

**ANALIZA KOSZTÓW
I KORZYŚCI ZWIĄZANYCH
Z WYKORZYSTANIEM
AUTOBUSÓW
ZEROEMISYJNYCH PRZY
ŚWIADCZENIU USŁUG
W KOMUNIKACJI
MIEJSKIEJ
ORGANIZOWANEJ PRZEZ
GMINĘ MIASTO STARGARD**

Projekt do konsultacji społecznych



Stargard, lipiec 2021 r.

Gmina Miasto Stargard



Autorami „Analizy kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług w komunikacji miejskiej organizowanej przez Gminę Miasto Stargard” są członkowie zespołu specjalistów spółki REFUNDA z Wrocławia.



www.refunda.pl

Spis treści

4

UŻYTE POJĘCIA, SKRÓTY I AKRONIMY

6

PODSTAWY PRZEPROWADZONEJ ANALIZY

- Uwarunkowania techniczne i prawne
- Konsultacje społeczne
- Cel opracowania
- Skrócona charakterystyka obszaru funkcjonowania systemu komunikacji
- Pogłębiona analiza eksploatacyjna przewozów w komunikacji miejskiej na terenie Miasta Stargard oraz Gmin, z którymi Miasto Stargard zawarło porozumienia międzygminne w sprawie organizacji publicznego transportu zbiorowego
- Charakterystyka floty Operatora komunikacji miejskiej
- Analiza parametrów eksploatacyjnych sieci komunikacyjnej

32

METODYKA ANALIZY

- Dane
- Zastosowane metody
- Procedura Analizy

40

ANALIZA WARIANTÓW STRATEGICZNYCH EKSPLOATACJI POJAZDÓW Z RÓŻNYMI NAPĘDAMI

- Wyznaczenie linii komunikacji miejskiej przeznaczonych do obsługi przez autobusy zeroemisyjne
- Analiza opcji inwestycyjnych
- Porównanie alternatywnych wariantów inwestycyjnych

58

WYNIKI ANALIZY

- Analiza finansowo-ekonomiczna
- Oszacowanie efektów środowiskowych
- Analiza ekonomiczno-społeczna
- Wariantowa analiza społeczno-ekonomiczna wraz z wyceną kosztów związanych z emisją szkodliwych substancji

89

ANALIZA WRAŻLIWOŚCI

- Kluczowe zmienne krytyczne
- Wartości progowe zmiennych krytycznych

90

ANALIZA RYZYKA

- Czynniki ryzyka w projekcie
- Matryca ryzyka

94

WNIOSKI I REKOMENDACJE

95

WSKAZANIA DOTYCZĄCE KONIECZNOŚCI AKTUALIZACJI PLANU ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU PUBLICZNEGO TRANSPORTU ZBIOROWEGO W OPARCIU O REKOMENDOWANE ROZWIĄZANIA

97

SPISY

- Spis tabel
- Spis wykresów
- Spis rysunków

Użyte pojęcia, skróty i akronimy

AKK/ Analiza - Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług w komunikacji miejskiej organizowanej przez Gminę Miasto Stargard.

Autobus zeroemisyjny – autobus w rozumieniu art. 2 pkt 41 Prawa o ruchu drogowym, wykorzystujący do napędu energię elektryczną wytworzoną z wodoru w zainstalowanych w nim ogniwach paliwowych lub wyłącznie silnik, którego cykl pracy nie prowadzi do emisji gazów cieplarnianych lub innych substancji objętych systemem zarządzania emisjami gazów cieplarnianych, o którym mowa w ustawie z dnia 17 lipca 2009 r. o systemie zarządzania emisjami gazów cieplarnianych i innych substancji oraz trolejbus w rozumieniu art. 2 pkt 83 ustawy Prawo o ruchu drogowym.

BEV – elektryczne pojazdy bateryjne.

CUPT - Centrum Unijnych Projektów Transportowych.

EEV – norma emisji spalin, gdzie emisja cząstek sadzy jest około 50% niższa niż w przypadku wartości wymaganych przez EURO 5. EEV to termin używany w europejskich normach emisji dla definicji „czystego pojazdu”. Norma mieści się pomiędzy poziomami EURO 5 i EURO 6.

EV – pojazdy o napędzie elektrycznym.

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

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

FCEV – elektryczne samochody wodorowe.

Flota użytkowanych pojazdów – łączna liczba użytkowanych autobusów i trolejbusów, w tym autobusów zeroemisyjnych, z uwzględnieniem autobusów i trolejbusów rezerwowych, służących wykonywaniu przewozów dla danego organizatora, z wyłączeniem pojazdów szynowych (metro, tramwaje).

Gminy ościenne – gminy, z którymi Gmina Miasto Stargard zawarła porozumienia międzygminne w zakresie organizacji publicznego transportu zbiorowego.

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 jednoczlony o długości ok. 12 metrów.

MEGA – autobus o długości od 15 do 18,75 metrów.

Miasto/ Miasto Stargard– Gmina Miasto Stargard.

MIDI - autobus jednoczlony o długości ok. 8 - 10 metrów.

MINI - autobus jednoczlony o długości do 8 metrów.

MPK Sp. z o. o./ Spółka – Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacji Sp. z o.o. w Stargardzie.

MWh – megawatogodzina

Napęd elektryczny – pojazd wyposażony wyłącznie w silnik elektryczny.

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

Operator publicznego transportu zbiorowego - Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacji Sp. z o.o. w Stargardzie.

Organizator publicznego transportu zbiorowego - Gmina Miasto Stargard.

Pojazd elektryczny – pojazd samochodowy w rozumieniu art. 2 pkt 33 Prawa 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 Prawa o ruchu drogowym, wykorzystujący do napędu energię elektryczną wytworzoną z wodoru w zainstalowanych w nim ogniach paliwowych. W opracowaniu nazywany także autobusem wyposażonym w ogniwa paliwowe lub autobusem wodorowym.

PTZ - Publiczny transport zbiorowy.

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 małej mocy (do 22 kW) lub dużej mocy (o mocy większej niż 22 kW).

Prędkość eksploatacyjna – przeciętna prędkość z uwzględnieniem czasu postoju na przystankach pośrednich i długości przerw międzykursowych.

Prędkość komunikacyjna – przeciętna prędkość z uwzględnieniem czasu postoju na przystankach pośrednich.

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 bądź energią elektryczną.

UE – Unia Europejska.

Ustawa o elektromobilności i paliwach alternatywnych/UoEiPA/ Ustawa - ustawa z dnia 11 stycznia o 2018 roku o elektromobilności i paliwach alternatywnych (Dz.U.2021 poz. 110 t.j.).

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

Wzkm – wozokilometr.

ZCP – Zintegrowane Centrum Przesiadkowe.

Zrównoważony transport – idea efektywnej, ekonomicznej i ekologicznej komunikacji.

1. Podstawy przeprowadzonej analizy

1.1. Uwarunkowania techniczne i prawne

1.1.1. Uwarunkowania prawne

Kwestie elektromobilności od wielu lat są regulowane przez krajowego i unijnego prawodawcę. Wynika to 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 roku 2017 polski rząd przyjął *Plan Rozwoju Elektromobilności* w celu stworzenia dogodnych warunków do rozwoju elektromobilności między innymi w przedsiębiorstwach komunikacji miejskiej. Cele, jakie zostały określone w *Krajowych ramach polityki rozwoju*, jak i w *Planie Rozwoju Elektromobilności* do poprawnej realizacji wymagały interwencji ustawodawcy w postaci uchwalenia ustawy o elektromobilności¹, która stanowi również transpozycję *Dyrektywy 2014/94/UE*.

Ustawa o elektromobilności i paliwach alternatywnych, która weszła w życie w 2018 roku, nałożyła obowiązek na jednostki samorządu terytorialnego, aby podmioty publiczne posiadały odpowiednią liczbę pojazdów o napędzie zeroemisyjnym. Tym samym UoEiPA

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

Decyzja o opłacalności wprowadzenia pojazdów zeroemisyjnych do floty użytkowanych pojazdów w komunikacji miejskiej, a także zakres wymaganych inwestycji, mają wynikać z analizy kosztów i korzyści, o której mowa w art. 37 UoEiPA. Gmina Stargard z liczbą mieszkańców 67 579², pełniąc funkcję Organizatora przewozów o charakterze komunikacji miejskiej, jest zatem ustawowo jednostką samorządu terytorialnego zobowiązaną do sporządzenia analizy kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych.

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

| | | |
|------------|---|-----|
| 01/01/2021 |  | 5% |
| 01/01/2023 |  | 10% |
| 01/01/2025 |  | 20% |
| 01/01/2028 |  | 30% |

Pierwsza *Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych dla publicznego transportu zbiorowego organizowanego przez Gminę Miasto Stargard* została wykonana zgodnie z UoEiPA w 2018 roku. Ww. Ustawa zobowiązała również jednostki samorządu terytorialnego, o których mowa w art. 36 UoEiPA, do sporządzenia **co 36 miesięcy** przedmiotowej AKK oraz zapewnienia możliwości udziału społeczeństwa w jej opracowaniu.

W przypadku, gdy wyniki AKK wskazują na brak korzyści z wykorzystania autobusów zeroemisyjnych, JST, o której mowa w art. 36, może nie realizować obowiązku osiągnięcia poziomu udziału autobusów zeroemisyjnych, przy czym ma obowiązek przeprowadzić nową analizę po kolejnych 36 miesiącach.

¹ Ustawa z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (Dz.U.2021.110 t.j.).

² Źródło: Główny Urząd Statystyczny, stan na 31 grudnia 2020 r.

Podstawowe materiały oraz akty prawne zgodnie z którymi wykonana została AKK:

Prawodawstwo unijne:

- 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;
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/94/UE z dnia 22 października 2014 r. w sprawie rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych.

Akty prawne w prawodawstwie krajowym:

- ustawa z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym (Dz.U.2020 poz. 1944 t.j.);
- ustawa z dnia 6 września 2001 r. o transporcie drogowym (Dz.U.2021 poz. 919 t.j.);
- ustawa z dnia 20 czerwca 1997 r. Prawo o ruchu drogowym (Dz.U.2021 poz. 450 t.j.);
- ustawa z dnia 15 listopada 1984 r. prawo przewozowe (Dz.U.2020 poz. 8 t.j.);
- ustawa z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (Dz.U.2021 poz.110 t.j.);
- ustawa z dnia 17 lipca 2009 r. o systemie zarządzania emisjami gazów cieplarnianych i innych substancji (Dz.U.2020 poz. 1077 t.j.);
- ustawa z dnia 8 marca 1990 r. o samorządzie gminnym (Dz.U.2020 poz.713 t.j.).

Akty prawa miejscowego:

- Uchwała nr II/19/2018 Rady Miejskiej w Stargardzie z dnia 18 grudnia 2018 r. w sprawie uchwalenia „Programu Ochrony Środowiska dla Gminy Miasto Stargard na lata 2018-2021 z perspektywą na lata 2022-2025”;
- „Program ochrony powietrza dla strefy aglomeracja szczecińska ze względu na przekroczenie poziomu docelowego benzo(a)pirenu”;

- uchwała nr XXXIX/459/2014 Rady Miejskiej w Stargardzie Szczecińskim z dnia 27 maja 2014 r. w sprawie przyjęcia „Planu zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego dla Stargardu Szczecińskiego oraz gmin, z którymi zawarte zostały porozumienia międzygminne w zakresie organizacji publicznego transportu zbiorowego”;
- uchwała nr II/39/2018 Rady Miejskiej w Stargardzie z dnia 18 grudnia 2018 r. w sprawie określenia przystanków komunikacyjnych, których właścicielem lub zarządzającym jest Gmina Miasto Stargard oraz warunków i zasad korzystania z tych przystanków.

Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych dla publicznego transportu zbiorowego organizowanego przez Gminę Miasto Stargard została opracowana w oparciu o następujące dokumenty:

- „Niebieska Księga. Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach”; Nowa edycja, opracowanie JASPERS, sierpień 2015 r.;
- „Przewodnik po analizie kosztów i korzyści projektów inwestycyjnych. Narzędzie analizy ekonomicznej polityki spójności 2014-2020”, opracowanie Komisja Europejska, grudzień 2014 r. (<https://www.mos.gov.pl>);
- „Najlepsze praktyki w analizach kosztów i korzyści projektów transportowych współfinansowanych ze środków unijnych”, opracowanie CUPT grudzień 2014 r.
- „Praktyczny przewodnik dla samorządów – zasady opracowania analizy kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych”.
- Wytyczne w zakresie zagadnień związanych z przygotowaniem projektów inwestycyjnych, w tym projektów generujących dochodów i projektów hybrydowych na lata 2014-2020.

1.1.2. Uwarunkowania techniczne

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

Autobus elektryczny

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 (300-600kW). 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 masztu 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.

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.

Autobus elektryczny z ogniwem paliwowym

Autobusy elektryczne z podstawą zasilania energią elektryczną wytwarzaną podczas jazdy w ogniwie paliwowym zasilanym wodorem (H_2) wyposażone są dodatkowo w baterie, które mają za zadanie poprawić wydajność i umożliwić rekuperację energii podczas hamowania.

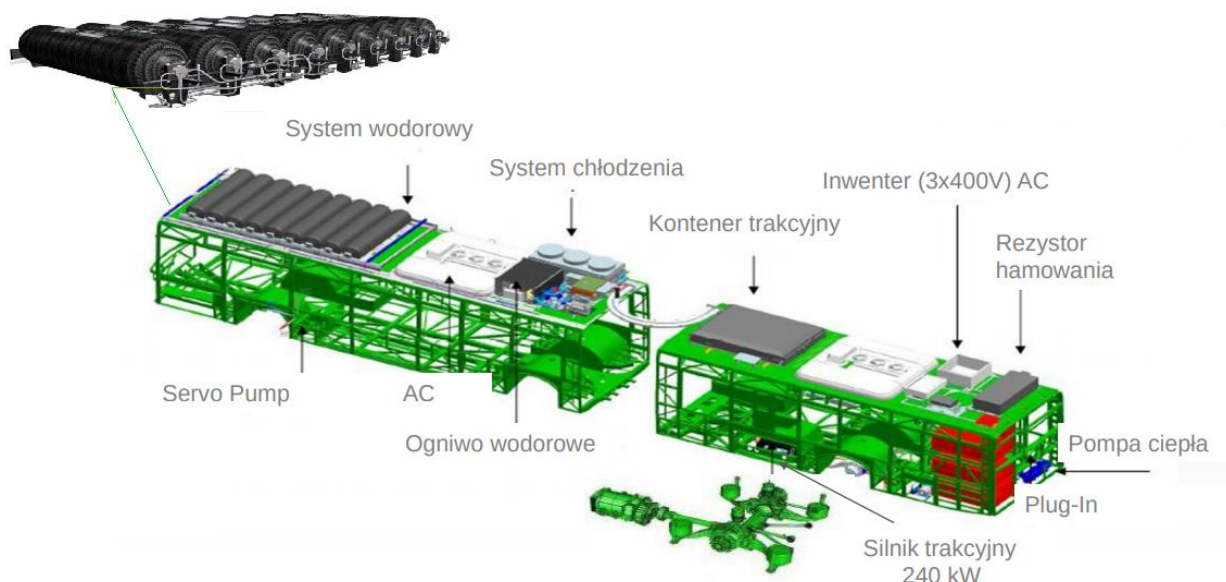
W pojazdach o napędzie wodorowym wykorzystuje się proces elektrochemiczny, który zachodzi w tzw. ogniwach paliwowych, gdzie wodór w postaci gazu dostaje się do anody ogniwa paliwowego i w procesie katalizy rozszczepia się na tworzące go protony i elektrony, a przepływ elektronów wytwarza energię elektryczną. Do katody ogniwa paliwowego dostaje się tlen, a następnie tlen, elektrony i protony łączą się, tworząc wodę i ciepło. W taki sposób **pojazdy napędzane wodorem emitują do powietrza wyłącznie wodę i parę wodną**.

Wodór magazynowany jest w formie sprężonej w odpowiednio przystosowanych zbiornikach umieszczonych na dachu autobusu, o pojemności około 205 litrów (4,96 kg wodoru na zbiornik)³.

Producenci pojazdów wodorowych proponują dwa różne rozwiązania techniczne dla takich autobusów;

- ciągle doładowywanie akumulatorów zainstalowanych na pokładzie pojazdu;
- przekazywanie energii elektrycznej bezpośrednio do silników asynchronicznych zainstalowanych w osiach napędowych lub jednostki centralnej. W tym przypadku akumulator służy jedynie do wspomagania napędu w trudnych warunkach drogowych.

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 kW⁴.



Rysunek 1. Komponenty autobusu wodorowego

Źródło: Figaszewski M., „Pojazdy komunikacji publicznej wykorzystujące wodór”, Wspólny kierunek. Zmieniamy oblicze komunikacji miejskiej.

³ Figaszewski M., SOLARIS, „Pojazdy komunikacji publicznej wykorzystujące wodór”.

⁴ Figaszewski M., SOLARIS, „Pojazdy komunikacji publicznej wykorzystujące wodór”.

1.2. Konsultacje społeczne

Niniejsza AKK dla Gminy Miasto Stargard poddana zostanie trzytygodniowym konsultacjom społecznym, które będą trwały od do - zgodnie z zasadami określonymi w dziale III w rozdziale 1 i 3 ustawy z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko (Dz.U.2021 poz. 247 t.j.).

Celem konsultacji społecznych jest poinformowanie społeczności Gminy Miasto Stargard oraz Gmin ościennych o działaniach przewidzianych do realizacji w ramach AKK oraz stworzenie wszystkim zainteresowanym możliwości zgłaszania uwag i wskazania rozwiązań preferowanych.

1.3. Cel opracowania

Głównym celem opracowania jest **ocena efektywności finansowej i społeczno-ekonomicznej Inwestycji** polegającej na zakupie taboru zeroemisyjnego – poprzez przeprowadzenie analizy kosztów i korzyści.



Cel zostanie osiągnięty poprzez realizację celów szczegółowych, w tym:

- wytypowanie oraz kwantyfikację kosztów finansowych i społeczno-ekonomicznych taboru istniejącego oraz będącego przedmiotem Inwestycji;
- wskazanie i wycenę korzyści finansowych i społeczno-ekonomicznych płynących z zastosowania taboru zeroemisyjnego.

1.4. Skrócona charakterystyka obszaru funkcjonowania systemu komunikacji

1.4.1. Przedmiot opracowania

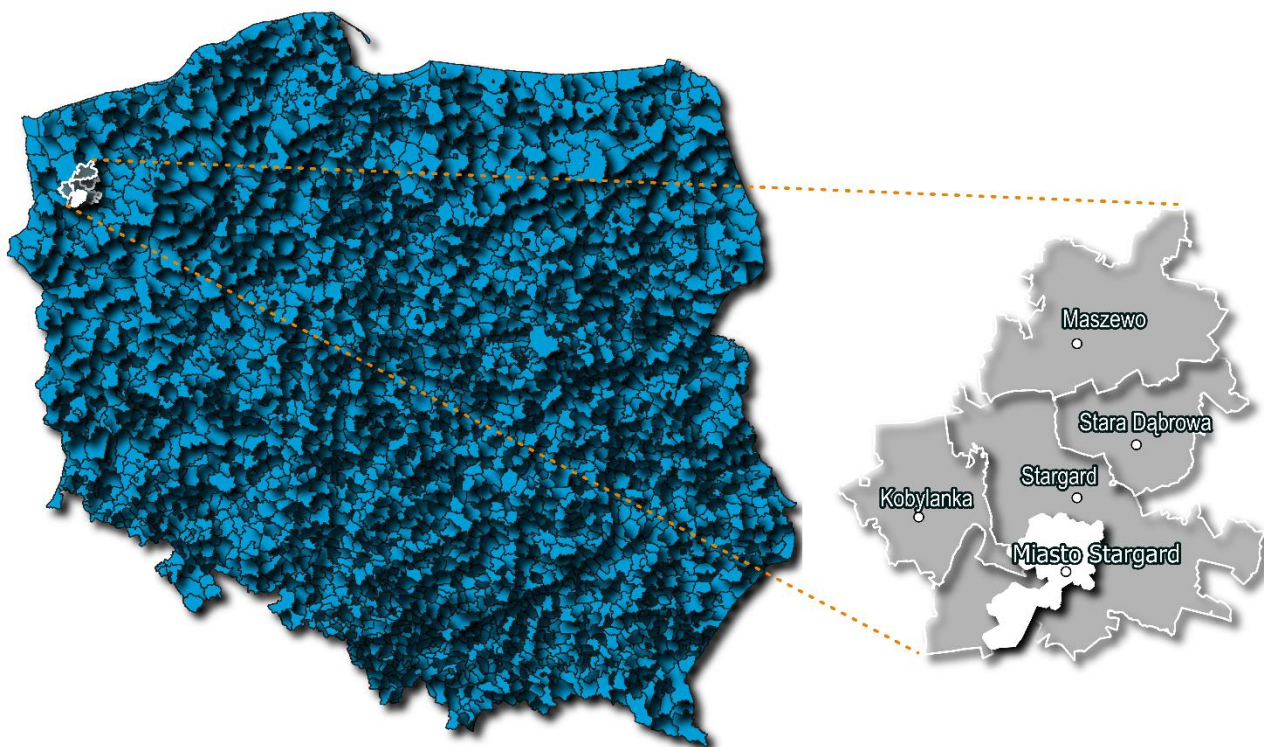
Niniejsza Analiza została sporządzona na zlecenie Gminy Miasto Stargard będącej Organizatorem w rozumieniu przepisów ustawy z dnia 16 grudnia 2010 roku o publicznym transporcie zbiorowym (Dz.U.2020 poz. 1944 t.j.). Przedmiotem opracowania jest Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych na terenie Gminy Miasto Stargard oraz Gmin, które zawarły z Gminą Miasto Stargard porozumienia międzygminne w sprawie organizacji publicznego transportu zbiorowego.

W niniejszym opracowaniu został przeanalizowany obecny stan taboru autobusowego Operatora, różne warianty wprowadzania taboru zeroemisyjnego wraz z infrastrukturą oraz zakres działalności przedsiębiorstwa realizującego przewozy.

1.4.2. Podmiot opracowania

Gmina Miasto Stargard wypełnia funkcje organizatorskie dla zadań z zakresu PTZ na sieci miejskich przewozów pasażerskich obejmujących linie komunikacyjne na obszarze Gminy Miasto Stargard oraz czterech Gmin ościennych: Gminy Stargard, Gminy Kobylanka, Gminy Stara Dąbrowa oraz Gminy Maszewo.

Gmina Miasto Stargard – siedziba powiatu stargardzkiego - położona jest w województwie zachodniopomorskim, na Równinie Pyrzycko-Stargardzkiej. Gmina Miasto Stargard jest jednym z najstarszych miast Polski i stanowi istotny węzeł komunikacyjny oraz środek przemysłowy, usługowy i kulturalny Pomorza. W obecnych granicach administracyjnych zajmuje powierzchnię 48,08 km², którą zamieszkuje 67 579 mieszkańców⁵.



Rysunek 2. Położenie (lokalizacja) Gminy Miasto Stargard

Źródło: opracowanie własne.

⁵ Źródło: Główny Urząd Statystyczny, stan na 31 grudnia 2020 r.

1.5. Pogłębiona analiza eksploatacyjna przewozów w komunikacji miejskiej na terenie Gminy Miasto Stargard oraz Gmin, z którymi Miasto Stargard zawarło porozumienia międzygminne w sprawie organizacji publicznego transportu zbiorowego

1.5.1. Charakterystyka istniejącej sieci komunikacyjnej

1.5.1.1. Najistotniejsze wymagania wynikające z umowy zawartej z Operatorem

Ustawa o publicznym transporcie zbiorowym zdefiniowała pojęcie organizatora PTZ jako właściwą jednostkę samorządu terytorialnego, albo ministra właściwego do spraw transportu zapewniającego funkcjonowanie PTZ na danym obszarze.

Operatorem PTZ na sieci komunikacyjnej organizowanej przez Gminę Miasto Stargard jest Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacji Spółka z o.o. w Stargardzie. Podstawową działalnością MPK Sp. z o.o. jest świadczenie usług przewozu osób na terenie Gminy Miasto Stargard na podstawie umowy nr 15/TK-I.3/2017 o świadczenie usług w zakresie publicznego transportu zbiorowego. Umowa została zawarta na okres od 30.12.2017 roku do 30.11.2027 roku.

Przedmiotem umowy jest świadczenie w zamian za **rekompensatę** następujących usług:

- usług przewozowych w zakresie publicznego, lokalnego transportu zbiorowego na sieci komunikacyjnej Miasta Stargard oraz na obszarze Gmin ościennych;
- usług dodatkowych, związanych bezpośrednio ze świadczeniem usług przewozowych, polegających na:
 - druku, sprzedaży i dystrybucji biletów;
 - realizowaniu kontroli biletów i windykacji należności z tytułu przejazdu bez ważnego dokumentu przewozowego.

Wymiar realizowanej pracy eksploatacyjnej przez Operatora jest określony w planie pracy przewozowej według rozkładów jazdy opracowywanych przez Operatora i zaakceptowanych przez Organizatora.

Obecnie Gmina Miasto Stargard pozostaje stroną porozumień międzygminnych zawartych z:

- Gminą Kobylanka;
- Gminą Maszewo;
- Gminą Stara Dąbrowa;
- Gminą Stargard.

Zgodnie z zawartą umową pomiędzy Organizatorem a Operatorem nabywane pojazdy muszą spełniać poniższe kryteria:

- posiadać niską podłogę bez progów poprzecznych wewnątrz;
- posiadać normę co najmniej EURO 6;
- monitoring przestrzeni pasażerskiej;
- komplet urządzeń informacji pasażerskiej;
- urządzenia umożliwiające łączność z systemem dynamicznej informacji pasażerskiej;
- kasowniki wielofunkcyjne;
- udogodnienia niezbędne dla osób niepełnosprawnych;
- urządzenia poprawiające bezpieczeństwo przewozów;
- systemy ogrzewania przedziału pasażerskiego.

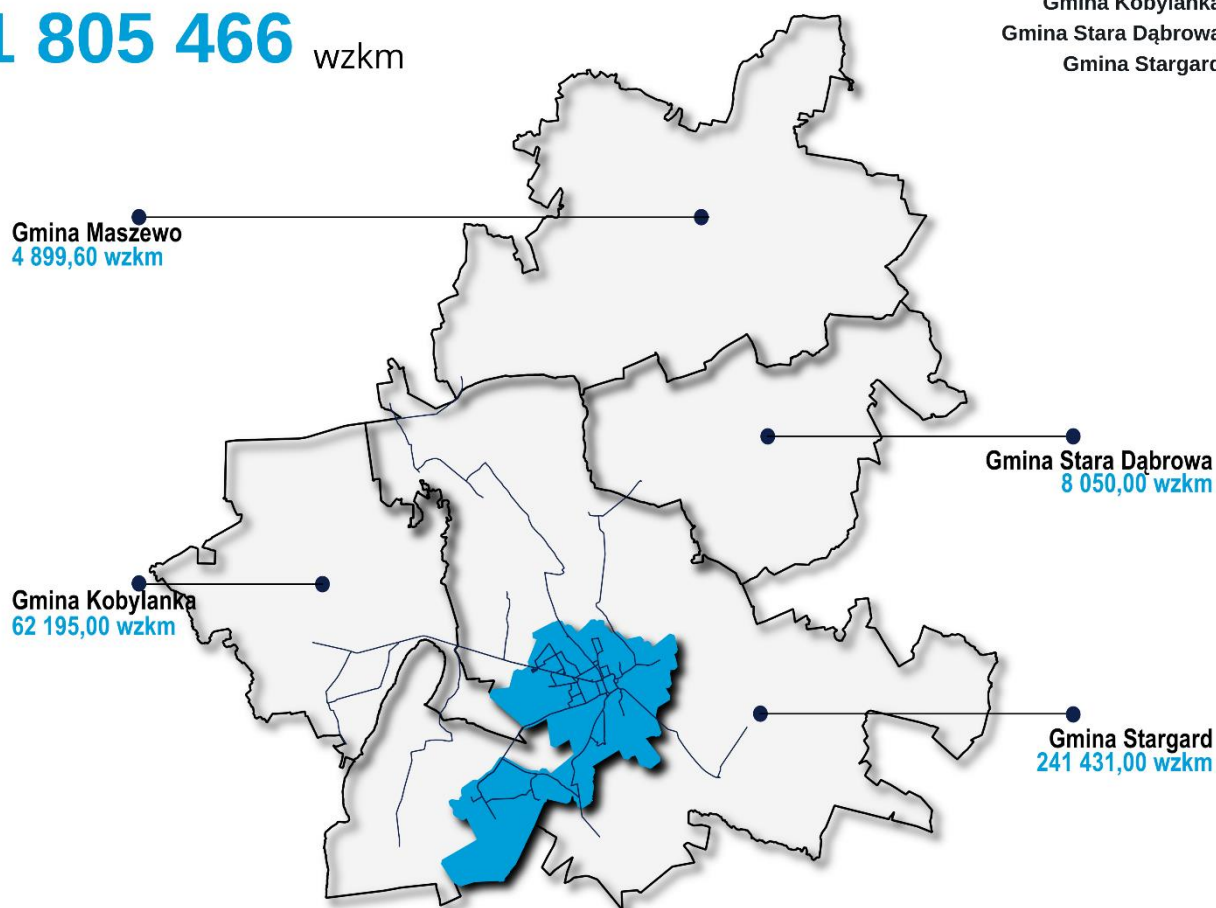
1.5.2. Istniejąca sieć komunikacyjna

W ramach stargardzkiej komunikacji miejskiej rocznie wykonuje się około

1 805 466 wzkm

POROZUMIENIA MIĘDZYGMINNE

Gmina Maszewo
Gmina Kobylanka
Gmina Stara Dąbrowa
Gmina Stargard



Średnia prędkość komunikacyjna:

23,23 km/h

Średnia prędkość eksploatacyjna

19,85



Średni czas trwania jednego przejazdu:

linie miejskie - 00:42 min



Liczba linii:

linie miejskie - 12 linii

linie podmiejskie - 7 linii



Długość tras ogółem:

93,5 km



Długość linii ogółem:

274 km

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

Tabela 1. Przebieg regularnych linii komunikacyjnych obsługiwanych przez MPK Sp. z o.o.⁶

| Nr linii | Przebieg trasy linii | Charakter linii |
|----------|---|-----------------|
| 1 | Osiedle Chopina - pętla → Spokojna → Osiedle Chopina - pętla | Uzupełniająca |
| 2 | TESCO → ZCP → Tańskiego → ZCP → TESCO | Podstawowa |
| 5 | Osiedle Chopina - pętla → Al. Żołnierza → Kazimierza Wielkiego → Usługowa → Osiedle Chopina - pętla | Podstawowa |
| 8 | Wyszyńskiego → Tańskiego → Wyszyńskiego | Podstawowa |
| 9 | (TESCO) → Osiedle Chopina → ZCP → Osiedle Chopina → (TESCO) | Podstawowa |
| 10 | TESCO → ZCP → Nowowiejska → ZCP → TESCO | Podstawowa |
| 12 | TESCO → ZCP → Reymonta → ZCP → TESCO | Uzupełniająca |
| 13 | Al. Żołnierza → ZCP → Gdyńska → ZCP → Al. Żołnierza | Podstawowa |
| 14 | Spokojna → Kazimierza Wielkiego → Reymonta → Cmentarz → Kazimierza Wielkiego → Spokojna | Uzupełniająca |
| 15 | Osiedle Chopina → Przemysłowa → Kazimierza Wielkiego → Al. Żołnierza → Osiedle Chopina | Podstawowa |
| 24 | ZCP → Metalowa → ZCP | Uzupełniająca |
| 25 | Tańskiego → Al. Żołnierza → Tańskiego | Uzupełniająca |
| 31 | ZCP → Żarowo → Strumiany → Przemocze → Strumiany → Żarowo → ZCP | Podmiejska |
| 32 | Storkówko → Gdyńska → ZCP → Gdyńska → Storkówko | Podmiejska |
| 33 | Grzędzice → ZCP → Sułkowo → ZCP → Grzędzice | Podmiejska |
| 34 | (Reptowo → Niedźwiedź) → Kobylanka → (Bielkowo) → ZCP → (Bielkowo) → Kobylanka → (Niedźwiedź → Reptowo) | Podmiejska |
| 35 | ZCP → Lipnik → Kunowo → Koszewo → Kunowo → Lipnik → ZCP | Podmiejska |
| 36 | (Tańskiego) → Witkowo → Broniewskiego → ZCP → (Tesco) | Podmiejska |
| 37 | ZCP → Kurcewo → ZCP | Podmiejska |

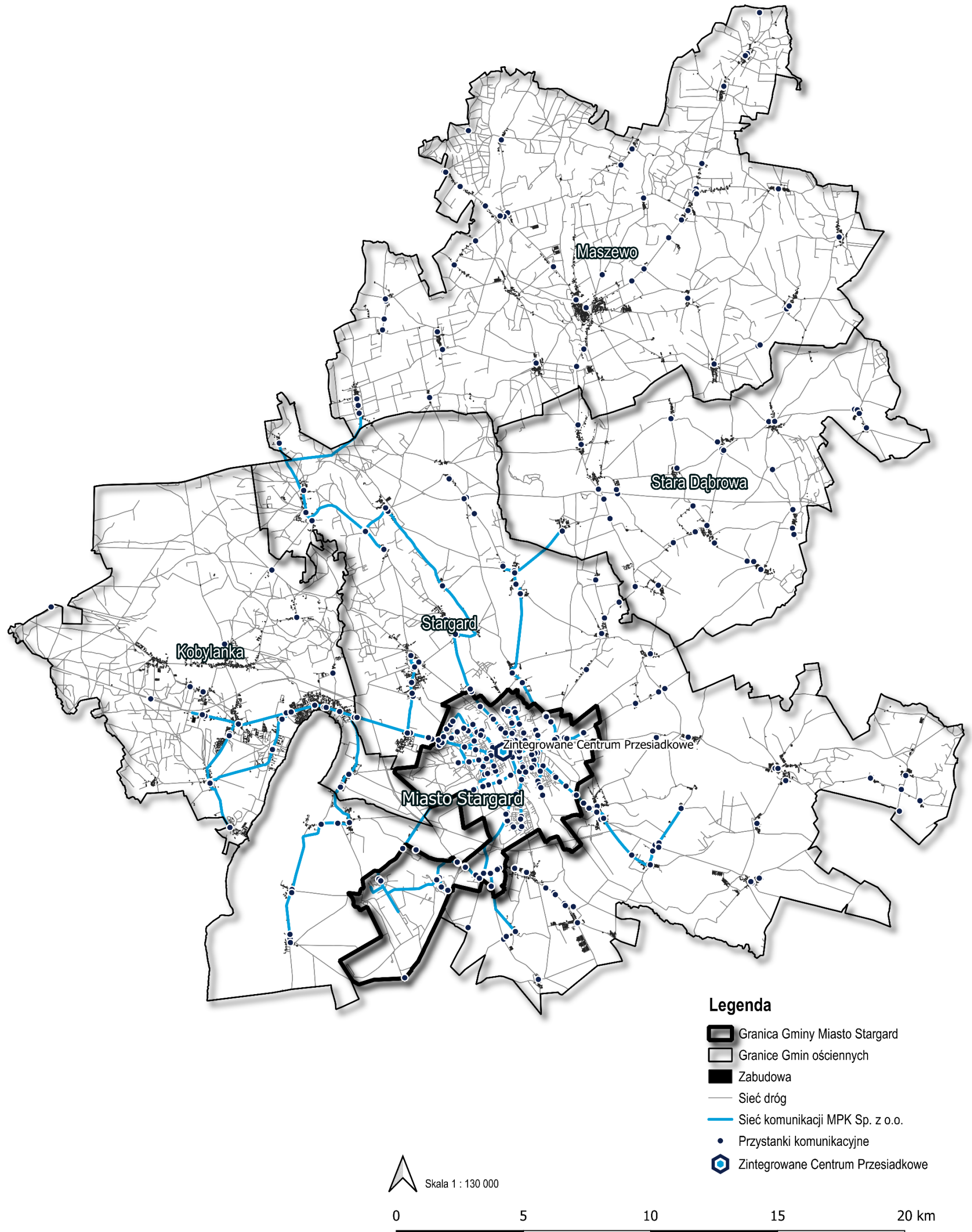
Linia podstawowa - stanowi szkielet komunikacyjny Miasta, kursuje w godzinach szczytowych nie rzadziej niż co 30 minut.

Linia uzupełniająca - kursuje w godzinach szczytowych co 60 minut, uzupełnia sieć połączeń podstawowych w kierunkach o mniejszym zapotrzebowaniu na transport publiczny.

Linia podmiejska - uruchamiana na trasach międzygminnych, z częstotliwościami kursowania dostosowanymi do potrzeb i możliwości finansowych okolicznych Gmin.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych przez MPK Sp. z o.o.

⁶ Zgodnie z rozkładem jazdy ważnym w dniu 02.07.2021 r.



Rysunek 3. Schemat sieci komunikacyjnej na terenie Gminy Miasto Stargard oraz Gmin ościennych
Źródło: opracowanie własne na podstawie rozkładów jazdy udostępnionych w serwisie internetowym Operatora [<https://rozklady.mpkstargard.pl/>].

1.5.2.1. Ocena kosztów eksploatacyjnych

Za świadczenie usług przewozowych na liniach komunikacji miejskiej, które wchodzi lub w okresie obowiązywania umowy ⁷ wchodzi w skład sieci komunikacyjnej obejmującej obszar Miasta Stargard oraz Gmin, które zawarły z Gminą Miasto Stargard porozumienia międzygminne, Operator **otrzymuje rekompensatę**. Zgodnie z obowiązującą umową pomiędzy Organizatorem a Operatorem, wysokość rekompensaty wyliczana jest na zasadach określonych w załączniku do rozporządzenia 1370/2007 i stanowi pokrycie kosztów realizacji usług w zakresie publicznego transportu zbiorowego o których mowa w umowie, pomniejszonych o przychody Operatora z uwzględnieniem rozsądnego zysku.

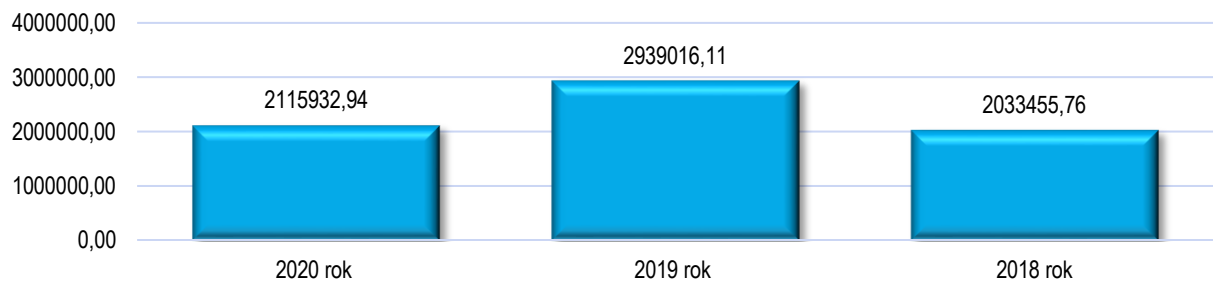
Koszt bieżącego serwisu i utrzymania pojazdów

W roku ubiegłym koszty bieżącego serwisu i utrzymania wyniosły łącznie **491 942,00 PLN⁸**, w tym:

- 73 145,00 PLN naprawy, regeneracja;
- 38 733,00 PLN ogumienie;
- 83 838,00 PLN oleje i smary;
- 296 266,00 PLN części zamienne.

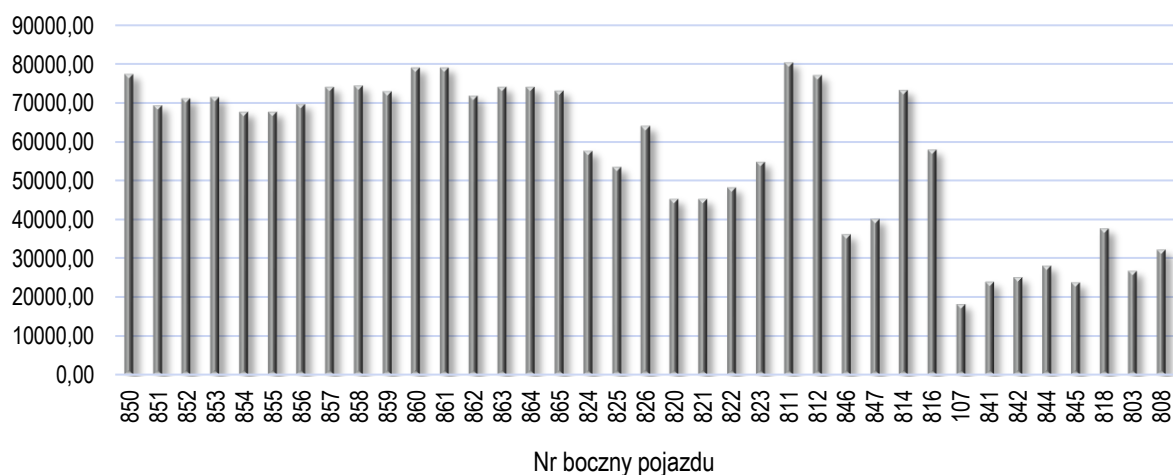
Koszt paliwa

Koszt paliwa zużywanego na obsługę stargardzkiej sieci komunikacyjnej rokrocznie zmienia się. W 2018 roku cena jednostkowa wynosiła 4,00 PLN (netto), natomiast w 2020 roku 3,21 PLN (netto).



Wykres 1. Roczny koszt paliwa w latach 2018-2020

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych przez MPK Sp. z o.o.



Wykres 2. Koszt paliwa w podziale na poszczególne pojazdy

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych przez MPK Sp. z o.o.

⁷ Umowa nr 15/TK-I.3/2017 o świadczenie usług w zakresie publicznego transportu zbiorowego zawarta w dniu 29 grudnia 2017 roku pomiędzy Gminą Miasto Stargard a Spółką Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacji Sp. z o.o.

⁸ Roczny koszt przypadający na jeden autobus wynosi około 15 870,00 PLN.

1.6. Charakterystyka floty Operatora komunikacji miejskiej

Według stanu na dzień 31 grudnia 2020 r. MPK Sp. z o.o. w Stargardzie dysponuje 37 pojazdami – autobusami dedykowanymi przewozom typowo miejskim i podmiejskim.

100% taboru wykorzystywanego przez Operatora stanowią autobusy o napędzie konwencjonalnym, który jest najczęściej wykorzystywanym rodzajem napędu w transporcie zbiorowym.

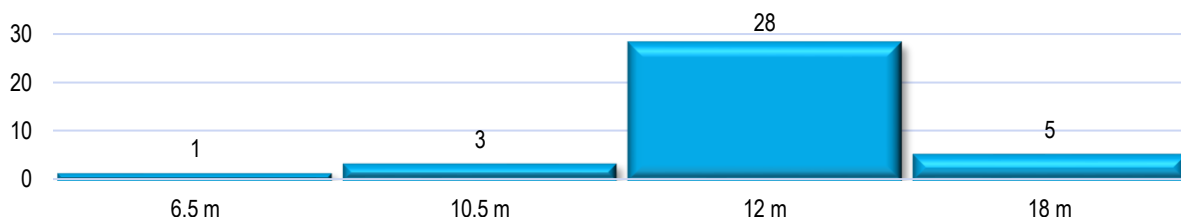
Operator nie posiada obecnie na stanie środków trwałych autobusów zeroemisyjnych.



Pojazdy o napędzie konwencjonalnym

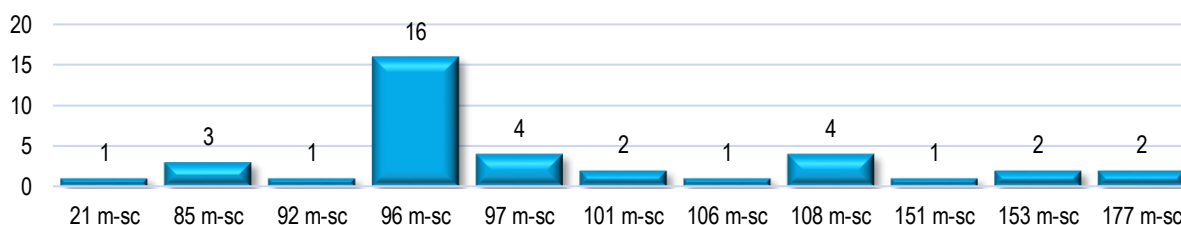
Zdecydowaną większość taboru stanowią autobusy o długości 12 metrów (75,68%), tj. autobusy klasy MAXI. 32,43% taboru to autobusy mieszczące więcej niż

100 pasażerów, natomiast tylko jeden zinventoryzowany pojazd zaliczany jest do klasy MINI i przystosowany jest do przewozu zaledwie 21 osób.



Wykres 3. Długość eksploatowanych pojazdów przez Operatora

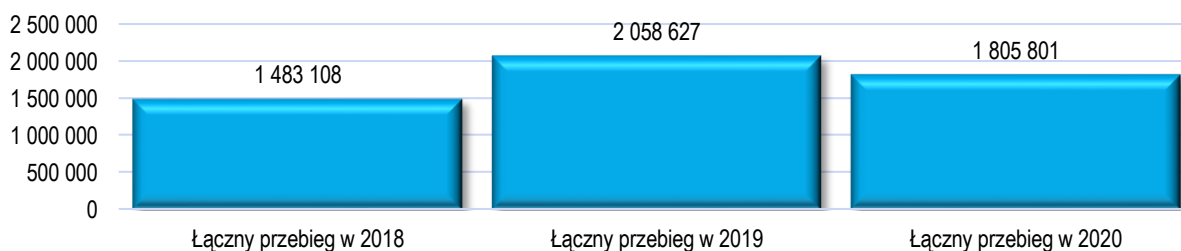
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych przez MPK Sp. z o.o.



Wykres 4. Liczba miejsc w pojazdach eksploatowanych przez Operatora

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych przez MPK Sp. z o.o.

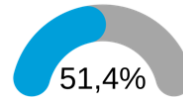
Od początku eksploatacji pojazdy będące na wyposażeniu MPK Sp. z o.o. w Stargardzie wykonały łącznie 16.097.024 km.



Wykres 5. Przebieg pojazdów w okresie ostatnich trzech lat

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych przez MPK Sp. z o.o.

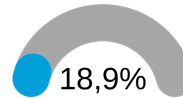
Pojazdy wchodzące w skład taboru MPK Sp. z o.o. posiadają następujące udogodnienie i dodatkowe wyposażenia:



Biletomat

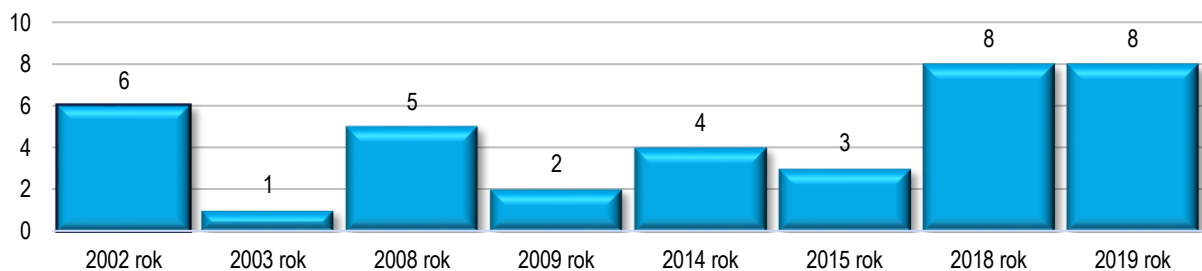


Dezynfektor



Defibrylator

W skład taboru Operatora wchodzi 16 autobusów wyprodukowanych nie wcześniej niż 4 lat temu, co stanowi 43,24% całego taboru. Warto podkreślić, iż w przeciągu ostatnich trzech lat zmieniła się struktura wieku eksploatowanych pojazdów, gdyż w 2018 roku Spółka posiadała zaledwie ok. 23% pojazdów, które były wówczas młodsze niż 4 lata. Na poniższym wykresie zaprezentowano obecną strukturę pojazdów według wieku.



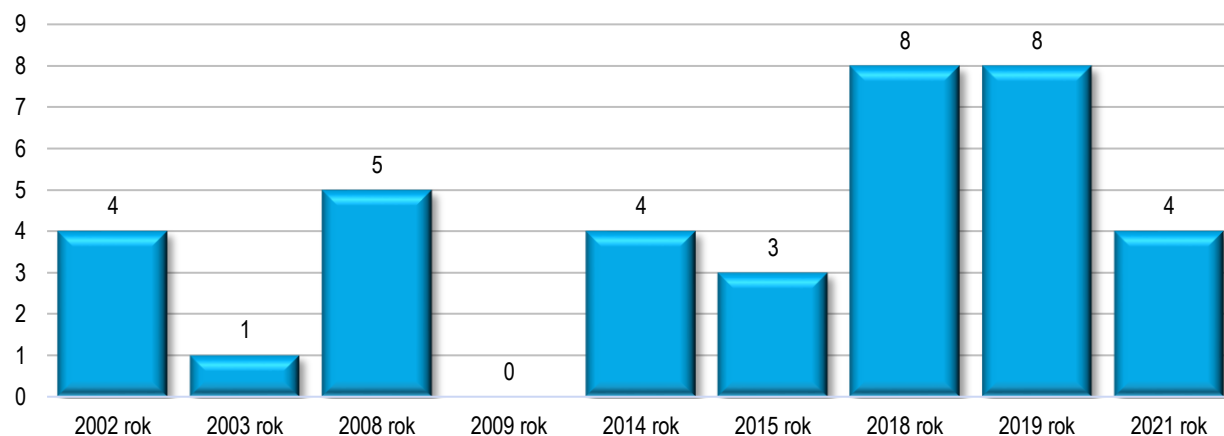
Wykres 6. Struktura wieku taboru eksploatowanego przez Operatora

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych przez MPK Sp. z o.o.

Na 2021 rok MPK Sp. z o.o. nie ma planów realizacji zakupów taborowych. Jednakże do końca 2028 roku planowany jest zakup około 12 autobusów zeroemisyjnych wraz z niezbędną infrastrukturą techniczną.

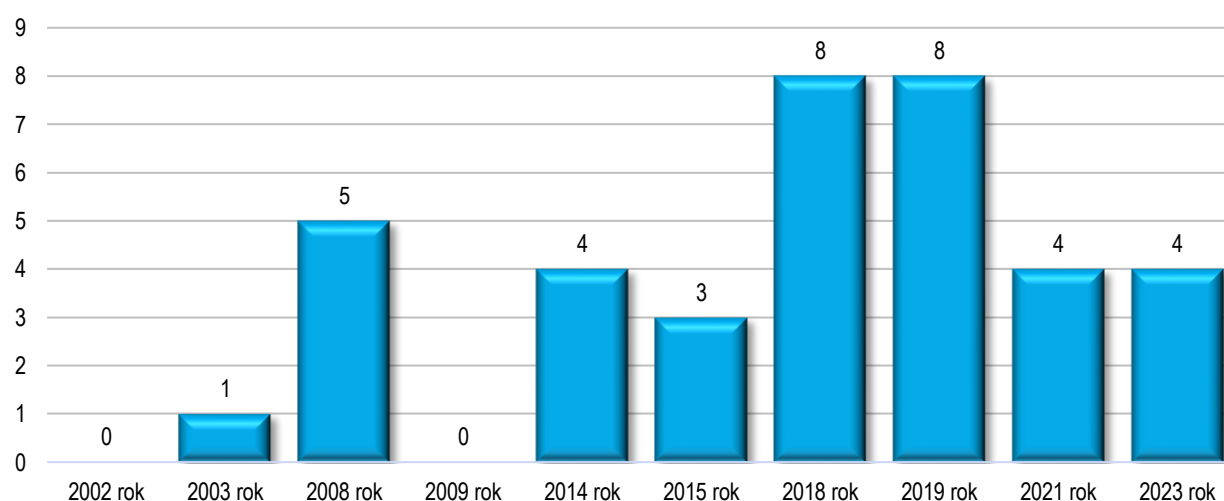
Na poniższych wykresach przedstawiono przewidywaną strukturę wieku pojazdów eksploatowanych w sieci komunikacji miejskiej w Stargardzie w perspektywie do 2028 r., z wyszczególnieniem okresów przejściowych analogicznych do wskazanych w Ustawie z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach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

- założenia Operatora dotyczące wymiany najstarszych pojazdów;
- wytyczne z Niebieskiej Księgi dla sektora transportu publicznego, wskazujące na 10-letni okres eksploatacji autobusu;
- założenie dotyczące kontynuacji wymiany części floty w oparciu o autobusy używane, przewidziane do wprowadzenia wyłącznie w grupach typów taboru cechujących się najniższym wykorzystaniem w sieci.



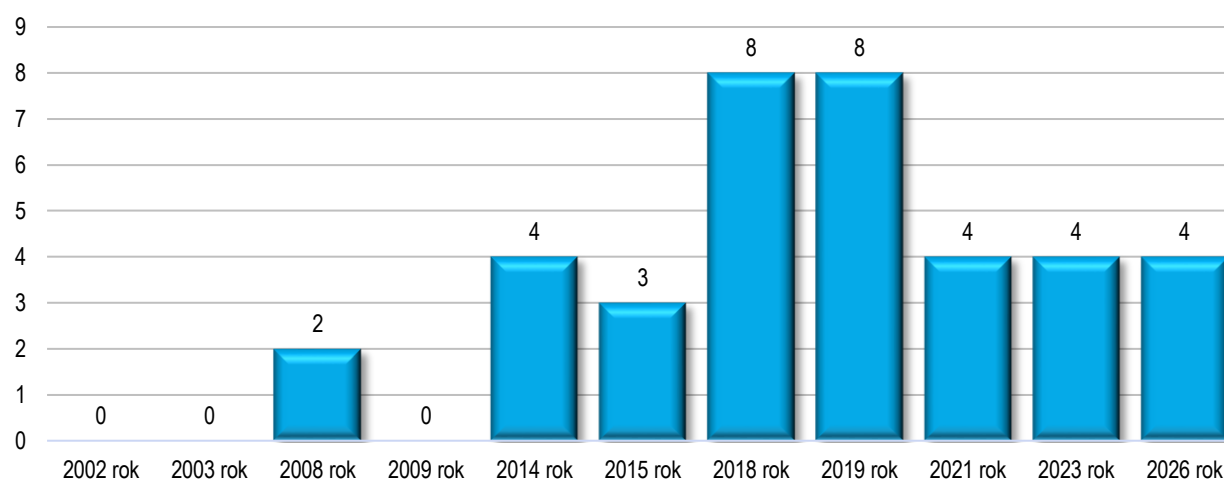
Wykres 7. Planowana struktura pojazdów według wieku w styczniu 2023 roku

Źródło: opracowanie własne.



Wykres 8. Planowana struktura pojazdów według wieku w styczniu 2025 roku

Źródło: opracowanie własne.



Wykres 9. Planowana struktura pojazdów według wieku w styczniu 2028 roku

Źródło: opracowanie własne.

1.7. Analiza parametrów eksploatacyjnych sieci komunikacyjnej

1.7.1. Wozokilometry

Tabela 2. Dzienny przebieg w 2020 roku na poszczególnych liniach komunikacyjnych

| Lp. | Dzień roboczy | | Sobota | | Niedziela | |
|-----|---------------------|--------------|---------------------|--------------|---------------------|--------------|
| | Poza wakacjami [km] | Wakacje [km] | Poza wakacjami [km] | Wakacje [km] | Poza wakacjami [km] | Wakacje [km] |
| 1 | 138,97 | 138,97 | 77,21 | 77,21 | 77,21 | 77,21 |
| 2 | 916,92 | 916,92 | 1039,82 | 1039,82 | 1039,82 | 1039,82 |
| 5 | 285,01 | 285,01 | 129,63 | 129,63 | 120,37 | 120,37 |
| 8 | 612,15 | 530,53 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 9 | 613,56 | 415,82 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 10 | 220,71 | 220,71 | 118,85 | 118,85 | 101,87 | 101,87 |
| 12 | 232,32 | 232,32 | 92,93 | 92,93 | 77,44 | 77,44 |
| 13 | 415,16 | 514,16 | 219,51 | 219,51 | 200,09 | 200,09 |
| 14 | 68,21 | 68,21 | 54,57 | 54,57 | 54,57 | 54,57 |
| 15 | 255,08 | 25,08 | 120,32 | 120,32 | 120,32 | 120,32 |
| 24 | 105,01 | 105,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 25 | 240,52 | 240,52 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 31 | 634,53 | 498,61 | 145,17 | 145,17 | 60,01 | 60,01 |
| 32 | 313,0 | 264,33 | 136,87 | 136,84 | 63,73 | 63,73 |
| 33 | 524,28 | 377,89 | 222,06 | 222,06 | 146,93 | 146,93 |
| 34 | 367,29 | 321,70 | 67,08 | 232,08 | 67,08 | 232,08 |
| 35 | 360,85 | 360,85 | 180,43 | 180,43 | 0,00 | 0,00 |
| 36 | 389,04 | 273,64 | 153,69 | 153,69 | 102,46 | 102,46 |
| 37 | 160,76 | 64,30 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych przez MPK Sp. z o.o.

Tabela 3. Szacunkowa liczba kilometrów wykonanych w 2020 roku na poszczególnych miejskich liniach komunikacyjnych

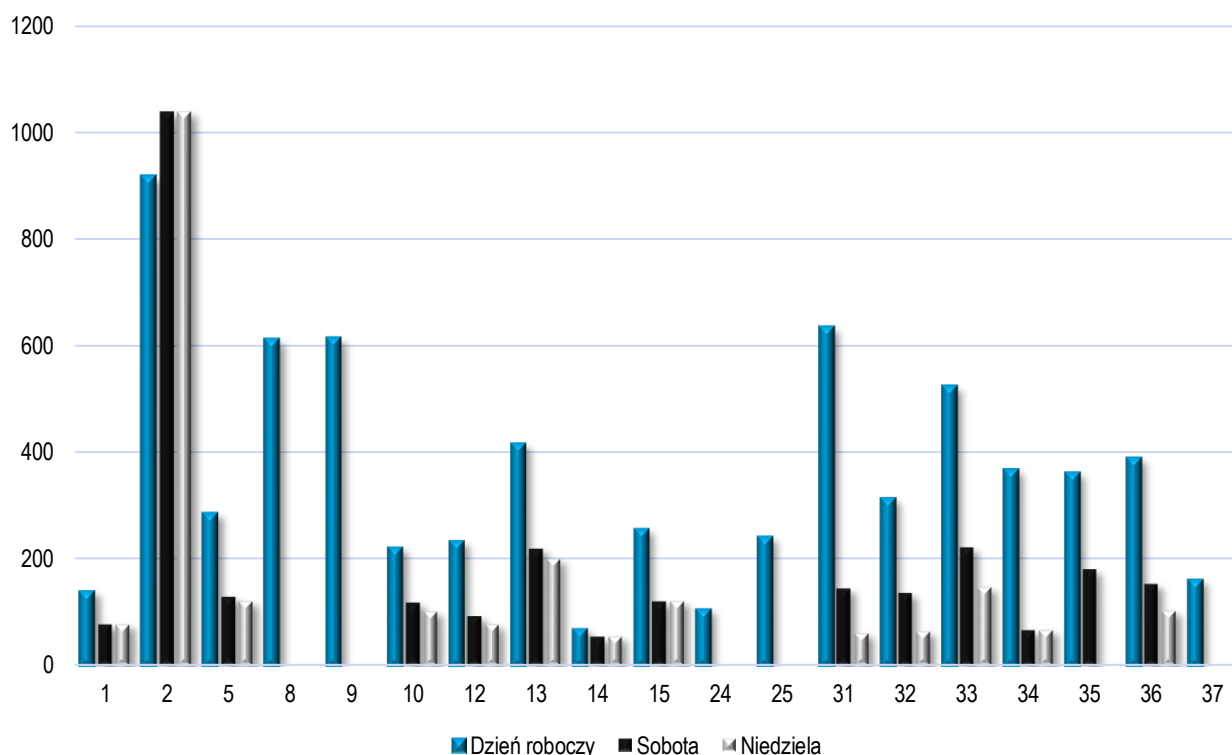
| Lp. | Dzień roboczy | Sobota | Niedziela |
|-----|---------------|-----------|-----------|
| 1 | 34.889,00 | 4.004,00 | 4.004,00 |
| 2 | 230.167,00 | 54.080,00 | 54.080,00 |
| 5 | 71.535,00 | 6.760,00 | 6.240,00 |
| 8 | 133.281,00 | 0,00 | 0,00 |
| 9 | 104.416,00 | 0,00 | 0,00 |
| 10 | 55.471,00 | 6.188,00 | 5.304,00 |
| 12 | 58.232,00 | 4.836,00 | 4.004,00 |
| 13 | 04.165,00 | 11.440,00 | 104.00,00 |
| 14 | 17.068,00 | 2.860,00 | 2.860,00 |
| 15 | 64.005,00 | 6.240,00 | 6.240,00 |
| 24 | 26.355,00 | 0,00 | 0,00 |
| 25 | 60.491,00 | 0,00 | 0,00 |

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych przez MPK Sp. z o.o.

Tabela 4. Rozliczenie wozokilometrów wykonanych w 2020 roku na terenie Gmin ościennych

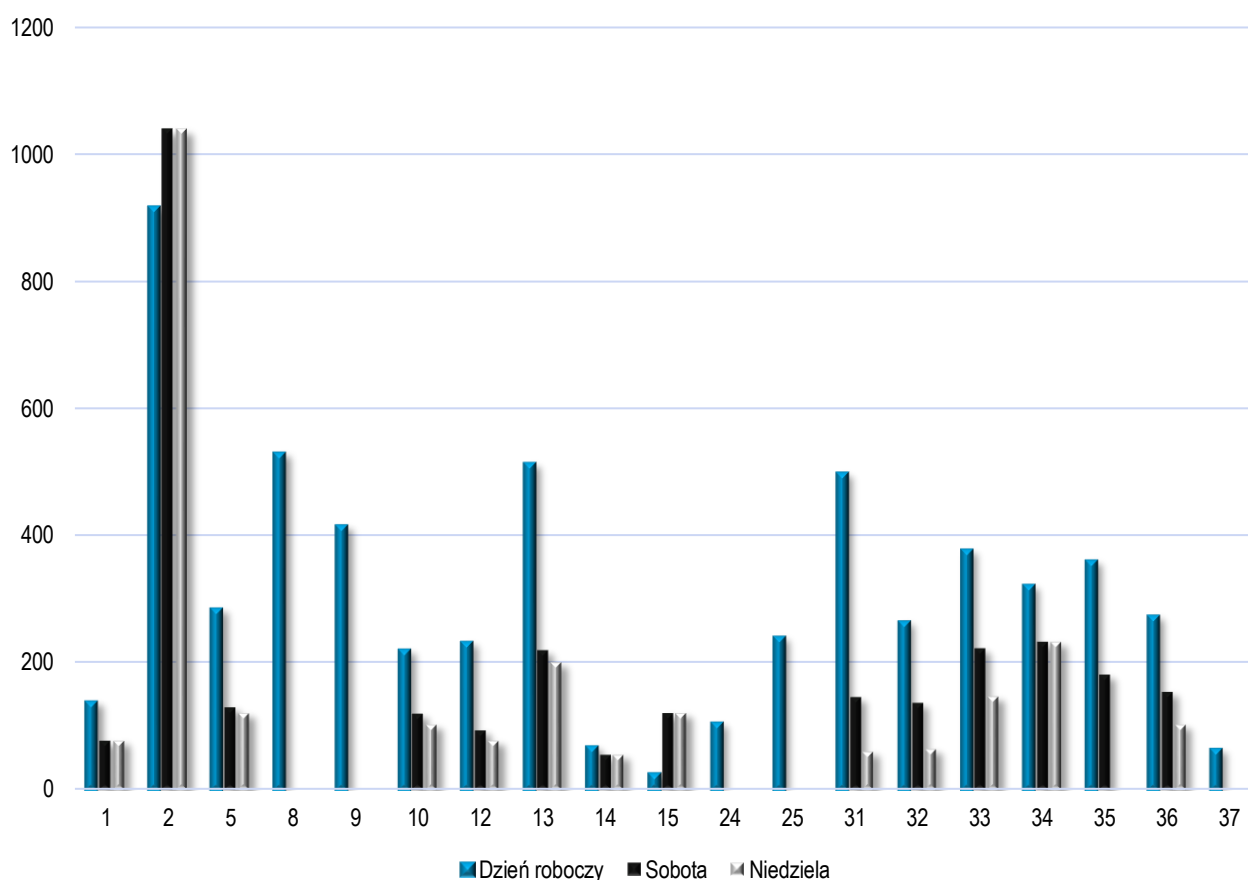
| Gmina | Liczba zrealizowanych kursów | Przebieg |
|---------------|------------------------------|------------|
| Stargard | 49.571 | 241.431,70 |
| Kobyłka | 9.150 | 62.195,00 |
| Stara Dąbrowa | 3.220 | 8.050,00 |
| Maszewo | 324 | 4.899,60 |

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych przez MPK Sp. z o.o.



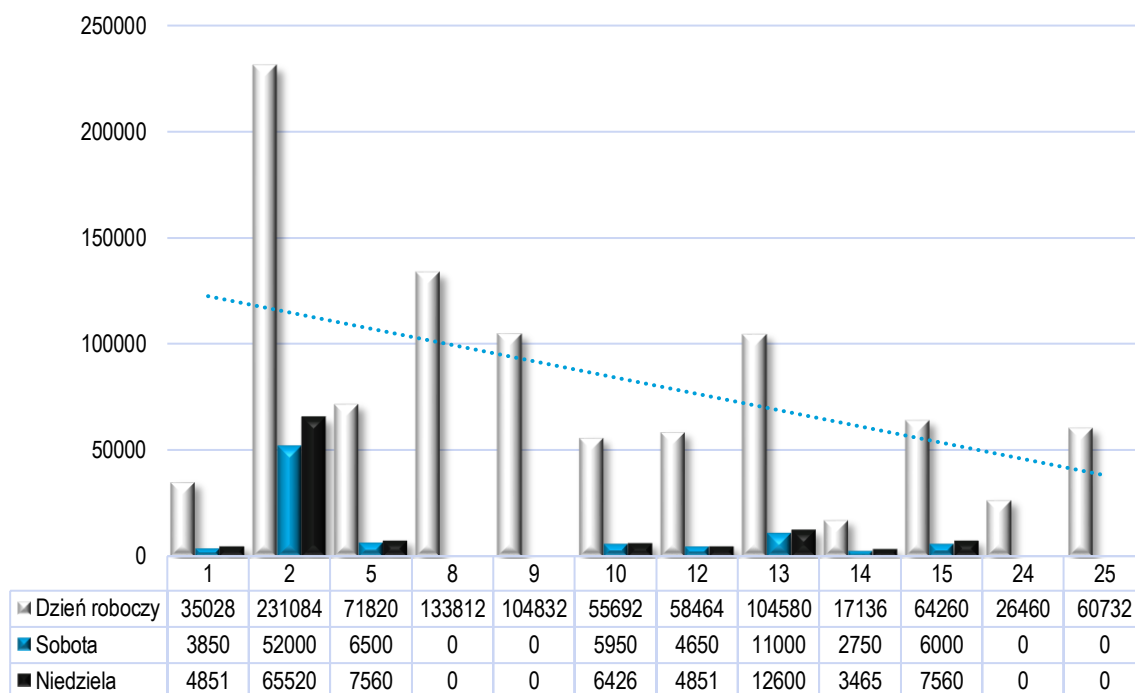
Wykres 10. Dzienna liczba kilometrów wykonywana na poszczególnych liniach komunikacyjnych w okresie poza wakacyjnym

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych przez MPK Sp. z o.o.



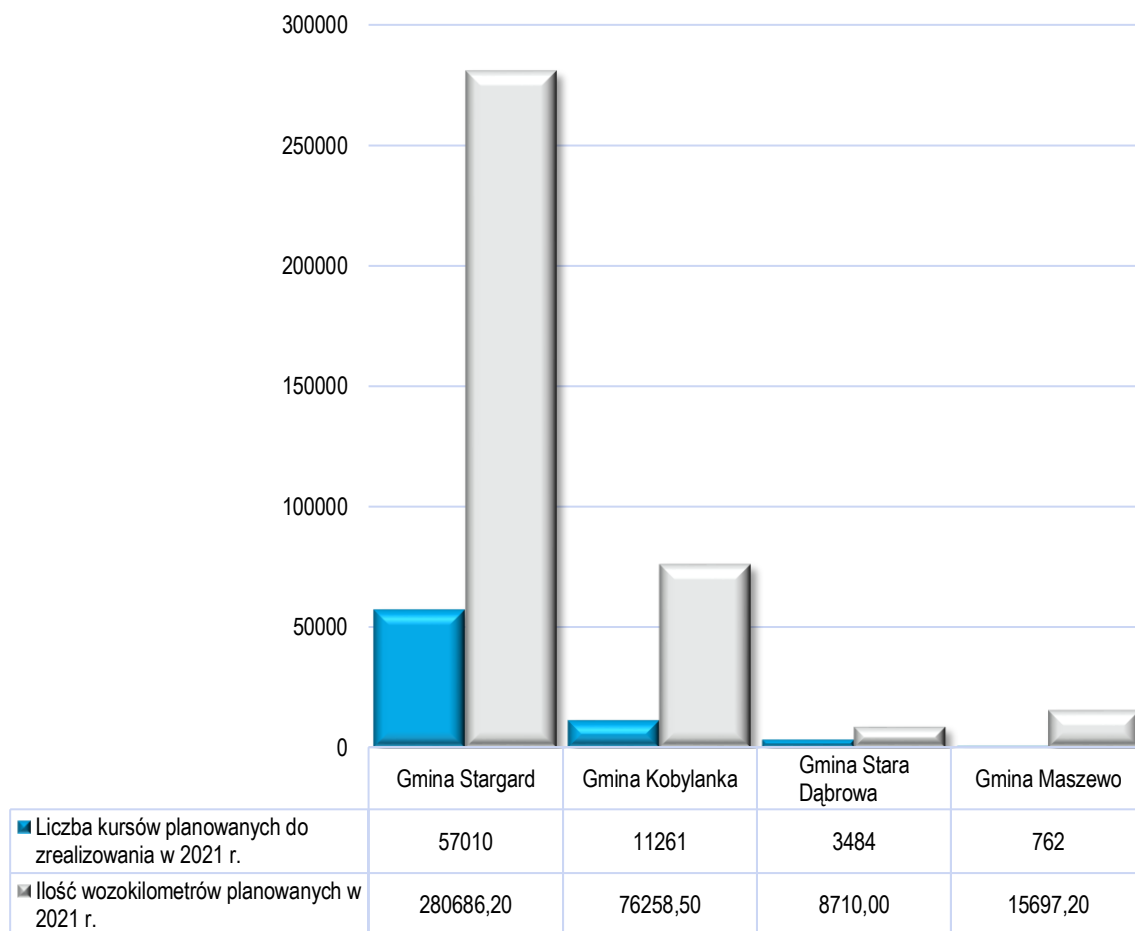
Wykres 11. Dzienna liczba kilometrów wykonywana na poszczególnych liniach komunikacyjnych w okresie wakacyjnym

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych przez MPK Sp. z o.o.



Wykres 12. Planowana liczba wozokilometrów do zrealizowania w 2021 roku na liniach miejskich

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych przez MPK Sp. z o.o.



Wykres 13. Planowana liczba wozokilometrów do zrealizowania w 2021 r. roku na terenie Gmin ościennych

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych przez MPK Sp. z o.o.

1.7.2. Wskaźnik wykorzystania taboru Operatora

Aktualnie Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacji Sp. z o.o. w Stargardzie dysponuje 37 autobusami. Wszystkie kursy miejskie i podmiejskie realizowane są przy wykorzystaniu pojazdów napędzanych olejem napędowym.

81,45 %

Wskaźnik wykorzystania taboru w 2020 r.

Poniżej przedstawiona została tabela obrazująca ilość ekspediovanych autobusów do obsługi sieci komunikacyjnej MPK Sp. z o.o. w ciągu dnia.

Tabela 5. Wykorzystanie taboru będącego na wyposażeniu MPK Sp. z o.o. według typu dnia i okresu w ciągu roku

| Dzień roboczy | | Sobota | | Niedziela | |
|----------------------|--------|--------|--------|-----------|--------|
| Liczba | % | Liczba | % | Liczba | % |
| Okres poza wakacjami | | | | | |
| 33 | 89,19% | 13 | 35,14% | 11 | 29,73% |
| Okres wakacyjny | | | | | |
| 29 | 78,38% | 14 | 37,84% | 12 | 32,43% |

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych przez MPK Sp. z o.o.

Tabela 6. Wykorzystanie taboru według typu dnia oraz pojazdu w rozkładzie podstawowym (poza okresem wakacyjnym)

| Nr linii | Dzień roboczy | | Sobota | | Niedziela | |
|----------|--|-------------------|--|-------------------|--|---------------|
| | Rzeczywista liczba autobusów wykorzystywanych na danej linii | Rodzaj taboru | Rzeczywista liczba autobusów wykorzystywanych na danej linii | Rodzaj taboru | Rzeczywista liczba autobusów wykorzystywanych na danej linii | Rodzaj taboru |
| 1 | 2 | MAXI | 2 | MAXI | 2 | MAXI |
| 2 | 6 | MAXI, 2 x MEGA | 5 | MAXI, 1 x MEGA | 5 | MAXI |
| 5 | 6 | MAXI | 2 | MAXI | 2 | MAXI |
| 8 | 4 | MAXI, 2 x MEGA | - | - | - | - |
| 9 | 6 | MAXI | - | - | - | - |
| 10 | 1 | MIDI | 1 | MIDI | 1 | MAXI |
| 12 | 2 | MAXI | 1 | MIDI | 1 | MAXI |
| 13 | 2 | MAXI | 1 | MAXI | 1 | MAXI |
| 14 | 1 | MAXI | 2 | MAXI | 2 | MAXI |
| 15 | 6 | MAXI | 1 | MAXI | 1 | MAXI |
| 24 | 3 | MAXI | - | - | - | - |
| 25 | 4 | MIDI | - | - | - | - |
| 31 | 6 | MAXI | 2 | MIDI | 1 | MIDI |
| 32 | 6 | MAXI | 1 | MAXI | 1 | MIDI |
| 33 | 3 | MAXI | 2 | MAXI | 1 | MAXI |
| 34 | 3 | MAXI | 2 | MAXI | 1 | MIDI |
| 35 | 5 | MAXI | 2 | MAXI | - | - |
| 36 | 4 | MAXI | 2 | MIDI | - | - |
| 37 | 3 | MIDI | - | - | - | - |

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych przez MPK Sp. z o.o.

Na wykresie nr 14 i 15 przedstawiona została struktura wykorzystania poszczególnych modeli pojazdów do obsługi sieci komunikacyjnych w ostatnich latach.

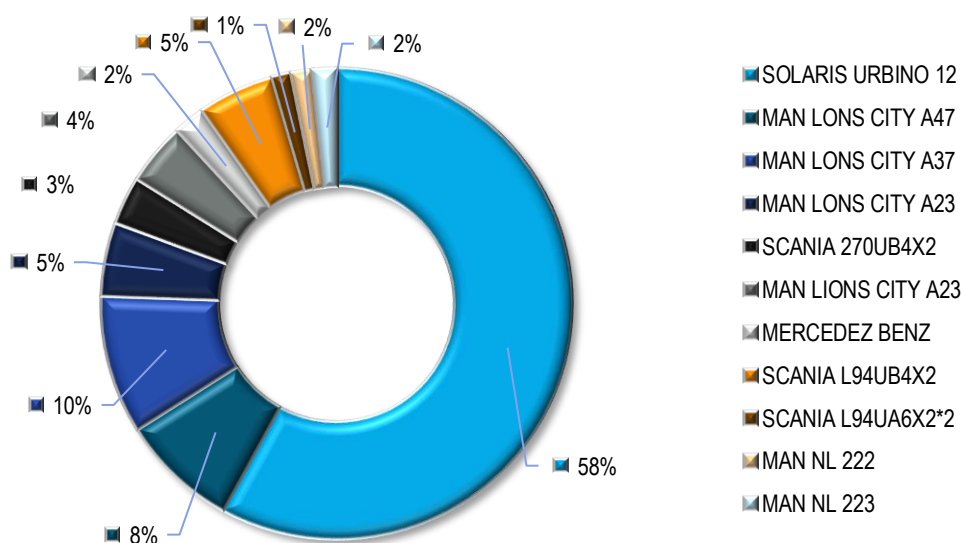
Wskaźnik wykorzystania poszczególnych autobusów został obliczony z wykorzystaniem następującego wzoru:

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

gdzie:

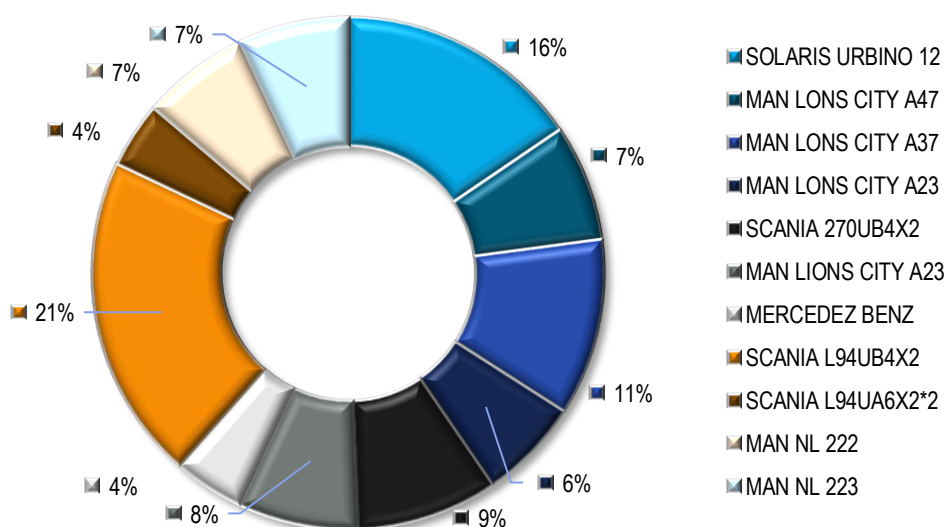
WZKM j – liczba wozokilometrów wykonana przez pojedynczy autobus;

WZKM o - łączna liczba wozokilometrów wykonana przez wszystkie autobusy będące na wyposażeniu MPK Sp. z o.o.



Wykres 14. Wskaźnik wykorzystania poszczególnych pojazdów w 2020 r.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych przez MPK Sp. z o.o.



Wykres 15. Wskaźnik wykorzystania poszczególnych pojazdów od początku eksploatacji

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych przez MPK Sp. z o.o.

1.7.3. Prędkości komunikacyjne i eksploatacyjne na liniach komunikacji miejskiej

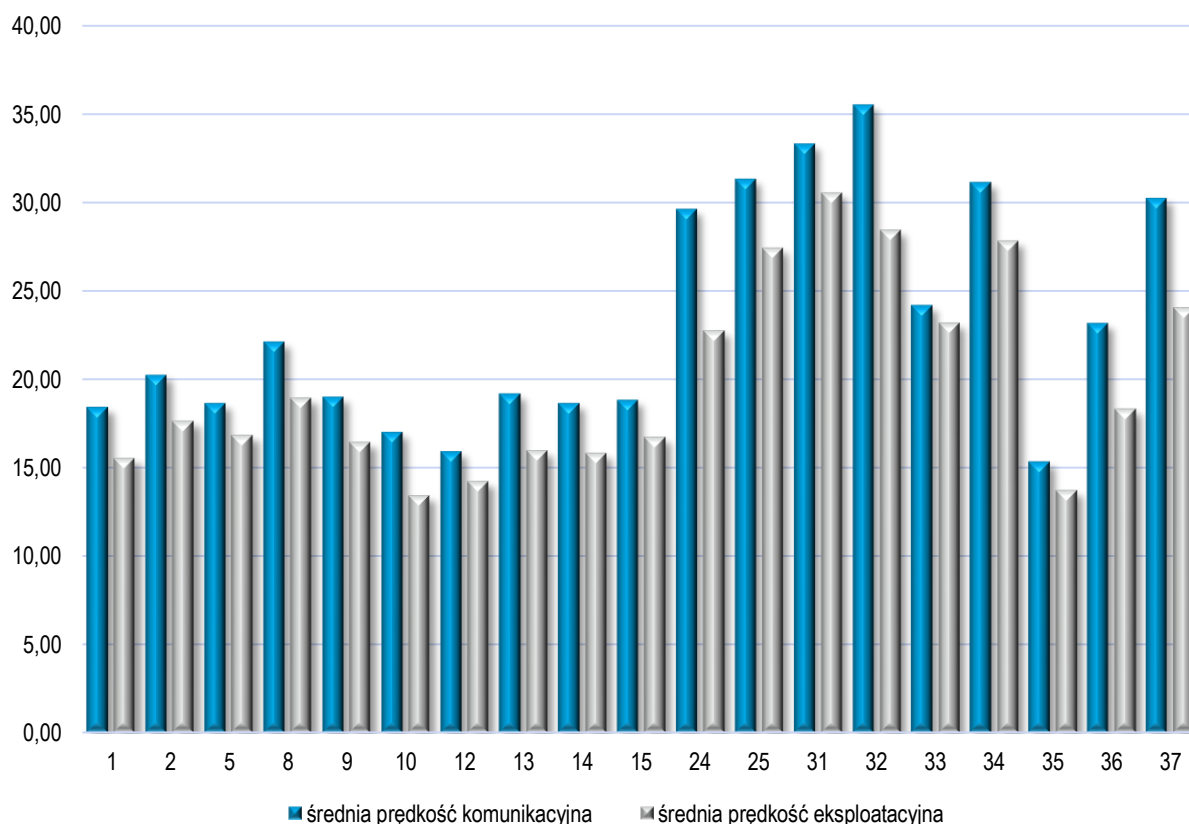
Prędkość komunikacyjna definiowana jest jako stosunek przebytej drogi do czasu pracy pojazdu z uwzględnieniem czasów postoju na przystankach pośrednich.

Średnia prędkość komunikacyjna na wszystkich liniach wynosi 23,23 km/h. Na wszystkich liniach prędkości komunikacyjne wynoszą od 15,30 nawet do 35,50 km/h. Linie, które osiągają najwyższą prędkość komunikacyjną to linie nr: 32, 31, 25, 24 oraz 34. Linie, które kursują z najniższą prędkością komunikacyjną to linie: 35, 12, 10, 5 i 1.

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

Średnia prędkość eksploatacyjna na wszystkich liniach w dzień roboczy wynosi 19,85 km/h. Na wszystkich liniach prędkości komunikacyjne wynoszą od 13,40 do 30,50 km/h. Linie, które osiągają najwyższą prędkość eksploatacyjną to linie nr: 31, 32, 25 i 34. Linie, które kursują z najniższą prędkością eksploatacyjną to linie: 35, 10 i 12.

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



Wykres 16 Średnie prędkości komunikacyjne i eksploatacyjne na wszystkich liniach obsługiwanych przez Operatora

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych przez MPK Sp. z o.o.

1.7.4. Analiza rozkładów jazdy

Z uwagi na występujące ograniczenia techniczne pojazdów zeroemisyjnych (ograniczony zasięg pojazdów elektrycznych) przeprowadzono szczegółową analizę rozkładów jazdy. W poniższej tabeli przedstawiono krańcowe przystanki (rozumiane jako pętla lub przystanek, gdzie bieg zaczyna lub kończy większość kursów danej linii), długości linii, średnie czasy przejazdu, przybliżoną liczbę kursów wykonywaną na danej

linii, liczbę brygad w podziale na rodzaj dni tygodnia oraz liczbę kursów wykonywanych w porze szczytu porannego i popołudniowego.

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

Tabela 7. Pogłębiona analiza rozkładów jazdy

| Numer linii | Przystanek krańcowy 1 (podstawowy) | Przystanek krańcowy 2 (podstawowy) | Długość linii [km] | Średni czas przejazdu [min] | Przybliżona liczba przystanków/zatrzymań ⁹ | Przybliżona liczba kursów ¹⁰ | | | Średni czas postoju [min] | Średnie interwały w dni robocze [min] | | Ilość brygad obsługujących poszczególne linie | | |
|-------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------------|-----------------------------|---|---|--------|------------------------------|---------------------------|---|----------------------|---|--------|------------------------------|
| | | | | | | Dzień roboczy | Sobota | Niedziela i dzień świąteczny | | Pora szczytu komunikacyjnego [06:00-08:00; 14:00-16:00] | Pora międzyszczytowa | Dzień roboczy** | Sobota | Niedziela i dzień świąteczny |
| 1 | PĘTLA SPOKOJNA | PĘTLA „CHOPINA” | 8,00 | 26,00 | 18 | 18 | 10 | 10 | 5,00 | ~55 | ~60 | 3 | 2 | 2 |
| 2 | USŁUGOWA – SKŁADOWA ZUS | TAŃSKIEGO | 25,21 | 75,00 | 40 | 50 | 65 | 64 (64) * | 8,00 | ~29 | ~57 | 10 | 9 | 7 |
| 5 | PĘTLA „CHOPINA” | PĘTLA „CHOPINA” | 14,87 | 48,00 | 41 | 24 | 14 | 13 | 5,00 | ~26 | ~47 | 9 | 2 | 2 |
| 8 | WYSZYŃSKIEGO, POCZTA | TAŃSKIEGO | 12,90 | 35,00 | 17 | 60 | - | - | 6,00 | ~28 | ~32 | 5 | - | - |
| 9 | PĘTLA TESCO | PĘTLA TESCO | 18,03 | 57,00 | 39 | 41 | - | - | 9,00 | ~18 | ~32 | 7 | - | - |
| 10 | LIPNIK, LIPOWA | NOWOWIEJSKA | 7,35 | 26,00 | 14 | 26 | 14 | 12 (12) * | 7,00 | ~60 | ~70 | 2 | 2 | 2 |
| 12 | PĘTLA TESCO | PĘTLA TESCO | 13,26 | 50,00 | 42 | 15 | 6 | 5 (5) * | 6,00 | ~47 | ~64 | 4 | 2 | 2 |
| 13 | ALEJA ŻOŁNIERZA | GDYŃSKA | 9,57 | 30,00 | 18 | 42 | 22 | 20 | 6,00 | ~46 | ~94 | 3 | 2 | 2 |
| 14 | PĘTLA, UL. SPOKOJNA | PĘTLA, UL. SPOKOJNA | 13,9 | 45,0 | 44 | 5 | 4 | 4 | 8,0 | - | ~60 | 1 | 1 | 1 |
| 15 | PĘTLA „CHOPINA” | PĘTLA „CHOPINA” | 15,1 | 48,0 | 35 | 21 | 13 | 13 | 6,0 | ~34 | ~55 | 8 | 2 | 2 |
| 24 | ZCP – PERON 4 | METALOWA 07 - FABRYKA | 11,4 | 23,0 | 15 | 9 | - | - | 7,0 | ~52 | ~327 | 2 | - | - |

⁹ Liczba przystanków w przypadku najdłuższego przejazdu.

¹⁰ Łącznie, tam i z powrotem. Zgodnie z rozkładem jazdy ważnym na dzień 01.02.2021 r.

| | | | | | | | | | | | | | | |
|----|----------------------------|---------------------|------|------|----|----|----|----|-----|-----|------|---|---|---|
| 25 | TAŃSKIEGO | TAŃSKIEGO | 29,7 | 57,0 | 38 | 14 | - | - | 8,0 | ~63 | ~94 | 4 | - | - |
| 31 | ZCP – PERON 2 | PRZEMOCZE | 36,6 | 66,0 | 23 | 43 | 10 | 8 | 6,0 | ~27 | ~46 | 8 | 2 | 1 |
| 32 | STARKÓWKO | ZCP | 16,6 | 28,0 | 21 | 11 | 5 | 4 | 7,0 | ~70 | ~109 | 4 | 2 | 1 |
| 33 | GRZĘDZICE, UL. JEZIORNA | SUŁKOWO | 20,1 | 46,0 | 26 | 32 | 22 | 16 | 6,0 | ~30 | ~61 | 5 | 3 | 2 |
| 34 | REPTOWO, SZKOŁA | ZCP | 30,1 | 58,0 | 16 | 42 | 26 | 28 | 7,0 | ~44 | ~55 | 4 | 1 | 1 |
| 35 | ZCP – PERON 4 | KOSZEWO | 8,9 | 35,0 | 18 | 20 | 10 | 0 | 4,0 | ~94 | ~133 | 5 | 2 | - |
| 36 | PĘTLA TESCO | WITKOWO PIERWSZE | 11,6 | 30,0 | 28 | 30 | 12 | 8 | 8,0 | ~51 | ~71 | 4 | 2 | 2 |
| 37 | ZCP – PERON 4 | KURCEWO | 15,6 | 31,0 | 15 | 10 | 0 | 0 | 8,0 | ~73 | ~219 | 4 | - | - |

*niedziele niehandlowe i święta.

**rozkład obowiązujący w dni nauki w szkołach.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych przez MPK Sp. z o.o. w Stargardzie.

1.7.5. Poziom zróżnicowania realizowanej liczby wozokilometrów przez poszczególne zadania

Wszystkie brygady w dzień roboczy szkolny wykonują łącznie 6 853,37 km. Najwięcej brygad obsługiwanych jest przez autobusy klasy MAXI, które obsługują około 5,6 tys. km (średnia długość brygady w całej sieci wynosi 77,94 km).

Autobusy klasy MEGA kierowane są na linie, które charakteryzują się największą liczbą brygad oraz największą liczbą wykonywanych dziennie kilometrów.

Szczegółowe dane dotyczące zróżnicowania brygad przedstawia poniższa tabela.

Tabela 8. Dane dotyczące zróżnicowania realizowanej liczby wzm przez poszczególne brygady w dzień roboczy szkolny

| Nr linii | Dzień roboczy | | | | Sobota | | | | Niedziela | | | |
|--------------------------|---------------|----------------------------------|---------------|-----------|---------------|----------------------------------|---------------|-----------|---------------|----------------------------------|---------------|-----------|
| | Liczba brygad | Liczba wykorzystywanych pojazdów | Rodzaj taboru | Liczba km | Liczba brygad | Liczba wykorzystywanych pojazdów | Rodzaj taboru | Liczba km | Liczba brygad | Liczba wykorzystywanych pojazdów | Rodzaj taboru | Liczba km |
| LINIE MIEJSKIE | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 3 | 2 | C | 138,97 | 2 | 2 | C | 77,21 | 2 | 2 | C | 77,21 |
| 2 | 10 | 6 | C, D | 916,92 | 9 | 5 | C, D | 1039,82 | 7 | 5 | C | 1039,82 |
| 5 | 9 | 6 | C | 285,01 | 2 | 2 | C | 129,63 | 2 | 2 | C | 120,37 |
| 8 | 5 | 4 | C, D | 612,15 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 9 | 7 | 6 | C | 613,56 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 10 | 2 | 1 | B | 220,71 | 2 | 1 | B | 118,85 | 2 | 1 | C | 101,87 |
| 12 | 4 | 2 | C | 232,32 | 2 | 1 | B | 92,93 | 2 | 1 | C | 77,44 |
| 13 | 3 | 2 | C | 415,16 | 2 | 1 | C | 219,51 | 2 | 1 | C | 200,09 |
| 14 | 1 | 1 | C | 68,21 | 1 | 2 | C | 54,57 | 1 | 2 | C | 54,57 |
| 15 | 8 | 6 | C | 255,08 | 2 | 1 | C | 120,32 | 2 | 1 | C | 120,32 |
| 24 | 2 | 3 | C | 105,01 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 25 | 4 | 4 | B | 240,52 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| LINIE PODMIEJSKIE | | | | | | | | | | | | |
| 31 | 8 | 6 | C | 634,53 | 2 | 2 | B | 145,17 | 1 | 1 | B | 60,01 |
| 32 | 4 | 6 | C | 313,00 | 2 | 1 | C | 136,87 | 1 | 1 | B | 63,73 |
| 33 | 5 | 3 | C | 524,28 | 3 | 2 | C | 222,06 | 2 | 1 | C | 146,93 |
| 34 | 4 | 3 | C | 367,29 | 1 | 2 | C | 67,08 | 1 | 1 | B | 232,08 |
| 35 | 5 | 5 | C | 360,85 | 2 | 2 | C | 180,43 | - | - | - | - |
| 36 | 4 | 4 | C | 389,04 | 2 | 2 | B | 153,69 | 2 | 1 | C | 102,46 |
| 37 | 4 | 3 | B | 160,76 | - | - | - | - | - | - | - | - |

Legenda:

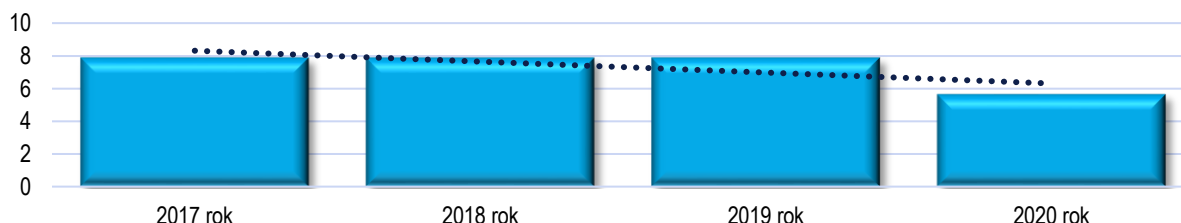
A- pojazd klasy MINI; **B**- pojazd klasy MIDI; **C** – pojazd klasy MAX; **D** – pojazd klasy MEGA.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych przez MPK Sp. z o.o.

1.7.6. Analiza popytu

Analiza liczby pasażerów na liniach komunikacyjnych MPK Sp. z o.o. wykazuje, iż w 2020 roku nastąpił duży spadek liczby przewiezionych pasażerów.

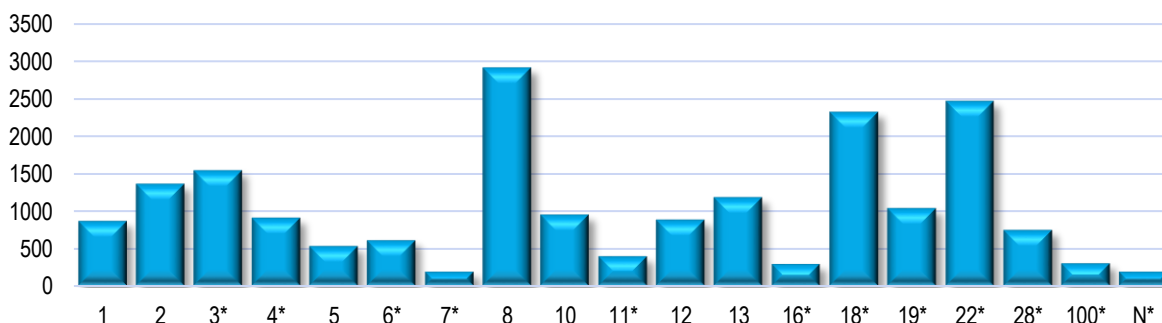
W 2019 roku komunikacja miejska obsłużyła 7,867 mln pasażerów, natomiast w roku 2020 nastąpił ich spadek aż o 28,31% (do poziomu 5,640 mln pasażerów).



Przyczyną negatywnych tendencji – spadku liczby pasażerów – jest pandemia COVID-19. W związku z nadzwyczajną sytuacją, która miała miejsce w roku ubiegłym konieczne było ograniczenie funkcjonowania części kursów, a to bezpośrednio wpłynęło na popularność i wykorzystanie transportu publicznego w codziennych podróżach.

Według badań popytowych, przeprowadzonych w ramach *Optymalizacji układu tras i rozkładów jazdy stargardzkiej komunikacji miejskiej*, w dzień roboczy najczęściej osób skorzystało z usług autobusów linii 8 – 2 906 (14,8% udziału spośród wszystkich linii), czyli linii miejskiej stanowiącej jedną z najważniejszych linii

w sieci stargardzkiej komunikacji miejskiej, realizującej najwięcej połączeń **do położonych na południowym skraju Miasta osiedli Kluczewo i Lotnisko**. Drugą najczęściej użytkowaną linią była linia nr 22 – 2 466 pasażerów (12,6%). Autobusy linii 22 kursowały wówczas z najwyższą częstotliwością kursowania w całej sieci komunikacyjnej. Przebieg trasy linii 22 charakteryzował się wówczas jednokierunkowym charakterem – rozpoczynał bieg na Osiedlu Chopina i następnie przemieszczał się w kierunku Przedmieścia Szczecińskiego, południowej części Starego Miasta do Osiedla Pyrzyckiego.



*oznaczenia kursów, który funkcjonował podczas wykonywania badań popytowych

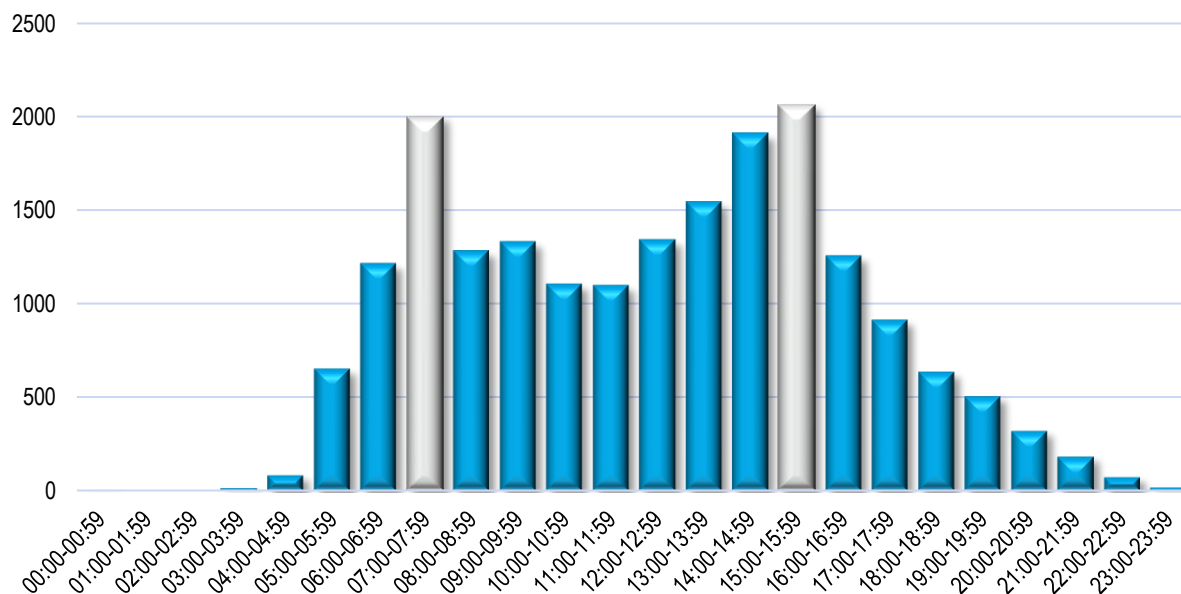
Wykres 17. Liczba pasażerów korzystających z komunikacji miejskiej

Źródło: opracowanie własne na podstawie badań napełnień zrealizowanych w ramach „Optymalizacji układu tras i rozkładów jazdy stargardzkiej komunikacji miejskiej”.

W dzień roboczy największe napełnienie zanotowane zostało w autobusach kursujących w ramach linii nr 8 (maksymalnie 103 pasażerów). Następną w kolejności najwyższego napełnienia kursu była linia – 22, gdzie maksymalne napełnienie wyniosło 87 pasażerów. Najniższe maksymalne napełnienie zanotowane

zostało na linii 11 – linii podmiejskiej realizującej kursy do Żarowa i Strumian (20 osób).

Poranny szczyt komunikacyjny został zaobserwowany w godzinach 07:00-07:59, natomiast szczyt popołudniowy od godziny 15:00 do godziny 15:59. Po porannym szczycie komunikacyjnym następuje spadek pasażerów o około 40%.



Wykres 18. Zmienność wielkości popytu potoków pasażerskich dla typów dni z wyszczególnieniem przedziałów godzinowych

Źródło: opracowanie własne na podstawie badań napełnień zrealizowanych w ramach „Optymalizacji układu tras i rozkładów jazdy stargardzkiej komunikacji miejskiej”.

2. Metodyka analizy

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

rekomendację wdrożenia w przypadku, gdy możliwe będzie, aby jednostki gospodarcze, które zyskują na realizacji Inwestycji, wypłaciły pełną rekompensatę pozostałym podmiotom, które ponoszą koszty. Konkluzją analizy kosztów i korzyści jest zależność, która stanowi, że poprzez projekty generujące korzyści netto (nadwyżkę korzyści nad kosztami) możliwa jest maksymalizacja dobrobytu społecznego¹¹.

2.1. Dane

Dane do Analizy pozyskano od Organizatora i Operatora w zakresie:

- kosztów bieżącego serwisu i utrzymania (naprawy, przeglądy, konserwacje itp.) autobusów z podziałem na rodzaj taboru;
- szczegółowych informacji na temat taboru autobusowego (m.in. rok produkcji, rodzaj napędu, norma emisji spalin, liczba miejsc, długość autobusu, dodatkowe wyposażenie, zużycie paliwa [l/100km], ilość wykonanych wzm przez poszczególny pojazd);
- charakterystyki obecnej sieci publicznej komunikacji zbiorowej (wykaz linii komunikacyjnych, rozkłady jazdy, liczba wykonywanych wozokilometrów na poszczególnych liniach, długość linii autobusowych, czas przejazdu danej trasy, średnia prędkość na poszczególnych liniach, liczba

przystanków na trasie, odległość od przystanków na trasie, liczba zatrzymań na trasie);

- zasad organizacji rynku przewozów (obowiązujące porozumienia międzygminne oraz zasady rozliczania się z Gminami, umowa zawarta z Operatorem);
- realizowanych w 2021 roku i planowanych inwestycjach zakupów taborowych oraz modernizacji infrastruktury technicznej w perspektywie do 2028 roku;
- struktury popytu (przychody całkowite z biletów z podziałem na poszczególne linie, rodzaje biletów, cennik biletowy, istniejące rozwiązanie integracji biletów);
- kosztów zużycia paliwa, z podziałem na rodzaj taboru;
- szczegółowych informacji na temat infrastruktury przystankowej.

2.2. Zastosowane metody

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

- finansowym (analiza finansowa),
- ekonomiczno - społecznym (analiza ekonomiczno - społeczna), a także
- wrażliwości i ryzyka otrzymanych parametrów oceny.

¹¹ Ligus M., Efektywność inwestycji w odnawialne źródła energii. Analiza kosztów i korzyści, CeDeWu Sp. z o.o., Warszawa 2010.

2.2.1. 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).

Strumień pieniężny 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)

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

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).

Składniki NPV – WACC

$$WACC = w_e * k_e + w_d * k_d (1 - T)$$

gdzie:

WACC – średni ważony koszt kapitału;

w_e – udział kapitału własnego;

k_e – koszt kapitału własnego;

w_d – udział kapitału obcego;

k_d – koszt kapitału obcego;

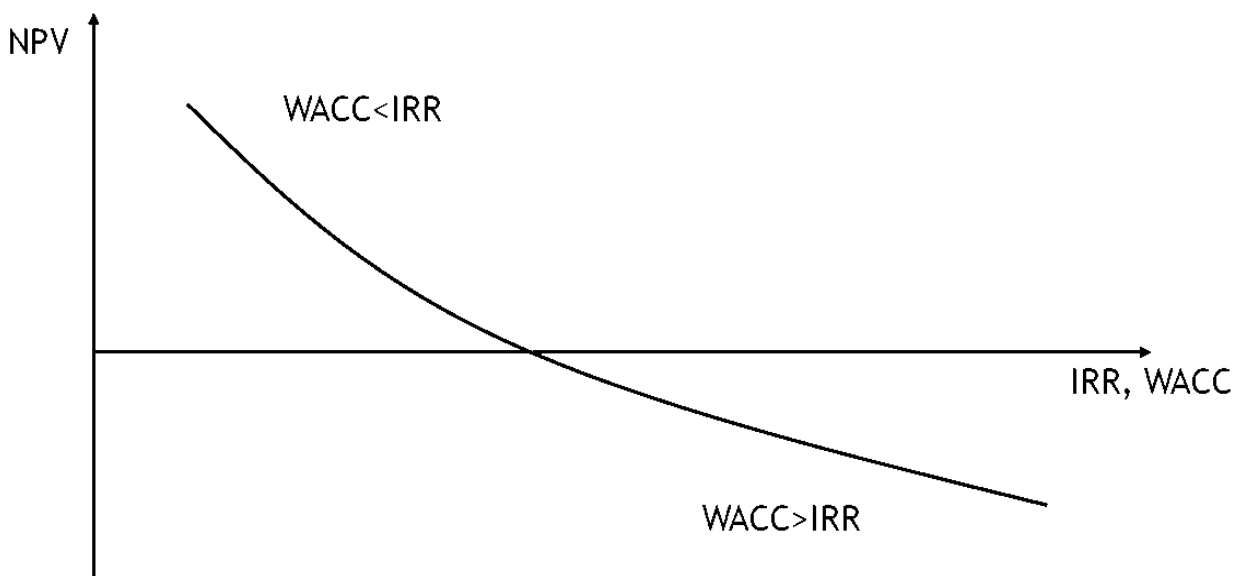
T – stopa opodatkowana.

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 19. 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). Oplacalny 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.

Poziom wewnętrznej stopy zwrotu badanej Inwestycji wykorzystując formułę interpolacji liniowej przyjmuje postać:

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

gdzie:

NPV - wartość bieżąca netto;

FCF_t - przepływy gotówkowe w okresie t;

r - stopa dyskonta;

I₀ - nakłady początkowe;

t - kolejne okresy (najczęściej lata) eksploatacji Inwestycji.

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

Analiza została przeprowadzona w cenach stałych oraz z pominięciem podatku od towarów i usług VAT (netto).

2.2.2. Analiza społeczno-ekonomiczna

Założenia analizy ekonomiczno-społecznej:

- 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 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).

Zmonetyzowane efekty zewnętrzne stanowią:

- **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 ekonomiczno-społecznej są miary:

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

ENPV Ekonomiczna bieżąca wartość netto

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

gdzie:

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

I_0 - nakłady początkowe;

r - stopa dyskonta;

t - kolejne okresy (najczęściej lata) eksploatacji Inwestycji.

ERR ekonomiczna stopa zwrotu

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

gdzie:

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

I_0 - nakłady początkowe;

r - stopa dyskonta;

t - kolejne okresy (najczęściej lata) eksploatacji Inwestycji.

2.2.3. 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 określonej 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.

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

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

Rezultaty analizy wrażliwości

- wyłonienie kluczowych zmiennych AKK jako krytycznych dla Analizy. Za zmienną krytyczną uważa się tę zmienną kluczową, której zmiana o ± 1 pp. wywołuje zmianę NPV o co najmniej 1pp.;
- wartości progowe (switching values) kluczowych założeń, w tym przede wszystkim zmiennych krytycznych. Zmienna przyjmuje wartość progową, kiedy jej zmiana powoduje osiągnięcie NPV=0.

2.2.4. Analizy 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”¹². W przypadku każdego ze zidentyfikowanych, aktywnych ryzyk przeanalizowano następujące aspekty:

- **wpływ zidentyfikowanego ryzyka na realizację projektu;**
- **możliwą strategię przeciwdziałania** (sposób ograniczenia ryzyka);
- **przyczynę**, czyli co powoduje, że dane ryzyko występuje;
- **prawdopodobieństwo wystąpienia** w skali od A do E (Tabela 9);
- **siłę oddziaływania** w skali od I do V (Tabela 10).

Tabela 9. 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”; Nowa edycja, opracowanie JASPERS, sierpień 2015 r.

Tabela 10. 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”; Nowa edycja, opracowanie JASPERS, sierpień 2015 r.

¹² Ryzyko uważane jest za „aktywne” jeśli jest **identyfikowalne** i **istotne dla projektu** na obecnym etapie AKK.

Tabela 11. 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 12. Matryca ryzyka – sposób działania

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

Źródło: opracowanie własne.

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

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

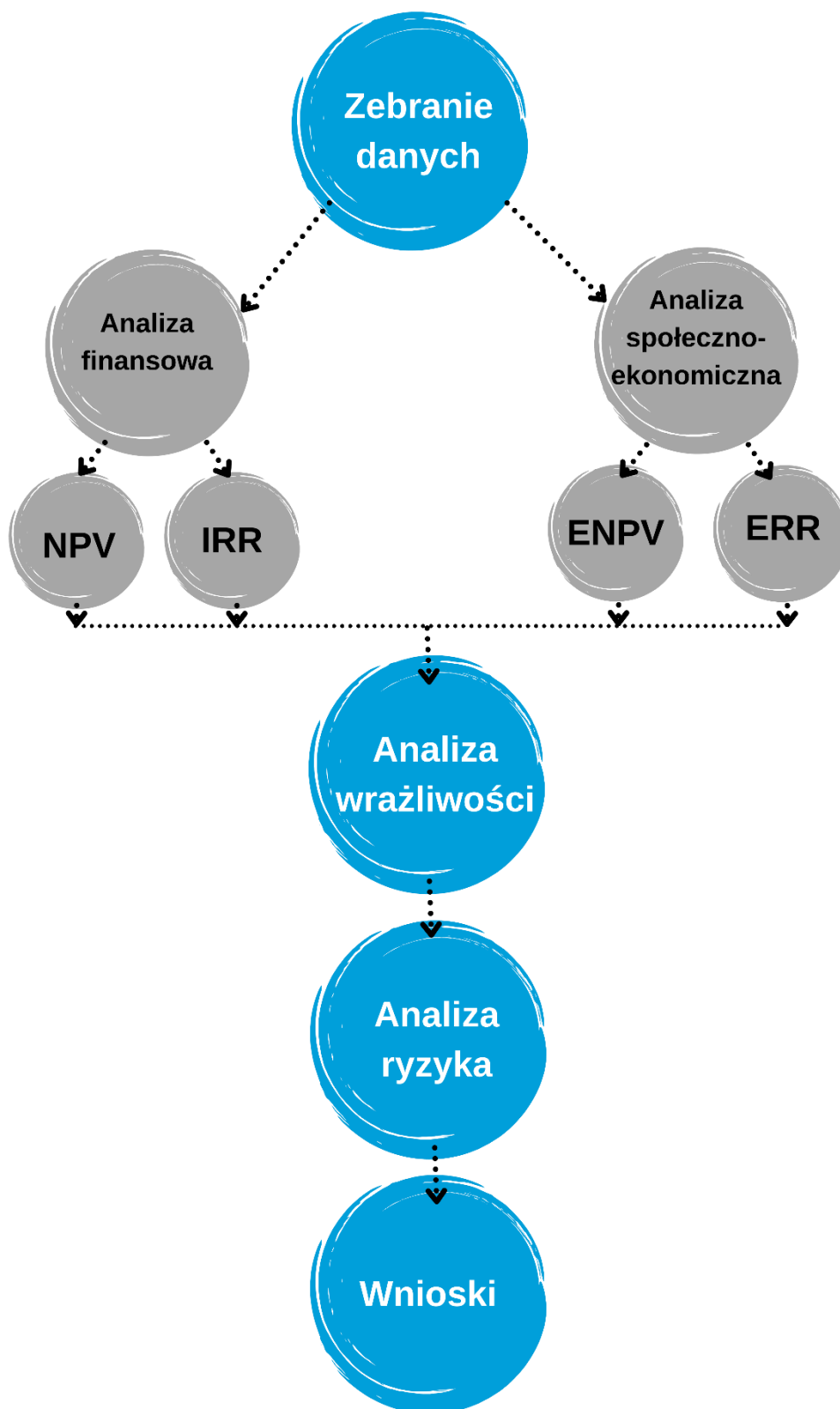
podmiot) za określoną cenę (firmy ubezpieczeniowe są najbardziej oczywistym przykładem takiej strony trzeciej). Przeniesienie ryzyka ma sens tylko wtedy, jeśli strona przejmująca ryzyko jest w stanie (lepiej) kontrolować dane ryzyko, a także posiada środki na pokrycie skutków oddziaływania danego ryzyka,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

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

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

2.3. Procedura analizy

Na schemacie przedstawiono procedurę przeprowadzenia AKK dla Inwestycji.



3. Analiza wariantów strategicznych eksploatacji pojazdów z różnymi napędami

3.1. Wyznaczenie linii komunikacji miejskiej przeznaczonych do obsługi przez autobusy zeroemisyjne

Aby wskazać konkretne linie komunikacji miejskiej na których mają kursować autobusy zeroemisyjne należy dokonać szczegółowej analizy parametrów technicznych danej trasy, tj. **przebieg, zakres przestrzenny obsługi obszaru miejskiego oraz uwarunkowania geograficzne i topograficzne.**

Na podstawie powyższych analiz można wskazać potrzeby dotyczące infrastruktury ładowania jakie powinny znaleźć się na trasach przejazdu lub na bazie Operatora.

Zgodnie z rekomendacją ¹³, wynikającą z przewodnika dla Jednostek Samorządu Terytorialnego, Przedsiębiorstw Użyteczności Publicznej i Prywatnych przewoźników pt. „Elektromobilność w transporcie publicznym. Praktyczne aspekty wdrażania” postuluje się, aby pojazdy zeroemisyjne w pierwszej kolejności przeznaczane były na linie, które:



obsługują 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



charakteryzują się dużym poziomem dobowego i rocznego wykorzystania taboru



obsługują obszar Miasta charakteryzujący się dużą gęstością przystanków autobusowych



obsługują obszar Miasta o jak najmniejszych różnicach poziomów terenu



stanowią element skoordynowanego systemu obsługi terenu śródmieścia wieloma liniami



podatne są na kongestję drogową (trasa powinna charakteryzować się dużą liczbą zatrzymań na przystankach komunikacyjnych oraz pomiędzy nimi, a także niewielką prędkością jazdy)



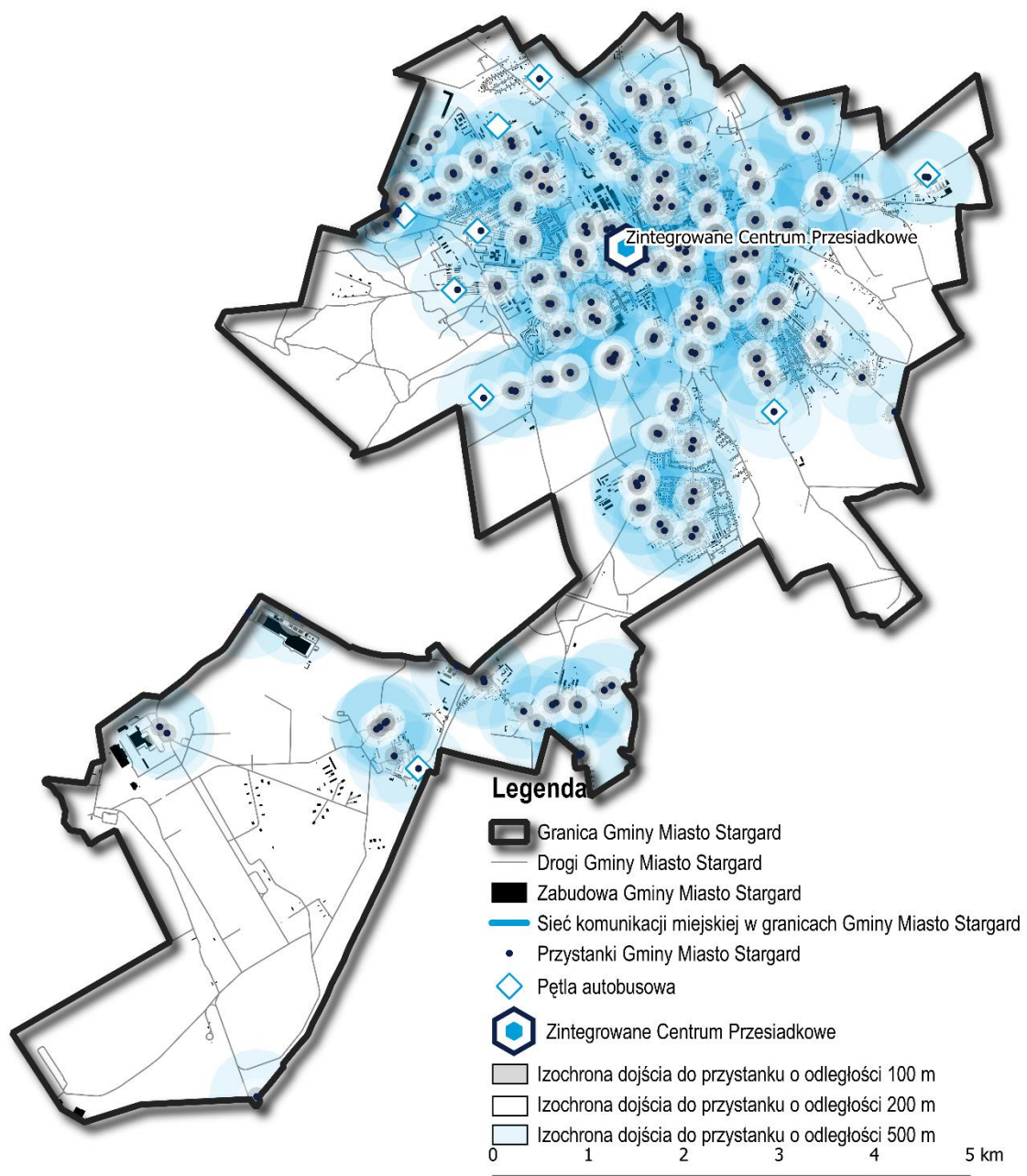
przebiegają przez obecne lub planowane strefy ograniczonego ruchu/ strefy ekologiczne/ strefy czystego powietrza lub przebiega przez historyczny obszar Miasta lub obszar turystyczno-rekreacyjny

¹³ 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.

Zgodnie z powyższym w przypadku Gminy Miasto Stargard rekomenduje się wybór linii na podstawie następujących kryteriów:

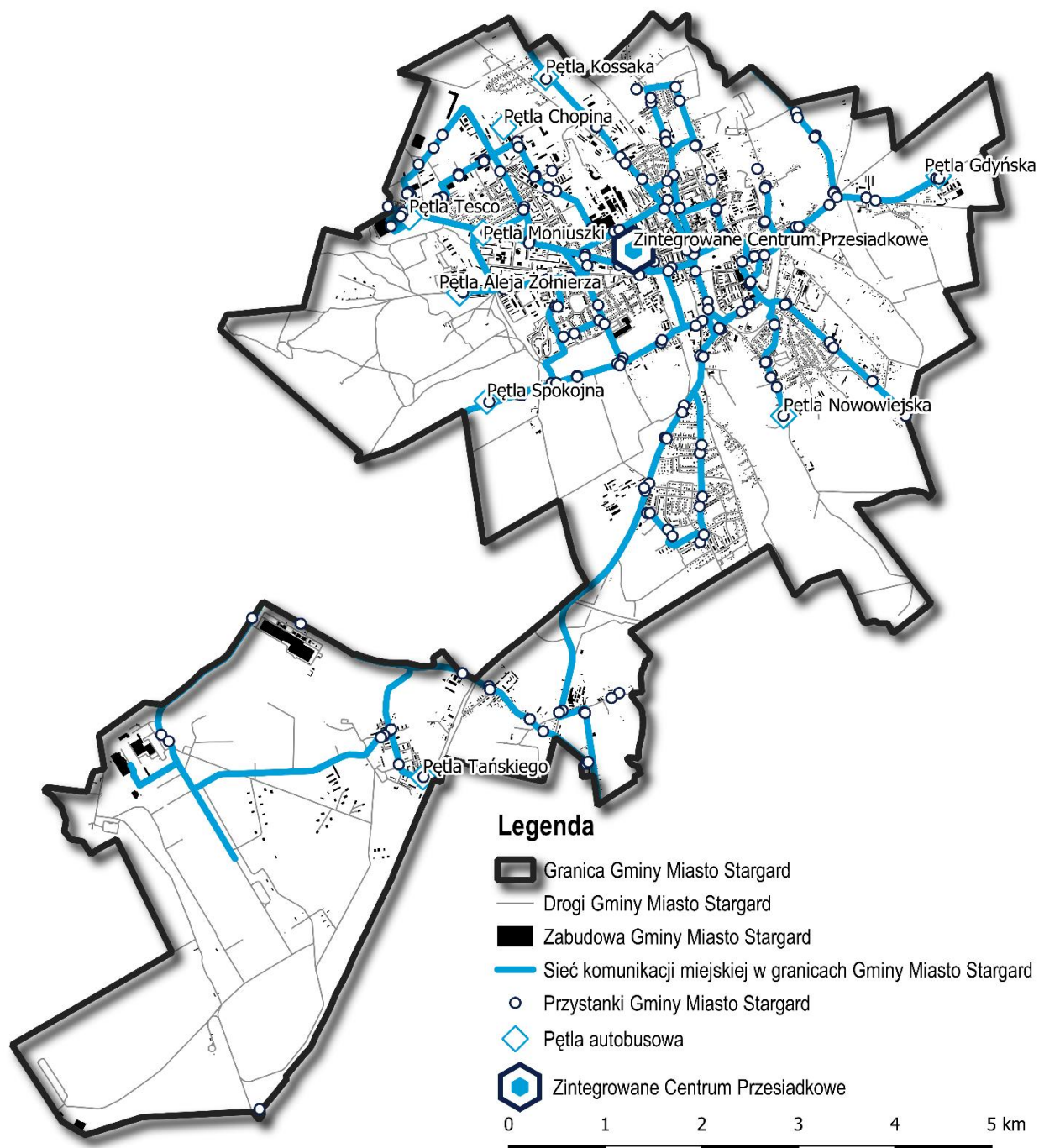
- linia powinna obsługiwać obszar Miasta o największej gęstości zaludnienia obsługując tym samym największe potoki pasażerskie;
- linia powinna stanowić łącznik pomiędzy centrum Miasta (i/lub Zintegrowanym Centrum Przesiadkowym) a najbardziej zaludnionymi osiedlami mieszkaniowymi;
- linia powinna charakteryzować się dużą częstotliwością kursowania i przebiegać wzdłuż najbardziej zatłoczonych ulic.

Przesłanki decydujące o wyborze linii autobusowych przeznaczonych do obsługi przez autobusy niskoemisyjne.

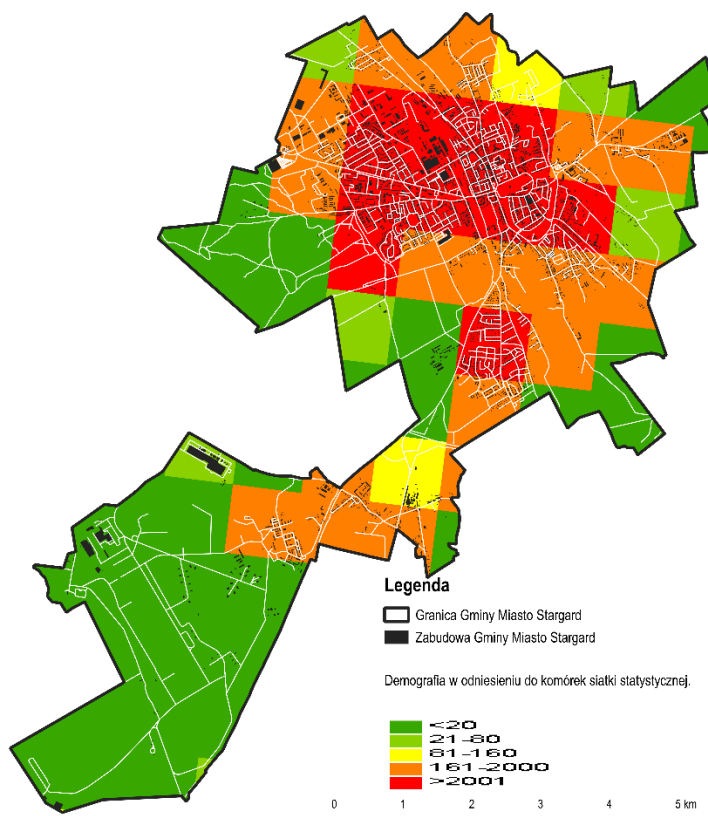


Rysunek 4. Rozmieszczenie przystanków komunikacyjnych na terenie Gminy Miasto Stargard

Źródło: opracowanie własne.

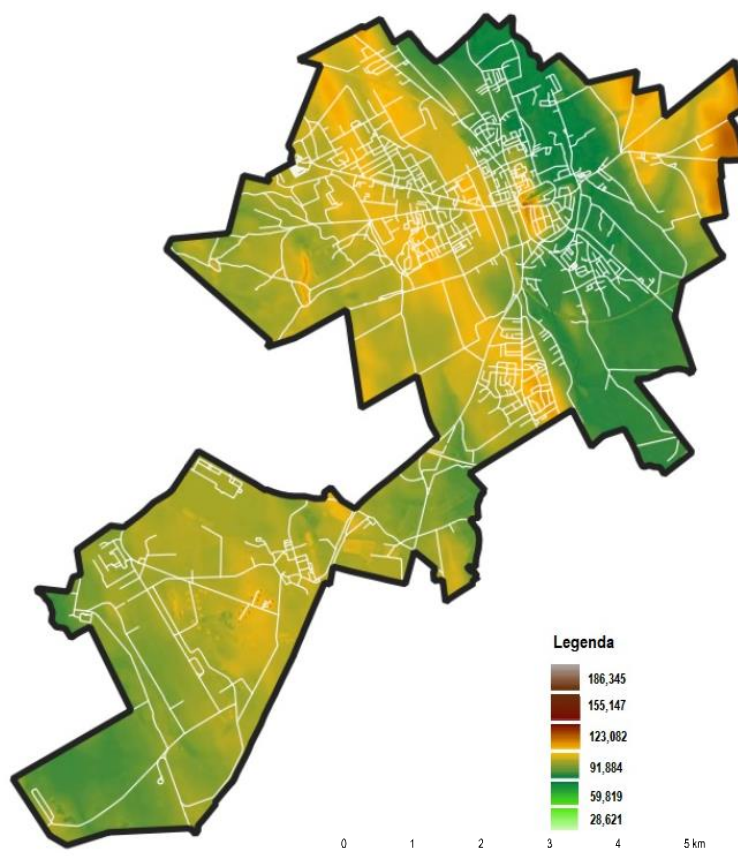


Rysunek 5. Schemat komunikacji miejskiej Gminy Miasto Stargard
Źródło: opracowanie własne.



Rysunek 6. Gęstość zaludnienia w granicach Gminy Miasto Stargard

Źródło: opracowanie własne na podstawie <https://stargardzki.e-mapa.net/>.



Rysunek 7. Model różnic terenu Gminy Miasto Stargard

Źródło: opracowanie własne na podstawie <https://stargardzki.e-mapa.net/>.

| Czynniki sprzyjające wprowadzeniu autobusów zeroemisyjnych | Linia 5 |
|--|--|
| Obsługuje obszary miejskie, charakteryzujące się intensywną zabudową wielorodzinną | Linia przebiega przez ścisłe centrum Miasta. Łączy osiedle mieszkaniowe takie jak Osiedle Letnie, Przedmieście Poznańskie, Stare Miasto, Przedmieście Szczecińskie i Pszczelnik. |
| Charakteryzuje się dużym poziomem dobowego i rocznego wykorzystania taboru | 84.535,00 km w 2020 r. (plan na 2021 r.: 85.880,00 km) |
| Obsługuje obszar Miasta charakteryzujący się dużą gęstością przystanków autobusowych | Linia nr 5 przebiega przez obszar gęstej sieci przystanków autobusowych (Rysunek 4). |
| Obsługuje obszar Miasta o jak najmniejszych różnicach poziomów terenu | Linia nr 5 przebiega przez obszar o niewielkich różnicach terenu (Rysunek 7). |
| Stanowi element skoordynowanego systemu obsługi terenu śródmieścia wieloma liniami | Trasa stanowi element skoordynowanego systemu obsługi Miasta – przebiega przez obszar Śródmieścia. |
| Podatna jest na kongestię drogową | Tak. W godzinach szczytu powstają kongestie drogowe, głównie na Al. Żołnierza, ul. Tadeusza Kościuszki, ul. Spokojna, ul. Kazimierza Wielkiego oraz ul. Pierwszej Brygady. |
| Średnia prędkość komunikacyjna autobusów | 18,6 km/h |
| Średnia prędkość eksploatacyjna autobusów | 16,8 km/h |
| Średni czas przejazdu | 48 min |
| Średni czas postoju | 5 min |
| Średnia długość kursu | 14,87 km |
| Przebieg trasy obejmuje obecne lub planowane strefy ograniczonego ruchu/ strefy ekologiczne/ strefy czystego powietrza lub przebiega przez historyczny obszar Miasta | Tak. Linia nr 5 przebiega przez centrum Miasta. |
| Czynniki sprzyjające wprowadzeniu autobusów zeroemisyjnych | Linia 9 |
| Obsługuje obszary miejskie, charakteryzujące się intensywną zabudową wielorodzinną | Linia przebiega przez okolice Osiedla Pszczelnik, Przedmieście Szczecińskiego, Starego Miasta oraz Osiedla Pyrzyckie. |
| Charakteryzuje się dużym poziomem dobowego i rocznego wykorzystania taboru | 104.416,00 km w 2020 r. (plan na 2021 r.: 104.832,00 km). |
| Obsługuje obszar Miasta charakteryzujący się dużą gęstością przystanków autobusowych | Linia nr 9 przebiega przez obszar gęstej sieci przystanków autobusowych (Rysunek 4). |
| Obsługuje obszar Miasta o jak najmniejszych różnicach poziomów terenu | Linia nr 9 przebiega przez obszar o niewielkich różnicach terenu (Rysunek 7). |
| Stanowi element skoordynowanego systemu obsługi terenu śródmieścia wieloma liniami | Trasa stanowi element skoordynowanego systemu obsługi Miasta – przebiega przez obszar Śródmieścia oraz ZCP. |
| Podatna jest na kongestię drogową | Tak. W godzinach szczytu powstają kongestie drogowe, głównie na ul. Szczecińskiej, ul. Hetmana Stefana Czarneckiego i ul. Warszawskiej. |
| Średnia prędkość komunikacyjna autobusów | 19,0 km/h |
| Średnia prędkość eksploatacyjna autobusów | 16,4 km/h |
| Średni czas przejazdu | 57 min |
| Średni czas postoju | 9 min |
| Średnia długość kursu | 18,03 km |
| Przebieg trasy obejmuje obecne lub planowane strefy ograniczonego ruchu/ strefy ekologiczne/ strefy czystego powietrza lub przebiega przez historyczny obszar Miasta | Tak. Linia nr 9 przebiega przez centrum Miasta. |

| Czynniki sprzyjające wprowadzeniu autobusów zeroemisyjnych | Linia 10 |
|--|--|
| Obsługuje obszary miejskie, charakteryzujące się intensywną zabudową wielorodzinną | Linia przebiega przez centrum Miasta. Łączy teren Osiedla Pszczelnik, Przedmieście Szczecińskie, Stare Miasto oraz Osiedle Mroczeń. |
| Charakteryzuje się dużym poziomem dobowego i rocznego wykorzystania taboru | 66.963,00 km w 2020 r. (plan na 2021 r.: 68.068 km). |
| Obsługuje obszar Miasta charakteryzujący się dużą gęstością przystanków autobusowych | Linia nr 10 przebiega przez obszar gęstej sieci przystanków autobusowych (Rysunek 4). |
| Obsługuje obszar Miasta o jak najmniejszych różnicach poziomów terenu | Linia nr 10 przebiega przez obszar o niewielkich różnicach terenu (Rysunek 7). |
| Stanowi element skoordynowanego systemu obsługi terenu śródmieścia wieloma liniami | Trasa stanowi element skoordynowanego systemu obsługi Miasta – przebiega przez obszar Śródmieścia oraz ZCP. |
| Podatna jest na kongestię drogową | Tak. W godzinach szczytu powstają kongestie drogowe głównie na ul. Józefa Piłsudskiego, ul. Starowiejskiej oraz ul. Warszawskiej. |
| Średnia prędkość komunikacyjna autobusów | 17,0 km/h |
| Średnia prędkość eksploatacyjna autobusów | 13,4 km/h |
| Średni czas przejazdu | 26 min |
| Średni czas postoju | 7 min |
| Średnia długość kursu | 7,35 km |
| Przebieg trasy obejmuje obecne lub planowane strefy ograniczonego ruchu/ strefy ekologiczne/ strefy czystego powietrza lub przebiega przez historyczny obszar Miasta | Tak. Linia nr 10 przebiega przez centrum Miasta. |
| Czynniki sprzyjające wprowadzeniu autobusów zeroemisyjnych | Linia 12 |
| Obsługuje obszary miejskie, charakteryzujące się intensywną zabudową wielorodzinną | Linia przebiega przez centrum Miasta. Łączy Osiedle Generała Józefa Hallera, Osiedle Letnie, Przedmieście Szczecińskie, Stare Miasto oraz Przedmieście Barnimowskie. |
| Charakteryzuje się dużym poziomem dobowego i rocznego wykorzystania taboru | 67.072,00 km w 2020 r. (plan na 2021 r.: 67.965,00 km) |
| Obsługuje obszar Miasta charakteryzujący się dużą gęstością przystanków autobusowych | Linia nr 12 przebiega przez obszar gęstej sieci przystanków autobusowych (Rysunek 4). |
| Obsługuje obszar Miasta o jak najmniejszych różnicach poziomów terenu | Linia nr 12 przebiega przez obszar o niewielkich różnicach terenu (Rysunek 7). |
| Stanowi element skoordynowanego systemu obsługi terenu śródmieścia wieloma liniami | Trasa stanowi element skoordynowanego systemu obsługi Miasta – przebiega przez obszar Śródmieścia oraz ZCP. |
| Podatna jest na kongestię drogową | Tak. W godzinach szczytu powstają kongestie drogowe, głównie na ul. Kardynała Stefana Wyszyńskiego i ul. Wojska Polskiego. |
| Średnia prędkość komunikacyjna autobusów | 15,9 km/h |
| Średnia prędkość eksploatacyjna autobusów | 14,20 km/h |
| Średni czas przejazdu | 50 min |
| Średni czas postoju | 6 min |
| Średnia długość kursu | 13,26 km |
| Przebieg trasy obejmuje obecne lub planowane strefy ograniczonego ruchu/ strefy ekologiczne/ strefy czystego powietrza lub przebiega przez historyczny obszar Miasta | Tak. Linia nr 12 przebiega przez centrum Miasta. |

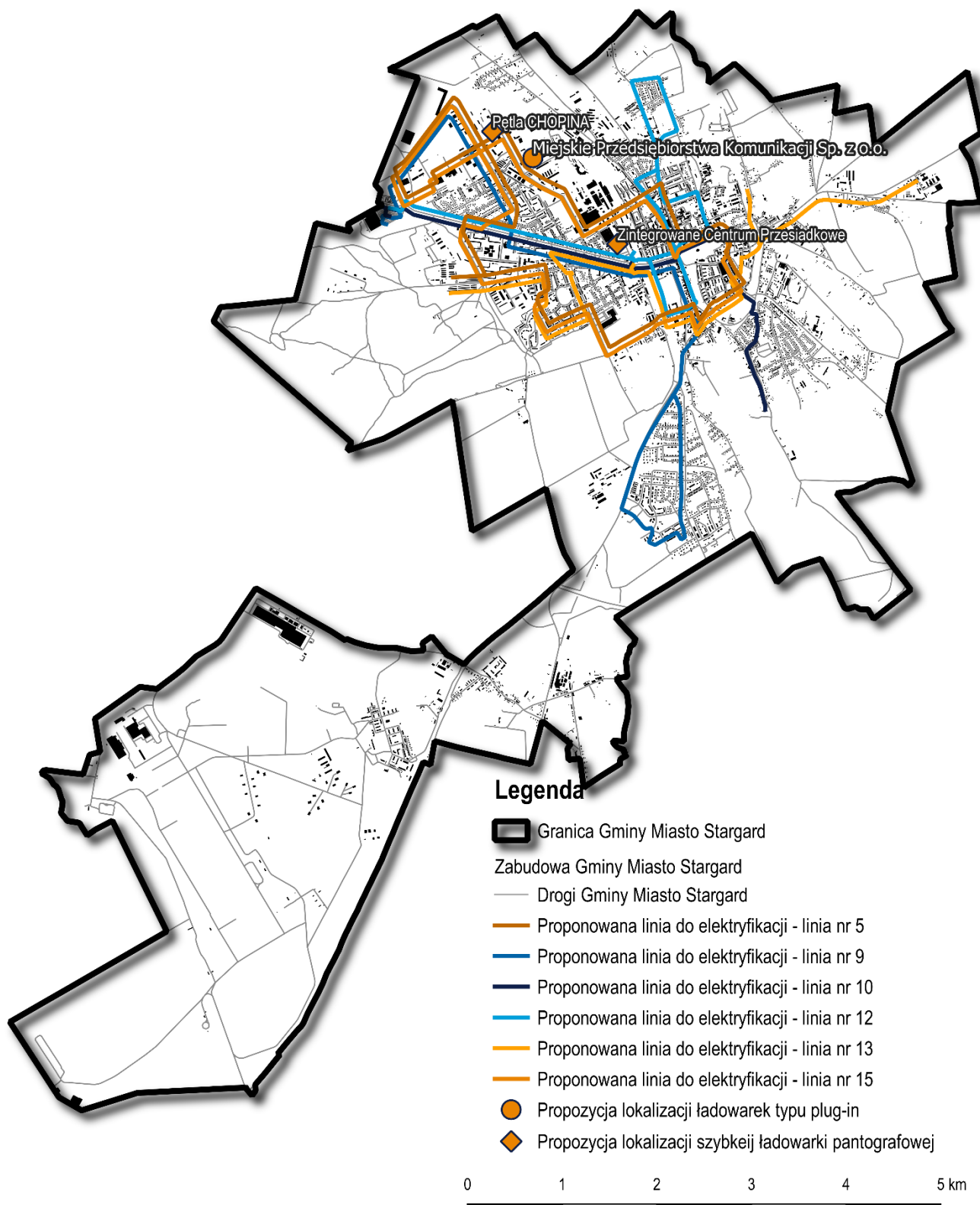
| Czynniki sprzyjające wprowadzeniu autobusów zeroemisyjnych | Linia 13 |
|--|---|
| Obsługuje obszary miejskie, charakteryzujące się intensywną zabudową wielorodzinną | Linia przebiega przez centrum Miasta. Łączy Osiedle Letnie, Przedmieście Szczecińskie, Stare Miasto oraz Przedmieście Barnimowskie. |
| Charakteryzuje się dużym poziomem dobowego i rocznego wykorzystania taboru | 126.005,00 km w 2020 r. (plan na 2021 r.: 128.180,00) |
| Obsługuje obszar Miasta charakteryzujący się dużą gęstością przystanków autobusowych | Linia nr 13 przebiega przez obszar gęstej sieci przystanków autobusowych (Rysunek 4). |
| Obsługuje obszar Miasta o jak najmniejszych różnicach poziomów terenu | Linia nr 13 przebiega przez obszar o niewielkich różnicach terenu (Rysunek 7). |
| Stanowi element skoordynowanego systemu obsługi terenu śródmieścia wieloma liniami | Trasa stanowi element skoordynowanego systemu obsługi Miasta – przebiega przez obszar Śródmieścia oraz ZCP. |
| Podatna jest na kongestię drogową | Tak. W godzinach szczytu powstają kongestie drogowe, głównie na Al. Żołnierza, Al. Gryfa, ul. Tadeusza Kościuszki, ul. Stanisława Staszica i ul. Bolesława Chrobrego. |
| Średnia prędkość komunikacyjna autobusów | 19,14 km/h |
| Średnia prędkość eksploatacyjna autobusów | 15,95 km/h |
| Średni czas przejazdu | 30 min |
| Średni czas postoju | 6 min |
| Średnia długość kursu | 9,57 km |
| Przebieg trasy obejmuje obecne lub planowane strefy ograniczonego ruchu/ strefy ekologiczne/ strefy czystego powietrza lub przebiega przez historyczny obszar Miasta | Tak. Linia nr 13 przebiega przez centrum Miasta. |
| Czynniki sprzyjające wprowadzeniu autobusów zeroemisyjnych | Linia 15 |
| Obsługuje obszary miejskie, charakteryzujące się intensywną zabudową wielorodzinną | Linia przebiega przez ściśle centrum Miasta. Łączy Osiedle Letnie, Przedmieście Poznańskie, Stare Miasto, Przedmieście Szczecińskie i Osiedle Pszczelnik. |
| Charakteryzuje się dużym poziomem dobowego i rocznego wykorzystania taboru | 76.485,00 km w 2020 r. (plan na 2021 r.: 77.820,00) |
| Obsługuje obszar Miasta charakteryzujący się dużą gęstością przystanków autobusowych | Linia nr 15 przebiega przez obszar gęstej sieci przystanków autobusowych (Rysunek 4). |
| Obsługuje obszar Miasta o jak najmniejszych różnicach poziomów terenu | Linia nr 15 przebiega przez obszar o niewielkich różnicach terenu (Rysunek 7.). |
| Stanowi element skoordynowanego systemu obsługi terenu śródmieścia wieloma liniami | Trasa stanowi element skoordynowanego systemu obsługi Miasta – przebiega przez obszar Śródmieścia. |
| Podatna jest na kongestię drogową | Tak. W godzinach szczytu powstają kongestie drogowe, głównie na Al. Żołnierza, ul. Tadeusza Kościuszki, ul. Spokojna, ul. Kazimierza Wielkiego i ul. Pierwszej Brygady. |
| Średnia prędkość komunikacyjna autobusów | 18,8 km/h |
| Średnia prędkość eksploatacyjna autobusów | 16,7 km/h |
| Średni czas przejazdu | 48 min |
| Średni czas postoju | 6 min |
| Średnia długość kursu | 15,05 km |
| Przebieg trasy obejmuje obecne lub planowane strefy ograniczonego ruchu/ strefy ekologiczne/ strefy czystego powietrza lub przebiega przez historyczny obszar Miasta | Tak. Linia nr 15 przebiega przez centrum Miasta. |

W wyniku analizy sieci komunikacyjnej oraz koniecznych do spełnienia przesłanek wytypowano następujące predysponowane linie komunikacyjne do obsługi autobusami zeroemisyjnymi: 5, 9, 10, 12, 13 i 15.

Wskazane linie autobusowe są wybrane z uwagi na najbardziej miarodajne odzwierciedlenie wszystkich analizowanych linii.

Niemniej jednak, przy Inwestycji w 12 szt. taboru zeroemisyjnego klasy MAXI rekomenduje się elektryfikację w pierwszej kolejności linii 12, 13 i 15.

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



Rysunek 8. Proponowane linie stargardzkiej komunikacji miejskiej do elektryfikacji

Źródło: opracowanie własne.

| Nr linii | Przebieg | Długość |
|----------------------|---|----------|
| 5 (linia okólna) | Pętla Chopina → Wieniawskiego Paderewskiego → Szczecińska Moniuszki → Os. Zachód Al. Żołnierza → Al. Żołnierza koszary → Al. Żołnierza – os. Hallera → Pogodna – Os. Hallera Al. → Gryfa – Jesienna → Kościuszki – cmentarz → Spokojna → Bogusława IV – straż → Staszica → Bolesława Krzywoustego → Kazimierza Wielkiego → Portowa → Wojska Polskiego – Pl. Wolności → Wojska Polskiego – szkoła → M. Konopnickiej → I Brygady 04 → Ceglana 01 stadion → Ceglana 03 szkoła → Usługowa – Składowa ZUS → Usługowa Nasienna → Wieniawskiego – Ciepna → Pętla Chopina | 14,87 km |
| 9 (linia okólna) | Pętla Tesco → Skandynawska → Przemysłowa 01 → Ciepna 02 → Wieniawskiego Ciepna → Pętla Chopina → Wieniawskiego - Paderewskiego → Szczecińska – wieżowiec → Szczecińska – Słoneczna → Szczecińska – DKK → ZCP → Wyszyńskiego → Czarnieckiego - Pl. Wolności → Czarnieckiego – kościół → Staszica → Warszawska → Niepodległości – Leśmiana → Niepodległości - Baczyńskiego → Niepodległości - Powstańców Warszawy → Twardowskiego Armii Krajowej – szkoła → Broniewskiego 04 → osiedle Broniewskiego 06 Brzechwy → Broniewskiego 08 → Niepodległości → Warszawska – Staszica → Staszica → Czarnieckiego → Czarnieckiego sk. św JP → Wyszyńskiego → ZCP → Szczecińska → Szczecińska – Pl. Zgody → Szczecińska – Wieniawskiego → Wieniawskiego → Pętla Chopina → Ciepna – Nasienna → Ciepna 01 → Przemysłowa – Stranslundzka → Skandynawska → Pętla Tesco | 18,03 km |
| 10 (TAM) | Pętla TESCO → Pętla Moniuszki → Szczecińska – wieżowiec → Szczecińska – Słoneczna → Szczecińska – DKK → ZCP → Wyszyńskiego → Struga - Plac Wolności → Struga → B. Chrobrego – Portowa → Kazimierza Wielkiego → Jagiellońska → Wiejska – Popiela → Wiejska → Nowowiejska | 6,78 km |
| 10 (POWRÓT) | Nowowiejska → Wiejska – Dębowa → Sikorskiego Dębowa → Sikorskiego 03 → Andersa Tuwima → Bydgoska 03 Jesionowa → Bydgoska 01 Robotnicza → Kazimierza Wielkiego → Portowa → Struga pl. Wolności → Wyszyńskiego bank → ZCP → Szczecińska → Szczecińska – Pl. Zgody → Szczecińska – Wieniawskiego → Szczecińska – Moniuszki → Pętla Tesco | 7,92 km |
| 12 (linia okólna) | Pętla Tesco → Pętla Moniuszki → Szczecińska – wieżowiec → Szczecińska – Słoneczna → Szczecińska – DKK → ZCP → Wyszyńskiego poczta → Struga pl. Wolności → Okrzei – młyn → Okrzei → Wojska Polskiego – szkoła → Wojska Polskiego – Sienkiewicza → Brzozowa – Sportowa → Brzozowa – Polna → Reymonta – cmentarz → Wojska Polskiego - Ogrody Łukasiewicza → Wojska Polskiego – Sportowa → Sienkiewicza → Piłsudskiego – Konopnickiej → Piłsudskiego - pl. Wolności → Wyszyńskiego bank → ZCP → Szczecińska → Szczecińska – pl. Zgody → Szczecińska – Wieniawskiego → Szczecińska – Moniuszki → Pętla Tesco | 13,26 km |
| 13 (TAM) | Al. Żołnierza – początkowy → Al. Żołnierza - koszary → Al. Żołnierza – Os. Hallera → Pogodna - Os. Hallera → Al. Gryfa – Jesienna → Kościuszki – Szkolna → Kościuszki - Pl. Słoneczny → Szczecińska – Słoneczna → Szczecińska – DKK → ZCP → Wyszyńskiego → Czarnieckiego - Pl. Wolności → Czarnieckiego – kościół → Bolesława Krzywoustego → Kazimierza Wielkiego → Bolesława Chrobrego szkoła → Daleka → Drzymały → Daleka → Gdańska – Grunwaldzka → Gdańska – działki → Gdyńska – Grudziądzka → Gdyńska | 9,73 km |
| 13 (POWRÓT) | Gdyńska początkowy → Gdyńska → Gdańska – Morska → Gdańska – Łukowa → Daleka → Drzymały → Daleka → Bolesława Chrobrego → Bolesława Chrobrego – Portowa → Kazimierza Wielkiego ratusz → Bolesława Krzywoustego Kolegiata → Czarnieckiego → Czarnieckiego sk. Św JP → Wyszyńskiego → ZCP → Szczecińska → Słoneczna → Kościuszki - pl. Majdanek → Al. Gryfa – Kościuszki → Al. Gryfa – Pogodna → Al. Żołnierza szkoła → Al. Żołnierza → Al. Żołnierza | 9,41 km |
| 15 (linia okólna) | Pętla Chopina → Ciepna – Nasienna → Ciepna → Przemysłowa – Stranslundzka → Przemysłowa 02 → Skandynawska Rondo → Hanzeatycka → Nasienna 03 → Wieniawskiego - Ciepna → Pętla Chopina → Nasienna – Ciepna → Usługowa → Usługowa – Składowa → Ceglana 02 szkoła → Ceglana 04 stadion → I Brygady 03 → Piłsudskiego – Konopnickiej → Piłsudskiego - Pl. Wolności → Struga → Bolesława Chrobrego – Portowa → Kazimierza Wielkiego – Ratusz → Bolesława Krzywoustego → Staszica LO → Bogusława IV - starostwo → Spokojna - park Batorego → Spokojna 04 cmentarz → Al. Gryfa – Kościuszki → Al. Gryfa - Pogodna → Pogodna → Al. Żołnierza – szkoła → Al. Żołnierza → Os. Zachód - Szczecińska 02 → Pętla Moniuszki → Wieniawskiego → Pętla Chopina | 15,05 km |

3.2. Analiza opcji inwestycyjnych

Alternatywne warianty realizacji Inwestycji:

- I. **Wariant „0”** – wymiana taboru na pojazdy o napędzie konwencjonalnym, spełniające najwyższe normy emisji spalin.
- II. **Wariant „1”** – wprowadzenie do eksploatacji pojazdów o napędzie zeroemisyjnym elektrycznym.

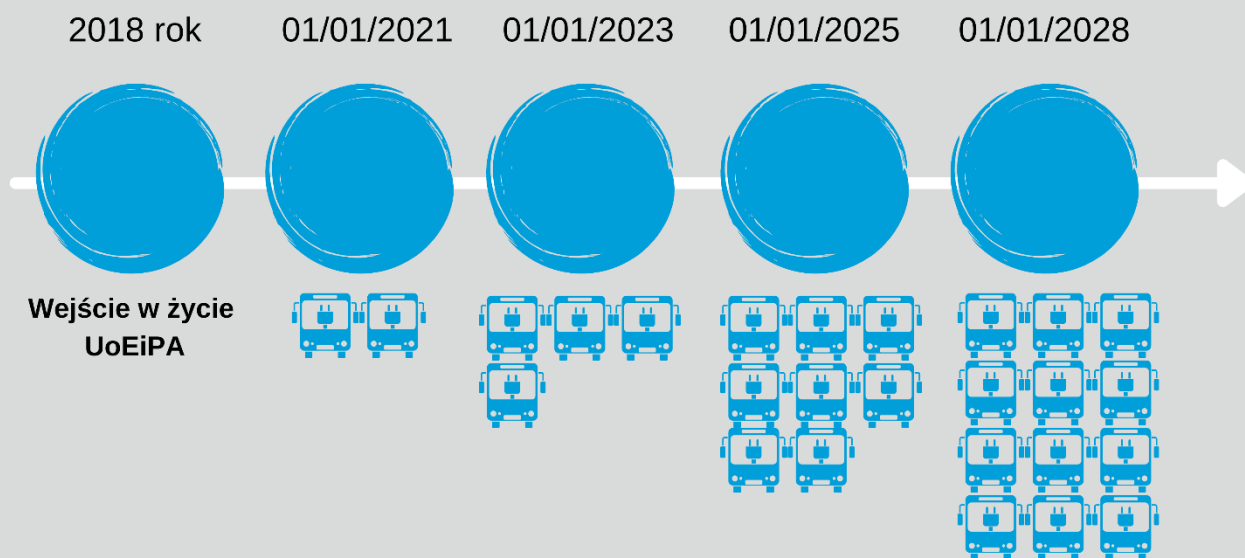
Wariant „1a” - autobusy elektryczne akumulatorowe w modelu opartym o ładowanie metodą plug-in.

Wariant „1b” - autobusy elektryczne akumulatorowe w modelu opartym o ładowanie metodą plug-in oraz metodą pantografową.
- III. **Wariant „2”** – wprowadzenie do eksploatacji pojazdów o napędzie zeroemisyjnym wodorowym – autobusy elektryczne z wodorowymi ogniwami paliwowymi.

Zgodnie z zapisami UoEiPA do 2028 roku podmiot świadczący usługi publicznego transportu zbiorowego będzie posiadał co najmniej 30% autobusów o napędzie zeroemisyjnym w całym eksploatowanym taborze na rzecz danej jednostki samorządu terytorialnego. **W związku z powyższym w Gminie Miasto Stargard, przy obecnym stanie taboru wynoszącym 37 pojazdów, do 2028 roku wymagana liczba pojazdów zeroemisyjnych wynosi 12 szt.**

MPK Sp. z o.o. nie posiada w swoim taborze autobusów o napędzie zeroemisyjnym, lecz w swoich planach inwestycyjnych zakłada zakup nowego taboru do 2028 roku.

Wymagana liczba pojazdów o napędzie zeroemisyjnym



3.2.1. Wariant „0”

| | Wariant „0” | | | | | | | |
|--------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 |
| EURO 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| EURO 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| EURO 3 | 7 | 5 | 5 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| EURO 4 | 5 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 |
| EURO 5 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| EURO 6 | 23 | 27 | 27 | 31 | 31 | 31 | 35 | 35 |
| BEV | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| FCEF | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Wariant „0” jest to tzw. wariant bazowy, który ma charakter wyłącznie porównawczy, stanowiący punkt odniesienia dla wariantów inwestycyjnych. W tym wariantcie zakłada się, że do 2028 roku zostanie przeprowadzana kompleksowa wymiana obecnie używanych autobusów na nowe lub używane pojazdy o napędzie konwencjonalnym (silnik zasilany ON). Zakłada się, że w pierwszej kolejności zostaną wymienione pojazdy, które spełniają niższą normę emisji spalin niż EURO 6. W pierwszym kroku zaleca się wymianę autobusów, które wykonują największą pracę przewozową (na podstawie danych z 2020 roku), czyli autobusu o numerze bocznym 811 oraz 812. Wskazane pojazdy, pojazdy klasy MEGA o normie emisji spalin EURO 4, charakteryzują się większą pojemnością silnika niż w przypadku autobusów klasy MAXI ze względu na zwiększone gabaryty (m.in. długość), co w konsekwencji przekłada się na większą ilość produktów ubocznych spalania. W tym samym czasie wymianie ulegną również dwa autobusy spełniające normę emisji spalin EURO 3 (autobusy o numerze bocznym 845 i 818). W roku 2024 zaleca się, aby wymienić kolejne cztery pojazdy z normą emisji spalin EURO 3. Wytypowane pojazdy do wymiany to pojazd o numerze bocznym: 808, 803, 844 oraz 841.

Są to pojazdy które wykonały największą pracę przewozową w roku 2020 spośród pojazdów spełniających normę EURO 3. W kolejnym roku, tj. 2027 r. wymianie poddane zostaną kolejne 4 autobusy o najniższej normie emisji spalin, czyli jeden autobus o normie EURO 3 oraz trzy autobusy o normie EURO 4. Będą to autobusy o numerach bocznych: 842, 846 i 847 (autobusy klasy MAXI) oraz jeden autobus o długości 6,5 m.

Na potrzeby analizy przyjęto, że nowe pojazdy o napędzie spalinowym będą mieć normę spalania EURO 6. Tym samym w roku 2028 MPK Sp. z o.o. w Stargardzie osiągnęłaby flotę pojazdów, w której 94,59% autobusów charakteryzowałoby się normą emisji spalin EURO 6.

Istotną kwestią jest zaznaczenie, że **powyższe rozważanie zostało stworzone przy zachowaniu stałego poziomu taboru tj. 37 pojazdów**. Wymiana taboru może nastąpić znacznie szybciej i przy większych jednorazowych zakupach, jeżeli zostaną pozyskane dodatkowe środki na zakup z zewnętrznych funduszy.



Zaletą wdrożenia Variantu „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, tym samym zakup autobusu wodorowego jest ponad 3 razy wyższy niż zakup autobusu spalinowego. Variant „0” pozwala również uniknąć kosztów zakupu infrastruktury do ładowania/tankowania pojazdów zeroemisyjnych. Dodatkową zaletą jest fakt, iż w zakresie zaopatrzenia pojazdów w olej napędowy nowozakupione pojazdy wykorzystywałyby istniejącą infrastrukturę.



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

3.2.2. Wariant „1”

| | Wariant „1” | | | | | | | |
|--------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 |
| EURO 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| EURO 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| EURO 3 | 7 | 5 | 5 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| EURO 4 | 5 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 |
| EURO 5 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| EURO 6 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 |
| BEV | 0 | 4 | 4 | 8 | 8 | 8 | 12 | 12 |
| FCEF | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Wariant „1” zakłada inwestycje w pojazdy zeroemisyjne – bateryjne pojazdy elektryczne. Zgodnie z zapisami w UoEiPA, uwzględniając stały poziom taboru wynoszący 37 pojazdów, ilość autobusów elektrycznych od 1 stycznia 2028 roku powinna wynosić 12 szt.

Wariant „1” obejmuje zakup oraz eksploatację autobusów zeroemisyjnych napędzanych energią elektryczną wraz z infrastrukturą do ładowania pojazdów. Na rynku oferowane są autobusy klasy MINI, MAXI oraz MEGA, z różnymi pojemnościami baterii w zależności od potrzeb zamawiającego.

Wariant „1” uwzględnia w pierwszym etapie, tj. w roku 2022 zakup 4 autobusów z napędem elektrycznym. Podobnie jak w „Wariantcie 0” najpierw zostaną wymienione pojazdy spełniające niższe normy spalin niż EURO 6. Uwzględniając pracę przewozową autobusów w roku 2020 najpierw wymienione zostaną pojazdy klasy MEGA, z nr bocznym 811 i 812, które spełniają normę emisji EURO 4 oraz dwa pojazdy o numerach 845 (MAXI) oraz 818 (MEGA), spełniające normę emisji spalin EURO 3. Zgodnie z UoEiPA w roku 2024 należy dokonać zakupu 4 kolejnych pojazdów zeroemisyjnych (klasy MAXI). Pojazdy te zastąpią kolejne pojazdy spełniające normę EURO 3, które wykonują największą pracę przewozową. Ostatnim etapem wymiany taboru w roku 2027 będzie zakup kolejnych 4 pojazdów, dzięki czemu osiągnięty zostanie wymagany próg pojazdów zeroemisyjnych w taborze Operatora. Stan ilościowy pojazdów zeroemisyjnych w 2028 roku będzie wynosić 12 sztuk, 23 sztuki pojazdów spełniać będzie normę emisji spalin EURO 6 oraz dwa pojazdy EURO 5.

W przypadku autobusów elektrycznych istotnie ważną rolę odgrywa rodzaj baterii trakcyjnych pojazdu, która dobierana jest w zależności od potrzeb eksploatacyjnych zamawiającego.

Uwzględniając uwarunkowania przestrzenne i eksploatacyjne sieci komunikacyjnej Gminy Miasto Stargard zakłada się, iż autobusy o napędzie zeroemisyjnym będą wyposażone w baterie typu High Energy, o pojemności około 200 kWh. Według danych producentów taki magazyn energii gwarantuje przejazd, w zależności od warunków atmosferycznych, około 130 km na jednym ładowaniu. Jednakże, analizując wielomiesięczne dane eksploatacyjne autobusów elektrycznych w innych jednostkach samorządu terytorialnego, należy założyć średnie zużycie energii elektrycznej przez autobus klasy MAXI na 1 km o wartości 1,04 kWh¹⁴, co umożliwia pokonanie trasy o długości nawet 190 km przy odpowiednich warunkach atmosferycznych¹⁵.

Zakup autobusu klasy MAXI to koszt około 2 200 000 PLN, jednakże należy mieć tu na względzie 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.

Infrastruktura ładująca powinna pozwolić na ładowanie pojazdów w nocy podczas postoju oraz w ciągu dnia, doładowując pojazdy umożliwiając im obsługę przypisanych linii komunikacyjnych.

¹⁴ W miesiącach letnich średnie zużycie wynosi 1,00 kWh/km, natomiast w miesiącach zimowych 1,08 kWh/km.

¹⁵ Wpływ na zużycie energii przez pojazdy elektryczne ma przede wszystkim: prędkość, styl jazdy, topografia, warunki klimatyczne i obciążenie pojazdu.

Wariant „1a” zakłada zakup i montaż sześciu stacjonarnych, dwustanowiskowych ładowarek typu plug-in, wyposażonych w dwa złącza Combo-2, które będą umożliwiały ładowanie mocą 100-120 kW, natomiast w przypadku ładowania dwóch pojazdów w jednym momencie moc ładowarki rozkładana będzie równomiernie (2 x 50/60 kW). Wariant ten zakłada ładowanie pojazdów jedynie na zajezdni do 90% pojemności baterii. Czas ładowania baterii trakcyjnych autobusów elektrycznych prądem o mocy ładowania 50 kW wynosić będzie nie więcej niż 4 godz., natomiast czas ładowania baterii trakcyjnych autobusów elektrycznych prądem o mocy ładowania 100 kW wynosić będzie niepełna 2 godz.

Ładowarki typu plug-in powinny zostać umieszczone na zajezdni Operatora - przy ul. Składowej 1 w Stargardzie.

Koszt zaplanowanej infrastruktury to około 204 000 PLN za jedną dwustanowiskową ładowarkę o mocy 100 kW.

W modelu opartym o ładowanie pojazdów wyłącznie metodą plug-in obecne rozkłady jazdy umożliwiają obsługę autobusami elektrycznymi akumulatorowymi 12 brygad – 12 obsługiwanych autobusami klasy MAXI.

Natomiast Wariant „1b” zakłada zakup i montaż sześciu stacjonarnych, dwustanowiskowych ładowarek typu plug-in, wyposażonych w dwa złącza Combo-2, które będą umożliwiały ładowanie mocą 100-120 kW oraz dwie ładowarki pantografowe o mocy 200 kW. Ładowarki terenowe z funkcją szybkiego ładowania z wykorzystaniem pantografu powinny zostać zlokalizowane:

- na terenie Zintegrowanego Centrum Przesiadkowego (ZCP) – 1 szt. – co umożliwi doładowanie pojazdów kursujących na linii nr: 9, 10, 12 i 13;
- na terenie pętli autobusowej CHOPINA – 1 szt. – co umożliwi doładowanie pojazdów kursujących na linii nr: 5 i 15.

Należy mieć na uwadze, że konieczna będzie wówczas reorganizacja i przygotowanie rozkładów jazdy w taki sposób, aby w danej chwili tylko jeden pojazd był zaplanowany na ładowanie na stacji. Pozwoli to na najefektywniejsze korzystanie z zainstalowanej infrastruktury ładowania.



Podstawową zaletą wyboru Wariantu „1” jest znaczne ograniczenie wpływu funkcjonowania transportu publicznego na środowisko. Brak emisji lokalnej w miejscu eksploatacji

oraz zmniejszenie poziomu hałasu i drgań wpływa bezpośrednio na jakość życia mieszkańców w miejscu użytkowania pojazdów. Należy też wziąć pod uwagę trend zwiększenia udziału w miksie energetycznym Odnawialnych Źródeł Energii. Zgodnie z „Krajowym planem na rzecz energii i klimatu na lata 2021-2030” udział OZE w miksie energetycznym ma się zwiększać, zgodnie z poniższą listą:

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

Dzięki tym działaniom inwestowanie w autobusy elektryczne staje się jeszcze bardziej zasadne z uwagi na redukcję zanieczyszczeń nie tylko lokalnie, ale także globalnie. Wspomnieć należy również o licznych konkursach na dofinansowanie zakupu pojazdów zeroemisyjnych organizowanych przez różne jednostki z których mogą korzystać samorządy. Dzięki takim działaniom cena za pojazd elektryczny może być wkrótce mniejsza niż zakup pojazdu z silnikiem spalinowym.



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

3.2.3. Wariant „2”

| | Wariant „2” | | | | | | | |
|--------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 |
| EURO 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| EURO 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| EURO 3 | 7 | 5 | 5 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| EURO 4 | 5 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 |
| EURO 5 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| EURO 6 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 |
| BEV | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| FCEF | 0 | 4 | 4 | 8 | 8 | 8 | 12 | 12 |

Wariant „2” zakłada zakup pojazdów napędzanych energią elektryczną pochodzącą z ogniwa paliwowego. Ogniwo paliwowe, zasilane wodorem (H_2), produkuje energię elektryczną wytwarzaną podczas jazdy. Autobusy wodorowe, podobnie jak pojazdy BEV, wyposażone są w baterie, jednak znacznie mniejsze oraz lżejsze z uwagi na fakt, że nie ma potrzeby gromadzenia energii elektrycznej na pokładzie pojazdu z uwagi na ogniwo paliwowe wytwarzające energię.

Wariant „2” uwzględnia w pierwszym etapie, tj. w roku 2022 zakup 4 autobusów z napędem wodorowym. Analogicznie jak w Wariacie „0” i w Wariacie „1” najpierw zaplanowano wymianę pojazdów spełniających niższe normy spalin niż EURO 6. Biorąc pod uwagę pracę przewoźową autobusów w roku 2020 w pierwszej kolejności wymienione zostaną pojazdy z nr bocznym 811, 812 które spełniają normę emisji EURO 4 oraz dwa pojazdy o numerach 845 oraz 818, spełniające normę emisji spalin EURO 3. Zgodnie z UoEiPA w roku 2024 należy dokonać zakupu 4 kolejnych pojazdów zeroemisyjnych. Pojazdy te zastąpią autobusy spełniające normę EURO 3, które wykonują największą pracę przewoźową. Ostatnim etapem wymiany taboru w roku 2027 będzie zakup kolejnych 4 pojazdów wodorowych, tym samym osiągnięty zostanie zdefiniowany w UoEiPA minimalny próg pojazdów zeroemisyjnych. Stan ilościowy pojazdów zeroemisyjnych wynosić będzie wówczas 12 sztuk, pojazdów spełniających normę emisji spalin EURO 6 - 23 sztuki oraz dwa pojazdy EURO 5.



Zaletą Wariantu „2” jest przede wszystkim podobny zasięg pojazdów wodorowych do zasięgu pojazdów z napędem konwencjonalny –

na jednym pełnym zatankowaniu trwającym niespełna 10 minut, autobusy wodorowe, przy zachowaniu walorów ekologicznych, są w stanie pokonać do 450 km¹⁶. Zgodnie z danymi przekazanymi przez przewoźników eksploatujących pojazdy z ogniwem paliwowym na 100 km zużywane jest około 8 kg wodoru. Przy uwzględnieniu, że pojemność butli z wodorem wynosi 34 kg oznacza to, że pojazd może przejechać nawet 400 km na jednym tankowaniu¹⁷. Cena za jeden kilogram wodoru to około 3,80 EUR (17,10 PLN)¹⁸, co oznacza, że przejechanie 100 km autobusem z napędem wodorowym kosztuje ok. 135 PLN, gdzie przejechanie tego samego odcinka drogi autobusem o napędzie konwencjonalnym to koszt około 170 PLN.¹⁹ Jednakże należy mieć na uwadze, iż koszt zakupu samego autobusu wodorowego to kwota około 4,15 mln PLN. Istotnie ważny jest również fakt, że autobusy wodorowe mają nieznaczny lokalny wpływ na środowisko, co w kontekście taboru i usług komunikacji miejskiej ma ogromne znaczenie - w cyklu eksploatacji, szacowanej na około 12 lat, zastąpienie jednego autobusu miejskiego z silnikiem Diesla na pojazd z napędem wodorowym, może zapobiec emisji 800 ton dwutlenku węgla do atmosfery. Emisja NOx również jest znikoma²⁰. Ponadto, silniki autobusów na wodór są cichsze od tradycyjnych napędów (autobus wodorowy w ruchu emituje hałas 69 dB,

¹⁶ Przebieg autobusów wodorowych zależy od natężenia ruchu na trasie przejazdu.

¹⁷ <http://gashd.eu/2020/10/02/ile-wodoru-na-100-kilometrow-potrzuje-autobus-w-wuppertal/> [dostęp 20.05.2021 r.].

¹⁸ <http://gashd.eu/wodor-h2/> [dostęp 20.05.2021 r.].

¹⁹ Powyższe dane przedstawione są dla autobusu klasy MAXI.

²⁰ TOR Zespół Doradców Gospodarczych, *Transport kluczem do rozwoju technologii wodorowych w Polsce*.

natomiast autobus spalinowy 77db)²¹. Uważa się, że autobusy elektryczne z ogniwami paliwowymi są jedynym bezpośrednim, bezemisyjnym zamiennikiem autobusów z silnikiem Diesla i CNG.



Podstawową wadą Variantu „2” jest bez wątpienia cena autobusu z napędem wodorowym, która może być nawet 3-3,5 razy większa niż cena autobusu z napędem konwencjonalnym. Bez pozyskania środków zewnętrznych, w postaci dofinansowania do pojazdów, zakup takich autobusów może okazać się dla Gminy Miasto Stargard nieosiągalny. Dodatkową wadą tej technologii jest również brak stacji ładowania wodoru w Polsce i konieczność budowy niezwykle kosztownej²² scentralizowanej stacji tankowania wodoru (HRS), która umiejscowiona mogłaby być na przykład na terenie zajezdni autobusowej Operatora. Jednakże do końca 2021 roku powstać ma w Polsce pierwszy hub wodorowy, który docelowo wytwarzać będzie do 600 kg wodoru na godzinę. Wodór powstawać będzie w przyjaznym dla środowiska naturalnego procesie elektrolizy solanki jako produkt uboczny procesu pozyskiwania chloru.

Zakup autobusów napędzanych paliwem wodorowym jest możliwy, lecz uwzględniając konieczność budowy infrastruktury dedykowanej tankowaniu pojazdów wodorowych, brak jest możliwości do skutecznego wdrażania tego wariantu. W przypadku wprowadzenia autobusów wodorowych do komunikacji miejskiej, konieczne byłoby przeprowadzenie inwestycji nie tylko w sam tabor, ale również w stację tankowania wodoru oraz zakup samego paliwa od zewnętrznych dostawców.

²¹ Obserwatorium Rynku Paliw Alternatywnych, *PKN Orlen wybuduje gub wodorowy we Włocławku*, www.orpa.pl, TOR Zespół Doradców Gospodarczych, *Transport kluczem do rozwoju technologii wodorowych w Polsce*.

²² Łotewska Ryga za budowę dużej stacji tankowania, mogącej obsługiwać 20 pojazdową flotę autobusów i pojazdy prywatne, zapłaciła 4,5 mln euro (źródło: <https://skaties.lv/zinas/latvija/rigas-satiksmes-teresa-18-miljonu-lai-nopirkto-jaunus-udenraza-autobusus-un-trolejbusus>).

3.3. Porównanie alternatywnych wariantów inwestycyjnych

Wariant „1” oraz Wariant „2” zakładają zakup oraz eksploatację nowego taboru zeroemisyjnego z napędem elektrycznym zasilanym z baterii lub z ogniwa paliwowego, który zastąpi pojazdy z napędem konwencjonalnym. Pojazdy konwencjonalne, aktualnie użytkowane przez MPK Sp. z o.o. z czasem będą wymagać coraz to większych nakładów finansowych na utrzymanie oraz naprawy, a gotowość pojazdów

do wykonywania zadań przewozowych również rokrocznie będzie się zmniejszać. Zamiana pojazdów z napędem konwencjonalnym na pojazdy zeroemisyjne przyczyni się w dużej mierze do poprawy czynników ekologicznych.

Czynniki ekologiczne, które ulegną znacznemu polepszeniu po zakupie pojazdów zeroemisyjnych to:



lepsza jakość
powietrza



poprawa zdrowia
mieszkańców



redukcję negatywnego
wpływu komunikacji
autobusowej na zmiany
klimatyczne



zmniejszenie poziomu
hałasu

Powyższe korzyści z pewnością mogą wpłynąć na jakość życia mieszkańców. Trzeba mieć jednak na uwadze, że są to bardzo kosztowne inwestycje zarówno w przypadku inwestycji w bateryjne pojazdy elektryczne jak i w autobusy z ogniwem paliwowym. Dodatkowym wydatkiem inwestycyjnym będzie zakup odpowiedniej infrastruktury, zarówno ładowarek do pojazdów elektrycznych jak i stacji tankowania wodoru.

Wariant „0” zakłada systematyczną wymianę pojazdów na autobusy z silnikiem spalinowym napędzanym ON spełniającymi rygorystyczną normę emisji EURO 6. Ten wariant jest zdecydowanie najtańszym rozwiązaniem w związku ze stosunkową niską ceną za jeden autobus. W stosunku do pojazdów zeroemisyjnych, nie wymaga on również inwestycji w infrastrukturę. Jednakże Wariant „0” niesie ze sobą ryzyko pogarszania się jakości powietrza w Mieście w związku z niską emisją spalin pochodzącą ze spalania ON w silnikach autobusów. Koszt eksploatacji autobusów z Wariantu „0” będzie również większy z uwagi na bardziej skomplikowaną budowę silnika spalinowego względem elektrycznego, co może przyczynić się do większej ilości awarii. Nie bez znaczenia pozostaje również fakt, że autobusy zeroemisyjne nie wymagają tak dużej obsługi

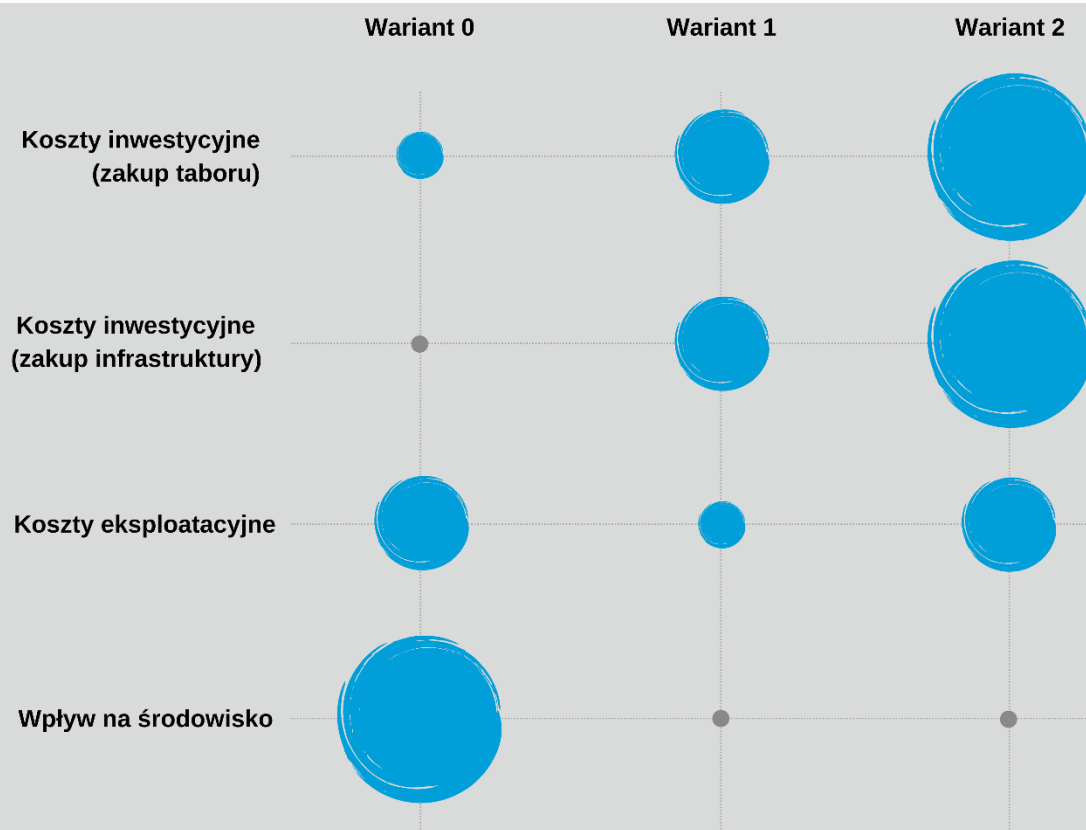
w stosunku do pojazdów napędzanych ON, m. in. ze względu na brak wykorzystania olejów smarujących w silniku lub mniejszą ilość stosowanych substancji smarujących w pojeździe.

Porównując wszystkie zaprezentowane warianty ze sobą można zauważyć, że **wprowadzenie Wariantu „1” lub Wariantu „2” pozytywnie wpłynie na środowisko naturalne, a zaniechanie wdrożenia Wariantu „1” lub Wariantu „2” będzie skutkowało corocznym pogarszaniem się stanu powietrza.**

Rozważając wdrożenie 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 z czasem 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.



Odnosząc się do powyższej tabeli można zauważyć, że aspekty środowiskowe zdecydowanie przeważają na korzyść Wariantu „1” oraz 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 największe koszty inwestycyjne z uwagi na wykorzystanie technologii wodorowej, która jest dopiero rozwijana.

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

4. Wyniki

4.1. 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 10 lat rozumianego jako ekonomiczny cykl życia projektu (Inwestycji).

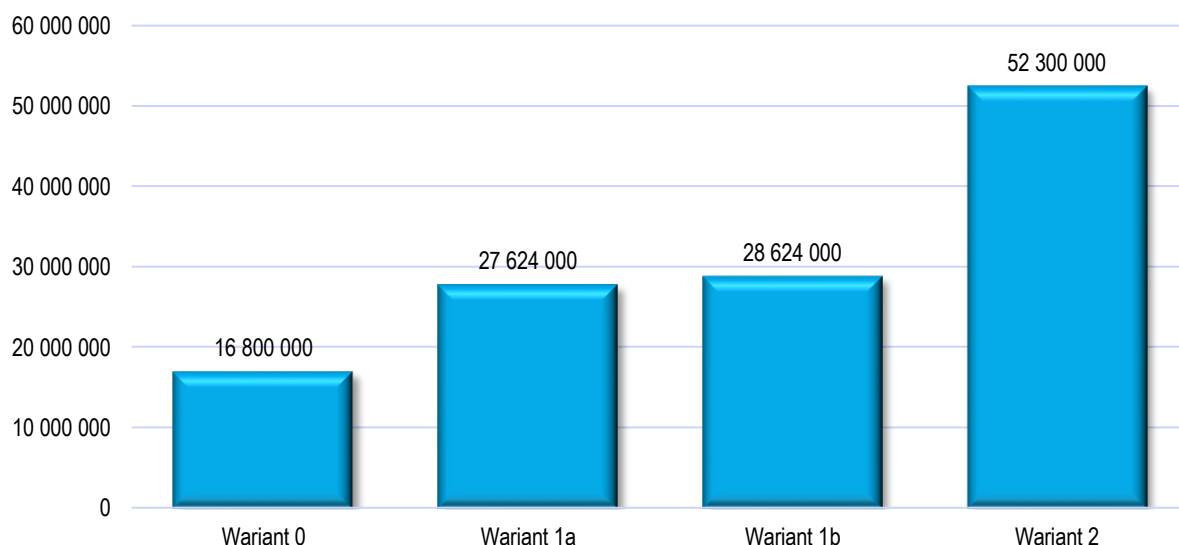
W ramach przedmiotowej analizy rozważane są trzy rodzaje Inwestycji, z tego:

- **Wariant „0”**: wymiana taboru na nowy o napędzie konwencjonalnym (diesla).
- **Wariant „1a”**: wymiana taboru na nowy o napędzie elektrycznym wraz ze stacją ładowania typu plug-in.
- **Wariant „1b”**: wymiana taboru na nowy o napędzie elektrycznym wraz ze stacją ładowania typu plug-in oraz pantografem.
- **Wariant „2”**: wymiana taboru na nowy o napędzie wodorowym.

Założenia ekonomiczno-finansowe wykorzystane w Analizie pozyskano ze źródeł ogólnodostępnych oraz danych udostępnionych przez przedstawicieli MPK Sp. z o.o. w Stargardzie.

Wszystkie wartości wskazano w złotych (PLN) zaokrąglonych do dwóch miejsc po przecinku.

Wartość nakładów inwestycyjnych dot. zakupu taboru autobusowego ze względu na przedmiot poszczególnych wariantów poddanym ocenie kształtują się następująco, tj.:



Wykres 20. Wartość nakładów inwestycyjnych dla wariantu „0”, „1” i „2” [PLN]

Źródło: opracowanie własne.

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

Z uwagi na wariantowość realizacji Inwestycji w tabor zeroemisyjny o napędzie elektrycznym (Wariant „1a” i „1b”) za jedyną zmienną uznano wydatki inwestycyjne, obejmujące dodatkowe wyposażenie systemu ładowania pojazdów poprzez pantograf, natomiast pozostałe wydatki i koszty przyjęto na analogicznym poziomie w obu podwariantach.

Należy przy tym wskazać, że przyjęte w Analizie koszty eksploatacyjne uwzględniają w odpowiedniej proporcji zmiany wynikające z realizacji pracy przewozowej wyrażonej w wozokilometrach dla taboru zeroemisyjnego poszczególnych wariantów, w wymiarze odpowiadającym ich wymianę w związku z realizacją Inwestycji.

W wyniku przeprowadzonego szacowania ilość wozokilometrów dla 12 szt. autobusów wymienianych w ramach etapowej realizacji Inwestycji wynosi łącznie 502.957,26 wzkm rocznie.

Poziom planowanych wydatków eksploatacyjnych w poszczególnych latach objętych przedmiotową Analizą w podziale na poszczególne warianty realizacji Inwestycji kształtują się następująco, tj.:

Tabela 13. Wartość wydatków eksploatacyjnych dla wariantu „0”, „1” i „2” w latach 2022-2025 [PLN]

| Wyszczególnienie | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Wydatki eksploatacyjne | | | | |
| Wariant „0” | 236 546,51 | 236 546,51 | 473 093,01 | 473 093,01 |
| Paliwo | 173 066,51 | 173 066,51 | 346 133,01 | 346 133,01 |
| Liczba wzkm | 167 652,42 | 167 652,42 | 335 304,84 | 335 304,84 |
| Koszt paliwa na wzkm | 1,03 | 1,03 | 1,03 | 1,03 |
| Naprawy i konserwacje | 63 480,00 | 63 480,00 | 126 960,00 | 126 960,00 |
| Liczba autobusów | 4,00 | 4,00 | 8,00 | 8,00 |
| Koszty napraw i konserwacji na autobus | 15 870,00 | 15 870,00 | 15 870,00 | 15 870,00 |
| Wariant „1” | 140 901,17 | 140 901,17 | 281 802,34 | 281 802,34 |
| Koszt energii | 64 101,17 | 64 101,17 | 128 202,34 | 128 202,34 |
| Liczba wzkm | 167 652,42 | 167 652,42 | 335 304,84 | 335 304,84 |
| Koszt energii elektr. na wzkm | 0,38 | 0,38 | 0,38 | 0,38 |
| Naprawy i konserwacje | 76 800,00 | 76 800,00 | 153 600,00 | 153 600,00 |
| Liczba autobusów | 4,00 | 4,00 | 8,00 | 8,00 |
| Koszty napraw i konserwacji na autobus | 19 200,00 | 19 200,00 | 19 200,00 | 19 200,00 |
| Baterie | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Liczba autobusów | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Cena jednostkowa | 425 000,00 | 425 000,00 | 425 000,00 | 425 000,00 |
| Wariant „2” | 313 087,37 | 313 087,37 | 626 174,73 | 626 174,73 |
| Koszt wodoru | 230 287,37 | 230 287,37 | 460 574,73 | 460 574,73 |
| Liczba wzkm | 167 652,42 | 167 652,42 | 335 304,84 | 335 304,84 |
| Koszt wodoru na wzkm | 1,37 | 1,37 | 1,37 | 1,37 |
| Naprawy i konserwacje | 82 800,00 | 82 800,00 | 165 600,00 | 165 600,00 |
| Liczba autobusów | 4,00 | 4,00 | 8,00 | 8,00 |
| Koszty napraw i konserwacji na autobus | 20 700,00 | 20 700,00 | 20 700,00 | 20 700,00 |

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych i MPK Sp. z o. o.

Tabela 14. Wartość wydatków eksploatacyjnych dla wariantu „0”, „1” i „2” w latach 2026-2029 [PLN]

| Wyszczególnienie | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Wydatki eksploatacyjne | | | | |
| Wariant „0” | 473 093,01 | 709 639,52 | 709 639,52 | 709 639,52 |
| Paliwo | 346 133,01 | 519 199,52 | 519 199,52 | 519 199,52 |
| Liczba wzkm | 335 304,84 | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 |
| Koszt paliwa na wzkm | 1,03 | 1,03 | 1,03 | 1,03 |
| Naprawy i konserwacje | 126 960,00 | 190 440,00 | 190 440,00 | 190 440,00 |
| Liczba autobusów | 8,00 | 12,00 | 12,00 | 12,00 |
| Koszty napraw i konserwacji na autobus | 15 870,00 | 15 870,00 | 15 870,00 | 15 870,00 |
| Wariant „1” | 281 802,34 | 422 703,51 | 422 703,51 | 422 703,51 |
| Koszt energii | 128 202,34 | 192 303,51 | 192 303,51 | 192 303,51 |
| Liczba wzkm | 335 304,84 | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 |
| Koszt energii elektr. na wzkm | 0,38 | 0,38 | 0,38 | 0,38 |
| Naprawy i konserwacje | 153 600,00 | 230 400,00 | 230 400,00 | 230 400,00 |
| Liczba autobusów | 8,00 | 12,00 | 12,00 | 12,00 |
| Koszty napraw i konserwacji na autobus | 19 200,00 | 19 200,00 | 19 200,00 | 19 200,00 |
| Baterie | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Liczba autobusów | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Cena jednostkowa | 425 000,00 | 425 000,00 | 425 000,00 | 425 000,00 |
| Wariant „2” | 626 174,73 | 939 262,10 | 939 262,10 | 939 262,10 |
| Koszt wodoru | 460 574,73 | 690 862,10 | 690 862,10 | 690 862,10 |
| Liczba wzkm | 335 304,84 | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 |
| Koszt wodoru na wzkm | 1,37 | 1,37 | 1,37 | 1,37 |
| Naprawy i konserwacje | 165 600,00 | 248 400,00 | 248 400,00 | 248 400,00 |
| Liczba autobusów | 8,00 | 12,00 | 12,00 | 12,00 |
| Koszty napraw i konserwacji na autobus | 20 700,00 | 20 700,00 | 20 700,00 | 20 700,00 |

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych i MPK Sp. z o.o.

Tabela 15. Wartość wydatków eksploatacyjnych dla wariantu „0”, „1” i „2” w latach 2030-2033 [PLN]

| Wyszczególnienie | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 |
|--|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| Wydatki eksploatacyjne | | | | |
| Wariant „0” | 709 639,52 | 709 639,52 | 709 639,52 | 709 639,52 |
| Paliwo | 519 199,52 | 519 199,52 | 519 199,52 | 519 199,52 |
| Liczba wzkm | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 |
| Koszt paliwa na wzkm | 1,03 | 1,03 | 1,03 | 1,03 |
| Naprawy i konserwacje | 190 440,00 | 190 440,00 | 190 440,00 | 190 440,00 |
| Liczba autobusów | 12,00 | 12,00 | 12,00 | 12,00 |
| Koszty napraw i konserwacji na autobus | 15 870,00 | 15 870,00 | 15 870,00 | 15 870,00 |
| Wariant „1” | 2 122 703,51 | 422 703,51 | 2 122 703,51 | 422 703,51 |
| Koszt energii | 192 303,51 | 192 303,51 | 192 303,51 | 192 303,51 |
| Liczba wzkm | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 |
| Koszt energii elektr. na wzkm | 0,38 | 0,38 | 0,38 | 0,38 |
| Naprawy i konserwacje | 230 400,00 | 230 400,00 | 230 400,00 | 230 400,00 |
| Liczba autobusów | 12,00 | 12,00 | 12,00 | 12,00 |
| Koszty napraw i konserwacji na autobus | 19 200,00 | 19 200,00 | 19 200,00 | 19 200,00 |
| Baterie | 1 700 000,00 | 0,00 | 1 700 000,00 | 0,00 |
| Liczba autobusów | 4,00 | 0,00 | 4,00 | 0,00 |
| Cena jednostkowa | 425 000,00 | 425 000,00 | 425 000,00 | 425 000,00 |
| Wariant „2” | 939 262,10 | 939 262,10 | 939 262,10 | 939 262,10 |
| Koszt wodoru | 690 862,10 | 690 862,10 | 690 862,10 | 690 862,10 |
| Liczba wzkm | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 |
| Koszt wodoru na wzkm | 1,37 | 1,37 | 1,37 | 1,37 |
| Naprawy i konserwacje | 248 400,00 | 248 400,00 | 248 400,00 | 248 400,00 |
| Liczba autobusów | 12,00 | 12,00 | 12,00 | 12,00 |
| Koszty napraw i konserwacji na autobus | 20 700,00 | 20 700,00 | 20 700,00 | 20 700,00 |

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych i MPK Sp. z o.o.

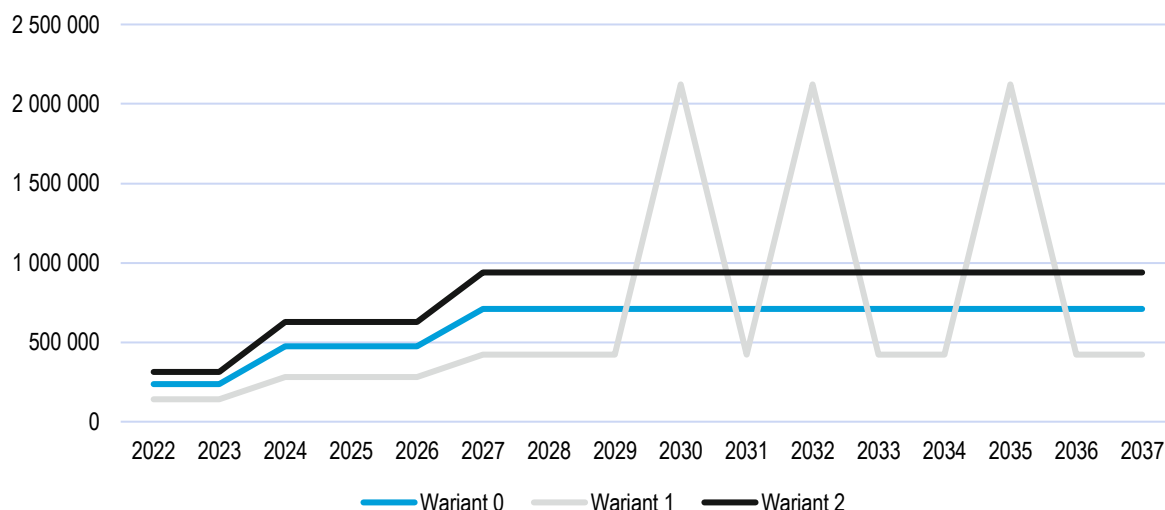
Tabela 16. Wartość wydatków eksploatacyjnych dla wariantu „0”, „1” i „2” w latach 2034-2037 [PLN]

| Wyszczególnienie | 2034 | 2035 | 2036 | 2037 |
|--|-------------------|---------------------|-------------------|-------------------|
| Wydatki eksploatacyjne | | | | |
| Wariant „0” | 709 639,52 | 709 639,52 | 709 639,52 | 709 639,52 |
| Paliwo | 519 199,52 | 519 199,52 | 519 199,52 | 519 199,52 |
| Liczba wzkm | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 |
| Koszt paliwa na wzkm | 1,03 | 1,03 | 1,03 | 1,03 |
| Naprawy i konserwacje | 190 440,00 | 190 440,00 | 190 440,00 | 190 440,00 |
| Liczba autobusów | 12,00 | 12,00 | 12,00 | 12,00 |
| Koszty napraw i konserwacji na autobus | 15 870,00 | 15 870,00 | 15 870,00 | 15 870,00 |
| Wariant „1” | 422 703,51 | 2 122 703,51 | 422 703,51 | 422 703,51 |
| Koszt energii | 192 303,51 | 192 303,51 | 192 303,51 | 192 303,51 |
| Liczba wzkm | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 |
| Koszt energii elektr. na wzkm | 0,38 | 0,38 | 0,38 | 0,38 |
| Naprawy i konserwacje | 230 400,00 | 230 400,00 | 230 400,00 | 230 400,00 |
| Liczba autobusów | 12,00 | 12,00 | 12,00 | 12,00 |
| Koszty napraw i konserwacji na autobus | 19 200,00 | 19 200,00 | 19 200,00 | 19 200,00 |
| Baterie | 0,00 | 1 700 000,00 | 0,00 | 0,00 |
| Liczba autobusów | 0,00 | 4,00 | 0,00 | 0,00 |
| Cena jednostkowa | 425 000,00 | 425 000,00 | 425 000,00 | 425 000,00 |
| Wariant „2” | 939 262,10 | 939 262,10 | 939 262,10 | 939 262,10 |
| Koszt wodoru | 690 862,10 | 690 862,10 | 690 862,10 | 690 862,10 |
| Liczba wzkm | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 |
| Koszt wodoru na wzkm | 1,37 | 1,37 | 1,37 | 1,37 |
| Naprawy i konserwacje | 248 400,00 | 248 400,00 | 248 400,00 | 248 400,00 |
| Liczba autobusów | 12,00 | 12,00 | 12,00 | 12,00 |
| Koszty napraw i konserwacji na autobus | 20 700,00 | 20 700,00 | 20 700,00 | 20 700,00 |

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych i MPK Sp. z o.o.

W związku z okresem użyteczności technicznej baterii dla taboru zeroemisyjnego o napędzie elektrycznym oszacowanym w oparciu o przewidywaną liczbę cykli ładowania na 8 lat, wartość wydatków eksploatacyjnych planowanych w latach 2030, 2032 i 2035 w Wariacie „1” uwzględnia koszty zakupu i wymiany przedmiotowego magazynu energii, wraz z ewentualnym 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 realizowanego przez MPK Sp. z o.o. wykazują stały trend, co zaprezentowano na poniższym wykresie, tj.:



Wykres 21. Wartość nakładów inwestycyjnych dla wariantu „0”, „1” i „2” [PLN]

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 Wariantu „1a”, „1b” i „2” względem Wariantu „0”, w rezultacie czego otrzymano następujące wyniki, tj.:

Tabela 17. Przepływy finansowe realizacji Inwestycji dla wariantu „1” i „2” (model różnicowy) w latach 2022-2025 [PLN]

| Wyszczególnienie | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
|--|----------------|------------|----------------|-------------|
| Analiza finansowa - model różnicowy | | | | |
| Wydatki inwestycyjne | | | | |
| Wariant „1a” | 3 608 000,00 | 0,00 | 3 608 000,00 | 0,00 |
| Wariant „1b” | 4 608 000,00 | 0,00 | 3 608 000,00 | 0,00 |
| Wariant „2” | 13 500 000,00 | 0,00 | 11 000 000,00 | 0,00 |
| Wydatki eksploatacyjne | | | | |
| Wariant „1” | -95 645,34 | -95 645,34 | -191 290,67 | -191 290,67 |
| Wariant „2” | 76 540,86 | 76 540,86 | 153 081,72 | 153 081,72 |
| Przepływy pieniężne | | | | |
| Wariant „1a” | -3 512 354,66 | 95 645,34 | -3 416 709,33 | 191 290,67 |
| Wariant „1b” | -4 512 354,66 | 95 645,34 | -3 416 709,33 | 191 290,67 |
| Wariant „2” | -13 576 540,86 | -76 540,86 | -11 153 081,72 | -153 081,72 |

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych i MPK Sp. z o.o.

Tabela 18. Przepływy finansowe realizacji Inwestycji dla Wariantu „1” i „2” (model różnicowy) w latach 2026-2029 [PLN]

| Wyszczególnienie | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 |
|--|-------------|----------------|-------------|-------------|
| Analiza finansowa - model różnicowy | | | | |
| Wydatki inwestycyjne | | | | |
| Wariant „1a” | 0,00 | 3 608 000,00 | 0,00 | 0,00 |
| Wariant „1b” | 0,00 | 3 608 000,00 | 0,00 | 0,00 |
| Wariant „2” | 0,00 | 11 000 000,00 | 0,00 | 0,00 |
| Wydatki eksploatacyjne | | | | |
| Wariant „1” | -191 290,67 | -286 936,01 | -286 936,01 | -286 936,01 |
| Wariant „2” | 153 081,72 | 229 622,58 | 229 622,58 | 229 622,58 |
| Przepływy pieniężne | | | | |
| Wariant „1a” | 191 290,67 | -3 321 063,99 | 286 936,01 | 286 936,01 |
| Wariant „1b” | 191 290,67 | -3 321 063,99 | 286 936,01 | 286 936,01 |
| Wariant „2” | -153 081,72 | -11 229 622,58 | -229 622,58 | -229 622,58 |

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych i MPK Sp. z o.o.

Tabela 19. Przepływy finansowe realizacji Inwestycji dla Wariantu „1” i „2” (model różnicowy) w latach 2030-2033 [PLN]

| Wyszczególnienie | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 |
|--|---------------|-------------|---------------|-------------|
| Analiza finansowa - model różnicowy | | | | |
| Wydatki inwestycyjne | | | | |
| Wariant „1a” | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Wariant „1b” | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Wariant „2” | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Wydatki eksploatacyjne | | | | |
| Wariant „1” | 1 413 063,99 | -286 936,01 | 1 413 063,99 | -286 936,01 |
| Wariant „2” | 229 622,58 | 229 622,58 | 229 622,58 | 229 622,58 |
| Przepływy pieniężne | | | | |
| Wariant „1a” | -1 413 063,99 | 286 936,01 | -1 413 063,99 | 286 936,01 |
| Wariant „1b” | -1 413 063,99 | 286 936,01 | -1 413 063,99 | 286 936,01 |
| Wariant „2” | -229 622,58 | -229 622,58 | -229 622,58 | -229 622,58 |

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych i MPK Sp. z o.o.

Tabela 20. Przepływy finansowe realizacji Inwestycji dla Wariantu „1” i „2” (model różnicowy) w latach 2034-2037 [PLN]

| Wyszczególnienie | 2034 | 2035 | 2036 | 2037 |
|--|-------------|---------------|-------------|-------------|
| Analiza finansowa - model różnicowy | | | | |
| Wydatki inwestycyjne | | | | |
| Wariant „1a” | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Wariant „1b” | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Wariant „2” | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Wydatki eksploatacyjne | | | | |
| Wariant „1” | -286 936,01 | 1 413 063,99 | -286 936,01 | -286 936,01 |
| Wariant „2” | 229 622,58 | 229 622,58 | 229 622,58 | 229 622,58 |
| Przepływy pieniężne | | | | |
| Wariant „1a” | 286 936,01 | -1 413 063,99 | 286 936,01 | 286 936,01 |
| Wariant „1b” | 286 936,01 | -1 413 063,99 | 286 936,01 | 286 936,01 |
| Wariant „2” | -229 622,58 | -229 622,58 | -229 622,58 | -229 622,58 |

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych i MPK Sp. z o.o.

W oparciu o otrzymane wyniki różnicowych przepływów finansowych w ramach realizacji Inwestycji, obejmujące różnicowe rezultaty pieniężne alternatywnych Wariantów „1a”, „1b” i „2”, względem założeń dla taboru konwencjonalnego należy wskazać, że pomimo planowanych niższych wydatków eksploatacyjnych dla Wariantu „1” (korzyści finansowe), różnicowe przepływy finansowe są wyższe względem Wariantu „0”, w łącznej wysokości za okres objęty Analizą, tj.:

- Wariant „1a”: -11.737.221 PLN;
- Wariant „1b”: -12.737.221 PLN;
- Wariant „2”: -37.490.062 PLN.

Powyższy stan wynika z utrzymujących się wysokich cen zakupu taboru zeroemisyjnego zasilanych paliwem alternatywnym, względem konwencjonalnych z normą emisji spalin EURO 6.

Niezależnie od osiągniętego wyniku różnicowych przepływów finansowych w okresie realizacji projektu, poniżej zaprezentowano ocenę efektywności ekonomicznej Inwestycji wyrażonej w postaci mierników NPV i IRR, co do których zgodnie z treścią Rozporządzenia 480/2014 (KE) z dnia 03 marca 2014 roku zastosowano realną stopę dyskontową na poziomie 4%, a wyniki analizy kształtują się następująco, tj.:

Tabela 21. Ocena efektywności Inwestycji [PLN]

| Wyszczególnienie | Wartość |
|------------------|---------------------------|
| NPV | |
| Wariant „1a” | -10 071 306 |
| Wariant „1b” | -11 032 845 |
| Wariant „2” | -33 643 710 |
| IRR | |
| Wariant „1a” | Nieemożliwe do obliczenia |
| Wariant „1b” | Nieemożliwe do obliczenia |
| Wariant „2” | Nieemożliwe do obliczenia |

**/ wynik niemożliwy do określenia z uwagi na brak spłaty w zakładanym okresie.*

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych i MPK Sp. z o.o.

Dla Wariantu „1a” zdyskontowana wartość bieżąca NPV wyniosła **-10.071.306 PLN**, dla Wariantu „1b”: **- 11.032.845 PLN**, a dla Wariantu „2”: **-33.643.710 PLN**, natomiast wewnętrzne stopy zwrotu IRR okazały się niemożliwe do obliczenia.

**Z PUNKTU WIDZENIA OCENY FINANSOWEJ PROJEKTU
INWESTYCJA W KAŻDYM Z WARIANTÓW JEST NIEOPŁACALNA (NPV<0).**

4.2. Oszacowanie efektów środowiskowych

Pojazdy o napędzie konwencjonalnym negatywnie wpływają na środowisko naturalne. Najistotniejszym negatywnym skutkiem użytkowania tego rodzaju pojazdów jest emisja szkodliwych substancji dla zdrowia ludzi i środowiska oraz emisja hałasu (powodowanie drgań).

Emisja szkodliwych substancji w pojazdach spalinowych, w porównaniu do pojazdów elektrycznych bateryjnych, jest wyższa ze względu na wykorzystywanie większej ilości płynów eksploatacyjnych, jak i elementów mechanicznych.

Głównym efektem spalania paliw w autobusach o napędzie konwencjonalnym są mieszaniny substancji – przede wszystkim gazowe, frakcje ciekłe i stałe oraz zwiększona emisja cząstek stałych i tlenków azotu. Podkreślić należy, iż pojazdy o napędzie spalinowym są głównymi źródłami emisji cząstek stałych oraz tlenków azotu wytwarzanych w centrach miast.

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 opracowania niniejszej Analizy (tj. 2021 rok) MPK Sp. z o.o. w Stargardzie dysponuje 37 autobusami o napędzie konwencjonalnym (olej napędowy). Poniższa tabela przedstawia strukturę emisji CO₂, NMHC/NMVO, NO_x oraz PM, które emitowane są przez użytkowane w MPK Sp. z o.o. pojazdy.

Tabela 22. Aktualna emisja spalin w dolnej warstwie atmosfery

| Lp. | Norma emisji spalin | Średnia spalania na 100 km [l] | Przebieg w 2020 r. [km] | Wskaźnik cieplarniany | Niska emisja | | |
|-----|---------------------|--------------------------------|-------------------------|------------------------|------------------|------------------------|-----------|
| | | | | CO ₂ [g/km] | NMHC/NMVO [g/km] | NO _x [g/km] | PM [g/km] |
| 1. | EURO 6 | 35,0 | 71.032 | 938,00 | 0,46 | 1,40 | 0,04 |
| 2. | EURO 6 | 35,0 | 63.679 | 938,00 | 0,46 | 1,40 | 0,04 |
| 3. | EURO 6 | 35,0 | 64.392 | 938,00 | 0,46 | 1,40 | 0,04 |
| 4. | EURO 6 | 35,0 | 65.141 | 938,00 | 0,46 | 1,40 | 0,04 |
| 5. | EURO 6 | 35,0 | 62.685 | 938,00 | 0,46 | 1,40 | 0,04 |
| 6. | EURO 6 | 35,0 | 54.332 | 938,00 | 0,46 | 1,40 | 0,04 |
| 7. | EURO 6 | 35,0 | 62.933 | 938,00 | 0,46 | 1,40 | 0,04 |
| 8. | EURO 6 | 35,0 | 67.923 | 938,00 | 0,46 | 1,40 | 0,04 |
| 9. | EURO 6 | 35,0 | 65.421 | 938,00 | 0,46 | 1,40 | 0,04 |
| 10. | EURO 6 | 35,0 | 64.577 | 938,00 | 0,46 | 1,40 | 0,04 |
| 11. | EURO 6 | 35,0 | 69.447 | 938,00 | 0,46 | 1,40 | 0,04 |
| 12. | EURO 6 | 35,0 | 68.804 | 938,00 | 0,46 | 1,40 | 0,04 |
| 13. | EURO 6 | 35,0 | 65.416 | 938,00 | 0,46 | 1,40 | 0,04 |
| 14. | EURO 6 | 35,0 | 67.219 | 938,00 | 0,46 | 1,40 | 0,04 |
| 15. | EURO 6 | 35,0 | 66.933 | 938,00 | 0,46 | 1,40 | 0,04 |
| 16. | EURO 6 | 35,0 | 67.347 | 938,00 | 0,46 | 1,40 | 0,04 |
| 17. | EURO 6 | 35,0 | 50.367 | 938,00 | 0,46 | 1,40 | 0,04 |
| 18. | EURO 6 | 35,0 | 46.472 | 938,00 | 0,46 | 1,40 | 0,04 |
| 19. | EURO 6 | 35,0 | 48.488 | 938,00 | 0,46 | 1,40 | 0,04 |
| 20. | EURO 6 | 34,0 | 39.342 | 911,00 | 0,44 | 1,36 | 0,03 |
| 21. | EURO 6 | 34,0 | 41.022 | 911,00 | 0,44 | 1,36 | 0,03 |
| 22. | EURO 6 | 34,0 | 42.552 | 911,00 | 0,44 | 1,36 | 0,03 |

| | | | | | | | |
|---------------|--------|------|--------|------------------|--------------|---------------|-------------|
| 23. | EURO 6 | 34,0 | 48.713 | 911,00 | 0,44 | 1,36 | 0,03 |
| 24. | EURO 4 | 52,0 | 47.443 | 1.394,00 | 2,39 | 18,20 | 0,10 |
| 25. | EURO 4 | 52,0 | 43.353 | 1.394,00 | 2,39 | 18,20 | 0,10 |
| 26. | EURO 4 | 39,0 | 28.603 | 1.045,00 | 1,79 | 13,65 | 0,08 |
| 27. | EURO 4 | 39,0 | 31.255 | 1.045,00 | 1,79 | 13,65 | 0,08 |
| 28. | EURO 5 | 52,0 | 43.896 | 1.394,00 | 2,39 | 10,40 | 0,10 |
| 29. | EURO 5 | 52,0 | 33.546 | 1.394,00 | 2,39 | 10,40 | 0,10 |
| 30. | EURO 4 | 15,0 | 38.698 | 402,00 | 0,69 | 5,25 | 0,03 |
| 31. | EURO 3 | 34,0 | 21.530 | 911,00 | 2,24 | 17,00 | 0,34 |
| 32. | EURO 3 | 34,0 | 24.512 | 911,00 | 2,24 | 17,00 | 0,34 |
| 33. | EURO 3 | 34,0 | 26.744 | 911,00 | 2,24 | 17,00 | 0,34 |
| 34. | EURO 3 | 34,0 | 21.647 | 911,00 | 2,24 | 17,00 | 0,34 |
| 35. | EURO 3 | 50,0 | 23.304 | 1.340,00 | 3,30 | 25,00 | 0,50 |
| 36. | EURO 3 | 33,0 | 26.551 | 884,00 | 2,18 | 16,50 | 0,33 |
| 37. | EURO 3 | 33,0 | 30.482 | 884,00 | 2,18 | 16,50 | 0,33 |
| Razem: | | | | 36.286,00 | 40,95 | 247,79 | 3,99 |

Źródło: opracowanie własne zgodnie z wartościami opublikowanymi przez Centrum Unijnych Projektów Transportowych w kalkulatorze emisji zanieczyszczeń.

Tabela 23. Emisja spalin w dolnej warstwie atmosfery dla pojazdów o napędzie alternatywnym (baterijne autobusy elektryczne)

| Lp. | Ilość pojazdów o napędzie alternatywnym | Średnia zużycia energii elektrycznej na 100 km [kWh] | Przebieg w 2020 r. [km] | Wskaźnik cieplarniany | Niska emisja | | | | |
|--------|---|--|-------------------------|------------------------|-------------------|------------------------|-----------|------------------------|--|
| | | | | CO ₂ [g/km] | NMHC/NMVOC [g/km] | NO _x [g/km] | PM [g/km] | SO ₂ [g/km] | |
| 1. | 12 | 104,00 ²³ | 48.805,46 ²⁴ | 880 | 0,01 | 1,13 | 0,03 | 2,73 | |
| Razem: | | | | 10.560,00 | 0,12 | 13,56 | 0,36 | 32,76 | |

Źródło: opracowanie własne zgodnie z wartościami opublikowanymi przez Centrum Unijnych Projektów Transportowych w kalkulatorze emisji zanieczyszczeń.

Tabela 24. Różnica emisja spalin w dolnej warstwie atmosfery

| Związek chemiczny | Wariant bezinwestycyjny | Wariant inwestycyjny | Różnica |
|------------------------|-------------------------|----------------------|------------|
| SO ₂ [g/km] | - | 32,76 | + 32,76 |
| NO _x [g/km] | 247,79 | 66,40 | - 181,39 |
| PM [g/km] | 3,99 | 1,44 | - 2,55 |
| NHMS/NMVOC [g/km] | 40,95 | 15,40 | - 25,55 |
| CO ₂ [g/km] | 36.286,00 | 34.814,00 | - 1.472,00 |

Źródło: opracowanie własne.

Z powyższych tabeli należy wywnioskować, iż w wyniku realizacji Inwestycji redukcja emisji dotknie metanowe lotne związki organiczne NHMC/NMVOC, a także tlenki azotu NO_x. Należy spodziewać się również spadku emisji dwutlenku węgla, lecz ta wielkość uzależniona jest w dużej mierze od rozwoju sektora energetyki. W sytuacji, gdy sektor energetyki oparty będzie na spalaniu węgla należy spodziewać się

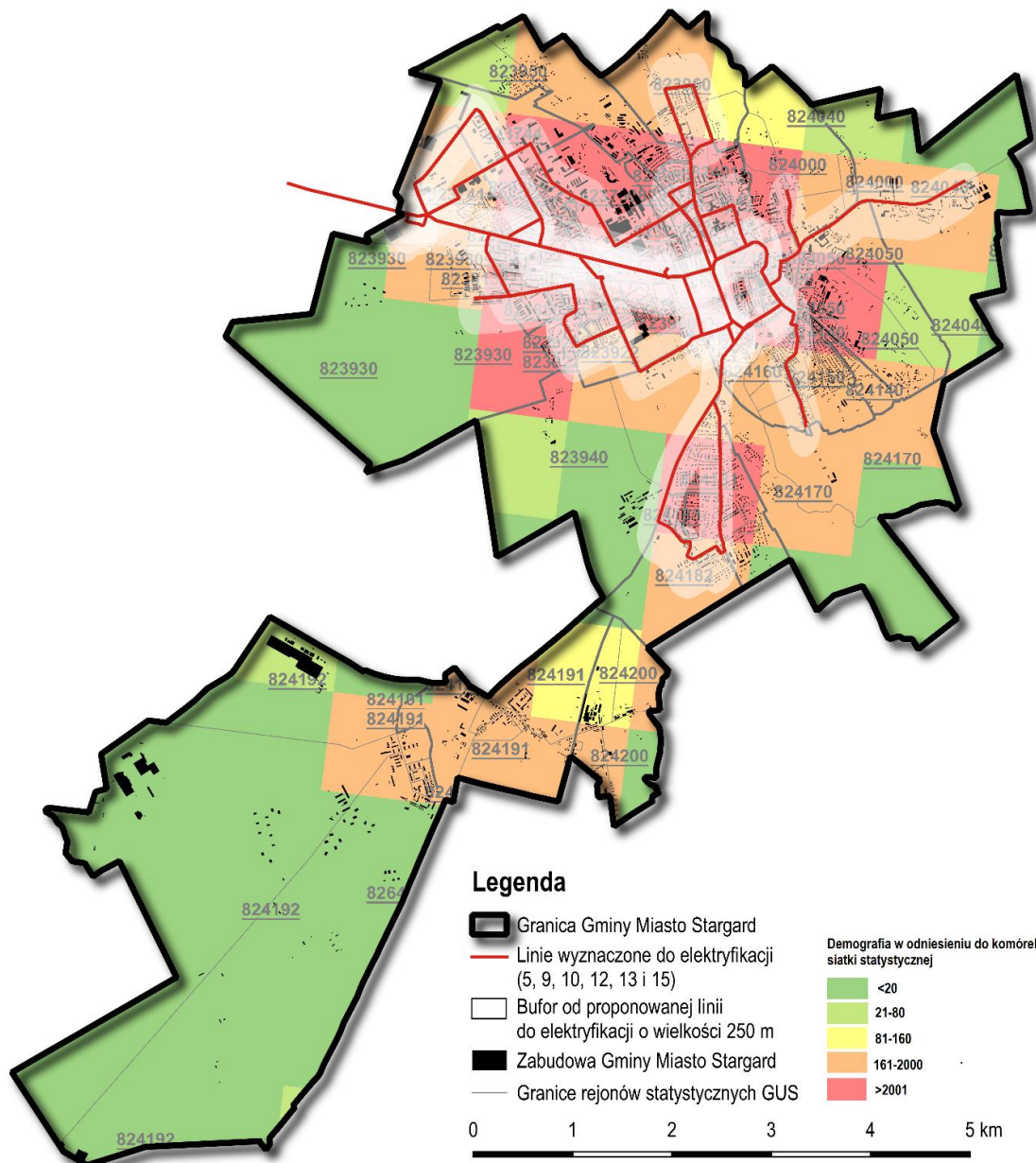
niekorzystnych wskaźników emisyjności dla pojazdów napędzanych energią elektryczną. Widoczny jest również wyraźny wzrost emisji dwutlenku siarki w wariantcie inwestycyjnym, gdyż substancja ta emitowana jest podczas produkcji energii elektrycznej.

²³ Średnia zużycia energii elektrycznej dla autobusów elektrycznych eksploatowanych przez Miejski Zakład Komunikacyjny S.A. w Ostrowie Wielkopolskim.

²⁴ Średni przebieg pojazdu będącego na wyposażeniu MPK Sp. z o.o. w Stargardzie.

Jednakże należy zaznaczyć, że udział odnawialnych źródeł energii stale wzrasta, 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.

Liczba mieszkańców narażonych na emisję w bezpośrednim otoczeniu projektu, w pasie o szerokości 250 m, z każdej strony od osi jezdni, bezpośrednio otaczającym linię autobusową objętą elektryfikacją wynosi około 50 tys. osób. Na wyznaczonym obszarze, na 1 km linii zelektryfikowanej, zamieszkuje około 2,5 tys. osób. Średnia gęstość zaludnienia obszaru przyległego w wyznaczonym obszarze od osi jezdni, którymi przebiegają podstawowe warianty linii objętych całkowitą elektryfikacją wynosi 4082,0 os/km²



Rysunek 9. Liczba osób (mieszkańców) narażonych na emisję w bezpośrednim otoczeniu obszaru projektu w pasie o szerokości 250 m

Źródło: opracowanie własne na podstawie ogólnodostępnych danych udostępnionych w ramach serwisu: System Informacji Przestrzennej Starostwa Powiatowego w Stargardzie (<https://stargardzki.e-mapa.net/>).

4.3. Analiza ekonomiczno-społeczna

4.3.1. Koszty społeczne emisji gazów cieplarnianych (CO₂)

Obecnie zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego stanowi jeden z największych problemów środowiskowych Gminy Miasto Stargard.

Zgodnie z danymi zawartymi w „Rocznej ocenie jakości powietrza w województwie zachodniopomorskim. Raport wojewódzki za rok 2020” w strefach województwa zachodniopomorskiego na stacjach pomiarowych w 2020 roku odnotowano przekroczenie wartości stężeń B(a)P w pyłe PM10.

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



ekosystem



problemy z oddychaniem



problemy z pamięcią
i koncentracją



raka płuc



zawał serca



nadciśnienie tętnicze

i wiele innych schorzeń i chorób.

Ocena zanieczyszczenia powietrza umożliwia określenie wartości ekonomicznej oddziaływań wynikających z wymiany taboru na pojazdy o napędzie zeroemisyjnym (zanieczyszczenia pyłowe powietrza wynikające przede wszystkim z tzw. niskiej emisji).

Pył zawieszony PM10 jest zanieczyszczeniem powietrza składającym się z mieszaniny cząstek stałych, ciekłych lub obu naraz, zawieszonych

w powietrzu i będących mieszaniną substancji organicznych i nieorganicznych. Pył zawieszony może zawierać substancje toksyczne takie jak wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (m.in. benzo(a)piren), metale ciężkie oraz dioksyny i furany. Cząstki te różnią się wielkością, składem i pochodzeniem. PM10 to pyły o średnicy aerodynamicznej do 10 pm, które **mogą docierać do górnych dróg oddechowych i płuc**. Benzo(a)piren natomiast jest przedstawicielem wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA). Benzo(a)piren wykazuje małą toksyczność ostrą, zaś dużą toksyczność przewlekłą, co związane jest z jego zdolnością kumulacji w organizmie. Jak inne WWA, **jest kancerogenem chemicznym, a mechanizm jego działania jest genotoksyczny**, co oznacza, że reaguje z DNA, przy czym działa po aktywacji metabolicznej.

Duży udział w negatywnym oddziaływaniu na środowisko ma spalanie paliw w silnikach spalinowych napędzających pojazdy mechaniczne. Oprócz dwutlenku węgla pojazdy silnikowe emitują także inne szkodliwe substancje jak dwutlenek siarki, pyły i benzo(a)piren.

Należy przy tym podkreślić, że 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 środka 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), stanu technicznego drogi.

Na złą jakość powietrza w Mieście, jak również na terenie całego województwa zachodniopomorskiego, wpływ ma w dużym stopniu emisja zanieczyszczeń ze źródeł komunikacyjnych spowodowana wzrostem natężenia ruchu samochodowego przy niedostatecznej przepustowości układów drogowych, przez brak parkingów typu P&R oraz niezadowalający stan techniczny wykorzystywanych pojazdów.

Koszty jednostkowe emisji zanieczyszczeń w transporcie lądowym

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

| | NO _x [EUR] | NMVOC [EUR] | SO ₂ [EUR] | PM _{2,5} [EUR] | |
|------|-----------------------|-----------------|-----------------------|-------------------------|-------------------|
| | | | | Obszar miejski | Obszar podmiejski |
| 2010 | 13.664,80 | 6.703,11 | 57.663,49 | 884.646,29 | 189.712,30 |

Źródło: Ricardo AEA, tabela 15, str. 37.

Koszty jednostkowe emisji zanieczyszczeń w transporcie lądowym na tonę substancji wyemitowanej²⁵:

| | NO _x [PLN] | NMVOC [PLN] | SO ₂ [PLN] | PM _{2,5} [PLN] | |
|------|-----------------------|-------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------|
| | | | | Obszar miejski | Obszar podmiejski |
| 2021 | 78.142,60 | 9.760,55 | 83.965,20 | 1.288.154,69 | 276.244,63 |
| 2028 | 93.968,74 | 111.737,35 | 100.970,58 | 1.549.043,31 | 332.192,17 |

Źródło: Ricardo AEA, tabela 15, str. 37.

²⁵ Centrum Unijnych Projektów Transportowych (CUPT), Tablice kosztów jednostkowych do wykorzystania w analizach kosztów i korzyści, wersja aktualna (aktualizacja 28.08.2020 – ceny na koniec 2019 r., prognozy makroekonomiczne z 07.2020 r), <https://www.cupt.gov.pl/wdrazanie-projektow/analiza-kosztow-i-korzysci/narzedzia/tablice-kosztow-jednostkowych-do-wykorzystania-w-analizach-kosztow-i-korzysci>.

4.3.2. Koszty zmiany klimatu

Negatywne skutki środowiskowe wykorzystywania produktów ropopochodnych w transporcie związane są przede wszystkim z emisją gazów cieplarnianych. W Unii Europejskiej podjęte zostały działania zmierzające do ograniczenia ich emisji. Dzięki innowacyjnym rozwiązaniom mającym znaczenie dla osiągnięcia wizji europejskiego systemu transportowego określonego w *Białej Księdze* istnieją sposoby na poradzenie sobie z najważniejszymi wyzwaniami takimi jak zmiana klimatu.

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



spalania paliw



kurzu



ścierania układu hamulcowego



ścierania opon

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



braku rury wydechowej, 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 o niskiej emisji lub z odnawialnych źródeł energii, emisja dwutlenku węgla przez pojazdy elektryczne może być równa zero. Takie samochody 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

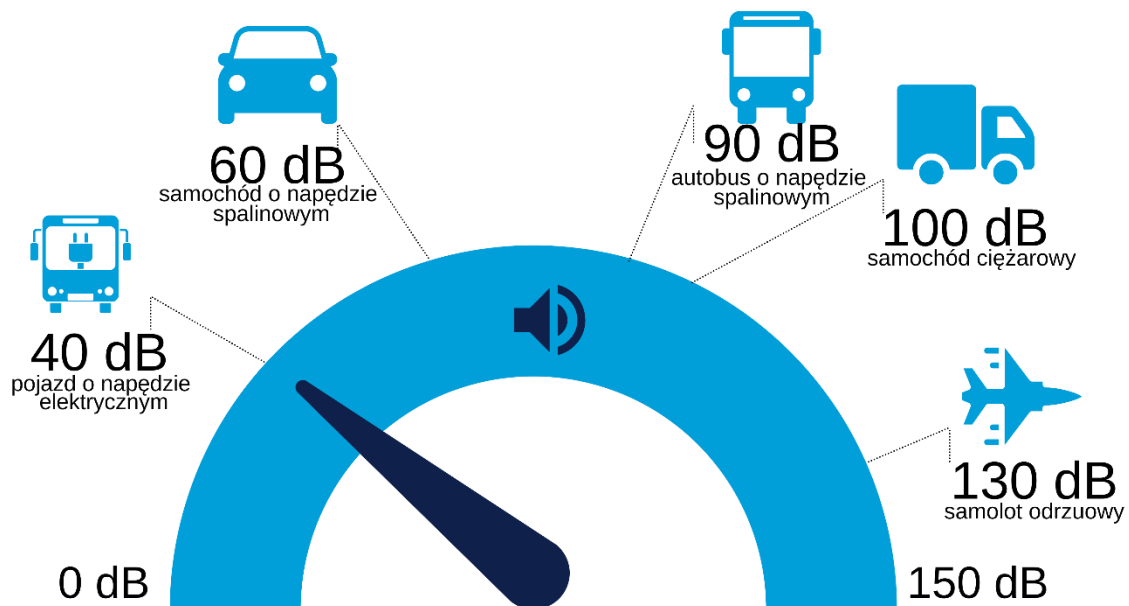
Zagregowane koszty zmian klimatycznych (CO₂) w gałęzi transportu przedstawiają się następująco²⁶:

187,09 [PLN/ t CO₂]
w 2021 roku

223,46 [PLN/ t CO₂]
w 2028 roku

²⁶ Centrum Unijnych Projektów Transportowych (CUPT), Tablice kosztów jednostkowych do wykorzystania w analizach kosztów i korzyści, wersja aktualna (aktualizacja 28.08.2020 – ceny na koniec 2019 r., prognozy makroekonomiczne z 07.2020 r), <https://www.cupt.gov.pl/wdrazanie-projektow/analiza-kosztow-i-korzysti/narzedzia/tablice-kosztow-jednostkowych-do-wykorzystania-w-analizach-kosztow-i-korzysti>.

4.3.3. Koszty społeczne emisji hałasu



Negatywny wpływ hałasu komunikacyjnego obejmuje coraz większą liczbę mieszkańców miast. Jest to zjawisko niepożądane, powodujące rozdrażnienie, uczucie znużenia i zmęczenia całego organizmu, szczególnie narządu słuchu. Hałas ma negatywne działanie na zdrowie i kondycję człowieka. Jego wpływ na organizm można rozpatrywać na trzech poziomach:



**działanie bezpośrednie na ucho
środkowe i wewnętrzne**



**działanie pośrednie na układ
nerwowy**



działanie na inne narządy

Hałas wywiera negatywny wpływ na zdrowie fizyczne (np. uszkodzenia słuchu) i psychiczne (nadpobudliwość, nerwowość) człowieka. Ostatnie badania wskazują hałas jako jedną z przyczyn powodujących zawały serca.

Koszty zewnętrzne hałasu wynikają przede wszystkim ze strat społecznych, tzn.:



**strat produktywności człowieka
powodowanych niezdolnością do
koncentracji**



**zmęczenia, braku snu, wypoczynku -
niższa wydajność, pogorszenie
jakości pracy**



koszty opieki zdrowotnej

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.

Koszty jednostkowe w transporcie lądowym²⁷



85%

Średni udział ruchu w dzień



15%

Średni udział ruchu w nocy

Jednostkowe koszty hałasu na obszarze miejskim²⁸



LV
0,044
[PLN/pojkm]

HGV
0,270
[PLN/pojkm]



0,079
[PLN/pojkm]

0,492
[PLN/pojkm]

Jednostkowe koszty hałasu na obszarze podmiejskim²⁹



LV
0,0005
[PLN/pojkm]

HGV
0,0020
[PLN/pojkm]



0,0007
[PLN/pojkm]

0,0038
[PLN/pojkm]

Zagregowane koszty hałasu w transporcie lądowym przedstawiają się następująco³⁰:

0,0603

[PLN/ poijkm]

w 2021 roku

0,0726

[PLN/ poijkm]

w 2028 roku

²⁷ Centrum Unijnych Projektów Transportowych (CUPT), Tablice kosztów jednostkowych do wykorzystania w analizach kosztów i korzyści, wersja aktualna (aktualizacja 28.08.2020 – ceny na koniec 2019 r., prognozy makroekonomiczne z 07.2020 r), <https://www.cupt.gov.pl/wdrazenie-projektow/analiza-kosztow-i-korzysti/narzedzia/tablice-kosztow-jednostkowych-do-wykorzystania-w-analizach-kosztow-i-korzysti>.

²⁸ Jaspers, „Niebieska Księga”. Nowa edycja, Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach, sierpień 2015 r.

²⁹ J.w.

³⁰ Centrum Unijnych Projektów Transportowych (CUPT), Tablice kosztów jednostkowych do wykorzystania w analizach kosztów i korzyści, wersja aktualna (aktualizacja 28.08.2020 – ceny na koniec 2019 r., prognozy makroekonomiczne z 07.2020 r), <https://www.cupt.gov.pl/wdrazenie-projektow/analiza-kosztow-i-korzysti/narzedzia/tablice-kosztow-jednostkowych-do-wykorzystania-w-analizach-kosztow-i-korzysti>.

4.3.4. Zgeneralizowane koszty transportu na jednostkę pracy przewozowej

Tabela 25. Koszty jednostkowe efektów zewnętrznych transportu³¹

| Rodzaj efektu zewnętrznego | Transport drogowy | |
|---|-------------------------------|------------------------------------|
| | Autobusy [PLN/ 1000 paskm] | Drogowy razem [PLN/ 1000 paskm] |
| Wypadki | 39,16 | 106,97 |
| Zanieczyszczenie dolnych warstw atmosfery | 19,10 | 18,15 |
| Zmiana klimatu (scenariusz niższy) | 14,08 | 24,64 |
| Hałas | 5,09 | 6,37 |
| Kongestia (koszty opóźnień) | 27,73 | 60,55 |

Źródło: opracowanie własne na podstawie Centrum Unijnych Projektów Transportowych (CUPT), Tablice kosztów jednostkowych do wykorzystania w analizach kosztów i korzyści, wersja aktualna (aktualizacja 28.08.2020 – ceny na koniec 2019 r., prognozy makroekonomiczne z 07.2020 r), <https://www.cupt.gov.pl/wdrazanie-projektow/analiza-kosztow-i-korzysci/narzedzia/tablice-kosztow-jednostkowych-do-wykorzystania-w-analizach-kosztow-i-korzysci>.

³¹ Wartości polskie na 1 stycznia 2020 r.

4.4. Wariantowa analiza społeczno-ekonomiczna wraz z wyceną kosztów związanych z emisją szkodliwych substancji

Efekty środowiskowe realne do osiągnięcia w wyniku realizacji Inwestycji w wariantach „1” i „2” oszacowano dla poszczególnych kategorii wymiernych kosztów opisanych w poprzednim podrozdziale, których wpływ na środowisko wynikać będzie z wymiany taboru o napędzie spalinowym na zeroemisyjny.

Przedmiotowe efekty środowiskowe oszacowano w jednostkach naturalnych bazując na przyjętych założeniach realizacji projektu w zakresie planowanej etapowej wymiany 12 szt. autobusów i szacowanej pracy przewozowej realizowanej nowym taborom zeroemisyjnym, 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, NOx);
- ograniczenie emisji hałasu.

Wyniki szacowanych efektów środowiskowych związanych z realizacją Inwestycji dla Wariantu „1” i „2” w latach 2022-2037 zaprezentowano w poniższych tabelach.

Tabela 26. Wartość efektów środowiskowych dla Wariantu „1” i „2” w latach 2022-2025 [w jedn. naturalnych]

| Wyszczególnienie | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
|--|------------------|------------------|------------------|-------------------|
| Efekty środowiskowe | | | | |
| Wariant „1” | | | | |
| Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - CO₂ [t] | 8,58 | 8,58 | 17,16 | 17,16 |
| Liczba wzkm | 167 652,42 | 167 652,42 | 335 304,84 | 335 304,84 |
| Zużycie paliwa [l] | 62 729,95 | 62 729,95 | 125 459,90 | 125 459,90 |
| Emisja CO ₂ [kg/litr] | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,14 |
| Emisja CO ₂ [kg] | 8 578,60 | 8 578,60 | 17 157,19 | 17 157,19 |
| Emisja CO ₂ [t] | 8,58 | 8,58 | 17,16 | 17,16 |
| Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - PM [t] | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| PM [g/km] | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Liczba wzkm | 167 652,42 | 167 652,42 | 335 304,84 | 335 304,84 |
| Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - NMHC/NMVOC [t] | 0,08 | 0,08 | 0,16 | 0,16 |
| NMHC/NMVOC [g/km] | 0,48 | 0,48 | 0,48 | 0,48 |
| Liczba wzkm | 167 652,42 | 167 652,42 | 335 304,84 | 335 304,84 |
| Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - NOx [t] | 0,06 | 0,06 | 0,13 | 0,13 |
| NOx [g/km] | 0,38 | 0,38 | 0,38 | 0,38 |
| Liczba wzkm | 167 652,42 | 167 652,42 | 335 304,84 | 335 304,84 |
| Ograniczenie emisji hałasu - [PLN] | 47 493,00 | 48 714,20 | 99 947,60 | 102 546,77 |
| Krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm | 0,28 | 0,29 | 0,30 | 0,31 |
| Liczba wzkm | 167 652,42 | 167 652,42 | 335 304,84 | 335 304,84 |

| Wariant „2” | | | | |
|--|------------------|------------------|------------------|-------------------|
| Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - CO₂ [t] | 8,58 | 8,58 | 17,16 | 17,16 |
| Liczba wzm | 167 652,42 | 167 652,42 | 335 304,84 | 335 304,84 |
| Zużycie paliwa [l] | 62 729,95 | 62 729,95 | 125 459,90 | 125 459,90 |
| Emisja CO ₂ [kg/litr] | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,14 |
| Emisja CO ₂ [kg] | 8 578,60 | 8 578,60 | 17 157,19 | 17 157,19 |
| Emisja CO ₂ [t] | 8,58 | 8,58 | 17,16 | 17,16 |
| Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - PM [t] | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| PM [g/km] | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Liczba wzm | 167 652,42 | 167 652,42 | 335 304,84 | 335 304,84 |
| Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - NMHC/NMVOC [t] | 0,08 | 0,08 | 0,16 | 0,16 |
| NMHC/NMVOC [g/km] | 0,48 | 0,48 | 0,48 | 0,48 |
| Liczba wzm | 167 652,42 | 167 652,42 | 335 304,84 | 335 304,84 |
| Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - NOx [t] | 0,06 | 0,06 | 0,13 | 0,13 |
| NOx [g/km] | 0,38 | 0,38 | 0,38 | 0,38 |
| Liczba wzm | 167 652,42 | 167 652,42 | 335 304,84 | 335 304,84 |
| Ograniczenie emisji hałasu - [PLN] | 47 493,00 | 48 714,20 | 99 947,60 | 102 546,77 |
| Krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzm | 0,28 | 0,29 | 0,30 | 0,31 |
| Liczba wzm | 167 652,42 | 167 652,42 | 335 304,84 | 335 304,84 |

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych i MPK Sp. z o.o.

Tabela 27. Wartość efektów środowiskowych dla Wariantu „1” i „2” w latach 2026-2029 [w jedn. naturalnych]

| Wyszczególnienie | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Efekty środowiskowe | | | | |
| Wariant „1” | | | | |
| Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - CO₂ [t] | 17,16 | 25,74 | 25,74 | 25,74 |
| Liczba wzm | 335 304,84 | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 |
| Zużycie paliwa [l] | 125 459,90 | 188 189,84 | 188 189,84 | 188 189,84 |
| Emisja CO ₂ [kg/litr] | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,14 |
| Emisja CO ₂ [kg] | 17 157,19 | 25 735,79 | 25 735,79 | 25 735,79 |
| Emisja CO ₂ [t] | 17,16 | 25,74 | 25,74 | 25,74 |
| Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - PM [t] | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| PM [g/km] | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Liczba wzm | 335 304,84 | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 |

| | | | | |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - NMHC/NMVOC [t] | 0,16 | 0,24 | 0,24 | 0,24 |
| NMHC/NMVOC [g/km] | 0,48 | 0,48 | 0,48 | 0,48 |
| Liczba wzm | 335 304,84 | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 |
| Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - NOx [t] | 0,13 | 0,19 | 0,19 | 0,19 |
| NOx [g/km] | 0,38 | 0,38 | 0,38 | 0,38 |
| Liczba wzm | 335 304,84 | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 |
| Ograniczenie emisji hałasu - [PLN] | 105 311,10 | 162 248,70 | 166 540,90 | 170 703,63 |
| Krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzm | 0,31 | 0,32 | 0,33 | 0,34 |
| Liczba wzm | 335 304,84 | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 |
| Wariant „2” | | | | |
| Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - CO₂ [t] | 17,16 | 25,74 | 25,74 | 25,74 |
| Liczba wzm | 335 304,84 | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 |
| Zużycie paliwa [l] | 125 459,90 | 188 189,84 | 188 189,84 | 188 189,84 |
| Emisja CO ₂ [kg/litr] | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,14 |
| Emisja CO ₂ [kg] | 17 157,19 | 25 735,79 | 25 735,79 | 25 735,79 |
| Emisja CO ₂ [t] | 17,16 | 25,74 | 25,74 | 25,74 |
| Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - PM [t] | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| PM g/km | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Liczba wzm | 335 304,84 | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 |
| Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - NMHC/NMVOC [t] | 0,16 | 0,24 | 0,24 | 0,24 |
| NMHC/NMVOC [g/km] | 0,48 | 0,48 | 0,48 | 0,48 |
| Liczba wzm | 335 304,84 | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 |
| Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - NOx [t] | 0,13 | 0,19 | 0,19 | 0,19 |
| NOx [g/km] | 0,38 | 0,38 | 0,38 | 0,38 |
| Liczba wzm | 335 304,84 | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 |
| Ograniczenie emisji hałasu - [PLN] | 105 311,10 | 162 248,70 | 166 540,90 | 170 703,63 |
| Krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzm | 0,31 | 0,32 | 0,33 | 0,34 |
| Liczba wzm | 335 304,84 | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 |

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych i MPK Sp. z o.o.

Tabela 28. Wartość efektów środowiskowych dla Wariantu „1” i „2” w latach 2030-2033 [w jedn. naturalnych]

| Wyszczególnienie | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Efekty środowiskowe | | | | |
| Wariant „1” | | | | |
| Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - CO₂ [t] | 25,74 | 25,74 | 25,74 | 25,74 |
| Liczba wzkm | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 |
| Zużycie paliwa [l] | 188 189,84 | 188 189,84 | 188 189,84 | 188 189,84 |
| Emisja CO ₂ [kg/litr] | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,14 |
| Emisja CO ₂ [kg] | 25 735,79 | 25 735,79 | 25 735,79 | 25 735,79 |
| Emisja CO ₂ [t] | 25,74 | 25,74 | 25,74 | 25,74 |
| Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - PM [t] | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| PM g/km | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Liczba wzkm | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 |
| Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - NMHC/NMVOC [t] | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 |
| NMHC/NMVOC [g/km] | 0,48 | 0,48 | 0,48 | 0,48 |
| Liczba wzkm | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 |
| Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - NOx [t] | 0,19 | 0,19 | 0,19 | 0,19 |
| NOx [g/km] | 0,38 | 0,38 | 0,38 | 0,38 |
| Liczba wzkm | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 |
| Ograniczenie emisji hałasu - [PLN] | 174 994,51 | 179 280,51 | 183 554,21 | 187 807,69 |
| Krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm | 0,35 | 0,36 | 0,36 | 0,37 |
| Liczba wzkm | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 |
| Wariant „2” | | | | |
| Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - CO₂ [t] | 25,74 | 25,74 | 25,74 | 25,74 |
| Liczba wzkm | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 |
| Zużycie paliwa [l] | 188 189,84 | 188 189,84 | 188 189,84 | 188 189,84 |
| Emisja CO ₂ [kg/litr] | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,14 |
| Emisja CO ₂ [kg] | 25 735,79 | 25 735,79 | 25 735,79 | 25 735,79 |
| Emisja CO ₂ [t] | 25,74 | 25,74 | 25,74 | 25,74 |
| Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - PM [t] | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| PM [g/km] | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Liczba wzkm | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 |
| Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - NMHC/NMVOC [t] | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 |
| NMHC/NMVOC [g/km] | 0,48 | 0,48 | 0,48 | 0,48 |

| | | | | |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Liczba wzk | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 |
| Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - NOx [t] | 0,19 | 0,19 | 0,19 | 0,19 |
| NOx [g/km] | 0,38 | 0,38 | 0,38 | 0,38 |
| Liczba wzk | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 |
| Ograniczenie emisji hałasu - [PLN] | 174 994,51 | 179 280,51 | 183 554,21 | 187 807,69 |
| Krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzk | 0,35 | 0,36 | 0,36 | 0,37 |
| Liczba wzk | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 |

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych i MPK Sp. z o.o.

Tabela 29. Wartość efektów środowiskowych dla Wariantu „1” i „2” w latach 2034-2037 [w jedn. naturalnych]

| Wyszczególnienie | 2034 | 2035 | 2036 | 2037 |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Efekty środowiskowe | | | | |
| Wariant „1” | | | | |
| Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - CO₂ [t] | 25,74 | 25,74 | 25,74 | 25,74 |
| Liczba wzk | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 |
| Zużycie paliwa [l] | 188 189,84 | 188 189,84 | 188 189,84 | 188 189,84 |
| Emisja CO ₂ [kg/litr] | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,14 |
| Emisja CO ₂ [kg] | 25 735,79 | 25 735,79 | 25 735,79 | 25 735,79 |
| Emisja CO ₂ [t] | 25,74 | 25,74 | 25,74 | 25,74 |
| Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - PM [t] | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| PM [g/km] | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Liczba wzk | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 |
| Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - NMHC/NMVOC [t] | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 |
| NMHC/NMVOC [g/km] | 0,48 | 0,48 | 0,48 | 0,48 |
| Liczba wzk | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 |
| Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - NOx [t] | 0,19 | 0,19 | 0,19 | 0,19 |
| NOx g/km | 0,38 | 0,38 | 0,38 | 0,38 |
| Liczba wzk | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 |
| Ograniczenie emisji hałasu - [PLN] | 192 032,42 | 196 218,94 | 200 360,41 | 204 608,44 |
| Krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzk | 0,38 | 0,39 | 0,40 | 0,41 |
| Liczba wzk | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 |
| Wariant „2” | | | | |
| Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - CO₂ [t] | 25,74 | 25,74 | 25,74 | 25,74 |
| Liczba wzk | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 |

| | | | | |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Zużycie paliwa [l] | 188 189,84 | 188 189,84 | 188 189,84 | 188 189,84 |
| Emisja CO ₂ [kg/litr] | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,14 |
| Emisja CO ₂ [kg] | 25 735,79 | 25 735,79 | 25 735,79 | 25 735,79 |
| Emisja CO ₂ [t] | 25,74 | 25,74 | 25,74 | 25,74 |
| Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - PM [t] | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| PM [g/km] | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Liczba wzkm | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 |
| Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - NMHC/NMVOC [t] | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 |
| NMHC/NMVOC [g/km] | 0,48 | 0,48 | 0,48 | 0,48 |
| Liczba wzkm | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 |
| Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - NOx [t] | 0,19 | 0,19 | 0,19 | 0,19 |
| NOx [g/km] | 0,38 | 0,38 | 0,38 | 0,38 |
| Liczba wzkm | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 |
| Ograniczenie emisji hałasu - [PLN] | 192 032,42 | 196 218,94 | 200 360,41 | 204 608,44 |
| Krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm | 0,38 | 0,39 | 0,40 | 0,41 |
| Liczba wzkm | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 | 502 957,26 |

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych i MPK Sp. z o.o.

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

Tabela 30. Zmonetyzowane efekty środowiskowe dla Wariantu „1” i „2” w latach 2022-2025 [PLN]

| Wyszczególnienie | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
|--|------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| Monetyzacja efektów środowiskowych | | | | |
| Wariant „1” | 56 592,63 | 58 049,97 | 119 103,50 | 122 199,56 |
| Ograniczenie emisji CO₂ | 1 649,52 | 1 694,10 | 3 477,36 | 3 566,53 |
| Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO ₂] | 192,28 | 197,48 | 202,68 | 207,87 |
| Ograniczenie emisji CO ₂ [t] | 8,58 | 8,58 | 17,16 | 17,16 |
| Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy | 7 450,11 | 7 641,68 | 15 678,54 | 16 086,26 |
| Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t PM] | 1 325 237,00 | 1 359 312,95 | 1 394 460,78 | 1 430 724,14 |
| Ograniczenie emisji PM [t] | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NMHC/NMVOC] | 10 041,53 | 10 299,73 | 10 566,05 | 10 840,83 |
| Ograniczenie emisji NMHC/NMVOC [t] | 0,08 | 0,08 | 0,16 | 0,16 |

| | | | | |
|--|------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NOx] | 80 392,11 | 82 459,24 | 84 591,39 | 86 791,21 |
| Ograniczenie emisji NOx [t] | 0,06 | 0,06 | 0,13 | 0,13 |
| Ograniczenie emisji hałasu - [PLN] | 47 493,00 | 48 714,20 | 99 947,60 | 102 546,77 |
| Wariant „2” | 56 592,63 | 58 049,97 | 119 103,50 | 122 199,56 |
| Ograniczenie emisji CO₂ | 1 649,52 | 1 694,10 | 3 477,36 | 3 566,53 |
| Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO ₂] | 192,28 | 197,48 | 202,68 | 207,87 |
| Ograniczenie emisji CO ₂ [t] | 8,58 | 8,58 | 17,16 | 17,16 |
| Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy | 7 450,11 | 7 641,68 | 15 678,54 | 16 086,26 |
| Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t PM] | 1 325 237,00 | 1 359 312,95 | 1 394 460,78 | 1 430 724,14 |
| Ograniczenie emisji PM [t] | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NMHC/NMVOC] | 10 041,53 | 10 299,73 | 10 566,05 | 10 840,83 |
| Ograniczenie emisji NMHC/NMVOC [t] | 0,08 | 0,08 | 0,16 | 0,16 |
| Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NOx] | 80 392,11 | 82 459,24 | 84 591,39 | 86 791,21 |
| Ograniczenie emisji NOx [t] | 0,06 | 0,06 | 0,13 | 0,13 |
| Ograniczenie emisji hałasu - [PLN] | 47 493,00 | 48 714,20 | 99 947,60 | 102 546,77 |

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych i MPK Sp. z o.o.

Tabela 31. Zmonetyzowane efekty środowiskowe dla Wariantu „1” i „2” w latach 2026-2029 [PLN]

| Wyszczególnienie | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Monetyzacja efektów środowiskowych | | | | |
| Wariant „1” | 125 486,69 | 193 317,54 | 198 416,79 | 203 366,27 |
| Ograniczenie emisji CO₂ | 3 655,69 | 5 617,28 | 5 751,02 | 5 884,77 |
| Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO ₂] | 213,07 | 218,27 | 223,46 | 228,66 |
| Ograniczenie emisji CO ₂ [t] | 17,16 | 25,74 | 25,74 | 25,74 |
| Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy | 16 519,90 | 25 451,56 | 26 124,87 | 26 777,87 |
| Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t PM] | 1 469 291,88 | 1 509 120,41 | 1 549 043,31 | 1 587 762,09 |
| Ograniczenie emisji PM [t] | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NMHC/NMVOC] | 11 133,06 | 11 434,85 | 11 737,35 | 12 030,73 |
| Ograniczenie emisji NMHC/NMVOC [t] | 0,16 | 0,24 | 0,24 | 0,24 |
| Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NOx] | 89 130,83 | 91 546,92 | 93 968,74 | 96 317,52 |
| Ograniczenie emisji NOx [t] | 0,13 | 0,19 | 0,19 | 0,19 |
| Ograniczenie emisji hałasu - [PLN] | 105 311,10 | 162 248,70 | 166 540,90 | 170 703,63 |

| | | | | |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Wariant „2” | 125 486,69 | 193 317,54 | 198 416,79 | 203 366,27 |
| Ograniczenie emisji CO₂ | 3 655,69 | 5 617,28 | 5 751,02 | 5 884,77 |
| <i>Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO₂]</i> | 213,07 | 218,27 | 223,46 | 228,66 |
| Ograniczenie emisji CO ₂ [t] | 17,16 | 25,74 | 25,74 | 25,74 |
| Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy | 16 519,90 | 25 451,56 | 26 124,87 | 26 777,87 |
| <i>Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t PM]</i> | 1 469 291,88 | 1 509 120,41 | 1 549 043,31 | 1 587 762,09 |
| Ograniczenie emisji PM [t] | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| <i>Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NMHC/NMVOC]</i> | 11 133,06 | 11 434,85 | 11 737,35 | 12 030,73 |
| Ograniczenie emisji NMHC/NMVOC [t] | 0,16 | 0,24 | 0,24 | 0,24 |
| <i>Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NOx]</i> | 89 130,83 | 91 546,92 | 93 968,74 | 96 317,52 |
| Ograniczenie emisji NOx [t] | 0,13 | 0,19 | 0,19 | 0,19 |
| Ograniczenie emisji hałasu - [PLN] | 105 311,10 | 162 248,70 | 166 540,90 | 170 703,63 |

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych i MPK Sp. z o.o.

Tabela 32. Zmonetyzowane efekty środowiskowe dla Wariantu „1” i „2” w latach 2030-2033 [PLN]

| Wyszczególnienie | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Monetyzacja efektów środowiskowych | | | | |
| Wariant „1” | 208 463,99 | 213 556,07 | 218 633,92 | 223 688,38 |
| Ograniczenie emisji CO₂ | 6 018,51 | 6 152,26 | 6 286,00 | 6 419,75 |
| <i>Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO₂]</i> | 233,86 | 239,05 | 244,25 | 249,45 |
| Ograniczenie emisji CO ₂ [t] | 25,74 | 25,74 | 25,74 | 25,74 |
| Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy | 27 450,97 | 28 123,30 | 28 793,71 | 29 460,94 |
| <i>Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t PM]</i> | 1 627 672,74 | 1 667 538,00 | 1 707 288,90 | 1 746 851,72 |
| Ograniczenie emisji PM [t] | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| <i>Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NMHC/NMVOC]</i> | 12 333,14 | 12 635,20 | 12 936,40 | 13 236,18 |
| Ograniczenie emisji NMHC/NMVOC [t] | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 |
| <i>Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NOx]</i> | 98 738,60 | 101 156,92 | 103 568,31 | 105 968,28 |
| Ograniczenie emisji NOx [t] | 0,19 | 0,19 | 0,19 | 0,19 |
| Ograniczenie emisji hałasu - [PLN] | 174 994,51 | 179 280,51 | 183 554,21 | 187 807,69 |
| Wariant „2” | 208 463,99 | 213 556,07 | 218 633,92 | 223 688,38 |
| Ograniczenie emisji CO₂ | 6 018,51 | 6 152,26 | 6 286,00 | 6 419,75 |
| <i>Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO₂]</i> | 233,86 | 239,05 | 244,25 | 249,45 |
| Ograniczenie emisji CO ₂ [t] | 25,74 | 25,74 | 25,74 | 25,74 |
| Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy | 27 450,97 | 28 123,30 | 28 793,71 | 29 460,94 |

| | | | | |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t PM] | 1 627 672,74 | 1 667 538,00 | 1 707 288,90 | 1 746 851,72 |
| Ograniczenie emisji PM [t] | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NMHC/NMVOC] | 12 333,14 | 12 635,20 | 12 936,40 | 13 236,18 |
| Ograniczenie emisji NMHC/NMVOC [t] | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 |
| Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NOx] | 98 738,60 | 101 156,92 | 103 568,31 | 105 968,28 |
| Ograniczenie emisji NOx [t] | 0,19 | 0,19 | 0,19 | 0,19 |
| Ograniczenie emisji hałasu - [PLN] | 174 994,51 | 179 280,51 | 183 554,21 | 187 807,69 |

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych i MPK Sp. z o.o.

Tabela 33. Zmonetyzowane efekty środowiskowe dla Wariantu „1” i „2” w latach 2034-2037 [PLN]

| Wyszczególnienie | 2034 | 2035 | 2036 | 2037 |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Monetyzacja efektów środowiskowych | | | | |
| Wariant „1” | 228 709,58 | 233 686,57 | 238 611,45 | 243 659,60 |
| Ograniczenie emisji CO₂ | 6 553,49 | 6 687,24 | 6 820,98 | 6 954,72 |
| Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO ₂] | 254,65 | 259,84 | 265,04 | 270,24 |
| Ograniczenie emisji CO ₂ [t] | 25,74 | 25,74 | 25,74 | 25,74 |
| Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy | 30 123,66 | 30 780,39 | 31 430,05 | 32 096,43 |
| Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t PM] | 1 786 147,10 | 1 825 087,12 | 1 863 608,05 | 1 903 120,14 |
| Ograniczenie emisji PM [t] | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NMHC/NMVOC] | 13 533,92 | 13 828,98 | 14 120,86 | 14 420,25 |
| Ograniczenie emisji NMHC/NMVOC [t] | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 |
| Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NOx] | 108 352,04 | 110 714,23 | 113 051,01 | 115 447,91 |
| Ograniczenie emisji NOx [t] | 0,19 | 0,19 | 0,19 | 0,19 |
| Ograniczenie emisji hałasu - [PLN] | 192 032,42 | 196 218,94 | 200 360,41 | 204 608,44 |
| Wariant „2” | 228 709,58 | 233 686,57 | 238 611,45 | 243 659,60 |
| Ograniczenie emisji CO₂ | 6 553,49 | 6 687,24 | 6 820,98 | 6 954,72 |
| Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO ₂] | 254,65 | 259,84 | 265,04 | 270,24 |
| Ograniczenie emisji CO ₂ [t] | 25,74 | 25,74 | 25,74 | 25,74 |
| Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy | 30 123,66 | 30 780,39 | 31 430,05 | 32 096,43 |
| Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t PM] | 1 786 147,10 | 1 825 087,12 | 1 863 608,05 | 1 903 120,14 |
| Ograniczenie emisji PM [t] | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NMHC/NMVOC] | 13 533,92 | 13 828,98 | 14 120,86 | 14 420,25 |
| Ograniczenie emisji NMHC/NMVOC [t] | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 |
| Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NOx] | 108 352,04 | 110 714,23 | 113 051,01 | 115 447,91 |
| Ograniczenie emisji NOx [t] | 0,19 | 0,19 | 0,19 | 0,19 |
| Ograniczenie emisji hałasu - [PLN] | 192 032,42 | 196 218,94 | 200 360,41 | 204 608,44 |

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych i MPK Sp. z o.o.

Na podstawie szacowanych nakładów inwestycyjnych, wydatków eksploatacyjnych związanych z realizacją Inwestycji oraz zmonetyzowanych efektów środowiskowych dla poszczególnych Wariantów „1a”, „1b” i „2”, oszacowano alternatywne korzyści oraz skutki finansowe wynikające z wymiany taboru o napędzie konwencjonalnym.

W tym celu przedstawiono różnice w postaci przepływów pieniężnych obejmujące w/w elementy dla Wariantu „1a”, „1b” i „2” względem Wariantu „0”, w rezultacie czego otrzymano wartość skumulowanych przepływów finansowych w ramach realizacji Inwestycji, których wyniki kształtują się następująco, tj.:

Tabela 34. Skumulowane przepływy pieniężne dla Wariantu „1” i „2” w latach 2022-2026 [PLN]

| Wyszczególnienie | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 |
|--|----------------|------------|----------------|------------|------------|
| Przepływy pieniężne skumulowane | | | | | |
| Wariant „1a” | -3 455 762,03 | 153 695,31 | -3 297 605,82 | 313 490,23 | 316 777,36 |
| Wariant „1b” | -4 455 762,03 | 153 695,31 | -3 297 605,82 | 313 490,23 | 316 777,36 |
| Wariant „2” | -13 519 948,23 | -18 490,89 | -11 033 978,21 | -30 882,16 | -27 595,03 |

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych i MPK Sp. z o.o.

Tabela 35. Skumulowane przepływy pieniężne dla Wariantu „1” i „2” w latach 2027-2032 [PLN]

| Wyszczególnienie | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 |
|--|----------------|------------|------------|---------------|------------|---------------|
| Przepływy pieniężne skumulowane | | | | | | |
| Wariant „1a” | -3 127 746,45 | 485 352,80 | 490 302,28 | -1 204 600,00 | 500 492,07 | -1 194 430,07 |
| Wariant „1b” | -3 127 746,45 | 485 352,80 | 490 302,28 | -1 204 600,00 | 500 492,07 | -1 194 430,07 |
| Wariant „2” | -11 036 305,04 | -31 205,79 | -26 256,31 | -21 158,59 | -16 066,51 | -10 988,66 |

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych i MPK Sp. z o.o.

Tabela 36. Skumulowane przepływy pieniężne dla Wariantu „1” i „2” w latach 2033-2037 [PLN]

| Wyszczególnienie | 2033 | 2034 | 2035 | 2036 | 2037 |
|--|------------|------------|---------------|------------|------------|
| Przepływy pieniężne skumulowane | | | | | |
| Wariant „1a” | 510 624,39 | 515 645,58 | -1 179 377,42 | 525 547,45 | 530 595,60 |
| Wariant „1b” | 510 624,39 | 515 645,58 | -1 179 377,42 | 525 547,45 | 530 595,60 |
| Wariant „2” | -5 934,20 | -913,00 | 4 064,00 | 8 988,87 | 14 037,02 |

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych i MPK Sp. z o.o.

W oparciu o otrzymane wyniki różnicowych skumulowanych przepływów finansowych w ramach realizacji Inwestycji, obejmujących różnicowe rezultaty pieniężne alternatywnych Wariantów „1a”, „1b” i „2”, względem założeń dla taboru konwencjonalnego należy wskazać, że pomimo planowanych niższych wydatków eksploatacyjnych dla Wariantu „1” (korzyści finansowe) oraz osiągniętych zmonetyzowanych efektów środowiskowych, różnicowe przepływy finansowe

w dalszym ciągu są wyższe względem Wariantu „0”, w łącznej wysokości za okres objęty Analizą, tj.:

- Wariant „1a”: -10.020.034 PLN;
- Wariant „1b”: -11.020.034 PLN;
- Wariant „2”: -35.772.875 PLN.

Niezależnie od osiągniętego wyniku różnicowych przepływów finansowych w okresie realizacji projektu, poniżej zaprezentowano ocenę efektywności ekonomicznej Inwestycji wyrażonej w postaci mierników ENPV i ERR, co do których zgodnie z treścią Rozporządzenia 480/2014 (KE) z dnia 03 marca 2014 roku zastosowano realną stopę dyskontową na poziomie 4%, a wyniki analizy kształtują się następująco, tj.:

Tabela 37. Ocena ekonomicznej efektywności Inwestycji [PLN]

| Wyszczególnienie | Wartość |
|------------------|---------------------------|
| ENPV | |
| Wariant „1a” | -8 090 220 |
| Wariant „1b” | -9 051 758 |
| Wariant „2” | -31 662 623 |
| ERR | |
| Wariant „1” | Nieemożliwe do obliczenia |
| Wariant „1b | Nieemożliwe do obliczenia |
| Wariant „2” | Nieemożliwe do obliczenia |

*/ wynik niemożliwy do określenia z uwagi na brak spłaty w zakładanym okresie.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych i MPK Sp. z o.o.

Dla Wariantu „1a” zdyskontowana ekonomiczna wartość bieżąca ENPV wyniosła **-8.090.220 PLN**, dla Wariantu „1b”: **-9.051.758 PLN**, a dla Wariantu „2”: **- 31.662.623 PLN**, natomiast ekonomiczne stopy zwrotu ERR okazały się niemożliwe do obliczenia.

**Z PUNKTU WIDZENIA OCENY FINANSOWEJ PROJEKTU
INWESTYCJA W KAŻDYM Z WARIANTÓW JEST NIEOPŁACALNA (NPV<0).**

Dodatkowo podjęto się analizy efektywności ekonomicznej Inwestycji przy założeniu pozyskania dofinansowania ze środków UE. W oparciu o założenia oraz wyniki przeprowadzonej analizy oszacowano punkt krytyczny przedmiotowego współfinansowania Inwestycji, do poziomu którego Inwestycja jest opłacalna dla Wariantu „1a”.

Wartość dofinansowania spełniająca kryterium opłacalności projektu w ramach analizy efektywności ekonomicznej Inwestycji wynosi 85 % kosztów kwalifikowanych.

Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych zawierających również dofinansowanie UE zaprezentowano w poniższych zestawieniach, tj.:

Tabela 38. Skumulowane przepływy pieniężne wraz z dotacją UE dla Wariantu „1” i „2” w latach 2022-2026 [PLN]

| Wyszczególnienie | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 |
|--|---------------|------------|---------------|------------|------------|
| Przepływy pieniężne skumulowane - z dotacją | | | | | |
| Wariant „1a” | -388 962,03 | 153 695,31 | -230 805,82 | 313 490,23 | 316 777,36 |
| Wariant „1b” | -538 962,03 | 153 695,31 | -230 805,82 | 313 490,23 | 316 777,36 |
| Wariant „2” | -2 044 948,23 | -18 490,89 | -1 683 978,21 | -30 882,16 | -27 595,03 |

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych i MPK Sp. z o.o.

Tabela 39. Skumulowane przepływy pieniężne dla Wariantu „1” i „2” w latach 2027-2032 [PLN]

| Wyszczególnienie | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 |
|--|---------------|------------|------------|---------------|------------|---------------|
| Przepływy pieniężne skumulowane - z dotacją | | | | | | |
| Wariant „1a” | -60 946,45 | 485 352,80 | 490 302,28 | -1 204 600,00 | 500 492,07 | -1 194 430,07 |
| Wariant „1b” | -60 946,45 | 485 352,80 | 490 302,28 | -1 204 600,00 | 500 492,07 | -1 194 430,07 |
| Wariant „2” | -1 686 305,04 | -31 205,79 | -26 256,31 | -21 158,59 | -16 066,51 | -10 988,66 |

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych i MPK Sp. z o.o.

Tabela 40. Skumulowane przepływy pieniężne wraz z dotacją UE dla Wariantu „1” i „2” w latach 2033-2037 [PLN]

| Wyszczególnienie | 2033 | 2034 | 2035 | 2036 | 2037 |
|--|------------|------------|---------------|------------|------------|
| Przepływy pieniężne skumulowane - z dotacją | | | | | |
| Wariant „1a” | 510 624,39 | 515 645,58 | -1 179 377,42 | 525 547,45 | 530 595,60 |
| Wariant „1b” | 510 624,39 | 515 645,58 | -1 179 377,42 | 525 547,45 | 530 595,60 |
| Wariant „2” | -5 934,20 | -913,00 | 4 064,00 | 8 988,87 | 14 037,02 |

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych i MPK Sp. z o.o.

Tabela 41. Ocena ekonomicznej efektywności Inwestycji z wykorzystaniem dotacji UE [PLN]

| Wyszczególnienie | Wartość |
|------------------|------------|
| ENPV | |
| Wariant „1a” | 8 737 |
| Wariant „1b” | -135 494 |
| Wariant „2” | -4 927 412 |
| ERR | |
| Wariant „1a” | 4,76% |
| Wariant „1b” | -2,03% |
| Wariant „2” | -38,84% |

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych i MPK Sp. z o.o.

W konsekwencji uwzględnienia w skumulowanych przepływach finansowych realizacji Inwestycji dofinansowania unijnego na poziomie 85% kosztów kwalifikowalnych ekonomiczna efektywność Inwestycji wynosi dla:

- Wariantu „1a”: ekonomiczna wartość bieżąca ENPV: **8.737 PLN** i ekonomicznej stopie zwrotu ERR **4,76%**;
- Wariantu „1b”: ekonomiczna wartość bieżąca ENPV: **-135.494 PLN** i ekonomicznej stopie zwrotu ERR **-2,03%**;
- Wariantu „2”: ekonomiczna wartość bieżąca ENPV: **-4.927.412 PLN** i ekonomicznej stopie zwrotu ERR **-38,84%**.

**MAJĄC NA UWADZE OTRZYMANE WYNIKI REKOMENDUJE SIĘ
WYKORZYSTANIE AUTOBUSÓW O NAPĘDZIE ZEROEMISYJNYM I REALIZACJĘ
INWESTYCJI W WARIANCIE 1a, Z ZASTRZEŻENIEM POZYSKANIA
DOFINANSOWANIA UE NA POZIOMIE 85%.**

5. Analiza wrażliwości

5.1. Kluczowe zmienne krytyczne. Wartości progowe zmiennych krytycznych

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

Analizie podlegał Wariant „1a” z uwzględnieniem dotacji, ponieważ okazał się najkorzystniejszy – posiadał najwyższą rentowność (ENPV>0, tj. 8.737 PLN, ERR = 4,76%).

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 42. Analiza wrażliwości – zmienne krytyczne

| Analiza wrażliwości | NPV | IRR | Zmiana NPV (%) | Zmiana IRR (p.p.) |
|--|------------|-------|----------------|-------------------|
| Wartości bazowe - wariant optymalny | 8 737,06 | 4,76% | | |
| Zmiana wartości Inwestycji o +1% | -26 122,15 | 2,10% | -399% | -2,66% |
| Zmiana kosztów energii elektrycznej o +1% | -9 608,04 | 3,18% | -210% | -1,58% |
| Zmiana kosztów napraw i konserwacji o +1% | -13 242,31 | 2,87% | -252% | -1,88% |
| Zmiana kosztów wymiany baterii o +1% | -24 066,87 | 1,85% | -375% | -2,91% |
| Zmiana liczby wzkm o -1% | -42 258,56 | 0,52% | -584% | -4,24% |

Źródło: opracowanie własne.

Do zmiennych sklasyfikowanych jako krytyczne (zmiana wartości czynnika o 1% wywołała zmianę wartości NPV 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 43. Analiza wrażliwości – progowe wartości zmiennych

| Analiza wrażliwości | Zmiana % |
|-------------------------------------|----------|
| Zmiana wartości Inwestycji | +0,25 |
| Zmiana kosztów energii elektrycznej | +0,45 |
| Zmiana kosztów napraw i konserwacji | +0,38 |
| Zmiana kosztów wymiany baterii | +0,26 |
| Zmiana liczby wzkm | -0,17 |

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych i MPK Sp. z o.o.

Analiza wrażliwości wartości progowych wskazała, że najsilniejszy wpływ na projekt i realizację Inwestycji wywołuje zmiana pracy przewozowej, której maksymalny poziom odchylenia wynosi -0,17%.

6. Analizy ryzyka

6.1. 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 44. Zidentyfikowane aktywne ryzyk³²

| 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. 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. | Monitoring ryzyka będzie prowadzony do czasu wykonania podłączeń dystrybucyjnych. |

³² Ryzyko uważane jest za „aktywne” jeśli jest **identyfikowalne i istotne dla projektu** na obecnym etapie AKK.

| | | | | |
|----|--|---|---|--|
| 3. | Częste awarie techniczne pojazdów (tzw. choroba wieku dziecięcego) oraz stacji ładujących. | Brak możliwości załadowania/zatankowania pojazdu zeroemisyjnego (brak możliwości wykorzystania pojazdów do świadczenia usługi). | 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. | Osiąganie rzeczywistych słabszych parametrów technicznych autobusów względem zapowiadanych przez producentów. | Skrócenie maksymalnego dystansu pojazdu. Konieczność częstszego ładowania pojazdów. Wydłużenie przerw na ładowanie pojazdów. | Odpowiednie przeszkolenie kierowców, którzy w efektywny sposób będą prowadzić zeroemisyjne pojazdy. | Monitoring ryzyka prowadzony będzie w fazie przygotowawczej projektu, podczas realizacji robót, a także przez cały okres eksploatacji. |
| 6. | Niesprzyjające warunki atmosferyczne. | Niekorzystne warunki atmosferyczne, tj. nadzwyczajne opady śniegu i mróz wpływają na ryzyko zniszczeń sieci przesyłowych, a także uszkodzenia infrastruktury. Ww. uwarunkowania mogą negatywnie wpłynąć na funkcjonowanie sieci dystrybucyjnej oraz eksploatację pojazdów, w tym szczególnie pojazdów elektrycznych. | Skrócenie maksymalnego dystansu pojazdu, dzięki czemu uzyskany zostanie „zapas” energii, który będzie mógł zostać wykorzystany w sytuacjach nadzwyczajnych. Wprowadzenie wymogu, na etapie zakupu taboru, o konieczności wykorzystania wysokiej klasy materiałów, odpornych na szkodliwe oddziaływanie warunków atmosferycznych. | Monitoring ryzyka prowadzony będzie w fazie przygotowawczej projektu, podczas realizacji robót, a także przez cały okres eksploatacji. |
| 7. | Brak umiejętności kierowania pojazdem elektrycznym przez kadrę. | Skrócenie maksymalnego dystansu pojazdu. Konieczność częstszego ładowania pojazdów. Wydłużenie przerw na ładowanie pojazdów. | Organizacja specjalistycznych kursów i szkoleń dla kierowców pojazdów zeroemisyjnych. | Monitoring ryzyka będzie prowadzony na początku wdrożenia projektu oraz w całym okresie eksploatacji. |
| 8. | Szybka eksploatacja baterii (w przypadku zakupu floty pojazdów elektrycznych). | Konieczność częstej wymiany baterii w pojazdach elektrycznych, co bezpośrednio związane jest ze wzrostem kosztów eksploatacyjnych oraz koniecznością utylizacji zużytych baterii. | Stosowanie zrównoważonego systemu ładowania, odpowiedniego do każdego rodzaju pojazdu. Problem utylizacji baterii z samochodów elektrycznych zostanie rozwiązany poprzez: - wykorzystanie baterii, które utraciły swoją sprawność i nie mogą już być wykorzystywane w pojazdach, do tzw. magazynów energii; - recykling baterii. | Monitoring ryzyka będzie prowadzony w całym okresie eksploatacji. |

| | | | | |
|-----|---|---|--|---|
| 9. | Wyższe od spodziewanych koszty inwestycyjne. | Konieczność pozyskania środków finansowych ze źródeł zewnętrznych lub ograniczenie zakresu Inwestycji, co przełoży się na mniejszy rezultat i korzyści. Obniżenie rentowości Inwestycji. | Stály monitoring budżetu oraz odpowiednie zabezpieczenie środków finansowych na zaplanowane działania. | Monitoring ryzyka będzie prowadzony do momentu 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. | Stály monitoring budżetu oraz odpowiednie zabezpieczenie środków finansowych na zaplanowane działania. | 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. | Niedoszacowanie wartości Inwestycji. | Niższa efektywność przedsięwzięcia i konieczność pozyskania dodatkowych źródeł finansowania. Konieczność pozyskania dodatkowych środków na realizację przedsięwzięcia. | Szacowanie kosztów Inwestycji na podstawie analizy rynku dostawców i wykonawców oraz podobnych ofert przetargowych prowadzonych w innych miastach. | Monitoring ryzyka będzie prowadzony do momentu wyboru odpowiedniego dostawcy taboru zeroemisyjnego i infrastruktury towarzyszącej. Monitoring zostanie zakończony w momencie wskazania przez nich ostatecznych nakładów inwestycyjnych. Nad dostawami i robotami sprawowany będzie odpowiedni nadzór inwestora. |

Źródło: opracowanie własne.

6.2. 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. 2.6).

Tabela 45. Matryca ryzyka – klasyfikacja poziomu ryzyka

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

| | |
|--|---------------|
| | Bardzo niski |
| | Niski |
| | Średni |
| | Wysoki |
| | Bardzo wysoki |

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 46. Matryca ryzyka – sposób działania

| Prawdopodobieństwo | Stopień zagrożenia | | | | |
|--------------------|--------------------|---|----------------------|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| A | | | | | |
| B | 1, 2, 7 | | 3, 4, 5, 6, 8, 9, 12 | | |
| C | | | | | |
| D | | | | | |
| E | | | 10, 11 | | |

Źródło: opracowanie własne.

7. Wnioski i rekomendacje

Przeprowadzona Analiza kosztów i korzyści wykorzystania autobusów zeroemisyjnych do świadczenia usług komunikacji miejskiej na obszarze Gminy Miasto Stargard i Gmin ościennych, dla których Gmina Miasto Stargard jest Organizatorem publicznego transportu zbiorowego – na mocy zawartych porozumień międzygminnych wskazała na następujące wnioski i rekomendacje:

1) Gmina Miasto Stargard, jak każda jednostka samorządu terytorialnego określona w UoEiPA, ma obowiązek sporządzania Analizy, cyklicznie co 36 miesięcy;

2) 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. 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;

3) obecnie Operator nie posiada na stanie środków trwałych autobusów zeroemisyjnych. Przy zachowaniu obecnego stanu taboru Operatora (37 szt.) i realizacji Inwestycji polegającej na wymianie 12 szt. pojazdów na pojazdy zeroemisyjne, Miasto spełni wymogi wynikające z Ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych;

4) struktura wielkościowa taboru nie powinna ulec znaczącym zmianom, ponieważ nowe pojazdy o napędzie zeroemisyjnym, zgodnie z założeniem zastąpią najbardziej wyeksploatowane autobusy o napędzie konwencjonalnym, gwarantując wciąż dopasowanie wielkości pojazdów do popytu efektywnego na przewozy w komunikacji miejskiej;

5) wymiana pojazdów wykorzystywanych do świadczenia usług komunikacji miejskiej powinna spełniać najniższe normy emisji spalin, które przyczynią się do wspierania przedsięwzięć proekologicznych;

6) wyłączenie z obsługi podróży przestarzałego taboru wpłynie pozytywnie na wizerunek ogólnie rozumianego publicznego transportu na terenie Gminy Miasto Stargard oraz Gmin ościennych i zachęci mieszkańców do korzystania z komunikacji zbiorowej;

7) 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;

8) 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 analizowany jest kompleksowo stargardzka sieć komunikacyjna;

9) 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.

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

W odniesieniu do ustawy z dnia 16 grudnia 2010 roku o publicznym transporcie zbiorowym³³ (art. 9) gminy, którym powierzono zadanie organizacji publicznego transportu zbiorowego na mocy porozumienia między gminami, których obszar liczy łącznie co najmniej 80 000 mieszkańców mają obowiązek sporządzenia planu zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 25 maja 2011 roku w sprawie szczegółowego zakresu planu zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego³⁴ (§4) określa szczegółowo

zawartość planu transportowego. Wymagania zostały przedstawione w poniższej tabeli razem ze wskazaniami dotyczącymi konieczności aktualizacji planu.

Wyniki niniejszej Analizy kosztów i korzyści wskazują **na brak korzyści wykorzystywania autobusów o napędzie zeroemisyjnym**, niemniej jednak przewiduje się konieczność aktualizacji planu zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego.

Tabela 47. Zakres aktualizacji planu transportowego

| Zakres | Konieczność aktualizacji |
|--|--------------------------|
| Ocena i prognoza potrzeb przewozowych z uwzględnieniem w szczególności: | |
| lokalizacji obiektów użyteczności publicznej | nie wymaga aktualizacji |
| gęstości zaludnienia obszaru objętego planem transportowym | nie wymaga aktualizacji |
| zapewnienia dostępu osobom niepełnosprawnym oraz osobom o ograniczonej zdolności ruchowej do publicznego transportu zbiorowego | nie wymaga aktualizacji |
| przewidywane finansowanie usług przewozowych, w tym źródła i formy finansowania | nie wymaga aktualizacji |
| preferencje dotyczące wyboru rodzaju środków transportu, w szczególności propozycje dotyczące wyboru rodzaju tych środków, uwzględniając infrastrukturę transportową znajdującą się na obszarze objętym planem transportowym | 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 | nie wymaga aktualizacji |
| obowiązujących uprawnień do ulgowych przejazdów środkami publicznego transportu zbiorowego | nie wymaga aktualizacji |
| węzłów przesiadkowych | nie wymaga aktualizacji |
| koordynacji połączeń różnych rodzajów środków transportu | nie wymaga aktualizacji |
| regulaminów przewozu osób | nie wymaga aktualizacji |

³³ Dz.U.2020 poz. 1944 t.j.

³⁴ Dz.U.2020 poz. 2328 t.j.

Przewidywane wykorzystanie pojazdów elektrycznych lub pojazdów napędzanych gazem ziemnym, oraz planowany termin rozpoczęcia ich użytkowania

| | |
|---|--|
| linie komunikacyjne, na których przewidywane jest wykorzystanie pojazdów elektrycznych lub pojazdów napędzanych gazem ziemnym, oraz planowany termin rozpoczęcia ich użytkowania. | <p>Dotyczy rozdziału 12.:</p> <p>planowana jest elektryfikacja wybranych linii komunikacji miejskiej w Stargardzie, na których powinny być eksploatowane pojazdy elektryczne: 5, 9, 10, 12, 13 i 15.</p> <p>Wybrane linie autobusowe są wybrane z uwagi na najbardziej miarodajne odzwierciedlenie wszystkich analizowanych linii.</p> <p>Uzupełniając autobusy zeroemisyjne powinny być przeznaczone do obsługi pozostałych linii komunikacyjnych w porach o zmniejszonym zapotrzebowaniu na autobusy na liniach całkowicie zelektryfikowanych.</p> <p>Wprowadzenie autobusów zeroemisyjnych do eksploatacji będzie następowało sukcesywnie po uzyskaniu stosownych dofinansowań na zakup taboru i infrastruktury ładowania np. z programów krajowych lub wspólnotowych</p> |
| geograficzne położenie stacji gazu ziemnego | nie wymaga aktualizacji |
| geograficzne położenie infrastruktury ładowania drogowego transportu publicznego w rozumieniu art. 2 pkt 3 ustawy z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych, zwanej dalej „infrastrukturą ładowania” | <p>w przypadku elektryfikacji wyżej wymienionych linii, infrastruktura ładowania pojazdów zeroemisyjnych zostanie zlokalizowana:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● na terenie zajezdni Miejskiego Przedsiębiorstwa Komunikacji Sp. z o.o. ● na terenie Zintegrowanego Centrum Przesiadkowego |
| miejsce przyłączenia do sieci dystrybucyjnej elektroenergetycznej – planowanej infrastruktury ładowania | nie wymaga aktualizacji |
| sieci dystrybucyjnej gazowej – planowanej stacji gazu ziemnego | nie wymaga aktualizacji |
| planowane magazyny energii | nie wymaga aktualizacji |

Źródło: opracowanie własne.

Spis tabel

| | |
|--|----|
| Tabela 1. Przebieg regularnych linii komunikacyjnych obsługiwanych przez MPK Sp. z o.o..... | 15 |
| Tabela 2. Dzienny przebieg w 2020 roku na poszczególnych liniach komunikacyjnych..... | 21 |
| Tabela 3. Szacunkowa liczba kilometrów wykonanych w 2020 roku na poszczególnych miejskich liniach komunikacyjnych..... | 21 |
| Tabela 4. Rozliczenie wozokilometrów wykonanych w 2020 roku na terenie Gmin ościennych..... | 21 |
| Tabela 5. Wykorzystanie taboru będącego na wyposażeniu MPK Sp. z o.o. według typu dnia i okresu w ciągu roku.... | 24 |
| Tabela 6. Wykorzystanie taboru według typu dnia oraz pojazdu w rozkładzie podstawowym (poza okresem wakacyjnym)..... | 24 |
| Tabela 7. Poglębiona analiza rozkładów jazdy..... | 27 |
| Tabela 8. Dane dotyczące zróżnicowania realizowanej liczby wzmk przez poszczególne brygady w dzień roboczy szkolny..... | 29 |
| Tabela 9. Analiza jakościowa ryzyka – skala prawdopodobieństwa..... | 37 |
| Tabela 10. Analiza jakościowa ryzyka – siła oddziaływania..... | 37 |
| Tabela 11. Matryca ryzyka – klasyfikacja poziomu ryzyka..... | 38 |
| Tabela 12. Matryca ryzyka – sposób działania..... | 38 |
| Tabela 13. Wartość wydatków eksploatacyjnych dla wariantu „0”, „1” i „2” w latach 2022-2025 [PLN]..... | 59 |
| Tabela 14. Wartość wydatków eksploatacyjnych dla wariantu „0”, „1” i „2” w latach 2026-2029 [PLN]..... | 60 |
| Tabela 15. Wartość wydatków eksploatacyjnych dla wariantu „0”, „1” i „2” w latach 2030-2033 [PLN]..... | 61 |
| Tabela 16. Wartość wydatków eksploatacyjnych dla wariantu „0”, „1” i „2” w latach 2034-2037 [PLN]..... | 62 |
| Tabela 17. Przepływy finansowe realizacji Inwestycji dla wariantu „1” i „2” (model różnicowy) w latach 2022-2025 [PLN]..... | 63 |
| Tabela 18. Przepływy finansowe realizacji Inwestycji dla Wariantu „1” i „2” (model różnicowy) w latach 2026-2029 [PLN]..... | 64 |
| Tabela 19. Przepływy finansowe realizacji Inwestycji dla Wariantu „1” i „2” (model różnicowy) w latach 2030-2033 [PLN]..... | 64 |
| Tabela 20. Przepływy finansowe realizacji Inwestycji dla Wariantu „1” i „2” (model różnicowy) w latach 2034-2037 [PLN]..... | 65 |
| Tabela 21. Ocena efektywności Inwestycji [PLN]..... | 66 |
| Tabela 22. Aktualna emisja spalin w dolnej warstwie atmosfery..... | 67 |
| Tabela 23. Emisja spalin w dolnej warstwie atmosfery dla pojazdów o napędzie alternatywnym (baterijne autobusy elektryczne)..... | 68 |
| Tabela 24. Różnica emisja spalin w dolnej warstwie atmosfery..... | 68 |
| Tabela 25. Koszty jednostkowe efektów zewnętrznych transportu..... | 75 |
| Tabela 26. Wartość efektów środowiskowych dla Wariantu „1” i „2” w latach 2022-2025 [w jedn. naturalnych]..... | 76 |
| Tabela 27. Wartość efektów środowiskowych dla Wariantu „1” i „2” w latach 2026-2029 [w jedn. naturalnych]..... | 77 |
| Tabela 28. Wartość efektów środowiskowych dla Wariantu „1” i „2” w latach 2030-2033 [w jedn. naturalnych]..... | 79 |
| Tabela 29. Wartość efektów środowiskowych dla Wariantu „1” i „2” w latach 2034-2037 [w jedn. naturalnych]..... | 80 |
| Tabela 30. Zmonetyzowane efekty środowiskowe dla Wariantu „1” i „2” w latach 2022-2025 [PLN]..... | 81 |
| Tabela 31. Zmonetyzowane efekty środowiskowe dla Wariantu „1” i „2” w latach 2026-2029 [PLN]..... | 82 |
| Tabela 32. Zmonetyzowane efekty środowiskowe dla Wariantu „1” i „2” w latach 2030-2033 [PLN]..... | 83 |
| Tabela 33. Zmonetyzowane efekty środowiskowe dla Wariantu „1” i „2” w latach 2034-2037 [PLN]..... | 84 |
| Tabela 34. Skumulowane przepływy pieniężne dla Wariantu „1” i „2” w latach 2022-2026 [PLN]..... | 85 |
| Tabela 35. Skumulowane przepływy pieniężne dla Wariantu „1” i „2” w latach 2027-2032 [PLN]..... | 85 |
| Tabela 36. Skumulowane przepływy pieniężne dla Wariantu „1” i „2” w latach 2033-2037 [PLN]..... | 85 |
| Tabela 37. Ocena ekonomicznej efektywności Inwestycji [PLN]..... | 86 |
| Tabela 38. Skumulowane przepływy pieniężne wraz z dotacją UE dla Wariantu „1” i „2” w latach 2022-2026 [PLN]..... | 87 |
| Tabela 39. Skumulowane przepływy pieniężne dla Wariantu „1” i „2” w latach 2027-2032 [PLN]..... | 87 |
| Tabela 40. Skumulowane przepływy pieniężne wraz z dotacją UE dla Wariantu „1” i „2” w latach 2033-2037 [PLN]..... | 87 |
| Tabela 41. Ocena ekonomicznej efektywności Inwestycji z wykorzystaniem dotacji UE [PLN]..... | 88 |
| Tabela 42. Analiza wrażliwości – zmienne krytyczne..... | 89 |
| Tabela 43. Analiza wrażliwości – progowe wartości zmiennych..... | 89 |
| Tabela 44. Zidentyfikowane aktywne ryzyk..... | 90 |
| Tabela 45. Matryca ryzyka – klasyfikacja poziomu ryzyka..... | 93 |
| Tabela 46. Matryca ryzyka – sposób działania..... | 93 |
| Tabela 47. Zakres aktualizacji planu transportowego..... | 95 |

Spis wykresów

| | | | |
|---|----|--|----|
| Wykres 1. Roczny koszt paliwa w latach 2018-2020 | 17 | Wykres 12. Planowana liczba wozokilometrów do zrealizowania w 2021 roku na liniach miejskich | 23 |
| Wykres 2. Koszt paliwa w podziale na poszczególne pojazdy | 17 | Wykres 13. Planowana liczba wozokilometrów do zrealizowania w 2021 r. roku na terenie Gmin ościennych | 23 |
| Wykres 3. Długość eksploatowanych pojazdów przez Operatora | 18 | Wykres 14. Wskaźnik wykorzystania poszczególnych pojazdów w 2020 r. | 25 |
| Wykres 4. Liczba miejsc w pojazdach eksploatowanych przez Operatora | 18 | Wykres 15. Wskaźnik wykorzystania poszczególnych pojazdów od początku eksploatacji | 25 |
| Wykres 5. Przebieg pojazdów w okresie ostatnich trzech lat | 18 | Wykres 16. Średnie prędkości komunikacyjne i eksploatacyjne na wszystkich liniach obsługiwanych przez Operatora | 26 |
| Wykres 6. Struktura wieku taboru eksploatowanego przez Operatora | 19 | Wykres 17. Liczba pasażerów korzystających z komunikacji miejskiej | 30 |
| Wykres 7. Planowana struktura pojazdów według wieku w styczniu 2023 roku | 20 | Wykres 18. Zmienność wielkości popytu potoków pasażerskich dla typów dni z wyszczególnieniem przedziałów godzinowych | 31 |
| Wykres 8. Planowana struktura pojazdów według wieku w styczniu 2025 roku | 20 | Wykres 19. Zależność między stopą dyskontową, a wartością NPV | 34 |
| Wykres 9. Planowana struktura pojazdów według wieku w styczniu 2028 roku | 20 | Wykres 20. Wartość nakładów inwestycyjnych dla wariantu „0”, „1” i „2” [PLN] | 58 |
| Wykres 10. Dzienna liczba kilometrów wykonywana na poszczególnych liniach komunikacyjnych w okresie poza wakacyjnym | 22 | Wykres 21. Wartość nakładów inwestycyjnych dla wariantu „0”, „1” i „2” [PLN] | 63 |
| Wykres 11. Dzienna liczba kilometrów wykonywana na poszczególnych liniach komunikacyjnych w okresie wakacyjnym | 22 | | |

Spis rysunków

| | | | |
|---|----|--|----|
| Rysunek 1. Komponenty autobusu wodorowego | 9 | Rysunek 6. Gęstość zaludnienia w granicach Gminy Miasto Stargard | 43 |
| Rysunek 2. Położenie (lokalizacja) Gminy Miasto Stargard | 12 | Rysunek 7. Model różnic terenu Gminy Miasto Stargard | 43 |
| Rysunek 3. Schemat sieci komunikacyjnej na terenie Gminy Miasto Stargard oraz Gmin ościennych | 16 | Rysunek 8. Proponowane linie stargardzkiej komunikacji miejskiej do elektryfikacji | 47 |
| Rysunek 4. Rozmieszczenie przystanków komunikacyjnych na terenie Gminy Miasto Stargard | 41 | Rysunek 9. Liczba osób (mieszkańców) narażonych na emisję w bezpośrednim otoczeniu obszaru projektu w pasie o szerokości 250 m | 69 |
| Rysunek 5. Schemat komunikacji miejskiej Gminy Miasto Stargard | 42 | | |