

**Analiza kosztów i korzyści
związanych
z wykorzystaniem przy
świadczeniu usług
komunikacji miejskiej
autobusów
zeroemisyjnych**

2018



GDAŃSK



**Zarząd
Transportu
Miejskiego
w Gdańsku**

Gmina Miasta Gdańska

Autorami analizy kosztów i korzyści dla Gminy Miasta Gdańska są członkowie zespołu specjalistów ds. transportu zbiorowego REFUNDA Sp. z o.o. z Wrocławia.



www.refunda.pl

SPIS TREŚCI

SŁOWNIK	4
SKRÓTY I AKRONIMY	5
1. PODSTAWY PRZEPROWADZONEJ ANALIZY	6
1.1. Uwarunkowania prawne	6
1.2. Konsultacje społeczne	7
1.3. Cel opracowania	7
2. PODMIOT OPRACOWANIA	7
2.1. Istniejąca sieć komunikacyjna	8
2.2. Charakterystyka autobusowej floty operatorów	12
2.3. Charakterystyka parametrów sieci linii autobusowych komunikacji miejskiej.....	17
3. METODYKA ANALIZY	32
3.1. Dane.....	32
3.2. Zastosowane metody	33
3.3. Analiza finansowa.....	33
3.4. Analiza społeczno-ekonomiczna.....	37
3.5. Analiza wrażliwości	39
3.6. Analiza ryzyka	40
3.7. Procedura analizy	42
4. ZAKŁADANE OPCJE INWESTYCYJNE	43
4.1. Wariant „0”	49
4.2. Wariant „1”	49
4.3. Wariant „2”	57
4.4. Porównanie alternatywnych wariantów inwestycyjnych	58
5. OSZACOWANIE EFEKTÓW ŚRODOWISKOWYCH ZWIĄZANYCH Z EMISJĄ SZKODLIWYCH SUBSTANCJI DLA ŚRODOWISKA NATURALNEGO I ZDROWIA LUDZI	61
5.1. Koszty społeczne emisji gazów cieplarnianych (CO ₂)	61
5.2. Koszty zmiany klimatu.....	64
5.3. Koszty społeczne emisji hałasu	65
5.4. Efektywność ekonomiczno-społeczna inwestycji	66
6. WYNIKI.....	67
6.1. Analiza ekonomiczno-finansowa	67
6.2. Analiza środowiskowa i ekonomiczno-społeczna.....	79
7. ANALIZA WRAŻLIWOŚCI	92

7.1. Kluczowe zmienne krytyczne	93
7.2. Wartości progowe zmiennych	94
8. ANALIZA RYZYKA	95
8.1. Czynniki ryzyka w projekcie	95
8.2. Matryca ryzyka	96
9. ANALIZA PORÓWNAWCZA EKSPLOATACJI POJAZDÓW Z RÓŻNYMI NAPĘDAMI	98
WNIOSKI	100
SPIS TABEL	101
SPIS RYSUNKÓW	104
SPIS SCHEMATÓW	104
SPIS WYKRESÓW	104

SŁOWNIK

Inwestycja	Zakup taboru zeroemisyjnego
Organizator publicznego transportu zbiorowego	Zarząd Transportu Miejskiego w Gdańsku
Operatorzy publicznego transportu zbiorowego	Gdańskie Autobusy i Tramwaje Sp. z o.o. Przedsiębiorstwo Wielobranżowe BP TOUR Brewczak Piotr
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
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
Sieć komunikacyjna	układ linii komunikacyjnych obejmujących obszar działania organizatora publicznego transportu zbiorowego lub część tego obszaru
Operator zewnętrzny	operator publicznego transportu zbiorowego po roku 2025

SKRÓTY I AKRONIMY

AKK	Analiza kosztów i korzyści
CUPT	Centrum Unijnych Projektów Transportowych
ZTM	Zarząd Transportu Miejskiego w Gdańsku
GAiT	Gdańskie Autobusy i Tramwaje Sp. z o.o.
BP TOUR	Przedsiębiorstwo Wielobranżowe BP TOUR Brewczak Piotr
PTZ	Publiczny Transport Zbiorowy
MINI (Bn)	autobus jednoczłonowy o długości ok. 6 - 8 metrów
MIDI (Mn)	autobus jednoczłonowy o długości ok. 9 - 10,5 metrów
MAXI (Sn)	autobus jednoczłonowy o długości ok. 11 - 13 metrów
MEGA (Pn)	Autobus przegubowy o długości ok. 15 -24 metrów
ENPV	ang. Economic Net Present Value - Ekonomiczna wartość bieżąca netto
ERR	ang. Economic Rate of Return - Ekonomiczna stopa zwrotu
NPV	ang. Net present value - Wartość bieżąca netto
IRR	ang. Internal Rate of Return - Wewnętrzna stopa zwrotu
kWh	Kilowatogodzina
wzkm	wozokilometr
kW	Kilowat

1. PODSTAWY PRZEPROWADZONEJ ANALIZY

1.1. Uwarunkowania prawne

Dokument AKK będzie uwzględniać treść:

- obowiązujących przepisów prawa, tj. w szczególności:
 - ustawy z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (Dz. U. z 2018 r., poz. 317);
 - ustawy z dnia 17 lipca 2009 r. o systemie zarządzania emisjami gazów cieplarnianych i innych substancji (Dz. U. z 2017 r. poz. 286, z późn. zm.);
 - ustawy z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym (Dz. U. z 2017 r., poz. 2136 z późn. zm.);
 - ustawy z dnia 8 marca 1990 r. o samorządzie gminnym (Dz. U. 2001 Nr 142, poz. 1591 z późn. zm.);
 - rozporządzenia wykonawczego Komisji (UE) 2015/207 z dnia 20 stycznia 2015 r. ustanawiające szczegółowe zasady wykonania rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1303/2013 w odniesieniu do wzoru sprawozdania z postępów, formatu dokumentu służącego przekazywaniu informacji na temat dużych projektów, wzorów wspólnego planu działania, sprawozdań z wdrażania w ramach celu „Inwestycje na rzecz wzrostu i zatrudnienia”, deklaracji zarządczej, strategii audytu, opinii audytowej i rocznego sprawozdania z kontroli oraz metodyki przeprowadzania analizy kosztów i korzyści, a także zgodnie z rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1299/2013 w odniesieniu do wzoru sprawozdań z wdrażania w ramach celu „Europejska współpraca terytorialna” (Dz. Urz. UE z dn. 13.02.2015 r., poz. L 38/1);
- opracowań analitycznych dotyczących metody przeprowadzania analizy kosztów i korzyści, tj. m.in.:
 - „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.

1.2. Konsultacje społeczne

Niniejszy dokument AKK dla Gminy Miasta Gdańska poddany został trzytygodniowym konsultacjom społecznym, które trwały od dnia 23 listopada 2018 do dnia 14 grudnia 2018 roku. Celem tych konsultacji było poinformowanie społeczności Gminy Miasta Gdańska o działaniach przewidzianych do realizacji w ramach AKK oraz stworzenie im możliwości zgłoszenia uwag i wskazania rozwiązań preferowanych.

Informacja o konsultacjach społecznych dotyczących AKK dla Gminy Miasta Gdańska, została ogłoszona na stronie internetowej Biuletynu Informacji Publicznej Urzędu Miejskiego w Gdańsku, na stronie internetowej i w siedzibie Zarządu Transportu Miejskiego w Gdańsku. W czasie trwania konsultacji społecznych wpłynęły uwagi, które zostały uwzględnione w opracowaniu dokumentu AKK.

1.3. Cel opracowania

Głównym celem opracowania będzie 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 o napędzie zeroemisyjnym.

2. PODMIOT OPRACOWANIA

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. Gmina Miasta Gdańska w imieniu, której działa ZTM jako organizator PTZ na sieci komunikacyjnej w przewozach pasażerskich, obejmuje linie komunikacyjne na terenie Gminy Miasta Gdańska oraz poszczególne linie na obszarze gmin, z którymi zawarte zostały stosowne porozumienia międzygminne. Na dzień sporządzania AKK Gmina Miasta Gdańska pozostaje stroną porozumień międzygminnych zawartych z 6 sąsiednimi gminami: Gminą Miejską Sopot, Gminą Miejską Pruszcz Gdański, Gminą Miejsko-Wiejską Żukowo, Gminą Wiejską Pruszcz Gdański, Gminą Miasta Gdyni oraz Gminą Wiejską Kolbudy.



Rysunek 1. Wykaz porozumień międzygminnych Gminy Miasta Gdańska

Źródło: Opracowanie własne.

2.1. Istniejąca sieć komunikacyjna

Sieć komunikacyjna zgodnie z ustawą o PTZ, jest układem linii komunikacyjnych obejmujących obszar działania organizatora PTZ lub część tego obszaru. Obecnie w Gminie Miasta Gdańska, w ramach PTZ funkcjonują dwie trakcje: tramwajowa i autobusowa.

Komunikacja tramwajowa obsługiwana jest przez jednego operatora GAI T i bazuje na 11 liniach komunikacyjnych funkcjonujących w układzie linii opartym na modułowym cyklu kursowania. Oznacza to, że linie tramwajowe kursują według rozkładów jazdy opartych na zasadzie ruchu cyklicznego w stałych interwałach czasowych.

Komunikacja autobusowa w Gdańsku aktualnie jest obsługiwana przez dwóch operatorów działających w ramach zawartych umów na świadczenie usług przewozowych: GAI T oraz BP TOUR.

Obecni operatorzy łącznie obsługują 70 linii dziennych, 11 linii nocnych oraz 3 linie sezonowe¹. Operator BP TOUR obsługuje 14 linii dziennych oraz 1 linię nocną. ZTM organizuje PTZ na terenie Gminy Miasta Gdańska, Gminy Miejskiej Sopot, Gminy Miejskiej Pruszcz Gdański, Gminy Miejsko-Wiejskiej Żukowo, Gminy Wiejskiej Kolbudy, Gminy Miasta Gdyni oraz Gminy Wiejskiej Pruszcz

¹Wartości wg danych aktualnych na dzień 19.11.2018 r.

Gdański. Jednostki te podpisały porozumienia międzygminne na wykonywanie przez miasto zadań publicznych na podstawie ustawy z dnia 8 marca 1990 r. o samorządzie gminnym.

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

Tabela 1. Przebieg dziennych autobusowych linii komunikacyjnych obsługiwanych przez operatorów

Nr linii	Trasa	Operator
100	Dworzec Główny - Targ Rybny	GAiT
106	Wały Piastowskie - Westerplatte	GAiT
107	Pruszcz Gdański Rondo Kaszubskie - Pruszcz Gdański Komarowo	BP TOUR
108	Wały Piastowskie - Chełm Więckowskiego	GAiT
110	Wrzeszcz PKP - Port Lotniczy	GAiT
111	Wały Piastowskie - Górki Zachodnie	GAiT
112	Wały Piastowskie - Przegalina	GAiT
113	Orunia Gościnną - Olimpijska	GAiT
115	Wrzeszcz PKP - Jaworzniaków	GAiT
116	Wrzeszcz PKP - Matemblewo	GAiT
117	(Gdańsk) Jelitkowo Kalpiczna - (Sopot) Osiedle Przylesie	BP TOUR
118	Wały Piastowskie - Jeleniogórska	GAiT
122	(Gdańsk) Port Lotniczy - (Sopot) Kamienny Potok SKM	BP TOUR
123	Orunia Równa - Wały Piastowskie	GAiT
124	Wrzeszcz PKP - Zaspą Szpital	GAiT
126	(Gdańsk) Wrzeszcz PKP - (Żukowo) Urząd Gminy	BP TOUR
127	Jasień PKM - Oliwa PKP	GAiT
129	Wrzeszcz PKP - Jasień PKM	GAiT
130	Jasień PKM - Muzeum II Wojny Światowej	GAiT
131	Matemblewo - Olszynka Szkoła	GAiT
132	(Gdańsk) Wały Piastowskie - (Pruszcz Gdański) Rondo Kociewskie	GAiT
136	Niedźwiednik - Wrzeszcz PKP	GAiT
138	Wały Piastowskie - Westerplatte	GAiT
139	Wrzeszcz PKP - Oliwa PKP	GAiT
143	(Sopot) Sanatorium "Leśnik" - Oliwa PKP	BP TOUR
148	Nowy Port Szaniec Zachodni - Żabianka SKM	GAiT
149	Wrzeszcz PKP - Wrzeszcz PKP	GAiT
154	Wały Piastowskie - Orunia Górna	GAiT
155	Jasień PKM - Łostowice Świętokrzyska	GAiT
156	Kowale Szkoła Metropolitalna - Siedlce	GAiT
157	Bysewo - Wrzeszcz PKP	GAiT
158	Stogi Plaża - Wrzeszcz PKP	GAiT
162	Orunia Górna - Wrzeszcz PKP	GAiT

Nr linii	Trasa	Operator
164	Kiełpinek PKM - Łostowice Świętokrzyska	GAiT
166	(Gdańsk) Wały Piastowskie - (Gm. Pruszcz Gdański) Rafineria brama 8	GAiT
167	Bysewo - Wały Piastowskie	GAiT
168	Kiełpino Górne Węsierska - Wrzeszcz PKP	GAiT
169	Oliwa Pętla Tramwajowa - Osowa PKP	GAiT
171	Karwiny Tesco - Oliwa Pętla Tramwajowa	BP TOUR
174	(Gdańsk) Siedlce - (Gm. Kolbudy) Otomin Pętla	BP TOUR
175	Maćkowy - Siedlce	GAiT
178	Olszynka Niwki - Wały Piastowskie	GAiT
179	Oliwa Pętla Tramwajowa - Osowa PKP	GAiT
184	Niedźwiednik - Wały Piastowskie	GAiT
186	Górki Wschodnie - Wały Piastowskie	GAiT
188	Zaspa SKM - Nowy Port Szaniec Zachodni	GAiT
189	Wały Piastowskie - Maćkowy	GAiT
195	Siedlce - Cedrowa	GAiT
199	Wały Piastowskie - Oliwa PKP	GAiT
200	(Gdańsk) Dworzec Główny - (Pruszcz Gdański) Osiedle Wschód	BP TOUR
205	(Gdańsk) Dworzec Główny - (Pruszcz Gdański) Komarowo	BP TOUR
207	(Gdańsk) Dworzec Główny - (Pruszcz Gdański) Komarowo	BP TOUR
210	Osowa PKP - Orunia Gościnną	GAiT
212	Przegalina - Wały Piastowskie	GAiT
213	Olimpijska - Łostowice Świętokrzyska	GAiT
227	Chetm Cienista - Jelitkowo	GAiT
232	(Gdańsk) Dworzec Główny - (Pruszcz Gdański) Rondo Kociewskie	BP TOUR
249	Wrzeszcz PKP - Wrzeszcz PKP	GAiT
255	(Gm. Kolbudy) Jankowo - (Gdańsk) Łostowice Świętokrzyska	BP TOUR
256	(Gm. Kolbudy) Jankowo - (Gdańsk) Dworzec Główny	BP TOUR
258	Wrzeszcz PKP - Stogi Plaża	GAiT
262	Jaworzniaków - Wrzeszcz PKP	GAiT
267	Bysewo - Wały Piastowskie	GAiT
268	Kiełpinek PKM - Smęgorzyno	GAiT
269	Osiedle Barniewice - Kukawka	GAiT
283	Niedźwiednik - Nowy Port Szaniec Zachodni	GAiT
295	Zakoniczyn - Łostowice Świętokrzyska	GAiT
512	Przegalina - Sobieszewo Wyspa	GAiT
574	Jasień Pólnicy - (Gm. Kolbudy) Otomin Pętla	BP TOUR

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych ZTM.

Tabela 2. Przebieg nocnych autobusowych linii komunikacyjnych obsługiwanych przez operatorów

Nr linii	Trasa	Operator
N1	Jaworzniaków - Osowa PKP	GAiT
N2	Nowy Port Szaniec Zachodni - Łostowice Świętokrzyska	GAiT
N3	Wrzeszcz PKP - Dworzec Główny	GAiT
N4	Pomorska Kapliczna - Rębowo	GAiT
N5	(Gdańsk) Dworzec Główny - (Pruszcz Gdański) Matejki	BP TOUR
N6	Dworzec Główny - Niedźwiednik	GAiT
N8	Dworzec Główny - Górki Zachodnie	GAiT
N9	Dworzec Główny - Przegalina	GAiT
N11	Dworzec Główny - Olszynka Niwki	GAiT
N12	Jasieńska - Żabianka SKM	GAiT
N13	Żabianka - Olimpijska	GAiT

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych ZTM.

Poniżej w tabeli znajdują się linie sezonowe kursujące w różnych okresach rocznych.

Tabela 3. Przebieg sezonowych autobusowych linii komunikacyjnych obsługiwanych przez GAIiT

Nr linii	Trasa	Operator	Okres kursowania
606	Dworzec Główny - Westerplatte	GAiT	Letnie wakacje w soboty, niedziele i święta
622	Oliwa Pętla Tram - Oliwa ZOO	GAiT	Od 1 maja do 31 października
658	Stadion Energa Gdańsk - Ku Ujściu	GAiT	Od 1 maja do 31 października

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych ZTM.

Linia rowerowa 658:

- będzie funkcjonować w relacji Stadion Energa Gdańsk - Ku Ujściu, w dni powszednie przez cały dzień co 20 minut w godzinach szczytowych (6:00-9:00 i 14:00-17:00) i co 40 minut poza szczytem, a w soboty i dni świąteczne w godz. 10:00-19:00 co ok. 20-25 minut. Autobusy obsługujące linię 658 są przystosowane do przewozu większej liczby rowerów. Pojazdem może równocześnie przejechać maksymalnie 8 rowerów: 6 zamontowanych na specjalnych wieszakach i dodatkowo opcjonalnie 2 rowery stojące, jeżeli jest wystarczająco miejsca.

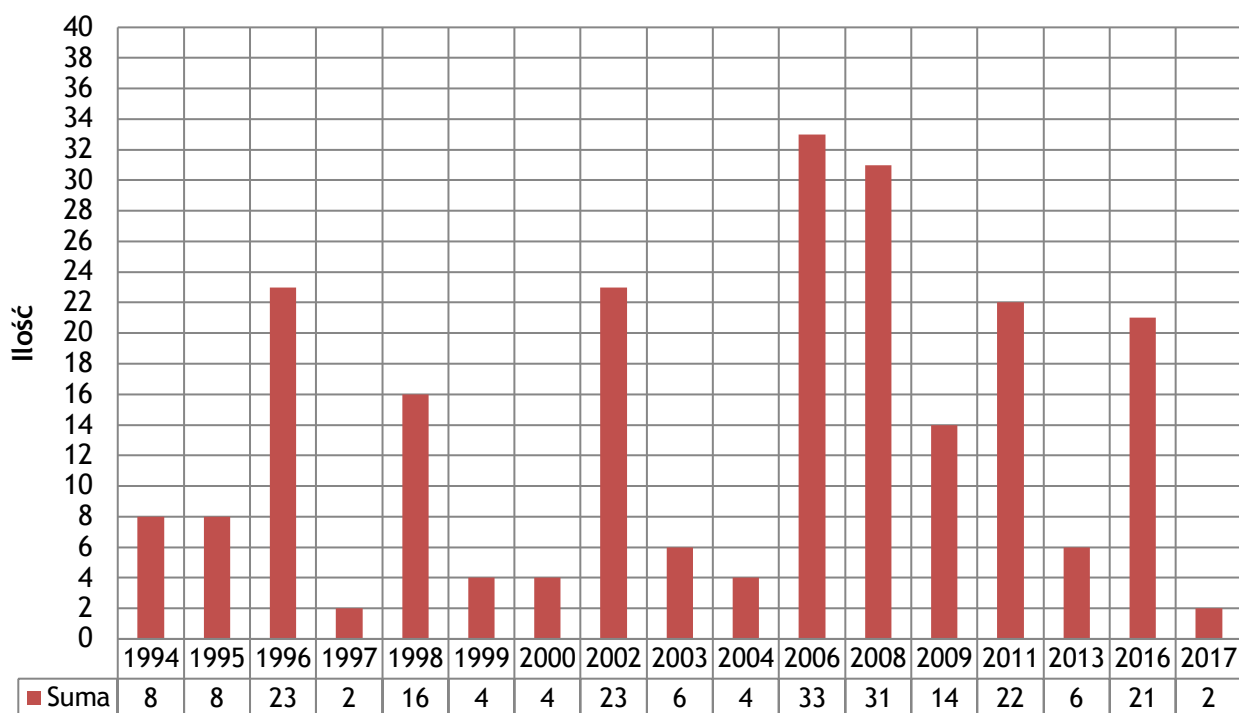
2.2. Charakterystyka autobusowej floty operatorów

2.2.1. Charakterystyka floty operatora GAI

Według stanu na dzień 01 stycznia 2018 roku GAI dysponuje 227 pojazdami - autobusami dedykowanymi przewozom typowo miejskim oraz podmiejskim.

Podział taboru ze względu na wiek

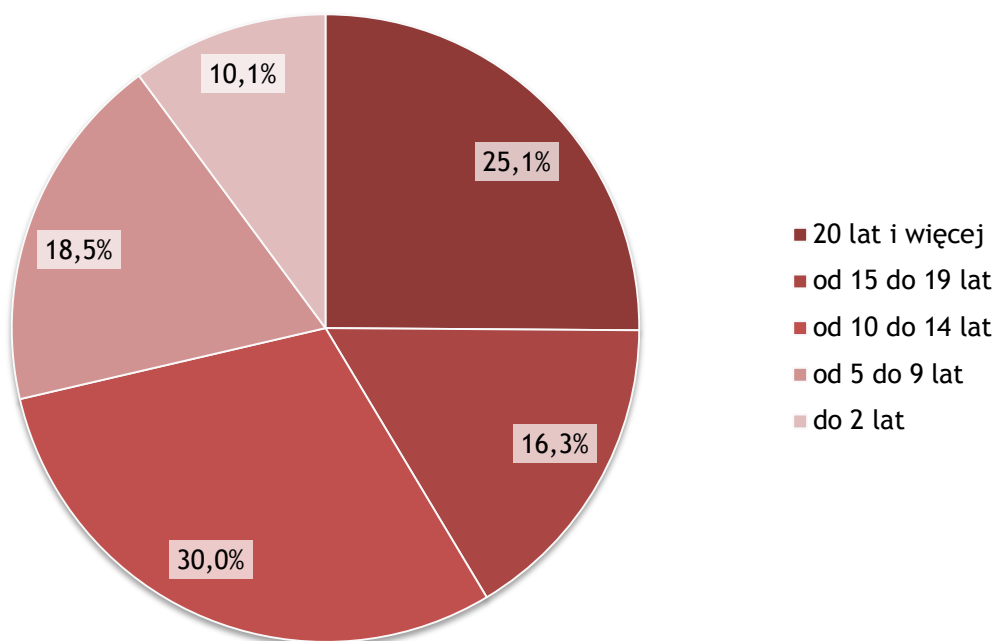
Na poniższym wykresie przedstawiono wiek pojazdów eksploatowanych przez GAI.



Wykres 1. Rok produkcji pojazdów GAI

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych ZTM.

Średni wiek eksploatowanego taboru wynosi 13 lat. Najwięcej jest pojazdów w wieku od 10 do 14 lat. Procentowy udział tej grupy autobusów wynosi 30%. Kolejne grupy to pojazdy mające 20 lat i więcej 25,1%, 15 - 19 lat 16,3%, 5 - 9 lat 18,5%. Najmłodsze pojazdy eksploatowane przez GAI zostały wyprodukowane w 2017r., razem z pojazdami wyprodukowanymi w 2016 r. grupa ta liczy ponad 10% całego taboru. Przedziałowo uszeregowana struktura wiekowa taboru przedstawiona jest w formie graficznej na poniższym wykresie.



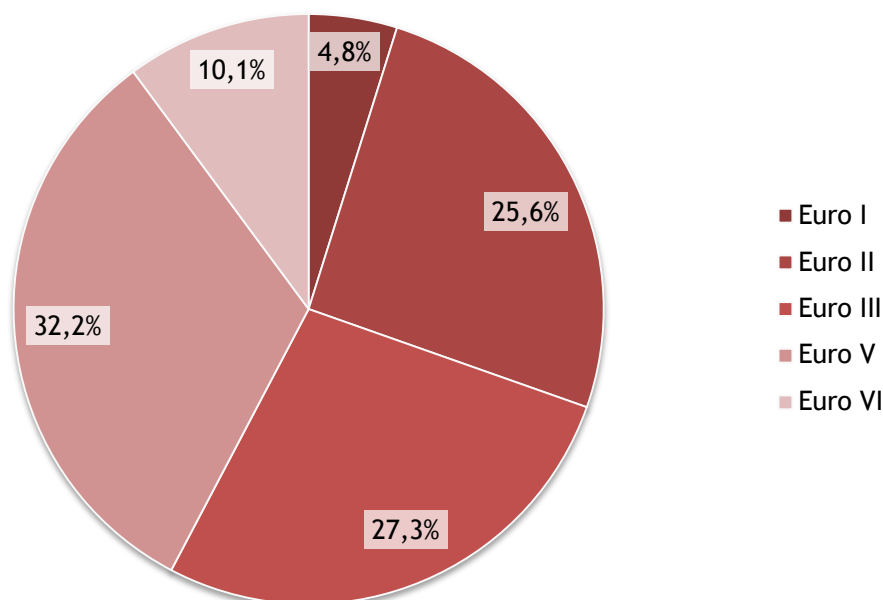
Wykres 2. Procentowy udział pojazdów w poszczególnych przedziałach wiekowych w całości taboru eksploatowanego przez GAI T

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych ZTM.

Podział taboru ze względu na spełniane normy emisji spalin

Stan techniczny środków transportu zbiorowego ma zasadniczy wpływ na bezpieczeństwo, zanieczyszczenie powietrza oraz poziom hałasu w Gminie Miasta Gdańska. Poprawę w tych obszarach można osiągnąć poprzez sukcesywną realizację planu modernizacji taboru autobusowego, w tym zakupy najnowszych, ekologicznych pojazdów, których silniki spełniają wymagania normy emisji spalin EURO VI obowiązującej od początku 2014 roku. Ponadto równie istotne jest wycofywanie z eksploatacji autobusów przestarzałych technologicznie, spełniających wymagania najmniej restrykcyjnych norm, tj. EURO I z 1993 i EURO II z 1996 roku.

Na poniższym diagramie zaprezentowano podział taboru eksploatowanego przez GAIiT ze względu na spełnianą normę emisji spalin.

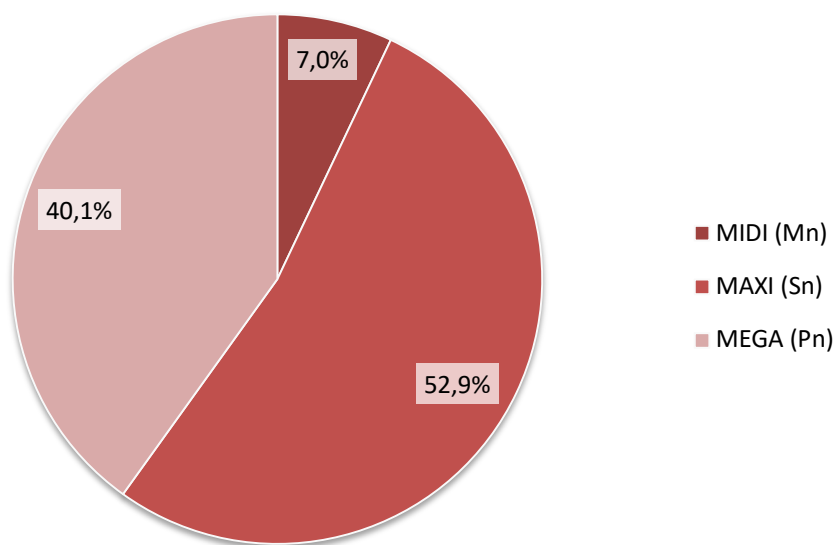


Wykres 3. Procentowy udział pojazdów spełniających poszczególne normy emisji spalin w całości taboru eksploatowanego przez GAIiT

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych ZTM.

Podział taboru ze względu na klasę pojazdów

Tabor eksploatowany przez GAIiT jest zróżnicowany pod względem klasy, większość wykorzystywanych autobusów przez operatora to pojazdy klasy MAXI (Sn) (11 - 13 [m]) oraz MEGA (Pn) (15 - 24 [m]). Pozostałe pojazdy eksploatowane na liniach autobusowych GAIiT to pojazdy klasy MIDI (Mn) (9-11 [m]), które stanowią 7% całego taboru. GAIiT eksploatuje zróżnicowany tabor, ponieważ jest to uzależnione m.in. od popytu na danej linii oraz problemów komunikacyjnych związanych z dojazdem pojazdów do ciężko dostępnych miejsc.



Wykres 4. Procentowy udział pojazdów obsługiwanych przez GAI T ze względu na klasę

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych ZTM.

Podział taboru ze względu na napęd pojazdów

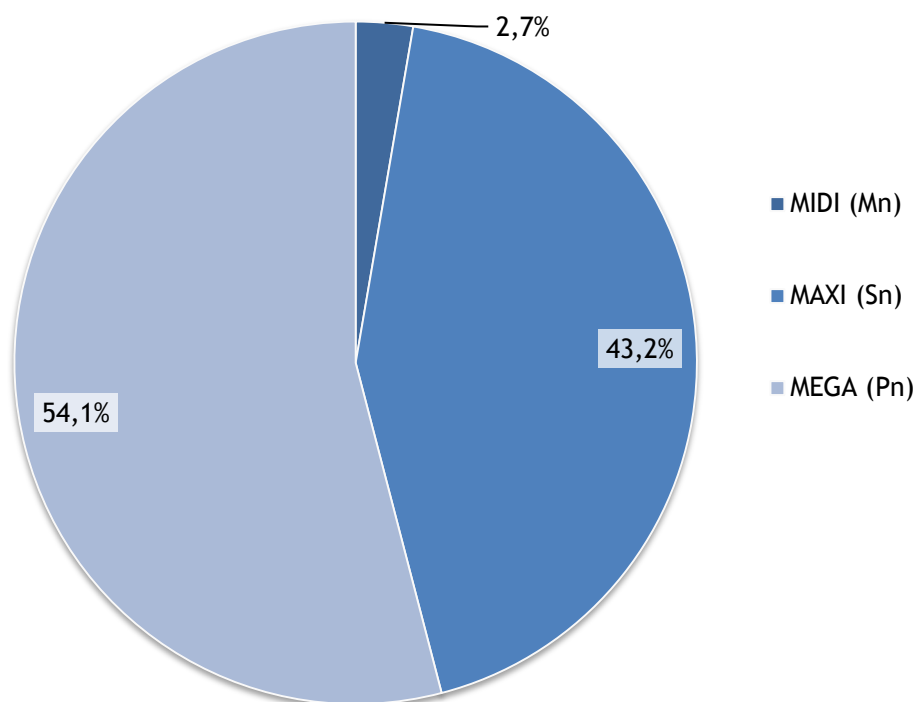
Wszystkie pojazdy eksploatowane przez GAI T stanowią autobusy o napędzie konwencjonalnym, które są najczęściej stosowanym rodzajem napędu w pojazdach wykorzystywanych do przewozu osób w transporcie zbiorowym.

2.2.2. Charakterystyka floty operatora BP TOUR

Według stanu na dzień 01 stycznia 2018 roku BP TOUR dysponuje 37 pojazdami - autobusami dedykowanymi przewozom typowo miejskim oraz podmiejskim. Wszystkie pojazdy eksploatowane przez BP TOUR wyprodukowane zostały w 2017r. Tabor operatora ma niespełna rok oraz spełnia najnowsze normy spalania Euro VI.

Podział taboru ze względu na klasę pojazdów

Tabor eksploatowany przez BP TOUR jest zróżnicowany pod względem klasy, większość wykorzystywanych autobusów przez GAI T to pojazdy klasy MEGA (Pn) (15 - 24 [m]), które stanowią ponad 54% całego taboru operatora. Pozostałe pojazdy eksploatowane na liniach autobusowych BP TOUR w Gminie Miasta Gdańska oraz na terenie gmin, z którymi zostało podpisane porozumienie międzygminne to pojazdy klasy MAXI (Sn) (11 - 13 [m]) oraz MIDI (Mn) (9 - 11 [m]), które łącznie stanowią niespełna 46% całego taboru. BP TOUR eksploatuje zróżnicowany tabor, ponieważ jest to uzależnione m.in. od popytu na danej linii oraz problemów komunikacyjnych związanych z dojazdem pojazdów do ciężko dostępnych miejsc.



Wykres 5. Procentowy udział pojazdów obsługiwanych przez BP TOUR ze względu na klasę

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych ZTM.

2.2.3. Podsumowanie

Stan taboru ukazuje, że operator GAI T eksploatuje ponad 42% pojazdów spełniających normy emisji Euro V oraz Euro VI. Całość taboru BP TOUR obsługuje normy spalania Euro VI. Ponad 25% taboru GAI T ma więcej niż 20 lat. Ze względu na zużycie techniczne do wycofania z eksploatacji kwalifikują się pojazdy zamortyzowane. Najmłodsze pojazdy eksploatowane w Gminie Miasta Gdańska zostały wyprodukowane w 2017 roku. Normę Euro VI łącznie z autobusami BP TOUR spełnia 60 pojazdów, które przyczyniają się do wspierania przedsięwzięć proekologicznych. Podsumowując, stan taboru autobusowego w Gminie Miasta Gdańska wymaga wymiany przestarzałego taboru posiadającego ponad 20 lat oraz spełniającego najniższe normy emisji spalin, a także zakup pojazdów niskoemisyjnych, które przyczyniają się do wspierania przedsięwzięć proekologicznych.

2.3. Charakterystyka parametrów sieci linii autobusowych komunikacji miejskiej

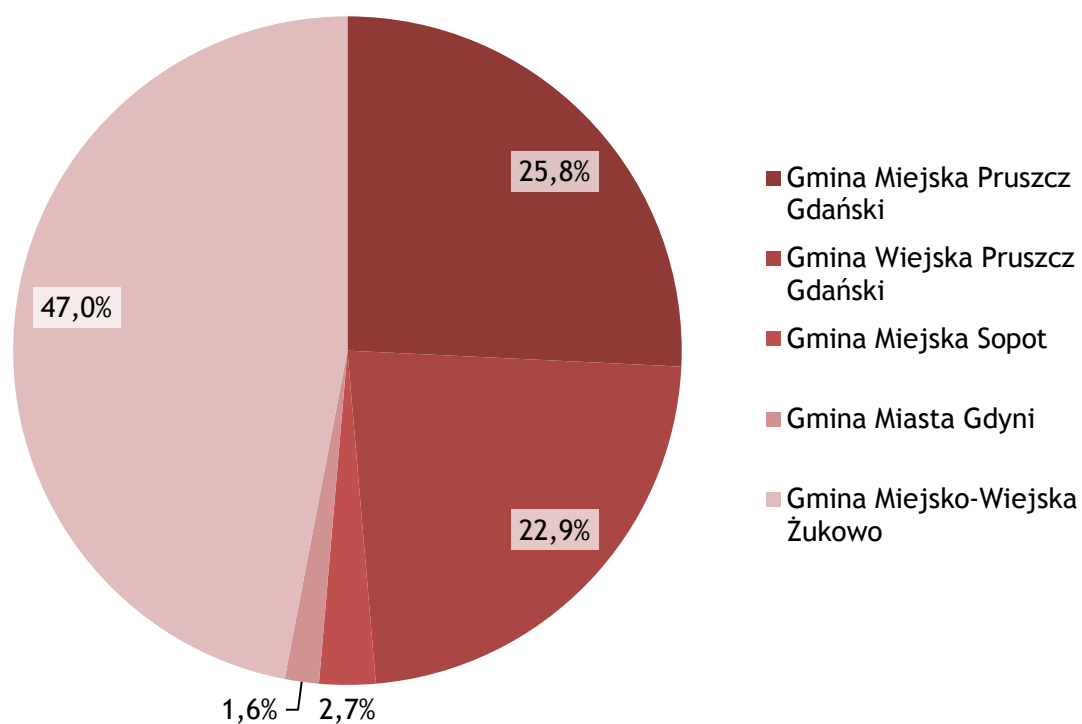
2.3.1. Liczba wykonywanych wzkm

Głównym przedmiotem działalności organizatora jest organizowanie i zlecanie operatorom usług pasażerskiego transportu publicznego. W 2017 r. GAI T wykonała pracę przewozową w ilości 15 026 094 wzkm, inni operatorzy wykonali 2 343 870 wzkm. Łącznie w 2017 r. operatorzy obsługujący wszystkie linie wykonali 17 369 964 wzkm. Dokładną pracę przewozową z podziałem na poszczególne gminy wskazano w tabeli poniżej. Liczba wozokilometrów zaplanowanych do wykonania przez operatora GAI T w 2019 r. wynosi 15 136 000 wzkm rocznie.

Tabela 4. Liczba wykonanych wzkm w 2017 r.

Liczba wykonanych wzkm w 2017 r.	
GAI T	
Gmina Miasta Gdańska	14 916 144,70
Gmina Miejska Pruszcz Gdański	28 323,50
Gmina Wiejska Pruszcz Gdański	25 160,30
Gmina Miejska Sopot	2 987,40
Gmina Miasta Gdyni	1 813,40
Gmina Miejsko-Wiejska Żukowo	51 664,70
Inni operatorzy	
Gmina Miasta Gdańska	1 388 080,52
Gmina Wiejska Kolbudy	109 192,20
Gmina Miejska Pruszcz Gdański	466 721,30
Gmina Miejska Sopot	293 169,33
Gmina Miejsko-Wiejska Żukowo	86 707,10

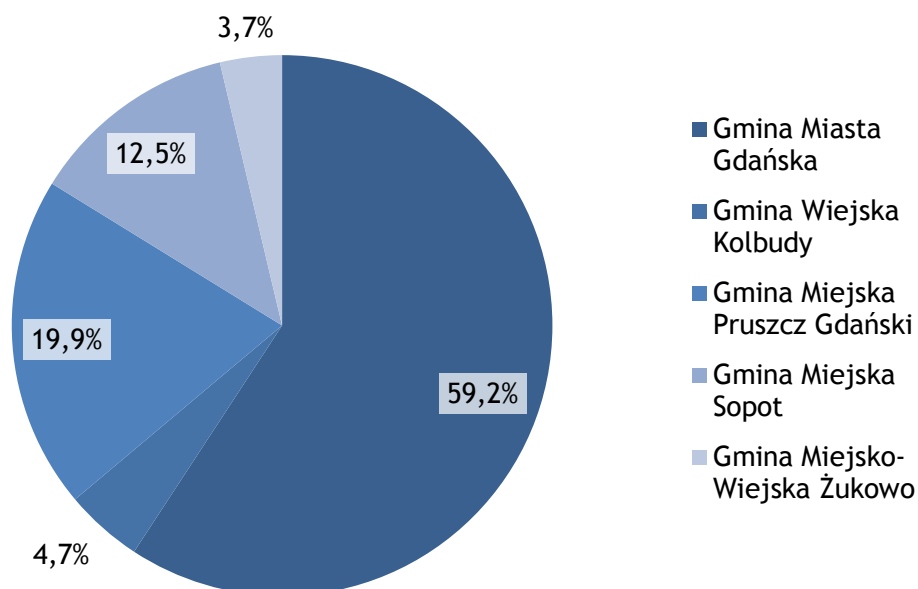
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych ZTM.



Wykres 6. Procentowy udział poszczególnych gmin obsługiwanych przez GAiT bez udziału Gminy Miasta Gdańska

Źródło: Opracowanie własne.

Operator GAiT wykonał w 2017r. na terenach Gminy Miasta Gdańska ponad 99% swoich realizowanych wzkm. Wpływ na liczbę wykonanych wzkm mają również gminy: Gmina Miejsko-Wiejska Żukowo (47,0%) bez udziału Gminy Miasta Gdańska oraz Gmina Miejska Pruszcz Gdański (25,8%) bez udziału Gminy Miasta Gdańska.



Wykres 7. Procentowy udział poszczególnych gmin obsługiwanych przez innych operatorów bez udziału Gminy Miasta Gdańska w 2017 r.

Źródło: Opracowanie własne.

Inni operatorzy wykonali w 2017r. na terenie Gminy Miasta Gdańska ponad 59,2% swoich realizowanych wzkm. Wpływ na liczbę wykonanych wzkm mają również gminy: Gmina Miejska Pruszcz Gdański (19,9%), Gmina Miejska Sopot (12,5%), Gmina Wiejska Kolbudy (4,7%) oraz Gmina Miejsko-Wiejska Żukowo (3,7%).

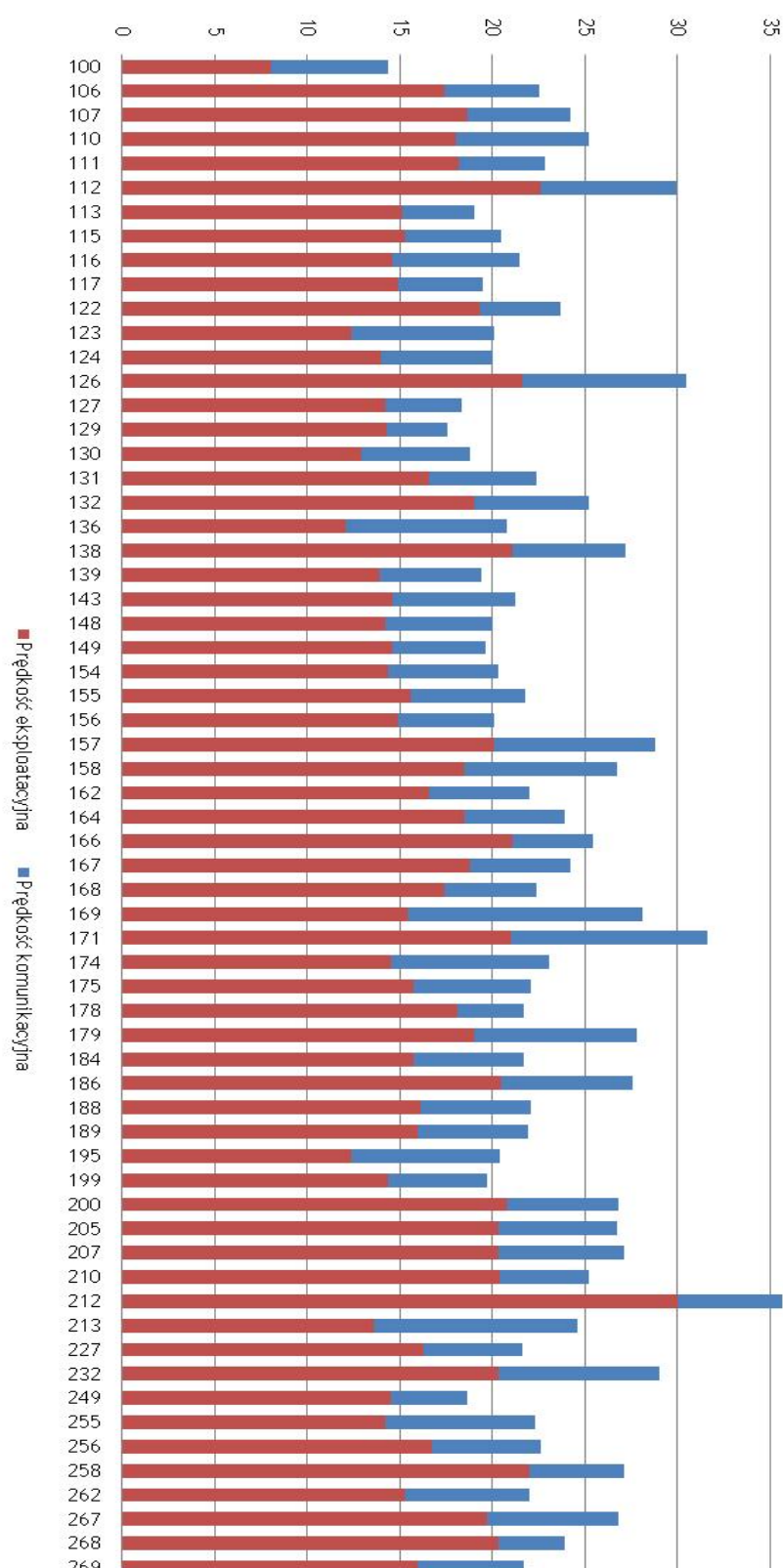
2.3.2. Prędkości komunikacyjne oraz eksploatacyjne na liniach komunikacji miejskiej

Średnia prędkość komunikacyjna na wszystkich liniach wynosi 23,35 [km/h]. Na wszystkich liniach prędkości komunikacyjne wynoszą od 14,4 nawet do 35,7 km/h. Linie, które osiągają najwyższą prędkość komunikacyjną to linie: 112, 126, 157, 174 oraz 232. Linie, które kursują z najniższą prędkością to linie: 100, 129 oraz 249.

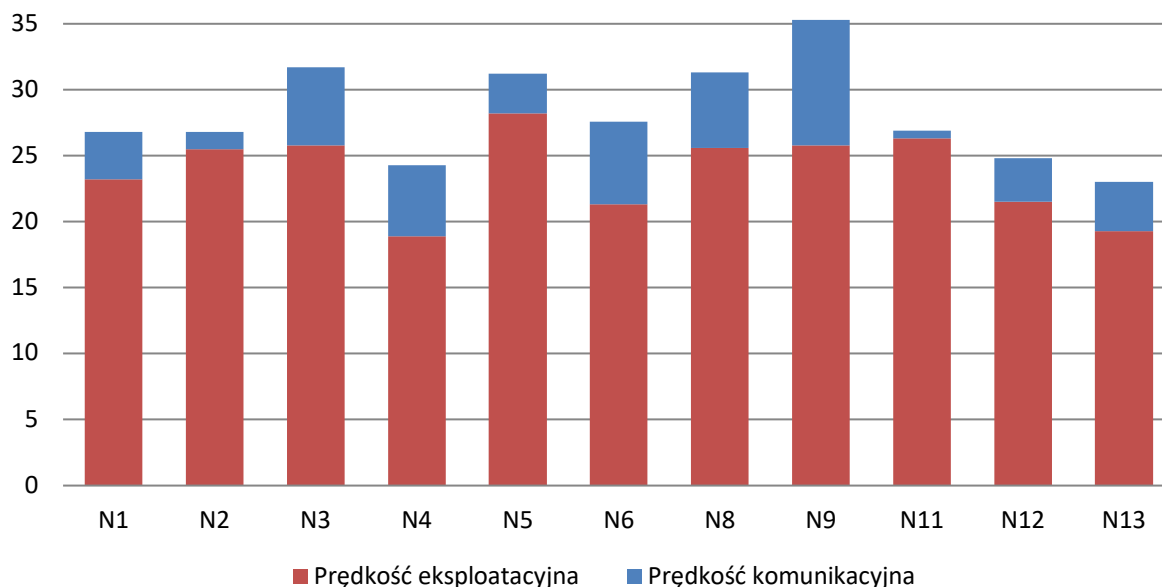
Średnia prędkość eksploatacyjna na wszystkich liniach wynosi 16,91 [km/h]. Na wszystkich liniach prędkości eksploatacyjne wynoszą od 8,0 nawet do 30,0 km/h. Linie, które osiągają najwyższą prędkość eksploatacyjną to linie: 112, 126, 212 oraz 258. Linie, które kursują z najniższą prędkością eksploatacyjną to linie: 100, 113, 129 oraz 249.

Poniżej znajduje się tabela z prędkościami komunikacyjnymi oraz eksploatacyjnymi wszystkich linii obsługiwanych przez operatorów.

Wykres 8. Prędkość komunikacyjna na poszczególnych dziennych liniach autobusowych



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych ZTM.



Wykres 9. Prędkość komunikacyjna na poszczególnych nocnych liniach autobusowych

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych ZTM.

2.3.3. Szacunkowa emisja gazów cieplarnianych w skali roku

W 2017 r. GAiT wykonał autobusową pracę przewozową w ilości 15 026 094 wzkm. GAiT eksploatuje 227 pojazdów. Zakładając, że każdy z pojazdów pokonuje taką samą drogę podczas rocznej eksploatacji wynika, że każdy pojazd średniorocznie pokonuje ponad 69 240 wzkm. Poniżej znajduje się tabela z wyszczególnieniem emisji zanieczyszczeń każdego pojazdu w zależności od jego spalania.

Tabela 5. Szacowana roczna emisja spalin eksploatowanego taboru GAI

Marka	Model	Ilość	Norma emisji	NMHC i NMVOC [g]	No _x [g]	PM 2.5 [g]	CO ₂ [kg]
Mercedes-Benz	O 405 N	7	Euro I	1 919 462	13 959 726	628 188	467 651
Solaris	Urbino 12/2000	4	Euro II	1 096 836	6 979 863	149 568	267 229
Man	NL 263	4	Euro III	658 101	4 985 616	99 712	267 229
Man	NL 283	20	Euro III	3 290 507	24 928 082	498 562	1 336 145
Solaris	Urbino 12/2006	25	Euro III	4 113 134	31 160 103	623 202	1 670 182
Solaris	Urbino 12/2008	8	Euro V	917 353	3 988 493	39 885	534 458
Neoplan	N4007	3	Euro II	822 627	5 234 897	112 176	200 422
Man	469 NM222	2	Euro II	548 418	3 489 932	74 784	133 615
Mercedes-Benz	628 02 Citaro K	5	Euro VI	162 033	498 562	12 464	334 036
Man	NG313/2002	3	Euro III	493 576	3 739 212	74 784	200 422
Solaris	Urbino 18/2003	6	Euro III	987 152	7 478 425	149 568	400 844
Solaris	Urbino 18/2006	8	Euro III	1 316 203	9 971 233	199 425	534 458
Solaris	Urbino 18/2008	16	Euro V	1 834 707	7 976 986	79 770	1 068 916
Solaris	Urbino 18/2009	14	Euro V	1 605 368	6 979 863	69 799	935 302
Mercedes-Benz	O 405 GN2	23	Euro II	6 306 805	40 134 212	860 019	1 536 567
Mercedes-Benz	Conecto G	12	Euro V	1 376 030	5 982 740	59 827	801 687
Mercedes-Benz	628 03 Citaro G	9	Euro VI	291 659	897 411	22 435	601 265
Mercedes-Benz	O 405 N	4	Euro I	1 096 836	7 976 986	358 964	267 229
Mercedes-Benz	O 405 N2	21	Euro II	5 758 387	36 644 281	785 235	1 402 952
Mercedes-Benz	O 530	1	Euro II	274 209	1 744 966	37 392	66 807
Mercedes-Benz	Cocecto LF	10	Euro V	1 146 692	4 985 616	49 856	668 073
Mercedes-Benz	628 02 Citaro	9	Euro VI	291 659	897 411	22 435	601 265
Solaris	Urbino 12/2008	7	Euro V	802 684	3 489 932	34 899	467 651
Iveco	65C Urby	6	Euro V	688 015	2 991 370	29 914	400 844
Łącznie		227		37 798 451	237 115 918	5 072 865	15 165 248

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GAI.

W 2017 r. pozostali operatorzy wykonali autobusową pracę przewozową w ilości 2 343 870 wzkm. BP TOUR eksploatuje 37 pojazdów. Zakładając, że każdy z pojazdów pokonuje taką samą drogę podczas rocznej eksploatacji wynika, że każdy pojazd średniorocznie pokonuje ponad 10 800 wzkm. Poniżej znajduje się tabela z wyszczególnieniem emisji zanieczyszczeń każdego pojazdu w zależności od jego normy spalania.

Tabela 6. Szacowana roczna emisja spalin eksploatowanego taboru BP TOUR

Marka	Model	Ilość	Norma emisji	NMHC i NMVOC [g]	No _x [g]	PM 2.5 [g]	CO ₂ [kg]
Mercedes-Benz	CONNECTO LF	7	Euro VI	35 385	108 877	2 722	72 947
Mercedes-Benz	CONNECTO LF	8	Euro VI	40 440	124 430	3 111	83 368
Mercedes-Benz	CONNECTO LF	1	Euro VI	5 055	15 554	389	10 421
Mercedes-Benz	CONNECTO G	20	Euro VI	101 100	311 076	7 777	208 421
Mercedes-Benz	O530K C2	1	Euro VI	5 055	15 554	389	10 421
Łącznie		37		187 034	575 490	14 387	385 579

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych BP TOUR.

2.3.4. Wskaźnik wykorzystania taboru

Aktualnie w GAiT eksploatują się 227 pojazdów, z czego do obsługi linii wykorzystanych jest:

- Linie autobusowe dzienne - 194 autobusy, tj. 85,8% taboru,
- Linie autobusowe nocne - 29 autobusów, tj. 12,8% taboru.

Aktualnie w BP TOUR eksploatują się 37 pojazdów, z czego do obsługi linii wykorzystanych jest:

- Linie autobusowe dzienne - 34 autobusy, tj. 91,9% taboru,
- Linie autobusowe nocne - 4 autobusów, tj. 10,8% taboru.

Tabela 7. Wykorzystanie taboru według typu dnia oraz klasy pojazdu

	GAiT	BP TOUR	GAiT	BP TOUR	GAiT	BP TOUR
typ dnia/typ pojazdu	MIDI (Mn)		MAXI (Sn)		MEGA (Pn)	
linie autobusowe dzienne	11	1	106	14	77	20
linie autobusowe nocne	0	0	20	2	9	2

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych ZTM.

2.4. Realizowane i planowane przedsięwzięcia taborowe operatorów

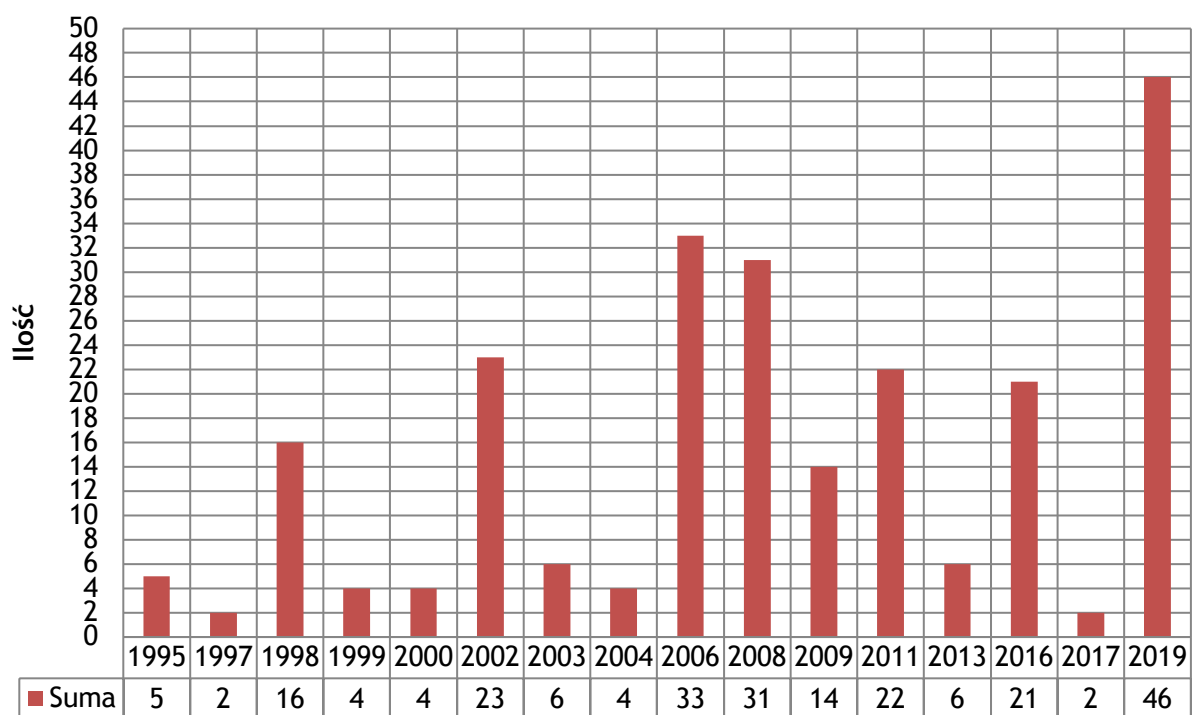
W najbliższych latach operator GAI T planuje inwestycje taborowe, wymianę najstarszych pojazdów eksploatowanych przez GAI T na fabrycznie nowe autobusy. Według planów do 2028 roku w taborze pojawi się 11 sztuk autobusów klasy MIDI (Mn), 100 sztuk autobusów klasy MAXI (Sn) oraz 56 sztuk autobusów klasy MEGA (Pn). GAI T planuje zwiększyć liczbę eksploatowanych pojazdów ze względu na planowane zwiększenie liczby wykonanych wzkm na najbliższe lata. Planowana ilość pojazdów eksploatowanych przez GAI T to 239 sztuk. Poniższe tabele przedstawiają planowane inwestycje taborowe GAI T.

Tabela 8. Harmonogram planowanych inwestycji taborowych

Planowane inwestycje taborowe					
Rok/Klasa taboru	MIDI (Mn)	MAXI (Sn)	MEGA (Pn)	Łącznie	Kasacja pojazdów
2019	2	18	26	46	34
2020	6	29	13	48	48
2022	3	28	9	40	40
2028	0	25	8	33	33
	11	100	56	167	155

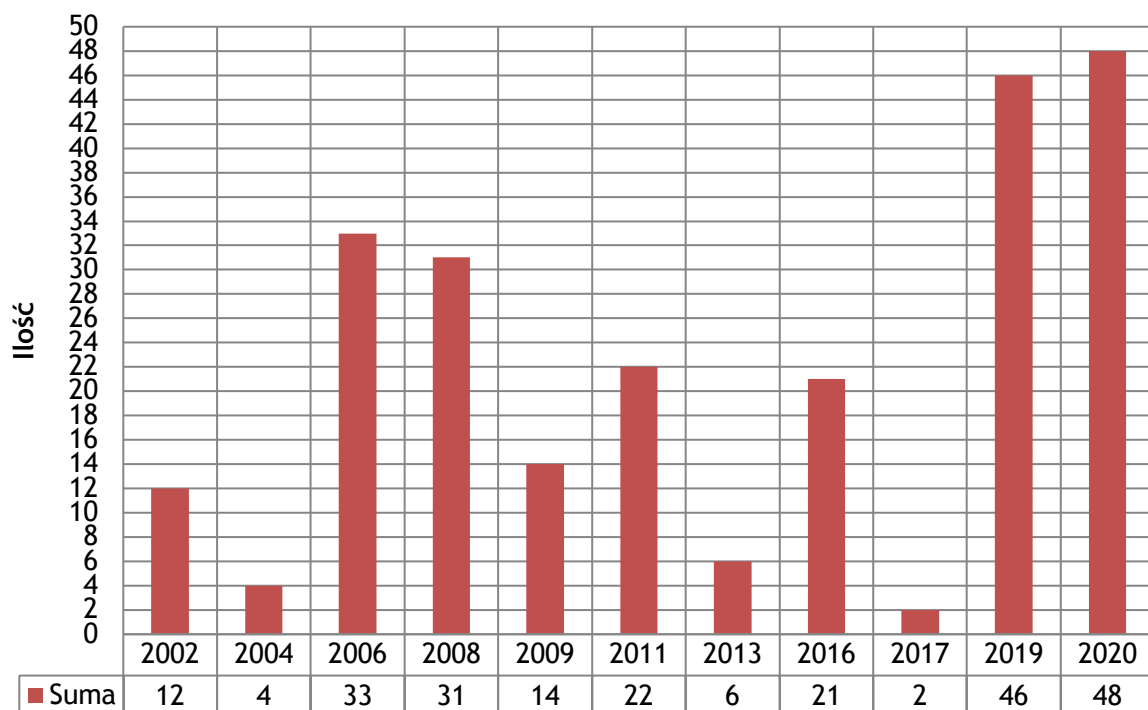
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GAI T.

Operator BP TOUR w najbliższych latach nie planuje inwestycji w tabor autobusowy.



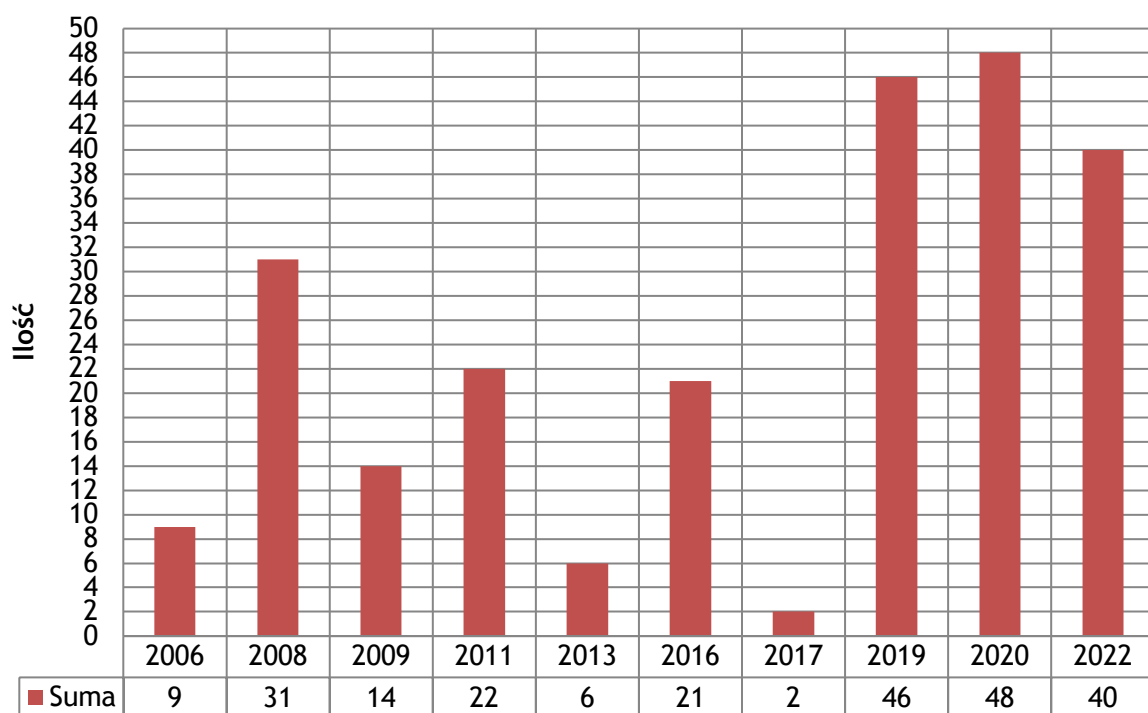
Wykres 10. Rok produkcji pojazdów po wprowadzeniu planowanej wymiany taboru GAIŁ
(rok 2019)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GAIŁ.



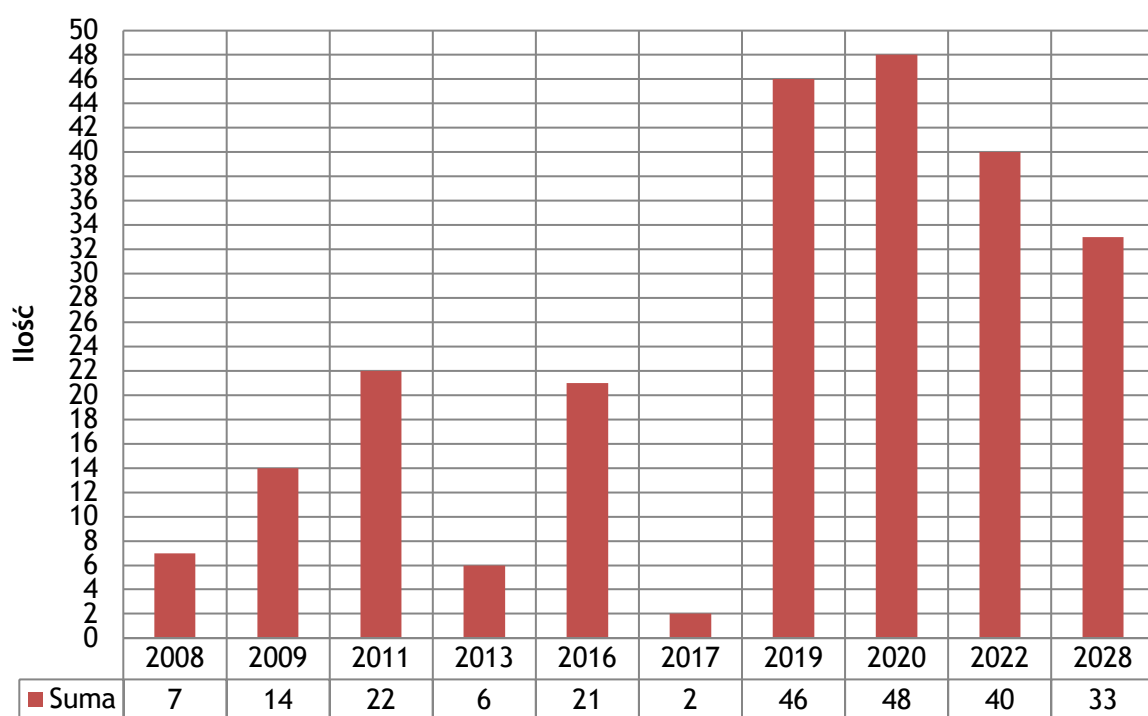
Wykres 11. Rok produkcji pojazdów po wprowadzeniu planowanej wymiany taboru GAIŁ
(rok 2020)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GAIŁ.



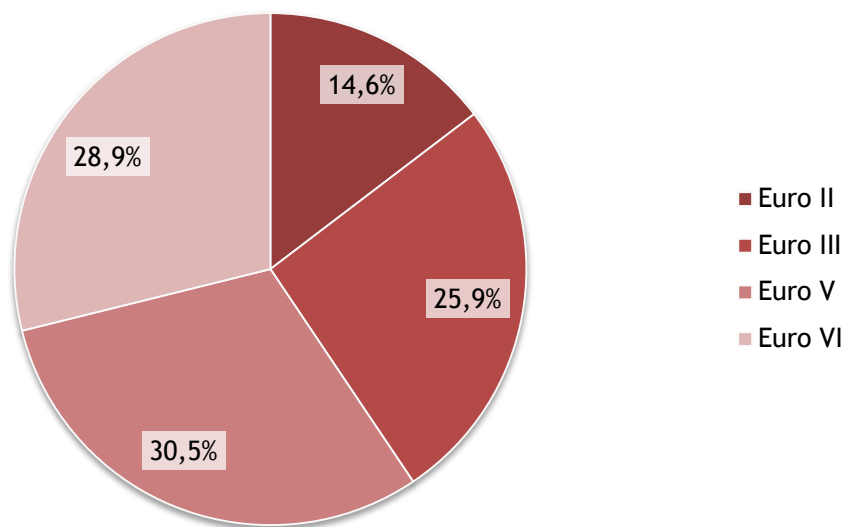
Wykres 12. Rok produkcji pojazdów po wprowadzeniu planowanej wymiany taboru GAiT (rok 2022)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GAiT.



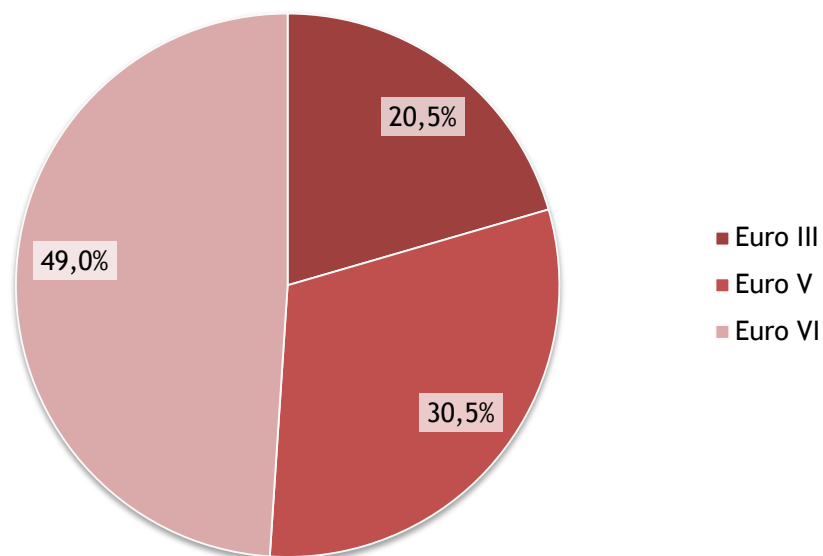
Wykres 13. Rok produkcji pojazdów po wprowadzeniu planowanej wymiany taboru GAiT (rok 2028)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GAiT.



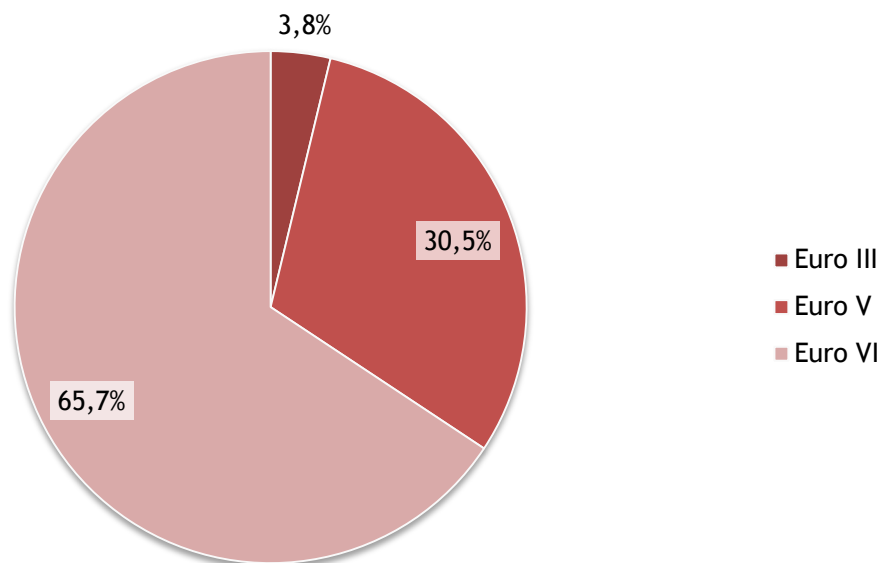
Wykres 14. Procentowy udział pojazdów spełniających poszczególne normy emisji spalin po wprowadzeniu planowanej wymiany taboru GAIiT (rok 2019)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GAIiT.



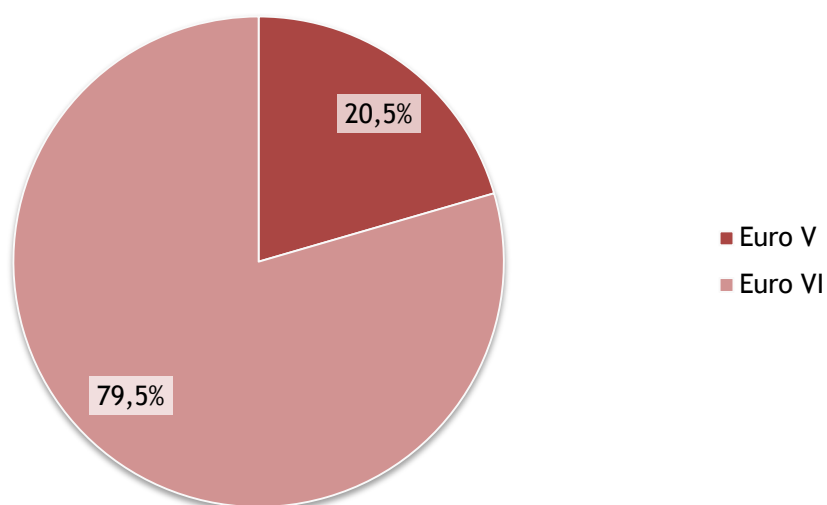
Wykres 15. Procentowy udział pojazdów spełniających poszczególne normy emisji spalin po wprowadzeniu planowanej wymiany taboru GAIiT (rok 2020)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GAIiT.



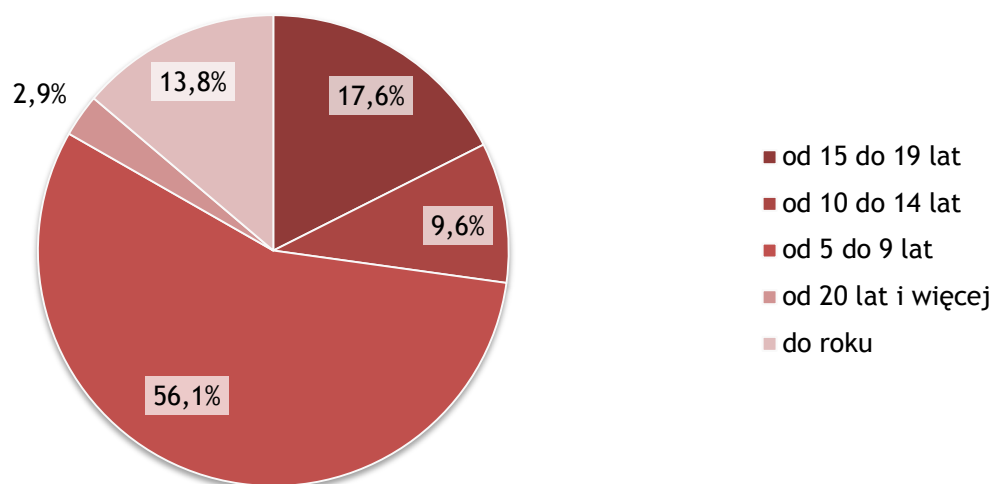
Wykres 16. Procentowy udział pojazdów spełniających poszczególne normy emisji spalin po wprowadzeniu planowanej wymiany taboru GAI T (rok 2022)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GAI T.



Wykres 17. Procentowy udział pojazdów spełniających poszczególne normy emisji spalin po wprowadzeniu planowanej wymiany taboru GAI T (rok 2028)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GAI T.



Wykres 18. Procentowy udział pojazdów w poszczególnych przedziałach wiekowych po wprowadzeniu planowanej wymiany taboru GAIT (rok 2028)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GAIT.

3. METODYKA ANALIZY

Zastosowana w AKK metodyka stanowić będzie system oceny efektywności inwestycji w tabor zeroemisyjny. 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 jest, aby jednostki gospodarcze, które zyskują na jego 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 społecznego².

3.1. Dane

Dane do analizy zostaną pozyskane m.in. od ZTM m.in. w zakresie:

- bieżących kosztów funkcjonowania transportu publicznego opartego na konwencjonalnych paliwach,
- potencjalnych - przewidywanych kosztów funkcjonowania transportu zeroemisyjnego, w tym bieżącego serwisu i utrzymania autobusów zeroemisyjnych,
- informacji dot. odtworzenia, np. baterii (np. pojemność, cena jednostkowa, czas życia; pozostałe odtworzenie),
- charakterystyki obecnej sieci publicznej komunikacji zbiorowej (wykaz linii komunikacyjnych, rozkładach 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),
- szczegółowego wykazu taboru: rok produkcji, rodzaj napędu, norma emisji spalin, liczba miejsc, długość autobusu, dodatkowe wyposażenie, zużycie paliwa [l/100km],
- zasad organizacji rynku przewozów (obowiązujące porozumienia międzygminne oraz zasady rozliczania się z gminami, umowa zawarta z operatorem),
- informacji o realizowanych i planowanych inwestycjach zakupów taborowych oraz modernizacji infrastruktury technicznej zbiorowej komunikacji publicznej,
- struktury popytu (przychody całkowite z biletów z podziałem na poszczególne linie, rodzaje biletów, cennik biletowy, istniejące rozwiązanie integracji biletów).

²Ligus M., Efektywność inwestycji w odnawialne źródła energii. Analiza kosztów i korzyści, CeDeWu Sp. z o.o., Warszawa 2010.

3.2. Zastosowane metody

W ramach analizy kosztów i korzyści projekt inwestycji w tabor zeroemisyjny zostanie zweryfikowany pod względem finansowych (analiza finansowa), ekonomiczno-społecznym (analiza ekonomiczno-społeczna), a także wrażliwości i ryzyka otrzymanych parametrów oceny.

3.3. Analiza finansowa

Głównym założeniem analizy finansowej przeprowadzonej w niniejszym opracowaniu będzie ocena efektywności inwestycji. Rachunek opłacalności inwestycji obejmować będzie tylko wpływy i wydatki występujące w związku inwestycją, 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 cashflow) w prognozowanych latach. Miernik NPV bazuje na różnicach między przewidywanymi wpływami pieniężnymi i wydatkami pieniężnymi poniesionymi na 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

I_0 - 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 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

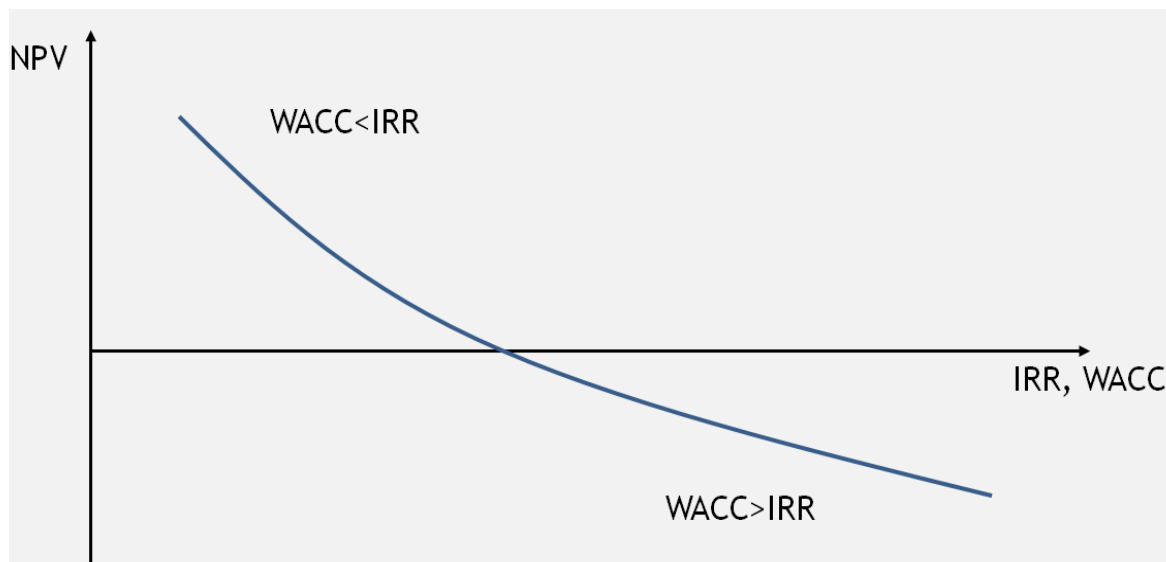
T - stopa opodatkowana

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.



Schemat 1. Zależność między stopą dyskontową, a wartością NPV

Źródło: opracowane własne.

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

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

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,

I_0 - 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 VAT (netto).

3.4. 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 i
 - 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

Powyższe miary stanowią analogię do miar analizy finansowej (NPV oraz IRR) z jedną różnicą - w ramach analizy oprócz wyników finansowych należy obliczyć dodatkowo salda strumieni ekonomicznych kosztów i korzyści generowanych przez projekt, tj. przepływy gotówkowe oraz dodatkowo skwantyfikowane korzyści środowiskowe (wycenione w walucie).

Miary ENPV oraz ERR stanowią łącznie o efektywności inwestycji w projekt w sensie finansowym i środowiskowym.

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

3.5. Analiza wrażliwości

Analiza wrażliwości polegać będzie 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 ona na określeniu wpływu zmiany pojedynczych zmiennych krytycznych o określoną procentowo wartość, na poziom finansowych i ekonomicznych wskaźników efektywności projektu. Modyfikacji poddaje się tylko jedną zmienną, podczas gdy inne parametry powinny pozostać niezmienione.

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

W ramach AKK zostanie dokonana symulacja parametrów analizy wrażliwości związanych bezpośrednio z projektem (zmienne kluczowe), w tym:

- nakładów inwestycyjnych,
- kosztów operacyjnych,
- pracy przewozowej oraz wynikających z niej wartości jednostkowych 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 $NPV=0$.

3.6. Analiza ryzyka

Analizy ryzyka polegać będzie na opisanu rodzajów ryzyka związanych z realizacją projektu i jego późniejszym funkcjonowaniem w podziale na grupy ryzyka oraz ocenie prawdopodobieństwa wystąpienia poszczególnych rodzajów ryzyka i ich wpływu na projekt.

Matryca ryzyka - klasyfikacja prawdopodobieństwa

- A. Bardzo mało prawdopodobne (0-10% prawdopodobieństwa),
- B. Mało prawdopodobne (10-33% prawdopodobieństwa),
- C. Mniej więcej tak samo prawdopodobne, jak nie (33-66% prawdopodobieństwa),
- D. Prawdopodobne (66-90% prawdopodobieństwa),
- E. Bardzo prawdopodobne (90-100% prawdopodobieństwa).

Matryca ryzyka - klasyfikacja stopnia zagrożenia

- 1. Brak istotnego wpływu, bez działań naprawczych,
- 2. Drobne straty w zakresie dobrobytu społecznego generowane przez projekt, mogą być wymagane działania naprawcze,
- 3. Umiarkowane straty społeczne spowodowane przez projekt, działania zaradcze wymagane i skuteczne na tym poziomie,
- 4. Wysoka strata społeczna wygenerowana przez projekt. Działania zaradcze, nawet o dużym zasięgu, nie wystarczą,
- 5. Niepowodzenie projektu, które może spowodować poważną lub całkowitą utratę funkcji projektu.

Prawdopodobieństwo	Stopień zagrożenia				
	1	2	3	4	5
A	niskie	niskie	niskie	niskie	umiarkowane
B	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

Schemat 2. Matryca ryzyka - klasyfikacja poziomu ryzyka

Źródło: opracowane własne.

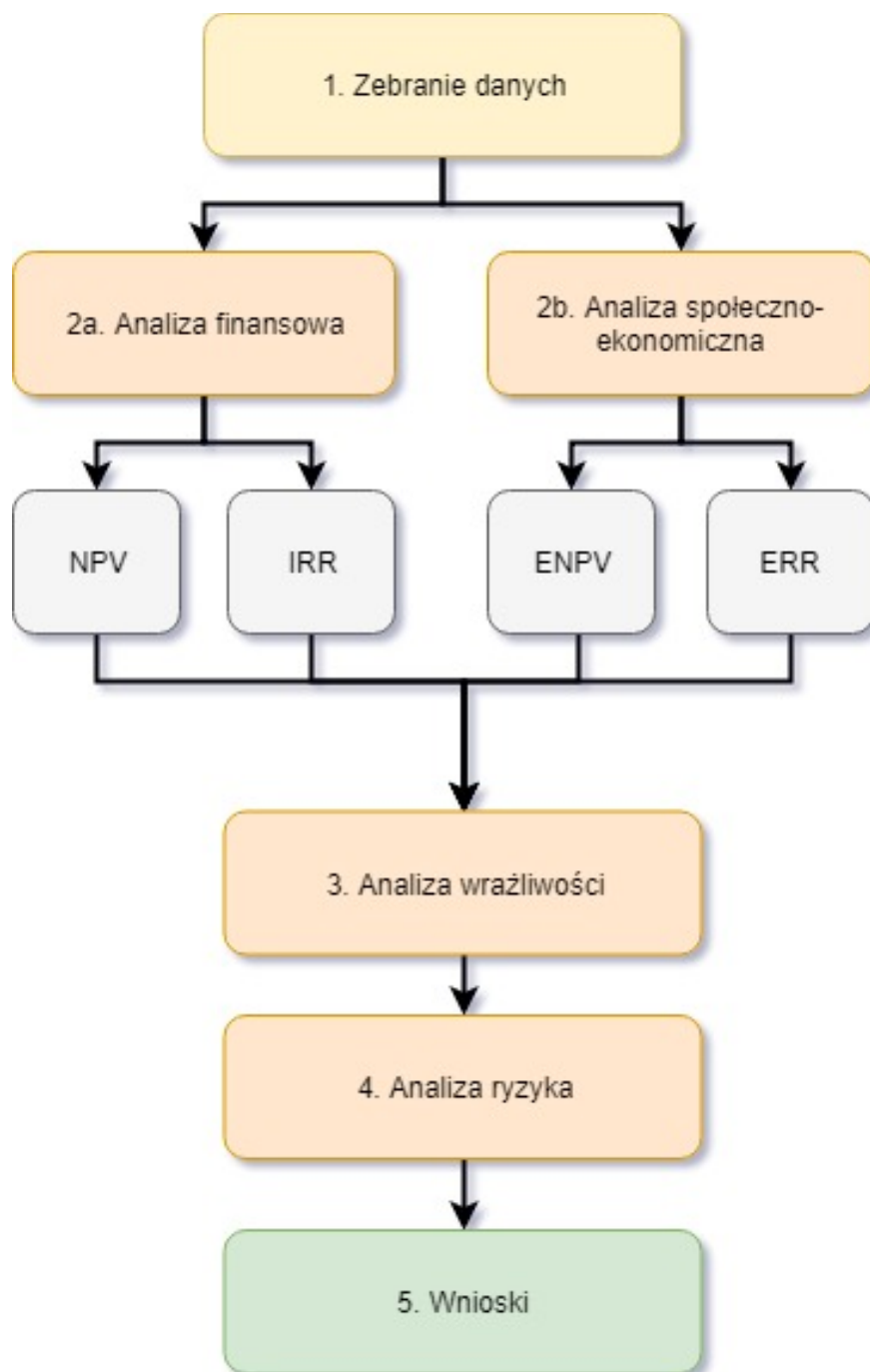
Prawdopodobieństwo	Stopień zagrożenia				
	1	2	3	4	5
A	Zapobieganie lub łagodzenie		Łagodzenie		
B					
C					
D	Zapobieganie		Zapobieganie i łagodzenie		
E					

Schemat 3. Matryca ryzyka - sposób działania

Źródło: opracowane własne.

3.7. Procedura analizy

Na schemacie przedstawiono procedurę przeprowadzenia analizy kosztów i korzyści dla inwestycji.



Schemat 4. Procedura analizy kosztów i korzyści

Źródło: opracowane własne.

4. ZAKŁADANE OPCJE INWESTYCYJNE

Alternatywne warianty realizacji inwestycji

Wśród alternatywnych rozwiązań można wskazać grupy wariantów:

- Wariant „0” - bezinwestycyjny - wymiana taboru o napędzie konwencjonalnym,
- Wariant „1” - wprowadzenie do eksploatacji taboru zeroemisyjnego o napędzie elektrycznym,
- Wariant „2” - wprowadzenie do eksploatacji taboru zeroemisyjnego o napędzie wodorowym.

Biorąc pod uwagę ekologiczny aspekt wprowadzenia nowego taboru centrum miasta wpłynie pozytywnie na zniwelowanie problemu z wydzielaniem niebezpiecznych substancji do środowiska naturalnego. Wpłynie to korzystnie na jakość życia mieszkańców Gminy Miasta Gdańska. Analiza potrzeby wprowadzenia takiego rozwiązania powinna dotyczyć przede wszystkim linii, których trasa przebiega przez tereny miejskie o najwyższym zaludnieniu.

Poniżej znajduje się szczegółowa analiza wprowadzenia pojazdów o zróżnicowanym napędzie pod względem podstawowych parametrów technicznych, kosztów inwestycji, wpływu na środowisko itp.

Zgodnie z zapisami Ustawy z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych do 2028 roku podmiot świadczący usługi publicznego transportu zbiorowego powinien posiadać co najmniej 30% autobusów zeroemisyjnych w całym eksploatowanym taborze na rzecz danej jednostki samorządu terytorialnego. Ustawa zawiera poszczególne etapy osiągnięcia wymaganej liczby pojazdów o napędzie zeroemisyjnym do roku 2028:

- 5% do 1 stycznia 2021 r.,
- 10% do 1 stycznia 2023 r.,
- 20% do 1 stycznia 2025 r.,
- 30% do 1 stycznia 2028 r.

Zgodnie z zapisami do ustawy w GAI T przy obecnym stanie taboru wynoszącym 227 pojazdów, do 2028 roku wymaganą liczbą pojazdów o napędzie zeroemisyjnym jest 69. GAI T nie posiada w swoim taborze pojazdów o napędzie zeroemisyjnym.

Zgodnie z zapisami do ustawy BP TOUR (po roku 2025 operator zewnętrzny) do 1 stycznia 2028r. będzie posiadał co najmniej 30% autobusów o napędzie zeroemisyjnym w całym eksploatowanym taborze na rzecz danej jednostki samorządu terytorialnego.

Poniżej znajduje się tabela z wyszczególnieniem wymaganej liczby pojazdów o napędzie zeroemisyjnym dla operatorów. Do obliczeń wymaganej liczby dla BP TOUR (po roku 2025 operatora zewnętrznego) przyjęto aktualny stan taboru przewoźnika BP TOUR. Wymaganą liczbą autobusów o napędzie zeroemisyjnym dla BP TOUR (po roku 2025 operatora zewnętrznego) będzie 12 pojazdów do 2028 roku.

Tabela 9. Planowana liczba pojazdów zeroemisyjnych w poszczególnych latach

Założenia inwestycyjne zgodnie z ustawą		
Rok inwestycji	Ilość wymaganych pojazdów GAI	Ilość wymaganych pojazdów BP TOUR (po 2025 operator zewnętrzny)
2021	12	2
2023	23	4
2025	46	8
2028	69	12

Źródło: Opracowanie własne.

Alternatywna trasa autobusów o napędzie zeroemisyjnym

Do poprawnego wykonania analizy rozwiązań alternatywnych należy wskazać układ sieci komunikacyjnej, na którym autobusy o napędzie zeroemisyjnym będą wykonywały przewozy w zakresie publicznego transportu zbiorowego. Aby zaproponować najlepsze rozwiązanie zarówno doboru infrastruktury ładującej, przebiegu trasy oraz doboru parametrów technicznych pojazdu, badane są między innymi takie szczegóły jak: rozkład jazdy autobusu, trasa danej linii komunikacyjnej, infrastruktura w danym mieście. Na tej podstawie można wskazać potrzeby dotyczące infrastruktury ładowania jakie powinny znaleźć się na trasach przejazdu lub na bazie operatora.

Pojazdy o napędzie zeroemisyjnym powinny być przeznaczane do obsługi danej linii wyłącznie w sytuacji gdy:

- obsługuje ona obszary miejskie o intensywnej zabudowie wielorodzinnej - ze względu na brak emisji hałasu, szczególnie dotkliwego wśród wysokich i gęsto rozlokowanych budynków,
- występuje duża intensywność dobowego i rocznego wykorzystania taboru - środki transportu o wysokich kosztach statych powinny być eksploatowane w sposób maksymalnie intensywny,
- ma miejsce wysoka dostępność przestrzenna przystanków - cechy techniczno-eksploatacyjne elektrobusów predestynują je do obsługi linii o dużej gęstości przystanków,
- linia stanowi element systemu skoordynowanej obsługi obszaru zurbanizowanego wieloma liniami - wymagane synchronizacją rozkładów jazdy dłuższe postoje wyrównawcze na pętlach mogą być dzięki temu efektywnie wykorzystane na doładowanie zasobników energii,
- jest ona podatna na kongestię drogową - jej trasa charakteryzuje się dużą liczbą zatrzymań autobusów pomiędzy przystankami i niewielką prędkością jazdy pomiędzy tymi zatrzymaniami,
- niska prędkość eksploatacyjna zdeterminowana jest także przyczynami innymi niż kongestia,
- przebieg trasy obejmuje planowane przyszłe strefy ekologiczne dla pojazdów mechanicznych (w szczególności okolice obiektów zabytkowych).

Aby linia autobusowa spełniała powyższe przesłanki należy przyjąć, że:

- linia powinna obsługiwać najbardziej zaludniony obszar miasta, aby obsłużono maksymalnie duże potoki pasażerskie,
- linia powinna łączyć centrum miasta z dużymi osiedlami mieszkalnymi, aby zapewniać ofertę przewozową na najbardziej obleganych liniach,
- linia powinna przebiegać wyłącznie przez tereny gęstej zabudowy mieszkaniowej - aby zapewnić dostęp do maksymalnie dużej liczby potencjalnych klientów,
- linia powinna charakteryzować się stosunkowo dużą częstotliwością kursowania - aby skierować do potencjalnego użytkownika, możliwie korzystną ofertę komunikacyjną,
- linia powinna przebiegać wzdłuż najbardziej zatłoczonych tras - aby maksymalnie pozytywnie wpływać na zjawisko kongestii w ruchu drogowym.

Wybór linii ograniczony jest przez liczbę kupowanych autobusów - tj. do 2021 - 12 sztuk operatora GaiT oraz 2 sztuk operatora BP TOUR, co w praktyce przełoży się na wybór maksymalnie trzech linii autobusowych.

Wyłączono z analizy linie autobusowe charakteryzujące się niewielką pracą przewozową (wzkm dziennie poniżej 800, oraz wszystkie linie nocne):

linie dzienne 106, 107, 113, 116, 117 122, 123, 124, 126, 129, 131, 132, 136, 138, 139, 143, 149, 155, 156, 164, 166, 169, 174, 178, 179, 184, 188, 189, 195, 200, 205, 207, 212, 213, 232, 249, 255, 256, 258, 267, 268, 269, 283, 295, 512, 574,

linie nocne (N1, N2, N3, N4, N5, N6, N8, N9, N11, N12, N13).

Pozostałe linie wyłączone z analizy ze względu na wysoką prędkość eksploatacyjną:

linie dzienne 112, 126, 157, 171, 186, 210.

Ze względu na intensywną zabudowę wielorodzinną w celu zmniejszenia hałasu oraz emisji spalin do końcowej analizy zostały zaproponowane trasy:

Tabela 10. Przebieg linii komunikacyjnych zaproponowanych do elektryfikacji

Nr linii	Trasa	Operator	Ilość pojazdów obsługujących linie
110	Wrzeszcz PKP - Port Lotniczy	GAiT	2 MAXI (Sn) 3 MEGA (Pn)
115	Wrzeszcz PKP - Jaworzniaków	GAiT	2 MAXI (Sn)
130	Jesień PKM - Muzeum II Wojny Światowej	GAiT	4 MAXI (Sn)
167	Bysewo - Wały Piastowskie	GAiT	1 MAXI (Sn) 5 MEGA (Pn)
184	Niedźwiednik - Wały Piastowskie	GAiT	4 MAXI (Sn)
205	(Gdańsk) Dworzec Główny - (Pruszcz Gdański) Komarowo	BP TOUR	2 MEGA (Pn)
207	(Gdańsk) Dworzec Główny - (Pruszcz Gdański) Komarowo	BP TOUR	3 MEGA (Pn)

Źródło: Opracowanie własne.

Dodatkowo do linii komunikacyjnej zaproponowanej do elektryfikacji zalicza się linie nr 100 oraz 622. Linia nr 100 kursuje z Dworca Głównego do przystanku „Targ Rybny”. Linia jako jedyna obsługuje „Stare Miasto”, która charakteryzuje się strefą uspokojonego ruchu o niskiej emisji hałasu. Na tej linii kursuje jedna brygada. Zaproponowanie danej linii do elektryfikacji wiąże się z przebiegiem przez obszar historycznej zabudowy Miasta Gdańska.

Linia nr 622 kursuje z pętli tramwajowej w Oliwie do ZOO. Linia funkcjonuje tylko od 1 maja do końca października. Na tej linii kursuje jedna brygada. Zaproponowanie danej linii do elektryfikacji wiąże się z edukacją ekologiczną mieszkańców Gminy Miasta Gdańska oraz promocją pojazdów o napędzie zeroemisyjnym.

Wstępną koncepcję przedstawiono na przykładzie linii autobusowych obsługiwanych przez GAI T nr 115, 130 oraz linii autobusowych obsługiwanych przez BP TOUR nr 205. Uzupełniając autobusy elektryczne akumulatorowe będą obsługiwały pozostałe linie komunikacyjne w porach o zmniejszonym zapotrzebowaniu na autobusy na liniach całkowicie zelektryfikowanych.

Trasa nr 115 charakteryzuje się przebiegiem w centralnej części miasta. Jest to linia której przebieg odbywa się tylko na terenach miejskich. Dziennie zakłada się, że pojazdy obsługujące linię wykonają łącznie 1878,6 wzkm w dzień roboczy. Długość jednego kursu wynosi 16,84 km. Na trasie znajduje się 18 przystanków, z przystankiem początkowym „Wrzeszcz PKP” oraz końcowym „Jaworzników”. Średnia prędkość eksploatacyjna autobusów na linii to 15,3 km/h. Linia przebiega w pobliżu Dworca Głównego, dlatego eksploatacja pojazdów o napędzie zeroemisyjnym przyczyni się do zwiększenia atrakcyjności publicznego transportu zbiorowego. Linia nie przebiega w pobliżu zajezdni autobusowej GAI T co prawdopodobnie będzie wymagało dodatkowej infrastruktury ładującej na obszarze miejskim do obsługi pojazdów kursujących na tej trasie. Trasa obsługiwana jest za pomocą 2 autobusów klasy MAXI (Sn).

Trasa nr 130 charakteryzuje się przebiegiem w centralnej części miasta. Jest to linia której przebieg odbywa się tylko na terenach miejskich. Dziennie zakłada się, że pojazdy obsługujące linię wykonają łącznie 1103,0 wzkm w dzień roboczy. Długość jednego kursu wynosi 9,89 km. Na trasie znajduje się 16 przystanków, z przystankiem początkowym Jesień PKM oraz końcowym „Muzeum II Wojny Światowej”. Średnia prędkość eksploatacyjna autobusów na linii to 12,9 km/h. Linia przebiega w pobliżu Dworca Głównego, dlatego eksploatacja pojazdów o napędzie zeroemisyjnym przyczyni się do zwiększenia atrakcyjności publicznego transportu zbiorowego. Trasa obsługiwana jest za pomocą 4 autobusów klasy MAXI (Sn).

Trasa nr 205 charakteryzuje się przebiegiem miejskim jak i pozamiejskim, łącząc miasto Gdańsk z miastem Pruszcz Gdański. Dziennie zakłada się, że pojazdy obsługujące linię wykonają łącznie 807,5 wzkm w dzień roboczy. Długość jednego kursu wynosi 16,49 km. Na trasie znajdują się 14 przystanki, z przystankiem początkowym w Gdańsku „Dworzec Główny” i końcowym w Mieście Pruszcz Gdański na przystanku „Komarowo”. Średnia prędkość eksploatacyjna autobusów na linii to 20,3 km/h. Trasa obsługiwana jest za pomocą 2 autobusów klasy MEGA (Pn).

Tabela 11. Przebieg linii komunikacyjnych zaproponowanych do elektryfikacji

Nr linii	Przebieg linii	Operator
115	Wrzeszcz PKP - Grunwaldzka - Zwycięstwa - Dębinki - Smoluchowskiego - Sobieskiego - Powstańców Warszawskich - Beethovena - Schuberta - Nowolipie - Łostwoicka - Hawvła - Warszawska - Piotrkowska - Jabłoniowa - Czermińskiego - Guderskiego - Jaworzniaków ↔ Jaworzniaków - Guderskiego - Czermińskiego - Przywidzka - Jabłoniowa - Piotrkowska - Warszawska - Havła - Łostowicka - Schuberta - Beethovena - Powstańców Warszawskich - Smoluchowskiego - Zwycięstwa - Grunwaldzka - Miszewskiego - Wrzeszcz PKP	GAiT
130	Jasień PKM - Myśliwska - Bulońska - Rakoczego - Jaškowa Dolina - Piecewska - Trzy Lipy - Beethovena - Powstańców Warszawskich - Nowe Ogrody - Hucisko - Wały Jagiellońskie - Podwale Grodzkie - Jana z Kolna - Łagiewniki - Muzeum II Wojny Światowej	GAiT
205	GDAŃSK: Dworzec Główny - Wały Jagiellońskie - Trakt św. Wojciecha - PRUSZCZ GD.: Grunwaldzka - Chopina - Skalskiego - Pruszcz Gdański Komarowo ↔ PRUSZCZ GD.: Pruszcz Gdański Komarowo - Skalskiego - Chopina - Grunwaldzka - GDAŃSK: Trakt św. Wojciecha - Wały Jagiellońskie - Dworzec Główny	BP TOUR

Źródło: Opracowanie własne.

4.1. Wariant „0”

Wariant bezinwestycyjny - niepodejmowanie Inwestycji. Wariant ten oznacza wymianę przestarzałych pojazdów na nowe pojazdy o napędzie konwencjonalnym spełniające normę emisji spalin Euro VI. Jest to podstawowy, wyjściowy wariant analizy porównawczej, w stosunku, do którego są odnoszone i porównywane wszystkie analizowane opcje inwestycyjne.

Wariant „0” oznacza dalsze znaczące oddziaływanie autobusów o napędzie konwencjonalnym na życie mieszkańców miejscowości zlokalizowanych wzdłuż dróg uczęszczanych przez te autobusy w takich dziedzinach jak hałas, zanieczyszczenie powietrza, drgania. W przypadku, gdy wariant „0” dotyczy istniejącej infrastruktury, zakłada brak jakichkolwiek modernizacji pojazdów (poza utrzymaniem). Dalsza eksploatacja wymaga wymiany na nowe pojazdy, aby mogły stanowić realną alternatywę dla innych środków transportu. W Gminie Miasta Gdańska eksploatuje się tabor o napędzie konwencjonalnym. Łącznie 60 pojazdów spełnia normy emisji Euro VI. Pojazdy spełniające najwyższą normę emisji nazywane są pojazdami niskoemisyjnymi, które mają mniejszy wpływ na środowisko. Wielkość emisji wydzielanej z układu wydechowego zależy przede wszystkim od konstrukcji silnika, jego stanu technicznego, charakterystyki układu zasilania itp.

Eksploatacja wyłącznie pojazdów o napędzie konwencjonalnym pozwala na zmniejszenie kosztów zakupu taboru oraz uniknięcie kosztów związanych z zakupem infrastruktury potrzebnej do obsługi taboru o napędzie innym niż konwencjonalny tj. ładowarki do obsługi autobusów elektrycznych oraz stacji tankowania pojazdów napędzanych wodorem.

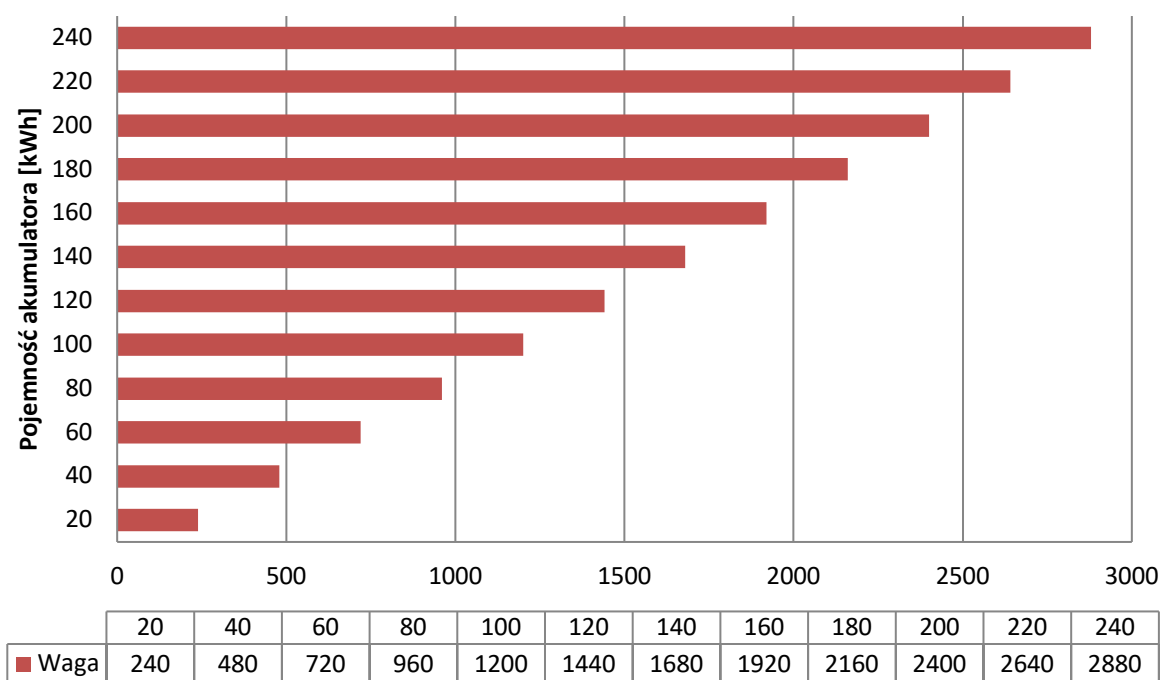
4.2. **Wariant „1”**

Wariant „1” zakłada zakup oraz eksploatację nowego taboru autobusowego o napędzie zeroemisyjnym, który będzie w stanie zastąpić wiekowe pojazdy, których użytkowanie oraz remonty będą coraz bardziej kosztowne a ich gotowość do realizacji zamierzonych prac będzie zmniejszona. Zamiana pojazdów z napędem konwencjonalnym na pojazdy zeroemisyjne.

Autobusy elektryczne są ciche oraz całkowicie bezemisyjne. Niski poziom emisji hałasu oraz drgań sprawia, że autobusy bateryjne są szczególnie pożądane w centrach miast. Polska zajmuje ważne miejsce w szeroko pojętym obszarze związanym z elektromobilnością zarówno jako producent, oraz jako użytkownik tego typu pojazdów. Pierwszymi miastami w Polsce, które miały autobusy o napędzie zeroemisyjnym były Ostrołęka oraz Kraków, gdzie uruchomiono pierwszą bezemisyjną linię autobusową. Największą flotę elektrycznych autobusów posiadają Kraków, Jaworzno oraz Warszawa. Elektryczne autobusy jeżdżą też m.in. w Ostrowie Wielkopolskim, Chodzieży, Inowrocławiu, Sosnowcu, czy Wrześni.

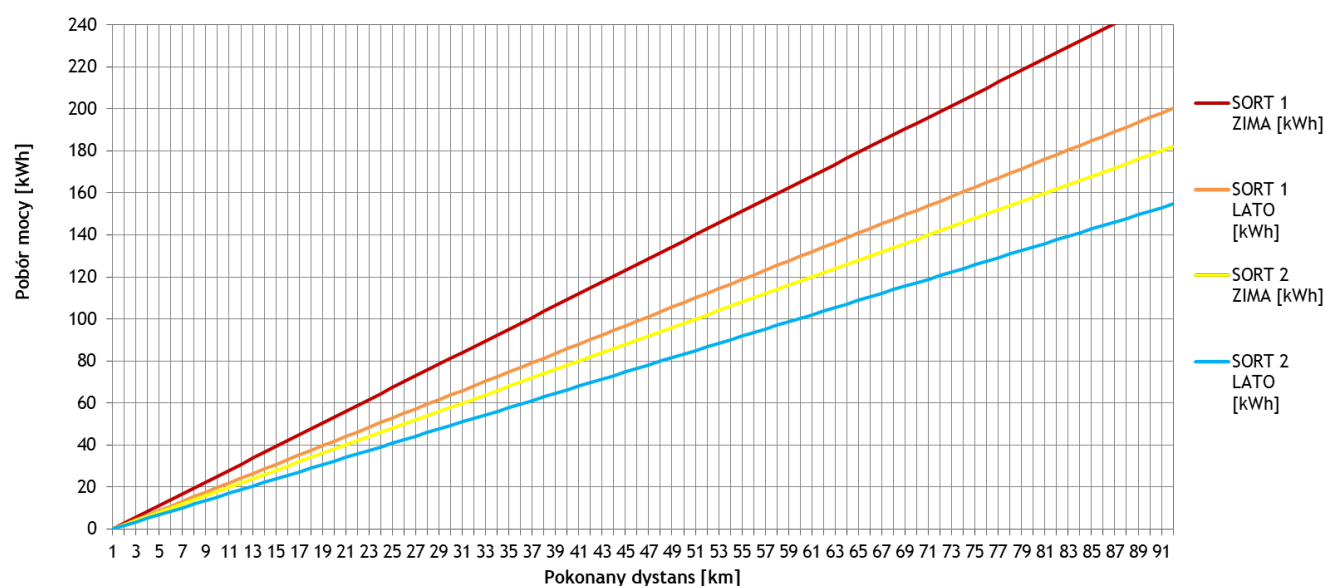
Autobusy elektryczne najczęściej napędzane są za pomocą asynchronicznego silnika trakcyjnego. Ponadto niektóre pojazdy o nowoczesnej konstrukcji napędzane są silnikami umieszczonymi w piastach kół. Autobusy elektryczne są również wyposażone w system rekuperacji energii, czyli odzyskiwania energii (doładowania akumulatorów) podczas hamowania. Autobusy elektryczne są wyposażone w akumulatory o różnych pojemnościach energetycznych określanych w kWh. Zużycie energii (prądu) pojazdów wyposażonych w napęd elektryczny jest zależne od wielu czynników, m.in.: prędkości eksploatacyjnej i powiązanej z nią kongestii, warunków atmosferycznych, umiejętności kierowcy, umiejętności wykorzystania systemu rekuperacji energii. Według badań Standardised On-Road Test (SORT), pobór prądu przez autobusy elektryczne klasy MAXI dla warunków SORT 1, czyli gdy prędkość eksploatacyjna wynosi poniżej 18 km/h wynika, że autobusy w okresie jesiennym oraz wiosennym mogą zużywać około 1,8 kWh/km, w okresie letnim 2,2 kWh/km oraz w okresie zimowym nawet około 2,7 kWh/km. W warunkach SORT 2 gdzie prędkość eksploatacyjna wynosi powyżej 18 km/h pobór prądu się zmniejsza w okresie zimowych maksymalny pobór prądu wynosi około 2,0 kWh/km. Należy podchodzić do tych parametrów bardzo ostrożnie, gdyż w warunkach rzeczywistych zależą one także od wielu czynników subiektywnych takich jak: obciążenie trasy, ilość przystanków, łączna masa pasażerów, styl jazdy kierowcy, zdarzenia losowe jak np. kongestia wywołana zdarzeniami drogowymi czy zmiany organizacji ruchu. Dlatego pojemność akumulatora jest dobierana ze względu na potrzeby eksploatacyjne zamawiającego. Zasięg pojazdu jest zależny od pojemności baterii. Oznacza to, że wzrost zasięgu wymaga zwiększenia pojemności baterii, co natomiast niesie ze sobą wzrost masy pojazdu, zużycia energii oraz zmniejszenia pojemności pasażerskiej pojazdu.

Łączna pojemność akumulatora zależy od ilości oraz pojemności modułów zamontowanych w pojeździe. W autobusach umieszcza się moduły na dachu oraz w tylnej komorze pojazdu, każdy moduł o pojemności 20/25 kWh o wadze 240/250 kg. Minimalną sensowną wielkością baterii jaką zalecają producenci są akumulatory o łącznej pojemności 80 kWh. Łączna waga baterii o pojemności 80 kWh wynosi 960 kg. Maksymalna sensowna pojemność baterii wynosi 250 kWh. Waga takiego akumulatora to ponad 2 800 kg.



Wykres 19. Zależność wagi akumulatora od pojemności

Źródło: Opracowanie własne.



Wykres 20. Pobór mocy pojazdu elektrycznego w zależności od warunków eksploatacyjnych

Źródło: Opracowanie własne.

Autobusy elektryczne potrzebują specjalistycznej infrastruktury do obsługi pojazdów. Ładowanie akumulatorów może odbywać się na 3 sposoby. Najbardziej popularną metodą ładowania akumulatorów jest metoda bezpośrednia za pomocą kabla, metoda wtykowa tzw. plug-in. Ładowanie następuje poprzez podłączenie autobusu do stacji przez ustandaryzowane złącze. Drugi sposób ładowania odbywa się za pomocą pantografu. Metoda ładowania za pomocą pantografu pozwala na ładowanie akumulatorów wysokim prądem, co powoduje szybsze ładowanie akumulatorów. W zależności od wielkości akumulatorów zamontowanych w autobusie oraz mocy ładowarki już 15 minutowe ładowanie za pomocą pantografu pozwoli na wydłużenie zasięgu nawet o dodatkowe 40 km. Głównie ładowarki pantografowe lokalizuje się na pętlach autobusowych w celu szybkiego doładowania akumulatorów. Wyróżniamy w tej metodzie 2 rodzaje pantografów: umieszczenie pantografu na dachu pojazdu lub na maszcie infrastruktury ładującej tzw. pantograf odwrócony. Ostatnią metodą ładowania autobusów elektrycznych jest metoda ładowania indukcyjnego. Ładowanie umożliwiają płyty indukcyjne zamontowane w podłożu oraz w podwoziu autobusu. Metoda ta zapewnia szybkie ładowanie bez ingerencji kierowców, jest to najdroższa metoda ładowania autobusów oraz najbardziej narażona na warunki atmosferyczne.

Tabela 12. Czas potrzebny do naładowania baterii w zależności od pojemności akumulatora oraz sposobu ładowania

Pojemność baterii [kWh]	Moc ładowarki plug-in [kW]	Ładowanie [kWh/min]	Czas potrzebny do naładowania baterii [min]
Ładowarka plug-in			
Ładowanie 1 pojazdu			
120	80	1,4	77
160			102
200			128
240			154
Ładowanie 2 pojazdów			
120	2x 40	0,7	154
160			205
200			257
240			308
Ładowarka pantografowa			
120	190	2,7	40
160			53
200			66
240			83

Źródło: Opracowanie własne.

Poniżej w tabeli zostały przedstawione ceny jednostkowe pojazdów w przetargach na zakup autobusów elektrycznych w Polsce w przeciągu ostatnich lat. Na ich podstawie do dalszych analiz przyjęto szacowane kwoty netto, niezbędne do zakupu autobusów o napędzie zeroemisyjnym.

Tabela 13. Ostatnie zrealizowane przetargi na zakup pojazdów elektrycznych o napędzie zeroemisyjnym

Miasto	Ilość	Klasa pojazdu	Koszt jednostkowy [mln zł]
Poznań	6	MAXI (Sn)	2,198
Poznań	15	MEGA (Pn)	3,13
Rzeszów	10	MAXI (Sn)	2,455
Kraków	3	MEGA (Pn)	2,649
Stalowa Wola	10	MIDI (Mn)	2,046

Źródło: Opracowanie własne.

Szacowane koszty przyjęte do opracowania analizy wynoszą:

- MIDI - 2,0 mln zł,
- MAXI - 2,5 mln zł,
- MEGA - 3,0 mln zł.

Analiza linii zaproponowanych do elektryfikacji:

Linia 115: Na trasie znajdują się 18 przystanki. Czas przejazdu całej linii tam i z powrotem wynosi około 70 minut, pojazd pokonuje 16,84 km. Średnia prędkość eksploatacyjna na trasie wynosi 15,3 km/h co sprawia, że pojazdy na linii nr 115 kwalifikują się na SORT 1 czyli prędkość poniżej 18km/h. Ze wstępnych założeń wynika, że autobus o napędzie zeroemisyjnym klasy MAXI na wykonanie jednego obiegu linii 115, będzie potrzebował w zależności od warunków atmosferycznych od 30 do 45,5 kWh energii.

Linia 130: Na trasie znajdują się 16 przystanków. Czas przejazdu całej linii tam i z powrotem wynosi około 45 minut, pojazd pokonuje 9,89 km. Średnia prędkość eksploatacyjna na trasie wynosi 12,9 km/h co sprawia, że pojazdy na linii nr 130 kwalifikują się na SORT 1 czyli prędkość poniżej 18km/h. Ze wstępnych założeń wynika, że autobus o napędzie zeroemisyjnym klasy MAXI na wykonanie jednego obiegu linii 130, będzie potrzebował w zależności od warunków atmosferycznych od 18 do 28 kWh energii.

Linia 205: Na trasie znajdują się 14 przystanki. Czas przejazdu całej linii w tam i z powrotem wynosi około 50 minut, pojazd pokonuje 16,49 km. Średnia prędkość eksploatacyjna na trasie wynosi 20,3 km/h co sprawia, że pojazdy na linii nr 205 kwalifikują się na SORT 2 czyli prędkość powyżej 18km/h. Ze wstępnych założeń wynika, że autobus o napędzie zeroemisyjnym klasy MAXI na wykonanie jednego obiegu linii 205, będzie potrzebował w zależności od warunków atmosferycznych od 23 do 33 kWh energii.

Korzyści środowiskowych z wprowadzenia autobusów o napędzie zeroemisyjnym jest wiele, lecz koszt zakupu pojazdu z konwencjonalnym napędem jest dużo niższy niż koszt autobusu zeroemisyjnego. Do obsługi oraz eksploatacji autobusów zeroemisyjnych potrzebna jest również specjalistyczna infrastruktura ładująca.

Poniżej znajduje się planowany wykaz wprowadzenia taboru zeroemisyjnego wraz z potrzebną infrastrukturą ładującą do obsługi zelektryfikowanych linii komunikacyjnych na terenie Gminy Miasta Gdańska oraz gmin, z którymi zostało zawarte porozumienie międzygminne.

Tabela 14. Planowane wprowadzenie inwestycji wariantu „1” operatora GAI T

Rok inwestycji	Wyszczególnienie	Ilość	Szacunkowy koszt jednostkowy [PLN]	Szacunkowy łączny koszt [PLN]
do 2021	Zakup autobusu elektrycznego klasy MAXI (Sn)	12	2 500 000	30 000 000
	Ładowarka plug-in (Lokalizacja: Zajezdnia GAI T)	6	100 000	600 000
	Ładowarka pantografowa (Lokalizacja: 2x Dworzec Główny)	2	500 000	1 000 000
do 2023	Zakup autobusu elektrycznego klasy MAXI (Sn)	8	2 500 000	20 000 000
	Zakup autobusu elektrycznego klasy MEGA (Pn)	3	3 000 000	9 000 000
	Ładowarka plug-in (Lokalizacja: Zajezdnia GAI T)	6	100 000	600 000
	Ładowarka pantografowa	3	500 000	1 500 000
do 2025	Zakup autobusu elektrycznego klasy MAXI (Sn)	13	2 500 000	32 500 000
	Zakup autobusu elektrycznego klasy MEGA (Pn)	10	3 000 000	30 000 000
	Ładowarka plug-in (Lokalizacja: Zajezdnia GAI T)	12	100 000	1 200 000
	Ładowarka pantografowa	3	500 000	1 500 000
do 2028	Zakup autobusu elektrycznego klasy MAXI (Sn)	20	2 500 000	50 000 000
	Zakup autobusu elektrycznego klasy MEGA (Pn)	3	3 000 000	9 000 000
	Ładowarka plug-in (Lokalizacja: Zajezdnia GAI T)	12	100 000	1 200 000
	Ładowarka pantografowa	4	500 000	2 000 000
Łącznie				190 100 000

Źródło: Opracowanie własne.

Tabela 15. Planowane wprowadzenie inwestycji wariantu „1” operatora BP TOUR

Rok inwestycji	Wyszczególnienie	Ilość	Szacunkowy koszt jednostkowy [PLN]	Szacunkowy łączny koszt [PLN]
do 2021	Zakup autobusu elektrycznego klasy MAXI (Sn)	2	2 500 000	5 000 000
do 2023	Zakup autobusu elektrycznego klasy MAXI (Sn)	2	2 500 000	5 000 000
do 2025	Zakup autobusu elektrycznego klasy MAXI (Sn)	4	2 500 000	10 000 000
do 2028	Zakup autobusu elektrycznego klasy MAXI (Sn)	4	2 500 000	10 000 000
Łącznie				30 000 000

Źródło: Opracowanie własne.

Inwestycja BP TOUR, (Operator zewnętrzny po roku 2025) zakłada brak inwestycji w infrastrukturę ładującą, ponieważ trasy linii zaproponowanych do elektryfikacji znajdują się nieopodal planowanej lokalizacji infrastruktury ładującej GAI T.

Wariant 1 zakłada zakup i posiadanie w 2028 roku 69 autobusów o napędzie zeroemisyjnym przez GAI T oraz 12 pojazdów o napędzie zeroemisyjnym przez BP TOUR. W inwestycji znajdują się pojazdy typu MAXI (Sn) oraz MEGA (Pn) ze względu na potrzebę kursowania pojazdów o wysokiej pojemności pasażerskiej. Proponowaną pojemnością akumulatorów jest 240 kWh dla autobusów klasy MEGA (Pn) oraz 160 kWh dla pojazdów klasy MAXI (Sn). Takie akumulatory pozwolą na przejazd w zależności od warunków atmosferycznych od 60 do 80 km na jednym ładowaniu. Planowane umiejscowienie ładowarek pantografowych na obszarach miejskich, pozwoli na zwiększenie eksploatacji pojazdów o napędzie zeroemisyjnym. Infrastruktura ładująca powinna pozwolić na ładowanie pojazdów w nocy podczas postoju oraz w ciągu dnia doładowując pojazdy umożliwiając im obsługę przypisanych linii komunikacyjnych.

Proponowanymi stacjami ładowania typu plug-in, są ładowarki wyposażone w dwa złącza Combo-2, które umożliwiają ładowanie mocą nie mniejszą niż 80 kW, w przypadku ładowania dwóch pojazdów w jednym momencie moc ładowarki rozkładana jest równomiernie 2x 40 kW. Szacowany koszt zakupu ładowarki typu plug-in to 100 000,00 zł.

Planowanymi ładowarkami pantografowymi zlokalizowanymi na pętlach autobusowych powinny być ładowarki o mocy nie mniejszej niż 190 kW, których moc pozwoli na szybkie doładowanie akumulatorów około 80% akumulatora o pojemności 160 kWh w około 50 minut. Szacunkowy koszt ładowarki pantografowej to 500 000,00 zł.

Poniżej w tabeli zostało przedstawione szacowane etapowanie elektryfikacji linii komunikacyjnych w Gminie Miasta Gdańska oraz na terenach 6 gmin, z którymi zostały zawarte porozumienia międzygminne. Pełna obsługa linii zaproponowanych do elektryfikacji oznacza, że na linii będą eksploatowane wyłącznie autobusy o napędzie zeroemisyjnym, częściowa obsługa linii oznacza, że na liniach będą obsługiwane autobusy o napędzie konwencjonalnym oraz zeroemisyjnym.

Tabela 16. Etapowanie linii komunikacyjnych zaproponowanych do elektryfikacji

Nr linii	2021 r.	2023 r.	2025 r.	2028 r.
100	BRAK	PEŁNA	PEŁNA	PEŁNA
115	CZĘŚCIOWA	PEŁNA	PEŁNA	PEŁNA
130	PEŁNA	PEŁNA	PEŁNA	PEŁNA
184	BRAK	BRAK	CZĘŚCIOWA	PEŁNA
205	CZĘŚCIOWA	PEŁNA	PEŁNA	PEŁNA
207	BRAK	CZĘŚCIOWA	PEŁNA	PEŁNA
622	BRAK	PEŁNA	PEŁNA	PEŁNA

Źródło: Opracowanie własne.

4.3. Wariant „2”

Zakłada zakup oraz eksploatację autobusów napędzanych wodorem oraz infrastruktury potrzebnej do ich obsługi. Wodór jako paliwo nie zawierające węgla, jest uważany za jedno z bardziej przyszłościowych źródeł energii. Oznacza to, że autobus zasilany wodorem praktycznie nie wytwarza gazów cieplarnianych, takich jak dwutlenek węgla. Już dziś, silniki wodorowe osiągają poziomy emisji znacznie poniżej wszelkich znanych, przyszłościowych norm emisji spalin. Energetyka wodorowa obejmuje swoim zakresem trzy etapy funkcjonalne: produkcję magazynowanie i transport oraz wykorzystanie paliwa wodorowego. Pod nazwą wykorzystanie rozumieć należy konwersję wodoru na pożądany rodzaj energii, najczęściej na energię elektryczną w ogniwach paliwowych.

Poniżej w tabeli zostały przedstawione ceny jednostkowe pojazdów w przetargach na zakup autobusów elektrycznych na świecie w przeciągu ostatnich lat. Na ich podstawie do dalszych analiz przyjęto szacowane kwoty netto, niezbędne do zakupu autobusów o napędzie zeroemisyjnym.

Tabela 17. Ostatnie zrealizowane przetargi na zakup pojazdów wodorowych o napędzie zeroemisyjnym

Miasto	Ilość	Klasa pojazdu	Koszt jednostkowy [mln PLN]
Kolonia	30	MAXI	2,10
Rotterdam	2	MAXI	3,65
Wuppertal	10	MAXI	2,10
Aberdeen	10	MAXI	2,40

Źródło: Opracowanie własne.

Szacowane koszty przyjęte do opracowania analizy wynoszą:

- MAXI - 3,5 mln zł,

Według Ustawy z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (Dz.U. 2018 poz. 317) do 2028 roku miasta powyżej 50 tysięcy ludności powinny wprowadzić 30% taboru zeroemisyjnego kosztem spalinowego. Zgodnie z założeniami ustawy operator GAiT do 2028 roku powinien posiadać 69 sztuk autobusów o napędzie wodorowym wraz z infrastrukturą potrzebną do eksploatacji pojazdów. Operator BP TOUR (po roku 2025 operator zewnętrzny) powinien posiadać 12 pojazdów wodorowych o napędzie zeroemisyjnym.

Technologia pozwalająca na napędzanie pojazdów wodorem jest technologią nową, bardzo zaawansowaną technicznie, a co najważniejsze na tą chwilę bardzo droga w zakupie nawet przyrównując do zakupu pojazdów z napędem elektrycznym. Koszt zakupu autobusu wodorowego oscyluje w okolicach 3 500 000,00 zł. Autobusy o napędzie wodorowym posiadają zbiorniki na wodór na dachu pojazdu mieszczące 35-40 kg wodoru. Pojazdy pokonują dystans około 450 km na jednym ładowaniu ogniw wodorowych co sprawia, że autobus o takich parametrach może zastąpić autobusy o napędzie konwencjonalnym. Szacunkowy koszt 1 kg wodoru to 7/8 €, co sprawia, że przejazd 100 km autobusem wodorowym będzie kosztował około 240 zł. Proponowana lokalizacja infrastruktury do obsługi pojazdów o napędzie zeroemisyjnym czyli scentralizowana stacja tankowania wodoru (HRS) powinna znajdować się na zajezdni autobusowej GAI.T. Przybliżony koszt budowy stacji tankowania wodoru wynosi 2 500 000,00 zł. lecz wszystko zależy od wielkości stacji oraz sposobu dostarczania wodoru.

4.4. Porównanie alternatywnych wariantów inwestycyjnych

Wariant 1 oraz 2 zakłada zakup oraz eksploatację nowego taboru autobusowego o napędzie zeroemisyjnym, elektrycznym lub wodorowym, który będzie w stanie zastąpić pojazdy o napędzie konwencjonalnym, których użytkowanie oraz remonty będą coraz bardziej kosztowne, a ich gotowość do realizacji zamierzonych prac będzie zmniejszona. Zamiana pojazdów o napędzie konwencjonalnym, które nie spełniają najnowszych norm emisji na pojazdy niskoemisyjne lub zeroemisyjne przyczyni się w dużej mierze do poprawy czynników ekologicznych.

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

- poprawę jakości powietrza,
- poprawę zdrowia mieszkańców,
- redukcję negatywnego wpływu komunikacji autobusowej na zmiany klimatyczne,
- zmniejszenie poziomu hałasu.

Korzyści środowiskowych z wprowadzenia autobusów o napędzie zeroemisyjnym jest wiele, lecz koszt zakupu pojazdu z konwencjonalnym napędem jest dużo niższy niż koszt autobusu zeroemisyjnego. Do obsługi oraz eksploatacji autobusów zeroemisyjnych potrzebna jest również specjalistyczna infrastruktura ładująca.

Porównując warianty ze sobą można zauważyć, że wprowadzenie w życie każdego wariantu pozytywnie wpłynie na środowisko naturalne co będzie prowadziło do poprawy jakości życia mieszkańców Gminy Miasta Gdańska. Wycofanie pojazdów zamortyzowanych oraz zastąpienie ich pojazdami o napędzie niskoemisyjnym lub zeroemisyjnym pozwoli na zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych emitowanych przez transport zbiorowy w centrum miast. Brak wymiany najstarszych pojazdów będzie skutkowało corocznym pogarszaniem się stanu powietrza, pojawieniem się znacznie większej ilości zanieczyszczeń wytwarzanych przez kilkunastoletni tabor. Potrzeba cyklicznych napraw oraz wymiany przestarzałego taboru będzie pojawiała się coraz częściej, a każda naprawa autobusu będzie generowała koszty, które z roku na rok będą coraz większe. Koszt wprowadzenia wariantu „1” jest ponad 2 krotnie większy niż wprowadzenie wariantu „0”, ponieważ różnica w koszcie zakupu autobusu o napędzie elektrycznym wynosi ponad 1 mln złotych w porównaniu do kosztów zakupu autobusu o napędzie konwencjonalnym spełniającym normę spalin EURO VI. Do kosztów zakupu autobusu elektrycznego należy również doliczyć koszt infrastruktury ładującej potrzebnej do obsługi taboru zeroemisyjnego. To samo dotyczy wariantu „2”, który spośród wszystkich wariantów jest najdroższy, ponieważ koszt zakupu autobusu napędzanego wodorem jest ponad 3 razy droższy od zakupu autobusu o napędzie konwencjonalnym. Zakup 10 pojazdów klasy MAXI (Sn) o napędzie konwencjonalnym spełniających normę emisji spalin EURO VI przy założeniu, że koszt jednostkowy autobusu o napędzie konwencjonalnym wynosi 1 000 000,00 zł łącznie wyniesie 10 000 000,00 zł. Zakup 10 autobusów elektrycznych o napędzie zeroemisyjnym łącznie z niezbędną infrastrukturą (ładowarki plug-in) wynosi szacunkowo 25 500 000,00 zł. Zakup 10 autobusów wodorowych o napędzie zeroemisyjnym łącznie z niezbędną infrastrukturą (scentralizowaną stacją tankowania wodoru (HRS)) wynosi szacunkowo 37 500 000,00 zł.

Zarówno pojazdy o napędzie zeroemisyjnym, jak i o napędzie konwencjonalnym posiadają wady i zalety. Głównymi wadami pojazdów o napędzie konwencjonalnym jest wyższy stopień emisji szkodliwych zanieczyszczeń, niż w przypadku pojazdów o napędzie zeroemisyjnym. Do głównych zalet pojazdów o napędzie konwencjonalnym należą: nieograniczony zasięg, większa przestrzeń bagażowa, ładowność. Zaletami pojazdów o napędzie zeroemisyjnym są: niska emisja zanieczyszczeń do środowiska, zdecydowanie niższe koszty pokonywania krótkich dystansów niż pojazdów o napędzie konwencjonalnym, mniejsze prawdopodobieństwo awarii konstrukcji, możliwość rekuperacji energii (odzyskiwania energii podczas hamowania), lepszy komfort jazdy ze względu na zmniejszenie hałasu pracy silnika oraz minimalizacja drgań. Głównymi wadami pojazdów elektrycznych są: krótki zasięg pojazdów, przeznaczenie głównie na tereny miejskie, cena zakupu pojazdu, wymagana infrastruktura ładująca, wysoka obecnie cena wymiany akumulatorów, utrata pojemności pasażerskiej ze względu na umiejscowienie baterii.

Koszt eksploatacji autobusów o napędzie zeroemisyjnym będzie niższy niż koszt eksploatacji autobusów o napędzie konwencjonalnym, z uwagi na rozwiązania technologiczne i konstrukcyjne silnika elektrycznego przekładające się, np. na brak wykorzystania oleju, niższe wykorzystanie smarów, niższą temperaturę pracy silnika. Konstrukcja silników elektrycznych jest trwalsza niż silników spalinowych, co wpływa na całkowity koszt eksploatacji pojazdów. Do kosztów eksploatacji autobusów elektrycznych należy również doliczyć koszt wymiany baterii. Producenci pojazdów elektrycznych podają, że średnio co 7 lat bateria pojazdu elektrycznego będzie wymagała regeneracji lub wymiany. Na poniższej tabeli porównane zostały alternatywne warianty.

Tabela 18. Porównanie alternatywnych wariantów inwestycyjnych

Lp.	Wariant	Koszt zakupu 1 pojazdu	Koszty infrastruktury	Koszty eksploatacji	Wpływ na środowisko
1	Wariant „0”	Niski	Brak	Średni	Średni
2	Wariant „1”	Średni	Średni	Niski	Brak
3	Wariant „2”	Wysoki	Wysoki	Wysoki	Brak

Źródło: Opracowanie własne.

Porównując warianty inwestycyjne pod względem ekologicznym można zauważyć, że w przypadku braku wymiany pojazdów zamortyzowanych stan środowiska będzie się pogarszał ze względu na coraz większą emisję niebezpiecznych substancji wytwarzanych przez transport publiczny. Wraz ze wzrostem czasu eksploatacji pojazdu jego stan się pogarsza, co za tym idzie z każdym kolejnym rokiem rośnie ryzyko awarii i obniża się niezawodność świadczenia usług przewozowych. Każda kolejna awaria prowadzi do kolejnych napraw oraz zwiększania kosztów eksploatacji. Koszt zakupu pojazdów z napędem zeroemisyjnym oraz infrastruktury do ich obsługi jest drogi, lecz należy się zastanowić jakie korzyści można osiągnąć z posiadania takich pojazdów. Napęd elektryczny czy wodorowy to nowa technologia, której koszt przewyższa zakup pojazdów niskoemisyjnych z napędem konwencjonalnym, jednak z każdym rokiem te ceny powinny się zmniejszać. Najkorzystniejszym wariantem wydają się 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. Wymiana pojazdów wykorzystywanych do świadczenia usług komunikacji miejskiej powinna spełniać najniższe normy emisji spalin, które przyczynią się do wspierania przedsięwzięć proekologicznych.

5. OSZACOWANIE EFEKTÓW ŚRODOWISKOWYCH ZWIĄZANYCH Z EMISJĄ SZKODLIWYCH SUBSTANCJI DLA ŚRODOWISKA NATURALNEGO I ZDROWIA LUDZI

5.1. Koszty społeczne emisji gazów cieplarnianych (CO₂)

Ocena zanieczyszczenia powietrza umożliwia określenie wartości ekonomicznej oddziaływań wynikających z wymiany taboru na pojazdy o napędzie zeroemisyjnym. Kolejne zagrożenie - zanieczyszczenia pyłowe powietrza wynikające przede wszystkim z tzw. niskiej emisji. Według badań przeprowadzonych w 2016 r. przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska wynika, że w aglomeracji trójmiejskiej nastąpiło tylko przekroczenie poziomów dopuszczalnych pyłu zawieszonego i benzo(a)pirenu. W głównej mierze związane jest to ze spalaniem paliw stałych w celach grzewczych, a w szczególności w małych paleniskach indywidualnego sektora komunalno-bytowego. Badania ukazują, że problem przekroczenia poziomów dopuszczalnych benzo(a)pirenu dotyczy praktycznie wszystkich obszarów zurbanizowanych, co więcej nie tylko w województwie pomorskim, a także na obszarze całego kraju³. Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska kwalifikuje jakość powietrza jako wymagającą intensywnego monitorowania oraz podjęcia działań na rzecz ograniczenia emisji. Ogłoszenie przekroczenia dopuszczalnego poziomu zanieczyszczeń oznacza, że jakość powietrza nie jest dobra, ale nie wywołuje ciężkich skutków dla ludzkiego zdrowia.

Oddziaływania zanieczyszczenia powietrza dla wariantu bezinwestycyjnego i dla wszystkich inwestycyjnych to spójne oddziaływania generowane przez środki transportu publicznego na obszarze określonym w dokumencie. Na takie koszty składają się przede wszystkim:

- ujemny wpływ na zdrowie ludzkie (objawy chorób sercowo-naczyniowych lub związanych z układem oddechowym),
- starty moralne (dewastacja budynków lub obiektów), szkody środowiskowe (wzrost smogu w powietrzu (wariant bezinwestycyjny), wpływ na bioróżnorodność czy ekosystemy).

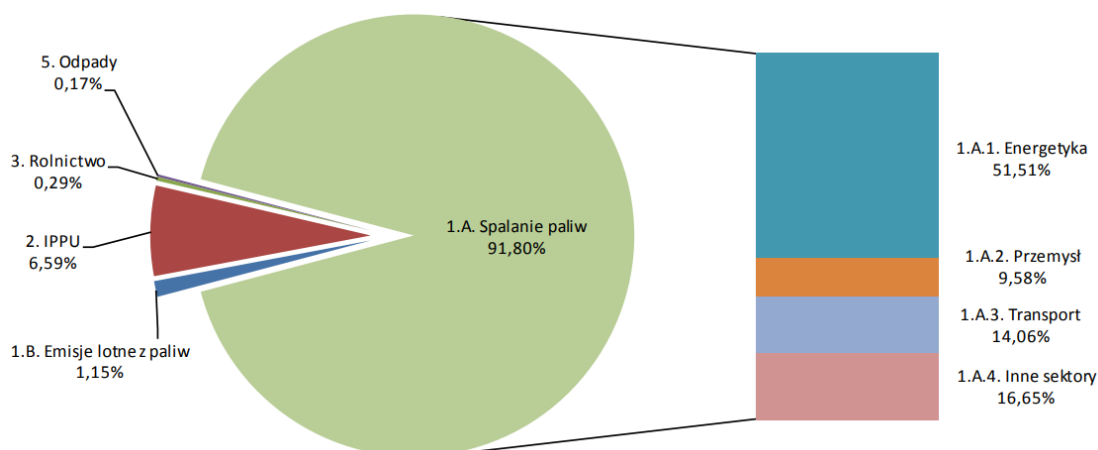
Pył zawieszony, zarówno PM₁₀ jak i PM_{2,5}, jest mieszaniną bardzo drobnych cząstek stałych i ciekłych, które mogą pochodzić z emisji bezpośredniej (pył pierwotny) lub też powstający w wyniku reakcji między substancjami znajdującymi się w atmosferze (pył wtórny). Pył wtórny to w głównej mierze zanieczyszczenia pyłowe powstające w wyniku reakcji i procesów zachodzących podczas transportu na duże odległości gazów (SO₂, NO_x, NH₃, i lotnych związków organicznych) oraz reemisja tj. unoszenie pyłu z podłoża (szczególnie na terenie miast). Analizując udział frakcji pyłu zawieszonego PM_{2,5} w pyłe zawieszonym PM₁₀ warto zwrócić uwagę, że jest on największy przy transporcie drogowym, gdzie stanowi ok. 90%.

³Inspekcja Ochrony Środowiska, Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Gdańsku „Raport o stanie środowiska w województwie pomorskim 2016”

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 czy zamiejski), stanu technicznego drogi.

Struktura emisji CO₂

Emisje z sektora transportu obejmują dwie podstawowe kategorie zanieczyszczeń: lokalne zanieczyszczenia powietrza oraz emisje gazów cieplarnianych (tzw. GHG). Zwłaszcza emisje GHG generują poważne i długoterminowe zmiany wiążące się z wymiernymi kosztami dla społeczeństwa. Z tego względu, główny cel polityki transportowej UE, zawarty w Białej Księdze z 2011 r., zakłada redukcję emisji GHG z sektora transportu w wysokości 60% do roku 2050. Sektorową strukturę emisji CO₂, wg aktualnie dostępnych danych (raport KOBIZE opublikowany w 2016 roku dla lat 1988-2014) przedstawia poniższy wykres.



Rysunek 2. Emisja dwutlenku węgla w 2014 r w Polsce

Źródło: Krajowy Raport Inwentaryzacyjny 2016- Inwentaryzacja gazów cieplarnianych dla lat 1988-2014, KOBIZE2016

Dominującym źródłem emisji tego gazu są procesy spalania paliw (91,8%), za ponad połowę emisji z tych procesów odpowiedzialny jest sektor energetyczny (51,5% ogólnej emisji CO₂ z procesu spalania paliw).

Tabela 19. Emisje CO₂ pochodzące ze spalania paliw - struktura sektorowa, lata 1990-2009

Sektory	1990	1995	2000	2005	2009
	%				
Przemysł energetyczny	61,9	52,1	56,4	56,2	53,7
Przemysł wytwórczy i budownictwo	11,7	17,2	13,2	10,0	9,7
Transport	6,7	7,8	9,9	11,3	14,1
Inne sektory	14,2	17,7	15,5	15,7	16,0

Źródło: Krajowy Raport Inwentaryzacyjny 2011- Inwentaryzacja gazów cieplarnianych dla lat 1988-2009, KOBIZE 2011.

W analizowanym okresie od roku 1990 wystąpił znaczący wzrost udziału emisji CO₂ z sektora transportu. Zmniejszył się natomiast udział emisji z sektora energetycznego.

Sektor transportu jest kluczowy dla rozwoju polskiej gospodarki i naszych miast. Z drugiej strony jest sektorem o dużym wpływie na środowisko naturalne, a przez to i warunki zdrowotne w miastach. Dodatkowo, na poziomie Unii Europejskiej transport miejski jest odpowiedzialny za ok. 40% emisji CO₂ z transportu drogowego. Dlatego też Unia Europejska podejmuje skoordynowane działania na rzecz ograniczenia tego szkodliwego wpływu poprzez integrację polityki transportowej z polityką ekologiczną. Efektem tych działań jest m. in.: zaostrzanie norm dotyczących emisji spalin, promocja alternatywnych źródeł energii (np. biopaliw) oraz promocja efektywnych energetycznie środków transportu.

Rodzaje efektów zewnętrznych transportu

Kosztami zewnętrznymi transportu są wszelkie koszty zużycia środków służących do wytworzenia usługi transportowej, które nie są ponoszone przez kupującego i wytwórcę usługi, ale przez podmiot trzeci, czyli ogół społeczeństwa. Tzn., jeśli występują negatywne skutki zewnętrzne danej działalności i nie są one rekompensowane w cenie usługi, to związane z nimi koszty są ponoszone przede wszystkim przez środowisko, a nie przez wytwórcę czy użytkownika.

Do kosztów zewnętrznych wliczane są koszty związane z negatywnymi dla środowiska naturalnego i życia człowieka skutkami działalności transportu:

- zanieczyszczenie powietrza, wody i gleby;
- emisja hałasu;
- wypadki transportowe (część nie pokryta przez system ubezpieczeń i odszkodowań);
- zajętość terenu.

W wyniku spalania paliw w silnikach różnych środków transportu emitowane są do środowiska różne zanieczyszczenia źle wpływające na środowisko naturalne. W głównej mierze związki te wpływają negatywnie na zdrowie i jakość życia człowieka. Stan zdrowia mieszkańców uzależniony jest od warunków społeczno-ekonomicznych, stylu życia mieszkańców, jakości środowiska w miejscu zamieszkania i pracy, poziomu zabezpieczenia potrzeb zdrowotnych i socjalnych. Takie reakcje chemiczne powodują emitowanie do środowiska m.in.: tlenków węgla, węglowodorów, tlenków azotu, ołowiu, sadzy, dwutlenku siarki. Z motoryzacji do substancji, które zanieczyszczają środowisko należą: azbest, kadm, chrom, fenol, węglowodory, wanad, olefiny, dioksyny i ozon. Biorąc pod uwagę ogólny bilans substancji emitowanych do środowiska, zanieczyszczenia z emisji spalin nie są wielkim procentem. Natomiast głównym powodem zanieczyszczeń jest ruch samochodowy na obszarach o wysokiej gęstości zaludnienia, najbardziej narażone są centralne punkty miast.

Transport sam w sobie doprowadza do przyczyn degradacji środowiska naturalnego i źle wpływa na zdrowie człowieka. W skali Unii Europejskiej jest źródłem niemal 54% całkowitej emisji tlenków azotu, 45% tlenku węgla, 23% niemetanowych lotnych związków organicznych (NMLZO) oraz 23% pyłów PM₁₀ i 28% pyłów PM_{2,5} (cząstek stałych o średnicy odpowiednio 10 i 2,5 µm). Odpowiada również za ponad 41% emisji prekursorów ozonu troposferycznego oraz 23% emisji CO₂ i niemal 20% innych gazów cieplarnianych.

Wprowadzanie pojazdów o napędzie zeroemisyjnym traktowane jest jako podstawa zrównoważonej mobilności, ochrony środowiska i równocześnie dywersyfikacji energetycznej. Wzrost udziału pojazdów elektrycznych w realizacji zadań przewozowych w miastach ma szczególne znaczenie w związku z niewydzielaniem szkodliwych substancji do środowiska w miejscu realizacji usług, w tym emisji CO₂ i hałasu.

5.2. 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. Rada Europejska potwierdziła, że do 2050 roku planuje się ograniczenie emisji gazów cieplarnianych o 80-95% w stosunku do roku 1990. 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, niedobór energii oraz zdrowie i starzenie się społeczeństwa.

Zamiana napędu spalinowego na elektryczny pozwala na podniesienie jakości wdychanego powietrza. Znaczące korzyści są zauważalne w przypadku zredukowania poziomu emisji, a także przeniesienia ich poza obszary o największym zaludnieniu. W obszarach zurbanizowanych, o wysokiej intensywności zaludnienia oraz w centrach miast wydzielanie spalin i CO₂ do atmosfery zostaje zredukowane poprzez wprowadzanie autobusów elektrycznych. Używanie napędu elektrycznego pozwala na odzyskanie energii podczas hamowania, co korzystnie wpływa na obniżenie poziomu zanieczyszczeń wytwarzających się podczas procesu ścierania klocków hamulcowych. 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 zeru. Takie samochody to nie tylko zmniejszenie emisji szkodliwych zanieczyszczeń i dwutlenku węgla, ale również znaczące obniżenie kosztów eksploatacji.

5.3. Koszty społeczne emisji hałasu

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.

Koszty te trudno jednak oszacować, gdyż hałas transportowy jako przyczyna strat jest trudny do wyizolowania od innych źródeł hałasu, jak też od innych negatywnych czynników wpływających na zdrowie człowieka.

Wpływ hałasu komunikacyjnego obejmuje coraz większą liczbę mieszkańców. Jest to zjawisko niepożądane, powoduje rozdrażnienie, uczucie znużenia i zmęczenia całego organizmu, a 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.

Wskutek hałasu drogowego człowiek nie ma możliwości odpoczynku od tego bodźca, a co za tym idzie brak możliwości zregenerowania organu słuchu. Prowadzi to do systematycznego osłabienia słuchu oraz przesunięcia progu słyszenia. Dane epidemiologiczne wskazują, że hałas jest czynnikiem rozwoju ryzyka chorób krążeniowo-naczyniowych. Wyniki badań pokazują symptomy rozdrażnienia, niepokoju z powodu niedokrwienia serca. Najwięcej osób dorosłych chorowało na choroby układu krążenia, choroby obwodowego układu nerwowego. W zachorowalności dominują choroby: układu krążenia, układu mięśniowo-kostnego i tkanki łącznej.

Napęd elektryczny pomaga w głównej mierze zredukować poziom hałasu w centrach miast, co łącznie z brakiem emisji znacząco podniesie komfort życia mieszkańców. Przewagą tych pojazdów jest fakt, iż są całkowicie bezemisyjne, czyli ekologiczne. Są niezwykle ciche, co ma duże znaczenie zarówno dla samych pasażerów takiego autobusu, ale także dla zewnętrznego otoczenia. Wskaźnik poziom hałasu w centrach miast przy wykorzystaniu autobusów elektrycznych spadłby diametralnie.

5.4. Efektywność ekonomiczno-społeczna inwestycji

Zmiany związane z wymianą taboru na elektryczny na ogół oznaczają zmniejszenie kosztów eksploatacji tych pojazdów. Ma to związek ze zmniejszającymi się m.in.:

- cenami paliwa,
- kosztami napraw pojazdów elektrycznych.

Ocena zmian kosztów eksploatacji pojazdów i ich utrzymania polega w głównej mierze na oznaczeniu, które elementy całkowitych kosztów systemu transportu publicznego ulegną zmianie w procesie realizacji dokumentu. Jednostkowe ekonomiczne koszty eksploatacji pojazdów dla poszczególnej kategorii pojazdów wylicza się w zależności do prędkości, stanu nawierzchni, stopnia nachylenia dróg, możliwości wystąpienia kongestii oraz gęstości przystanków autobusowych. Według badań Standardised On-Road Test (SORT), pomiary zużycia paliwa pokazują: przejechanie trasy z wykorzystaniem 100 kWh energii, czy to w postaci paliwa płynnego, czy energii elektrycznej, pozwala pojazdom o napędzie konwencjonalnym na pokonanie ok. 22 km. Autobusem o napędzie zeroemisyjnym przy bardzo niekorzystnych warunkach przejedziemy ok. 40 km. W przypadku korzystnych warunków dystans ten wydłuża się nawet podwójnie.

6. WYNIKI

6.1. Analiza ekonomiczno-finansowa

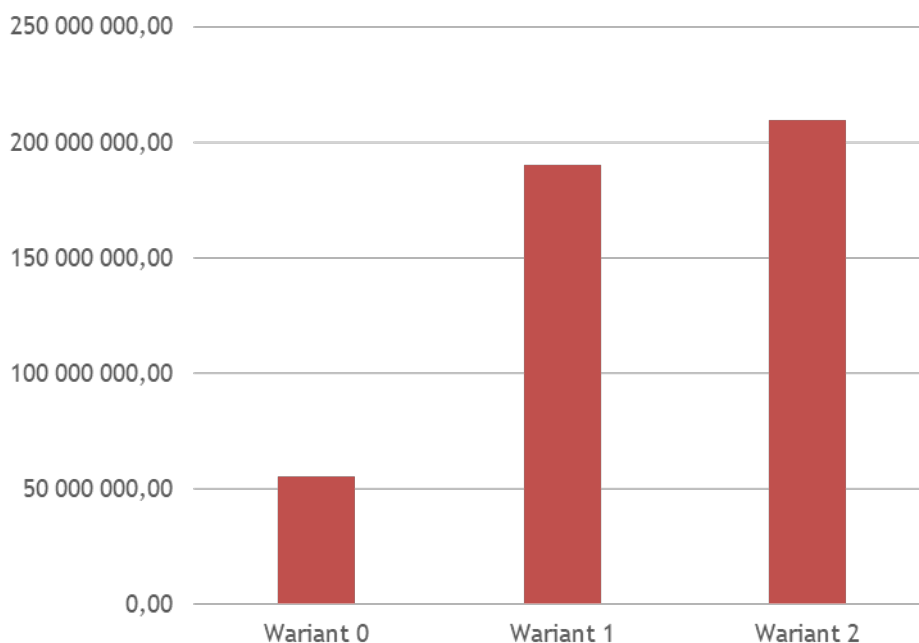
Analizę przedstawiono w modelu różnicowym, tj. zakładającym zmiany poszczególnych parametrów inwestycji (wartości nakładów inwestycyjnych, kosztów bieżącego funkcjonowania taboru) wskazując efekty przyrostowe danych wariantów.

Rozważane są trzy rodzaje inwestycji, w tym:

- wariant 0: wymiana taboru na nowy o napędzie konwencjonalnym (diesla),
- wariant 1: wymiana taboru na nowy o napędzie elektrycznym,
- wariant 2: wymiana taboru na nowy o napędzie wodorowym.

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

Na wykresach i w tabelach wskazano wartości dla poszczególnych wariantów.

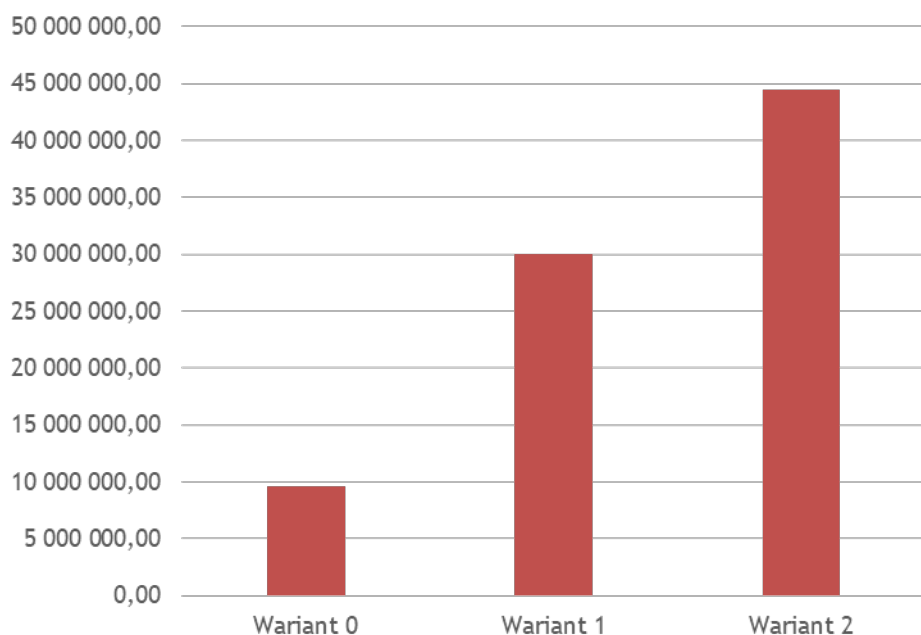


Wykres 21. Wartość nakładów inwestycyjnych dla wariantu 0, 1 i 2 - GAI T [PLN]

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GAI T.

Tabela 20. Wartość nakładów inwestycyjnych dla wariantu 0, 1 i 2 - GAIŁ [PLN]

Wyszczególnienie	2021	2023	2025	2028
Wydatki inwestycyjne				
Wariant 0	9 600 000,00	8 800 000,00	18 400 000,00	18 400 000,00
Inwestycja w środki transportu	9 600 000,00	8 800 000,00	18 400 000,00	18 400 000,00
Autobusy spalinowe	9 600 000,00	8 800 000,00	18 400 000,00	18 400 000,00
Liczba autobusów	12,00	11,00	23,00	23,00
Cena jednostkowa	800 000,00	800 000,00	800 000,00	800 000,00
Wariant 1	31 600 000,00	31 100 000,00	65 200 000,00	62 200 000,00
Inwestycja w środki transportu	30 000 000,00	29 000 000,00	62 500 000,00	59 000 000,00
MAXI	30 000 000,00	20 000 000,00	32 500 000,00	50 000 000,00
Liczba autobusów	12,00	8,00	13,00	20,00
Cena jednostkowa	2 500 000,00	2 500 000,00	2 500 000,00	2 500 000,00
MEGA	0,00	9 000 000,00	30 000 000,00	9 000 000,00
Liczba autobusów	0,00	3,00	10,00	3,00
Cena jednostkowa	3 000 000,00	3 000 000,00	3 000 000,00	3 000 000,00
Inwestycja w infrastrukturę towarzyszącą	1 600 000,00	2 100 000,00	2 700 000,00	3 200 000,00
Ładowarka plug-in	600 000,00	600 000,00	1 200 000,00	1 200 000,00
Liczba stanowisk	6,00	6,00	12,00	12,00
Cena jednostkowa	100 000,00	100 000,00	100 000,00	100 000,00
Ładowarka pantografowa	1 000 000,00	1 500 000,00	1 500 000,00	2 000 000,00
Liczba stanowisk	2,00	3,00	3,00	4,00
Cena jednostkowa	500 000,00	500 000,00	500 000,00	500 000,00
Wariant 2	42 000 000,00	41 000 000,00	80 500 000,00	80 500 000,00
Inwestycja w środki transportu	42 000 000,00	38 500 000,00	80 500 000,00	80 500 000,00
Autobusy o napędzie wodorowym	42 000 000,00	38 500 000,00	80 500 000,00	80 500 000,00
Liczba autobusów	12,00	11,00	23,00	23,00
Cena jednostkowa	3 500 000,00	3 500 000,00	3 500 000,00	3 500 000,00
Inwestycja w infrastrukturę towarzyszącą	0,00	2 500 000,00	0,00	0,00
Liczba stanowisk	0,00	1,00	0,00	0,00
Cena jednostkowa	2 500 000,00	2 500 000,00	2 500 000,00	2 500 000,00



Wykres 22. Wartość nakładów inwestycyjnych dla wariantu 0, 1 i 2 - BP TOUR [PLN]
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych BP TOUR.

Tabela 21. Wartość nakładów inwestycyjnych dla wariantu 0, 1 i 2 - BP [PLN]

Wyszczególnienie	2021	2023	2025	2028
Wydatki inwestycyjne				
Wariant 0	1 600 000,00	1 600 000,00	3 200 000,00	3 200 000,00
Inwestycja w środki transportu	1 600 000,00	1 600 000,00	3 200 000,00	3 200 000,00
Autobusy spalinowe	1 600 000,00	1 600 000,00	3 200 000,00	3 200 000,00
Liczba autobusów	2,00	2,00	4,00	4,00
Cena jednostkowa	800 000,00	800 000,00	800 000,00	800 000,00
Wariant 1	5 000 000,00	5 000 000,00	10 000 000,00	10 000 000,00
Inwestycja w środki transportu	5 000 000,00	5 000 000,00	10 000 000,00	10 000 000,00
MAXI	5 000 000,00	5 000 000,00	10 000 000,00	10 000 000,00
Liczba autobusów	2,00	2,00	4,00	4,00
Cena jednostkowa	2 500 000,00	2 500 000,00	2 500 000,00	2 500 000,00
MEGA	0,00	0,00	0,00	0,00
Liczba autobusów				
Cena jednostkowa	2 600 000,00	2 600 000,00	2 600 000,00	2 600 000,00
Wariant 2	7 000 000,00	9 500 000,00	14 000 000,00	14 000 000,00
Inwestycja w środki transportu	7 000 000,00	7 000 000,00	14 000 000,00	14 000 000,00
Autobusy o napędzie wodorowym	7 000 000,00	7 000 000,00	14 000 000,00	14 000 000,00
Liczba autobusów	2,00	2,00	4,00	4,00
Cena jednostkowa	3 500 000,00	3 500 000,00	3 500 000,00	3 500 000,00
Inwestycja w infrastrukturę towarzyszącą	0,00	2 500 000,00	0,00	0,00
Liczba stanowisk	0,00	1,00	0,00	0,00
Cena jednostkowa	2 500 000,00	2 500 000,00	2 500 000,00	2 500 000,00

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych BP TOUR.

Wydatki eksploatacyjne, które będą podlegały zmianie z uwagi na planowane inwestycje, w tym: koszt paliwa, energii elektrycznej, naprawy, konserwacje - określono w tabelach.

Tabela 22. Wartość wydatków eksploatacyjnych GAIiT dla wariantu 0, 1 i 2 w latach 2021-2025 [PLN]

Wyszczególnienie	2021	2022	2023	2024	2025
Wydatki eksploatacyjne					
Wariant 0	1 555 115,44	1 561 115,44	3 003 637,93	3 015 137,93	6 053 275,87
Paliwo	1 525 115,44	1 525 115,44	2 923 137,93	2 923 137,93	5 846 275,87
Liczba wzkm	794 330,96	794 330,96	1 522 467,67	1 522 467,67	3 044 935,35
Koszt paliwa na wzkm	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92
Naprawy i konserwacje	30 000,00	36 000,00	80 500,00	92 000,00	207 000,00
Liczba autobusów	12,00	12,00	23,00	23,00	46,00
Koszty napraw i konserwacji na autobus	2 500,00	3 000,00	3 500,00	4 000,00	4 500,00
Wariant 1	632 372,48	632 372,48	1 212 047,25	1 212 047,25	2 424 094,51
Koszt energii	620 372,48	620 372,48	1 189 047,25	1 189 047,25	2 378 094,51
Liczba wzkm	794 330,96	794 330,96	1 522 467,67	1 522 467,67	3 044 935,35
Koszt energii elektr. na wzkm	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78
Naprawy i konserwacje	12 000,00	12 000,00	23 000,00	23 000,00	46 000,00
Liczba autobusów	12,00	12,00	23,00	23,00	46,00
Koszty napraw i konserwacji na autobus	1 000,00	1 000,00	1 000,00	1 000,00	1 000,00
Baterie	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Liczba autobusów	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cena jednostkowa	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Wariant 2	1 942 394,30	1 942 394,30	3 722 922,42	3 722 922,42	7 445 844,84
Koszt energii	1 906 394,30	1 906 394,30	3 653 922,42	3 653 922,42	7 307 844,84
Liczba wzkm	794 330,96	794 330,96	1 522 467,67	1 522 467,67	3 044 935,35
Koszt paliwa na wzkm	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40
Naprawy i konserwacje	36 000,00	36 000,00	69 000,00	69 000,00	138 000,00
Liczba autobusów	12,00	12,00	23,00	23,00	46,00
Koszty napraw i konserwacji na autobus	3 000,00	3 000,00	3 000,00	3 000,00	3 000,00

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GAIiT.

Tabela 23. Wartość wydatków eksploatacyjnych GAI T dla wariantu 0, 1 i 2 w latach 2026-2030 [PLN]

Wyszczególnienie	2026	2027	2028	2029	2030
Wydatki eksploatacyjne					
Wariant 0	6 076 275,87	6 099 275,87	9 183 413,80	9 217 913,80	9 252 413,80
Paliwo	5 846 275,87	5 846 275,87	8 769 413,80	8 769 413,80	8 769 413,80
Liczba wzkm	3 044 935,35	3 044 935,35	4 567 403,02	4 567 403,02	4 567 403,02
Koszt paliwa na wzkm	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92
Naprawy i konserwacje	230 000,00	253 000,00	414 000,00	448 500,00	483 000,00
Liczba autobusów	46,00	46,00	69,00	69,00	69,00
Koszty napraw i konserwacji na autobus	5 000,00	5 500,00	6 000,00	6 500,00	7 000,00
Wariant 1	2 424 094,51	2 424 094,51	3 636 141,76	10 836 141,76	3 636 141,76
Koszt energii	2 378 094,51	2 378 094,51	3 567 141,76	3 567 141,76	3 567 141,76
Liczba wzkm	3 044 935,35	3 044 935,35	4 567 403,02	4 567 403,02	4 567 403,02
Koszt energii elektr. na wzkm	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78
Naprawy i konserwacje	46 000,00	46 000,00	69 000,00	69 000,00	69 000,00
Liczba autobusów	46,00	46,00	69,00	69,00	69,00
Koszty napraw i konserwacji na autobus	1 000,00	1 000,00	1 000,00	1 000,00	1 000,00
Baterie	0,00	0,00	0,00	7 200 000,00	0,00
Liczba autobusów	0,00	0,00	0,00	12,00	0,00
Cena jednostkowa	0,00	0,00	0,00	600 000,00	600 000,00
Wariant 2	7 445 844,84	7 445 844,84	11 168 767,25	11 168 767,25	11 168 767,25
Koszt energii	7 307 844,84	7 307 844,84	10 961 767,25	10 961 767,25	10 961 767,25
Liczba wzkm	3 044 935,35	3 044 935,35	4 567 403,02	4 567 403,02	4 567 403,02
Koszt paliwa na wzkm	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40
Naprawy i konserwacje	138 000,00	138 000,00	207 000,00	207 000,00	207 000,00
Liczba autobusów	46,00	46,00	69,00	69,00	69,00
Koszty napraw i konserwacji na autobus	3 000,00	3 000,00	3 000,00	3 000,00	3 000,00

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GAI T.

Tabela 24. Wartość wydatków eksploatacyjnych GAI T dla wariantu 0, 1 i 2 w latach 2031-2035 [PLN]

Wyszczególnienie	2031	2032	2033	2034	2035
Wydatki eksploatacyjne					
Wariant 0	9 286 913,80	9 321 413,80	9 355 913,80	9 390 413,80	9 424 913,80
Paliwo	8 769 413,80	8 769 413,80	8 769 413,80	8 769 413,80	8 769 413,80
Liczba wzkm	4 567 403,02	4 567 403,02	4 567 403,02	4 567 403,02	4 567 403,02
Koszt paliwa na wzkm	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92
Naprawy i konserwacje	517 500,00	552 000,00	586 500,00	621 000,00	655 500,00
Liczba autobusów	69,00	69,00	69,00	69,00	69,00
Koszty napraw i konserwacji na autobus	7 500,00	8 000,00	8 500,00	9 000,00	9 500,00
Wariant 1	10 236 141,76	3 636 141,76	17 436 141,76	3 636 141,76	3 636 141,76
Koszt energii	3 567 141,76	3 567 141,76	3 567 141,76	3 567 141,76	3 567 141,76
Liczba wzkm	4 567 403,02	4 567 403,02	4 567 403,02	4 567 403,02	4 567 403,02
Koszt energii elektr. na wzkm	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78
Naprawy i konserwacje	69 000,00	69 000,00	69 000,00	69 000,00	69 000,00
Liczba autobusów	69,00	69,00	69,00	69,00	69,00
Koszty napraw i konserwacji na autobus	1 000,00	1 000,00	1 000,00	1 000,00	1 000,00
Baterie	6 600 000,00	0,00	13 800 000,00	0,00	0,00
Liczba autobusów	11,00	0,00	23,00	0,00	0,00
Cena jednostkowa	600 000,00	600 000,00	600 000,00	600 000,00	600 000,00
Wariant 2	11 168 767,25	11 168 767,25	11 168 767,25	11 168 767,25	11 168 767,25
Koszt energii	10 961 767,25	10 961 767,25	10 961 767,25	10 961 767,25	10 961 767,25
Liczba wzkm	4 567 403,02	4 567 403,02	4 567 403,02	4 567 403,02	4 567 403,02
Koszt paliwa na wzkm	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40
Naprawy i konserwacje	207 000,00	207 000,00	207 000,00	207 000,00	207 000,00
Liczba autobusów	69,00	69,00	69,00	69,00	69,00
Koszty napraw i konserwacji na autobus	3 000,00	3 000,00	3 000,00	3 000,00	3 000,00

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GAI T.

Tabela 25. Wartość wydatków eksploatacyjnych BP TOUR dla wariantu 0, 1 i 2 w latach 2021-2025 [PLN]

Wyszczególnienie	2021	2022	2023	2024	2025
Wydatki eksploatacyjne					
Wariant 0	227 984,39	228 984,39	459 968,78	461 968,78	927 937,56
Paliwo	222 984,39	222 984,39	445 968,78	445 968,78	891 937,56
Liczba wzkm	126 695,68	126 695,68	253 391,35	253 391,35	506 782,70
Koszt paliwa na wzkm	1,76	1,76	1,76	1,76	1,76
Naprawy i konserwacje	5 000,00	6 000,00	14 000,00	16 000,00	36 000,00
Liczba autobusów	2,00	2,00	4,00	4,00	8,00
Koszty napraw i konserwacji na autobus	2 500,00	3 000,00	3 500,00	4 000,00	4 500,00
Wariant 1	91 953,93	91 953,93	183 907,86	183 907,86	367 815,72
Koszt energii	89 953,93	89 953,93	179 907,86	179 907,86	359 815,72
Liczba wzkm	126 695,68	126 695,68	253 391,35	253 391,35	506 782,70
Koszt energii elektr. na wzkm	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71
Naprawy i konserwacje	2 000,00	2 000,00	4 000,00	4 000,00	8 000,00
Liczba autobusów	2,00	2,00	4,00	4,00	8,00
Koszty napraw i konserwacji na autobus	1 000,00	1 000,00	1 000,00	1 000,00	1 000,00
Baterie	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Liczba autobusów	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cena jednostkowa	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Wariant 2	310 069,62	310 069,62	620 139,24	620 139,24	1 240 278,49
Koszt energii	304 069,62	304 069,62	608 139,24	608 139,24	1 216 278,49
Liczba wzkm	126 695,68	126 695,68	253 391,35	253 391,35	506 782,70
Koszt paliwa na wzkm	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40
Naprawy i konserwacje	6 000,00	6 000,00	12 000,00	12 000,00	24 000,00
Liczba autobusów	2,00	2,00	4,00	4,00	8,00
Koszty napraw i konserwacji na autobus	3 000,00	3 000,00	3 000,00	3 000,00	3 000,00

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych BP TOUR.

Tabela 26. Wartość wydatków eksploatacyjnych BP TOUR dla wariantu 0, 1 i 2 w latach 2026-2030 [PLN]

Wyszczególnienie	2026	2027	2028	2029	2030
Wydatki eksploatacyjne					
Wariant 0	931 937,56	935 937,56	1 409 906,34	1 415 906,34	1 421 906,34
Paliwo	891 937,56	891 937,56	1 337 906,34	1 337 906,34	1 337 906,34
Liczba wzkm	506 782,70	506 782,70	760 174,05	760 174,05	760 174,05
Koszt paliwa na wzkm	1,76	1,76	1,76	1,76	1,76
Naprawy i konserwacje	40 000,00	44 000,00	72 000,00	78 000,00	84 000,00
Liczba autobusów	8,00	8,00	12,00	12,00	12,00
Koszty napraw i konserwacji na autobus	5 000,00	5 500,00	6 000,00	6 500,00	7 000,00
Wariant 1	367 815,72	367 815,72	551 723,58	1 751 723,58	551 723,58
Koszt energii	359 815,72	359 815,72	539 723,58	539 723,58	539 723,58
Liczba wzkm	506 782,70	506 782,70	760 174,05	760 174,05	760 174,05
Koszt energii elektr. na wzkm	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71
Naprawy i konserwacje	8 000,00	8 000,00	12 000,00	12 000,00	12 000,00
Liczba autobusów	8,00	8,00	12,00	12,00	12,00
Koszty napraw i konserwacji na autobus	1 000,00	1 000,00	1 000,00	1 000,00	1 000,00
Baterie	0,00	0,00	0,00	1 200 000,00	0,00
Liczba autobusów	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00
Cena jednostkowa	0,00	0,00	0,00	600 000,00	600 000,00
Wariant 2	1 240 278,49	1 240 278,49	1 860 417,73	1 860 417,73	1 860 417,73
Koszt energii	1 216 278,49	1 216 278,49	1 824 417,73	1 824 417,73	1 824 417,73
Liczba wzkm	506 782,70	506 782,70	760 174,05	760 174,05	760 174,05
Koszt paliwa na wzkm	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40
Naprawy i konserwacje	24 000,00	24 000,00	36 000,00	36 000,00	36 000,00
Liczba autobusów	8,00	8,00	12,00	12,00	12,00
Koszty napraw i konserwacji na autobus	3 000,00	3 000,00	3 000,00	3 000,00	3 000,00

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych BP TOUR.

Tabela 27. Wartość wydatków eksploatacyjnych BP TOUR dla wariantu 0, 1 i 2 w latach 2031-2035 [PLN]

Wyszczególnienie	2031	2032	2033	2034	2035
Wydatki eksploatacyjne					
Wariant 0	1 427 906,34	1 433 906,34	1 439 906,34	1 445 906,34	1 451 906,34
Paliwo	1 337 906,34	1 337 906,34	1 337 906,34	1 337 906,34	1 337 906,34
Liczba wzkm	760 174,05	760 174,05	760 174,05	760 174,05	760 174,05
Koszt paliwa na wzkm	1,76	1,76	1,76	1,76	1,76
Naprawy i konserwacje	90 000,00	96 000,00	102 000,00	108 000,00	114 000,00
Liczba autobusów	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
Koszty napraw i konserwacji na autobus	7 500,00	8 000,00	8 500,00	9 000,00	9 500,00
Wariant 1	1 751 723,58	551 723,58	2 951 723,58	551 723,58	551 723,58
Koszt energii	539 723,58	539 723,58	539 723,58	539 723,58	539 723,58
Liczba wzkm	760 174,05	760 174,05	760 174,05	760 174,05	760 174,05
Koszt energii elektr. na wzkm	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71
Naprawy i konserwacje	12 000,00	12 000,00	12 000,00	12 000,00	12 000,00
Liczba autobusów	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
Koszty napraw i konserwacji na autobus	1 000,00	1 000,00	1 000,00	1 000,00	1 000,00
Baterie	1 200 000,00	0,00	2 400 000,00	0,00	0,00
Liczba autobusów	2,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Cena jednostkowa	600 000,00	600 000,00	600 000,00	600 000,00	600 000,00
Wariant 2	1 860 417,73	1 860 417,73	1 860 417,73	1 860 417,73	1 860 417,73
Koszt energii	1 824 417,73	1 824 417,73	1 824 417,73	1 824 417,73	1 824 417,73
Liczba wzkm	760 174,05	760 174,05	760 174,05	760 174,05	760 174,05
Koszt paliwa na wzkm	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40
Naprawy i konserwacje	36 000,00	36 000,00	36 000,00	36 000,00	36 000,00
Liczba autobusów	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
Koszty napraw i konserwacji na autobus	3 000,00	3 000,00	3 000,00	3 000,00	3 000,00

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych BP TOUR .

Do obliczenia korzyści płynących z wymiany taboru wykorzystano różnice między planowanymi wartościami nakładów inwestycyjnych, nakładów eksploatacyjnych i przepływów pieniężnych dla wariantu 1 i 2 względem wariantu 0.

Model różnicowy między wariantami w zakresie wydatków inwestycyjnych, eksploatacyjnych i przepływów pieniężnych wskazano w tabelach.

Tabela 28. Wartość nakładów inwestycyjnych, nakładów eksploatacyjnych i przepływów pieniężnych GAIiT dla wariantu 1 i 2 (model różnicowy) w latach 2021-2025 [PLN]

Wyszczególnienie	2021	2022	2023	2024	2025
Analiza finansowa - model różnicowy					
Wydatki inwestycyjne					
Wariant 1	22 000 000,00	0,00	22 300 000,00	0,00	46 800 000,00
Wariant 2	26 400 000,00	0,00	26 700 000,00	0,00	50 600 000,00
Wydatki eksploatacyjne					
Wariant 1	-922 742,96	-928 742,96	-1 791 590,68	-1 803 090,68	-3 629 181,36
Wariant 2	387 278,86	381 278,86	719 284,48	707 784,48	1 392 568,97
Przepływy pieniężne					
Wariant 1	-21 077 257,04	928 742,96	-20 508 409,32	1 803 090,68	-43 170 818,64
Wariant 2	-26 787 278,86	-381 278,86	-27 419 284,48	-707 784,48	-51 992 568,97

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GAIiT.

Tabela 29. Wartość nakładów inwestycyjnych, nakładów eksploatacyjnych i przepływów pieniężnych GAIiT dla wariantu 1 i 2 (model różnicowy) w latach 2026-2030 [PLN]

Wyszczególnienie	2026	2027	2028	2029	2030
Analiza finansowa - model różnicowy					
Wydatki inwestycyjne					
Wariant 1	0,00	0,00	43 800 000,00	0,00	0,00
Wariant 2	0,00	0,00	50 600 000,00	0,00	0,00
Wydatki eksploatacyjne					
Wariant 1	-3 652 181,36	-3 675 181,36	-5 547 272,04	1 618 227,96	-5 616 272,04
Wariant 2	1 369 568,97	1 346 568,97	1 985 353,45	1 950 853,45	1 916 353,45
Przepływy pieniężne					
Wariant 1	3 652 181,36	3 675 181,36	-38 252 727,96	-1 618 227,96	5 616 272,04
Wariant 2	-1 369 568,97	-1 346 568,97	-52 585 353,45	-1 950 853,45	-1 916 353,45

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GAIiT.

Tabela 30. Wartość nakładów inwestycyjnych, nakładów eksploatacyjnych i przepływów pieniężnych GAIiT dla wariantu 1 i 2 (model różnicowy) w latach 2031-2035 [PLN]

Wyszczególnienie	2031	2032	2033	2034	2035
Analiza finansowa - model różnicowy					
Wydatki inwestycyjne					
Wariant 1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Wariant 2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Wydatki eksploatacyjne					
Wariant 1	949 227,96	-5 685 272,04	8 080 227,96	-5 754 272,04	-5 788 772,04
Wariant 2	1 881 853,45	1 847 353,45	1 812 853,45	1 778 353,45	1 743 853,45
Przepływy pieniężne					
Wariant 1	-949 227,96	5 685 272,04	-8 080 227,96	5 754 272,04	5 788 772,04
Wariant 2	-1 881 853,45	-1 847 353,45	-1 812 853,45	-1 778 353,45	-1 743 853,45

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GAIiT.

Tabela 31. Wartość nakładów inwestycyjnych, nakładów eksploatacyjnych i przepływów pieniężnych BP TOUR dla wariantu 1 i 2 (model różnicowy) w latach 2021-2025 [PLN]

Wyszczególnienie	2021	2022	2023	2024	2025
Analiza finansowa - model różnicowy					
Wydatki inwestycyjne					
Wariant 1	3 400 000,00	0,00	3 400 000,00	0,00	6 800 000,00
Wariant 2	5 400 000,00	0,00	7 900 000,00	0,00	10 800 000,00
Wydatki eksploatacyjne					
Wariant 1	-136 030,46	-137 030,46	-276 060,92	-278 060,92	-560 121,84
Wariant 2	82 085,23	81 085,23	160 170,46	158 170,46	312 340,93
Przepływy pieniężne					
Wariant 1	-3 263 969,54	137 030,46	-3 123 939,08	278 060,92	-6 239 878,16
Wariant 2	-5 482 085,23	-81 085,23	-8 060 170,46	-158 170,46	-11 112 340,93

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych BP TOUR.

Tabela 32. Wartość nakładów inwestycyjnych, nakładów eksploatacyjnych i przepływów pieniężnych BP TOUR dla wariantu 1 i 2 (model różnicowy) w latach 2026-2030 [PLN]

Wyszczególnienie	2026	2027	2028	2029	2030
Analiza finansowa - model różnicowy					
Wydatki inwestycyjne					
Wariant 1	0,00	0,00	6 800 000,00	0,00	0,00
Wariant 2	0,00	0,00	10 800 000,00	0,00	0,00
Wydatki eksploatacyjne					
Wariant 1	-564 121,84	-568 121,84	-858 182,76	335 817,24	-870 182,76
Wariant 2	308 340,93	304 340,93	450 511,39	444 511,39	438 511,39
Przepływy pieniężne					
Wariant 1	564 121,84	568 121,84	-5 941 817,24	-335 817,24	870 182,76
Wariant 2	-308 340,93	-304 340,93	-11 250 511,39	-444 511,39	-438 511,39

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych BP TOUR.

Tabela 33. Wartość nakładów inwestycyjnych, nakładów eksploatacyjnych i przepływów pieniężnych BP TOUR dla wariantu 1 i 2 (model różnicowy) w latach 2031-2035 [PLN]

Wyszczególnienie	2031	2032	2033	2034	2035
Analiza finansowa - model różnicowy					
Wydatki inwestycyjne					
Wariant 1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Wariant 2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Wydatki eksploatacyjne					
Wariant 1	323 817,24	-882 182,76	1 511 817,24	-894 182,76	-900 182,76
Wariant 2	432 511,39	426 511,39	420 511,39	414 511,39	408 511,39
Przepływy pieniężne					
Wariant 1	-323 817,24	882 182,76	-1 511 817,24	894 182,76	900 182,76
Wariant 2	-432 511,39	-426 511,39	-420 511,39	-414 511,39	-408 511,39

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych BP TOUR.

Prognozowane różnice wskazały na korzyści (oszczędności kosztów), które zostały zestawione z wyższymi nakładami inwestycyjnymi. Wartości mierników efektywności finansowej wskazano w tabeli.

Tabela 34. Ocena efektywności inwestycji GaiT [PLN]

Wyszczególnienie	
NPV	
Wariant 1	-80 045 671,82
Wariant 2	-131 729 926,93
IRR	
Wariant 1	Nieemożliwe do obliczenia
Wariant 2	Nieemożliwe do obliczenia

Źródło: opracowanie własne.

Dla wariantu 1 wartość NPV wyniosła -80 045 671,82PLN, a wariantu 2 -131 729 926,93PLN. Stopy IRR okazały się niemożliwe do obliczenia.

Z punktu widzenia oceny finansowej projektu, inwestycja w każdym z wariantów jest nieopłacalna (NPV<0).

Tabela 35. Ocena efektywności inwestycji BP TOUR [PLN]

Wyszczególnienie	
NPV	
Wariant 1	-12 336 519,48
Wariant 2	-29 909 997,39
IRR	
Wariant 1	-25,40%
Wariant 2	Nieemożliwe do obliczenia

Źródło: opracowanie własne.

Dla wariantu 1 wartość NPV wyniosła -12 336 519,48 PLN, a wariantu 2 -29 909 997,39 PLN. Stopa IRR dla wariantu 1 wyniosła -25,40%, a dla wariantu 2 okazała się niemożliwa do obliczenia.

Z punktu widzenia oceny finansowej projektu, inwestycja w każdym z wariantów jest nieopłacalna ($NPV < 0$).

6.2. Analiza środowiskowa i ekonomiczno-społeczna

Oszacowane efekty środowiskowe w jednostkach naturalnych wskazano w tabelach.

Tabela 36. Wartość (w jedn. naturalnych) efektów środowiskowych dla wariantu 1 i 2 w latach 2021-2025 - GAI T

Wyszczególnienie	2021	2022	2023	2024	2025
Efekty środowiskowe					
Wariant 1					
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - CO2 [t]	1 021,83	1 021,83	1 958,50	1 958,50	3 917,00
Liczba wzkm	794 330,96	794 330,96	1 522 467,67	1 522 467,67	3 044 935,35
Zużycie paliwa [l]	381 278,86	381 278,86	730 784,48	730 784,48	1 461 568,97
Emisja CO2 [kg/litr]	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68
Emisja CO2 [kg]	1 021 827,35	1 021 827,35	1 958 502,42	1 958 502,42	3 917 004,83
Emisja CO2 [t]	1 021,83	1 021,83	1 958,50	1 958,50	3 917,00
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - niższe warstwy [t]	1,75	1,75	3,35	3,35	6,70
NOx g/km	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20
Liczba wzkm	794 330,96	794 330,96	1 522 467,67	1 522 467,67	3 044 935,35
Wariant 2					
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - CO2 [t]	1 021,83	1 021,83	1 958,50	1 958,50	3 917,00
Liczba wzkm	794 330,96	794 330,96	1 522 467,67	1 522 467,67	3 044 935,35
Zużycie paliwa [l]	381 278,86	381 278,86	730 784,48	730 784,48	1 461 568,97
Emisja CO2 [kg/litr]	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68
Emisja CO2 [kg]	1 021 827,35	1 021 827,35	1 958 502,42	1 958 502,42	3 917 004,83
Emisja CO2 [t]	1 021,83	1 021,83	1 958,50	1 958,50	3 917,00
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - niższe warstwy [t]	0,00	1,75	3,35	3,35	6,70
NOx g/km	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20
Liczba wzkm	794 330,96	794 330,96	1 522 467,67	1 522 467,67	3 044 935,35

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 37. Wartość (w jedn. naturalnych) efektów środowiskowych dla wariantu 1 i 2 w latach 2026-2030 - GAI

Wyszczególnienie	2026	2027	2028	2029	2030
Efekty środowiskowe					
Wariant 1					
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - CO2 [t]	3 917,00	3 917,00	5 875,51	5 875,51	5 875,51
Liczba wzkm	3 044 935,35	3 044 935,35	4 567 403,02	4 567 403,02	4 567 403,02
Zużycie paliwa [l]	1 461 568,97	1 461 568,97	2 192 353,45	2 192 353,45	2 192 353,45
Emisja CO2 [kg/litr]	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68
Emisja CO2 [kg]	3 917 004,83	3 917 004,83	5 875 507,25	5 875 507,25	5 875 507,25
Emisja CO2 [t]	3 917,00	3 917,00	5 875,51	5 875,51	5 875,51
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - niższe warstwy [t]	6,70	6,70	10,05	10,05	10,05
NOx g/km	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20
Liczba wzkm	3 044 935,35	3 044 935,35	4 567 403,02	4 567 403,02	4 567 403,02
Wariant 2					
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - CO2 [t]	3 917,00	3 917,00	5 875,51	5 875,51	5 875,51
Liczba wzkm	3 044 935,35	3 044 935,35	4 567 403,02	4 567 403,02	4 567 403,02
Zużycie paliwa [l]	1 461 568,97	1 461 568,97	2 192 353,45	2 192 353,45	2 192 353,45
Emisja CO2 [kg/litr]	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68
Emisja CO2 [kg]	3 917 004,83	3 917 004,83	5 875 507,25	5 875 507,25	5 875 507,25
Emisja CO2 [t]	3 917,00	3 917,00	5 875,51	5 875,51	5 875,51
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - niższe warstwy [t]	6,70	6,70	10,05	10,05	10,05
NOx g/km	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20
Liczba wzkm	3 044 935,35	3 044 935,35	4 567 403,02	4 567 403,02	4 567 403,02

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 38. Wartość (w jedn. naturalnych) efektów środowiskowych dla wariantu 1 i 2 w latach 2031-2035 - GAI

Wyszczególnienie	2031	2032	2033	2034	2035
Efekty środowiskowe					
Wariant 1					
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - CO2 [t]	5 875,51	5 875,51	5 875,51	5 875,51	5 875,51
Liczba wzkm	4 567 403,02	4 567 403,02	4 567 403,02	4 567 403,02	4 567 403,02
Zużycie paliwa [l]	2 192 353,45	2 192 353,45	2 192 353,45	2 192 353,45	2 192 353,45
Emisja CO2 [kg/litr]	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68
Emisja CO2 [kg]	5 875 507,25	5 875 507,25	5 875 507,25	5 875 507,25	5 875 507,25
Emisja CO2 [t]	5 875,51	5 875,51	5 875,51	5 875,51	5 875,51
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - niższe warstwy [t]	10,05	10,05	10,05	10,05	10,05
NOx g/km	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20
Liczba wzkm	4 567 403,02	4 567 403,02	4 567 403,02	4 567 403,02	4 567 403,02
Wariant 2					
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - CO2 [t]	5 875,51	5 875,51	5 875,51	5 875,51	5 875,51
Liczba wzkm	4 567 403,02	4 567 403,02	4 567 403,02	4 567 403,02	4 567 403,02
Zużycie paliwa [l]	2 192 353,45	2 192 353,45	2 192 353,45	2 192 353,45	2 192 353,45
Emisja CO2 [kg/litr]	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68
Emisja CO2 [kg]	5 875 507,25	5 875 507,25	5 875 507,25	5 875 507,25	5 875 507,25
Emisja CO2 [t]	5 875,51	5 875,51	5 875,51	5 875,51	5 875,51
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - niższe warstwy [t]	10,05	10,05	10,05	10,05	10,05
NOx g/km	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20
Liczba wzkm	4 567 403,02	4 567 403,02	4 567 403,02	4 567 403,02	4 567 403,02

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 39. Wartość (w jedn. naturalnych) efektów środowiskowych dla wariantu 1 i 2 w latach 2021-2025 - BP TOUR

Wyszczególnienie	2021	2022	2023	2024	2025
Efekty środowiskowe					
Wariant 1					
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - CO2 [t]	149,40	149,40	298,80	298,80	597,60
Liczba wzkm	126 695,68	126 695,68	253 391,35	253 391,35	506 782,70
Zużycie paliwa [l]	55 746,10	55 746,10	111 492,19	111 492,19	222 984,39
Emisja CO2 [kg/litr]	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68
Emisja CO2 [kg]	149 399,54	149 399,54	298 799,08	298 799,08	597 598,16
Emisja CO2 [t]	149,40	149,40	298,80	298,80	597,60
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - niższe warstwy [t]	0,28	0,28	0,56	0,56	1,11
NOx g/km	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20
Liczba wzkm	126 695,68	126 695,68	253 391,35	253 391,35	506 782,70
Wariant 2					
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - CO2 [t]	149,40	149,40	298,80	298,80	597,60
Liczba wzkm	126 695,68	126 695,68	253 391,35	253 391,35	506 782,70
Zużycie paliwa [l]	55 746,10	55 746,10	111 492,19	111 492,19	222 984,39
Emisja CO2 [kg/litr]	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68
Emisja CO2 [kg]	149 399,54	149 399,54	298 799,08	298 799,08	597 598,16
Emisja CO2 [t]	149,40	149,40	298,80	298,80	597,60
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - niższe warstwy [t]	0,00	0,28	0,56	0,56	1,11
NOx g/km	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20
Liczba wzkm	126 695,68	126 695,68	253 391,35	253 391,35	506 782,70

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 40. Wartość (w jedn. naturalnych) efektów środowiskowych dla wariantu 1 i 2 w latach 2026-2030 - BP TOUR

Wyszczególnienie	2026	2027	2028	2029	2030
Efekty środowiskowe					
Wariant 1					
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - CO2 [t]	597,60	597,60	896,40	896,40	896,40
Liczba wzkm	506 782,70	506 782,70	760 174,05	760 174,05	760 174,05
Zużycie paliwa [l]	222 984,39	222 984,39	334 476,58	334 476,58	334 476,58
Emisja CO2 [kg/litr]	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68
Emisja CO2 [kg]	597 598,16	597 598,16	896 397,24	896 397,24	896 397,24
Emisja CO2 [t]	597,60	597,60	896,40	896,40	896,40
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - niższe warstwy [t]	1,11	1,11	1,67	1,67	1,67
NOx g/km	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20
Liczba wzkm	506 782,70	506 782,70	760 174,05	760 174,05	760 174,05
Wariant 2					
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - CO2 [t]	597,60	597,60	896,40	896,40	896,40
Liczba wzkm	506 782,70	506 782,70	760 174,05	760 174,05	760 174,05
Zużycie paliwa [l]	222 984,39	222 984,39	334 476,58	334 476,58	334 476,58
Emisja CO2 [kg/litr]	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68
Emisja CO2 [kg]	597 598,16	597 598,16	896 397,24	896 397,24	896 397,24
Emisja CO2 [t]	597,60	597,60	896,40	896,40	896,40
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - niższe warstwy [t]	1,11	1,11	1,67	1,67	1,67
NOx g/km	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20
Liczba wzkm	506 782,70	506 782,70	760 174,05	760 174,05	760 174,05

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 41. Wartość (w jedn. naturalnych) efektów środowiskowych dla wariantu 1 i 2 w latach 2031-2035 - BP TOUR

Wyszczególnienie	2031	2032	2033	2034	2035
Efekty środowiskowe					
Wariant 1					
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - CO2 [t]	896,40	896,40	896,40	896,40	896,40
Liczba wzkm	760 174,05	760 174,05	760 174,05	760 174,05	760 174,05
Zużycie paliwa [l]	334 476,58	334 476,58	334 476,58	334 476,58	334 476,58
Emisja CO2 [kg/litr]	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68
Emisja CO2 [kg]	896 397,24	896 397,24	896 397,24	896 397,24	896 397,24
Emisja CO2 [t]	896,40	896,40	896,40	896,40	896,40
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - niższe warstwy [t]	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67
NOx g/km	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20
Liczba wzkm	760 174,05	760 174,05	760 174,05	760 174,05	760 174,05
Wariant 2					
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - CO2 [t]	896,40	896,40	896,40	896,40	896,40
Liczba wzkm	760 174,05	760 174,05	760 174,05	760 174,05	760 174,05
Zużycie paliwa [l]	334 476,58	334 476,58	334 476,58	334 476,58	334 476,58
Emisja CO2 [kg/litr]	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68
Emisja CO2 [kg]	896 397,24	896 397,24	896 397,24	896 397,24	896 397,24
Emisja CO2 [t]	896,40	896,40	896,40	896,40	896,40
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - niższe warstwy [t]	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67
NOx g/km	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20
Liczba wzkm	760 174,05	760 174,05	760 174,05	760 174,05	760 174,05

Źródło: opracowanie własne.

Efekty środowiskowe wyrażone w jednostce pieniężnej (PLN) wskazano w tabelach.

Tabela 42. Wartość zmonetyzowanych efektów środowiskowych GAIiT dla wariantu 1 i 2 w latach 2021-2025 [PLN]

Wyszczególnienie	2021	2022	2023	2024	2025
Monetyzacja efektów środowiskowych					
Wariant 1	314 109,95	319 207,33	629 335,82	646 918,09	1 329 111,78
Ograniczenie emisji CO2	183 442,84	188 538,47	371 132,04	380 898,67	781 330,61
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO2]	179,52	184,51	189,50	194,48	199,47
Ograniczenie emisji CO2 [t]	1 021,83	1 021,83	1 958,50	1 958,50	3 917,00
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy	130 667,11	130 668,86	258 203,78	266 019,42	547 781,17
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t Nox]	74 772,54	74 773,54	77 088,90	79 422,32	81 772,32
Ograniczenie emisji NOx [t]	1,75	1,75	3,35	3,35	6,70
Wariant 2	183 442,84	319 207,33	629 335,82	646 918,09	1 329 111,78
Ograniczenie emisji CO2	183 442,84	188 538,47	371 132,04	380 898,67	781 330,61
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO2]	179,52	184,51	189,50	194,48	199,47
Ograniczenie emisji CO2 [t]	1 021,83	1 021,83	1 958,50	1 958,50	3 917,00
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy	0,00	130 668,86	258 203,78	266 019,42	547 781,17
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t Nox]	74 773,54	74 773,54	77 088,90	79 422,32	81 772,32
Ograniczenie emisji NOx [t]	0,00	1,75	3,35	3,35	6,70

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 43. Wartość zmonetyzowanych efektów środowiskowych GAIiT dla wariantu 1 i 2 w latach 2026-2030 [PLN]

Wyszczególnienie	2026	2027	2028	2029	2030
Monetyzacja efektów środowiskowych					
Wariant 1	1 363 169,33	1 397 242,16	2 147 664,67	2 199 471,84	2 251 256,09
Ograniczenie emisji CO2	800 863,87	820 397,14	1 259 895,61	1 289 195,50	1 318 495,40
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO2]	204,46	209,45	214,43	219,42	224,41
Ograniczenie emisji CO2 [t]	3 917,00	3 917,00	5 875,51	5 875,51	5 875,51
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy	562 305,46	576 845,02	887 769,07	910 276,33	932 760,69
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t Nox]	83 940,50	86 110,95	88 350,29	90 590,20	92 827,83
Ograniczenie emisji NOx [t]	6,70	6,70	10,05	10,05	10,05
Wariant 2	1 363 169,33	1 397 242,16	2 147 664,67	2 199 471,84	2 251 256,09
Ograniczenie emisji CO2	800 863,87	820 397,14	1 259 895,61	1 289 195,50	1 318 495,40
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO2]	204,46	209,45	214,43	219,42	224,41
Ograniczenie emisji CO2 [t]	3 917,00	3 917,00	5 875,51	5 875,51	5 875,51
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy	562 305,46	576 845,02	887 769,07	910 276,33	932 760,69
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t Nox]	83 940,50	86 110,95	88 350,29	90 590,20	92 827,83
Ograniczenie emisji NOx [t]	6,70	6,70	10,05	10,05	10,05

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 44. Wartość zmonetyzowanych efektów środowiskowych GAI T dla wariantu 1 i 2 w latach 2031-2035 [PLN]

Wyszczególnienie	2031	2032	2033	2034	2035
Monetyzacja efektów środowiskowych					
Wariant 1	2 303 734,77	2 356 161,48	2 356 161,48	2 356 161,48	2 356 161,48
Ograniczenie emisji CO2	1 347 795,30	1 377 095,20	1 377 095,20	1 377 095,20	1 377 095,20
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO2]	229,39	234,38	234,38	234,38	234,38
Ograniczenie emisji CO2 [t]	5 875,51	5 875,51	5 875,51	5 875,51	5 875,51
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy	955 939,47	979 066,28	979 066,28	979 066,28	979 066,28
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t Nox]	95 134,57	97 436,14	97 436,14	97 436,14	97 436,14
Ograniczenie emisji NOx [t]	10,05	10,05	10,05	10,05	10,05
Wariant 2	2 303 734,77	2 356 161,48	2 356 161,48	2 356 161,48	2 356 161,48
Ograniczenie emisji CO2	1 347 795,30	1 377 095,20	1 377 095,20	1 377 095,20	1 377 095,20
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO2]	229,39	234,38	234,38	234,38	234,38
Ograniczenie emisji CO2 [t]	5 875,51	5 875,51	5 875,51	5 875,51	5 875,51
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy	955 939,47	979 066,28	979 066,28	979 066,28	979 066,28
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t Nox]	95 134,57	97 436,14	97 436,14	97 436,14	97 436,14
Ograniczenie emisji NOx [t]	10,05	10,05	10,05	10,05	10,05

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 45. Wartość zmonetyzowanych efektów środowiskowych BP TOUR dla wariantu 1 i 2 w latach 2021-2025 [PLN]

Wyszczególnienie	2021	2022	2023	2024	2025
Monetyzacja efektów środowiskowych					
Wariant 1	47 662,23	48 407,54	99 595,84	102 386,68	210 373,53
Ograniczenie emisji CO2	26 820,85	27 565,87	56 621,79	58 111,84	119 203,77
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO2]	179,52	184,51	189,50	194,48	199,47
Ograniczenie emisji CO2 [t]	149,40	149,40	298,80	298,80	597,60
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy	20 841,39	20 841,66	42 974,05	44 274,84	91 169,76
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t Nox]	74 772,54	74 773,54	77 088,90	79 422,32	81 772,32
Ograniczenie emisji NOx [t]	0,28	0,28	0,56	0,56	1,11
Wariant 2	26 820,85	48 407,54	99 595,84	102 386,68	210 373,53
Ograniczenie emisji CO2	26 820,85	27 565,87	56 621,79	58 111,84	119 203,77
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO2]	179,52	184,51	189,50	194,48	199,47
Ograniczenie emisji CO2 [t]	149,40	149,40	298,80	298,80	597,60
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy	0,00	20 841,66	42 974,05	44 274,84	91 169,76
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t Nox]	74 773,54	74 773,54	77 088,90	79 422,32	81 772,32
Ograniczenie emisji NOx [t]	0,00	0,28	0,56	0,56	1,11

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 46. Wartość zmonetyzowanych efektów środowiskowych BP TOUR dla wariantu 1 i 2 w latach 2026-2030 [PLN]

Wyszczególnienie	2026	2027	2028	2029	2030
Monetyzacja efektów środowiskowych					
Wariant 1	215 770,97	221 170,95	339 971,60	348 187,73	356 400,04
Ograniczenie emisji CO2	122 183,86	125 163,96	192 216,08	196 686,22	201 156,36
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO2]	204,46	209,45	214,43	219,42	224,41
Ograniczenie emisji CO2 [t]	597,60	597,60	896,40	896,40	896,40
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy	93 587,10	96 006,99	147 755,52	151 501,51	155 243,68
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t Nox]	83 940,50	86 110,95	88 350,29	90 590,20	92 827,83
Ograniczenie emisji NOx [t]	1,11	1,11	1,67	1,67	1,67
Wariant 2	215 770,97	221 170,95	339 971,60	348 187,73	356 400,04
Ograniczenie emisji CO2	122 183,86	125 163,96	192 216,08	196 686,22	201 156,36
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO2]	204,46	209,45	214,43	219,42	224,41
Ograniczenie emisji CO2 [t]	597,60	597,60	896,40	896,40	896,40
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy	93 587,10	96 006,99	147 755,52	151 501,51	155 243,68
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t Nox]	83 940,50	86 110,95	88 350,29	90 590,20	92 827,83
Ograniczenie emisji NOx [t]	1,11	1,11	1,67	1,67	1,67

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 47. Wartość zmonetyzowanych efektów środowiskowych BP TOUR dla wariantu 1 i 2 w latach 2031-2035 [PLN]

Wyszczególnienie	2031	2032	2033	2034	2035
Monetyzacja efektów środowiskowych					
Wariant 1	364 727,94	373 047,18	373 047,18	373 047,18	373 047,18
Ograniczenie emisji CO2	205 626,50	210 096,64	210 096,64	210 096,64	210 096,64
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO2]	229,39	234,38	234,38	234,38	234,38
Ograniczenie emisji CO2 [t]	896,40	896,40	896,40	896,40	896,40
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy	159 101,44	162 950,54	162 950,54	162 950,54	162 950,54
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t Nox]	95 134,57	97 436,14	97 436,14	97 436,14	97 436,14
Ograniczenie emisji NOx [t]	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67
Wariant 2	364 727,94	373 047,18	373 047,18	373 047,18	373 047,18
Ograniczenie emisji CO2	205 626,50	210 096,64	210 096,64	210 096,64	210 096,64
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO2]	229,39	234,38	234,38	234,38	234,38
Ograniczenie emisji CO2 [t]	896,40	896,40	896,40	896,40	896,40
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy	159 101,44	162 950,54	162 950,54	162 950,54	162 950,54
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t Nox]	95 134,57	97 436,14	97 436,14	97 436,14	97 436,14
Ograniczenie emisji NOx [t]	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67

Źródło: opracowanie własne.

Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych - zawierających również wycenione efekty środowiskowe - wskazano w tabelach.

Tabela 48. Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych GAI T dla wariantu 1 i 2 [PLN]

Wyszczególnienie	2021	2022	2023	2024	2025
Przepływy pieniężne skumulowane					
Wariant 1	-20 763 147,08	1 247 950,30	-19 879 073,50	2 450 008,77	-41 841 706,86
Wariant 2	-32 603 836,02	-62 071,53	-32 289 948,67	-60 866,39	-62 163 457,19

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 49. Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych GAI T dla wariantu 1 i 2 [PLN]

Wyszczególnienie	2026	2027	2028	2029	2030
Przepływy pieniężne skumulowane					
Wariant 1	5 015 350,69	5 072 423,52	-36 105 063,29	581 243,88	7 867 528,13
Wariant 2	-6 399,63	50 673,19	-61 937 688,78	248 618,38	334 902,64

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 50. Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych GAI T dla wariantu 1 i 2 [PLN]

Wyszczególnienie	2031	2032	2033	2034	2035
Przepływy pieniężne skumulowane					
Wariant 1	1 354 506,81	8 041 433,52	-5 724 066,48	8 110 433,52	8 144 933,52
Wariant 2	421 881,32	508 808,03	543 308,03	577 808,03	612 308,03

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 51. Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych BP TOUR dla wariantu 1 i 2 [PLN]

Wyszczególnienie	2021	2022	2023	2024	2025
Przepływy pieniężne skumulowane					
Wariant 1	-3 216 307,31	185 438,00	-3 024 343,24	380 447,60	-6 029 504,63
Wariant 2	-5 455 264,38	-32 677,70	-7 960 574,62	-55 783,78	-10 901 967,40

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 52. Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych BP TOUR dla wariantu 1 i 2 [PLN]

Wyszczególnienie	2026	2027	2028	2029	2030
Przepływy pieniężne skumulowane					
Wariant 1	779 892,80	789 292,78	-5 601 845,65	12 370,48	1 226 582,80
Wariant 2	-92 569,96	-83 169,98	-10 910 539,80	-96 323,67	-82 111,35

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 53. Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych BP TOUR dla wariantu 1 i 2 [PLN]

Wyszczególnienie	2031	2032	2033	2034	2035
Przepływy pieniężne skumulowane					
Wariant 1	40 910,69	1 255 229,94	-1 138 770,06	1 267 229,94	1 273 229,94
Wariant 2	-67 783,46	-53 464,21	-47 464,21	-41 464,21	-35 464,21

Źródło: opracowanie własne.

Wartość wskaźników efektywności finansowej wskazano w tabelach.

Tabela 54. Ocena efektywności inwestycji GAI T dla wariantu 1 i 2 [PLN]

Wyszczególnienie	
NPV	
Wariant 1	-64 671 485,42
Wariant 2	-142 834 523,15
IRR	
Wariant 1	-15,76%
Wariant 2	-42,48%

Źródło: opracowanie własne.

Dla wariantu 1 określono wartość NPV na poziomie -64 671 485,42 PLN i stopie zwrotu IRR równej -15,76%. Oznacza to, że inwestycji nie należy realizować z uwagi na nieopłacalność.

Wariant 2 jest również nieopłacalny (NPV<0).

Tabela 55. Ocena efektywności inwestycji BP TOUR dla wariantu 1 i 2 [PLN]

Wyszczególnienie	
NPV	
Wariant 1	-9 906 318,67
Wariant 2	-27 498 324,50
IRR	
Wariant 1	-16,43%
Wariant 2	Nieemożliwe do obliczenia

Źródło: opracowanie własne.

Dla wariantu 1 określono wartość NPV na poziomie -9 906 318,67 PLN i stopie zwrotu IRR równej -16,43%. Oznacza to, że inwestycji nie należy realizować z uwagi na nieopłacalność.

Wariant 2 jest również nieopłacalny (NPV<0).

Dodatkowo podjęto się analizy efektywności inwestycji przy założeniu pozyskania dofinansowania ze środków UE (85% kosztów kwalifikowanych). Wyniki analizy przedstawiono w tabeli poniżej. Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych - zawierających również wycenione efekty środowiskowe i dofinansowanie UE - wskazano w tabelach.

Tabela 56. Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych GAI T dla wariantu 1 i 2 [PLN]

Wyszczególnienie	2021	2022	2023	2024	2025
Przepływy pieniężne skumulowane					
Wariant 1	-2 063 147,08	1 247 950,30	-924 073,50	2 450 008,77	-2 061 706,86
Wariant 2	-5 063 836,02	-62 071,53	-4 919 948,67	-60 866,39	-9 378 457,19

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 57. Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych GAI T dla wariantu 1 i 2 [PLN]

Wyszczególnienie	2026	2027	2028	2029	2030
Przepływy pieniężne skumulowane					
Wariant 1	5 015 350,69	5 072 423,52	1 124 936,71	581 243,88	7 867 528,13
Wariant 2	-6 399,63	50 673,19	-7 427 688,78	248 618,38	334 902,64

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 58. Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych GAI T dla wariantu 1 i 2 [PLN]

Wyszczególnienie	2031	2032	2033	2034	2035
Przepływy pieniężne skumulowane					
Wariant 1	1 354 506,81	8 041 433,52	-5 724 066,48	8 110 433,52	8 144 933,52
Wariant 2	421 881,32	508 808,03	543 308,03	577 808,03	612 308,03

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 59. Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych BP TOUR dla wariantu 1 i 2 [PLN]

Wyszczególnienie	2021	2022	2023	2024	2025
Przepływy pieniężne skumulowane					
Wariant 1	-455 507,31	185 438,00	-263 543,24	380 447,60	-507 904,63
Wariant 2	-1 070 464,38	-32 677,70	-1 545 774,62	-55 783,78	-2 132 367,40

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 60. Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych BP TOUR dla wariantu 1 i 2 [PLN]

Wyszczególnienie	2026	2027	2028	2029	2030
Przepływy pieniężne skumulowane					
Wariant 1	779 892,80	789 292,78	-80 245,65	12 370,48	1 226 582,80
Wariant 2	-92 569,96	-83 169,98	-2 140 939,80	-96 323,67	-82 111,35

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 61. Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych BP TOUR dla wariantu 1 i 2 [PLN]

Wyszczególnienie	2031	2032	2033	2034	2035
Przepływy pieniężne skumulowane					
Wariant 1	40 910,69	1 255 229,94	-1 138 770,06	1 267 229,94	1 273 229,94
Wariant 2	-67 783,46	-53 464,21	-47 464,21	-41 464,21	-35 464,21

Źródło: opracowanie własne.

Wartość wskaźników efektywności finansowej wskazano w tabelach.

Tabela 62. Ocena efektywności inwestycji GAI T dla wariantu 1 i 2 [PLN]

Wyszczególnienie	
NPV	
Wariant 1	22 913 159,41
Wariant 2	-16 129 109,10
IRR	
Wariant 1	53,33%
Wariant 2	Nieemożliwe do obliczenia

Źródło: opracowanie własne.

Dla wariantu 1 określono wartość NPV na poziomie 22 913 159,41 PLN i stopie zwrotu IRR równej 53,33%. Oznacza to, że inwestycji można przyjąć do realizacji.

Wariant 2 jest nieopłacalny (NPV<0).

Tabela 63. Ocena efektywności inwestycji BP TOUR dla wariantu 1 i 2 [PLN]

Wyszczególnienie	
NPV	
Wariant 1	2 743 356,14
Wariant 2	-5 739 152,47
IRR	
Wariant 1	34,01%
Wariant 2	Nieemożliwe do obliczenia

Źródło: opracowanie własne.

Dla wariantu 1 określono wartość NPV na poziomie 2 743 356,14 PLN i stopie zwrotu IRR równej 34,01%. Oznacza to, że inwestycji można przyjąć do realizacji.

Wariant 2 jest nieopłacalny (NPV<0).

7. ANALIZA WRAŻLIWOŚCI

7.1. Kluczowe zmienne krytyczne

W celu wytypowania kluczowych zmiennych krytycznych wykorzystano projektowane zmiany najważniejszych czynników wpływających na decyzję o zakupie taboru zeroemisyjnego. Analizie podlegał wariant 1 (GAiT) z uwzględnieniem dotacji, ponieważ okazał się najkorzystniejszy - posiadał najwyższą rentowność - dla wariantu 1 określono wartość NPV na poziomie 2 743 356,14 PLN i stopie zwrotu IRR równej 34,01%. (tabela 63, pkt 6.2).

W ramach zmiennych poddanych analizie wrażliwości wytypowano zmianę następujących czynników:

- wartość inwestycji,
- koszty energii elektrycznej,
- koszty napraw i konserwacji taboru,
- koszty wymiany baterii,
- zmiana liczby wozokilometrów.

Wyniki analizy wrażliwości wskazano w tabeli.

Tabela 64. Analiza wrażliwości - zmienne krytyczne

Analiza wrażliwości	NPV	IRR	Zmiana NPV (%)	Zmiana IRR (p.p.)
Wartości bazowe - wariant optymalny	22 913 159,41	53,33%		
Zmiana wartości inwestycji o +1%	22 695 327,98	51,87%	-0,95%	-1,46%
Zmiana kosztów energii elektrycznej o +1%	22 662 276,95	52,79%	-1,09%	-0,54%
Zmiana kosztów napraw i konserwacji o +1%	22 908 306,53	53,32%	-0,02%	-0,01%
Zmiana kosztów wymiany baterii o +1%	22 750 125,19	53,26%	-0,71%	-0,07%
Zmiana liczby wzm o -1%	22 393 533,91	52,24%	-2,27%	-1,08%

Źródło: opracowanie własne.

Zmiennymi krytycznymi (zmiana wartości czynnik a o 1% wywołała zmianę wartości NPV o więcej niż -1%) okazały się praca przewozowa i koszty energii elektrycznej. Optymalne rozłożenie inwestycji w czasie powoduje, że wartości nakładów inwestycyjnych są dyskontowane i nie wywierają znacznego wpływu na wartość bieżącą netto projektu.

Do zmiennych niesklasyfikowanych jako krytyczne zaliczono zatem:

- wartość inwestycji,
- koszty napraw i konserwacji taboru,
- koszty wymiany baterii.

7.2. Wartości progowe zmiennych

Maksymalne możliwe wartości, które spowodują spadek wskaźnika NPV do 0 dla następujących czynników:

- wartość inwestycji,
- koszty energii elektrycznej,
- koszty napraw i konserwacji taboru,
- koszty wymiany baterii,
- zmiana liczby wozokilometrów.

wskazano w tabeli poniżej.

Tabela 65. Analiza wrażliwości - progowe wartości zmiennych

Analiza wrażliwości	Zmiana (%)
Maksymalna zmiana wartości inwestycji	+88%
Maksymalna zmiana kosztów energii elektrycznej	+95%
Maksymalna zmiana kosztów napraw i konserwacji	+4900%
Maksymalna zmiana kosztów wymiany baterii	245%
Maksymalna zmiana liczby wzkm	-43%

Źródło: opracowanie własne.

Analiza wartości progowych potwierdziła najsilniejszy wpływ na projekt zmian pracy przewozowej. Maksymalna zmiana liczby wozokilometrów wyniosła -43%.

8. ANALIZA RYZYKA

8.1. Czynniki ryzyka w projekcie

Tabela 66. Czynniki ryzyka w projekcie

Ryzyko		Skutek
1.	Opóźnienia w dostawie taboru	- Opóźnienia w konsumpcji efektów ekologicznych, - możliwe zmniejszenie rentowności projektu, - brak możliwości wykorzystania pojazdów do świadczenia usługi
2.	Opóźnienia w dostawie infrastruktury towarzyszącej	- Opóźnienia w konsumpcji efektów ekologicznych, - możliwe zmniejszenie rentowności projektu, - brak możliwości wykorzystania pojazdów do świadczenia usługi
3.	Częste awarie techniczne pojazdów (tzw. choroba wieku dziecięcego) oraz stacji ładujących	Brak możliwości wykorzystania pojazdów do świadczenia usługi
4.	Przerwy w dostawie energii elektrycznej	Brak możliwości wykorzystania pojazdów do świadczenia usługi
5.	Zmiany planów transportowych skutkujące zmianą tras przejazdu autobusów	- Skrócenie maksymalnego dystansu pojazdu, - konieczność częstszego ładowania pojazdów, - wydłużenie przerw na ładowanie pojazdów
6.	Osiąganie rzeczywistych słabszych parametrów technicznych autobusów względem zapowiadanych przez producentów	- Skrócenie maksymalnego dystansu pojazdu, - konieczność częstszego ładowania pojazdów, - wydłużenie przerw na ładowanie pojazdów
7.	Niesprzyjające warunki atmosferyczne	- Skrócenie maksymalnego dystansu pojazdu, - konieczność częstszego ładowania pojazdów, - wydłużenie przerw na ładowanie pojazdów
8.	Brak umiejętności kierowania pojazdem elektrycznym przez kadrę	- Skrócenie maksymalnego dystansu pojazdu, - konieczność częstszego ładowania pojazdów, - wydłużenie przerw na ładowanie pojazdów
9.	Wyższe od spodziewanych koszty inwestycyjne	Obniżenie rentowności inwestycji
10.	Wyższe od spodziewanych koszty eksploatacyjne	Obniżenie rentowności inwestycji
11.	Niższe realne efekty środowiskowe	Obniżenie rentowności projektu

Źródło: Opracowanie własne.

8.2. Matryca ryzyka

Matryca ryzyka to model oceny ryzyka, przy pomocy którego dokonuje się wyliczenia funkcjonującego ryzyka w ramach poszczególnych możliwych do wystąpienia zdarzeń istotnych z punktu widzenia oceny opłacalności projektu.

Zastosowana metoda matrycy ryzyka polega ona na opisanu rodzajów ryzyka związanych z realizacją projektu i jego późniejszym funkcjonowaniem w podziale na grupy ryzyka oraz ocenie prawdopodobieństwa wystąpienia poszczególnych rodzajów ryzyka i ich wpływu na projekt.

Wyliczeń dokonuje się w oparciu o zidentyfikowane prawdopodobieństwo wystąpienia danego rodzaju ryzyka oraz oszacowany stopień zagrożenia dla projektu.

Prawdopodobieństwo wystąpienia danego rodzaju ryzyka sklasyfikowano według poniższych założeń:

- A. Bardzo mało prawdopodobne (0-10% prawdopodobieństwa)
- B. Mało prawdopodobne (10-33% prawdopodobieństwa)
- C. Mniej więcej tak samo prawdopodobne, jak nie (33-66% prawdopodobieństwa)
- D. Prawdopodobne (66-90% prawdopodobieństwa)
- E. Bardzo prawdopodobne (90-100% prawdopodobieństwa)

Stopień zagrożenia dla danego projektu w przypadku wystąpienia danego rodzaju ryzyka sklasyfikowano według poniższych założeń:

- 1. Brak istotnego wpływu, bez działań naprawczych
- 2. Drobne straty w zakresie dobrobytu społecznego generowane przez projekt, mogą być wymagane działania naprawcze
- 3. Umiarkowane straty społeczne spowodowane przez projekt, działania zaradcze wymagane i skuteczne na tym poziomie
- 4. Wysoka strata społeczna wygenerowana przez projekt. Działania zaradcze, nawet o dużym zasięgu, nie wystarczą
- 5. Niepowodzenie projektu, które może spowodować poważną lub nawet całkowitą utratę funkcji projektu

Wyniki oceny czynników ryzyka (pkt 8.1) wskazano w tabelach poniżej.

Tabela 67. Matryca ryzyka - klasyfikacja poziomu ryzyka

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

Źródło: Opracowanie własne.

Tabela 68. Matryca ryzyka - sposób działania

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

Źródło: Opracowanie własne.

9. ANALIZA PORÓWNAWCZA EKSPLOATACJI POJAZDÓW Z RÓŻNYMI NAPĘDAMI

Jednym z problemów współczesnego świata jest oparcie motoryzacji na paliwach pochodzących z ropy naftowej. Uzależnienie od krajów eksportujących ropę oraz stale wzrastająca cena przyczyniają się do poszukiwania nowych rozwiązań, w tym zastosowania jako źródła energii różnych paliw: gazu, wodoru, biopaliwa czy energii elektrycznej. W dzisiejszych czasach sektor motoryzacji przedstawia szeroką gamę samochodów ze względu na parametry techniczne oraz zastosowane w nich źródła energii: benzyna, ropa, gaz, prąd, biopaliwa, wodór. Można wyróżnić następujące rodzaje pojazdów: pojazd o napędzie konwencjonalnym, zeroemisyjnym oraz alternatywnym⁴.

Zarówno pojazdy o napędzie zeroemisyjnym, jak i o napędzie konwencjonalnym posiadają wady i zalety. Głównymi wadami pojazdów o napędzie konwencjonalnym jest wyższy stopień emisji szkodliwych zanieczyszczeń niż w przypadku pojazdów o napędzie zeroemisyjnym. Do głównych zalet pojazdów o napędzie konwencjonalnym należą: nieograniczony zasięg, większa przestrzeń bagażowa, ładowność.

Zaletami pojazdów o napędzie zeroemisyjnym są: niska emisja zanieczyszczeń do środowiska, zdecydowanie niższe koszty pokonywania krótkich dystansów niż pojazdów o napędzie konwencjonalnym, mniejsze prawdopodobieństwo awarii konstrukcji, możliwość rekuperacji energii (odzyskiwania energii podczas hamowania), lepszy komfort jazdy ze względu na zmniejszenie hałasu pracy silnika oraz minimalizacja drgań. Głównymi wadami pojazdów elektrycznych są: krótki zasięg pojazdów, przeznaczenie głównie na tereny miejskie, cena zakupu pojazdu, wymagana infrastruktura ładująca, wysoka obecnie cena wymiany akumulatorów, utrata pojemności pasażerskiej ze względu na umiejscowienie baterii.

⁴ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2014 Seria: ORGANIZACJA I ZARZĄDZANIE z. 68 Nr kol. 1905, Dorota GAWROŃSKA Politechnika Śląska „WIELOKRYTERIALNA ANALIZA PORÓWNAWCZA POJAZDU Z SILNIKIEM SPALINOWYM I POJAZDU Z SILNIKIEM ELEKTRYCZNYM POD WZGLĘDEM FUNKcjONALNOŚCI ORAZ SKAŻENIA ŚRODOWISKA”

Tabela 69. Szacunkowe koszty netto eksploatacji pojazdów o napędzie konwencjonalnym w porównaniu do zeroemisyjnych na rok 2019

	Autobus elektryczny o napędzie zeroemisyjnym klasy MAXI		
	Z ogrzewaniem	Z klimatyzacją	Bez ogrzewania i klimatyzacji
Zużycie energii [kWh/100km]	190,00	170,00	135,00
Cena za 1 kWh [zł]	0,78		
Koszt energii elektrycznej na 100 km [zł]	148,20	132,60	105,30
Zużycie paliwa płynnego [l/100km]	44	44	42
Cena za litr paliwa [zł]	4,35		
Koszt paliwa na 100 km [zł]	191,40	191,40	182,70
Cena autobusu o napędzie zeroemisyjnym [zł]	2 500 000,00		
Cena autobusu o napędzie konwencjonalnym [zł]	1 000 000,00		
Całkowity przebieg [km]	1 350 000		
Koszt eksploatacji autobusu spalinowego [zł]	2 583 900,00	2 583 900,00	2 466 450,00
Koszt eksploatacji autobusu elektrycznego [zł]	2 000 700,00	1 790 100,00	1 421 550,00
Całkowity koszt zakupu oraz eksploatacji autobusu elektrycznego			
TCO autobusu spalinowego [zł]	3583900,00	3583900,00	3466450,00
TCO autobusu elektrycznego [zł]	4500700,00	4290100,00	3921550,00
Dodatkowy koszt autobusu elektrycznego [zł]	916800,00	706200,00	455100,00
Dodatkowych koszt autobusu elektrycznego na 100 km [zł]	67,91	52,31	33,71

Źródło: Opracowanie własne.

Powyższa tabela podkreśla fakt, że koszt eksploatacji autobusów o napędzie zeroemisyjnym jest większy niż eksploatacja autobusów spalinowych. Można zauważyć, że im wyższy przebieg autobusu o napędzie zeroemisyjnym, tym koszty się zmniejszają. Jeżeli do kosztów eksploatacji dodamy koszty środowiskowe, korzyści z eksploatacji autobusów o napędzie zeroemisyjnym jest dużo więcej niż z eksploatacji autobusów o napędzie konwencjonalnym.

WNIOSKI

Przeprowadzona analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych oraz innych środków transportu, w których do napędu wykorzystywane są wyłącznie silniki, których cykl pracy nie powoduje emisji gazów cieplarnianych lub innych substancji objętych systemem zarządzania emisjami gazów cieplarnianych, wskazała na następujące wnioski i zalecenia:

1. Zgodnie z art. 37 ust. 5 ustawy z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (Dz. U. z 2018 r., poz. 317) niniejsza analiza wskazuje na przewyższenie kosztów nad korzyściami wynikającymi z zakupu taboru o napędzie zeroemisyjnym,
2. Wynik analizy nie wskazuje na konieczność wprowadzenia do eksploatacji autobusów o napędzie zeroemisyjnym,
3. Otrzymanie dofinansowania w wysokości 85% spowoduje obniżenie kosztów inwestycji i tym samym przyczyni się do opłacalności inwestycji w tabor o napędzie zeroemisyjnym,
4. Struktura wielkościowa taboru nie powinna ulec znaczącym zmianom. Nowe pojazdy zeroemisyjne powinny zastąpić 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. Należy zauważyć, że jeżeli wynik wskaże na brak korzyści wykorzystywania autobusów o napędzie zeroemisyjnym, wówczas organizator zgodnie z przepisem art. 37 ust. 5 ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych nie będzie zobowiązany do zrealizowania poziomu liczby taboru o napędzie zeroemisyjnym określonym w ustawie.

SPIS TABEL

Tabela 1. Przebieg dziennych autobusowych linii komunikacyjnych obsługiwanych przez operatorów	9
Tabela 2. Przebieg nocnych autobusowych linii komunikacyjnych obsługiwanych przez operatorów	11
Tabela 3. Przebieg sezonowych autobusowych linii komunikacyjnych obsługiwanych przez GAI T	11
Tabela 4. Liczba wykonanych wzkm w 2017 r.	17
Tabela 5. Szacowana roczna emisja spalin eksploatowanego taboru GAI T	24
Tabela 6. Szacowana roczna emisja spalin eksploatowanego taboru BP TOUR	25
Tabela 7. Wykorzystanie taboru według typu dnia oraz klasy pojazdu	25
Tabela 8. Harmonogram planowanych inwestycji taborowych	26
Tabela 9. Planowana liczba pojazdów zeroemisyjnych w poszczególnych latach	44
Tabela 10. Przebieg linii komunikacyjnych zaproponowanych do elektryfikacji	46
Tabela 11. Przebieg linii komunikacyjnych zaproponowanych do elektryfikacji	48
Tabela 12. Czas potrzebny do naładowania baterii w zależności od pojemności akumulatora oraz sposobu ładowania	52
Tabela 13. Ostatnie zrealizowane przetargi na zakup pojazdów elektrycznych o napędzie zeroemisyjnym	53
Tabela 14. Planowane wprowadzenie inwestycji wariantu „1” operatora GAI T	54
Tabela 15. Planowane wprowadzenie inwestycji wariantu „1” operatora BP TOUR	55
Tabela 16. Etapowanie linii komunikacyjnych zaproponowanych do elektryfikacji	56
Tabela 17. Ostatnie zrealizowane przetargi na zakup pojazdów wodorowych o napędzie zeroemisyjnym	57
Tabela 18. Porównanie alternatywnych wariantów inwestycyjnych	60
Tabela 19. Emisje CO ₂ pochodzące ze spalania paliw - struktura sektorowa, lata 1990-2009	63
Tabela 20. Wartość wydatków eksploatacyjnych GAI T dla wariantu 0, 1 i 2 w latach 2021-2025 [PLN]	70
Tabela 21. Wartość wydatków eksploatacyjnych GAI T dla wariantu 0, 1 i 2 w latach 2026-2030 [PLN]	71
Tabela 22. Wartość wydatków eksploatacyjnych GAI T dla wariantu 0, 1 i 2 w latach 2031-2035 [PLN]	72
Tabela 23. Wartość wydatków eksploatacyjnych BP TOUR dla wariantu 0, 1 i 2 w latach 2021-2025 [PLN]	73
Tabela 24. Wartość wydatków eksploatacyjnych BP TOUR dla wariantu 0, 1 i 2 w latach 2026-2030 [PLN]	74
Tabela 25. Wartość wydatków eksploatacyjnych BP TOUR dla wariantu 0, 1 i 2 w latach 2031-2035 [PLN]	75
Tabela 26. Wartość nakładów inwestycyjnych, nakładów eksploatacyjnych i przepływów pieniężnych GAI T dla wariantu 1 i 2 (model różnicowy) w latach 2021-2025 [PLN]	76
Tabela 27. Wartość nakładów inwestycyjnych, nakładów eksploatacyjnych i przepływów pieniężnych GAI T dla wariantu 1 i 2 (model różnicowy) w latach 2026-2030 [PLN]	76
Tabela 28. Wartość nakładów inwestycyjnych, nakładów eksploatacyjnych i przepływów pieniężnych GAI T dla wariantu 1 i 2 (model różnicowy) w latach 2031-2035 [PLN]	76

Tabela 29. Wartość nakładów inwestycyjnych, nakładów eksploatacyjnych i przepływów pieniężnych BP TOUR dla wariantu 1 i 2 (model różnicowy) w latach 2021-2025 [PLN].....	77
Tabela 30. Wartość nakładów inwestycyjnych, nakładów eksploatacyjnych i przepływów pieniężnych BP TOUR dla wariantu 1 i 2 (model różnicowy) w latach 2026-2030 [PLN].....	77
Tabela 31. Wartość nakładów inwestycyjnych, nakładów eksploatacyjnych i przepływów pieniężnych BP TOUR dla wariantu 1 i 2 (model różnicowy) w latach 2031-2035 [PLN].....	78
Tabela 32. Ocena efektywności inwestycji GAI T [PLN]	78
Tabela 33. Ocena efektywności inwestycji BP TOUR [PLN]	79
Tabela 34. Wartość (w jedn. naturalnych) efektów środowiskowych dla wariantu 1 i 2 w latach 2021-2025 - GAI T	80
Tabela 35. Wartość (w jedn. naturalnych) efektów środowiskowych dla wariantu 1 i 2 w latach 2026-2030 - GAI T	81
Tabela 36. Wartość (w jedn. naturalnych) efektów środowiskowych dla wariantu 1 i 2 w latach 2031-2035 - GAI T	82
Tabela 37. Wartość (w jedn. naturalnych) efektów środowiskowych dla wariantu 1 i 2 w latach 2021-2025 - BP TOUR.....	83
Tabela 38. Wartość (w jedn. naturalnych) efektów środowiskowych dla wariantu 1 i 2 w latach 2026-2030 - BP TOUR.....	84
Tabela 39. Wartość (w jedn. naturalnych) efektów środowiskowych dla wariantu 1 i 2 w latach 2031-2035 - BP TOUR.....	85
Tabela 40. Wartość zmonetyzowanych efektów środowiskowych GAI T dla wariantu 1 i 2 w latach 2021-2025 [PLN]	86
Tabela 41. Wartość zmonetyzowanych efektów środowiskowych GAI T dla wariantu 1 i 2 w latach 2026-2030 [PLN]	86
Tabela 42. Wartość zmonetyzowanych efektów środowiskowych GAI T dla wariantu 1 i 2 w latach 2031-2035 [PLN]	87
Tabela 43. Wartość zmonetyzowanych efektów środowiskowych BP TOUR dla wariantu 1 i 2 w latach 2021-2025 [PLN]	87
Tabela 44. Wartość zmonetyzowanych efektów środowiskowych BP TOUR dla wariantu 1 i 2 w latach 2026-2030 [PLN]	88
Tabela 45. Wartość zmonetyzowanych efektów środowiskowych BP TOUR dla wariantu 1 i 2 w latach 2031-2035 [PLN]	88
Tabela 46. Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych GAI T dla wariantu 1 i 2 [PLN]	89
Tabela 47. Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych GAI T dla wariantu 1 i 2 [PLN]	89
Tabela 48. Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych GAI T dla wariantu 1 i 2 [PLN]	89
Tabela 49. Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych BP TOUR dla wariantu 1 i 2 [PLN].....	89
Tabela 50. Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych BP TOUR dla wariantu 1 i 2 [PLN].....	89
Tabela 51. Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych BP TOUR dla wariantu 1 i 2 [PLN].....	89
Tabela 52. Ocena efektywności inwestycji GAI T dla wariantu 1 i 2 [PLN].....	90
Tabela 53. Ocena efektywności inwestycji BP TOUR dla wariantu 1 i 2 [PLN].....	90

Tabela 54. Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych GAIŁ dla wariantu 1 i 2 [PLN]	91
Tabela 55. Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych GAIŁ dla wariantu 1 i 2 [PLN]	91
Tabela 56. Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych GAIŁ dla wariantu 1 i 2 [PLN]	91
Tabela 57. Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych BP TOUR dla wariantu 1 i 2 [PLN]	91
Tabela 58. Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych BP TOUR dla wariantu 1 i 2 [PLN]	91
Tabela 59. Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych BP TOUR dla wariantu 1 i 2 [PLN]	91
Tabela 60. Ocena efektywności inwestycji GAIŁ dla wariantu 1 i 2 [PLN]	92
Tabela 61. Ocena efektywności inwestycji BP TOUR dla wariantu 1 i 2 [PLN]	92
Tabela 62. Analiza wrażliwości - zmienne krytyczne	93
Tabela 63. Analiza wrażliwości - progowe wartości zmiennych	94
Tabela 64. Czynniki ryzyka w projekcie	95
Tabela 65. Matryca ryzyka - klasyfikacja poziomu ryzyka	96
Tabela 66. Matryca ryzyka - sposób działania	97
Tabela 67. Szacunkowe koszty netto eksploatacji pojazdów o napędzie konwencjonalnym w porównaniu do zeroemisyjnych na rok 2019	99

SPIS RYSUNKÓW

Rysunek 1. Wykaz porozumień międzygminnych Gminy Miasta Gdańska	8
Rysunek 2. Emisja dwutlenku węgla w 2014 r w Polsce	62

SPIS SCHEMATÓW

Schemat 1. Zależność między stopą dyskontową, a wartością NPV	35
Schemat 2. Matryca ryzyka - klasyfikacja poziomu ryzyka	41
Schemat 3. Matryca ryzyka - sposób działania	41
Schemat 4. Procedura analizy kosztów i korzyści.....	42

SPIS WYKRESÓW

Wykres 1. Rok produkcji pojazdów GAIiT	12
Wykres 2. Procentowy udział pojazdów w poszczególnych przedziałach wiekowych w całości taboru eksploatowanego przez GAIiT	13
Wykres 3. Procentowy udział pojazdów spełniających poszczególne normy emisji spalin w całości taboru eksploatowanego przez GAIiT	14
Wykres 4. Procentowy udział pojazdów obsługiwanych przez GAIiT ze względu na klasę	15
Wykres 5. Procentowy udział pojazdów obsługiwanych przez BP TOUR ze względu na klasę	16
Wykres 6. Procentowy udział poszczególnych gmin obsługiwanych przez GAIiT bez udziału Gminy Miasta Gdańska	18
Wykres 7. Procentowy udział poszczególnych gmin obsługiwanych przez innych operatorów bez udziału Gminy Miasta Gdańska w 2017 r.	19
Wykres 8. Prędkość komunikacyjna na poszczególnych dziennych liniach autobusowych	21
Wykres 9. Prędkość komunikacyjna na poszczególnych nocnych liniach autobusowych	23
Wykres 10. Rok produkcji pojazdów po wprowadzeniu planowanej wymiany taboru GAIiT (rok 2019)	27
Wykres 11. Rok produkcji pojazdów po wprowadzeniu planowanej wymiany taboru GAIiT (rok 2020)	27
Wykres 12. Rok produkcji pojazdów po wprowadzeniu planowanej wymiany taboru GAIiT (rok 2022)	28
Wykres 13. Rok produkcji pojazdów po wprowadzeniu planowanej wymiany taboru GAIiT (rok 2028)	28
Wykres 14. Procentowy udział pojazdów spełniających poszczególne normy emisji spalin po wprowadzeniu planowanej wymiany taboru GAIiT (rok 2019)	29
Wykres 15. Procentowy udział pojazdów spełniających poszczególne normy emisji spalin po wprowadzeniu planowanej wymiany taboru GAIiT (rok 2020)	29
Wykres 16. Procentowy udział pojazdów spełniających poszczególne normy emisji spalin po wprowadzeniu planowanej wymiany taboru GAIiT (rok 2022)	30
Wykres 17. Procentowy udział pojazdów spełniających poszczególne normy emisji spalin po wprowadzeniu planowanej wymiany taboru GAIiT (rok 2028)	30
Wykres 18. Procentowy udział pojazdów w poszczególnych przedziałach wiekowych po wprowadzeniu planowanej wymiany taboru GAIiT (rok 2028)	31
Wykres 19. Zależność wagi akumulatora od pojemności	51
Wykres 20. Pobór mocy pojazdu elektrycznego w zależności od warunków eksploatacyjnych	51
Wykres 21. Wartość nakładów inwestycyjnych dla wariantu 0, 1 i 2 - GAIiT [PLN]	67
Wykres 22. Wartość nakładów inwestycyjnych dla wariantu 0, 1 i 2 - BP TOUR [PLN]	69

Informacja o udziale społeczeństwa w postępowaniu oraz o tym, w jaki sposób zostały wzięte pod uwagę i w jakim zakresie zostały uwzględnione uwagi i wnioski zgłoszone w związku z udziałem społeczeństwa w konsultacjach społecznych dokumentu pt. „Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych”

Lp.	Część dokumentu, do którego odnosi się uwaga (w tym nr rozdziału i nr strony)	Treść uwagi/ propozycja zmiany	Uwzględnienie / Nieuwzględnienie zmiany	Uzasadnienie decyzji
1	3.2.1 (s. 10-12)	Należy oprzeć podział taboru GAI T wg wieku i spełnianej emisji spalin uwzględniając dostawę, która znajduje się w realizacji (kilkadziesiąt autobusów) i, ewentualnie, dzierżawę pojazdów stanowiących przedmiot trwającego obecnie postępowania o udzielenie zamówienia publicznego.	Uwzględniono	W pkt. 2.2.1. pt. „Charakterystyka floty operatora GAI T” znajdują się stan taboru otrzymany na czas realizacji dokumentu przez operatora, w pkt. 2.4. pt. „Realizowane i planowane przedsięwzięcia taborowe operatorów” uwzględniono realizowane oraz planowane inwestycje zgodnie z danymi otrzymanymi od operatorów. Pkt. 2.4. zawiera charakterystykę taboru ze względu na rok produkcji oraz normę emisji spalin z uwzględnieniem wymiany pojazdów.
2	5.1. tiret 5 (s. 16)	Wykaz taboru powinien obejmować także liczbę przejechanych wozokilometrów w skali roku w określeniu przynajmniej dla danego typu pojazdu i norm emisji spalin	Uwzględniono	W pkt. 2.3.3. pt. „Szacunkowa emisja gazów cieplarnianych w skali roku” znajdują się informacja z szacowaną roczną emisją spalin eksploatowanego taboru na podstawie danych „kalkulatora norm emisji”.
3	5.1. (s. 16)	Analizowane dane powinny zawierać także charakterystykę planowanej sieci publicznej komunikacji zbiorowej w analizowanym okresie, która zostanie zrealizowana niezależnie od wyników analizy	Uwzględniono	W pkt. 4 pt. „Zakładane opcje inwestycyjne” do wyboru alternatywnych tras uwzględniono zmiany sieci publicznej komunikacji zbiorowej zgodnie z danymi otrzymanymi od Zamawiającego.
4	5.1. tiret 7 (s.16)	Należy uwzględnić wszystkie inwestycje w infrastrukturze	Nie uwzględniono	Na potrzeby wykonania dokumentu zostały uwzględnione wszystkie

		technicznej zbiorowej komunikacji publicznej, a nie tylko modernizację (<i>czytajac literalnie treść pkt 5.1 tiret 7 wykonawcy Analizy przekazane zostaną tylko informacje o planowanych modernizacjach infrastruktury technicznej komunikacji zbiorowej</i>)		inwestycje w tabor autobusowy oraz w infrastrukturę techniczną zbiorowej komunikacji publicznej.
5	6 (s.27 i nast.)	Uwzględnienie grupy wariantów zakładających zmniejszenie obciążenia środowiska poprzez drobne inwestycje w infrastrukturę oraz polepszenie komunikacji autobusowej bez wymiany taboru na zeroemisyjny)	Uwzględniono	Dokument analizując wymianę taboru na pojazdy o napędzie zeroemisyjnym, która zgodnie z ustawą musi wynosić 30% eksploatowanego taboru. Pkt. 4.1. pt. „Wariant 0” ukazując możliwość polepszenia środowiska za pomocą modernizacji taboru w pojazdy niskoemisyjne o napędzie konwencjonalnym spełniające najwyższe normy emisji spalin (Euro 6). W dokumencie nie analizują się modernizacji infrastruktury drogowej.
6	6.2 i 6.3 (s.29 i nast.)	Uwzględnienie rzeczywistych cen jednostkowych („z rynku”) w szacunkach dot. Kosztów pozyskania taboru.	Uwzględniono	Ceny zostały skorygowane zgodnie z uzyskanymi informacjami o ostatnich zrealizowanych przetargach na zakup pojazdów o napędzie zeroemisyjnym. Wszystkie ceny zawarte w opracowaniu są cenami netto.
7	6.2 i 6.3 (s. 29 i nast.)	Uwzględnienie konieczności pozyskania większej liczby autobusów elektrycznych w stosunku do konwencjonalnych)	Nie uwzględniono	Z analizy wynika że przy zastosowaniu infrastruktury ładującej znajdującej się na obszarze miasta, można uniknąć konieczności zwiększenia posiadanego taboru. Struktura wielkościowa taboru nie powinna ulec znaczącym zmianom. Nowe pojazdy zeroemisyjne powinny zastąpić najbardziej wyeksploatowane autobusy o napędzie konwencjonalnym, gwarantując wciąż dopasowanie wielkości pojazdów do popytu efektywnego na przewozy w komunikacji miejskiej.
8	Wariant „1” (Rozdział 6.2 strony 29-31)	W punkcie tym wykonano kalkulację jedynie dla autobusów w pełni elektrycznych. Jednak na rynku istnieje także tańsza alternatywa w postaci elektrycznych hybryd,	Nie uwzględniono	Ustawa określa wymianę posiadanego taboru na pojazdy o napędzie zeroemisyjnym, pojazdy hybrydowe nie należą do pojazdów o napędzie zeroemisyjnym dlatego też nie

		które od niedawna są już użytkowane przez pierwszego przewoźnika w Polsce. Mowa tu o MPK Inowrocław		znajdują się w opracowanym dokumencie
9	Wariant „2” (rozdział 6.3 strona 31)	W tej części opracowania wskazano na duże koszty zakupu autobusów napędzanych ogniwami wodorowymi. Uważam jednak, że lepszym wyjściem od kupowania pojazdów napędzanych wyłącznie ogniwami wodorowymi jest zastosowanie tej technologii jako uzupełnienia baterii w autobusach elektrycznych.	Nie uwzględniono	Koszt pojazdów napędzanych wodorem został skorygowany zgodnie z ostatnimi zrealizowanymi przetargami na dany typ pojazdu. Do analizy nie przyjęto wariantu zakupu pojazdów elektrycznych z zastosowaniem technologii wodorowej jako uzupełnienia baterii, ze względu na brak szczegółowych informacji technicznych wymaganych do przeprowadzenia analizy.
10	Wariant „0” (strona 29)	W mojej ocenie kolejne zakupy autobusów zasilanych wyłącznie olejem napędowym nie mają większego sensu w perspektywie osiągania efektu ekologicznego w transporcie zbiorowym. Jeżeli jednak Miasto Gdańsk zdecydowałoby się na zamówienie wozów wykorzystujących tradycyjne źródła napędu, to warto to zrobić w połączeniu z redukcją emisji szkodliwych cząstek do atmosfery. Dobrym wyborem mogą być autobusy zasilane biodieslem, które łączy w sobie zalety ON i niekonwencjonalnych źródeł energii.	Nie uwzględniono	Z analizy wynika, że zastosowanie niskoemisyjnych pojazdów o napędzie konwencjonalnych spełniających najwyższą normę emisji spalin Euro 6 przyniesie korzyści środowiskowe. Zastosowanie pojazdu o napędzie alternatywnym (biodiesel) przyniosłoby zwiększenie kosztów eksploatacyjnych ze względu na większe koszty paliwa oraz nie wpłynęło by znacznie na zmianę efektów środowiskowych.



MDS Kancelaria jest częścią grupy REFUNDA
www.mdskancelaria.pl