



International Management Services sp. z o.o.

31-104 Kraków, ul. Felicjanek 4/10

Tel: 12 431 00 77, Fax: 12 426 26 80

www.ims.biz.pl Email: office@ims.biz.pl

**Analiza kosztów i korzyści związanych z
wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji
miejskiej autobusów zeroemisyjnych dla Gminy
Miasta Gdańska**



GDAŃSK

Gmina Miasta Gdańska

Zarząd Transportu Miejskiego w Gdańsku

ul. Na Stoku 49, 80-874 Gdańsk

projekt do konsultacji społecznych

Kraków, listopad 2024

Spis treści

Wykaz skrótów i definicji	4
1. Wstęp.....	6
1.1. Podstawa opracowania	6
1.2. Metodologia.....	7
2. Opis stanu aktualnego	8
2.1. Obszar objęty analizą.....	8
2.2. Lokalizacja i uwarunkowania geograficzne	8
2.3. Analiza otoczenia społeczno-gospodarczego	10
2.3.1. Demografia.....	10
2.3.2. Gospodarka.....	10
2.4. Organizator i operatorzy publicznego transportu zbiorowego	10
2.5. System transportowy i sieć komunikacyjna	11
2.5.1. Układ drogowy.....	12
2.5.2. Transport kolejowy	13
2.5.3. Transport rowerowy	13
2.5.4. Transport wodny	14
2.5.5. Komunikacja miejska.....	15
3. Identyfikacja możliwych wariantów rozwoju taboru zeroemisyjnego	17
3.1. Wariant bazowy.....	18
3.2. Wariant W1 – tabor elektryczny.....	19
3.3. Wariant W2 – tabor zasilany wodorem	20
3.4. Analiza operacyjna eksploatacji taboru zeroemisyjnego.....	21
4. Oszacowanie efektów środowiskowych związanych z emisją szkodliwych substancji dla środowiska naturalnego i zdrowia ludzi.....	23
5. Analiza finansowo-ekonomiczna	27
5.1. Metodyka analizy	27
5.2. Nakłady inwestycyjne.....	28
5.3. Koszty operacyjne	29
5.4. Przychody	30
5.5. Kalkulacja poziomu dofinansowania.....	30
5.6. Podsumowanie analizy finansowo-ekonomicznej.....	30

5.7. Trwałość finansowa operatora.....	33
6. Analiza społeczno-ekonomiczna.....	34
6.1. Metodyka analizy	34
6.2. Korekta przepływów finansowych	34
6.3. Koszty i korzyści ekonomiczne	34
6.4. Wskaźniki efektywności ekonomicznej	36
7. Analiza wrażliwości	37
7.1. Analiza wrażliwości dla wskaźników ekonomicznej efektywności projektu	37
8. Analiza ryzyka.....	39
9. Identyfikacja potencjalnych źródeł finansowania inwestycji taborowych.....	46
10. Rekomendacje w zakresie wymiany taboru, podsumowanie i wnioski	47
Spis tabel	50
Spis rysunków	51
Załączniki	52

Wykaz skrótów i definicji

AKK, Analiza	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, o którym mowa w ustawie z dnia 17 lipca 2009 r. o systemie zarządzania emisjami gazów cieplarnianych i innych substancji.
Autobus zeroemisyjny	Autobus w rozumieniu art. 2 pkt 41 ustawy z dnia 20 czerwca 1997 r. – Prawo o ruchu drogowym (Dz. U. z 2023 r. poz. 1047, z późn. zm.) oraz trolejbus w rozumieniu art. 2 pkt 83 tej ustawy, wykorzystujące do napędu energię elektryczną, w tym energię wytworzoną z wodoru w zainstalowanych w nich ogniwach paliwowych, lub wyłącznie silnik, którego cykl pracy nie prowadzi do emisji gazów cieplarnianych lub innych substancji objętych systemem zarządzania emisjami gazów cieplarnianych i innych substancji, o którym mowa w ustawie z dnia 17 lipca 2009 r. o systemie zarządzania emisjami gazów cieplarnianych i innych substancji (Dz. U. z 2022 r. poz. 673 oraz z 2024 r. poz. 834).
BP TOUR	Przedsiębiorstwo Wielobranżowe BP Tour Piotr Brewczak – operator zewnętrzny, realizujący na zlecenie GMG usługi w ramach PTZ
CUPT	Centrum Unijnych Projektów Transportowych – jednostka budżetowa podległa ministrowi właściwemu ds. transportu, zarządzająca funduszami pochodzącymi z Unii Europejskiej, przeznaczonymi na wspieranie inwestycji infrastrukturalnych m.in. w obszarze transportu drogowego i miejskiego.
GAiT	Gdańskie Autobusy i Tramwaje sp. z o.o.
GMG	Gmina Miasta Gdańska
Obszar analizą	objęty Gmina Miasta Gdańsk i gminy na terenie których Gmina Miasta Gdańska organizuje autobusowe linie komunikacyjne w publicznym transporcie zbiorowym, zgodnie z wykazem znajdującym się w rozdziale 2.1.
Operator	Samorządowy zakład budżetowy lub przedsiębiorca uprawniony do prowadzenia działalności gospodarczej w zakresie przewozu osób, który zawarł z organizatorem publicznego transportu zbiorowego umowę o świadczenie usług w zakresie publicznego transportu zbiorowego (...). (Dz.U. z 2023 r. poz. 2778).

Organizator	Organizator publicznego transportu zbiorowego – Gmina Miasta Gdańska, w imieniu której działa Zarząd Transportu Miejskiego w Gdańsku – właściwa jednostka budżetowa, zapewniająca funkcjonowanie publicznego transportu zbiorowego na danym obszarze.
PTZ	Publiczny Transport Zbiorowy
Plan transportowy	<i>Plan zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego dla Miasta Gdańska na lata 2014-2030</i> przyjęty uchwałą Rady Miasta Gdańska nr XLIX/1104/14 z dnia 27 lutego 2014 r.
Strategia elektromobilności	<i>Strategia rozwoju elektromobilności w Gdańsku do roku 2035</i> przyjęta uchwałą Rady Miasta Gdańska nr XXVIII/716/20 z 24.09.2020 r.
Ustawa	Ustawa z 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (Dz. U. 2024 poz. 1289)
VAT	Podatek od towarów i usług
wzkm	wozo-kilometr – jednostka miary pracy przewozowej pojazdów transportu publicznego, odpowiadająca sumarycznej długości trasy przejechanej przez pojazdy w określonej jednostce czasu
ZTM	Zarząd Transportu Miejskiego w Gdańsku

1. Wstęp

1.1. Podstawa opracowania

Przedmiotowa analiza została sporządzona na potrzeby spełnienia obowiązków wynikających z **ustawy z 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych** (Dz. U. 2024 poz. 1289 z późn. zm.). W myśl art. 37 ustawy, każda jednostka samorządu terytorialnego, w której liczba mieszkańców przekracza 50 000, jest zobligowana do sporządzenia co 36 miesięcy analizy kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem, przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej, autobusów zeroemisyjnych (...).

Natomiast zgodnie z art. 36 ustawy, każda jednostka samorządu terytorialnego, o której mowa powyżej, świadcząc lub zlecając usługę komunikacji miejskiej w rozumieniu ustawy z 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym (Dz. U. z 2023 r. poz. 2778), musi zapewnić odpowiedni udział autobusów zeroemisyjnych lub autobusów napędzanych biometanem we flocie użytkowanych pojazdów na obszarze tej jednostki. W przypadku Gminy Miasta Gdańska obszarem tym jest miasto oraz gminy z którymi GMG zawarła porozumienia międzygminne czyli Gmina Miejska Sopot, Gmina Miejska Pruszcz Gdański, Gmina Miejsko-Wiejska Żukowo, Gmina Wiejska Pruszcz Gdański, Gmina Miasta Gdyni oraz Gmina Wiejska Kolbudy. Określony w dokumencie udział autobusów zeroemisyjnych lub napędzanych biometanem wynosi 30% i musi zostać osiągnięty do 1 stycznia 2028 r., niemniej jednak ustawa obliuguje do osiągnięcia ww. udziału stopniowo, zatem już od 1 stycznia 2025 r. musi on wynieść 20%.

Obowiązek ten dotyczy wszystkie JST powyżej 50 000 mieszkańców, chyba że przeprowadzona w ramach AKK analiza społeczno-ekonomiczna, uwzględniająca wycenę kosztów i korzyści związanych z emisją szkodliwych substancji, wskaże na brak korzyści z wykorzystywania autobusów zeroemisyjnych.

Oprócz analizy społeczno-ekonomicznej, AKK musi zawierać także takie elementy jak analizę finansowo-ekonomiczną oraz oszacowanie efektów środowiskowych związanych z emisją szkodliwych substancji dla środowiska naturalnego i zdrowia ludzi.

Ponadto, ustawa z 11 stycznia 2018 r. zobowiązuje do udziału społeczeństwa w opracowaniu analizy, zgodnie z ustawą z 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko (Dz. U. z 2024 r. poz. 1112 z późn. zm.). W analizie kosztów i korzyści muszą zostać uwzględnione wnioski z konsultacji społecznych.

Gmina Miasta Gdańska w 2018 r. zleciła opracowanie pierwszego dokumentu o charakterze analizy kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych, a następnie analiza została zaktualizowana w 2021 r. Z przeprowadzonych analiz wynikało, że zakup i eksploatacja taboru elektrycznego lub zasilanego wodorem, nie są opłacalne ze społeczno-ekonomicznego punktu widzenia. Tym samym organizator nie był zobligowany do osiągnięcia progów dot. udziału taboru zeroemisyjnego w roku 2021 i 2023. **Przedmiotowy dokument jest zatem aktualizacją pierwotnie**

sporządzonych analiz, i zawierać będzie rekomendacje co do konieczności spełnienia wymogów określonych dla roku 2025 i 2028.

W dokumencie uwzględniono m.in. zmiany na sieci komunikacyjnej, popyt i podaż na usługi w PTZ na obszarze objętym analizą oraz zrealizowane i planowane w najbliższych latach inwestycje w zakresie elektromobilności. Analiza uwzględnia również aktualne założenia dotyczące nakładów inwestycyjnych oraz kosztów jednostkowych pracy przewozowej dla taboru o różnych źródłach zasilania, a także zaktualizowane stawki jednostkowych kosztów i korzyści ekonomicznych (w tym m.in. dot. emisji niskiej oraz zmian klimatu).

Dokument został opracowany zgodnie z umową z 20.09.2024 r. zawartą pomiędzy Gminą Miasta Gdańska, reprezentowaną przez Zarząd Transportu Miejskiego w Gdańsku a International Management Services sp. z o.o.

1.2. Metodologia

Przedmiotowe opracowanie zostało sporządzone na podstawie wytycznych Ministerstwa Klimatu i Środowiska z lipca 2023 r. oraz z uwzględnieniem praktycznych podręczników i wytycznych opublikowanych lub rekomendowanych przez instytucje zajmujące się oceną projektów transportowych, współfinansowanych m.in. ze środków UE. Opisują one sposób sporządzenia analizy kosztów i korzyści, której celem jest m.in. wykazanie, że projekt pod względem kryteriów społeczno-ekonomicznych wykazuje wystarczające korzyści, aby mógł w określonej proporcji podlegać dofinansowaniu ze środków strukturalnych. Oznacza to, że projekt po uwzględnieniu wszystkich kosztów i korzyści jest z ekonomicznego i społecznego punktu widzenia opłacalny, a więc spełnia te same kryteria co analiza wymagana ustawą o elektromobilności i paliwach alternatywnych.

Z tego względu niniejszą analizę opracowano w oparciu o dotychczasowe doświadczenia przy sporządzaniu AKK dla projektów transportowych realizowanych ze środków UE, z uwzględnieniem m.in. poniższych wytycznych i publikacji:

- Niebieska Księga, Wydanie uaktualnione. Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach, Inicjatywa JASPERS, 2023;
- Wytyczne dotyczące zagadnień związanych z przygotowaniem projektów inwestycyjnych, w hybrydowych na lata 2021-2027, Ministerstwo Funduszy i Polityki Regionalnej, marzec 2023 r.
- Analiza kosztów i korzyści projektów transportowych współfinansowanych ze środków Unii Europejskiej, Vademecum Beneficjenta (CUPT, Warszawa 2016 r.)
- Analiza ekonomiczna, Vademecum 2021-2027; Zasady ogólne i zastosowania w sektorach, Komisja Europejska
- Strona internetowa CUPT: <https://www.cupt.gov.pl/> w tym m.in. tablice kosztów jednostkowych uwzględniające prognozy makroekonomiczne Ministerstwa Finansów z maja 2024 r. i ceny na koniec 2023 r. (aktualizacja maj/czerwiec 2024 r., wersja dla projektów z perspektywy 2021-2027.

Ponadto w analizie uwzględniono

W toku prac nad przedmiotową analizą uwzględniono także zapisy dokumentów o charakterze strategicznym i planistycznym Gminy Miasta Gdańska, a w szczególności „Planu zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego dla Miasta Gdańska na lata 2014-2030” oraz „Strategii rozwoju elektromobilności w Gdańsku do roku 2035”.

2. Opis stanu aktualnego

2.1. Obszar objęty analizą

Ze względu na fakt, że linie komunikacyjne organizowane przez ZTM obejmują swoim zasięgiem miasto Gdańsk oraz gminy, z którymi GMG zawarła porozumienia międzygminne, czyli Gminę Miejską Sopot, Gminę Miejską Pruszcz Gdański, Gminę Miejsko-Wiejską Żukowo, Gminę Wiejską Pruszcz Gdański, Gminę Miasta Gdyni oraz Gminę Wiejską Kolbudy, przedmiotowa analiza AKK dotyczyć będzie całego wymienionego obszaru. Niemniej jednak ze względu na to, że przewozy organizowane poza obszarem Gdańska stanowią jedynie ok. 5% całej pracy przewozowej zlecaniej operatorom, analiza otoczenia społeczno-gospodarczego dotyczyć będzie obszaru obejmującego Gdańsk, co oddaje ogólny charakter całego obszaru, na którym ZTM pełni funkcję organizatora publicznego transportu zbiorowego.

2.2. Lokalizacja i uwarunkowania geograficzne

Gdańsk zajmuje 263,44 km² i jest stolicą województwa pomorskiego oraz miastem centralnym Obszaru Metropolitalnego Gdańsk-Gdynia-Sopot. Miasto jest położone nad Morzem Bałtyckim u ujścia Motławy do Wisły nad Zatoką Gdańską. Administracyjnie Gdańsk jest miastem na prawach powiatu.

Położenie nad Morzem Bałtyckim oraz u ujścia Wisły sprawia, że Gdańsk pełni rolę ważnego węzła transportowego dla powiązań pomiędzy południową i północną częścią Europy. Wykorzystując przewagę wynikającą z położenia, miasto stało się również centrum turystycznym, kulturalnym, naukowym i gospodarczym w północnej Polsce.

Administracyjnie Gdańsk jest podzielony na 35 dzielnic.

Rysunek 1. Podział Gdańska na dzielnice



Źródło: <https://bip.gdansk.pl/urząd-miejski/podział-administracyjny-gdanska,a,647>, stan na 31.12.2023 r.

Charakter miasta pod względem urbanistycznym jest zróżnicowany, rozległy, wzbogacony zabytkami, terenami zielonymi oraz rezerwatami przyrody. Atuty te doceniają turyści krajowi i zagraniczni, którzy corocznie chętnie odwiedzają okolice Trójmiasta oraz sam Gdańsk. Sezon turystyczny w Gdańsku nie kończy się wraz z nadejściem jesieni. W 2023 r. Gdańsk odwiedziło 4,1 mln gości. Na tę liczbę składa się ponad 2,4 mln turystów (osób, które spędziły w mieście min. 1 noc) oraz blisko 1,7 mln odwiedzających (osób, które nie nocowały).¹

Ośrodkami o znaczeniu metropolitalnym, a w tym miejskim i dzielnicowym, są ośrodki w Śródmieściu, we Wrzeszczu i w Oliwie. Łączą się one w tzw. Centralne Pasma Usługowe, czyli największą koncentrację usług w Gdańsku, powstałą wzdłuż głównego ciągu transportowego. Struktura ta ma kontynuację w Sopocie i Gdyni, i wynika ze specyficznego usytuowania strefy funkcjonalnego śródmieścia Trójmiasta.

Strukturę funkcjonalno-przestrzenną Gdańska w dużym stopniu determinuje ukształtowanie terenu. Wyodrębnić można dwa obszary różniące się geomorfologicznie: **tzw. dolny i górny taras**, które oddziela krawędź wysoczyzny, w części północnej porośniętej lasami Trójmiejskiego Parku Krajobrazowego. Różnice wysokości względnych pokonywanych przez pojazdy w mieście przewyższają 100 m.

¹ Wg. badań przeprowadzonych przez Gdańską Organizację Turystyczną (GOT) oraz Pomorski Instytut Naukowy im. prof. Brunona Synaka.

2.3. Analiza otoczenia społeczno-gospodarczego

2.3.1. Demografia

Gdańsk liczy 487 371 mieszkańców (dane na 31.12.2023 r.) i zajmuje szóste miejsce w Polsce pod względem liczby ludności oraz siódme miejsce pod względem powierzchni. Gęstość zaludnienia wynosi 1 860,1 osób/m².

Zgodnie z prognozami demograficznymi, w 2030 r. liczba ludności w Gdańsku będzie wynosić do ok. 472,4 tys. osób.

2.3.2. Gospodarka

Miasto pełni funkcję głównego ośrodka biznesowego, administracyjnego i usługowego regionu.

W Gdańsku znajduje się największy polski port morski, będący spoiwem Transeuropejskiego Korytarza Transportowego łączącego kraje skandynawskie z południowo-wschodnią Europą. Naturalne zalety portu sprawiają, iż znajduje się on w czołówce portów bałtyckich pod względem przeładunkowym.

Znajdujący się w dzielnicy Matarnia Port Lotniczy Gdańsk im. Lecha Wałęsy, jest trzecim (po Warszawie i Krakowie) pod względem wielkości ruchu pasażerskiego portem lotniczym w Polsce.

Oprócz handlu morskiego, ważną gałęzią gospodarki są usługi (np. turystyka, hotelarstwo), branża wystawiennicza, handel (liczne centra handlowe) czy też budownictwo.

W roku 2024 w rejestrze REGON w Gdańsku zarejestrowanych było 91 445 podmiotów gospodarki narodowej (stan na II kwartał). Bezrobocie rejestrowane w 2023 r. wynosiło zaledwie 2,3%. Wśród aktywnych zawodowo mieszkańców Gdańska, ok. 32% pracuje w sektorze usługowym, 20% w sektorze przemysłowym i budownictwie, 6,5% w sektorze finansowym, a mniej niż 1% w sektorze rolniczym (w tym rybactwo).

W mieście znajdują się silne ośrodki edukacyjne (14 szkół wyższych, instytucje naukowe), kulturalne (muzea, teatry, kina, galerie, filharmonie, biblioteki), sportowe (kluby sportowe, Stadion Energa Gdańsk) oraz gospodarcze (centra usług wspólnych oraz oddziały międzynarodowych korporacji, siedziba firm reprezentujący zróżnicowany sektor przemysłowy).

2.4. Organizator i operatorzy publicznego transportu zbiorowego

Zgodnie z ustawą o publicznym transporcie zbiorowym, **organizatorem** PTZ na danym obszarze jest właściwa jednostka samorządu terytorialnego, która zapewnia jego funkcjonowanie na tym obszarze.

Za prawidłowe funkcjonowanie komunikacji autobusowej i tramwajowej na terenie miasta odpowiedzialny jest **Zarząd Transportu Miejskiego w Gdańsku (ZTM)**. Głównym zadaniem ZTM jest organizacja przewozów komunikacji miejskiej w Gdańsku – oraz na mocy podpisanych porozumień – w sześciu sąsiednich gminach.

Ustawa o publicznym transporcie zbiorowym określa również sposób wyboru **operatora** publicznego transportu zbiorowego. Zgodnie z definicją zawartą w ustawie, operatorem jest samorządowy zakład budżetowy oraz przedsiębiorca uprawniony do prowadzenia działalności gospodarczej w zakresie przewozu osób, który zawarł z organizatorem publicznego transportu zbiorowego umowę o świadczenie usług w zakresie publicznego transportu zbiorowego, na linii komunikacyjnej określonej w umowie.

W zakresie przewozów tramwajowych ZTM zleca usługi jedynie operatorowi wewnętrznemu, tj. Gdańskie Autobusy i Tramwaje sp. z o.o., natomiast w zakresie przewozów autobusowych rolę operatora pełni zarówno GAI T jak i BP Tour.

GAI T jest przedsiębiorstwem komunalnym użyteczności publicznej, działającym w formie spółki z ograniczoną odpowiedzialnością. Spółka kontynuuje tradycję komunikacji miejskiej w Gdańsku sięgającą roku 1873. Od 1 stycznia 2004 roku zakład budżetowy ZKM Gdańsk, został przekształcony w wyniku restrukturyzacji w Zakład Komunikacji Miejskiej w Gdańsku Spółka z o.o. i obecnie pełni funkcje wykonawcy usług w komunikacji miejskiej. W 2017 roku ZKM w Gdańsku sp. z o.o. zmienił nazwę na Gdańskie Autobusy i Tramwaje sp. z o.o.

Od 2009 r. spółka działa na rynku regulowanym w oparciu o kolejne umowy wieloletnie na świadczenie usług przewozowych, zawarte z Gminą Miasta Gdańska, w której imieniu działa ZTM.

Aktualnie Spółka realizuje usługi w zakresie miejskich przewozów autobusowych na podstawie Umowy nr 87/ZTM/2022 o świadczenie usług w zakresie autobusowego lokalnego transportu zbiorowego na terenie Gminy Miasta Gdańska w latach 2023-2037, zawartej 30 grudnia 2022 r. oraz w zakresie przewozów tramwajowych na podstawie umowy nr 86/ZTM/2022 z dnia 30.12.2022 r. na lata 2023-2044.

Firma BP Tour pełni funkcję operatora na podstawie umowy na świadczenie usług w przewozach w komunikacji miejskiej w Gdańsku w latach 2017-2025 nr 35/ZTM/2017 z 27 kwietnia 2017 r. Od 2026 r. do końca 2035 r. zadanie to przejmie dwóch przewoźników:

- Przedsiębiorstwo Komunikacji Samochodowej Gdańsk Sp. z o.o. z siedzibą w Gdańsku.
- Relobus Transport Polska Sp. z o.o. z siedzibą w Toruniu.

Usługi przez obu operatorów będą świadczone z wykorzystaniem łącznie min. 40 autobusów, w tym 13 zeroemisyjnych, tj.:

- 24 autobusów przegubowych MEGA (w tym minimum 7 autobusów elektrycznych),
- 6 autobusów standardowych MAXI (w tym minimum 6 autobusów elektrycznych).

2.5. System transportowy i sieć komunikacyjna

W skład systemu transportowego miasta wchodzi następujące podsystemy transportowe: drogowy, kolejowy z wydzieloną szybką koleją miejską, wodny, lotniczy, tramwajowy (szynowy), autobusowy, rowerowy oraz pieszy. Ponadto system transportowy miasta uzupełniają urządzenia transportu osobistego i hulajnogi elektryczne, które są coraz częściej wykorzystywane przez podróżnych, szczególnie w obszarze tzw. „ostatniej mili”. Podsystemy te

są zintegrowane poprzez węzły przesiadkowe umiejscowione na stacjach kolejowych, przystankach SKM i PKM, przy kompleksie handlowym Forum Gdańsk oraz porcie lotniczym i morskim.

2.5.1. Układ drogowy

Głównymi kierunkami przemieszczania się mieszkańców są ciągi transportowe przebiegające w osi północ – południe. Na główny ciąg uliczny, biegnący od południowej granicy miasta do granicy z Sopotem, składają się ulice: Trakt św. Wojciecha, Okopowa, Wały Jagiellońskie, Podwale Grodzkie, Błędnik, al. Zwycięstwa, al. Grunwaldzka.

W wyniku zagospodarowywania w latach 70. ubiegłego wieku terenów przymorskich wykształciła się druga oś transportowa dolnego tarasu. Składają się na nią: ul. Chłopska, al. Rzeczypospolitej, a także zrealizowana w latach 30. XX wieku al. Legionów.

Trzecim ciągiem transportowym przebiegającym w kierunku północ-południe jest al. Kazimierza Jagiellończyka pełniąca funkcję Zachodniej Obwodnicy Trójmiasta. Rozpoczyna się ona na węźle z autostradą A1 w gminie Pruszcz Gdański, następnie okrążając Gdańsk od zachodu przez lasy Trójmiejskiego Parku Krajobrazowego, prowadzi w kierunku Gdyni. Istotnym połączeniem w linii północ-południe jest również ciąg: al. V. Havla, ul. Łostowicka, ul. Nowolipie, ul. Rakoczego, ul. Potokowa oraz ciąg: ul. Rakoczego, ul. Bulońska, al. P. Adamowicza. Po realizacji Trasy Sucharskiego i tunelu pod Martwą Wisłą trasy te wraz z al. Macieja Płazińskiego i ul. Czarny Dwór stały się ważnym połączeniem międzydzielnicowym.

Ponadto istotnymi ciągami transportowymi miasta są al. Armii Krajowej (Trasa W-Z), ul. Słowackiego i al. Żołnierzy Wyklętych stanowiące również połączenie w osi wschód-zachód, oraz ul. Spacerowa, pełniąca funkcję łącznika pomiędzy dzielnicą Oliwa a Osowa.

W mieście wprowadzono dotychczas Strefę Ograniczonego Dostępu (SOD) oraz strefy uspokojonego ruchu, które są sukcesywnie powiększane i obejmują obecnie ok. 65% ulic Gdańska.

Na sieć Gdańska składa się 973,2 km dróg, w tym 943,6 km dróg publicznych, a wśród nich drogi: [km]

- ekspresowe: 22,4;
- krajowe: 42,6;
- wojewódzkie: 61,4;
- powiatowe: 157,8;
- gminne: 659,4.²

Funkcję zarządcy dróg publicznych w Gdańsku (z wyłączeniem autostrad i dróg ekspresowych) pełni miejska jednostka budżetowa **Gdański Zarząd Dróg i Zieleni (GZDiZ)**. GZDiZ wykonuje

² Referat Badań i Analiz Społeczno-Gospodarczych, UMG na podstawie danych GZDiZ oraz GDDKiA – Oddział w Gdańsku, dane za 2021 r.

(lub zleca) roboty interwencyjne, utrzymaniowe i zabezpieczające istniejącą infrastrukturę drogową. Jednostka odpowiada także m.in. za zarządzanie infrastrukturą tramwajową i autobusową, budowę i utrzymanie oświetlenia ulic i drogowych obiektów inżynierskich oraz terenów zieleni.

2.5.2. Transport kolejowy

Główną funkcję komunikacyjną w transporcie północ-południe w aglomeracji trójmiejskiej pełni Szybka Kolej Miejska (SKM). Dopelnieniem linii SKM jest Pomorska Kolej Metropolitalna (PKM) wyprowadzająca ruch kolejowy w kierunku zachodnim na liniach kolejowych nr 248 Gdańsk Wrzeszcz – Gdańsk Osowa oraz nr 253 Gdańsk Osowa – Gdańsk Rębiechowo. Ponadto podróżni posiadający bilety okresowe (miesięczne i semestralne) emitowane przez ZTM mogą podróżować na obszarze Gdańsk Lipce – Gdańsk Wrzeszcz (Gdańsk Osowa) – Gdańsk Oliwa pociągami POLREGIO.

Na terenie miasta funkcjonują trzy osobowe dworce kolejowe: Gdańsk Główny, Gdańsk Wrzeszcz i Gdańsk Oliwa oraz 19 stacji i przystanków SKM i PKM. Stacje we Wrzeszczu oraz w Gdańsku Głównym stanowią główne węzły przesiadkowe integrujące pasażerskie linie kolejowe z pozostałymi środkami transportu.

W celu zwiększenia dostępności publicznych środków transportu, na terenie całego Obszaru Metropolitalnego Gdańsk-Gdynia-Sopot wybudowano zintegrowane węzły przesiadkowe. Umożliwiają one dogodną, bezpieczną, szybką i sprawną zmianę środka transportu. Do podstawowych elementów węzłów przesiadkowych należą m.in. parkingi P&R, przystanki, stojaki i wiaty rowerowe, punkty sprzedaży biletów oraz inteligentne systemy informacji pasażerskiej. Na terenie Gdańska funkcjonuje 17 takich obiektów. Niektóre z nich skupiają w jednym miejscu wszystkie formy transportu publicznego: autobusy, tramwaje oraz pociągi.

2.5.3. Transport rowerowy

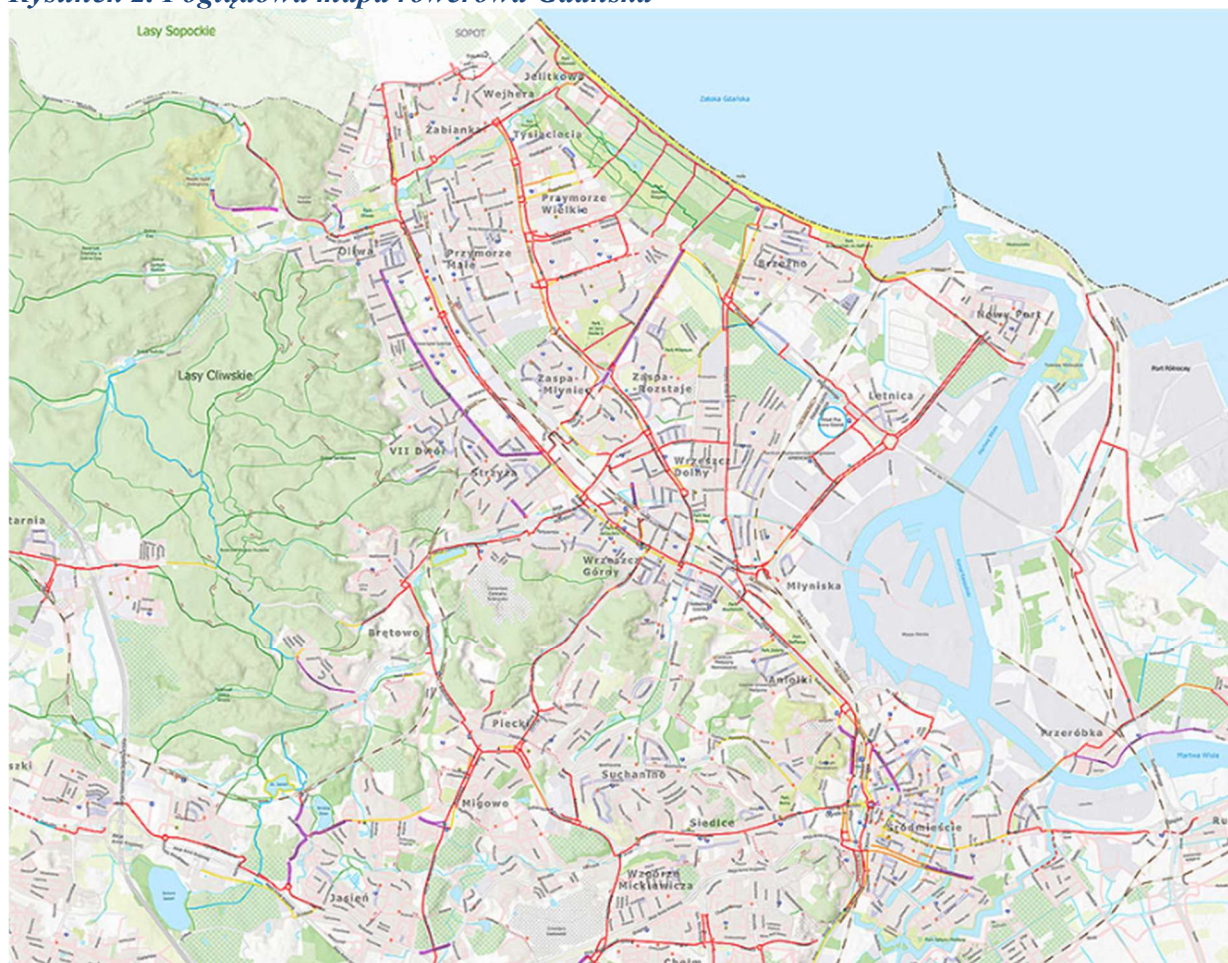
Sieć tras rowerowych w Gdańsku liczy łącznie 861,8 km. W skład tras rowerowych wchodzi:³

- wydzielone drogi rowerowe (137,9 km);
- ciągi pieszo-rowerowe z pierwszeństwem pieszych (26,8 km);
- chodniki z dopuszczonym ruchem rowerów (od ciągu pieszo-rowerowego różni się tym, że rowerzysta nie jest zobowiązany z niego korzystać – 39,4 km);
- pasy rowerowe w jezdni (16,9 km);
- pasy autobusowo-rowerowe (2,0) km;
- ciągi pieszo-jezdne (drogi bez chodnika i pobocza, z ograniczonym ruchem pojazdów mechanicznych – 18,9 km);
- ulice z uspokojonym ruchem, o dopuszczalnej prędkości maksymalnej nie większej niż 30 km/h (619,9 km, tj. ok. 66,4% ulic w Gdańsku);

³ Źródło: rowerowygdansk.pl / Referat Mobilności Aktywnej, Wydział Gospodarki Komunalnej, UMG. Dane zgodnie ze stanem na styczeń 2023 r.

- kontraruch – ulice jednokierunkowe z dopuszczonym ruchem rowerów "pod prąd" (57,1 km, tj. 235 ulic).

Rysunek 2. Poglądowa mapa rowerowa Gdańska



Źródło: <http://www.rowerowygdansk.pl/>

Gdańsk od lat inwestuje w rozwój infrastruktury rowerowej oraz prowadzi działania informacyjno-promocyjne zachęcające mieszkańców do korzystania z tego środka transportu. Od 2012 roku w mieście obowiązują standardy techniczne oraz zasady planowania, projektowania i organizacji ruchu rowerowego na drogach publicznych i wewnętrznych.

W Gdańsku jak i na terenie całego OMGGŚ pod koniec 2023 r. uruchomiono system roweru miejskiego MEVO 2.0. W ramach systemu w ręce użytkowników oddano 4 tys. jednośladów, z czego aż 75% to rowery ze wspomaganie elektrycznym. Z systemu mogą korzystać mieszkańcy 16 gmin trójmiejskiej metropolii. Do odblokowania i wynajmu roweru służy aplikacja mobilna. Rowery można wypożyczyć i oddać na 713 stacjach lub (za dodatkową opłatą) poza stacją.

2.5.4. Transport wodny

W skład transportu wodnego wchodzi połączenia na obszarze Morza Bałtyckiego oraz sezonowo powiązania w rejonie Zatoki Gdańskiej i wybrzeża środkowego.

Transport wodny ma duże znaczenie dla rozwoju turystyki w regionie oraz przewozu ładunków towarowych. Jego charakter jest w znacznej mierze sezonowy (w okresie od maja do końca września). Obecnie rejsy są świadczone jedynie komercyjnie, przez kilku przewoźników. Najczęściej organizowane są:

- rejsy po Starym Mieście;
- rejsy na Westerplatte;
- rejsy żaglowcami i replikami statków historycznych;

Większość rejsów odbywa się na katamaranach, motorówkach lub niewielkich statkach.

2.5.5. Komunikacja miejska

2.5.5.1. Sieć komunikacyjna

Na sieć infrastruktury tramwajowej w Gdańsku składa się 65 km torowisk oraz w sumie 172 km linii, eksploatowanych w ramach 11 stałych i 3 sezonowych linii tramwajowych.

Z kolei na sieć komunikacji autobusowej Gdańska składają się 74 linie dzienne i 12 linii nocnych, w tym na 55 liniach dziennych i 11 liniach nocnych operatorem jest GAIT, natomiast na 20 liniach dziennych i 2 liniach nocnych operatorem jest firma BP Tour⁴. Cała sieć to w sumie 1 097 km linii, z czego 839 km to linie dzienne (w tym 731 km w Gdańsku i 108 km w gminach ościennych oraz 258 km na liniach nocnych (w tym 238 km w Gdańsku i 20 km w gminach ościennych).

Tabela 1. Autobusowa praca eksploatacyjna zlecana przez ZTM na terenie poszczególnych gmin [wzkm]

Gmina	2023	2024 przewidywane wykonanie	2025 plan
Gmina Miasta Gdańska	17 272 157	17 452 757	17 213 340
Gmina Miejska Sopot	265 519	269 863	269 859
Gmina Miejska Pruszcz Gdański	623 241	636 043	683 683
Gmina Wiejska Pruszcz Gdański	67 560	118 479	118 643
Gmina Miejsko-Wiejska Żukowo	213 250	214 309	213 545
Gmina Miasta Gdyni	1 757	1 994	1 007
Gmina Wiejska Kolbudy	146 705	150 045	152 806
Razem:	18 590 189	18 843 491	18 652 882

⁴ Niektóre linie autobusowe obsługiwane są wspólnie przez obu operatorów, ponadto na mocy porozumienia międzygminnego z Gminą Miasta Gdyni, przewoźnik PKM Gdynia sp. z o.o. obsługuje część zadania na linii 171.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ZTM

Popyt na usługi w ramach publicznego transportu zbiorowego organizowanego przez ZTM do roku 2019 łącznie wynosił ok. 175 mln pasażerów rocznie. W roku 2020 na skutek ograniczeń spowodowanych pandemią COVID-19, przewieziono 112,3 mln pasażerów, w kolejnym roku odnotowano wzrost pasażerów do poziomu 123 mln. W latach 2022-2023 przewieziono kolejno 148 mln i 158,2 mln pasażerów.

Praca eksploatacyjna w 2023 r. w przewozach autobusowych i tramwajowych wyniosła 33 472 tys. wozokm. W kolejnych latach liczba planowanych wozokilometrów w komunikacji tramwajowej ZTM Gdańsk będzie rosła z powodu oddania do eksploatacji kolejnych nowych tras, budowanych w ramach gminnego programu rozwoju zrównoważonego transportu publicznego.

Planuje się, iż układ sieci komunikacyjnej będzie się zmieniać wraz z zmianami potrzeb pasażerów na usługi z zakresu przewozów o charakterze użyteczności publicznej, m.in. poprzez objęcie dostępem do komunikacji miejskiej nowopowstałych generatorów ruchu, szczególnie osiedli mieszkaniowych, wielkopowierzchniowych obiektów handlowo- usługowych i dużych zakładów pracy.

2.5.5.2. Tabor tramwajowy

Na tabor tramwajowy w Gdańsku składa się 139 składów, w tym wszystkie są przynajmniej częściowo niskopodłogowych. Codziennie po Gdańsku kursuje 118 składów. Tabor ten jest własnością operatora wewnętrznego Gminy – Spółki GAIiT.

Średni wiek wagonów to ok. 24 lata, jednak tabor ten jest on na bieżąco modernizowany. Około 60% obecnie eksploatowanych składów jest wyposażona w klimatyzację przestrzeni pasażerskiej.

2.5.5.3. Tabor autobusowy

Tabor autobusowy eksploatowany w Gdańsku w ramach PTZ to zarówno pojazdy napędzane silnikiem Diesla, jak i nowoczesne autobusy elektryczne i zasilane wodorem. Autobusy zeroemisyjne są eksploatowane wyłącznie przez operatora wewnętrznego (GAIiT).

GAIiT eksploatuje 261 autobusów (stan na III kwartał 2024 r.), z czego blisko połowa, tj. 117 pojazdów spełnia najwyższą normę emisji Euro 6, natomiast 83 szt. to pojazdy z normą emisji Euro 5. Ponadto przewoźnik eksploatuje 31 szt. autobusów zeroemisyjnych, w tym 21 szt. typu BEV i 10 szt. zasilanych wodorem. Oznacza to, że 77% całego taboru GAIiT to autobusy niskoemisyjne i kolejne 12% to autobusy zeroemisyjne. Uwzględniając flotę autobusów operatora BP Tour w liczbie 40 szt., która w całości spełnia normę emisji Euro 6, **wskaźnik udziału niskoemisyjnych lub zeroemisyjnych autobusów eksploatowanych na terenie Gdańska wynosi aż 90%.**

Gdańskie autobusy to także pojazdy stosunkowo nowe. Średni wiek pojazdów eksploatowanych przez GAIiT wynosi nieco ponad 9 lat, a całość taboru BP Tour to pojazdy wyprodukowane w 2017 r. Inwestycje taborowe pozwoliły na wycofanie z eksploatacji najbardziej wysłużonych autobusów. Efektem tych działań jest zakup przez GAIiT w 2023 r. 18 szt. autobusów

elektrycznych BEV oraz pozyskanie 10 szt. pojazdów zasilanych wodorem. Pojazdy wodorowe użytkowane będą przez spółkę przez 10 lat, w ramach długoterminowej umowy najmu, wraz z ich pełną obsługą serwisową.

Biorąc pod uwagę klasę autobusów, ok. 40% taboru operatora GAIT to wielkopojemne pojazdy klasy MEGA o długości ok. 18 m, mieszczące od 140 do 180 osób, w tym nawet 49 na miejscach siedzących. Ponad połowa to 12-metrowe pojazdy klasy MAXI, mieszczące ok. 100 pasażerów. Pozostałe autobusy to pojazdy typu minibus lub midibus. Wśród pojazdów operatora BP Tour ponad połowa taboru to autobusy MEGA (22 szt.), natomiast pozostałe autobusy to pojazdy klasy MAXI (17 szt.) lub MIDI (1 szt.). Cała eksploatowana w Gdańsku flota jest wyposażona w klimatyzację.

Szczegółowy wykaz taboru z uwzględnieniem podstawowych danych technicznych znajduje się w załączniku nr 1 do Analizy.

3. Identyfikacja możliwych wariantów rozwoju taboru zeroemisyjnego

W rozdziale tym zaprezentowane zostaną analizowane scenariusze rozwoju taboru autobusowego eksploatowanego na sieci komunikacyjnej, dla której organizatorem jest Gmina Miasta Gdańska. Każdy scenariusz (wariant) analizowany będzie z punktu widzenia ZTM i przewoźników, z uwzględnieniem zasad organizacji komunikacji oraz polityki taborowej którymi kierują się te podmioty.

Z uwagi na przeznaczenie niniejszej analizy, warianty muszą charakteryzować się następującymi cechami:

- każdy wariant spełnia minimalne kryteria w myśl ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych, dotyczące udziału autobusów zeroemisyjnych we flocie pojazdów w danym roku; za autobus zeroemisyjny uznaje się zatem tylko autobusy elektryczne oraz autobusy napędzane energią pochodzącą z wodorowego ogniwa paliwowego; ustawodawca dopuszcza spełnienie wymaganego udziału z wykorzystaniem autobusów napędzanych biometanem, ale organizator z uwagi na brak możliwości tankowania tego rodzaju paliwa nie bierze pod uwagę wspomnianego rodzaju napędu,
- warianty są ze sobą porównywalne, każdy scenariusz uwzględnia zakup taboru i infrastruktury zapewniając podobne zdolności przewozowe⁵,
- analizowane różnice są mierzalne i możliwe do zdefiniowania oraz skwantyfikowania,
- warianty uwzględniają politykę transportową Gminy Miasta Gdańska.

⁵ Przy założeniu zakupu autobusów elektrycznych z możliwością uzupełniania magazynów energii pomiędzy kursami. Inwestycje polegające na wymianie taboru ON na elektryczny w stosunku 1:1 z powodzeniem realizują krajowi przewoźnicy,

3.1. Wariant bazowy

Analiza wariantu bazowego posłuży oszacowaniu ponoszonych obecnie oraz w perspektywie najbliższych 15 lat nakładów inwestycyjnych na tabor oraz kosztów i korzyści społeczno-ekonomicznych, przy zachowaniu obecnych standardów i jakości w zakresie świadczonych usług w publicznym transporcie zbiorowym. W szczególności analizie poddany zostanie aspekt związany z emisją gazów cieplarnianych i innych substancji objętych systemem zarządzania emisjami gazów cieplarnianych.

W wariantcie tym zostaną wzięte pod uwagę aktualne parametry przewozów autobusowych, realizowanych w ramach publicznego transportu zbiorowego na sieci komunikacyjnej. Analiza uwzględni będzie zatem liczbę i rodzaj eksploatowanego taboru oraz wielkość pracy przewozowej planowanej przez organizatora w najbliższych latach.

Podaż usług transportowych ogółem jest podyktowana planami rozwoju urbanistycznego Miasta Gdańska i gmin ościennych, co przełoży się na zwiększenie popytu w zakresie PTZ. Organizator kierując się zasadami polityki zrównoważonego rozwoju oraz efektywnością poszczególnych systemów transportowych, planuje rozwój komunikacji miejskiej głównie w oparciu o transport szynowy, natomiast autobusy będą pełnić rolę uzupełniającą. Zgodnie z tą strategią, w analizie przyjęto stały poziom pracy eksploatacyjnej w najbliższych latach. W wariantach inwestycyjnych przyjęto analogiczne założenie, tj. stałą wielkość pracy eksploatacyjnej w poszczególnych latach.

Po szczegółowej analizie taboru jakim dysponują przewoźnicy zawartej w rozdziale 2.5, oraz uwzględniając główne kryterium polegające na utrzymaniu obecnych standardów i jakości usług przewozowych, wariant bazowy zakłada sukcesywną wymianę eksploatowanych autobusów na pojazdy niskoemisyjne o tradycyjnym źródle napędu, w liczbie odpowiadającej wymaganemu udziałowi autobusów zeroemisyjnych w poszczególnych latach. Jest to uzasadnione podejście, ponieważ tabor jakim dysponuje obecnie tylko największy przewoźnik na obszarze objętym analizą, tj. GAI T, będzie i tak wymagał wymiany ze względu na wiek i rosnące koszty eksploatacji. Uwzględniając te kryteria, przewoźnik będzie w perspektywie najbliższych kilku lat zmuszony do wymiany co najmniej 30 szt. autobusów ON, wyprodukowanych w latach 2002-2006.

W wariantcie bazowym uwzględniono, że aktualnie GAI T posiada 31 pojazdów zeroemisyjnych, a kolejnych 30 szt. tego typu pojazdów zasili flotę operatora w 2026 r. Będą to pojazdy BEV zakupione przez organizatora, i przekazane do eksploatacji spółce. Autobusy zostaną zakupione w ramach projektu pn.: „Zakup autobusów elektrycznych dla Gminy Miasta Gdańska” realizowanego w ramach programu priorytetowego „Zielony transport publiczny” 3.0.

Ponadto, zgodnie z podpisanymi w listopadzie 2024 r. umowami na obsługę linii przez operatorów zewnętrznych, flota którą organizator zleca usługi w ramach PTZ zwiększy się o 13 autobusów zeroemisyjnych. Oznacza to, że w 2026 r. na terenie Gdańska udział autobusów zeroemisyjnych wyniesie 25% ogólnej liczby taboru. Do osiągnięcia poziomu wynoszącego 30%, konieczny będzie zatem zakup dodatkowych 16 autobusów zeroemisyjnych, co odzwierciedlono w ramach analizowanych wariantów.

Założenie to nie wskazuje natomiast na konieczność wymiany taboru tylko przez GAIT, ponieważ analiza odnosi się do całej floty jaką ZTM zleca usługi w ramach PTZ.

Przyjęto założenie, że najbliższy próg udziału taboru zeroemisyjnego wynoszący 20% musi zostać osiągnięty już w 2025 r., zatem w harmonogramie rzeczowo-finansowym wszystkich wariantów przyjęto, że nakłady zostaną poniesione właśnie tym roku. Ponadto jest to uzasadnione z uwagi na konieczność odnowy wyeksploatowanego taboru.

Tabela 2. Liczba i rodzaj autobusów w wariantcie bazowym

Wariant bazowy W0	Jednostka	2025
Harmonogram zakupu taboru ON EURO VI, w tym:	szt.	16
klasa MAXI:	szt.	10
klasa MEGA:	szt.	6

Źródło: opracowanie własne

Łącznie w ramach wariantu bazowego **zakupionych zostanie 16 autobusów** niskoemisyjnych o tradycyjnym źródle napędu z **normą emisji spalin EURO VI**, w tym 10 szt. autobusów klasy MAXI i 6 szt. klasy MEGA.

Niezbędne nakłady inwestycyjne wariantu zaprezentowano w rozdziale 5.

3.2. Wariant W1 – tabor elektryczny

W wariantcie W1 uwzględniono zakup autobusów BEV, tj. pojazdów zasilanych energią elektryczną zmagazynowaną w zasobnikach energii. Ponadto zrealizowane zostaną niezbędne inwestycje z zakresu infrastruktury ładowania autobusów.

W wariantcie tym oszacowano konieczne nakłady inwestycyjne, koszty eksploatacji oraz koszty i korzyści społeczne związane z eksploatacją taboru elektrycznego w perspektywie do 2039 r., co odpowiada 15-letniemu okresowi analizy.

Liczba autobusów elektrycznych we flocie eksploatowanych pojazdów spełniać będzie minimalne kryteria określone w ustawie o elektromobilności i paliwach alternatywnych. Pojazdy podobnie jak w wariantcie bazowym zostaną zakupione w 2025 r., tak aby ogólna liczebność taboru zeroemisyjnego odpowiadała stosunkowi wynoszącemu minimum 20% w 2025 r. oraz 30% w 2028 r. (ostatni próg zostanie osiągnięty dzięki realizacji w 2026 r. projektu pn.: „Zakup autobusów elektrycznych dla Gminy Miasta Gdańska” oraz wprowadzeniu na linie taboru operatorów zewnętrznych). W poniższej tabeli zaprezentowano liczbę autobusów, które zgodnie z wariantem W1 zostaną zakupione w 2025 roku. Wraz z taborem zaplanowano zakup infrastruktury niezbędnej do ich prawidłowej eksploatacji, wśród której wyróżniono ładowarki plug-in oraz stacje ładowania pantografowego.

Tabela 3. Liczba i rodzaj autobusów elektrycznych oraz infrastruktury ładowania w wariantcie W1

Wariant W1	Jednostka	2025
Harmonogram zakupu autobusów EE, w tym:	szt.	16
klasy MAXI:	szt.	10
klasy MEGA:	szt.	6

Ładowarki dwustanowiskowe plug-in	szt.	8
Stacje ładowania pantografowego	szt.	4

Źródło: opracowanie własne

W powyższej tabeli zaprezentowano harmonogram zakupu autobusów zgodnie z wariantem W1. Ponadto uwzględniono zakup niezbędnej infrastruktury ładowania autobusów, tak aby zapewnić ich optymalną eksploatację na sieci komunikacyjnej Gdańska.

Łącznie w wariantcie W1 zakupionych zostanie **16 autobusów elektrycznych**, w tym 10 szt. klasy MAXI oraz 6 klasy MEGA, **wraz z infrastrukturą ładowania**, w tym 8 podwójnych ładowarek plug-in oraz 4 stacje ładowania pantografowego. Niezbędne nakłady wariantu W1 zaprezentowano w rozdziale 5 opracowania.

3.3. Wariant W2 – tabor zasilany wodorem

Wariant alternatywny realizacji strategii zeroemisyjnej w transporcie publicznym Gdańska będzie polegał na zakupie autobusów, które jako źródło napędu wykorzystują energię elektryczną pochodzącą z ogniw paliwowych zasilanych wodorem.

Autobusy wyposażone w ogniwa wodorowe zyskują coraz większą popularność na świecie, a technologia ta rozwija się bardzo dynamicznie. Dowodem na to jest 10 autobusów tego typu, eksploatowanych przez GAI T w ramach najmu długoterminowego, wraz z pełną obsługą obejmującą tankowanie taboru. Obecnie największą barierą w powszechnej eksploatacji taboru wodorowego jest brak dostępności stacji tankowania wodoru. W najbliższych latach sytuacja ta może ulec zmianie, ponieważ w Polsce są realizowane inwestycje polegające na rozbudowie infrastruktury do wytwarzania i tankowania paliwa wodorowego.

W wariantcie tym uwzględnione zostaną dostępne dane dotyczące autobusów wodorowych, bazując przede wszystkim na doświadczeniach przewoźników krajowych i zagranicznych oraz przedstawionych przez producentów taboru. Uwzględnione zostaną także niezbędne warunki pozwalające na eksploatację pojazdów zasilanych wodorem w Polsce. Konieczna będzie zatem analiza polegająca nie tylko na zakupie i eksploatacji nowego rodzaju taboru, ale także warunki zakupu i tankowania paliwa wodorowego.

W wariantcie tym założono zatem, że zakupione zostaną autobusy wyposażone w ogniwa wodorowe oraz zrealizowana zostanie inwestycja polegająca na budowie stacji tankowania wodoru. Uwzględniając, że w wariantcie W2 zakupionych zostanie 16 autobusów wodorowych, przyjęto budowę jednej stacji tankowania.

Tabela 4. Liczba i rodzaj autobusów zeroemisyjnych oraz niezbędnej infrastruktury w wariantcie W2

Wariant W2	Jednostka	2025
Harmonogram zakupu autobusów, w tym:	szt.	16
Zasilanych wodorem klasy MAXI:	szt.	10
Zasilanych wodorem klasy MEGA:	szt.	6
Stacja tankowania wodoru	szt.	1

Źródło: opracowanie własne

Wariant W2 zakłada zatem zakup **16 autobusów zeroemisyjnych zasilanych wodorem** (10 szt. klasy MAXI i 6 szt. klasy MEGA). Ponadto zrealizowana zostanie inwestycja polegająca na **budowie stacji tankowania wodorem**.

3.4. Analiza operacyjna eksploatacji taboru zeroemisyjnego

W celu optymalnego wykorzystania taboru zeroemisyjnego, ich dzienna praca przewozowa powinna zostać zaplanowana tak, aby pojazdy pokonywały ok. 200 km dziennie. Ponadto w celu maksymalnego wykorzystania możliwości operacyjnych autobusów elektrycznych, konieczne jest ich doładowywanie na krańcówkach linii pomiędzy poszczególnymi kursami. Możliwości takie zapewni zakup autobusów wyposażonych w magazyny o pojemności co najmniej 300 kWh (tym MAXI) i 400 kWh (tym MEGA), z możliwością ładowania z mocą ciągłą maksymalną do 150 kW.

Istotne jest kierowanie autobusów zeroemisyjnych do obsługi linii komunikacyjnych przebiegających przez centrum miasta oraz inne istotne generatory ruchu (zwłaszcza w godzinach szczytowych), aby ograniczyć emisję spalin w tym obszarze. W *Strategii Elektromobilności*, wśród podstawowych parametrów jakimi będą charakteryzować się linie wybrane do obsługi taboru elektrycznym i wodorowym należą:

- przebieg w gęstej zabudowie mieszkaniowej;
- przedłużenie istniejących linii tramwajowych lub obszary pozbawione obsługi;
- przebieg linii z relatywnie najmniejszą wartością przewyższeń terenu,
- końcówki linii umożliwiające łatwą budowę infrastruktury ładowania (np. dostęp do sieci tramwajowej lub bliskość stacji transformatorowej),
- przebieg linii z wykorzystaniem buspasów.

W Strategii wytypowano również linie predysponowane do obsługi taboru zeroemisyjnym:

- 100 (Główne Miasto – Stare Miasto - Śródmieście) – linia jest obsługiwana 3 minibusami Karsan;
- 130 (Jasień PKM – Muzeum II Wojny Światowej);
- 136 (Niedźwiednik – Wrzeszcz PKP);
- 295 (Zakoniczyn – Łostowice Świętokrzyska);
- 213 (Kowale Szkoła Metrolitalna – Łostowice Świętokrzyska);
- 175 (Maćkowy – Siedlce);
- 227 (Chełm Cienista – Jelitkowo);
- 120 (Siedlce – Stężycka).

Typując linie do obsługi taboru zeroemisyjnym, uwzględniono realizowane oraz planowane w najbliższej perspektywie inwestycje rozbudowy infrastruktury drogowej, co będzie związane z wydłużeniem tras i zwiększeniem częstotliwości kursowania autobusów. Ponadto starano się dobrać linie w taki sposób, aby zmaksymalizować możliwości wykorzystania buspasów, co zwiększy efektywność wykorzystania taboru zeroemisyjnego i zwiększy jego prędkość komunikacyjną.

Zakłada się, że zakupione autobusy elektryczne będą ładowane głównie w nocy, za pomocą ładowarek typu plug-in zainstalowanych na terenie zajezdni (tzw. „wolne ładowanie”). Pojazdy będą doładowywane również na trasie w ciągu dnia, za pomocą stacji ładowania pantografowego, umożliwiających uzupełnienie magazynów energii w kilka lub kilkanaście minut. Taka eksploatacja zapewnia optymalne wykorzystanie modułów baterii, których żywotność zależy m.in. liczby i rodzaju cykli ładowania.⁶ W związku z powyższym, w wariantcie W1 zaplanowano zakup odpowiedniej liczby infrastruktury ładowania.

Lokalizacja stacji ładowania pantografowego musi być ściśle związana z obsługiwaną przez dany autobus trasą, aby zapewnić optymalny poziom obsługi (minimalizacja wżkm technicznych). Sugerowana lokalizacja stacji ładowania to pętle autobusowe elektryfikowanych linii autobusowych.

W przypadku realizacji strategii zeroemisyjności polegającej na eksploatacji autobusów napędzanych wodorem, stacja tankowania powinna zostać zlokalizowana (w miarę możliwości wynikających z zagospodarowania terenu) w okolicach zajezdni autobusowej GAiT. Aktualnie operator w ramach długoterminowej umowy najmu, eksploatuje 10 autobusów zasilanych wodorem. Umowa obejmuje pełną obsługę techniczną pojazdów, dzięki czemu tankowanie taboru również należy do obowiązków podmiotu zewnętrznego. W przypadku rozwoju floty taboru wodorowego o kolejnych 16 pojazdów, konieczna może okazać się rozbudowa istniejącej infrastruktury tankowania lub budowa nowej stacji. W przedmiotowej analizie uwzględniono budowę stacji tankowania w standardzie 350 bar, działającej w oparciu o sprężony wodór gazowy dostarczony na miejsce dystrybucji za pomocą pojazdów MEGC (bateriowóz). Na podstawie danych operatorów krajowych realizujących podobne inwestycje, koszt budowy oszacowano na 18,5 mln zł.

⁶ W nocy autobus ładuje się „do pełna” za pomocą ładowarki typu plug-in (tzw. wolne ładowanie małą mocą), natomiast magazyn energii jest jedynie uzupełniany na krańcówkach linii z wykorzystaniem „szybkich” stacji ładowania pantografowego (duża moc). Taki sposób eksploatacji zapewnia optymalne wykorzystanie zarówno taboru jak i samej baterii: w przypadku ładowania tylko prądem dużej mocy, bateria szybciej wymagałaby wymiany, a ładowana tylko na zajezdni powodowałaby mniejsze wykorzystanie autobusu.

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

W rozdziale tym przedstawiono metodykę oraz założenia służące oszacowaniu efektów środowiskowych związanych z emisją szkodliwych substancji dla środowiska naturalnego i zdrowia ludzi. Wyniki tej analizy przedstawiono w rozdziale 6. Analiza społeczno-ekonomiczna.

Wszystkie badania kosztów zewnętrznych transportu ukazują ogromny negatywny wpływ transportu drogowego na środowisko naturalne. Oba warianty inwestycyjne oraz wariant bazowy zostały poddane analizie ze względu na emisję szkodliwych substancji oraz zmian klimatu (emisja CO₂), a także pod kątem emisji hałasu. W przypadku emisji CO₂ oraz innych substancji, w pierwszej kolejności dokonano obliczenia ilości emisji w każdym wariancie inwestycji wyrażonej w tonach, a następnie poddano je monetyzacji. Wycenę emisji hałasu dokonano bezpośrednio w oparciu o pracę przewozową oraz koszty jednostkowe.

Koszty uciążliwości środowiskowych to łączne społeczne koszty ruchu pojazdów, na które składają się koszty oddziaływania transportu na środowisko naturalne, obejmujące:

- ujemny wpływ na zdrowie ludzkie,
- straty materialne i szkody środowiskowe.

W celu skwantyfikowania wpływu transportu publicznego na środowisko przyjęto stawki z zestawienia kosztów jednostkowych z 06.2024 r., opublikowanego przez CUPT.

Uwzględniono również ograniczenie emisji zanieczyszczeń w wyniku wymiany taboru. Skalkulowano redukcję emisji tych zanieczyszczeń, których monetyzacja jest możliwa w oparciu o dostępne dane dot. kosztów jednostkowych, tj. NMHC, NO_x, SO₂ i PM 2.5.

Oszczędność kosztów zanieczyszczeń powietrza

Emisję zanieczyszczeń wyliczono w oparciu o udostępniony kalkulator CUPT oraz normy emisji dla poszczególnych kategorii EURO i zużycie paliwa oraz energii elektrycznej opisane przy kosztach operacyjnych w rozdz. 5.3. Ze względu na specyfikę analizy i stan taboru przewoźników, zgodnie z założeniami realizacyjnymi wynikiem analizy będzie różnica pomiędzy wariantami inwestycyjnymi oraz wariantem bazowym, a więc otrzymana zostanie różnica między wariantem wprowadzającym do eksploatacji nowe autobusy zeroemisyjne a autobusy z normą emisji EURO 6.

Tabela 5. Wskaźniki emisji zanieczyszczeń w autobusach o różnych napędach

Wyszczególnienie	NMHC	NO _x	SO ₂	PM 2,5
	[g/wzkm]			
ON EURO 6 - 12 m	0,52	1,60	-	0,04
ON EURO 6 – 18 m	0,72	2,20	-	0,06
EE – 12 m	0,006	0,69	0,61	0,03
EE – 18 m	0,009	1,04	0,92	0,05

Źródło: Opracowanie własne na podstawie kalkulatora norm emisji CUPT, ON – autobus z silnikiem Diesla, EE – autobus elektryczny

Zaprezentowane wskaźniki emisji są uzależnione od średniego spalania oraz zużycia energii elektrycznej poszczególnych typów autobusów. W praktyce zużycie paliwa i energii jest uzależnione m.in. od sposobu eksploatacji w okresach letnich i zimowych, kiedy na skutek uruchomienia klimatyzacji lub ogrzewania pojazdu, rośnie zapotrzebowanie na energię. Przyjęte w analizie zużycie paliwa i energii zaczerpnięto z rzeczywistych danych eksploatacyjnych GAI T.

W efekcie przeprowadzonych kalkulacji oszacowano wielkość emisji dla każdego wariantu inwestycyjnego, wyrażoną w tonach.

Tabela 6. Wielkość emisji poszczególnych zanieczyszczeń dla każdego wariantu projektu w ujęciu rocznym

Emisja NMHC	Jednostka	2026
W0	tys. kg NMHC	0,59
W1	tys. kg NMHC	0,01
W2	tys. kg NMHC	-
Emisja NOx	Jednostka	2026
W0	tys. kg NOx	1,81
W1	tys. kg NOx	0,81
W2	tys. kg NOx	-
Emisja SO2	Jednostka	2026
W0	tys. kg SO2	-
W1	tys. kg SO2	0,72
W2	tys. kg SO2	-
Emisja PM 2,5	Jednostka	2026
W0	tys. kg PM 2,5	0,05
W1	tys. kg PM 2,5	0,04
W2	tys. kg PM 2,5	-

Źródło: opracowanie własne na podstawie przyjętej w analizie pracy eksploatacyjnej oraz wskaźników emisji

Po zmonetyzowaniu zaprezentowanych wielkości emisji dowiedziono, że realizacja wariantu W1 generuje jedynie nieznaczne oszczędności kosztów emisji zanieczyszczeń ogółem (tj. łączna różnicowa wartość emisji NMHC, NO_x, SO₂, PM_{2,5}), wynoszące w pierwszym roku eksploatacji ok. 54 tys. zł. W całym okresie analizy oszczędności z tego tytułu stanowią ok. 13% korzyści społeczno-ekonomicznych ogółem. Przyczyną takiego stanu rzeczy jest brak emisji dwutlenku siarki (SO₂) podczas eksploatacji autobusów z napędem Diesla. Substancja ta jest natomiast emitowana podczas spalania paliw kopalnianych, na których w dużej mierze bazują elektrownie w Polsce.⁷ Zatem w wyniku realizacji projektu wygenerowane zostaną oszczędności z tytułu redukcji emisji NMHC, NO_x i PM_{2,5} oraz koszty emisji SO₂.

⁷ Głównym źródłem emisji SO₂ jest energetyczne spalanie paliw (głównie węgla) w źródłach stacjonarnych, które łącznie są odpowiedzialne za prawie 100% krajowej emisji dwutlenku siarki. Emisja SO₂ z procesów produkcyjnych jest związana z rafinacją ropy naftowej, produkcją koksu i kwasu siarkowego i stanowi tylko ok. 2,6% emisji krajowej, źródło: Krajowy bilans emisji SO₂, NO_x, CO, NH₃, NMLZO, pyłów, metali ciężkich i TZO za lata 2015 – 2016, KOBIZE, 2018 r.

W powyższym zakresie należy mieć na uwadze, że w analizie brane są pod uwagę jedynie możliwe do zmonetyzowania skutki związane ze zużyciem paliwa i produkcją energii elektrycznej. W praktyce mamy do czynienia z tzw. emisją niską – emitowaną m.in. przez silniki spalinowe, oddziałującą w sposób lokalny, tzn. w miejscu eksploatacji pojazdów. Z kolei produkcji energii elektrycznej (w przeważającej większości) towarzyszy tzw. emisja wysoka, która oddziałuje w sposób rozproszony. Zastosowanie odnawialnych źródeł energii do zasilania autobusów elektrycznych, mogłoby zniwelować koszty emisji uwzględnione w analizie. Ostatecznie, uwzględniając aktualny mix energetyczny, wymiana taboru na elektryczny w ujęciu kosztów zanieczyszczenia powietrza, generuje nieznaczne zmonetyzowane oszczędności kosztów.

Oszczędność kosztów zmian klimatycznych

Koszty zmian klimatycznych odzwierciedlają dodatkową emisję gazów cieplarnianych przez pojazdy korzystające z infrastruktury transportowej, w tym autobusy.

W wyniku wprowadzenia do eksploatacji autobusów zeroemisyjnych zamiast autobusów z normą emisji EURO 6 osiągnięta zostanie oszczędność emisji CO₂.

Dla transportu publicznego podstawowe dane służące do oszacowania wielkości emisji gazów cieplarnianych to:

- wykonana praca przewozowa;
- spalanie bądź zużycie energii elektrycznej przez dany pojazd;
- wskaźnik emisji ON lub EE (2,662 kg CO₂/l ON oraz 0,719 Mg/MWh);
- wartość (koszt) emisji jednej tony CO₂ (PLN/t CO₂).

Emisje gazów cieplarnianych są wyrażone jako ekwiwalent CO₂. Dla środków transportu publicznego koszty ekonomiczne emisji gazów cieplarnianych zależą od zużycia paliwa, a tym samym rodzaju taboru poddanego wymianie.

W pozycji tej uwzględniono zatem redukcję emisji CO₂ w wyniku wymiany autobusów na zeroemisyjne. Uwzględniono standardowy wskaźnik emisji związany z produkcją energii elektrycznej, wskazany powyżej. W wariantcie W0 obliczenia również oparto na ww. wskaźniku emisji ON.

Tabela 7. Wielkość emisji CO₂ dla każdego wariantu projektu w ujęciu rocznym

Wyszczególnienie	Jednostka	2026
W0	tys. kg CO ₂	1 204,21
W1	tys. kg CO ₂	1 015,88
W2	tys. kg CO ₂	-

Źródło: opracowanie własne na podstawie przyjętej w analizie pracy eksploatacyjnej oraz wskaźników emisji

W ostatecznej kalkulacji, eksploatacja taboru zasilanego energią elektryczną emituje ok. 16% mniej dwutlenku węgla niż autobusy zasilane ON z normą emisji Euro VI. Zmonetyzowane oszczędności z tego tytułu stanowią ponad 76% wszystkich korzyści społeczno-ekonomicznych, możliwych do oszacowania w ramach analizy.

Oszczędność kosztów hałasu

Hałas komunikacyjny uwzględniony w analizie dotyczy autobusów wyposażonych w standardowy silnik Diesla zasilany olejem napędowym. Zarówno taboru BEV jak i FCEV należy uznać za pojazdy neutralne pod względem emisji hałasuj. Oszczędność z tego tytułu obliczono metodą opartą o krańcowe koszty oddziaływania hałasu, przyjmując stawki właściwe dla terenów miejskich wskazane w zestawieniu kosztów jednostkowych z 06.2024 r., opublikowanym przez CUPT.

W przypadku taboru zasilanego wodorem nie występuje emisja CO₂ oraz emisja pozostałych zanieczyszczeń. Z tego względu w wariantcie W2 oszczędności w tych kategoriach kosztów dotyczą całej emisji wariantu bazowego, a więc związanej z eksploatacją autobusów EURO 6.

5. Analiza finansowo-ekonomiczna

5.1. Metodyka analizy

Metodyka przeprowadzonej analizy finansowo-ekonomicznej zgodna jest z instrukcjami i wytycznymi zawartymi w dokumentach wymienionych w rozdz. 1.2. Zidentyfikowano w niej obszar oddziaływania projektu; dla tego obszaru obliczono koszty i korzyści związane z danym wariantem inwestycyjnym.

W analizie finansowo-ekonomicznej sporządzonej z punktu widzenia inwestora przyjęto jedynie koszty i przychody bezpośrednio związane z analizowanym projektem, wszelkie inne koszty i korzyści uwzględniając w analizie ekonomicznej.

W związku z przyjętą konwencją prezentacji wielkości finansowych i ekonomicznych w analizach w tysiącach złotych, liczby przedstawione jako sumy bądź sumy pośrednie w niektórych tabelach oraz w tekście mogą nie być dokładnymi sumami arytmetycznymi i mogą różnić się o jedną jednostkę.

Ceny

W analizie, zgodnie z zaleceniami Niebieskiej Księgi, zastosowano ceny stałe, tzn. nie uwzględniające wpływu inflacji.

Horyzont czasowy

Zgodnie z zaleceniami Niebieskiej Księgi horyzont czasowy nie powinien przekraczać trwałości użytkowej projektu, a zwłaszcza okresu życia jego najbardziej trwałego składnika. W przypadku taboru autobusowego przyjmuje się, że okres użyteczności wynosi nawet 15 lat, i nie wymaga w tym czasie ponoszenia dodatkowych nakładów odtworzeniowych. Okres analizy rozpoczyna się w roku 2025 r. Z kolei okres eksploatacji liczony jest od 2026 r., tj. pierwszego pełnego roku kiedy tabor mógłby zostać wprowadzony na linię. Z uwagi na powyższe, okres analizy rozpoczyna się w 2025 r., a kończy w 2039 r.

W analizie uwzględniono wartość rezydualną obliczoną na podstawie wartości netto aktywów. Ze względu na przyjętą stopę amortyzacji środków trwałych, przy której tabor i infrastruktura amortyzują się po 10 latach, wartość rezydualna nie wystąpi. Z uwagi na okres analizy równy okresowi ekonomicznej użyteczności taboru i infrastruktury, w analizie nie było konieczności uwzględniania nakładów odtworzeniowych.

Stopa dyskontowa

W analizie finansowo-ekonomicznej zastosowano stopę dyskontową na poziomie 4%, która jest rekomendowana w Niebieskiej Księdze (sektor transportu publicznego). W przybliżeniu odpowiada ona kosztowi kapitału na rynku finansowym.

Podatek VAT

Ponieważ inwestor posiada prawną możliwość odliczenia VAT na zasadach ogólnych, podatek nie stanowi de facto kosztu projektu. W związku z powyższym w obliczeniach były brane pod uwagę wartości netto i wszystkie prezentowane wielkości liczbowe są w wartościach netto.

Amortyzacja

Amortyzację taboru i infrastruktury ładowania policzono wg następujących stawek:

- Tabor – 10%
- Ładowarki i pantograf – 10%.
- Stacja tankowania wodoru – 10%

Amortyzacja nie jest faktycznym przepływem i nie ma wpływu na analizy. Została policzona w celu wykazania wartości netto aktywów na koniec okresu analizy.

5.2. Nakłady inwestycyjne

Nakłady inwestycyjne dla każdego z analizowanych wariantów zestawiono poniżej. Obejmują one zakup taboru w liczbie określonej w poszczególnych wariantach inwestycyjnych oraz niezbędnej infrastruktury, z uwzględnieniem kosztów budowy punktów ładowania dla warrantu W1 oraz budowy stacji tankowania wodoru dla wariantu W2.

Tabela 8. Nakłady inwestycyjne na poszczególne elementy projektu, ceny w tys. zł netto.

Tabor	Jednostka	Cena netto
Autobus 12 m ON EURO 6	tys. zł/szt.	1 200,00
Autobus 18 m ON EURO 6	tys. zł/szt.	1 600,00
Autobus 12 m elektryczny	tys. zł/szt.	2 600,00
Autobus 18 m elektryczny	tys. zł/szt.	3 600,00
Autobus 12 m wodorowy	tys. zł/szt.	3 600,00
Autobus 18 m wodorowy	tys. zł/szt.	4 500,00
Infrastruktura		
Ładowarka dwustanowiskowa typu plug-in	tys. zł/szt.	150,00
Stacja ładowania pantografowego 400 kW	tys. zł/szt.	1 500,00
Stacja tankowania wodoru	tys. zł/szt.	18 500,00

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych operatorów (rozstrzygnięte przetargi, zapytania ofertowe) oraz producentów (rozeznanie rynku).

Wszystkie ceny zostały przyjęte według rzetelnego rozpoznania rynku. Nakłady na tabor zasilany ON lub energią elektryczną oraz ładowarki plug-in i stacje ładowania pantografowego przyjęto zgodnie z dotychczas rozstrzygniętymi przetargami realizowanymi przez przewoźników krajowych. Na cenę pantografów składają się koszty zakupu samego urządzenia, koszty przyłączenia oraz koszt budowy stacji transformatorowej. W przypadku taboru z ogniwami wodorowymi oraz stacją tankowania wodoru posłużono się danymi przewoźników i operatorów krajowych, realizujących tego typu inwestycje w ostatnich latach. Poniżej w tabeli zestawiono sumaryczne nakłady każdego z wariantów wraz z harmonogramem ponoszenia nakładów.

Tabela 9. Zestawienie nakładów na poszczególne warianty inwestycji, ceny w tys. zł netto

Wariant bazowy W0		Jednostka	2024	2025
Stan taboru na sieci	szt.		301	301
Autobus 12 m ON EURO 6	szt.		-	10
Autobus 18 m ON EURO 6	szt.		-	6
Tabor nakłady	tys. zł		-	21 600
Wariant W1 - tabor elektryczny BEV			2024	2025
Autobus 12 m BEV	szt.		-	10
Autobus 18 m BEV	szt.			6
Ładowarka dwustanowiskowa typu plug-in	szt.		-	8
Stacja ładowania pantografowego 400 kW	szt.		-	4
Tabor nakłady	tys. zł		-	47 600
Infrastruktura nakłady	tys. zł		-	7 200
Nakłady W1 razem	tys. zł		-	54 800
				0,6
Wariant W2 - tabor wodorowy			2024	2025
Autobus 12 m FCEV	szt.		-	10
Autobus 18 m FCEV	szt.		-	6
Stacja tankowania wodoru	szt.		-	1
Tabor nakłady	tys. zł		-	63 000
Infrastruktura nakłady	tys. zł		-	18 500
Nakłady W2 razem	tys. zł		-	81 500

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych producentów lub rozeznania rynku.

5.3. Koszty operacyjne

Koszty operacyjne dla wariantu bazowego W0 i wariantów inwestycyjnych W1 i W2 obliczono w oparciu o jednostkowy koszt pracy przewozowej. W każdym wariantie przyjęto natomiast zróżnicowaną cenę paliwa i energii, w zależności od rodzaju (napędu) autobusu. Jednostkową cenę energii elektrycznej i wodoru oraz zużycie paliwa/energii ustalono na podstawie dostępnych źródeł danych, w tym danych GAIiT za 2023 r. i III kwartały 2024 r.

Koszt jednostkowej pracy eksploatacyjnej jest średnią wartością dla taboru zasilanego ON i EE, na podstawie danych GAIiT. Dzięki założeniu, że w wariantie bazowym kupowane będą również nowe autobusy, koszt ten będzie zróżnicowany jedynie w pozycjach dot. kosztów zużycia materiałów i energii, usług obcych oraz podatków i opłat. Zgodnie z powyższym, w wariantie W1 wygenerowana zostanie oszczędność kosztów eksploatacji, natomiast w W2 koszt wozokilometra wzrośnie, co jest związane bezpośrednio z wysokim kosztem zakupu paliwa wodorowego.

Poniżej przedstawiono założenia do obliczeń kosztów eksploatacji dla poszczególnych wariantów.

Tabela 10. Zestawienie kosztów jednostkowych wzkm dla poszczególnych typów taboru

Wyszczególnienie	ON MAXI	ON MEGA	EE MAXI	EE MEGA	H2 MAXI	H2 MEGA
	[PLN/wzkm]					
Zużycie materiałów i energii	2,75	3,49	1,66	2,44	6,31	8,38
spalanie/zużycie energii	[l/wzkm]	[l/wzkm]	[kWh/wzkm]	[kWh/wzkm]	[kg/wzkm]	[kg/wzkm]
	0,40	0,55	1,20	1,80	0,09	0,12
cena jednostkowa paliwa/energii	[zł/l]	[zł/l]	[zł/kWh]	[zł/kWh]	[zł/kg]	[zł/kg]
	4,91	4,91	1,30	1,30	69,00	69,00
pozostałe koszty materiałów i energii	0,79	0,79	0,10	0,10	0,10	0,10
Usługi obce	0,95	0,95	0,66	0,66	0,66	0,66
Podatki i opłaty	0,10	0,10	0,06	0,06	0,06	0,06
Wynagrodzenia	5,30	5,30	5,30	5,30	5,30	5,30
Ubezpieczenia społeczne i inne świadczenia	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09
Pozostałe koszty rodzajowe	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30
Razem koszt eksploatacji taboru:	14,49	15,23	13,07	13,85	17,72	19,79

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych operatorów krajowych. Cena wodoru na ogólnodostępnych stacjach w Polsce (Warszawa, Rybnik i Gdańsk) wynosi 69 zł/kg (dane na IV kw. 2024 r.)

5.4. Przychody

Organizator ani przewoźnik nie będą otrzymywać dodatkowych przychodów z tytułu realizacji Projektu. Wymiana taboru nie spowoduje zwiększonej liczby pasażerów w publicznej komunikacji zbiorowej.

5.5. Kalkulacja poziomu dofinansowania

Ewentualny poziom dofinansowania w przypadku realizacji projektu polegającego na zakupie taboru zeroemisyjnego i infrastruktury, należy rozpatrywać z punktu widzenia Wnioskodawcy, którym w praktyce będzie organizator lub operator. Wpływ na możliwość ubiegania się o środki zewnętrzne ma kwestia pomocy publicznej, otrzymywanej przez Beneficjenta.

Przewoźnicy otrzymują rekompensatę za świadczone usługi przewozowe. Zapisy umowy przewozowej gwarantują, że rekompensata wypłacana operatorowi za usługi przewozowe będzie zgodna z Rozporządzeniem WE 1370/2007. Zatem wypłacana rekompensata stanowi pomoc publiczną dozwoloną i zgodną z zapisami rozp. WE 1370/2007. Z tego powodu należy założyć, że poziom ewentualnego dofinansowania ze środków strukturalnych UE lub krajowych może osiągnąć maksymalny poziom.

W przypadku gdy Wnioskodawcą będzie GMG, można założyć że w projekcie również wystąpi pomoc publiczna zgodna z ww. Rozporządzeniem dotyczącym publicznego lądowego transportu pasażerskiego. Bazując na dotychczasowym doświadczeniu przy realizacji projektów transportowych współfinansowanych ze środków krajowych oraz UE, można założyć dofinansowanie dla autobusów elektrycznych na poziomie 85%. Należy jednocześnie podkreślić, że poziom ten w najbliższych latach może ulec zmianie i będzie zależeć od dostępnych instrumentów wsparcia.

5.6. Podsumowanie analizy finansowo-ekonomicznej

Na podstawie opisanych danych sporządzono przepływy finansowe obu wariantów inwestycyjnych w każdym z dwóch analizowanych obszarów realizacji usług przewozowych. Obliczenia przedstawiono w poniższych tabelach. Policzono efektywność finansową z uwzględnieniem oraz bez dotacji zewnętrznej.

Tabela 11. Różnicowe przepływy finansowe wariantu W1 – zakup taboru elektrycznego. Kwoty w tys. zł netto.

Wyszczególnienie	Jednostka	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Nakłady (C) - bez dotacji UE	tys. zł	-	33 200	-	-	-	-	-	-
Nakłady (K) - z dotacją UE	tys. zł	-	4 980	-	-	-	-	-	-
Przychody	tys. zł	-	-	-	-	-	-	-	-
Wartość rezydualna	tys. zł	-	-	-	-	-	-	-	-
Koszty operacyjne	tys. zł	-	-	- 1 396	- 1 396	- 1 396	- 1 396	- 1 396	- 1 396
Przepływy finansowe proste (C)	tys. zł	-	- 33 200	1 396	1 396	1 396	1 396	1 396	1 396
Przepływy finansowe proste (K)	tys. zł	-	- 4 980	1 396	1 396	1 396	1 396	1 396	1 396

Wyszczególnienie	Jednostka	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039
Nakłady (C) - bez dotacji UE	tys. zł	-	-	-	-	-	-	-	-
Nakłady (K) - z dotacją UE	tys. zł	-	-	-	-	-	-	-	-
Przychody	tys. zł	-	-	-	-	-	-	-	-
Wartość rezydualna	tys. zł	-	-	-	-	-	-	-	-
Koszty operacyjne	tys. zł	- 1 396	- 1 396	- 1 396	- 1 396	- 1 396	- 1 396	- 1 396	- 1 396
Przepływy finansowe proste (C)	tys. zł	1 396	1 396	1 396	1 396	1 396	1 396	1 396	1 396
Przepływy finansowe proste (K)	tys. zł	1 396	1 396	1 396	1 396	1 396	1 396	1 396	1 396

Źródło: opracowanie własne, przepływy różnicowe pomiędzy W0 i W1.

Tabela 12. Przepływy finansowe wariantu W2 – zakup taboru wodorowego. Kwoty w tys. zł netto.

Wyszczególnienie	Jednostka	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Nakłady (C) - bez dotacji UE	tys. zł	-	59 900	-	-	-	-	-	-
Nakłady (K) - z dotacją UE	tys. zł	-	8 985	-	-	-	-	-	-
Przychody	tys. zł	-	-	-	-	-	-	-	-
Wartość rezydualna	tys. zł	-	-	-	-	-	-	-	-
Koszty operacyjne	tys. zł	-	-	3 694	3 694	3 694	3 694	3 694	3 694
Przepływy finansowe proste (C)	tys. zł	-	- 59 900	- 3 694	- 3 694	- 3 694	- 3 694	- 3 694	- 3 694
Przepływy finansowe proste (K)	tys. zł	-	- 8 985	- 3 694	- 3 694	- 3 694	- 3 694	- 3 694	- 3 694
Wyszczególnienie	Jednostka	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039
Nakłady (C) - bez dotacji UE	tys. zł	-	-	-	-	-	-	-	-
Nakłady (K) - z dotacją UE	tys. zł	-	-	-	-	-	-	-	-
Przychody	tys. zł	-	-	-	-	-	-	-	-
Wartość rezydualna	tys. zł	-	-	-	-	-	-	-	-
Koszty operacyjne	tys. zł	3 694	3 694	3 694	3 694	3 694	3 694	3 694	3 694
Przepływy finansowe proste (C)	tys. zł	- 3 694	- 3 694	- 3 694	- 3 694	- 3 694	- 3 694	- 3 694	- 3 694
Przepływy finansowe proste (K)	tys. zł	- 3 694	- 3 694	- 3 694	- 3 694	- 3 694	- 3 694	- 3 694	- 3 694

Źródło: opracowanie własne, przepływy różnicowe pomiędzy W0 i W2.

Finansowa efektywność całkowitych nakładów projektu FNPV (C) i kapitału (K) jest ujemna dla wariantu W2, natomiast dla wariantu W1 analiza finansowo-ekonomiczna z uwzględnieniem maksymalnego przyjętego dofinansowania (FNPV/K) wykazuje już pewną efektywność. Jest to związane m.in. z oszczędnością kosztów eksploatacji taboru elektrycznego. Zwraca się jednocześnie uwagę, że na potrzeby analizy przyjęto maksymalne dofinansowanie w całym horyzoncie inwestycyjnym analizy.

Wskaźniki finansowej efektywności zaprezentowano w poniższej tabeli.

Tabela 13. Wskaźniki efektywności finansowej

Wskaźnik	Jednostka	W1	W2
FNPV/C	tys. zł	-17 746,72	-95 120,11
FIRR/C	%	-6,39%	n.d.
FNPV/K	tys. zł	9 387,90	-46 163,37
FIRR/K	%	27,04%	n.d.

Źródło: Opracowanie własne

5.7. Trwałość finansowa operatora

Ze względu na zapisy umowy pomiędzy operatorem a organizatorem, uzależniające rekompensatę od poziomu kosztów usługi przewozowej, oszczędność kosztów operacyjnych w wyniku realizacji projektu w wariantcie W1 w stosunku do wariantu bez projektu spowoduje obniżenie kosztów eksploatacji komunikacji miejskiej, co należy uwzględnić w budżecie. W przypadku realizacji wariantu W2, koszty eksploatacji wzrosną, co również należy wziąć pod uwagę, planując wysokość rekompensaty w kolejnych latach. Umowa wykonawcza przewiduje mechanizmy zapobiegające wypłacie nadmiernej rekompensaty operatorowi, a prawidłowość rozliczania umowy jest corocznie weryfikowana przez niezależnych audytorów.

Sytuacja finansowa Operatora wewnętrznego oraz Organizatora jest od wielu lat dobra i stabilna, świadczą o tym wyniki finansowe Spółki oraz wskaźniki opisujące sytuację. Ponadto należy założyć, że w przypadku realizacji któregoś z wariantów największe nakłady zostałyby poniesione właśnie przez GAIT, a fakt, że Spółka jest podmiotem wewnętrznym jednostki samorządu terytorialnego jest gwarantem jej stabilności finansowej i trwałości projektu.

6. Analiza społeczno-ekonomiczna

6.1. Metodyka analizy

Głównym celem analizy społeczno-ekonomicznej jest wykazanie, że planowany wariant inwestycyjny jest uzasadniony ze społecznego punktu widzenia, nawet jeśli jego efektywność finansowa jest ujemna.

Przeprowadzona analiza ekonomiczna, podobnie jak analiza finansowa jest zgodna z instrukcjami i wytycznymi zawartymi w dokumentach wymienionych w rozdz. 1.2.

W ramach analizy ekonomicznej wyceniono w wartościach pieniężnych koszty i korzyści społeczno-ekonomiczne, których nie uwzględniono w analizie finansowo-ekonomicznej.

Przystępując do analizy zidentyfikowano czynniki społeczno-ekonomiczne o istotnym poziomie oddziaływania i sklasyfikowano je pod kątem wyceny efektu na potrzeby rachunku ekonomicznego.

Zgodnie z wytycznymi Niebieskiej Księgi dla transportu publicznego przyjęto horyzont czasowy analizy ekonomicznej, tak jak w przypadku analizy finansowo-ekonomicznej, wynoszący 15 lat od momentu poniesienia pierwszego wydatku, tj. od 2025 r. do 2039 r. W analizie uwzględniono wartość rezydualną obliczoną na podstawie wartości niezamortyzowanych środków trwałych, która wynosi 0.

Korzyści i koszty ekonomiczne zaczęto uwzględniać od 2026 r., pierwszego roku eksploatacji nowego taboru.

Analizę przygotowano w cenach stałych.

Stopę dyskontową przyjęto na poziomie 3%, zgodnie z wytycznymi Niebieskiej Księgi z 2023 r.

6.2. Korekta przepływów finansowych

W celu właściwego określenia kosztów i korzyści społecznych powstałych w wyniku realizacji Projektu, dokonano korekty przepływów finansowych, eliminując czynniki, które mogłyby zniekształcać wynik analizy ekonomicznej. W szczególności uwzględniono efekty fiskalne. Kalkulacje są prowadzone w cenach netto, dlatego pominięto etap korekty o podatek VAT.

Korekta o transfery fiskalne⁸:

- nakłady inwestycyjne na infrastrukturę - współczynnik 0,83,
- nakłady inwestycyjne i odtworzeniowe na tabor - współczynnik 0,87,
- koszty operacyjne - współczynnik 0,81.

6.3. Koszty i korzyści ekonomiczne

Wśród kosztów i korzyści ekonomicznych zidentyfikowano:

- oszczędność lub koszt zanieczyszczenia powietrza;

⁸ Niebieska Księga, Sektor Transportu Publicznego, Jaspers 2015 r.

- oszczędność lub koszt zmian klimatycznych;
- oszczędność lub koszt hałasu;

- w zależności od analizowanego wariantu.

Korzyści te szczegółowo opisano w rozdz. 4. *Efekty środowiskowe wariantów rozwoju*. Obliczenia i wyniki efektów środowiskowych związanych z emisją szkodliwych substancji dla środowiska naturalnego i zdrowia ludzi znajdują się w arkuszu kalkulacyjnym (załącznik 1) w zakładce „Obliczenia” i „Analiza ekonomiczna”. W poniższych tabelach zestawiono zmonetyzowane koszty i korzyści środowiskowe.

Tabela 14. Korzyści społeczno-ekonomiczne wariantu W1, tys. PLN

Wyszczególnienie W1	Jednostka	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Oszczędność kosztów zanieczyszczenia powietrza	tys. zł	0,00	0,00	54,09	55,71	57,09	58,50	59,92	61,33
Oszczędność kosztów zmian klimatycznych	tys. zł	0,00	0,00	199,08	219,59	240,10	260,61	281,12	301,63
Oszczędność kosztów hałasu	tys. zł	0,00	0,00	44,11	45,43	46,56	47,71	48,87	50,02
Korzyści społeczne netto W1	tys. zł	0,00	0,00	297,28	320,73	343,74	366,83	389,91	412,98
Wyszczególnienie W1	Jednostka	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039
Oszczędność kosztów zanieczyszczenia powietrza	tys. zł	62,65	63,92	65,24	66,59	67,87	69,14	70,38	71,59
Oszczędność kosztów zmian klimatycznych	tys. zł	335,41	369,20	402,98	436,76	470,54	503,12	535,70	568,27
Oszczędność kosztów hałasu	tys. zł	51,10	52,13	53,21	54,31	55,36	56,39	57,40	58,38
Korzyści społeczne netto W1	tys. zł	449,16	485,25	521,42	557,66	593,77	628,65	663,47	698,24

Źródło: opracowanie własne, wartości ujemne oznaczają brak oszczędności (koszty)

Tabela 15. Korzyści społeczno-ekonomiczne wariantu W2, tys. PLN

Wyszczególnienie W2	Jednostka	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Oszczędność kosztów zanieczyszczenia powietrza	tys. zł	0,00	0,00	177,03	182,33	186,84	191,48	196,11	200,73
Oszczędność kosztów zmian klimatycznych	tys. zł	0,00	0,00	1 272,91	1 404,06	1 535,20	1 666,35	1 797,50	1 928,65
Oszczędność kosztów hałasu	tys. zł	0,00	0,00	44,11	45,43	46,56	47,71	48,87	50,02
Korzyści społeczne netto W2	tys. zł	0,00	0,00	1 494,05	1 631,82	1 768,60	1 905,55	2 042,48	2 179,39
Wyszczególnienie W2	Jednostka	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039
Oszczędność kosztów zanieczyszczenia powietrza	tys. zł	205,05	209,21	213,52	217,94	222,15	226,29	230,34	234,30
Oszczędność kosztów zmian klimatycznych	tys. zł	2 144,66	2 360,67	2 576,67	2 792,68	3 008,69	3 216,98	3 425,28	3 633,57
Oszczędność kosztów hałasu	tys. zł	51,10	52,13	53,21	54,31	55,36	56,39	57,40	58,38
Korzyści społeczne netto W2	tys. zł	2 400,81	2 622,01	2 843,40	3 064,94	3 286,20	3 499,66	3 713,01	3 926,26

Źródło: opracowanie własne, wartości ujemne oznaczają brak oszczędności (koszty)

Z zaprezentowanych danych jednoznacznie wynika, że w zakresie korzyści społeczno-ekonomicznych wyższe oszczędności generuje wariant W2, polegający na zakupie autobusów zasilanych wodorem. Jest to związane z mniejszym zapotrzebowaniem na energię elektryczną, a więc niższymi kosztami zanieczyszczenia powietrza oraz wyższymi oszczędnościami z tytułu emisji CO₂.

6.4. Wskaźniki efektywności ekonomicznej

Po skorygowaniu przepływów pieniężnych o efekty fiskalne i zniekształcenia rynkowe oraz uwzględnieniu kosztów i korzyści zewnętrznych, można obliczyć wskaźniki ekonomicznej efektywności projektu. Są one analogiczne do wskaźników finansowych, z tym, że pozwalają zamiast wąskiego pojęcia wpływów finansowych, uwzględnić znacznie szersze pojęcie korzyści społecznych.

Tymi wskaźnikami są:

- Ekonomiczna Zaktualizowana Wartość Netto – ENPV,
- Ekonomiczna Wewnętrzna Stopa Zwrotu – ERR,
- Ekonomiczny Wskaźnik Korzyści/Koszty – B/C.

Wartości powyższych wskaźników analizowanego projektu przedstawiono w tabeli poniżej

Tabela 16. Wskaźniki efektywności ekonomicznej

Wskaźnik	Jednostka	Wariant W1	Wariant W2
ENPV	tys. PLN	-10 565,44	-56 854,76
ERR	%	-2,90%	-23,12%
B/C	-	0,33	0,33

Źródło: opracowanie własne

Przedstawione wskaźniki dowodzą, że realizacja projektu polegającego na wprowadzeniu do eksploatacji na sieci komunikacyjnej Gdańska autobusów zeroemisyjnych – zarówno elektrycznych jak i wodorowych – nie jest opłacalna po uwzględnieniu czynników społeczno-ekonomicznych. Wszystkie wartości wskaźnika ENPV są mniejsze od zera, a to oznacza że koszty inwestycji przewyższają korzyści społeczne z realizacji projektu, możliwe do osiągnięcia w założonym horyzoncie czasowym. Przedsięwzięcie należy zatem uznać za nieuzasadnione ekonomicznie. Znacznie gorsze wskaźniki wariantu „wodorowego” od „elektrycznego” wynikają ze znaczących nakładów inwestycyjnych oraz dodatkowych kosztów eksploatacji w stosunku do wariantu bazowego.

Jednocześnie należy zwrócić uwagę na fakt, że realizacja wariantu W1 jest bliska osiągnięcia wartości progowych analizy ekonomicznej. W praktyce na osiągnięcie efektywności projektu według przyjętych założeń może decydować kilka czynników (zmiennych), do których należy zaliczyć m.in. poziom założonych nakładów inwestycyjnych, koszty eksploatacji oraz założenia makroekonomiczne decydujące o poziomie kosztów jednostkowych w analizie społeczno-ekonomicznej, co wykazano w analizie wrażliwości.

7. Analiza wrażliwości

Analiza wrażliwości polega na ocenie wpływu zmiany kluczowych założeń dotyczących projektu na wartość wskaźników efektywności ekonomicznej. W przypadku niniejszego opracowania analiza będzie miała na celu wykazanie, na ile zmiana poszczególnych parametrów projektu wpływa na efektywność finansową i ekonomiczną inwestycji w tabor zeroemisyjny, co może mieć miejsce w przypadku niedoszacowania lub przeszacowania wartości zmiennych kluczowych.

Zgodnie z założeniami Niebieskiej Księgi – sektor transportu publicznego, analizę wrażliwości przeprowadzono w następujących etapach:

- Etap I: Dobór zmiennych kluczowych
- Etap II: Analiza wrażliwości
- Etap III: Interpretacja wyników

7.1. Analiza wrażliwości dla wskaźników ekonomicznej efektywności projektu

Doboru zmiennych kluczowych w analizie wrażliwości dokonano zgodnie z wytycznymi Niebieskiej Księgi oraz Ministerstwa Funduszy i Polityki Regionalnej „Wytyczne dotyczące zagadnień związanych z przygotowaniem projektów inwestycyjnych, w hybrydowych na lata 2021-2027, marzec 2023).

Przedmiotem analizy wrażliwości są następujące zmienne kluczowe dotyczące efektywności ekonomicznej projektu:

- nakłady inwestycyjne;
- koszty operacyjne;
- korzyści ekonomiczne.

W analizie wrażliwości wskaźnika NPV analizy ekonomicznej projektu uwzględniono następujące scenariusze:

- nakłady inwestycyjne: -15%, +15%;
- koszty operacyjne: -15%, +15%;
- korzyści ekonomiczne: -15%, +15%.

Nie przeprowadzono badania zmiany wskaźnika IRR, ponieważ w każdym z wariantów wskaźnik ten nie osiągnął minimalnej stopy dyskonta wynoszącej 4,5%.

Wyniki obliczeń zestawiono w poniższych tabelach.

Tabela 17. Analiza wrażliwości wariantu W1

Analiza wrażliwości W1	ENPV	% zmiany
Wartości bazowe	-10 565,44	0%
Nakłady inwestycyjne +15%	-14 854,84	-40,6%

Nakłady inwestycyjne -15%	-6 276,04	40,6%
Koszty operacyjne +15%	-8 649,82	18,1%
Koszty operacyjne -15%	-12 481,06	-18,1%
Korzyści ekonomiczne +15%	-9 776,48	7,5%
Korzyści ekonomiczne -15%	-11 354,40	-7,5%

Źródło: opracowanie własne

Tabela 18. Analiza wrażliwości wariantu W2

Analiza wrażliwości W2	ENPV	% zmiany
Wartości bazowe	-56 854,76	-
Nakłady inwestycyjne +15%	-64 560,71	-13,6%
Nakłady inwestycyjne -15%	-49 148,81	13,6%
Koszty operacyjne +15%	-61 925,29	-8,9%
Koszty operacyjne -15%	-51 784,23	8,9%
Korzyści ekonomiczne +15%	-52 606,50	7,5%
Korzyści ekonomiczne -15%	-61 103,03	-7,5%

Źródło: opracowanie własne

Najistotniejszym wnioskiem płynącym z przeprowadzonej analizy wrażliwości jest fakt, że przy żadnym scenariuszu projekt nie zmienił swojego charakteru w kontekście efektów społeczno-ekonomicznych. W obu wariantach wymiany taboru wykazano największą wrażliwość na zmianę nakładów inwestycyjnych, natomiast w żadnym wypadku ekonomiczna wartość bieżąca netto inwestycji nie zbliżyła się do granicy opłacalności (tj. ENPV = 0).

8. Analiza ryzyka

Analiza ryzyka projektu polega na wyszczególnieniu czynników, które mogą wystąpić i zagrozić w istotnym stopniu w realizacji projektu w stopniu niskim, średnim i wysokim.

Ocena poziomu ryzyka została dokonana metodą ekspercką na podstawie krajowych doświadczeń z realizacji projektów inwestycyjnych polegających na zakupie taboru zeroemisyjnego oraz niezbędnej infrastruktury – jakościowego określenia prawdopodobieństwa wystąpienia ryzyka (Czy wystąpi?) i wagi jego skutków dla projektu (Czy czynnik jest ważny dla projektu?), przy następujących założeniach:

1) Prawdopodobieństwo - natężenie danego czynnika/zdarzenia – czy dojdzie do skutku – w skali:

- poniżej 30% - niska możliwość wystąpienia danego zdarzenia (N);
- 30%-70% - średni poziom możliwości wystąpienia danego zdarzenia (S);
- powyżej 70% - wysoki poziom możliwości wystąpienia danego zdarzenia (W).

2) Wpływ na projekt ważność danego czynnika/zdarzenia dla projektu – czy czynnik/zdarzenie jest ważne – w skali 10 punktowej:

- poniżej 3 – niska waga danego zdarzenia (N);
- 3-7 – średnia waga danego zdarzenia (S);
- powyżej 7- wysoka waga danego zdarzenia (W).

W rezultacie wyróżniono następujące poziomy ryzyka.

W – wysoki poziom ryzyka dla czynników/zdarzeń ocenionych:

- natężenie danego czynnika/zdarzenia – powyżej 70% - 100% - wysoki poziom możliwości wystąpienia danego zdarzenia;
- ważność danego czynnika/zdarzenia – powyżej 7-10 – wysoka waga danego zdarzenia.

S – średni poziom ryzyka:

- natężenie danego czynnika/zdarzenia – od 30% do 70% - średni poziom możliwości wystąpienia danego zdarzenia.
- ważność danego czynnika/zdarzenia – od 3 do 7 – średnia waga danego zdarzenia.

N – niski poziom ryzyka:

- natężenie danego czynnika/zdarzenia poniżej 30% - niska możliwość wystąpienia danego zdarzenia;
- ważność danego czynnika/zdarzenia – poniżej 3 – niska waga danego zdarzenia.

Tabela 19. Analiza jakościowa ryzyka

L.p.	Ryzyko	Prawdopodobieństwo	Wpływ	Komentarz
1.	Przekroczenie wskazanego ustawą terminu osiągnięcia danego udziału autobusów zeroemisyjnych	S	N	Przekroczenie założonych terminów realizacji poszczególnych etapów inwestycji w tabor zeroemisyjny, spowoduje brak osiągnięcia określonego ustawą udziału tych autobusów w danym roku. Do najczęstszych powodów niedotrzymania terminów realizacji inwestycji taborowych należy ryzyko związane z przedłużającymi się procedurami przetargowymi. Opóźnienia przy procedurach przetargowych mogą wynikać z różnych przyczyn: - zależnych od Zamawiającego (np. zbyt późne rozpoczęcie procedur, zbyt krótki czas na przeprowadzenie przetargu); - niezależnych (np. zbyt duża liczba oferentów lub przeciwnie – brak spełnienia wymogów, a co za tym idzie konieczność powtórzenia danej procedury przetargowej). Wśród możliwych działań zaradczych zaleca się zapobieganie lub maksymalne ograniczanie ryzyka. Jednostki odpowiedzialne za przeprowadzenie przetargów, zarówno po stronie operatora wewnętrznego GMG (tj. GAI T) jak i po stronie organizatora (ZTM), dysponują personelem o wysokich kwalifikacjach i doświadczeniu, który zapewni skuteczne przeprowadzenie procedur przetargowych. Niemniej jednak, zgodnie z wynikami przeprowadzonej analizy, GMG nie jest zobligowana do spełnienia najbliższego

L.p.	Ryzyko	Prawdopodobieństwo	Wpływ	Komentarz
				wymaganego ustawą progu dot. udziału autobusów zeroemisyjnych w 2025 r. Z tego względu ryzyko identyfikuje się jako niskie. W celu spełnienia kolejnego progu w 2028 r., możliwe jest opracowanie racjonalnego harmonogramu realizacji, który zakładałby odpowiednio długi okres przeprowadzania procedur przetargowych, z uwzględnieniem ewentualnych opóźnień.
2.	Zwiększenie kosztów projektu	S	S	Kosztorys projektu oparto na analizie rynku zeroemisyjnego taboru autobusowego oraz zakresu infrastrukturalnego. Realizacja ryzyka może spowodować brak możliwości osiągnięcia danego udziału autobusów zeroemisyjnych, zgodnie z przyjętym harmonogramem. Istnieje prawdopodobieństwo, że w przyjętym horyzoncie analizy ceny taboru i infrastruktury wzrosną. Jednocześnie obecny rynek dostawców ciągle się rozwija, a wzrost popytu na autobusy z napędem zeroemisyjnym, powinien zwiększyć konkurencję na rynku. To znacznie ogranicza ryzyko. Wśród możliwych działań zaradczych zaleca się monitoring ryzyka, prowadzony do czasu zakończenia procedur przetargowych.
3.	Wzrost kosztów operacyjnych ponad wartości uwzględnione w analizie	N	N	Pomimo rzetelnego oszacowania kosztów operacyjnych każdego z wariantów, może się okazać, że są one wyższe od zakładanych. Koszty operacyjne dotyczą eksploatacji taboru, w tym cen energii elektrycznej i paliwa wodorowego.

L.p.	Ryzyko	Prawdopodobieństwo	Wpływ	Komentarz
				Bezpośrednie koszty eksploatacji taboru ponosi operator, natomiast finansowanie tych przewozów spoczywa na organizatorze. Oznacza to, że zgodnie z umową na świadczenie autobusowych usług przewozowych w publicznym transporcie zbiorowym, ewentualne wyższe od założonych koszty operacyjne zostaną pokryte w wypłacanej przez GMG rekompensacie (w przypadku operatora wewnętrznego). Wzrost kosztów operacyjnych wpłynie natomiast na niższą efektywność projektu, niemniej jednak należy się spodziewać, że wzrost stawki za wzkm będzie dotyczył zarówno wariantu z projektem jak i bez projektu, co nie powinno rzutować na realizację któregośkolwiek z wariantów inwestycyjnych. W zakresie paliwa wodorowego przyjęto do obliczeń jego aktualną cenę rynkową, na ogólnodostępnych stacjach tankowania. W najbliższej przyszłości wraz z rozwojem infrastruktury i liczby dostawców, możliwe jest obniżenie ceny tego paliwa. Zaleca się ograniczanie ryzyka poprzez monitorowanie kosztów eksploatacji nowego taboru, a przede wszystkim cen energii elektrycznej i paliwa wodorowego.
4.	Niedostateczna jakość taboru	N	S	Pomimo szczegółowego opracowania specyfikacji technicznej taboru oraz zastosowania niezbędnych procedur odbioru autobusów, może się okazać, że jakość taboru będzie niższa od oczekiwanej.

L.p.	Ryzyko	Prawdopodobieństwo	Wpływ	Komentarz
				Niska jakość taboru może oznaczać konieczność jego napraw lub w ostateczności wymiany na nowy, w praktyce może to dotyczyć nie całej floty a pojedynczych sztuk, co nie wpłynie znacząco na osiągnięcie danego udziału autobusów zeroemisyjnych. Zaleca się zapobieganie lub ograniczanie ryzyka, poprzez szczegółowe opisanie procedur odbioru i kontroli dostarczanego taboru. Umowa na dostawę taboru powinna zawierać zapisy gwarantujące wysoką jakość zamawianego taboru i wyposażenia oraz sankcje finansowe i zasady postępowania naprawczego, włącznie z dostawą nowego pojazdu, w przypadku wystąpienia wad oraz nieosiągnięcia wymaganego współczynnika niezawodności. Rynek autobusów elektrycznych jest wystarczająco rozwinięty, producenci posiadają doświadczenie w produkcji taboru o parametrach porównywalnych z zakładanymi w ramach analizy. W tej sytuacji ryzyko otrzymania pojazdów złej jakości jest niewielkie, a przewidziane procedury naprawcze będą zabezpieczać sprawne wykonywanie usługi przewozowej.
5.	Nadmierne skrócenie żywotności baterii i konieczność jej wymiany	N	N	Awaryjność lub zużycie baterii skutkujące mniejszą jej sprawnością w okresie eksploatacji może oznaczać konieczność częstszej wymiany ogniw lub w ostateczności szybszą wymianę na nową. W praktyce może to dotyczyć nie całej floty a pojedynczych sztuk taboru, co nie

L.p.	Ryzyko	Prawdopodobieństwo	Wpływ	Komentarz
				wpłyne znacząco na założone efekty eksploatacyjne. Zapobieganie lub ograniczanie ryzyka. Doświadczenie operatorów krajowych eksploatujących tabor elektryczny dowodzą, że obecnie dostępne rozwiązania technologiczne w zakresie baterii pozwalają na eksploatację taboru bez konieczności ich wymiany w całym przyjętym okresie odniesienia (15 lat). Specyfikacja techniczna taboru będzie szczegółowo określać wymagania, które mają zagwarantować spełnienie norm przewidzianych prawem oraz adekwatność taboru do potrzeb eksploatacyjnych. Umowa na dostawę taboru zawierać będzie zapisy gwarantujące wysoką jakość zamawianego taboru i wyposażenia (w tym ładowarek plug-in i baterii) oraz sankcje finansowe i zasady postępowania naprawczego, włącznie z dostawą nowego pojazdu lub jego podzespołów, w przypadku wystąpienia wad oraz nieosiągnięcia wymaganego współczynnika niezawodności. Wśród wymagań postawionych dostawcom pojazdów znajdzie się również zapis dotyczący efektywności magazynu energii. W tej sytuacji ryzyko związane ze skróceniem żywotności baterii jest niewielkie, a przewidziane procedury naprawcze zabezpieczają sprawne wykonywanie usługi przewozowej.

Źródło: opracowanie własne

Wykonana analiza ryzyka jakościowego wskazuje, że nie ma uzasadnionych obaw związanych z niezrealizowaniem planowanej inwestycji. Opisane negatywne czynniki, które mogłyby wywrzeć znaczący wpływ na projekt, są mało prawdopodobne.

9. Identyfikacja potencjalnych źródeł finansowania inwestycji taborowych

Wśród potencjalnych źródeł dofinansowania projektów transportowych dotyczących wymiany taboru w publicznym transporcie zbiorowym można wyróżnić zarówno środki strukturalne UE, które w obecnej perspektywie finansowej będą ukierunkowane szczególnie na transport zeroemisyjny, a także środki krajowe których dysponentem jest m.in. Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (np. w ramach programu Zielony Transport Publiczny).

Wśród środków unijnych można wyróżnić programy o zasięgu krajowym (np. Fundusze Europejskie na Infrastrukturę, Klimat i Środowisko 2021-2027) lub regionalnym (np. Fundusze Europejskie dla Pomorza, Zintegrowane Inwestycje Terytorialne).

W przypadku tego typu inwestycji musiałby zostać spełniony warunek dotyczący efektywności ekonomicznej inwestycji. Oznacza to, że aby móc ubiegać się o wsparcie finansowe, niezbędne jest przygotowanie projektu pod kątem wymagań technicznych i społeczno-ekonomicznych. Należy jednocześnie pamiętać, że brak efektywności wykazany w ramach niniejszej analizy nie oznacza, że w przypadku projektu przygotowanego do dofinansowania nie będzie możliwe osiągnięcie wskaźnika ekonomicznej stopy zwrotu inwestycji na wymaganym poziomie. Opłacalność inwestycji zależy bowiem od wielu czynników, takich jak np. liczba i rodzaj taboru poddana wymianie czy realizowana praca eksploatacyjna.

10. Rekomendacje w zakresie wymiany taboru, podsumowanie i wnioski

W ramach prezentowanego opracowania dokonano analizy społeczno-ekonomicznej oraz finansowo-ekonomicznej dla dwóch wariantów inwestycji polegającej na wprowadzeniu do eksploatacji w publicznym transporcie zbiorowym na terenie Gminy Miasta Gdańska (oraz gmin z którymi GMG podpisała porozumienia międzygminne) autobusów zeroemisyjnych – z napędem elektrycznym oraz zasilanych wodorem. Z uwagi na przeznaczenie analizy, w założeniach realizacyjnych uwzględniono wymianę taboru w liczbie, która w minimalnym stopniu spełnia wymagania stawiane w ustawie o elektromobilności i paliwach alternatywnych. W analizie uwzględniono wszystkie możliwe korzyści społeczne i ekonomiczne, w tym oszczędność emisji substancji szkodliwych i CO₂.

Z drugiej strony, w analizie uwzględniono również niezbędne nakłady oraz koszty eksploatacji, zarówno dla wariantów inwestycyjnych jak i w zakresie, jaki musiałby być zrealizowany bez konieczności wymiany taboru na zeroemisyjny. W analizie przyjęto 15-letni horyzont czasowy, który odzwierciedla ekonomiczny cykl życia taboru i infrastruktury. W wyniku przeprowadzonych analiz otrzymano wskaźniki ekonomicznej i finansowej opłacalności inwestycji, przy czym należy zwrócić uwagę, że to wskaźniki ekonomiczne są kluczowe dla tego typu inwestycji. Odzwierciedlają one bowiem nie tylko czysto finansowe podejście, ale poprzez uwzględnienie tzw. efektów zewnętrznych, które są niższe przy wymianie autobusów na bardziej ekologiczne, dają odpowiedź na pytanie, czy osiągnięty został wymagany dla inwestycji **efekt ekologiczny**. W analizie ekonomicznej co do zasady nie uwzględnia się ewentualnego dofinansowania projektu, w związku z czym na przepływy pieniężne analizy mają wpływ wszystkie poniesione nakłady, bez względu na źródło z jakich zostaną sfinansowane.

Należy również podkreślić, że w obliczeniach posłużono się ogólnokrajowymi wskaźnikami emisji oraz kosztami jednostkowymi, rekomendowanymi w projektach transportowych przez Centrum Unijnych Projektów Transportowych (CUPT). Uwzględniona została zarówno emisja niska pochodząca bezpośrednio ze spalania ON w autobusach Diesla, jak i wysoka, czyli związana z produkcją energii elektrycznej. Faktycznie osiągnięty efekt ekologiczny będzie zależny zatem od źródeł wytwarzania energii w danym regionie. Jeśli w przyszłości udział OZE wzrośnie, efekt ekologiczny związany z przejściem na tabor elektryczny będzie wyższy.

Otrzymane wyniki analizy przeprowadzonej zgodnie z powyższymi założeniami oznaczają, że wymiana taboru na zeroemisyjny **nie prowadzi do osiągnięcia wymaganych ustawą korzyści społeczno-ekonomicznych**. W związku z tym **organizator** zlecając świadczenie usługi komunikacji miejskiej **nie musi zapewniać określonego udziału autobusów zeroemisyjnych we flocie użytkowanych pojazdów**. Niemniej jednak należy mieć na uwadze, że rekomendacje co do przyjętych ogólnokrajowych wskaźników emisji i kosztów jednostkowych mogą ulec zmianie, a niniejsza analiza zgodnie z ustawą musi zostać zaktualizowana za 3 lata, kiedy wymagany udział autobusów zeroemisyjnych będzie wyższy niż obecny próg minimalny.

Wprawdzie, jak wspomniano powyżej, w analizie ekonomicznej nie uwzględnia się ewentualnego dofinansowania projektu, to zakładając, że takie dofinansowanie byłoby możliwe,

rzeczywiste nakłady będą niższe niż przyjęte do analizy. Oznacza to, że z punktu widzenia inwestora bardziej opłacalny będzie zakup autobusów elektrycznych, niż napędzanych ON, które w obecnych założeniach programowych nie kwalifikują się do dofinansowania, zarówno ze środków krajowych jak i UE.

Na negatywny wynik analizy ekonomicznej wykonanej z uwzględnieniem ogólnokrajowych kosztów jednostkowych, decydujące znaczenie ma ilość tzw. wysokiej emisji w miejscu jej produkcji (elektrowni) przy obecnym miksie energetycznym w Polsce. Uwzględniając natomiast jedynie tzw. „niską emisję”, czyli zanieczyszczenia powstające w miejscu eksploatacji pojazdów, wówczas kryteria ekologiczne uzasadniają zakup taboru elektrycznego.

W związku z powyższym należy pozytywnie oceniać zrealizowane inwestycje taborowe oraz plany dotyczące pozyskania kolejnych autobusów elektrycznych na terenie Gdańska. Organizator w momencie opracowania niniejszej analizy jest w trakcie realizacji projektu polegającego na zakupie 30 autobusów BEV (planowany termin zakończenia to II połowa 2026 r.). Ponadto od 2026 r. flota taboru którą organizator zleca realizację usług w PTZ wzbogaci się o kolejnych 13 szt. autobusów elektrycznych, które będą eksploatowane przez operatorów zewnętrznych. Zgodnie z polityką taborową gminy, nie planuje się w najbliższych latach kupować taboru spalinowego. Deklaracje te są również spójne z planowaną nowelizacją ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych, zgodnie z którą gminy powyżej 100 tys. mieszkańców będą mogły kupować do realizacji usług w ramach PTZ tylko tabor zeroemisyjny⁹.

Alternatywne warianty dalszego rozwoju floty taboru eksploatowanego na liniach komunikacyjnych Gminy Miasta Gdańska są spójne z założeniami przedmiotowej analizy. Bardzo istotne w tym zakresie będzie doświadczenie zdobyte podczas eksploatacji od 2024 r. 10 autobusów zasilanych wodorem. Gdańsk jako jedno z pierwszych miast w Polsce odważyło się na eksploatację tego typu taboru. Doświadczenie to pozwoli ocenić, czy zakup nowych autobusów wodorowych będzie spełniał oczekiwania stawiane autobusom miejskim, w tym związane z niezawodnością taboru i efektywnością eksploatacji. Jedną z istotnych barier w rozwoju pojazdów zasilanych wodorem są obecnie koszty paliwa, które powodują że koszt jednostkowy pracy eksploatacyjnej jest wyższy zarówno od taboru zasilanego ON jak i energią elektryczną.

Autobusy wyposażone w ogniwa wodorowe są natomiast bardziej ekologiczne od taboru bateryjnego, ponieważ nie tylko nie emitują zanieczyszczeń w miejscu eksploatacji, to samo pozyskanie wodoru jest możliwe bez tzw. wysokiej emisji, z którą mamy do czynienia w przypadku produkcji sieciowej energii elektrycznej. Szczególnie istotne jest to w Polsce, gdzie elektrownie nadal w największym stopniu opierają się na paliwach kopalnianych (ok. 80% produkcji energii).

Możliwym alternatywnym rozwiązaniem w zakresie zasilania autobusów elektrycznych, jest budowa na terenie zajezdni operatora farmy fotowoltaicznej. Wiąże się to natomiast

⁹<https://www.gov.pl/web/klimat/projekt-ustawy-o-zmianie-ustawy-o-elektromobilnosci-i-paliwach-alternatywnych-ustawa>

z dodatkowymi nakładami inwestycyjnymi oraz pociąga za sobą szereg ryzyk operacyjnych, co jest szczególnie istotne biorąc pod uwagę konieczność zapewnienia obsługi pasażerów w transporcie publicznym.

Nie ulega wątpliwości, że alternatywne źródła napędu są nieuniknione w transporcie publicznym, a rozwój technologii będzie powodował zwiększenie jej dostępności. Obecnie wielu producentów polskich i zagranicznych oferuje autobusy napędzane wodorem, natomiast podstawowy problem stanowi nadal brak dostatecznej infrastruktury, a co za tym idzie dostępność samego paliwa wodorowego, co powoduje że jego cena jest taka wysoka.

Podsumowując, po uwzględnieniu potrzeb zidentyfikowanych na sieci komunikacyjnej Gdańska i okolicznych gmin, jak i po analizie możliwości finansowych i operacyjnych gminy, tabor wykorzystywany w publicznym transporcie zbiorowym którym GMG realizuje usługi w ramach PTZ, powinien być w możliwie dużym udziale zeroemisyjny. W tym zakresie rekomendowanym rozwiązaniem jest tabor elektryczny typu BEV.

Spis tabel

Tabela 1. Autobusowa praca eksploatacyjna zlecana przez ZTM na terenie poszczególnych gmin [wzkm]	15
Tabela 2. Liczba i rodzaj autobusów w wariantcie bazowym.....	19
Tabela 3. Liczba i rodzaj autobusów elektrycznych oraz infrastruktury ładowania w wariantcie W1	19
Tabela 4. Liczba i rodzaj autobusów zeroemisyjnych oraz niezbędnej infrastruktury w wariantcie W2	20
Tabela 5. Wskaźniki emisji zanieczyszczeń w autobusach o różnych napędach.....	23
Tabela 6. Wielkość emisji poszczególnych zanieczyszczeń dla każdego wariantu projektu w ujęciu rocznym	24
Tabela 7. Wielkość emisji CO ₂ dla każdego wariantu projektu w ujęciu rocznym	25
Tabela 8. Nakłady inwestycyjne na poszczególne elementy projektu, ceny w tys. zł netto.	28
Tabela 9. Zestawienie nakładów na poszczególne warianty inwestycji, ceny w tys. zł netto	29
Tabela 10. Zestawienie kosztów jednostkowych wzkm dla poszczególnych typów taboru.....	30
Tabela 11. Różnicowe przepływy finansowe wariantu W1 – zakup taboru elektrycznego. Kwoty w tys. zł netto.	31
Tabela 12. Przepływy finansowe wariantu W2 – zakup taboru wodorowego. Kwoty w tys. zł netto.....	32
Tabela 13. Wskaźniki efektywności finansowej	33
Tabela 14. Korzyści społeczno-ekonomiczne wariantu W1, tys. PLN.....	35
Tabela 15. Korzyści społeczno-ekonomiczne wariantu W2, tys. PLN.....	35
Tabela 16. Wskaźniki efektywności ekonomicznej	36
Tabela 17. Analiza wrażliwości wariantu W1	37
Tabela 18. Analiza wrażliwości wariantu W2	38
Tabela 19. Analiza jakościowa ryzyka.....	40

Spis rysunków

Rysunek 1. Podział Gdańska na dzielnice.....	9
Rysunek 2. Poglądowa mapa rowerowa Gdańska	14

Załączniki

1. Analiza AKK – część obliczeniowa