przyjęta struktura taboru do wymiany w ramach Wariantu „1”

| | Wariant "1" | | | | | |
|---------------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 |
| ON | | | | | | |
| EURO III | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| EURO IV | 70 | 28 | 28 | 28 | 0 | 0 |
| EURO V | 60 | 59 | 59 | 59 | 50 | 50 |
| EEV | 116 | 112 | 112 | 112 | 112 | 112 |
| EEV (Hybrydowe) | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| EURO VI* | 76 | 76 | 76 | 76 | 76 | 76 |
| EURO VI (Hybrydowe) | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 |
| CNG | | | | | | |
| EURO III | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| EURO V | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| EURO VI | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ELEKTRYCZNE | | | | | | |
| - | 16 | 73 | 73 | 73 | 110 | 110 |
| FCEF | | | | | | |
| - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| RAZEM | 365 | 365 | 365 | 365 | 365 | 365 |

*autobusy Mild Hybrid zostały przyporządkowane do kategorii EURO VI

Źródło: opracowanie własne.

Wariant 1 zakłada zakup oraz montaż zarówno ładowarek typu plug-in oraz pantografowych zlokalizowanych na wybranych pętlach autobusowych.

W pierwszym etapie planuje się wykorzystywanie do obsługi autobusów elektrycznych obecnych ładowarek pantografowych zlokalizowanych na pętlach na ul. Kolumba, Kołtątaja i Owocowej. W drugim etapie do obsługi przeznaczonych do elektryfikacji linii autobusowych planuje się zakup 5 ładowarek pantografowych, z czego w pierwszej kolejności 1 szt. na **Placu Rodła**, 1 szt. na pętli autobusowej **Osiedle Zawadzkiego**, a w następnej kolejności 2 szt. zostaną zlokalizowane na pętli **Kołtątaja** (oprócz 1 istniejącej), oraz 1 szt. na pętli **SKM Podjuchy**.

Dodatkowo należy wyposażyć zajezdnie autobusowe operatorów, którzy będą świadczyli usługi pojazdami zeroemisyjnymi w ładowarki typu plug-in. Mając na uwadze, że na zajezdni autobusowej operatora Szczecińskie

Przedsiębiorstwo Autobusowe "Klonowica" Sp. z o.o. znajduje się już 6 ładowarek plug-in zakłada się, że zakup w I etapie **29 ładowarek dwustanowiskowych, a w drugim dodatkowo 18 ładowarek dwustanowiskowych.**

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”.

1.1. Wariant inwestycyjny „2” - Analiza potencjału wykorzystania wodoru, jako paliwa w komunikacji miejskiej w Szczecinie

Wariant inwestycyjny „2” zakłada rozwój publicznego transportu zbiorowego dla Miasta Szczecin z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych wykorzystujących do napędu energię elektryczną wytworzoną z wodoru, w zainstalowanych w nim ogniwach paliwowych (zwanymi 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)³¹. 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 kW³². 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

³¹ Figaszewski M., SOLARIS, „Pojazdy komunikacji publicznej wykorzystujące wodór”.

³² Jw.

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 taboru użytkowanego wykorzystywanego do obsługi Miasta Szczecin taboru wynoszącego 365 pojazdów oraz po uwzględnieniu 16 autobusów zeroemisyjnych znajdujących się już w taborze eksploatowanych autobusów, liczba autobusów zeroemisyjnych od 1 stycznia 2028 r. powinna wynosić 110 szt.

W pierwszym etapie, do 1 stycznia 2025 r., zaleca się zakup 57 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 Szczecin, zakłada się zakup i eksploatację dodatkowo 37 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.

W związku z przyjętymi dla Wariantu „2” założeniami w 2028 r. sieć komunikacji miejskiej Miasta Szczecin powinno obsługiwać łącznie 110 samochodowych pojazdów elektrycznych-wodorowych, co będzie stanowiło 30% użytkowanego taboru.

Istotną kwestią jest zaznaczenie, że **powyższe rozważanie zostało stworzone przy zachowaniu stałego poziomu taboru, tj. 365 pojazdów samochodowych**. Wymiana taboru może nastąpić znacznie szybciej i przy większych jednorazowych zakupach, jeżeli zostaną pozyskane dodatkowe środki na zakup z zewnętrznych funduszy.

Tabela 19. Przyjęta struktura taboru do wymiany w ramach Wariantu „2”

| | Wariant "2" | | | | | |
|---------------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 |
| ON | | | | | | |
| EURO III | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| EURO IV | 70 | 28 | 28 | 28 | 0 | 0 |
| EURO V | 60 | 59 | 59 | 59 | 50 | 50 |
| EEV | 116 | 112 | 112 | 112 | 112 | 112 |
| EEV (Hybrydowe) | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| EURO VI* | 76 | 76 | 76 | 76 | 76 | 76 |
| EURO VI (Hybrydowe) | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 |
| CNG | | | | | | |
| EURO III | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| EURO V | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| EURO VI | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ELEKTRYCZNE | | | | | | |
| - | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 |
| FCEF | | | | | | |
| - | 0 | 57 | 57 | 57 | 94 | 94 |
| RAZEM | 365 | 365 | 365 | 365 | 365 | 365 |

*autobusy Mild Hybrid zostały przyporządkowane do kategorii EURO VI

Źródło: opracowanie własne.

Autobusy zasilane wodorem są atrakcyjnym rozwiązaniem zarówno ze względów ochrony środowiska jak i dzięki braku konieczności inwestowania w dodatkową infrastrukturę do doładowywania pojazdu w trakcie wykonywania zadania. Największą trudnością infrastruktura tankowania wodoru. W komunikacji miejskiej

możliwe są dwa sposoby zapewnienia dostaw wodoru do tankowania pojazdów. Pierwszym sposobem jest dostawa wodoru, która wiąże się wyższą ceną wodoru lub produkcja wodoru na miejscu. Podstawowymi elementami stacji tankowania są:

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

Koszt budowy stacji tankowania wodoru jest inwestycją bardzo kosztowną i zależy od jej wielkości, sposobu dostarczania wodoru na stacji (produkcja na miejscu, dostawa w formie płynnej lub gazowej). Dzięki zwiększaniu zainteresowania tym rodzajem paliwa, pojawiło się więcej firm dostarczających ten surowiec co pozwala na możliwość ograniczenia infrastruktura tankowania w przypadku małych lub rozwijających się systemów wyłącznie do mobilnej stacji tankowania zaopatrywanej przez butlowóz. Dla tak dużego systemu komunikacyjnego jak jakim jest Miasto Szczecin mogłoby to być jedynie rozwiązanie tymczasowe. Docelowo zalecana jest budowa scentralizowanej stacji tankowania wodoru, która umiejscowiona mogłaby być np. na terenie zajezdni autobusowej jednego z operatorów.

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 Szczecin 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 (autobuswodorowy w ruchu emituje hałas 40 dB, natomiast autobus spalinowy 90 dB)³³. Podkreślić należy także, że zasięg autobusu napędzanego wodorem jest porównywalny do zasięgu o napędzie tradycyjnym (400–450 km³⁴), 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/kg³⁵, 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 zł³⁶). 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**³⁷³⁸(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.

Koszt budowy stacji tankowania autobusów wodorowych szacuje się na kwotę 15.000.000,00 zł netto.

³³ 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.

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

³⁵ 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.

³⁶ Powyższe dane przedstawione są dla autobusu klasy MAXI.

³⁷ Cena wskazana na podstawie ofert handlowych producentów autobusów, pozyskanych w 2023 r.

³⁸ 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.

6.1. 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 się³⁹, 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**;

Analiza wielokryterialna rozkładów jazdy oraz koniecznych do spełnienia przesłanek do elektryfikacji linii wskazała następujące predysponowane linie komunikacyjne do obsługi autobusami elektrycznymi: **58, 59, 63, 66, 75, 85, 86, 99**.

Planuje się również utrzymanie zelektryfikowania linii nr: **51, 57, 69, 78, 87, 89, 92**. Dotychczas zelektryfikowane linie stanowią wypełnienie rekomendacji wskazanych w Analizie Kosztów i Korzyści przeprowadzonej w 2018 r.



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



obsługuje **obszar Miasta o jak najmniejszych różnicach poziomów terenu**;



stanowi część systemu o **dużej intensywności połączeń autobusowych** umożliwiając również przesiadkę na wiele linii ;



charakteryzuje się niską dynamiką jazdy (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.

Najlepsze warunki do obsługi autobusami elektrycznymi spełniają linie: **75 i 86**.

Wraz z rozwojem infrastruktury ładowania oraz zakupem pojazdów zeroemisyjnych planuje się elektryfikację kolejnych linii autobusowych.

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

³⁹ 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.

Z analizy zostały wykluczone linie transportu na żądanie, które charakteryzują się brakiem przewidywalności, linie poza obszarem administracyjnym Miasta Szczecin, linie zastępcze – ze względu na ich tymczasowość, linie pośpieszne

ze względu na pokonywane znaczne odległości w ramach jednego kursu oraz małą liczbę zatrzymań oraz linie nocne.

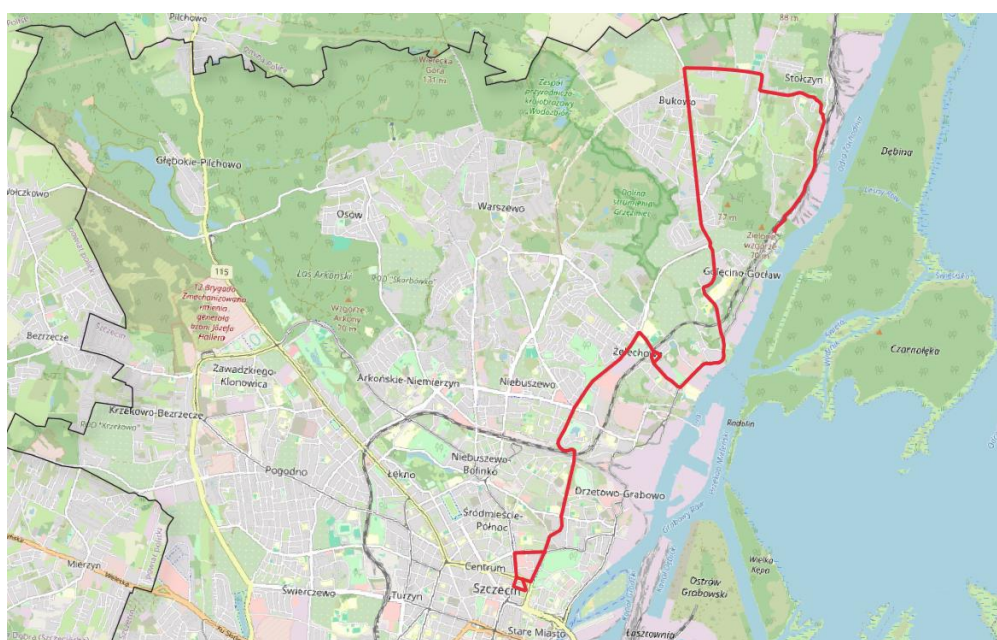
Tabela 20 Analiza rozkładów jazdy

| Numer linii | Przystanek krańcowy 1 | Przystanek krańcowy 2 | Uśredniona liczba przystanków (zatrzymań) | Liczba pojazdów przewidziana do realizacji rozkładu jazdy | Średnia d długość linii [m] | Przybliżona liczba kursów w dzień roboczy szkolny | Liczba wżkm w dzień roboczy szkolny | Średnia prędkość eksploatacyjna | Prędkość techniczna |
|-------------|--------------------------|--------------------------|---|---|-----------------------------|---|-------------------------------------|---------------------------------|---------------------|
| 51 | Głębokie | Kołątaja | 15 | 6 | 7,95 | 60 | 477,0 | 17,52 | 24,93 |
| 52 | Wyspa Pucka | Tkacka | 12 | 3 | 5,35 | 100 | 530,81 | 15,18 | 21,48 |
| 53 | Stocznia Szczecińska | Pomorzany Dobrzyńska | 33 | 9 | 16,41 | 139 | 2113,26 | 16,40 | 20,98 |
| 54 | Kijewo | Turkusowa | 13 | 3 | 4,34 | 110 | 513,46 | 13,59 | 26,20 |
| 56 | Dąbie Osiedle | Basen Górniczy | 13 | 4 | 7,41 | 46 | 399,10 | 17,84 | 32,14 |
| 57 | Warszewo | Kołątaja | 19 | 3 | 6,94 | 108 | 749,52 | 14,09 | 20,22 |
| 58 | Goclaw | Plac Rodła | 30 | 8 | 15,04 | 40 | 602,16 | 17,61 | 21,95 |
| 59 | Nehringa | Plac Rodła | 23 | 8 | 9,25 | 90 | 779,83 | 17,23 | 20,70 |
| 60 | Cukrowa | Stocznia Szczecińska | 30 | 9 | 14,84 | 143 | 1942,96 | 15,98 | 21,10 |
| 61 | Podjuchy | Dworzec Główny (Owocowa) | 27 | 10 | 15,97 | 152 | 2415,05 | 20,56 | 26,67 |
| 62 | Ustowo Auchan | Plac Kościuszki | 17 | 1 | 9,02 | 30 | 271,54 | 15,40 | 24,10 |
| 63 | Skolwin | Kołątaja | 36 | 7 | 17,80 | 104 | 1861,57 | 21,11 | 24,56 |
| 64 | Klucz Autostrada | Dąbie Osiedle | 27 | 5 | 14,28 | 116 | 1607,47 | 18,68 | 25,59 |
| 65 | Rondo Ułanów Podolskich | Turkusowa | 19 | 4 | 7,41 | 112 | 826,10 | 14,69 | 22,76 |
| 66 | Podjuchy Dworzec | Osiedle Bukowe | 21 | 5 | 9,29 | 105 | 1057,72 | 14,83 | 21,43 |
| 67 | Karola Miarki | Stocznia Szczecińska | 18 | 5 | 7,82 | 132 | 1032,24 | 13,34 | 18,81 |
| 68 | Świergotki | Plac Rodła | 15 | 6 | 5,99 | 139 | 778,84 | 12,25 | 20,87 |
| 69 | Rugiańska | Kołątaja | 8 | 5 | 2,67 | 126 | 336,42 | 9,41 | 14,60 |
| 70 | Dworzec Główny (Owocowa) | Dworzec Główny (Owocowa) | 16 | 2 | 7,93 | 20 | 130,24 | 11,91 | 14,42 |

| Numer linii | Przystanek krańcowy 1 | Przystanek krańcowy 2 | Uśredniona liczba przystanków (zatrzymań) | Liczba pojazdów przewidziana do realizacji rozkładu jazdy | Średnia d długość linii [m] | Przybliżona liczba kursów w dzień roboczy szkolny | Liczba wżkm w dzień roboczy szkolny | Średnia prędkość eksploatacyjna | Prędkość techniczna |
|-------------|--------------------------|--------------------------|---|---|-----------------------------|---|-------------------------------------|---------------------------------|---------------------|
| 72 | Śmierdnica | Basen Górnicy | 18 | 5 | 14,29 | 52 | 795,07 | 25,86 | 33,88 |
| 73 | Basen Górnicy | Basen Górnicy | 49 | 5 | 32,60 | 36 | 1138,31 | 25,24 | 32,25 |
| 75 | Dworzec Główny | Osiedle Zawadzkiego | 20 | 11 | 9,12 | 272 | 2480,64 | 14,56 | 18,26 |
| 76 | Logistyczna | Brama Portowa | 8 | 2 | 4,34 | 83 | 384,36 | 14,39 | 23,06 |
| 78 | Osiedle Arkońskie | Kołątaja | 7 | 6 | 2,89 | 104 | 300,04 | 9,46 | 18,20 |
| 79 | Jezierzyce | Osiedle Słoneczne | 23 | 6 | 15,17 | 69 | 1000,55 | 22,96 | 29,31 |
| 80 | Ludowa | Zakłady Piekarnicze | 25 | 4 | 10,46 | 96 | 961,37 | 15,43 | 19,30 |
| 82 | Krucza Dom Kombatanta | Kołątaja | 11 | 1 | 5,05 | 30 | 151,50 | 10,78 | 21,04 |
| 84 | Kijewo | Turkusowa | 25 | 6 | 11,30 | 110 | 1165,69 | 16,22 | 23,01 |
| 85 | Smocza/Falskiego | SKM Podjuchy | 7 | 1 | 2,74 | 96 | 263,04 | 14,76 | 20,96 |
| 86 | Plac Rodła | Zakłady Piekarnicze | 14 | 6 | 5,89 | 150 | 856,06 | 11,71 | 16,42 |
| 87 | Podbórz | Dworzec Główny (Owocowa) | 24 | 8 | 9,48 | 141 | 1213,58 | 12,83 | 19,02 |
| 88 | Okulickiego | Maczka | 8 | 2 | 2,84 | 37 | 101,85 | 10,03 | 14,94 |
| 89 | Świergotki | Kołątaja | 10 | 6 | 3,83 | 123 | 470,20 | 13,04 | 20,68 |
| 90 | Dworzec Główny (Owocowa) | Dworzec Główny (Owocowa) | 17 | 2 | 7,72 | 21 | 136,93 | 11,65 | 14,57 |
| 91 | Zakłady Mięsne | Turkusowa | 10 | 3 | 5,25 | 39 | 201,91 | 15,28 | 25,61 |
| 92 | Podbórz | Kołątaja | 16 | 6 | 7,34 | 62 | 454,77 | 16,36 | 23,69 |
| 93 | Basen Górnicy | Basen Górnicy | 46 | 5 | 32,74 | 36 | 1156,56 | 28,52 | 31,99 |
| 94 | Struga | Turkusowa | 7 | 3 | 3,71 | 6 | 21,61 | 11,27 | 27,59 |
| 97 | Dąbie Osiedle | Osiedle Bukowe | 17 | 8 | 8,36 | 54 | 558,32 | 16,92 | 23,76 |
| 98 | Santocka | Kopańskiego | 8 | 2 | 3,84 | 66 | 253,44 | 12,04 | 22,26 |
| 99 | Zajezdnia Gołęcin | Kołątaja | 18 | 5 | 8,24 | 108 | 889,38 | 16,09 | 21,83 |

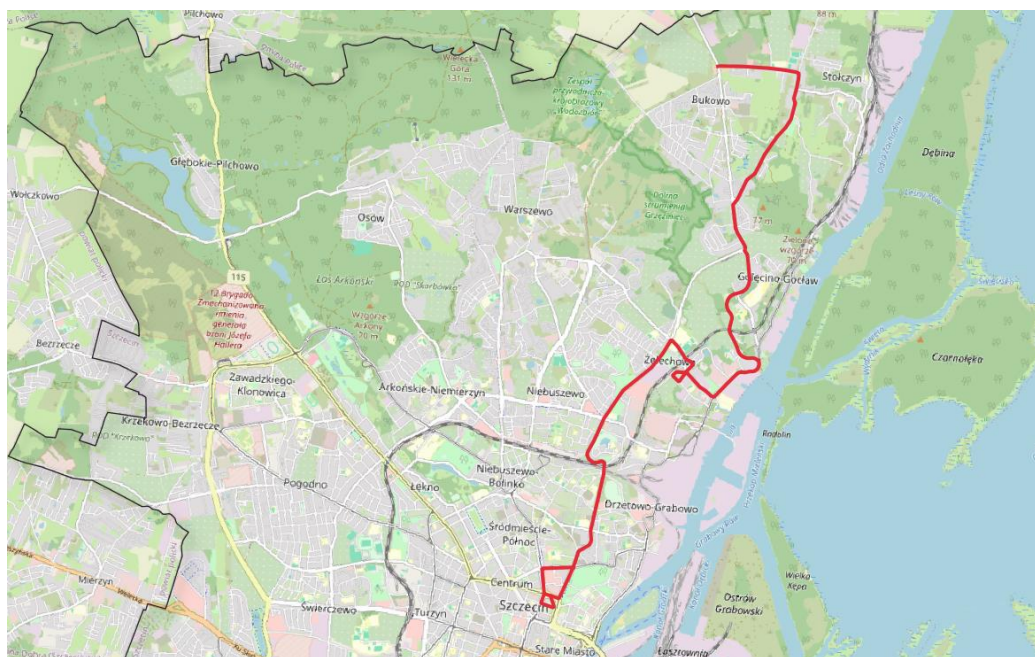
Kolorem zielonym zostały zaznaczone, które obecnie są obsługiwane przez autobusy zeroemisyjne.

Tabela 21. Szczegółowa charakterystyka linii nr 58 – predysponowanej linii do elektryfikacji



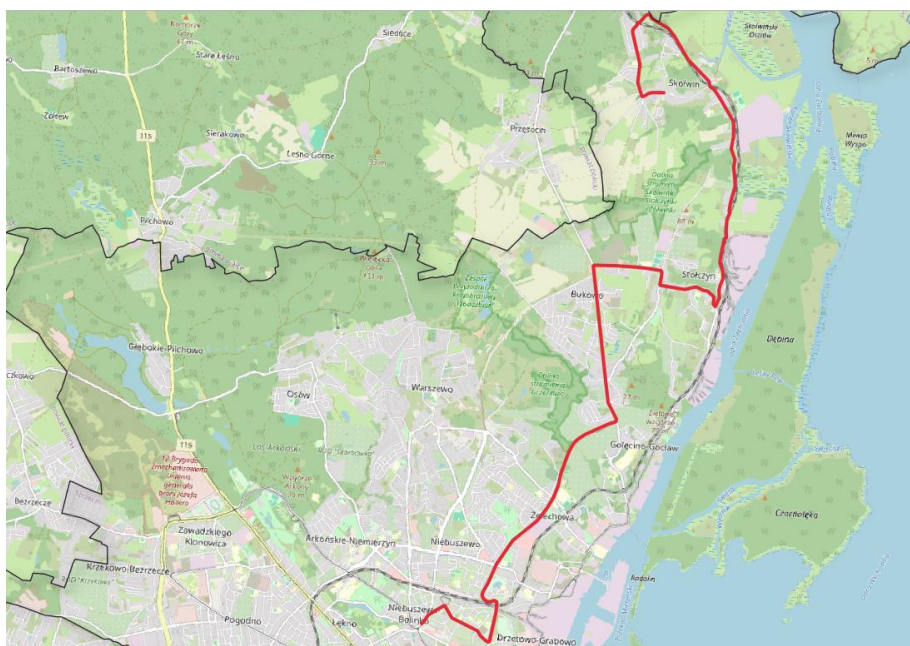
| Czynniki sprzyjające wprowadzeniu autobusów zeroemisyjnych | Linia 58 |
|---|---|
| Typ linii | miejska |
| Dni obsługi | dni powszednie; soboty; niedziele i święta |
| Obsługuje obszary miejskie, charakteryzujące się intensywną zabudową wielorodzinną | Tak, linia nr 58 łączy Stoleczyn i Bukowo zlokalizowane na północy Miasta ze Śródmieściem obsługując tym samym liczne obiekty użyteczności publicznej i generatory ruchu. |
| Charakteryzuje się dużym poziomem dobowego i rocznego wykorzystania taboru | 602,16 km (liczba km w dzień roboczy szkolny w 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 58 przebiega przez obszar o niewielkich różnicach terenu |
| Stanowi część systemu o dużej intensywności połączeń autobusowych umożliwiając również przesiadkę na wiele linii | Linia nr 58 umożliwia bezpośrednią przesiadkę na poniższe linie Autobusowe: 57, 59, 63, 68, 85, 86, 99, 101, 107, 806, A, C. Tramwajowe: 6, 10. |
| Charakteryzuje się niską dynamiką jazdy | Tak, prędkość eksploatacyjna jest mniejsza niż 20 km/h |
| Średnia prędkość eksploatacyjna autobusów | 17,61 km/h |
| Średnia prędkość techniczna autobusów | 21,95 km/h |
| Średnia długość kursu | 15,04 km |
| Uśredniona liczba przystanków (zatrzymań) | 30 |
| 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 22. Szczegółowa charakterystyka linii nr 59 – predysponowanej linii do elektryfikacji



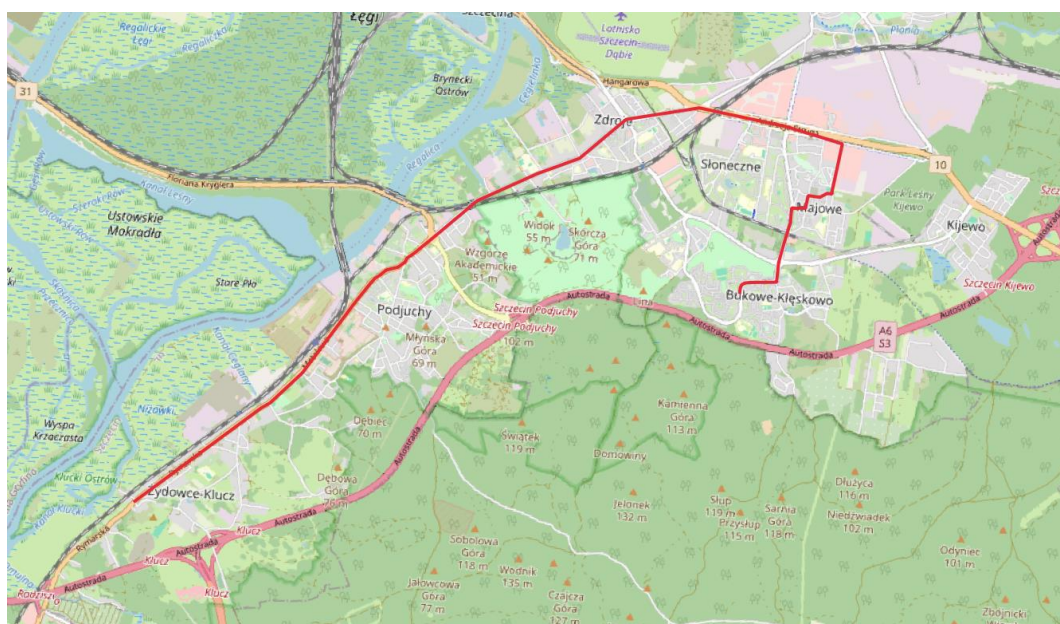
| Czynniki sprzyjające wprowadzeniu autobusów zeroemisyjnych | Linia 59 |
|---|--|
| Typ linii | miejska |
| Dni obsługi | dni powszednie; soboty; niedziele i święta |
| Obsługuje obszary miejskie, charakteryzujące się intensywną zabudową wielorodzinną | Tak, linia nr 59 łączy osiedle Stołczyn i Golęcino-Gocław zlokalizowane na północy Miasta ze Śródmieściem obsługując tym samym liczne obiekty użyteczności publicznej i generatory ruchu |
| Charakteryzuje się dużym poziomem dobowego i rocznego wykorzystania taboru | 779,83 km (liczba km w dzień roboczy szkolny w 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 59 przebiega przez obszar o niewielkich różnicach terenu |
| Stanowi część systemu o dużej intensywności połączeń autobusowych umożliwiając również przesiadkę na wiele linii | Linia nr 59 umożliwia bezpośrednią przesiadkę na poniższe linie Autobusowe: 57, 58, 63, 68, 82, 86, 99, 101, 107, 806, A, C Tramwajowe: 5, 6, 11, 10 |
| Charakteryzuje się niską dynamiką jazdy | Tak, prędkość eksploatacyjna jest mniejsza niż 20 km/h |
| Średnia prędkość eksploatacyjna autobusów | 17,23 km/h |
| Średnia prędkość techniczna autobusów | 20,70 km/h |
| Średnia długość kursu | 9:52 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 23 Szczegółowa charakterystyka linii nr 63 – predysponowanej linii do elektryfikacji



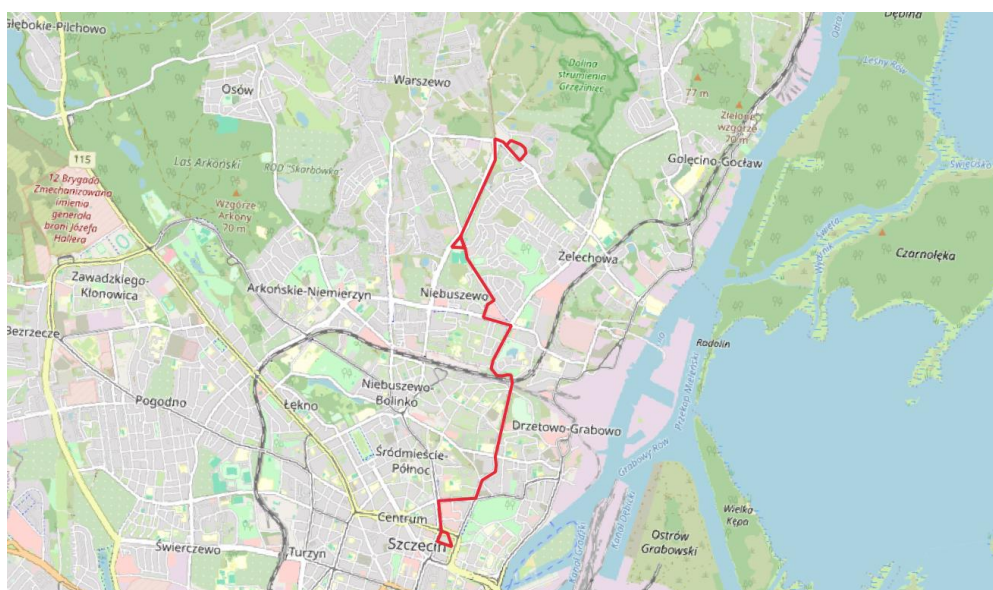
| Czynniki sprzyjające wprowadzeniu autobusów zeroemisyjnych | Linia 63 |
|---|--|
| Typ linii | miejska |
| Dni obsługi | dni powszednie; soboty; niedziele i święta |
| Obsługuje obszary miejskie, charakteryzujące się intensywną zabudową wielorodzinną | Tak, linia nr 63 przebiega z północy do centrum Miasta - od osiedla Skolwin do Śródmieścia obsługując liczne obiekty użyteczności publicznej oraz generatory ruchu |
| Charakteryzuje się dużym poziomem dobowego i rocznego wykorzystania taboru | 1 861,57 km (liczba km w dzień roboczy szkolny w 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 63 przebiega przez obszar o niewielkich różnicach terenu |
| Stanowi część systemu o dużej intensywności połączeń autobusowych umożliwiając również przesiadkę na wiele linii | Linia nr 63 umożliwia bezpośrednią przesiadkę na poniższe linie Autobusowe: 51, 57, 58, 59, 63, 68, 69, 78, 82, 87, 89, 92, 99, 101, 102, B Tramwajowe: 2, 3, 10, 11 |
| Charakteryzuje się niską dynamiką jazdy | Charakteryzuje się średnią dynamiką jazdy. |
| Średnia prędkość eksploatacyjna autobusów | 21,11 km/h |
| Średnia prędkość techniczna autobusów | 24,56 km/h |
| Średnia długość kursu | 17,80 km |
| Uśredniona liczba przystanków (zatrzymań) | 38 |
| 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 66 – predysponowanej linii do elektryfikacji



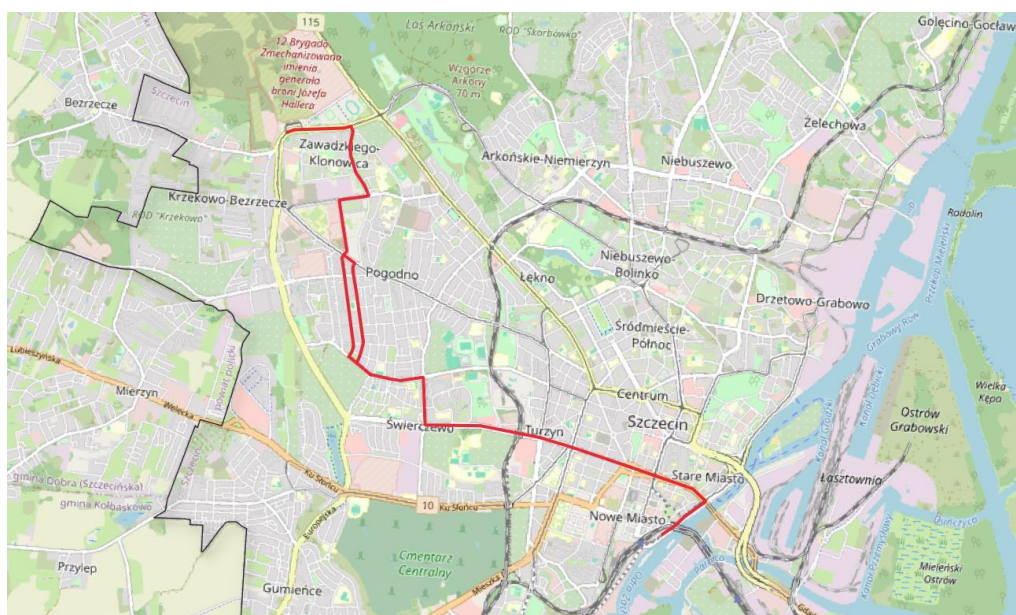
| Czynniki sprzyjające wprowadzeniu autobusów zeroemisyjnych | Linia 66 |
|--|---|
| Typ linii | miejska |
| Dni obsługi | dni powszednie; soboty; niedziele i święta |
| Obsługuje obszary miejskie, charakteryzujące się intensywną zabudową wielorodzinną | Tak, linia nr 66 przebiega przez osiedla takie jak Bukowe-Klęskowo, Majowe, Zdroje, Podjuchy obsługując przy tym liczne obiekty użyteczności publicznej oraz generatory ruchu |
| Charakteryzuje się dużym poziomem dobowego i rocznego wykorzystania taboru | 1 057,72 km (liczba km w dzień roboczy szkolny w 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 66 przebiega przez obszar o niewielkich różnicach terenu |
| Stanowi część systemu o dużej intensywności połączeń autobusowych umożliwiając również przesiadkę na wiele linii | Linia nr 66 umożliwia bezpośrednią przesiadkę na poniższe linie Autobusowe: 54, 61, 64, 65, 77, 79, 84, 85, 94, 97, 531, 532, 534, B |
| Charakteryzuje się niską dynamiką jazdy | Tak, prędkość eksploatacyjna jest mniejsza niż 20 km/h. |
| Średnia prędkość eksploatacyjna autobusów Średnia prędkość techniczna autobusów | 14,83 km/h 21,43 km/h |
| Średnia długość kursu | 09,29 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 | Nie |

Tabela 25. Szczegółowa charakterystyka linii nr 68 – predysponowanej linii do elektryfikacji



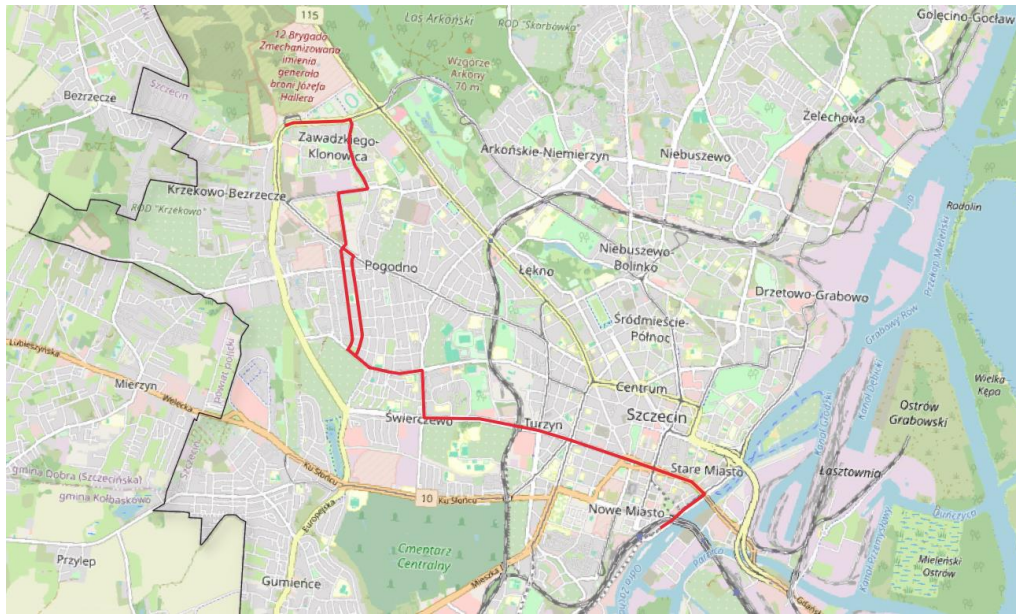
| Czynniki sprzyjające wprowadzeniu autobusów zeroemisyjnych | Linia 68 |
|---|--|
| Typ linii | miejska |
| Dni obsługi | dni powszednie; soboty; niedziele i święta |
| Obsługuje obszary miejskie, charakteryzujące się intensywną zabudową wielorodzinną | Tak, linia nr 68 przebiega z północy do centrum Miasta – przez osiedle Niebuszewo obsługując liczne obiekty użyteczności publicznej oraz generatory ruchu |
| Charakteryzuje się dużym poziomem dobowego i rocznego wykorzystania taboru | 778,84 km (liczba km w dzień roboczy szkolny w 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 68 przebiega przez obszar o niewielkich różnicach terenu |
| Stanowi część systemu o dużej intensywności połączeń autobusowych umożliwiając również przesiadkę na wiele linii | Linia nr 68 umożliwia bezpośrednią przesiadkę na poniższe linie Autobusowe: 58, 59, 68, 70, 86, 89, 90, 99, 101, 107, 522, 523, 524, 525, 529, 530, 532, 806, A, B, C Tramwajowe: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11 |
| Charakteryzuje się niską dynamiką jazdy | Tak, prędkość eksploatacyjna jest mniejsza niż 20 km/h. |
| Średnia prędkość eksploatacyjna autobusów | 12,25 km/h |
| Średnia prędkość techniczna autobusów | 20,87 km/h |
| Średnia długość kursu | 5,99 km |
| Uśredniona liczba przystanków (zatrzymań) | 15 |
| 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 75 – predysponowanej linii do elektryfikacji



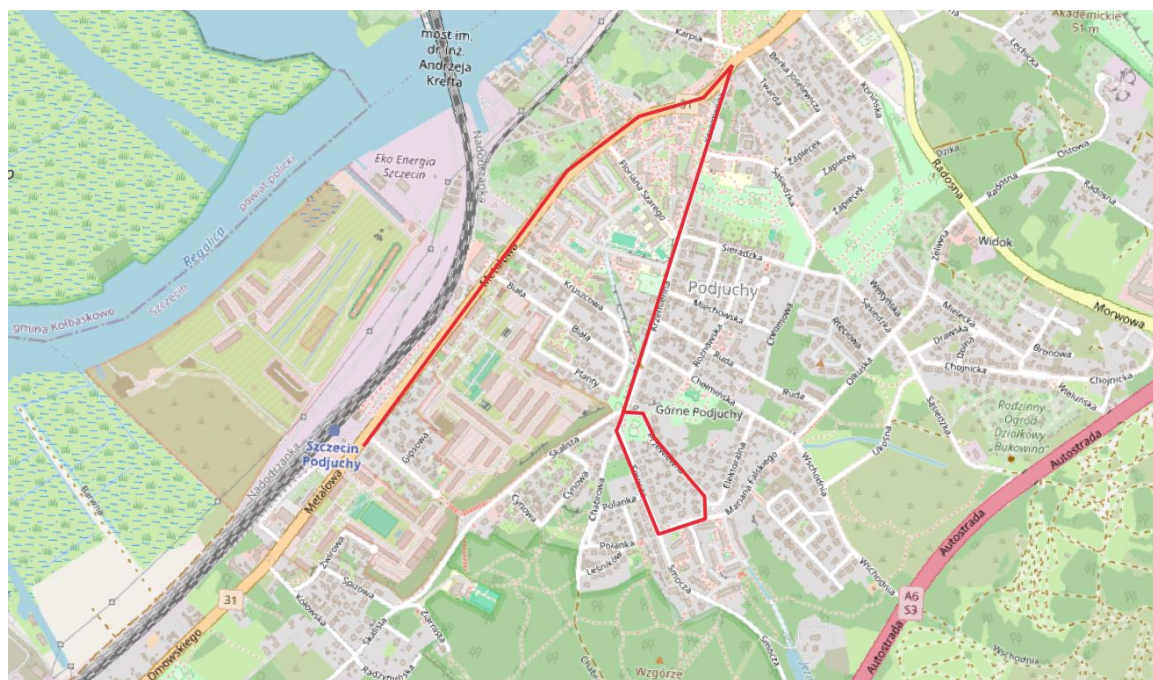
| Czynniki sprzyjające wprowadzeniu autobusów zeroemisyjnych | Linia 75 |
|---|---|
| Typ linii | miejska |
| Dni obsługi | dni powszednie; soboty; niedziele i święta |
| Obsługuje obszary miejskie, charakteryzujące się intensywną zabudową wielorodzinną | Tak, linia nr 75 przebiega z zachodu do centrum Miasta - od osiedla Zawadzkiego-Klonowica do Dworca Głównego, obsługując tym samym Śródmieście i liczne obiekty użyteczności publicznej oraz generatory ruchu |
| Charakteryzuje się dużym poziomem dobowego i rocznego wykorzystania taboru | 2 480,64 km (liczba km w dzień roboczy szkolny w 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 75 przebiega przez obszar o niewielkich różnicach terenu |
| Stanowi część systemu o dużej intensywności połączeń autobusowych umożliwiając również przesiadkę na wiele linii | Linia nr 75 umożliwia bezpośrednią przesiadkę na poniższe linie Autobusowe: 52, 53, 61, 67, 75, 76, 86, 87, 98, A, B, C Tramwajowe: 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9 |
| Charakteryzuje się niską dynamiką jazdy | Tak, prędkość eksploatacyjna jest mniejsza niż 20 km/h. |
| Średnia prędkość eksploatacyjna autobusów | 14,56 km/h |
| Średnia prędkość techniczna autobusów | 18,26 km/h |
| Średnia długość kursu | 9,12 km |
| Uśredniona liczba przystanków (zatrzymań) | 20 |
| 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 75 – predysponowanej linii do elektryfikacji



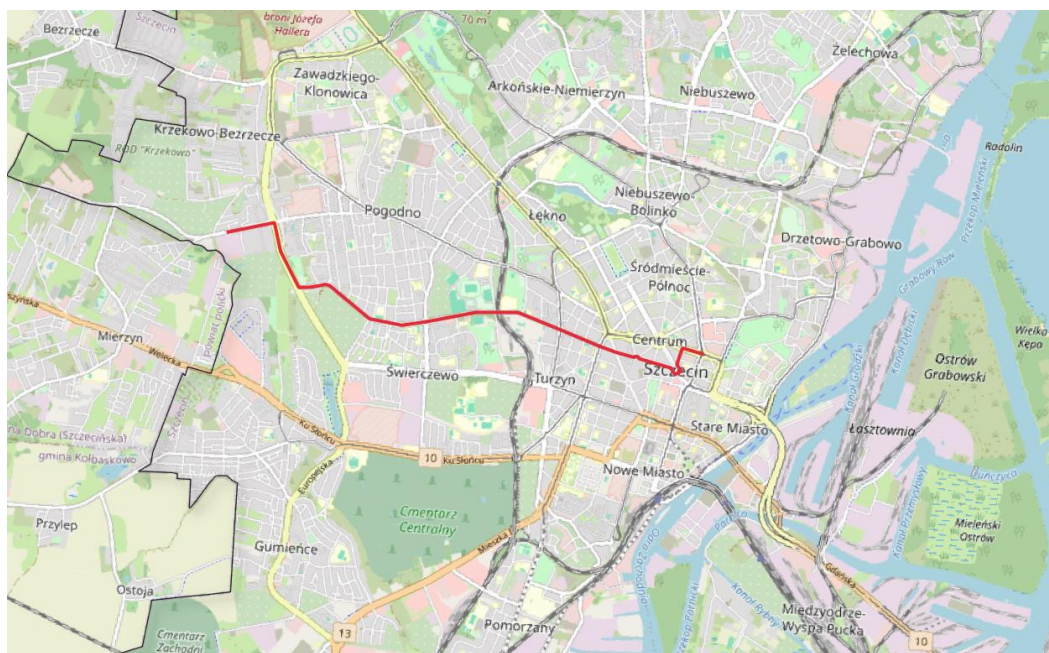
| Czynniki sprzyjające wprowadzeniu autobusów zeroemisyjnych | Linia 75 |
|---|---|
| Typ linii | miejska |
| Dni obsługi | dni powszednie; soboty; niedziele i święta |
| Obsługuje obszary miejskie, charakteryzujące się intensywną zabudową wielorodzinną | Tak, linia nr 75 przebiega z zachodu do centrum Miasta - od osiedla Zawadzkiego-Klonowica do Dworca Głównego, obsługując tym samym Śródmieście i liczne obiekty użyteczności publicznej oraz generatory ruchu |
| Charakteryzuje się dużym poziomem dobowego i rocznego wykorzystania taboru | 2 480,64 km (liczba km w dzień roboczy szkolny w 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 75 przebiega przez obszar o niewielkich różnicach terenu |
| Stanowi część systemu o dużej intensywności połączeń autobusowych umożliwiając również przesiadkę na wiele linii | Linia nr 75 umożliwia bezpośrednią przesiadkę na poniższe linie Autobusowe: 52, 53, 61, 67, 75, 76, 86, 87, 98, A, B, C Tramwajowe: 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9 |
| Charakteryzuje się niską dynamiką jazdy | Tak, prędkość eksploatacyjna jest mniejsza niż 20 km/h. |
| Średnia prędkość eksploatacyjna autobusów | 14,56 km/h |
| Średnia prędkość techniczna autobusów | 18,26 km/h |
| Średnia długość kursu | 9,12 km |
| Uśredniona liczba przystanków (zatrzymań) | 20 |
| 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 28. Szczegółowa charakterystyka linii nr 85 – predysponowanej linii do elektryfikacji



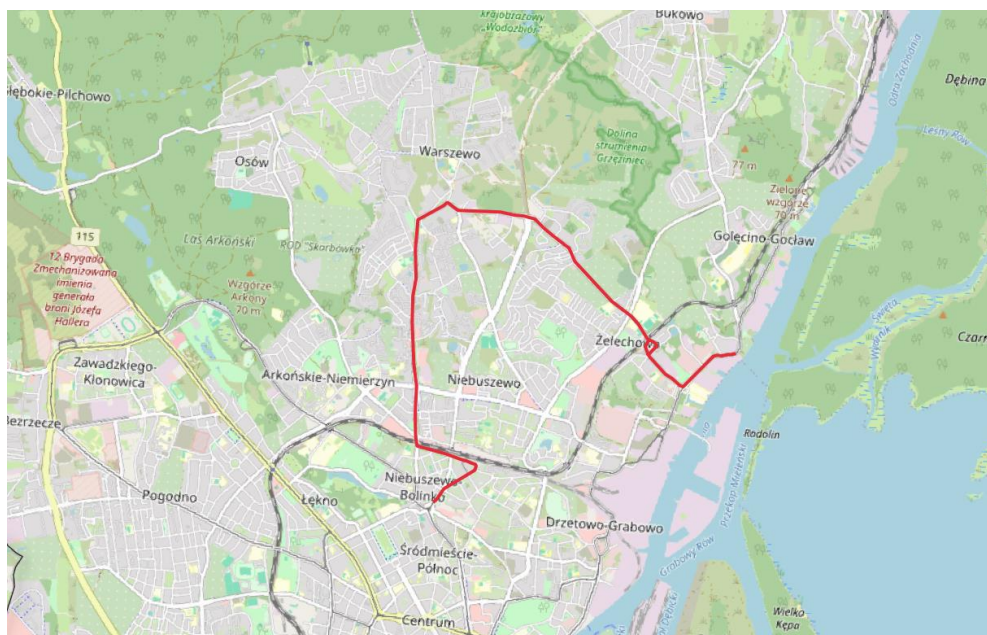
| Czynniki sprzyjające wprowadzeniu autobusów zeroemisyjnych | Linia 85 |
|--|---|
| Typ linii | miejska |
| Dni obsługi | dni powszednie; soboty; niedziele i święta |
| Obsługuje obszary miejskie, charakteryzujące się intensywną zabudową wielorodzinną | Tak, linia nr 85 obsługuje osiedle Podjuchy znajdujące się w prawobrzeżnej części miasta, obsługując tym samym liczne obiekty użyteczności publicznej oraz generatory ruchu |
| Charakteryzuje się dużym poziomem dobowego i rocznego wykorzystania taboru | 2 480,64 km (liczba km w dzień roboczy szkolny w 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 85 przebiega przez obszar o niewielkich różnicach terenu |
| Stanowi część systemu o dużej intensywności połączeń autobusowych umożliwiając również przesiadkę na wiele linii | Linia nr 85 umożliwia bezpośrednią przesiadkę na poniższe linie Autobusowe: 61, 64, 66, 85, 533, 904 |
| Charakteryzuje się niską dynamiką jazdy | Tak, prędkość eksploatacyjna jest mniejsza niż 20 km/h. |
| Średnia prędkość eksploatacyjna autobusów Średnia prędkość techniczna autobusów | 14,76 km/h 20,96 km/h |
| Średnia długość kursu | 2,74 km |
| Uśredniona liczba przystanków (zatrzymań) | 7 |
| Przebieg trasy obejmuje obecne lub planowane strefy ograniczonego ruchu/ strefy ekologiczne/ strefy czystego powietrza lub przebiega przez historyczny obszar Miasta | Nie |

Tabela 29. Szczegółowa charakterystyka linii nr 86 – predysponowanej linii do elektryfikacji



| Czynniki sprzyjające wprowadzeniu autobusów zeroemisyjnych | Linia 86 |
|---|--|
| Typ linii | miejska |
| Dni obsługi | dni powszednie; soboty; niedziele i święta |
| Obsługuje obszary miejskie, charakteryzujące się intensywną zabudową wielorodzinną | Tak, linia nr 86 przebiega z zachodniej części Miasta do centrum Miasta, obsługując tym samym Śródmieście i liczne obiekty użyteczności publicznej oraz generatory ruchu |
| Charakteryzuje się dużym poziomem dobowego i rocznego wykorzystania taboru | 856,06 km (liczba km w dzień roboczy szkolny w 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 86 przebiega przez obszar o niewielkich różnicach terenu |
| Stanowi część systemu o dużej intensywności połączeń autobusowych umożliwiając również przesiadkę na wiele linii | Linia nr 86 umożliwia bezpośrednią przesiadkę na poniższe linie Autobusowe :58, 59, 60, 68, 75, 80, 101, 107, 806, C Tramwajowe: 5, 10 |
| Charakteryzuje się niską dynamiką jazdy | Tak, prędkość eksploatacyjna jest mniejsza niż 20 km/h. |
| Średnia prędkość eksploatacyjna autobusów | 11,71 km/h |
| Średnia prędkość techniczna autobusów | 16,42 km/h |
| Średnia długość kursu | 5,89 km |
| Uśredniona liczba przystanków (zatrzymań) | 14 |
| 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 30. Szczegółowa charakterystyka linii nr 99 – predysponowanej linii do elektryfikacji



| Czynniki sprzyjające wprowadzeniu autobusów zeroemisyjnych | Linia 99 |
|---|--|
| Typ linii | miejska |
| Dni obsługi | dni powszednie; soboty; niedziele i święta |
| Obsługuje obszary miejskie, charakteryzujące się intensywną zabudową wielorodzinną | Tak, linia nr 99 łączy takie osiedla jak Żelachowa i Warszewo ze Śródmieściem, obsługując tym samym liczne obiekty użyteczności publicznej oraz generatory ruchu |
| Charakteryzuje się dużym poziomem dobowego i rocznego wykorzystania taboru | 889,38 km (liczba km w dzień roboczy szkolny w 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 | Tak, prędkość eksploatacyjna jest mniejsza niż 20 km/h. |
| Stanowi część systemu o dużej intensywności połączeń autobusowych umożliwiając również przesiadkę na wiele linii | Linia nr 99 umożliwia bezpośrednią przesiadkę na poniższe linie Autobusowe: 51, 57, 58, 59, 63, 68, 69, 78, 82, 87, 89, 92, B Tramwajowe: 5, 6, 10, 11 |
| Charakteryzuje się niską dynamiką jazdy | Tak, prędkość eksploatacyjna jest mniejsza niż 20 km/h. |
| Średnia prędkość eksploatacyjna autobusów | 16,09 km/h |
| Średnia prędkość techniczna autobusów | 21,83 km/h |
| Średnia długość kursu | 8,24 km |
| Uśredniona liczba przystanków (zatrzymań) | 20 |
| 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. |

6.2. 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 Szczecin, Gminy Police, Gminy Dobra, Gminy Kołbaskowo i Gminy Goleniów. 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 Szczecin, 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.

Dodatkowo należy pamiętać, iż 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.

7. 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 Szczecin.

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 wkm oraz rodzaj taboru, tj.:

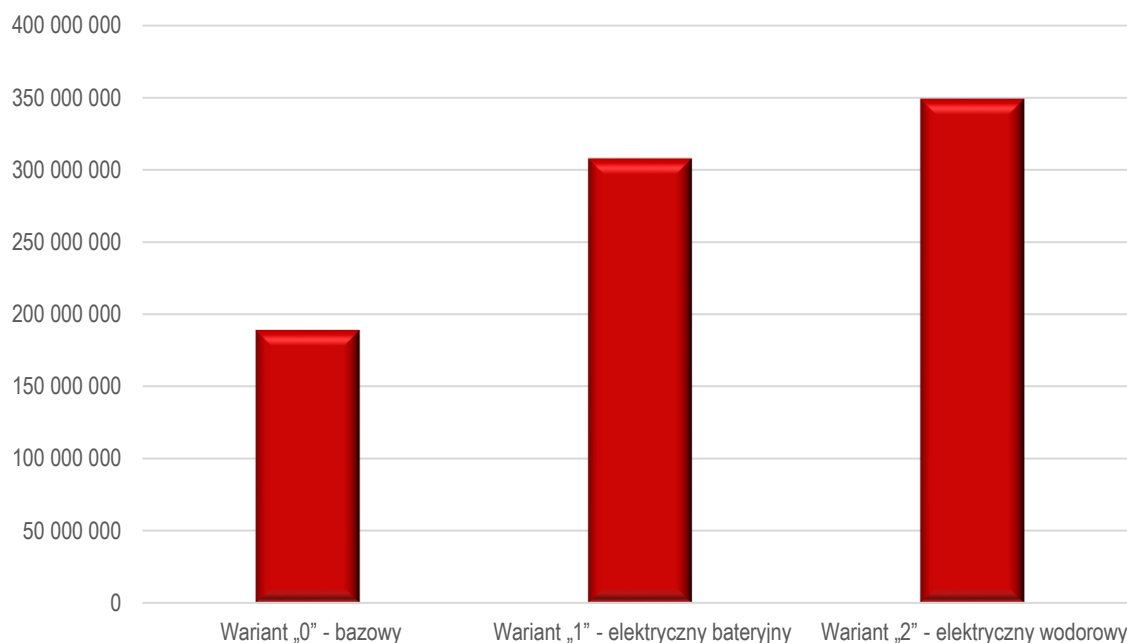
Tabela 31 Założenia ekonomiczno-finansowe analizy [w zł netto]

| Wyszczególnienie | Wartość | | |
|--|--------------|---------------|-----------|
| | ON | BEV | FCEV |
| Ceny zakupu autobusów | | | |
| MIDI | 1 400 000 | 2 100 000 | 2 600 000 |
| MAXI | 1 600 000 | 2 550 000 | 3 200 000 |
| MEGA | 2 300 000 | 3 450 000 | 3 800 000 |
| Średnioroczne koszty eksploatacji taboru [zł/autobus] | | | |
| Naprawy, konserwacje, przeglądy | | | |
| MIDI | | | |
| MAXI | 3 178 | 300 | 300 |
| MEGA | 3 428 | 300 | 300 |
| Ubezpieczenie OC/AC | | | |
| MIDI | | | |
| MAXI | 3 428 | 12 899 | 14 189 |
| MEGA | 3 428 | 15 476 | 17 023 |
| Średnioroczne zużycie paliwa/energii elektrycznej | | | |
| średnie zużycia paliwa (ON) [l/100 km] | 44,50 | | |
| MIDI | 33,00 | | |
| MAXI | 38,08 | | |
| MEGA | 50,96 | | |
| średnie zużycia energii elektrycznej [kWh/100 km] | | 180,15 | |
| MIDI | | 125,00 | |
| MAXI | | 156,00 | |
| MEGA | | 205,00 | |

| | | | |
|--|-------------|-------------|-------------|
| średnie zużycia wodoru [kg/100 km] | 8,49 | | |
| MIDI | 6,87 | | |
| MAXI | 7,91 | | |
| MEGA | 9,22 | | |
| średni koszt zużycia paliwa/energii [w zł/wzkm] | 2,27 | 1,71 | 4,79 |
| MIDI | 1,68 | 1,19 | 3,88 |
| MAXI | 1,94 | 1,48 | 4,47 |
| MEGA | 2,60 | 1,95 | 5,21 |
| Infrastruktura towarzysząca | | | |
| Ładowarka plug-in | 175 866 | | |
| 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] | 5,10 | | |
| Energia elektryczna [zł/kWh] | 0,95 | | |
| Wodór [zł/kg] | 56,47 | | |

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 8 Łączna wartość nakładów inwestycyjnych dla poszczególnych wariantów [w zł netto]

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 32. Wartość nakładów inwestycyjnych dla Wariantu "0" bazowego w latach 2024-2028 [w zł netto]

| Wyszczególnienie | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 |
|---|--------------------|-----------|-----------|-------------------|-----------|
| Wydatki inwestycyjne (razem) | 112 200 000 | 0 | 0 | 76 700 000 | 0 |
| Inwestycja w środki transportu | 112 200 000 | 0 | 0 | 76 700 000 | 0 |
| MAXI | 43 200 000 | 0 | 0 | 19 200 000 | 0 |
| <i>Liczba autobusów</i> | 27 | 0 | 0 | 12 | 0 |
| <i>Cena jednostkowa</i> | 1 600 000 | 1 600 000 | 1 600 000 | 1 600 000 | 1 600 000 |
| MEGA | 69 000 000 | 0 | 0 | 57 500 000 | 0 |
| <i>Liczba autobusów</i> | 30 | 0 | 0 | 25 | 0 |
| <i>Cena jednostkowa</i> | 2 300 000 | 2 300 000 | 2 300 000 | 2 300 000 | 2 300 000 |
| Inwestycja w infrastrukturę towarzyszącą | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 33. Wartość nakładów inwestycyjnych dla Wariantu "1" elektrycznego baterijnego w latach 2024-2028 [w zł netto]

| Wyszczególnienie | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 |
|---|--------------------|-----------|-----------|--------------------|-----------|
| Wydatki inwestycyjne (razem) | 181 515 252 | 0 | 0 | 126 113 307 | 0 |
| Inwestycja w środki transportu | 172 350 000 | 0 | 0 | 116 850 000 | 0 |
| MIDI | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Liczba autobusów</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Cena jednostkowa</i> | 2 100 000 | 2 100 000 | 2 100 000 | 2 100 000 | 2 100 000 |
| MAXI | 68 850 000 | 0 | 0 | 30 600 000 | 0 |
| <i>Liczba autobusów</i> | 27 | 0 | 0 | 12 | 0 |
| <i>Cena jednostkowa</i> | 2 550 000 | 2 550 000 | 2 550 000 | 2 550 000 | 2 550 000 |
| MEGA | 103 500 000 | 0 | 0 | 86 250 000 | 0 |
| <i>Liczba autobusów</i> | 30 | 0 | 0 | 25 | 0 |
| <i>Cena jednostkowa</i> | 3 450 000 | 3 450 000 | 3 450 000 | 3 450 000 | 3 450 000 |
| Inwestycja w infrastrukturę towarzyszącą | 9 165 252 | 0 | 0 | 9 263 307 | 0 |
| ładowarka plug-in | 5 100 100 | 0 | 0 | 3 165 579 | 0 |
| <i>Liczba stanowisk</i> | 29 | 0 | 0 | 18 | 0 |
| <i>Cena jednostkowa</i> | 175 866 | 175 866 | 175 866 | 175 866 | 175 866 |
| ładowarka pantografowa | 1 065 152 | 0 | 0 | 1 597 728 | 0 |
| <i>Liczba stanowisk</i> | 2 | 0 | 0 | 3 | 0 |
| <i>Cena jednostkowa</i> | 532 576 | 532 576 | 532 576 | 532 576 | 532 576 |
| Infrastruktura / modernizacja | 3 000 000 | 0 | 0 | 4 500 000 | 0 |

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 34. Wartość nakładów inwestycyjnych dla Wariantu "2" elektrycznego wodorowego w latach 2024-2028 [w zł netto]

| Wyszczególnienie | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 |
|---|--------------------|------------|------------|--------------------|------------|
| Wydatki inwestycyjne (razem) | 215 400 000 | 0 | 0 | 133 400 000 | 0 |
| Inwestycja w środki transportu | 200 400 000 | 0 | 0 | 133 400 000 | 0 |
| MAXI | 86 400 000 | 0 | 0 | 38 400 000 | 0 |
| <i>Liczba autobusów</i> | 27 | 0 | 0 | 12 | 0 |
| <i>Cena jednostkowa</i> | 3 200 000 | 3 200 000 | 3 200 000 | 3 200 000 | 3 200 000 |
| MEGA | 114 000 000 | 0 | 0 | 95 000 000 | 0 |
| <i>Liczba autobusów</i> | 30 | 0 | 0 | 25 | 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 różnicowane wydatki dotyczące bieżącego odmienny rodzaj napędu taboru niesie za sobą 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: 160.364.649 zł.**
- **Wariant „1” – elektryczny baterijny: 152.020.958 zł.**
- **Wariant „2” – elektryczny wodorowy: 342.420.538 zł.**

a ich szczegółowa struktura przedstawia się następująco, tj.:

Tabela 35. Wartość wydatków eksploatacyjnych Wariantów w latach 2024-2028 [w zł netto]

| Wyszczególnienie | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 |
|--|----------|------------------|------------------|------------------|-------------------|
| Wariant „0” - bazowy | 0 | 7 549 041 | 7 549 041 | 7 549 041 | 12 519 775 |
| Paliwo [ON] | 0 | 7 165 039 | 7 165 039 | 7 165 039 | 11 885 132 |
| Liczba wzkm | 0 | 3 175 461 | 3 175 461 | 3 175 461 | 5 177 641 |
| Koszt paliwa na wzkm | | | | | |
| MIDI | 1,68 | 1,68 | 1,68 | 1,68 | 1,68 |
| MAXI | 1,94 | 1,94 | 1,94 | 1,94 | 1,94 |
| MEGA | 2,60 | 2,60 | 2,60 | 2,60 | 2,60 |
| Średnioroczne koszty eksploatacji taboru ON [zł] | 0 | 384 001 | 384 001 | 384 001 | 634 643 |
| Liczba autobusów | 0 | 57 | 57 | 57 | 94 |
| Średnioroczne jedn. koszty eksploatacji taboru [zł/autobus] | | | | | |
| MIDI | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| MAXI | 6 606 | 6 606 | 6 606 | 6 606 | 6 606 |
| MEGA | 6 855 | 6 855 | 6 855 | 6 855 | 6 855 |

Źródło: opracowanie własne.

| Wyszczególnienie | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 |
|--|----------|------------------|------------------|------------------|-------------------|
| Wariant „1” - elektryczny bateryjny | 0 | 6 242 935 | 6 242 935 | 6 242 935 | 10 352 327 |
| Energia elektryczna [BEV] | 0 | 5 413 297 | 5 413 297 | 5 413 297 | 8 969 914 |
| Liczba wzkm | 0 | 3 175 461 | 3 175 461 | 3 175 461 | 5 177 641 |
| Koszt energii elektrycznej na wzkm | | | | | |
| MIDI | 1,19 | 1,19 | 1,19 | 1,19 | 1,19 |
| MAXI | 1,48 | 1,48 | 1,48 | 1,48 | 1,48 |
| MEGA | 1,95 | 1,95 | 1,95 | 1,95 | 1,95 |
| Średnioroczne koszty eksploatacji taboru BEV [zł] | 0 | 829 638 | 829 638 | 829 638 | 1 382 414 |
| Liczba autobusów | 0 | 57 | 57 | 57 | 94 |
| Średnioroczne jedn. koszty eksploatacji taboru [zł/autobus] | | | | | |
| MIDI | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| MAXI | 13 199 | 13 199 | 13 199 | 13 199 | 13 199 |
| MEGA | 15 776 | 15 776 | 15 776 | 15 776 | 15 776 |
| Wymiana baterii wraz z utylizacją | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 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 | 0 | 16 218 929 | 16 218 929 | 16 218 929 | 26 705 795 |
| Wodór [FCEV] | 0 | 15 308 038 | 15 308 038 | 15 308 038 | 25 187 961 |
| Liczba wzkm | 0 | 3 175 461 | 3 175 461 | 3 175 461 | 5 177 641 |
| 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 | 910 892 | 910 892 | 910 892 | 1 517 835 |
| Liczba autobusów | 0 | 57 | 57 | 57 | 94 |
| Średnioroczne jedn. koszty eksploatacji taboru [zł/autobus] | | | | | |
| MIDI | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| MAXI | 14 489 | 14 489 | 14 489 | 14 489 | 14 489 |
| MEGA | 17 323 | 17 323 | 17 323 | 17 323 | 17 323 |

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 36. Wartość wydatków eksploatacyjnych Wariantów w latach 2029-2033 [w zł netto]

| Wyszczególnienie | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Wariant „0” - bazowy | 12 519 775 | 12 519 775 | 12 519 775 | 12 519 775 | 12 519 775 |
| Paliwo [ON] | 11 885 132 | 11 885 132 | 11 885 132 | 11 885 132 | 11 885 132 |
| Liczba wzkm | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 |
| Koszt paliwa na wzkm | | | | | |
| MIDI | 1,68 | 1,68 | 1,68 | 1,68 | 1,68 |
| MAXI | 1,94 | 1,94 | 1,94 | 1,94 | 1,94 |
| MEGA | 2,60 | 2,60 | 2,60 | 2,60 | 2,60 |
| Średnioroczne koszty eksploatacji taboru ON [zł] | 634 643 | 634 643 | 634 643 | 634 643 | 634 643 |
| Liczba autobusów | 94 | 94 | 94 | 94 | 94 |
| Średnioroczne jedn. koszty eksploatacji taboru [zł/autobus] | | | | | |
| MIDI | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| MAXI | 6 606 | 6 606 | 6 606 | 6 606 | 6 606 |
| MEGA | 6 855 | 6 855 | 6 855 | 6 855 | 6 855 |

Źródło: opracowanie własne.

| Wyszczególnienie | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Wariant „1” - elektryczny bateryjny | 10 352 327 | 10 352 327 | 10 352 327 | 22 053 977 | 10 352 327 |
| Energia elektryczna [BEV] | 8 969 914 | 8 969 914 | 8 969 914 | 8 969 914 | 8 969 914 |
| Liczba wzkm | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 |
| Koszt energii elektrycznej na wzkm | | | | | |
| MIDI | 1,19 | 1,19 | 1,19 | 1,19 | 1,19 |
| MAXI | 1,48 | 1,48 | 1,48 | 1,48 | 1,48 |
| MEGA | 1,95 | 1,95 | 1,95 | 1,95 | 1,95 |
| Średnioroczne koszty eksploatacji taboru BEV [zł] | 1 382 414 | 1 382 414 | 1 382 414 | 1 382 414 | 1 382 414 |
| Liczba autobusów | 94 | 94 | 94 | 94 | 94 |
| Średnioroczne jedn. koszty eksploatacji taboru [zł/autobus] | | | | | |
| MIDI | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| MAXI | 13 199 | 13 199 | 13 199 | 13 199 | 13 199 |
| MEGA | 15 776 | 15 776 | 15 776 | 15 776 | 15 776 |
| Wymiana baterii wraz z utylizacją | 0 | 0 | 0 | 11 701 650 | 0 |
| Liczba | 0 | 0 | 0 | 57 | 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 | 26 705 795 | 26 705 795 | 26 705 795 | 26 705 795 | 26 705 795 |
| Wodór [FCEV] | 25 187 961 | 25 187 961 | 25 187 961 | 25 187 961 | 25 187 961 |
| Liczba wzkm | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 |
| 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] | 1 517 835 | 1 517 835 | 1 517 835 | 1 517 835 | 1 517 835 |
| Liczba autobusów | 94 | 94 | 94 | 94 | 94 |
| Średnioroczne jedn. koszty eksploatacji taboru [zł/autobus] | | | | | |
| MIDI | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| MAXI | 14 489 | 14 489 | 14 489 | 14 489 | 14 489 |
| MEGA | 17 323 | 17 323 | 17 323 | 17 323 | 17 323 |

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 37. Wartość wydatków eksploatacyjnych Wariantów w latach 2034-2038 [w zł netto]

| Wyszczególnienie | 2034 | 2035 | 2036 | 2037 | 2038 |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Wariant „0” - bazowy | 12 519 775 | 12 519 775 | 12 519 775 | 12 519 775 | 12 519 775 |
| Paliwo [ON] | 11 885 132 | 11 885 132 | 11 885 132 | 11 885 132 | 11 885 132 |
| Liczba wzkm | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 |
| Koszt paliwa na wzkm | | | | | |
| MIDI | 1,68 | 1,68 | 1,68 | 1,68 | 1,68 |
| MAXI | 1,94 | 1,94 | 1,94 | 1,94 | 1,94 |
| MEGA | 2,60 | 2,60 | 2,60 | 2,60 | 2,60 |
| Średnioroczne koszty eksploatacji taboru ON [zł] | 634 643 | 634 643 | 634 643 | 634 643 | 634 643 |
| Liczba autobusów | 94 | 94 | 94 | 94 | 94 |
| Średnioroczne jedn. koszty eksploatacji taboru [zł/autobus] | | | | | |
| MIDI | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| MAXI | 6 606 | 6 606 | 6 606 | 6 606 | 6 606 |
| MEGA | 6 855 | 6 855 | 6 855 | 6 855 | 6 855 |

Źródło: opracowanie własne.

| Wyszczególnienie | 2034 | 2035 | 2036 | 2037 | 2038 |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Wariant „1” - elektryczny bateryjny | 10 352 327 | 18 067 227 | 10 352 327 | 10 352 327 | 10 352 327 |
| Energia elektryczna [BEV] | 8 969 914 | 8 969 914 | 8 969 914 | 8 969 914 | 8 969 914 |
| Liczba wzkm | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 |
| Koszt energii elektrycznej na wzkm | | | | | |
| MIDI | 1,19 | 1,19 | 1,19 | 1,19 | 1,19 |
| MAXI | 1,48 | 1,48 | 1,48 | 1,48 | 1,48 |
| MEGA | 1,95 | 1,95 | 1,95 | 1,95 | 1,95 |
| Średnioroczne koszty eksploatacji taboru BEV [zł] | 1 382 414 | 1 382 414 | 1 382 414 | 1 382 414 | 1 382 414 |
| Liczba autobusów | 94 | 94 | 94 | 94 | 94 |
| Średnioroczne jedn. koszty eksploatacji taboru [zł/autobus] | | | | | |
| MIDI | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| MAXI | 13 199 | 13 199 | 13 199 | 13 199 | 13 199 |
| MEGA | 15 776 | 15 776 | 15 776 | 15 776 | 15 776 |
| Wymiana baterii wraz z utylizacją | 0 | 7 714 900 | 0 | 0 | 0 |
| Liczba | 0 | 37 | 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 |

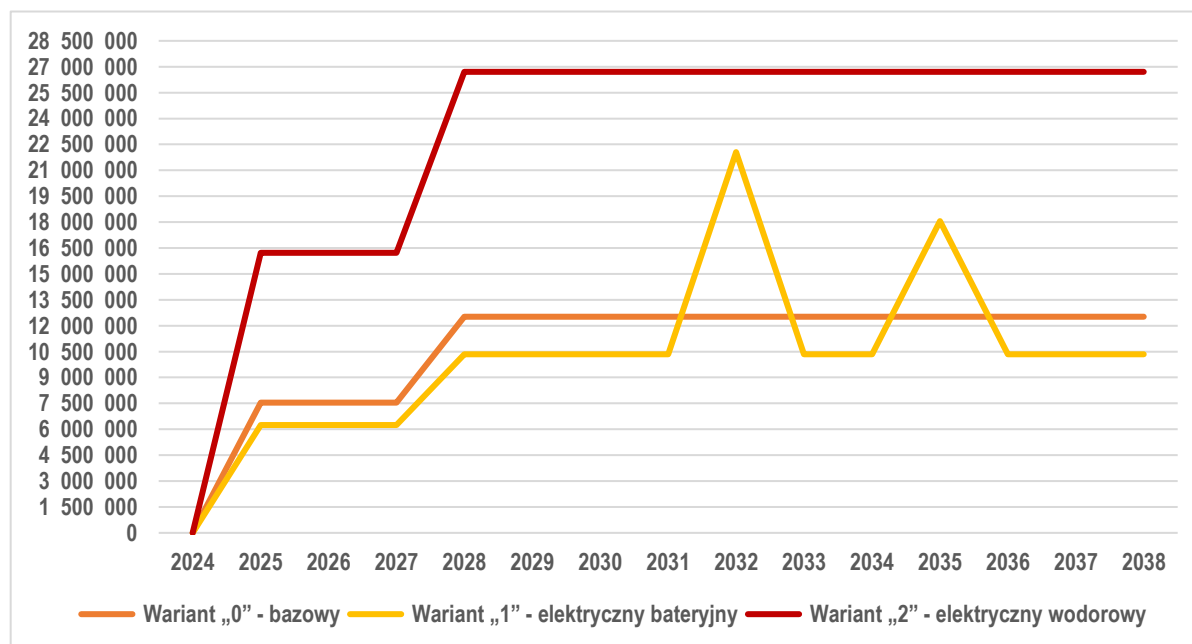
Źródło: opracowanie własne.

| Wyszczególnienie | 2034 | 2035 | 2036 | 2037 | 2038 |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Wariant „2” - elektryczny wodorowy | 26 705 795 | 26 705 795 | 26 705 795 | 26 705 795 | 26 705 795 |
| Wodór [FCEV] | 25 187 961 | 25 187 961 | 25 187 961 | 25 187 961 | 25 187 961 |
| Liczba wzkm | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 |
| 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] | 1 517 835 | 1 517 835 | 1 517 835 | 1 517 835 | 1 517 835 |
| Liczba autobusów | 94 | 94 | 94 | 94 | 94 |
| Średnioroczne jedn. koszty eksploatacji taboru [zł/autobus] | | | | | |
| MIDI | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| MAXI | 14 489 | 14 489 | 14 489 | 14 489 | 14 489 |
| MEGA | 17 323 | 17 323 | 17 323 | 17 323 | 17 323 |

Źródło: opracowanie własne.

W związku z okresem użyteczności technicznej baterii dla taboru zeroemisyjnego o napędzie elektrycznym baterijnym oszacowanym w oparciu o przewidywaną liczbę cykli ładowania na 8 lat, wartość wydatków eksploatacyjnych planowanych w latach 2029-2033 oraz 2034-2038 w Wariancie „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 9. 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 38. 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” | 69 315 252 | 0 | 0 | 49 413 307 | 0 |
| Wariant „2” | 103 200 000 | 0 | 0 | 56 700 000 | 0 |
| Wydatki eksploatacyjne | | | | | |
| Wariant „1” | 0 | -1 306 105 | -1 306 105 | -1 306 105 | -2 167 448 |
| Wariant „2” | 0 | 8 669 889 | 8 669 889 | 8 669 889 | 14 186 020 |
| Wartość rezydualna | | | | | |
| Wariant „1” | | | | | |
| Wariant „2” | | | | | |
| Przepływy pieniężne | | | | | |
| Wariant „1” | -69 315 252 | 1 306 105 | 1 306 105 | -48 107 202 | 2 167 448 |
| Wariant „2” | -103 200 000 | -8 669 889 | -8 669 889 | -65 369 889 | -14 186 020 |

Źródło: Opracowanie własne.

Tabela 39. 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” | -2 167 448 | -2 167 448 | -2 167 448 | 9 534 202 | -2 167 448 |
| Wariant „2” | 14 186 020 | 14 186 020 | 14 186 020 | 14 186 020 | 14 186 020 |
| Wartość rezydualna | | | | | |
| Wariant „1” | | | | | |
| Wariant „2” | | | | | |
| Przepływy pieniężne | | | | | |
| Wariant „1” | 2 167 448 | 2 167 448 | 2 167 448 | -9 534 202 | 2 167 448 |
| Wariant „2” | -14 186 020 | -14 186 020 | -14 186 020 | -14 186 020 | -14 186 020 |

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 40. 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” | -2 167 448 | 5 547 452 | -2 167 448 | -2 167 448 | -2 167 448 |
| Wariant „2” | 14 186 020 | 14 186 020 | 14 186 020 | 14 186 020 | 14 186 020 |
| Wartość rezydualna | | | | | |
| Wariant „1” | | | | | |
| Wariant „2” | | | | | |
| Przepływy pieniężne | | | | | |
| Wariant „1” | 2 167 448 | -5 547 452 | 2 167 448 | 2 167 448 | 2 167 448 |
| Wariant „2” | -14 186 020 | -14 186 020 | -14 186 020 | -14 186 020 | -14 186 020 |

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 bateryjny:**
-110.384.867 zł.
- **Wariant „2” – elektryczny wodorowy:**
-341.955.889 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 41. Ocena efektywności finansowej Wariantów [PLN; %]

| Wyszczególnienie | Wartość |
|------------------|--------------------------|
| FNPV | |
| Wariant „1” | -104 173 767 |
| Wariant „2” | -291 001 808 |
| FRR | |
| Wariant „1” | niemożliwe do obliczenia |
| Wariant „2” | niemożliwe do obliczenia |

Źródło: opracowanie własne.

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

8. 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 elektryczne⁴⁰. 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/baterijnych, 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 349 pojazdów o napędzie konwencjonalnym (olej napędowy) i 16 pojazdów o napędzie elektrycznym. Wycofanie z obecnego stanu inwentarzowego najstarszych pojazdów spalinowych spowoduje znaczne ograniczenia emisji NHC/NMVOC, NO_x, PM i CO₂.

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

Tabela 42. Emisja spalin autobusów komunikacji miejskiej Miasta Szczecin przed wymianą floty autobusów

| | Szt. | SPALANIE/ ZUŻYCIE PALIWA | NMHC/NMVOC [g/km] | Nox [g/km] | PM [g/km] | CO ₂ [kg/km] |
|----------------|------|--------------------------------|----------------------|------------|-----------|-------------------------|
| ON | | | | | | |
| Norma EURO III | | | | | | |
| MAXI | 3 | 37,90 l/100 km | 10,01 | 75,80 | 1,52 | 4,04 |
| MEGA | 7 | 65,18 l/100 km | 30,11 | 228,13 | 4,56 | 12,15 |
| Norma EURO IV | | | | | | |
| MAXI | 30 | 46,36 l/100 km | 63,98 | 486,78 | 2,78 | 37,02 |
| MEGA | 40 | 58,18 l/100 km | 107,05 | 814,52 | 4,65 | 61,95 |
| Norma EURO V | | | | | | |
| MINI | 4 | 17,00 l/100 km | 3,13 | 13,60 | 0,14 | 1,81 |
| MAXI | 13 | 39,4 l/100 km | 23,56 | 102,44 | 1,02 | 13,63 |
| MEGA | 42 | 53,68 l/100 km | 103,71 | 450,91 | 4,51 | 60,02 |
| Norma EEV | | | | | | |
| MIDI | 4 | 36,77 l/100 km | 3,68 | 29,42 | 0,29 | 3,92 |
| MAXI | 39 | 45,24 l/100 km | 44,11 | 352,87 | 3,53 | 46,97 |

⁴⁰
<https://www.europarl.europa.eu/factsheets/pl/sheet/75/zanieczyszczenie-powietrza-i-zanieczyszczenie-halaszem>.

| | | | | | | |
|---------------------------------|------------|----------------|---------------|----------------|--------------|---------------|
| MEGA | 74 | 56,45 l/100 km | 104,43 | 835,46 | 8,35 | 111,20 |
| Norma EURO EEV HYBRYDA | | | | | | |
| MAXI | 1 | 39,40 l/100 km | 0,99 | 7,88 | 0,08 | 1,05 |
| Norma EURO VI* | | | | | | |
| MINI | 5 | 17,00 l/100 km | 1,11 | 3,40 | 0,09 | 2,26 |
| MAXI | 34 | 36,47 l/100 km | 16,12 | 49,60 | 1,24 | 33,01 |
| MEGA | 37 | 49,61 l/100 km | 23,86 | 73,42 | 1,84 | 48,86 |
| Norma EURO VI HYBRYDA | | | | | | |
| MAXI | 8 | 35,74 l/100 km | 3,72 | 11,44 | 0,29 | 7,61 |
| MEGA | 8 | 50,26 l/100 km | 5,23 | 16,08 | 0,40 | 10,70 |
| ELEKTRYCZNE (w ujęciu lokalnym) | | | | | | |
| MAXI | 6 | 156 kWh/100 km | 0 | 0 | 0 | 0 |
| MEGA | 10 | 205 kWh/100 km | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 365 | - | 544,80 | 3475,95 | 35,29 | 456,20 |

*autobusy Mild Hybrid zostały przyporządkowane do kategorii EURO VI

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

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

Tabela 43. Emisja spalin autobusów komunikacji miejskiej Miasta Szczecin po wymianie floty autobusów

| Szt. | SPALANIE/ ZUŻYCIE PALIWA | NMHC/NMVO [g/km] | Nox [g/km] | | PM [g/km] | | CO ₂ [kg/km] | | |
|------------------------|-----------------------------|---------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|---------------|
| | | | W ujęciu globalnym | W ujęciu lokalnym | W ujęciu globalnym | W ujęciu lokalnym | W ujęciu globalnym | W ujęciu lokalnym | |
| ON | | | | | | | | | |
| Norma EURO V | | | | | | | | | |
| MINI | 4 | 17,00 l/100 km | 3,13 | 13,60 | 13,60 | 0,14 | 0,14 | 1,81 | 1,81 |
| MAXI | 9 | 39,40 l/100 km | 16,31 | 70,92 | 70,92 | 0,71 | 0,71 | 9,44 | 9,44 |
| MEGA | 37 | 54,04 l/100 km | 91,98 | 399,90 | 399,90 | 4,00 | 4,00 | 53,23 | 53,23 |
| Norma EEV | | | | | | | | | |
| MIDI | 4 | 36,77 l/100 km | 3,68 | 29,42 | 29,42 | 0,29 | 0,29 | 0,98 | 0,98 |
| MAXI | 37 | 47,42 l/100 km | 43,86 | 350,91 | 350,91 | 3,51 | 3,51 | 46,71 | 46,71 |
| MEGA | 71 | 56,45 l/100 km | 100,20 | 801,59 | 801,59 | 8,02 | 8,02 | 106,69 | 106,69 |
| Norma EURO EEV HYBRYDA | | | | | | | | | |
| MAXI | 1 | 39,40 l/100 km | 0,99 | 7,88 | 7,88 | 0,08 | 0,08 | 1,05 | 1,05 |
| Norma EURO VI* | | | | | | | | | |
| MINI | 5 | 17,00 l/100 km | 1,11 | 3,40 | 3,40 | 0,09 | 0,09 | 2,26 | 2,26 |
| MAXI | 34 | 36,47 l/100 km | 16,12 | 49,60 | 49,60 | 1,24 | 1,24 | 33,01 | 33,01 |
| MEGA | 37 | 49,61 l/100 km | 23,86 | 73,42 | 73,42 | 1,84 | 1,84 | 48,86 | 48,86 |
| Norma EURO VI HYBRYDA | | | | | | | | | |
| MAXI | 8 | 35,74 l/100 km | 3,72 | 11,44 | 11,44 | 0,29 | 0,29 | 7,61 | 7,61 |
| MEGA | 8 | 50,26 l/100 km | 5,23 | 16,08 | 16,08 | 0,40 | 0,40 | 10,70 | 10,70 |
| ELEKTRYCZNE | | | | | | | | | |
| MAXI | 45 | 156 kWh/100 km | 0,35 | 40,44 | 0 | 2,04 | 0 | 50,47 | 0 |
| MEGA | 65 | 205 kWh/100 km | 0,67 | 76,75 | 0 | 3,86 | 0 | 95,81 | 0 |
| | 365 | - | 311,21 | 1945,35 | 1828,16 | 26,51 | 20,61 | 468,63 | 322,35 |

*autobusy Mild Hybrid zostały przyporządkowane do kategorii EURO VI

Źródło: opracowanie własne.

Powyższa tabela wskazuje, iż w wyniku realizacji organiczne NHMC/NMVO, a także tlenki azotu Inwestycji redukcji ulegną metanowe lotne związki 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 wzrasta⁴¹, 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.**

⁴¹ <https://www.rynekelektryczny.pl/energia-elektryczna-ze-zrodel-odnawialnych/>.

9. Analiza społeczno-ekonomiczna

9.1. Wycena kosztów związanych z emisją szkodliwych substancji

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 zachodniopomorskiego⁴². Województwo zachodniopomorskie, na potrzeby rocznych ocen stanu środowiska zostało podzielone na trzy strefy – aglomerację szczecińską, miasto Koszalin i strefę zachodniopomorską, Miasto Szczecin. Gminy, z którymi Miasto ma podpisane stosowne porozumienie międzygminne przynależą do strefy zachodniopomorskiej.

Na terenie Miasta Szczecin znajduje się:

- dwie stacje pomiarowe, na podstawie których wyniki zostały wykorzystane w ocenie stanu powietrza w 2023 r.:
 - ul. Andrzejewskiego;
 - ul. Piłsudskiego.
- 16 stanowisk pomiarowych.

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

Tabela 44. Klasy stref dla poszczególnych zanieczyszczeń dla strefy aglomeracja szczecińska i strefy zachodniopomorskiej

| | strefa aglomeracja szczecińska | strefa zachodniopomorska |
|-------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|
| SO ₂ | A | A |
| NO ₂ | A | A |
| C ₆ H ₆ | A | A |
| CO | A | A |
| O ₃ | A | A |
| PM10 | A | A |
| Pb | A | A |
| As | A | A |
| Cd | A | A |
| Ni | A | A |
| B(a)P | A | A |
| PM2.5 | A1 | A1 |

Legenda poziomu stężeń zanieczyszczeń:

A – nieprzekraczający poziomu dopuszczalnego;

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

W 2023 roku jakość powietrza w województwie zachodniopomorskim 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.

⁴² Roczna ocena jakości powietrza w województwie podlaskim. Raport wojewódzki za rok 2023. Białystok, kwiecień 2024.

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.

| | NO_x [PLN/t NO_x] | 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.

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.*

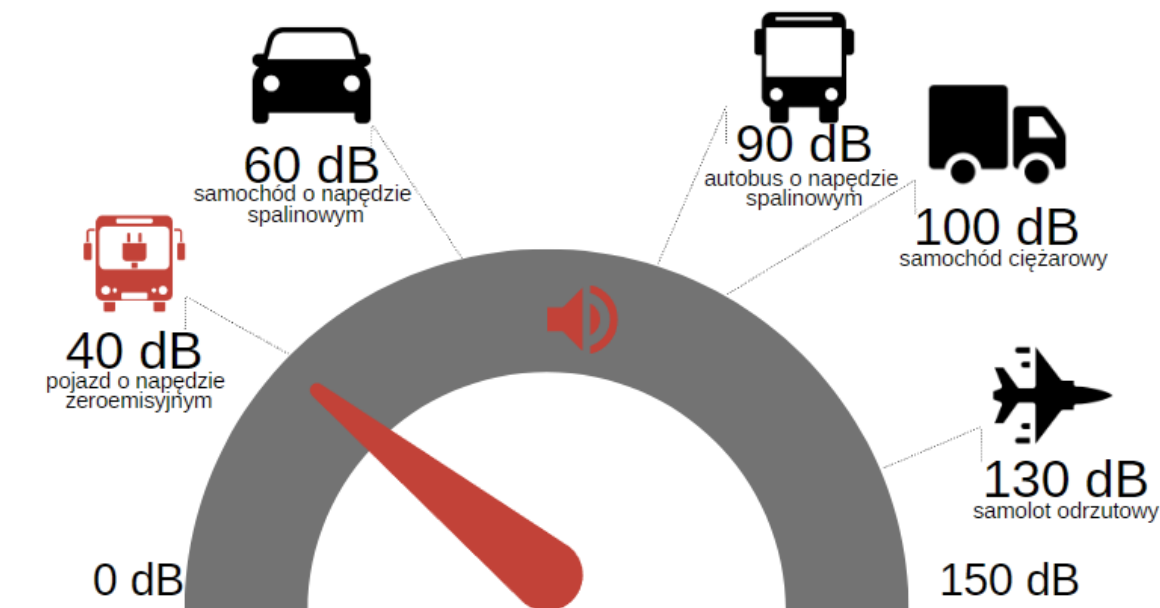
Zagregowane koszty zmian klimatycznych (CO₂) w gałęzi transportu przedstawiają się następująco⁴³:

655,58 [PLN/ t CO₂] w 2023 r.

1 274,86 [PLN/ t CO₂] w 2028 r.

⁴³ Centrum Unijnych Projektów Transportowych (CUPT), Tablice kosztów jednostkowych do wykorzystania w analizach kosztów i korzyści, wersja dla projektów z perspektywy 2021-2027 (aktualizacja 27.06.2024 - ceny na koniec 2023 r., prognozy makroekonomiczne z 05.2024); <https://www.cupt.gov.pl/wdrazanie-projektow/analiza-kosztow-i-korzysci/narzedzia/tablice-kosztow-jednostkowych-do-wykorzystania-w-analizach-kosztow-i-korzysci>

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 autokarów⁴⁴

| | 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] |

Średnie koszty jednostkowe hałasu w transporcie lądowym przedstawiają się następująco⁴⁵:

0,052 [PLN/ pojkm] w 2023 r.

0,057 [PLN/ pojkm] w 2028 r.

⁴⁴ Jaspers, „Niebieska Księga”. Nowa edycja, Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach, wydanie uaktualnione w 2023 r.

⁴⁵ Centrum Unijnych Projektów Transportowych (CUPT), Tablice kosztów jednostkowych do wykorzystania w analizach kosztów i korzyści, wersja dla projektów z perspektywy 2021-2027 (aktualizacja 27.06.2024 - ceny na koniec 2023 r., prognozy makroekonomiczne z 05.2024); <https://www.cupt.gov.pl/wdrazanie-projektow/analiza-kosztow-i-korzysci/narzedzia/tablice-kosztow-jednostkowych-do-wykorzystania-w-analizach-kosztow-i-korzysci>

9.2. Wariantowa ocena korzyści wdrożenia pojazdów zeroemisyjnych

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 94 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 stanowiąc 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 45. 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] | 0,00 | 3 761,65 | 3 761,65 | 3 761,65 | 6 133,43 |
| Liczba wzkm | 0 | 3 175 461 | 3 175 461 | 3 175 461 | 5 177 641 |
| Emisja CO ₂ [kg/km] | 1,18 | 1,18 | 1,18 | 1,18 | 1,18 |
| Emisja CO ₂ [kg] | 0 | 3 761 647 | 3 761 647 | 3 761 647 | 6 133 426 |
| Emisja CO ₂ [t] | 0,00 | 3 761,65 | 3 761,65 | 3 761,65 | 6 133,43 |
| Emisja zanieczyszczeń - PM [t] | 0,00 | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,23 |
| PM g/km | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 |
| Liczba wzkm | 0 | 3 175 461 | 3 175 461 | 3 175 461 | 5 177 641 |
| Emisja zanieczyszczeń - NMHC/NMVOC [t] | 0,00 | 1,84 | 1,84 | 1,84 | 3,00 |
| NMHC/NMVOC g/km | 0,58 | 0,58 | 0,58 | 0,58 | 0,58 |
| Liczba wzkm | 0 | 3 175 461 | 3 175 461 | 3 175 461 | 5 177 641 |
| Emisja zanieczyszczeń - NO_x [t] | 0,00 | 5,65 | 5,65 | 5,65 | 9,22 |
| NO _x g/km | 1,78 | 1,78 | 1,78 | 1,78 | 1,78 |
| Liczba wzkm | 0 | 3 175 461 | 3 175 461 | 3 175 461 | 5 177 641 |
| Emisja hałasu - [PLN] | 0,00 | 121 832,46 | 125 762,50 | 129 527,49 | 216 424,31 |
| krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 |
| Liczba wzkm | 0 | 3 175 461 | 3 175 461 | 3 175 461 | 5 177 641 |

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych CUPT i Operatorów.

Tabela 46. 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] | 6 133,43 | 6 133,43 | 6 133,43 | 6 133,43 | 6 133,43 |
| Liczba wzkm | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 |
| Emisja CO2 [kg/km] | 1,18 | 1,18 | 1,18 | 1,18 | 1,18 |
| Emisja CO2 [kg] | 6 133 426 | 6 133 426 | 6 133 426 | 6 133 426 | 6 133 426 |
| Emisja CO2 [t] | 6 133,43 | 6 133,43 | 6 133,43 | 6 133,43 | 6 133,43 |
| Emisja zanieczyszczeń - PM [t] | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 |
| PM g/km | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 |
| Liczba wzkm | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 |
| Emisja zanieczyszczeń - NMHC/NMVOC [t] | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 |
| NMHC/NMVOC g/km | 0,58 | 0,58 | 0,58 | 0,58 | 0,58 |
| Liczba wzkm | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 |
| Emisja zanieczyszczeń - NOx [t] | 9,22 | 9,22 | 9,22 | 9,22 | 9,22 |
| NOx g/km | 1,78 | 1,78 | 1,78 | 1,78 | 1,78 |
| Liczba wzkm | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 |
| Emisja hałasu - [PLN] | 221 800,16 | 227 164,79 | 232 507,22 | 237 520,81 | 242 339,22 |
| krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,05 | 0,05 |
| Liczba wzkm | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 |

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych CUPT i Operatorów.

Tabela 47. 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] | 6 133,43 | 6 133,43 | 6 133,43 | 6 133,43 | 6 133,43 |
| Liczba wzkm | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 |
| Emisja CO2 [kg/km] | 1,18 | 1,18 | 1,18 | 1,18 | 1,18 |
| Emisja CO2 [kg] | 6 133 426 | 6 133 426 | 6 133 426 | 6 133 426 | 6 133 426 |
| Emisja CO2 [t] | 6 133,43 | 6 133,43 | 6 133,43 | 6 133,43 | 6 133,43 |
| Emisja zanieczyszczeń - PM [t] | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 |
| PM g/km | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 |
| Liczba wzkm | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 |
| Emisja zanieczyszczeń - NMHC/NMVOC [t] | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 |
| NMHC/NMVOC g/km | 0,58 | 0,58 | 0,58 | 0,58 | 0,58 |
| Liczba wzkm | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 |
| Emisja zanieczyszczeń - NOx [t] | 9,22 | 9,22 | 9,22 | 9,22 | 9,22 |
| NOx g/km | 1,78 | 1,78 | 1,78 | 1,78 | 1,78 |
| Liczba wzkm | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 |
| Emisja hałasu - [PLN] | 247 324,08 | 252 452,87 | 257 322,95 | 262 116,37 | 266 807,90 |
| krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Liczba wzkm | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 |

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

| Wyszczególnienie | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 |
|--|-----------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Wariant „0” - bazowy | 0 | 4 224 094 | 4 654 977 | 5 084 968 | 8 987 313 |
| Emisja CO2 | 0 | 3 566 554 | 3 976 226 | 4 385 898 | 7 819 254 |
| Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO2] | 839,23 | 948,14 | 1 057,04 | 1 165,95 | 1 274,86 |
| Emisja CO2 [t] | 0,00 | 3 761,65 | 3 761,65 | 3 761,65 | 6 133,43 |
| Emisja zanieczyszczeń-niższe warstwy | 0 | 535 707 | 552 988 | 569 543 | 951 635 |
| Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t PM] | 487 975 | 501 350 | 517 522 | 533 015 | 546 209 |
| Emisja PM [t] | 0,00 | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,23 |
| Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NMHC/NMVOC] | 3 754 | 3 857 | 3 981 | 4 100 | 4 202 |
| Emisja NMHC/NMVOC [t] | 0,00 | 1,84 | 1,84 | 1,84 | 3,00 |
| Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t Nox] | 78 826,68 | 80 987,26 | 83 599,72 | 86 102,48 | 88 233,73 |
| Emisja NOx [t] | 0,00 | 5,65 | 5,65 | 5,65 | 9,22 |
| Emisji hałasu - [PLN] | 0 | 121 832 | 125 762 | 129 527 | 216 424 |

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych CUPT i Operatorów.

Tabela 49. Zmonetyzowane skutki środowiskowe dla Wariantu "0" bazowego w latach 2029–2033 [j.n.]

| Wyszczególnienie | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 |
|--|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Wariant „0” - bazowy | 9 684 304 | 10 381 234 | 11 078 044 | 12 205 299 | 13 331 501 |
| Emisja CO2 | 8 487 230 | 9 155 207 | 9 823 183 | 10 923 380 | 12 023 576 |
| 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] | 6 133,43 | 6 133,43 | 6 133,43 | 6 133,43 | 6 133,43 |
| Emisja zanieczyszczeń-niższe warstwy | 975 273 | 998 862 | 1 022 353 | 1 044 398 | 1 065 585 |
| Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t PM] | 559 776 | 573 315 | 586 799 | 599 452 | 611 613 |
| Emisja PM [t] | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 |
| Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NMHC/NMVOC] | 4 306 | 4 410 | 4 514 | 4 611 | 4 705 |
| Emisja NMHC/NMVOC [t] | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 |
| Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t Nox] | 90 425,40 | 92 612,50 | 94 790,55 | 96 834,53 | 98 798,94 |
| Emisja NOx [t] | 9,22 | 9,22 | 9,22 | 9,22 | 9,22 |
| Emisji hałasu - [PLN] | 221 800 | 227 165 | 232 507 | 237 521 | 242 339 |

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych CUPT i Operatorów.

Tabela 50. Zmonetyzowane skutki środowiskowe dla Wariantu "0" bazowego w latach 2034–2038 [j.n.]

| Wyszczególnienie | 2034 | 2035 | 2036 | 2037 | 2038 |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Wariant „0” - bazowy | 14 458 601 | 15 586 478 | 16 712 959 | 17 799 733 | 18 885 957 |
| Emisja CO2 | 13 123 773 | 14 223 969 | 15 324 166 | 16 385 070 | 17 445 974 |
| 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] | 6 133,43 | 6 133,43 | 6 133,43 | 6 133,43 | 6 133,43 |
| Emisja zanieczyszczeń-niższe warstwy | 1 087 504 | 1 110 056 | 1 131 470 | 1 152 547 | 1 173 176 |
| Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t PM] | 624 193 | 637 137 | 649 428 | 661 526 | 673 366 |
| Emisja PM [t] | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 |
| Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NMHC/NMVOC] | 4 801 | 4 901 | 4 996 | 5 089 | 5 180 |
| Emisja NMHC/NMVOC [t] | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 |
| Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t Nox] | 100 831,22 | 102 922,16 | 104 907,64 | 106 861,86 | 108 774,55 |
| Emisja NOx [t] | 9,22 | 9,22 | 9,22 | 9,22 | 9,22 |
| Emisji hałasu - [PLN] | 247 324 | 252 453 | 257 323 | 262 116 | 266 808 |

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 spalinywym (powyżej wskazanych hipotetycznych skutków środowiskowych Wariantu bazowego).

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

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

| Wyszczególnienie | 2034 | 2035 | 2036 | 2037 | 2038 |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Autobus elektryczny | | | | | |
| Emisja zanieczyszczeń - CO2 [t] | 5 919,13 | 5 919,13 | 5 919,13 | 5 919,13 | 5 919,13 |
| Liczba wzkm | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 |
| Emisja CO2 [kg/km] | 1,14 | 1,14 | 1,14 | 1,14 | 1,14 |
| Emisja CO2 [kg] | 5 919 131 | 5 919 131 | 5 919 131 | 5 919 131 | 5 919 131 |
| Emisja CO2 [t] | 5 919,13 | 5 919,13 | 5 919,13 | 5 919,13 | 5 919,13 |
| Emisja zanieczyszczeń - PM [t] | 0,239 | 0,239 | 0,239 | 0,239 | 0,239 |
| PM g/km | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Liczba wzkm | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 |
| Emisja zanieczyszczeń - NMHC/NMVOG [t] | 0,041 | 0,041 | 0,041 | 0,041 | 0,041 |
| NMHC/NMVOG g/km | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Liczba wzkm | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 |
| Emisja zanieczyszczeń - NOx [t] | 4,742 | 4,742 | 4,742 | 4,742 | 4,742 |
| NOx g/km | 0,92 | 0,92 | 0,92 | 0,92 | 0,92 |
| Liczba wzkm | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 |
| Emisja hałasu - [PLN] | 247 324,08 | 252 452,87 | 257 322,95 | 262 116,37 | 266 807,90 |
| krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Liczba wzkm | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 |

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 FCEF | | | | | |
| Emisja zanieczyszczeń - CO2 [t] | 0,00 | 3 630,22 | 3 630,22 | 3 630,22 | 5 919,13 |
| Liczba wzkm | 0 | 3 175 461 | 3 175 461 | 3 175 461 | 5 177 641 |
| Emisja CO2 [kg/km] | 1,14 | 1,14 | 1,14 | 1,14 | 1,14 |
| Emisja CO2 [kg] | 0 | 3 630 219 | 3 630 219 | 3 630 219 | 5 919 131 |
| Emisja CO2 [t] | 0,00 | 3 630,22 | 3 630,22 | 3 630,22 | 5 919,13 |
| Emisja zanieczyszczeń - PM [t] | 0,000 | 0,146 | 0,146 | 0,146 | 0,239 |
| PM g/km | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Liczba wzkm | 0 | 3 175 461 | 3 175 461 | 3 175 461 | 5 177 641 |
| Emisja zanieczyszczeń - NMHC/NMVOG [t] | 0,000 | 0,025 | 0,025 | 0,025 | 0,041 |
| NMHC/NMVOG g/km | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Liczba wzkm | 0 | 3 175 461 | 3 175 461 | 3 175 461 | 5 177 641 |
| Emisja zanieczyszczeń - NOx [t] | 0,000 | 2,908 | 2,908 | 2,908 | 4,742 |
| NOx g/km | 0,92 | 0,92 | 0,92 | 0,92 | 0,92 |
| Liczba wzkm | 0 | 3 175 461 | 3 175 461 | 3 175 461 | 5 177 641 |
| Emisja hałasu - [PLN] | 0,00 | 121 832,46 | 125 762,50 | 129 527,49 | 216 424,31 |
| krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 |
| Liczba wzkm | 0 | 3 175 461 | 3 175 461 | 3 175 461 | 5 177 641 |

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 FCEF | | | | | |
| Emisja zanieczyszczeń - CO2 [t] | 5 919,13 | 5 919,13 | 5 919,13 | 5 919,13 | 5 919,13 |
| Liczba wzkm | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 |
| Emisja CO2 [kg/km] | 1,14 | 1,14 | 1,14 | 1,14 | 1,14 |
| Emisja CO2 [kg] | 5 919 131 | 5 919 131 | 5 919 131 | 5 919 131 | 5 919 131 |
| Emisja CO2 [t] | 5 919,13 | 5 919,13 | 5 919,13 | 5 919,13 | 5 919,13 |
| Emisja zanieczyszczeń - PM [t] | 0,239 | 0,239 | 0,239 | 0,239 | 0,239 |
| PM g/km | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Liczba wzkm | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 |
| Emisja zanieczyszczeń - NMHC/NMVOC [t] | 0,041 | 0,041 | 0,041 | 0,041 | 0,041 |
| NMHC/NMVOC g/km | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Liczba wzkm | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 |
| Emisja zanieczyszczeń - NOx [t] | 4,742 | 4,742 | 4,742 | 4,742 | 4,742 |
| NOx g/km | 0,92 | 0,92 | 0,92 | 0,92 | 0,92 |
| Liczba wzkm | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 |
| Emisja hałasu - [PLN] | 221 800,16 | 227 164,79 | 232 507,22 | 237 520,81 | 242 339,22 |
| krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,05 | 0,05 |
| Liczba wzkm | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 |

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 FCEF | | | | | |
| Emisja zanieczyszczeń - CO2 [t] | 5 919,13 | 5 919,13 | 5 919,13 | 5 919,13 | 5 919,13 |
| Liczba wzkm | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 |
| Emisja CO2 [kg/km] | 1,14 | 1,14 | 1,14 | 1,14 | 1,14 |
| Emisja CO2 [kg] | 5 919 131 | 5 919 131 | 5 919 131 | 5 919 131 | 5 919 131 |
| Emisja CO2 [t] | 5 919,13 | 5 919,13 | 5 919,13 | 5 919,13 | 5 919,13 |
| Emisja zanieczyszczeń - PM [t] | 0,239 | 0,239 | 0,239 | 0,239 | 0,239 |
| PM g/km | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Liczba wzkm | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 |
| Emisja zanieczyszczeń - NMHC/NMVOC [t] | 0,041 | 0,041 | 0,041 | 0,041 | 0,041 |
| NMHC/NMVOC g/km | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Liczba wzkm | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 |
| Emisja zanieczyszczeń - NOx [t] | 4,742 | 4,742 | 4,742 | 4,742 | 4,742 |
| NOx g/km | 0,92 | 0,92 | 0,92 | 0,92 | 0,92 |
| Liczba wzkm | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 |
| Emisja hałasu - [PLN] | 247 324,08 | 252 452,87 | 257 322,95 | 262 116,37 | 266 807,90 |
| krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Liczba wzkm | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 | 5 177 641 |

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 | 0 | 351 284 | 372 910 | 394 228 | 675 860 |
| Ograniczenie emisji CO2 | 0 | 124 611 | 138 925 | 153 238 | 273 196 |
| 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 | 131,43 | 131,43 | 131,43 | 214,30 |
| Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy | 0 | 226 673 | 233 985 | 240 990 | 402 664 |
| Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t PM] | 487 975 | 501 350 | 517 522 | 533 015 | 546 209 |
| Emisja PM [t] | 0,000 | -0,005 | -0,005 | -0,005 | -0,008 |
| Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NMHC/NMVOC] | 3 754 | 3 857 | 3 981 | 4 100 | 4 202 |
| Emisja NMHC/NMVOC [t] | 0,00 | 1,81 | 1,81 | 1,81 | 2,95 |
| Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t Nox] | 78 827 | 80 987 | 83 600 | 86 102 | 88 234 |
| Emisja NOx [t] | 0,00 | 2,74 | 2,74 | 2,74 | 4,47 |
| Ograniczenie emisji hałasu - [PLN] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

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 | 709 200 | 742 519 | 775 797 | 823 565 | 870 969 |
| Ograniczenie emisji CO2 | 296 534 | 319 873 | 343 211 | 381 651 | 420 090 |
| 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] | 214,30 | 214,30 | 214,30 | 214,30 | 214,30 |
| Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy | 412 666 | 422 647 | 432 586 | 441 914 | 450 879 |
| Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t PM] | 559 776 | 573 315 | 586 799 | 599 452 | 611 613 |
| Emisja PM [t] | -0,008 | -0,008 | -0,008 | -0,008 | -0,008 |
| Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NMHC/NMVOC] | 4 306 | 4 410 | 4 514 | 4 611 | 4 705 |
| Emisja NMHC/NMVOC [t] | 2,95 | 2,95 | 2,95 | 2,95 | 2,95 |
| Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t Nox] | 90 425 | 92 612 | 94 791 | 96 835 | 98 799 |
| Emisja NOx [t] | 4,47 | 4,47 | 4,47 | 4,47 | 4,47 |
| Ograniczenie emisji hałasu - [PLN] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

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 | 918 683 | 966 665 | 1 014 166 | 1 060 151 | 1 105 946 |
| Ograniczenie emisji CO2 | 458 530 | 496 970 | 535 409 | 572 476 | 609 543 |
| 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] | 214,30 | 214,30 | 214,30 | 214,30 | 214,30 |
| Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy | 460 154 | 469 696 | 478 757 | 487 675 | 496 404 |
| Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t PM] | 624 193 | 637 137 | 649 428 | 661 526 | 673 366 |
| Emisja PM [t] | -0,008 | -0,008 | -0,008 | -0,008 | -0,008 |
| Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NMHC/NMVOC] | 4 801 | 4 901 | 4 996 | 5 089 | 5 180 |
| Emisja NMHC/NMVOC [t] | 2,95 | 2,95 | 2,95 | 2,95 | 2,95 |
| Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t Nox] | 100 831 | 102 922 | 104 908 | 106 862 | 108 775 |
| Emisja NOx [t] | 4,47 | 4,47 | 4,47 | 4,47 | 4,47 |
| Ograniczenie emisji hałasu - [PLN] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

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 | 0 | 351 284 | 372 910 | 394 228 | 675 860 |
| Ograniczenie emisji CO2 | 0 | 124 611 | 138 925 | 153 238 | 273 196 |
| 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 | 131,43 | 131,43 | 131,43 | 214,30 |
| Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy | 0 | 226 673 | 233 985 | 240 990 | 402 664 |
| Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t PM] | 487 975 | 501 350 | 517 522 | 533 015 | 546 209 |
| Emisja PM [t] | 0,000 | -0,005 | -0,005 | -0,005 | -0,008 |
| Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NMHC/NMVOC] | 3 754 | 3 857 | 3 981 | 4 100 | 4 202 |
| Emisja NMHC/NMVOC [t] | 0,00 | 1,81 | 1,81 | 1,81 | 2,95 |
| Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t Nox] | 78 827 | 80 987 | 83 600 | 86 102 | 88 234 |
| Emisja NOx [t] | 0,00 | 2,74 | 2,74 | 2,74 | 4,47 |
| Ograniczenie emisji hałasu - [PLN] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

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 | 709 200 | 742 519 | 775 797 | 823 565 | 870 969 |
| Ograniczenie emisji CO2 | 296 534 | 319 873 | 343 211 | 381 651 | 420 090 |
| 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] | 214,30 | 214,30 | 214,30 | 214,30 | 214,30 |
| Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy | 412 666 | 422 647 | 432 586 | 441 914 | 450 879 |
| Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t PM] | 559 776 | 573 315 | 586 799 | 599 452 | 611 613 |
| Emisja PM [t] | -0,008 | -0,008 | -0,008 | -0,008 | -0,008 |
| Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NMHC/NMVOC] | 4 306 | 4 410 | 4 514 | 4 611 | 4 705 |
| Emisja NMHC/NMVOC [t] | 2,95 | 2,95 | 2,95 | 2,95 | 2,95 |
| Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t Nox] | 90 425 | 92 612 | 94 791 | 96 835 | 98 799 |
| Emisja NOx [t] | 4,47 | 4,47 | 4,47 | 4,47 | 4,47 |
| Ograniczenie emisji hałasu - [PLN] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

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 | 918 683 | 966 665 | 1 014 166 | 1 060 151 | 1 105 946 |
| Ograniczenie emisji CO2 | 458 530 | 496 970 | 535 409 | 572 476 | 609 543 |
| 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] | 214,30 | 214,30 | 214,30 | 214,30 | 214,30 |
| Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy | 460 154 | 469 696 | 478 757 | 487 675 | 496 404 |
| Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t PM] | 624 193 | 637 137 | 649 428 | 661 526 | 673 366 |
| Emisja PM [t] | -0,01 | -0,01 | -0,01 | -0,01 | -0,01 |
| Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NMHC/NMVOC] | 4 801 | 4 901 | 4 996 | 5 089 | 5 180 |
| Emisja NMHC/NMVOC [t] | 2,95 | 2,95 | 2,95 | 2,95 | 2,95 |
| Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t Nox] | 100 831 | 102 922 | 104 908 | 106 862 | 108 775 |
| Emisja NOx [t] | 4,47 | 4,47 | 4,47 | 4,47 | 4,47 |
| Ograniczenie emisji hałasu - [PLN] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

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 skumulowanych przepływów ekonomicznych przepływów pieniężnych obejmujące w/w elementy planowanych do osiągnięcia w ramach realizacji dla danych wariantów, względem Wariantu Inwestycji, których wyniki kształtują się następująco, bazowego, w rezultacie czego otrzymano wartość 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 | -112 200 000 | -11 773 135 | -12 204 017 | -89 334 009 | -21 507 089 |
| Wydatki inwestycyjne | -112 200 000 | 0 | 0 | -76 700 000 | 0 |
| Wartość rezydualna | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Wydatki eksploatacyjne | 0 | -7 549 041 | -7 549 041 | -7 549 041 | -12 519 775 |
| Efekty środowiskowe | 0 | -4 224 094 | -4 654 977 | -5 084 968 | -8 987 313 |
| Korzyści ekonomiczne netto | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Koszty ekonomiczne netto | -112 200 000 | -11 773 135 | -12 204 017 | -89 334 009 | -21 507 089 |

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 | -22 204 079 | -22 901 009 | -23 597 819 | -24 725 074 | -25 851 276 |
| Wydatki inwestycyjne | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Wartość rezydualna | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Wydatki eksploatacyjne | -12 519 775 | -12 519 775 | -12 519 775 | -12 519 775 | -12 519 775 |
| Monetyzacja skutków środowiskowych | -9 684 304 | -10 381 234 | -11 078 044 | -12 205 299 | -13 331 501 |
| Korzyści ekonomiczne netto | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Koszty ekonomiczne netto | -22 204 079 | -22 901 009 | -23 597 819 | -24 725 074 | -25 851 276 |

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych CUPT i Operatorów.

Tabela 63. Skumulowane przepływy ekonomiczne dla Wariantu „0” bazowego w latach 2034–2038 [w zł netto]

| Wyszczególnienie | 2034 | 2035 | 2036 | 2037 | 2038 |
|------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Przepływy ekonomiczne | -26 978 376 | -28 106 253 | -29 232 734 | -30 319 508 | -31 405 733 |
| Wydatki inwestycyjne | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Wartość rezydualna | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Wydatki eksploatacyjne | -12 519 775 | -12 519 775 | -12 519 775 | -12 519 775 | -12 519 775 |
| Monetyzacja skutków środowiskowych | -14 458 601 | -15 586 478 | -16 712 959 | -17 799 733 | -18 885 957 |
| Korzyści ekonomiczne netto | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Koszty ekonomiczne netto | -26 978 376 | -28 106 253 | -29 232 734 | -30 319 508 | -31 405 733 |

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 | -69 315 252 | 1 657 389 | 1 679 015 | -47 712 974 | 2 843 307 |
| Wydatki inwestycyjne | -69 315 252 | 0 | 0 | -49 413 307 | 0 |
| Wartość rezydualna | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Wydatki eksploatacyjne | 0 | 1 306 105 | 1 306 105 | 1 306 105 | 2 167 448 |
| Efekty środowiskowe | 0 | 351 284 | 372 910 | 394 228 | 675 860 |
| Korzyści ekonomiczne netto | 0 | 1 657 389 | 1 679 015 | 1 700 333 | 2 843 307 |
| Koszty ekonomiczne netto | -69 315 252 | 0 | 0 | -49 413 307 | 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 | 2 876 648 | 2 909 967 | 2 943 245 | -8 710 637 | 3 038 417 |
| Wydatki inwestycyjne | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Wartość rezydualna | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Wydatki eksploatacyjne | 2 167 448 | 2 167 448 | 2 167 448 | -9 534 202 | 2 167 448 |
| Efekty środowiskowe | 709 200 | 742 519 | 775 797 | 823 565 | 870 969 |
| Korzyści ekonomiczne netto | 2 876 648 | 2 909 967 | 2 943 245 | 823 565 | 3 038 417 |
| Koszty ekonomiczne netto | 0 | 0 | 0 | -9 534 202 | 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 | 3 086 131 | -4 580 787 | 3 181 614 | 3 227 599 | 3 273 394 |
| Wydatki inwestycyjne | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Wartość rezydualna | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Wydatki eksploatacyjne | 2 167 448 | -5 547 452 | 2 167 448 | 2 167 448 | 2 167 448 |
| Efekty środowiskowe | 918 683 | 966 665 | 1 014 166 | 1 060 151 | 1 105 946 |
| Korzyści ekonomiczne netto | 3 086 131 | 966 665 | 3 181 614 | 3 227 599 | 3 273 394 |
| Koszty ekonomiczne netto | 0 | -5 547 452 | 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 | -103 200 000 | -8 318 605 | -8 296 979 | -64 975 661 | -13 510 161 |
| Wydatki inwestycyjne | -103 200 000 | 0 | 0 | -56 700 000 | 0 |
| Wartość rezydualna | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Wydatki eksploatacyjne | 0 | -8 669 889 | -8 669 889 | -8 669 889 | -14 186 020 |
| Efekty środowiskowe | 0 | 351 284 | 372 910 | 394 228 | 675 860 |
| Korzyści ekonomiczne netto | 0 | 351 284 | 372 910 | 394 228 | 675 860 |
| Koszty ekonomiczne netto | -103 200 000 | -8 669 889 | -8 669 889 | -65 369 889 | -14 186 020 |

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 | -13 476 820 | -13 443 501 | -13 410 223 | -13 362 455 | -13 315 051 |
| Wydatki inwestycyjne | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Wartość rezydualna | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Wydatki eksploatacyjne | -14 186 020 | -14 186 020 | -14 186 020 | -14 186 020 | -14 186 020 |
| Efekty środowiskowe | 709 200 | 742 519 | 775 797 | 823 565 | 870 969 |
| Korzyści ekonomiczne netto | 709 200 | 742 519 | 775 797 | 823 565 | 870 969 |
| Koszty ekonomiczne netto | -14 186 020 | -14 186 020 | -14 186 020 | -14 186 020 | -14 186 020 |

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 | -13 267 337 | -13 219 355 | -13 171 854 | -13 125 869 | -13 080 074 |
| Wydatki inwestycyjne | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Wartość rezydualna | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Wydatki eksploatacyjne | -14 186 020 | -14 186 020 | -14 186 020 | -14 186 020 | -14 186 020 |
| Efekty środowiskowe | 918 683 | 966 665 | 1 014 166 | 1 060 151 | 1 105 946 |
| Korzyści ekonomiczne netto | 918 683 | 966 665 | 1 014 166 | 1 060 151 | 1 105 946 |
| Koszty ekonomiczne netto | -14 186 020 | -14 186 020 | -14 186 020 | -14 186 020 | -14 186 020 |

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 baterijny:**

-99.602.923 zł.

• **Wariant „2” – elektryczny wodorowy:**

-331.173.944 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” | -96 035 712 |
| Wariant „2” | -282 863 753 |
| ERR | |
| Wariant „1” | -19,61% |
| Wariant „2” | Nieosiągalne do obliczenia |
| BCR | |
| Wariant „1” | 0,26 |
| Wariant „2” | 0,03 |

Źródło: opracowanie własne.

Z punktu widzenia oceny finansowej realizacji poszczególnych Wariantów należy wskazać, że zarówno inwestycja w Wariacie „1”, jak i w Wariacie „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. 86% 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 | -9 426 874 | 1 657 389 | 1 679 015 | -5 019 877 | 2 843 307 |
| Wydatki inwestycyjne | -9 426 874 | 0 | 0 | -6 720 210 | 0 |
| Wartość rezydualna | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Wydatki eksploatacyjne | 0 | 1 306 105 | 1 306 105 | 1 306 105 | 2 167 448 |
| Efekty środowiskowe | 0 | 351 284 | 372 910 | 394 228 | 675 860 |
| Korzyści ekonomiczne netto | 0 | 1 657 389 | 1 679 015 | 1 700 333 | 2 843 307 |
| Koszty ekonomiczne netto | -9 426 874 | 0 | 0 | -6 720 210 | 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 | 2 876 648 | 2 909 967 | 2 943 245 | -8 710 637 | 3 038 417 |
| Wydatki inwestycyjne | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Wartość rezydualna | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Wydatki eksploatacyjne | 2 167 448 | 2 167 448 | 2 167 448 | -9 534 202 | 2 167 448 |
| Efekty środowiskowe | 709 200 | 742 519 | 775 797 | 823 565 | 870 969 |
| Korzyści ekonomiczne netto | 2 876 648 | 2 909 967 | 2 943 245 | 823 565 | 3 038 417 |
| Koszty ekonomiczne netto | 0 | 0 | 0 | -9 534 202 | 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 | 3 086 131 | -4 580 787 | 3 181 614 | 3 227 599 | 3 273 394 |
| Wydatki inwestycyjne | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Wartość rezydualna | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Wydatki eksploatacyjne | 2 167 448 | -5 547 452 | 2 167 448 | 2 167 448 | 2 167 448 |
| Efekty środowiskowe | 918 683 | 966 665 | 1 014 166 | 1 060 151 | 1 105 946 |
| Korzyści ekonomiczne netto | 3 086 131 | 966 665 | 3 181 614 | 3 227 599 | 3 273 394 |
| Koszty ekonomiczne netto | 0 | -5 547 452 | 0 | 0 | 0 |

Źródło: opracowanie własne.

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

| Wyszczególnienie | Wartość |
|------------------|---------|
| ENPV | 40 607 |
| ERR | 3,05% |
| BCR | 1,10 |

Źródło: opracowanie własne.

W konsekwencji uwzględnienia ekonomiczna efektywność inwestycji generuje w skumulowanych przepływach ekonomicznych korzyści ekonomiczne ENPV>0, ERR jest równy realizacji niniejszego wariantu, dofinansowania 3,05%, a współczynnik korzyści do kosztów BCR unijnego na poziomie 86% wydatków inwestycyjnych (kosztów kwalifikowalnych) wynosi 1,10.

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 | -14 035 200 | -8 318 605 | -8 296 979 | -15 986 861 | -13 510 161 |
| Wydatki inwestycyjne | -14 035 200 | 0 | 0 | -7 711 200 | 0 |
| Wartość rezydualna | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Wydatki eksploatacyjne | 0 | -8 669 889 | -8 669 889 | -8 669 889 | -14 186 020 |
| Efekty środowiskowe | 0 | 351 284 | 372 910 | 394 228 | 675 860 |
| Korzyści ekonomiczne netto | 0 | 351 284 | 372 910 | 394 228 | 675 860 |
| Koszty ekonomiczne netto | -14 035 200 | -8 669 889 | -8 669 889 | -16 381 089 | -14 186 020 |

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 | -13 476 820 | -13 443 501 | -13 410 223 | -13 362 455 | -13 315 051 |
| Wydatki inwestycyjne | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Wartość rezydualna | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Wydatki eksploatacyjne | -14 186 020 | -14 186 020 | -14 186 020 | -14 186 020 | -14 186 020 |
| Efekty środowiskowe | 709 200 | 742 519 | 775 797 | 823 565 | 870 969 |
| Korzyści ekonomiczne netto | 709 200 | 742 519 | 775 797 | 823 565 | 870 969 |
| Koszty ekonomiczne netto | -14 186 020 | -14 186 020 | -14 186 020 | -14 186 020 | -14 186 020 |

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 | -13 267 337 | -13 219 355 | -13 171 854 | -13 125 869 | -13 080 074 |
| Wydatki inwestycyjne | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Wartość rezydualna | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Wydatki eksploatacyjne | -14 186 020 | -14 186 020 | -14 186 020 | -14 186 020 | -14 186 020 |
| Efekty środowiskowe | 918 683 | 966 665 | 1 014 166 | 1 060 151 | 1 105 946 |
| Korzyści ekonomiczne netto | 918 683 | 966 665 | 1 014 166 | 1 060 151 | 1 105 946 |
| Koszty ekonomiczne netto | -14 186 020 | -14 186 020 | -14 186 020 | -14 186 020 | -14 186 020 |

Źródło: opracowanie własne.

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

| Wyszczególnienie | Wartość |
|------------------|--------------------------|
| ENPV | -152 770 072 |
| ERR | Niemożliwe do obliczenia |
| BCR | 0,05 |

Źródło: opracowanie własne.

W konsekwencji uwzględnienia w skumulowanych przepływach finansowych realizacji Inwestycji dofinansowania zewnętrznego na poziomie 86% wydatków kwalifikowalnych ekonomiczna efektywność Inwestycji wynosi dla:

- Wariantu „1”: zdyskontowana ekonomiczna wartość bieżąca ENPV: 40.607 PLN i ekonomiczna stopa zwrotu ERR 3,05%;
- Wariantu „2”: zdyskontowana ekonomiczna wartość bieżąca ENPV: -152.770.072 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 Wariacie „1” w całym okresie trwania projektu, czyli korzyści ekonomiczne (ENPV>0).

10. Analiza wrażliwości

W celu wytypowania kluczowych zmiennych krytycznych wykorzystano projektowane zmiany najważniejszych czynników wpływających na decyzję o zakupie taboru o napędzie zeroemisyjnym.

Analizie podlegał Wariant „1” z uwzględnieniem dotacji, ponieważ okazał się najkorzystniejszy – posiadał najwyższą rentowność (ENPV>0, tj. 40.607 PLN, ERR = 3,05%).

W ramach zmiennych poddanych analizie wrażliwości wytypowano zmianę następujących czynników:

- wartość Inwestycji;
- koszty energii elektrycznej;
- koszty napraw i konserwacji taboru;
- koszty wymiany baterii;
- zmianę liczby wozokilometrów.

Wyniki analizy wrażliwości zaprezentowano w poniższej tabeli.

Tabela 79. Analiza wrażliwości – zmienne krytyczne Inwestycji

| Analiza wrażliwości | ENPV | ERR | Zmiana ENPV (%) | Zmiana ERR (p.p.) |
|---|----------|-------|-----------------|-------------------|
| Wartości bazowe - wariant optymalny | 40 607 | 3,05% | | |
| Zmiana kosztów wymiany baterii o +1% | -103 187 | 2,87% | -354,11% | -0,18% |
| Zmiana wartości inwestycji o +1% | -342 053 | 2,57% | -942,35% | -0,48% |
| Zmiana kosztów energii elektrycznej o +1% | -845 456 | 1,90% | -2182,04% | -1,15% |
| Zmiana kosztów napraw i konserwacji o +1% | -95 823 | 2,88% | -335,97% | -0,18% |
| Zmiana ilości wzkm o -1% | -328 536 | 2,58% | -909,06% | -0,48% |

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.

Maksymalne możliwe wartości, które spowodują spadek wskaźnika NPV do 0 dla czynników krytycznych są następujące:

Tabela 80. Analiza wrażliwości – progowe wartości zmiennych

| Analiza wrażliwości | Zmiana % |
|-------------------------------------|----------|
| Zmiana wartości Inwestycji | +0,10 |
| Zmiana kosztów energii elektrycznej | +0,04 |
| Zmiana kosztów napraw i konserwacji | +0,30 |
| Zmiana kosztów wymiany baterii | +0,28 |
| Zmiana liczby wzkm | -0,11 |

Źródło: opracowanie własne.

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

elektrycznej, której maksymalny poziom odchylenia wynosi 0,04%.

11. Analiza ryzyka

11.1. 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 81. Zdefiniowane aktywne⁴⁶ 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. |

⁴⁶ 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 | Skrócenie maksymalnego dystansu pojazdu, dzięki czemu uzyskany zostanie | Monitoring ryzyka prowadzony będzie w fazie |

| L.p. | Identyfikacja ryzyka | Wpływ zidentyfikowanego ryzyka na realizację projektu | Strategia przeciwdziałania (sposób ograniczenia ryzyka) | Monitoring ryzyka |
|------|---|--|---|--|
| | | <p>mróz wpływają na ryzyko zniszczeń sieci przesyłowych, a także uszkodzenia infrastruktury.</p> <p>Ww. uwarunkowania mogą negatywnie wpłynąć na funkcjonowanie sieci dystrybucyjnej oraz eksploatację pojazdów, w tym szczególnie pojazdów elektrycznych.</p> | <p>„zapas” energii, który będzie mógł zostać wykorzystany w sytuacjach nadzwyczajnych.</p> <p>Wprowadzenie wymogu, na etapie zakupu taboru, o konieczności wykorzystania wysokiej klasy materiałów, odpornych na szkodliwe oddziaływanie warunków atmosferycznych.</p> | <p>przygotowawczej projektu, podczas realizacji robót, a także przez cały okres eksploatacji.</p> |
| 7. | Brak umiejętności kierowania pojazdem elektrycznym przez kadrę. | <p>Skrócenie maksymalnego dystansu pojazdu.</p> <p>Konieczność częstszych ładowania pojazdów.</p> <p>Wydłużenie przerw na ładowanie pojazdów.</p> | <p>Organizacja specjalistycznych kursów i szkoleń dla kierowców pojazdów zeroemisyjnych.</p> | <p>Monitoring ryzyka będzie prowadzony na początku wdrożenia projektu oraz w całym okresie eksploatacji.</p> |
| 8. | Szybka eksploatacja baterii (w przypadku zakupu floty pojazdów elektrycznych). | <p>Konieczność częstej wymiany baterii w pojazdach elektrycznych, co bezpośrednio związane jest ze wzrostem kosztów eksploatacyjnych oraz koniecznością utylizacji zużytych baterii.</p> | <p>Stosowanie zrównoważonego systemu ładowania, odpowiedniego do każdego rodzaju pojazdu.</p> <p>Problem utylizacji baterii z samochodów elektrycznych zostanie rozwiązany poprzez:</p> <ul style="list-style-type: none"> – wykorzystanie baterii, które utraciły swoją sprawność i nie mogą już być wykorzystywane w pojazdach, do tzw. magazynów energii; – recykling baterii. | <p>Monitoring ryzyka będzie prowadzony w całym okresie eksploatacji.</p> |
| 9. | Wyższe od spodziewanych koszty inwestycyjne. | <p>Konieczność pozyskania środków finansowych ze źródeł zewnętrznych lub ograniczenie</p> | <p>Stały monitoring budżetu oraz odpowiednie zabezpieczenie środków</p> | <p>Monitoring ryzyka będzie prowadzony do momentu</p> |

| L.p. | Identyfikacja ryzyka | Wpływ zidentyfikowanego ryzyka na realizację projektu | Strategia przeciwdziałania (sposób ograniczenia ryzyka) | Monitoring ryzyka |
|------|---|--|--|--|
| | | zakresu Inwestycji, co przełoży się na mniejszy rezultat i korzyści. Obniżenie rentowości Inwestycji. | finansowych na zaplanowane działania. | wyboru odpowiedniego dostawcy taboru 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. | Szacowanie kosztów Inwestycji na podstawie analizy rynku dostawców i wykonawców oraz podobnych ofert przetargowych | Monitoring ryzyka będzie prowadzony do momentu wyboru odpowiedniego dostawcy taboru zeroemisyjnego |

| L.p. | Identyfikacja ryzyka | Wpływ zidentyfikowanego ryzyka na realizację projektu | Strategia przeciwdziałania (sposób ograniczenia ryzyka) | Monitoring ryzyka |
|------|--|---|--|--|
| | | Konieczność pozyskania dodatkowych środków na realizację przedsięwzięcia. | prowadzonych w innych miastach. | i infrastruktury towarzyszącej. Monitoring zostanie 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 rentowości Inwestycji. | Brak możliwości ograniczenia ryzyka na tym poziomie. | Monitoring ryzyka będzie prowadzony w całym okresie eksploatacji. |

Źródło: opracowanie własne.






11.2. 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 82. 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 83. 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**.

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

12. Wnioski i rekomendacje

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

1) Miasto Szczecin, 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 (365 szt.) i realizacji Inwestycji polegającej na wymianie 94 szt. pojazdów na pojazdy zeroemisyjne, Miasto spełni wymogi wynikające z Ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych.

4) Struktura klas wielkości 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. Ulec może jedynie pojemność pojazdów w danej klasie wielkości, co wynika z ewentualnej ilości miejsca wewnątrz pojazdów elektrycznych, która może ulec zmniejszeniu

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 szczecińska sieć komunikacyjna.

11) Projekt rozwoju elektromobilności dla Miasta Szczecin 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. 86%.

13) Rekomendacja ta nie oznacza jednak, że Miasto Szczecin 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 udział 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.

14) 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 Wariacie „1” w całym okresie trwania projektu, czyli korzyści ekonomiczne ($ENPV > 0$).

Spis tabel

| | | | |
|---|----|---|----|
| Tabela 1 Zmiany liczby ludności od 2018 r. na terenie objętym komunikacją miejską organizowaną przez Miasto Szczecin..... | 16 | Tabela 27. Szczegółowa charakterystyka linii nr 75 – predysponowanej linii do elektryfikacji | 62 |
| Tabela 2. Struktura ludności..... | 17 | Tabela 28. Szczegółowa charakterystyka linii nr 85 – predysponowanej linii do elektryfikacji | 63 |
| Tabela 3 Rodzaje funkcjonującej komunikacji..... | 19 | Tabela 29. Szczegółowa charakterystyka linii nr 86 – predysponowanej linii do elektryfikacji | 64 |
| Tabela 4 Zakres terytorialny obsługi operatorów..... | 20 | Tabela 30. Szczegółowa charakterystyka linii nr 99 – predysponowanej linii do elektryfikacji | 65 |
| Tabela 5 Podział linii obsługujących komunikację miejską w Szczecinie..... | 20 | Tabela 31 Założenia ekonomiczno-finansowe analizy [w zł netto]..... | 68 |
| Tabela 6 Podział realizowanych i planowanych wzmk ze względu na operatora w latach 2023-2025..... | 21 | Tabela 32. Wartość nakładów inwestycyjnych dla Wariantu "0" bazowego w latach 2024-2028 [w zł netto] | 70 |
| Tabela 7 Tabor szynowy szczecińskiej komunikacji miejskiej..... | 21 | Tabela 33. Wartość nakładów inwestycyjnych dla Wariantu "1" elektrycznego bateryjnego w latach 2024-2028 [w zł netto]..... | 70 |
| Tabela 8 Zestawienie taboru autobusowego wykorzystywanego do obsługi sieci komunikacyjnej ze względu na długość pojazdu | 28 | Tabela 34. Wartość nakładów inwestycyjnych dla Wariantu "2" elektrycznego wodorowego w latach 2024-2028 [w zł netto]..... | 70 |
| Tabela 9 Wiek taboru | 30 | Tabela 35. Wartość wydatków eksploatacyjnych Wariantów w latach 2024-2028 [w zł netto]..... | 72 |
| Tabela 10. Przyjęte wskaźniki emisji zanieczyszczeń dla pojazdów w podziale na normę emisji spalin | 30 | Tabela 36. Wartość wydatków eksploatacyjnych Wariantów w latach 2029-2033 [w zł netto]..... | 73 |
| Tabela 11. Wskaźniki jednostkowej emisji zanieczyszczeń przy produkcji energii elektrycznej .. | 31 | Tabela 37. Wartość wydatków eksploatacyjnych Wariantów w latach 2034-2038 [w zł netto]..... | 74 |
| Tabela 12. Emisja spalin autobusów komunikacji miejskiej Miasta Szczecin przed wymianą floty autobusów | 32 | Tabela 38. Przepływy finansowe realizacji Inwestycji dla Wariantów w latach 2024-2028 [w zł netto]..... | 76 |
| Tabela 13. Analiza jakościowa ryzyka – skala prawdopodobieństwa..... | 39 | Tabela 39. Przepływy finansowe realizacji Inwestycji dla Wariantów w latach 2029-2033 [w zł netto]..... | 76 |
| Tabela 14. Analiza jakościowa ryzyka – siła oddziaływania | 39 | Tabela 40. Przepływy finansowe realizacji Inwestycji dla Wariantów w latach 2034-2038 [w zł netto]..... | 76 |
| Tabela 15. Matryca ryzyka – klasyfikacja poziomu ryzyka | 39 | Tabela 41. Ocena efektywności finansowej Wariantów [PLN; %]..... | 77 |
| Tabela 16. Matryca ryzyka – sposób działania..... | 39 | Tabela 42. Emisja spalin autobusów komunikacji miejskiej Miasta Szczecin przed wymianą floty autobusów | 78 |
| Tabela 17 Przyjęta struktura taboru do wymiany w ramach Wariantu „0”..... | 45 | Tabela 43. Emisja spalin autobusów komunikacji miejskiej Miasta Szczecin po wymianie floty autobusów | 79 |
| Tabela 18. Przyjęta struktura taboru do wymiany w ramach Wariantu „1” | 49 | Tabela 44. Klasy stref dla poszczególnych zanieczyszczeń dla strefy aglomeracja szczecińska i strefy zachodniopomorskiej..... | 81 |
| Tabela 19. Przyjęta struktura taboru do wymiany w ramach Wariantu „2” | 51 | Tabela 45. Wartość skutków środowiskowych dla Wariantu "0" bazowego w latach 2024–2028 [j.n.] | 85 |
| Tabela 20 Analiza rozkładów jazdy | 54 | Tabela 46. Wartość skutków środowiskowych dla Wariantu "0" bazowego w latach 2029–2033 [j.n.] | 86 |
| Tabela 21. Szczegółowa charakterystyka linii nr 58 – predysponowanej linii do elektryfikacji..... | 56 | Tabela 47. Wartość skutków środowiskowych dla Wariantu "0" bazowego w latach 2034–2038 [j.n.] | 86 |
| Tabela 22. Szczegółowa charakterystyka linii nr 59 – predysponowanej linii do elektryfikacji..... | 57 | Tabela 48. Zmonetyzowane skutki środowiskowe dla Wariantu "0" bazowego w latach 2024–2028 [j.n.] | 87 |
| Tabela 23 Szczegółowa charakterystyka linii nr 63 – predysponowanej linii do elektryfikacji..... | 58 | | |
| Tabela 24. Szczegółowa charakterystyka linii nr 66 – predysponowanej linii do elektryfikacji..... | 59 | | |
| Tabela 25. Szczegółowa charakterystyka linii nr 68 – predysponowanej linii do elektryfikacji..... | 60 | | |
| Tabela 26. Szczegółowa charakterystyka linii nr 75 – predysponowanej linii do elektryfikacji..... | 61 | | |

| | | | |
|---|----|---|-----|
| Tabela 49. Zmonetyzowane skutki środowiskowe dla Wariantu "0" bazowego w latach 2029–2033 [j.n.]..... | 87 | Tabela 65. Skumulowane przepływy ekonomiczne dla Wariantu „1” w latach 2029–2033 [w zł netto]..... | 93 |
| Tabela 50. Zmonetyzowane skutki środowiskowe dla Wariantu "0" bazowego w latach 2034–2038 [j.n.]..... | 87 | Tabela 66. Skumulowane przepływy ekonomiczne dla Wariantu „1” w latach 2034–2038 [w zł netto]..... | 93 |
| Tabela 51. Wartość skutków środowiskowych dla Wariantu "1" w latach 2034–2038 [j.n.]..... | 88 | Tabela 67. Skumulowane przepływy ekonomiczne dla Wariantu „2” w latach 2024–2028 [w zł netto]..... | 93 |
| Tabela 52. Wartość skutków środowiskowych dla Wariantu "2" w latach 2024–2028 [j.n.]..... | 88 | Tabela 68. Skumulowane przepływy ekonomiczne dla Wariantu „2” w latach 2029–2033 [w zł netto]..... | 94 |
| Tabela 53. Wartość skutków środowiskowych dla Wariantu "2" w latach 2029–2033 [j.n.]..... | 89 | Tabela 69. Skumulowane przepływy ekonomiczne dla Wariantu „2” w latach 2034–2038 [w zł netto]..... | 94 |
| Tabela 54. Wartość skutków środowiskowych dla Wariantu "2" w latach 2034–2038 [j.n.]..... | 89 | Tabela 70. Ocena ekonomicznej efektywności wariantów [PLN; %]..... | 95 |
| Tabela 55. Zmonetyzowane skutki środowiskowe dla Wariantu "1" w latach 2024–2028 [j.n.]..... | 90 | Tabela 71. Skumulowane przepływy ekonomiczne dla Wariantu „1” wraz z dotacją w latach 2024–2028 [zł]..... | 95 |
| Tabela 56. Zmonetyzowane skutki środowiskowe dla Wariantu "1" w latach 2029–2033 [j.n.]..... | 90 | Tabela 72. Skumulowane przepływy ekonomiczne dla Wariantu „1” wraz z dotacją w latach 2029–2033 [zł]..... | 95 |
| Tabela 57. Zmonetyzowane skutki środowiskowe dla Wariantu "1" w latach 2034–2038 [j.n.]..... | 90 | Tabela 73. Skumulowane przepływy ekonomiczne dla Wariantu „1” wraz z dotacją w latach 2034–2038 [zł]..... | 96 |
| Tabela 58. Zmonetyzowane skutki środowiskowe dla Wariantu "2" w latach 2024–2028 [j.n.]..... | 91 | Tabela 74. Ocena ekonomicznej efektywności Wariant „1” [PLN; %]..... | 96 |
| Tabela 59. Zmonetyzowane skutki środowiskowe dla Wariantu "2" w latach 2029–2033 [j.n.]..... | 91 | Tabela 75. Skumulowane przepływy ekonomiczne dla Wariantu „2” wraz z dotacją w latach 2024–2028 [zł]..... | 96 |
| Tabela 60. Zmonetyzowane skutki środowiskowe dla Wariantu "2" w latach 2034–2038 [j.n.]..... | 91 | Tabela 76. Skumulowane przepływy ekonomiczne dla Wariantu „2” wraz z dotacją w latach 2029–2033 [zł]..... | 96 |
| Tabela 61. Skumulowane przepływy ekonomiczne dla Wariantu „0” bazowego w latach 2024–2028 [w zł netto]..... | 92 | Tabela 77. Skumulowane przepływy ekonomiczne dla Wariantu „2” wraz z dotacją w latach 2034–2038 [zł]..... | 97 |
| Tabela 62. Skumulowane przepływy ekonomiczne dla Wariantu „0” bazowego w latach 2029–2033 [w zł netto]..... | 92 | Tabela 78. Ocena ekonomicznej efektywności Wariant „2” [PLN; %]..... | 97 |
| Tabela 63. Skumulowane przepływy ekonomiczne dla Wariantu „0” bazowego w latach 2034–2038 [w zł netto]..... | 92 | Tabela 79. Analiza wrażliwości – zmienne krytyczne Inwestycji..... | 98 |
| Tabela 64. Skumulowane przepływy ekonomiczne dla Wariantu „1” w latach 2024–2028 [w zł netto]..... | 93 | Tabela 80. Analiza wrażliwości – progowe wartości zmiennych..... | 98 |
| | | Tabela 81. Zdefiniowane aktywne ryzyka..... | 99 |
| | | Tabela 82. Matryca ryzyka – klasyfikacja poziomu ryzyka..... | 104 |
| | | Tabela 83. Matryca ryzyka – sposób działania..... | 104 |

Spis rysunków

| | |
|--|----|
| Rysunek 1 Schemat Szczecińskiej Kolei Metropolitalnej Źródło: https://skm.szczecin.pl/ | 27 |
|--|----|

Spis wykresów

| | |
|--|----|
| Wykres 1 .Zmiany liczby ludności od 2018 roku na terenie Miasta Szczecin Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS..... | 16 |
| Wykres 2 Liczba podmiotów gospodarki narodowej wpisanych do rejestru REGON w Mieście Szczecin w latach 2018-2023..... | 18 |
| Wykres 3 Normy emisji spalin Źródło: opracowanie własne na podstawie danych przekazanych przez operatorów..... | 29 |
| Wykres 4. Normy emisji spalin całej floty autobusów | 29 |
| Wykres 5. Struktura wieku taboru | 29 |
| Wykres 6. Zmiany liczby pasażerów szczecińskiej komunikacji miejskiej..... | 33 |
| Wykres 7. Zależność między stopą dyskontową a wartością NPV..... | 36 |
| Wykres 8 Łączna wartość nakładów inwestycyjnych dla poszczególnych wariantów [w zł netto] | 69 |
| Wykres 9. Łączna wartość wydatków eksploatacyjnych realizacji Inwestycji dla poszczególnych wariantów w latach 2024-2038 [w zł netto]..... | 75 |