

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej w Częstochowie autobusów zeroemisyjnych oraz innych środków transportu

- aktualizacja -

CZERWIEC 2020

GRUPA CDE SP. Z O.O. | Katowicka 80 | 43-190 MIKOŁÓW

Opracowanie:



Grupa CDE

Grupa CDE Sp. z o.o.

Biuro:

ul. Katowicka 80

43-190 Mikołów

Tel/fax: 32 326 78 16

e-mail: biuro@ekocde.pl

Zespół autorów:

Michał Mroskowiak

Wojciech Płachetka

Aleksandra Szlachta



Spis treści

I.	Cel przeprowadzenia AKTUALIZACJI analizy.....	5
II.	podstawY PRAWNE AKTUALIZACJI	6
III.	Metodyka przeprowadzenia analizy	8
IV.	Charakterystyka aktualnego systemu komunikacji miejskiej	10
V.	Możliwe scenariusze inwestycyjne	26
VI.	Analiza techniczna	29
VII.	Analiza finansowa	46
VIII.	Oszacowanie efektów środowiskowych wariantów inwestycyjnych.....	58
IX.	Analiza społeczno - ekonomiczna	61
X.	Wnioski i rekomendacje.....	69
XI.	Spis tabel.....	72
XII.	Spis ilustracji	73



Słownik pojęć

- 1) Analiza/AKK - 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.
- 2) Obszar transportowy – obszar na którym za organizację transportu zbiorowego odpowiada Miejski Zarząd Dróg i Transportu w Częstochowie.
- 3) Operator - 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.
- 4) Organizator - właściwa jednostka samorządu terytorialnego albo minister właściwy do spraw transportu, zapewniający funkcjonowanie publicznego transportu zbiorowego na danym obszarze. Organizator publicznego transportu zbiorowego jest „właściwym organem”, o którym mowa w przepisach rozporządzenia (WE) nr 1370/2007;
- 5) Sieć komunikacyjna - układ linii komunikacyjnych obejmujących obszar działania organizatora publicznego transportu zbiorowego lub część tego obszaru.
- 6) Stopa dyskonta – stopa zrzeczenia się przyszłych środków finansowych na rzecz aktualnie dostępnych środków. Istnienie stopy dyskontowej wynika ze zmienności wartości pieniądza w czasie i obrazuje stosunek, w jakim przyszły kapitał zrównuje swoją efektywną wartość z kapitałem bieżącym.
- 7) Ustawa/Ustawa o elektromobilności - Ustawa o elektromobilności i paliwach alternatywnych z dnia 11 stycznia 2018 r. (Dz.U. z 2018 r. poz. 317, 1356).



I. CEL PRZEPROWADZENIA AKTUALIZACJI ANALIZY

Pierwsza Analiza Kosztów i Korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej w Częstochowie autobusów zeroemisyjnych została przygotowana w grudniu 2018 r. zgodnie z dyspozycją art. 72 ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych z dnia 11 stycznia 2018 r. (Dz.U. z 2020 r. poz. 908).

Sporządzona analiza poddana została konsultacjom społecznym w czasie których nie wniesiono uwag do treści dokumentu, zatem do dokumentu nie wniesiono żadnych uwag, a ostateczna wersja Analizy przesłana została ministrowi właściwemu do spraw energii, ministrowi właściwemu do spraw gospodarki i ministrowi właściwemu do spraw środowiska.

Konkluzja dokumentu określała, iż wprowadzenie taboru zeroemisyjnego (z napędem elektrycznym) do systemu komunikacyjnego miasta uwzględniając aspekt środowiskowy, jak i społeczny będzie niekorzystne, w porównaniu do oparcia komunikacji o autobusy napędzane konwencjonalnymi silnikami spalinowymi. Rekomendacja powyższa opatrzona została jednak analizą ryzyka i wrażliwości, wskazującą na czynniki, których zaistnienie wpłynąć może na zmianę wyniku analizy. Zaistnienie tych czynników, a także zmiany w otoczeniu gospodarczym uzasadniają aktualizację dokumentu.

Do okoliczności tych należą:

1. Możliwość wprowadzenia do ruchu autobusów elektrycznych bez konieczności ich zakupu, dzięki zastosowaniu instrumentu finansowego – najmu długoterminowego¹;
2. Możliwość przywrócenia do ruchu autobusów o napędzie hybrydowym (gazowo-elektrycznym)²;
3. Możliwość pozyskania na zakup autobusów elektrycznych środków zewnętrznych – m.in. ze środków Funduszu Niskoemisyjnego Transportu³, który przewiduje 55% refundację kosztu zakupu autobusu (do kwoty 1 045 000 zł za autobus) oraz 50% refundację kosztu zakupu stacji ładowania (do kwoty 240 000 zł za stację ładowania)⁴;

Powyższe zdarzenia istotnie rzutują na treść i wynik przeprowadzonej analizy. Tym samym podjęto decyzję o aktualizacji Analizy Kosztów i Korzyści, tak aby uwzględniała ona ww. uwarunkowania.

¹ <https://www.transport-publiczny.pl/wiadomosci/czestochowa-tylko-autosan-zainteresowany-najmem-elektrobusow-i-ladowarek-63853.html>

² <https://zycieczestochowy.pl/hybryda-po-modyfikacji/>

³ <https://www.gov.pl/web/klimat/fundusz-niskoemisyjnego-transportu>

⁴ Rozporządzenie Ministra Aktywów Państwowych z dnia 23 grudnia 2019 r. w sprawie szczegółowych warunków udzielania oraz sposobu rozliczania wsparcia udzielonego ze środków Funduszu Niskoemisyjnego Transportu (Dz. U. 2019 r. poz. 2538) oraz Rozporządzenie Ministra Aktywów Państwowych z dnia 23 grudnia 2019 r. w sprawie szczegółowych kryteriów wyboru projektów do udzielenia wsparcia ze środków Funduszu Niskoemisyjnego Transportu (Dz. U. 2019 r. poz. 2526);



II. PODSTAWY PRAWNE AKTUALIZACJI

Ustawa o elektromobilności i paliwach alternatywnych z dnia 11 stycznia 2018 r. (Dz.U. z 2020 r. poz. 908). zobowiązuje jednostki samorządu terytorialnego (z wyłączeniem gmin i powiatów, których liczba mieszkańców nie przekracza 50 000), do świadczenia usług lub zlecenia świadczenia usługi komunikacji miejskiej w rozumieniu ustawy z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym (Dz. U. z 2019 r. poz. 2475 z późn. zm.) podmiotowi, którego udział autobusów zeroemisyjnych we flocie użytkowanych pojazdów na obszarze tej jednostki samorządu terytorialnego wynosi co najmniej 30%⁵. Powyższy obowiązek w pełni zostanie wprowadzony w życie 1 stycznia 2028 r., jednakże Ustawa definiuje kolejne stopnie udziału autobusów zeroemisyjnych w użytkowanej flocie, które wynoszą:

- 1) 5% od 1 stycznia 2021 r.
- 2) 10% od 1 stycznia 2023 r.
- 3) 20% od 1 stycznia 2025 r.⁶

Równocześnie zobowiązana jednostka samorządu terytorialnego, o której mowa powyżej sporządza, co 36 miesięcy, analizę 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 substancji⁷.

Zgodnie z art. 37 ust. 2 Ustawy, Analiza kosztów i korzyści obejmować powinna w szczególności:

- 1) analizę finansowo-ekonomiczną;
- 2) oszacowanie efektów środowiskowych związanych z emisją szkodliwych substancji dla środowiska naturalnego i zdrowia ludzi;
- 3) analizę społeczno-ekonomiczną uwzględniającą wycenę kosztów związanych z emisją szkodliwych substancji³.

Analiza rozstrzygać powinna o zasadności udziału autobusów zeroemisyjnych w użytkowanej flocie pojazdów, a w przypadku w którym analiza wykaże brak korzyści z wykorzystywania autobusów zeroemisyjnych, jednostka samorządu terytorialnego, może nie realizować obowiązku osiągnięcia poziomu udziału autobusów zeroemisyjnych o którym mowa w art. 36 Ustawy.

⁵ Art. 35 Ustawy o elektromobilności z dnia 11 stycznia 2018 r. (Dz.U. z 2020 r. poz. 908)

⁶ Art. 68 Ustawy o elektromobilności z dnia 11 stycznia 2018 r. (Dz.U. z 2020 r. poz. 908)

⁷ Art. 37 Ustawy o elektromobilności z dnia 11 stycznia 2018 r. (Dz.U. z 2020 r. poz. 908)

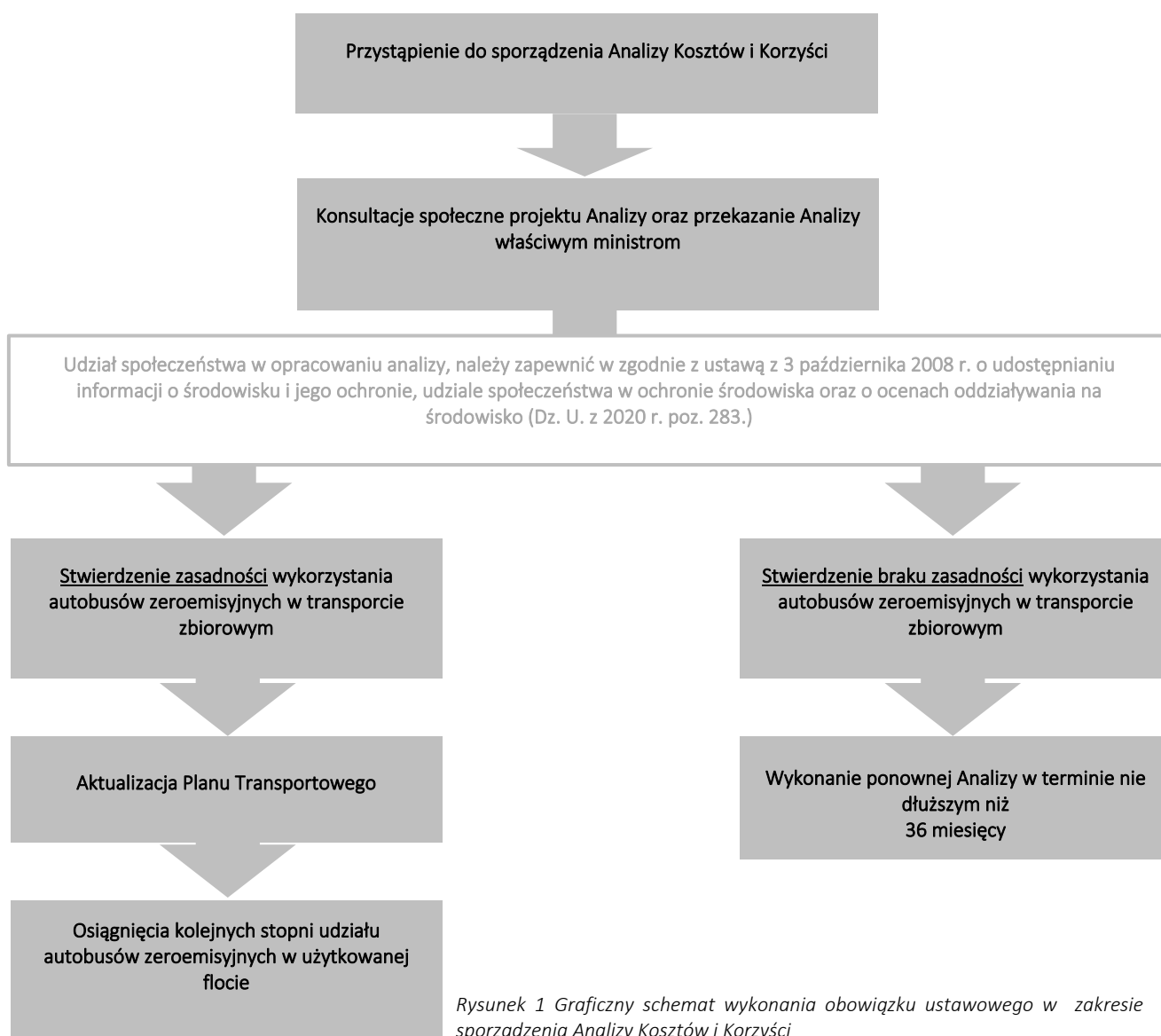


W czasie opracowania analizy należy również zapewnić możliwość udziału społeczeństwa, na zasadach określonych w dziale III w rozdziałach 1 i 3 ustawy z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko (Dz. U. z 2020 r. poz. 283)⁸.

Niezwłocznie po sporządzeniu, Analizę należy przekazać:

- 1) ministrowi właściwemu do spraw energii,
- 2) ministrowi właściwemu do spraw gospodarki,
- 3) ministrowi właściwemu do spraw środowiska.

Ramowy harmonogram przeprowadzenia Analizy zgodnie z zapisami ustawy o elektromobilności przedstawiono na rysunku zamieszczonym poniżej.



Rysunek 1 Graficzny schemat wykonania obowiązku ustawowego w zakresie sporządzenia Analizy Kosztów i Korzyści

⁸ Art. 37 Ustawy o elektromobilności z dnia 11 stycznia 2018 r. (Dz.U. z 2020 r. poz. 908)



III. METODYKA PRZEPROWADZENIA ANALIZY

Określony w art. 37 ust. 2 ustawy o elektromobilności minimalny zakres Analizy, nie determinuje wiążącego sposobu jej przeprowadzenia, w związku z czym metodykę analizy oparto o wytyczne przeprowadzania analiz projektów transportowych współfinansowanych ze środków finansowych Unii Europejskiej.

Materiały metodyczne stanowiące podstawę wykonania analizy:

- 1) „Niebieska księga - Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach i regionach”, Jaspers, 2015 r.;
- 2) „Analiza kosztów i korzyści projektów Transportowych współfinansowanych ze środków Unii Europejskiej. Vademecum Beneficjenta”, Centrum Unijnych Projektów Transportowych, Warszawa 2016 r.;
- 3) „Przewodnik po analizie kosztów i korzyści projektów inwestycyjnych. Narzędzie analizy ekonomicznej polityki spójności 2014-2020”, Komisja Europejska, 2014 r.;
- 4) „Najlepsze praktyki w analizach kosztów i korzyści projektów transportowych współfinansowanych ze środków unijnych — Dla rozwoju infrastruktury i środowiska”, Centrum Unijnych Projektów Transportowych, Warszawa 2014 r.;
- 5) „Wytyczne w zakresie zagadnień związanych z przygotowaniem projektów inwestycyjnych, w tym projektów generujących dochód i projektów hybrydowych na lata 2014-2020”, Ministerstwo Rozwoju i Finansów, Warszawa 2017 r.;
- 6) „Zasady opracowania analizy kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych — wymaganej ustawą o elektromobilności i paliwach alternatywnych”, Izba Gospodarki Komunikacji Miejskiej, Warszawa 2018 r.;

W kontekście wskazanych wyżej dokumentów przeprowadzona analiza posiada następującą strukturę:

- 1) Charakterystyka aktualnego systemu komunikacji miejskiej;
- 2) Wskazanie możliwych scenariuszy inwestycyjnych;
- 3) Analiza techniczna;
- 4) Analiza finansowa;
- 5) Oszacowanie efektów środowiskowych scenariuszy inwestycyjnych;
- 6) Analiza społeczno-ekonomiczna;
- 7) Analiza ryzyka i wrażliwości;
- 8) Wnioski i rekomendacje.



Dane źródłowe do przeprowadzenia analizy udostępnione przez Miejski Zarząd Dróg i Transportu w Częstochowie (MZDiT w Częstochowie) obejmują:

- 1) Plan zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego dla Miasta Częstochowy uchwalonego uchwałą Nr 238.XX.2015 Rady Miasta Częstochowy z dnia 30 grudnia 2015 r., zmienionego uchwałą Nr 545.XL.2017 Rady Miasta Częstochowy z dnia 24 kwietnia 2017 r.;
- 2) Wykaz autobusów na stanie za rok 2019 stanowiących tabor komunikacji miejskiej wraz z informacją o zużyciu paliwa;
- 3) Rozkład jazdy linii autobusowych;
- 4) Schemat połączeń;

Pozostałe podstawy prawne uwzględnione w opracowaniu:

- 1) Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/94/UE z dnia 22 października 2014 r. w sprawie rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych (Dz. Urz. UE z dnia 28 października 2014 r. poz. L 307/1);
- 2) Ustawa z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym (Dz. U. z 2019 r. poz. 2475 z późn. zm.);
- 3) Ustawa z dnia 17 lipca 2009 r. o systemie zarządzania emisjami gazów cieplarnianych i innych substancji (Dz. U. z 2019 r. poz. 1447, z późn. zm.);

Niniejsza aktualizacja Analizy Kosztów i Korzyści została przeprowadzona w oparciu o układ linii komunikacyjnych według stanu na dzień 1 maja 2020 r., a jego zmiany, wpłynąć mogą na lokalne uwarunkowania stosowania autobusów zeroemisyjnych. Zmiana przebiegu linii (w szczególności tych określonych w rozdziale VI, dla których wydano rekomendację w zakresie wydzielenia do obsługi autobusami elektrycznymi), nie wpływa na wyniki analizy, które opierają się na uśrednionych danych dotyczących całego taboru autobusowego. Jednak w przypadku takiej zmiany, organizator publicznego transportu zbiorowego będzie zobowiązany do uwzględniania wymogów logistycznych takiego taboru na etapie projektowania zmienionych tras i rozkładów jazdy.



IV. CHARAKTERYSTYKA AKTUALNEGO SYSTEMU KOMUNIKACJI MIEJSKIEJ

Zgodnie z ustawą z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym (Dz. U. z 2017 r., poz. 2136 ze zm.) organizatorem publicznego transportu zbiorowego jest właściwa jednostka samorządu terytorialnego albo minister właściwy do spraw transportu, zapewniający funkcjonowanie transportu publicznego na danym obszarze⁹. Właściwość organizatora transportu zbiorowego określa obszar terytorialny poddany analizie.

Zgodnie z art. 7 pkt ustawy o publicznym transporcie zbiorowym, jest nim gmina na linii komunikacyjnej albo sieci komunikacyjnej w gminnych przewozach pasażerskich, lub której powierzono zadanie organizacji publicznego transportu zbiorowego na mocy porozumienia między gminami – na linii komunikacyjnej albo sieci komunikacyjnej w gminnych przewozach pasażerskich, na obszarze gmin, które zawarły porozumienie.

Formalnie więc analizowany obszar transportowy obejmuje nie tylko Miasto Częstochowa ale również gminy: Poczesna, Olsztyn, Mstów, Konopiska oraz Blachownia. Z wymienionymi gminami Miasto Częstochowa zawarło porozumienia o wykonywaniu zadań w zakresie prowadzenia lokalnego transportu zbiorowego na terenie danej Gminy na podstawie art. 7 ust. 1 pkt 4 i art. 74 ust. 1 i 2 ustawy z dnia 8 marca 1990 r. o samorządzie gminnym (Dz. U. z 2001 r. Nr 142, poz. 1591 z późn. zm.). Na mocy tych porozumień gminy powierzają Miastu Częstochowa prowadzenie lokalnego transportu zbiorowego na ich terenie i zobowiązują się do częściowego ponoszenia kosztów realizacji powierzonego Miastu Częstochowa zadania własnego.

Łączna powierzchnia analizowanego obszaru transportowego, obejmuje 874,33 km², z czego:

- 1) Częstochowa: 160 km²;
- 2) Poczesna: 60 km²;
- 3) Olsztyn: 109 km²;
- 4) Mstów: 120 km²;
- 5) Konopiska: 79 km²;
- 6) Blachownia: 67 km².

Łącznie analizowany obszar transportowy zamieszkuje 275 472 osób¹⁰, z czego:

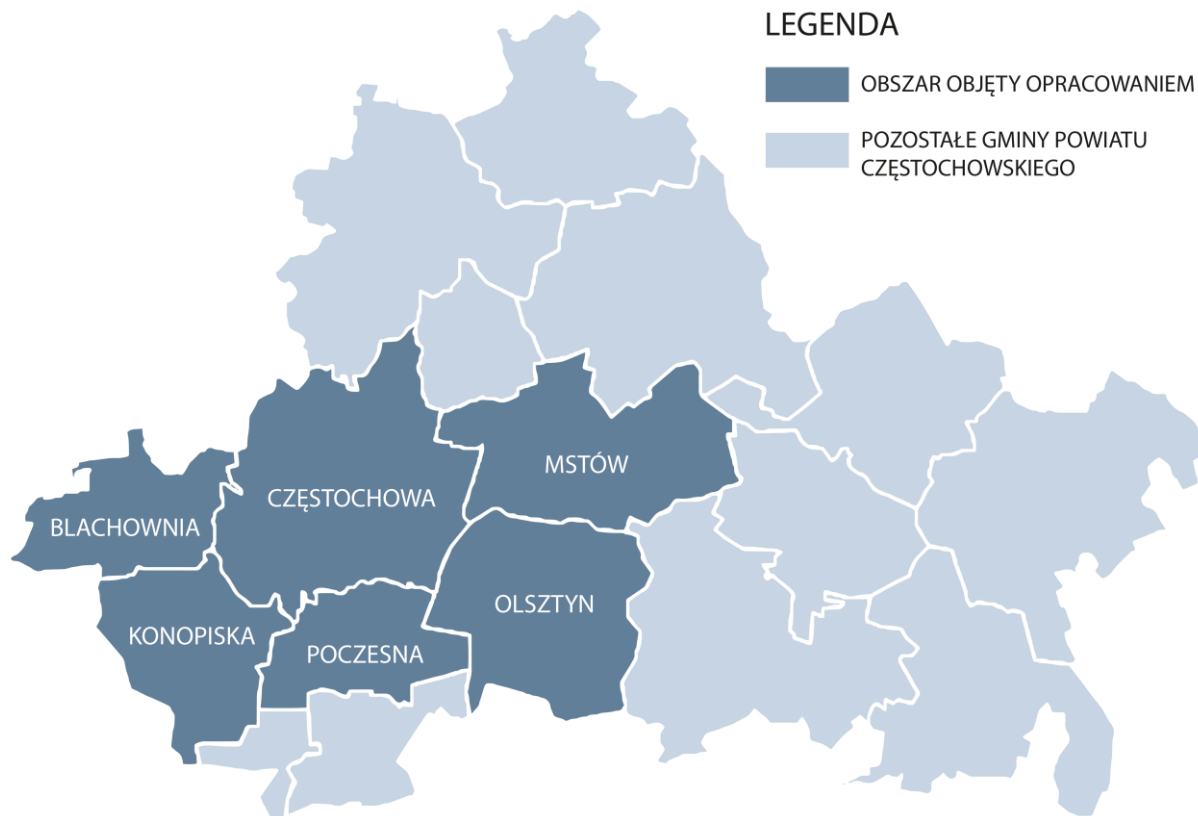
- 1) Częstochowę: 220 433 mieszkańców (spadek o 3 933 osób względem roku 2017);
- 2) Poczesną: 12 707 mieszkańców (wzrost 2 dwie osoby względem roku 2017);
- 3) Olsztyn: 7 833 mieszkańców (wzrost 10 osób względem roku 2017);

⁹ Art. 4 ust 1 pkt 9 ustawy z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym (Dz. U. z 2019 r. poz. 2475 ze zm.)

¹⁰ Stan na 31.12.2019 r. wg. danych GUS.



- 4) Mstów: 10 833 mieszkańców (wzrost o 25 osób względem roku 2017);
- 5) Konopiska: 10 736 mieszkańców (spadek o 39 osób względem roku 2017);
- 6) Blachownia: 12 930 mieszkańców (spadek o 126 osób względem roku 2017).



Rysunek 2 Obszar transportowy – mapa

Gminy Olsztyn i Poczesna, w pełni objęte są systemem komunikacyjnym (w Gminie Olsztyn funkcjonują linie: 57, 58, 59, 67, a w Gminie Poczesna linie: 53, 65, 68, 69) natomiast na terenach gmin Mstów (linie: 26 i 30), Blachownia (linie: 22 i 32) oraz Konopiska (linia: 33) komunikacja prowadzona jest w ograniczonym zakresie obsługi kilku przystanków.

Organizatorem publicznego transportu zbiorowego na zdefiniowanym wyżej obszarze jest Miejski Zarząd Dróg i Transportu w Częstochowie (MZDiT), będący jednostką budżetową Miasta Częstochowa. Zwierzchni nadzór nad działalnością Zarządu sprawuje Rada Miasta Częstochowy, zaś nadzór bezpośredni Prezydent Miasta Częstochowy.

Zgodnie z zapisami statutu, przedmiotem działania MZDiT w zakresie publicznego transportu zbiorowego jest:

- 1) przygotowywanie projektów przepisów porządkowych w odniesieniu do gminnego transportu zbiorowego,



- 2) przygotowywanie propozycji cen urzędowych za usługi przewozowe gminnego transportu zbiorowego, realizowanych na zlecenie Miejskiego Zarządu Dróg i Transportu w Częstochowie,
- 3) prowadzenie badań rynkowych w celu określenia publicznych potrzeb transportowych,
- 4) kształtowanie oferty przewozowej,
- 5) kontraktowanie usług przewozowych świadczonych przez licencjonowanych przewoźników,
- 6) kontrolę realizacji usług przewozowych gminnego transportu zbiorowego, realizowanych na zlecenie Miejskiego Zarządu Dróg i Transportu w Częstochowie, nadzór i regulacja ruchu środków transportu publicznego,
- 7) rozliczenia zapłaty za wykonane usług przewozowe realizowanych na zlecenie Miejskiego Zarządu Dróg i Transportu w Częstochowie,
- 8) emisja i sprzedaż biletów uprawniających do korzystania z usług przewozowych gminnego transportu zbiorowego, realizowanych na zlecenie Miejskiego Zarządu Dróg i Transportu w Częstochowie,
- 9) kontrolę biletów i dokumentów uprawniających do przejazdów środkami gminnego transportu zbiorowego, realizowanych na zlecenie Miejskiego Zarządu Dróg i Transportu w Częstochowie,
- 10) prowadzenie ewidencji dochodów (należności, wpływy, zaległości) oraz windykowanie należności,
- 11) informowanie o usługach przewozowych, prowadzenie działalności marketingowej, reklamowej i promocyjnej,
- 12) przyjmowanie i rozpatrywanie skarg oraz wniosków pasażerów dotyczących funkcjonowania transportu publicznego,
- 13) wyznaczanie miejsc i ustalanie warunków postoju lub zatrzymania środków transportu publicznego na terenie Miasta Częstochowa, zlecenie urządzania przystanków (perony, wiaty, oznakowanie),
- 14) ustalanie dla przewoźników zasad korzystania z przystanków komunikacji miejskiej zlokalizowanych na terenie Miasta Częstochowa,
- 15) utrzymanie i remont infrastruktury transportu publicznego – torów tramwajowych, trakcji, stacji zasilania oraz przystanków itp., zlokalizowanych na terenie Miasta Częstochowa,
- 16) promowanie transportu publicznego (strategia marketingowa, przedsięwzięcia promocyjne),
- 17) inicjowanie przedsięwzięć zmierzających do płynnego i bezkolizyjnego ruchu środków transportu publicznego (wydzielone pasy ruchu, preferencje w systemie sterowania ruchem),
- 18) inicjowanie przedsięwzięć inwestycyjnych w zakresie budowy, rozbudowy i modernizacji infrastruktury transportu publicznego,
- 19) działania w celu zintegrowania usług przewozowych w transporcie publicznym na obszarze Miasta Częstochowa i gmin leżących w jego sąsiedztwie i funkcjonalnie z nim powiązanych,



- 20) prowadzenie konsultacji społecznych z organami dzielnic Gminy Częstochowa, oraz innych gmin, w ramach zawartych porozumień w zakresie wspólnego prowadzenia transportu zbiorowego,
- 21) wdrażanie postępu technicznego, organizacyjnego i ekonomicznego w ramach prowadzonej przez jednostkę działalności.

Obsługa wszystkich linii autobusowych podlegających MZDiT w Częstochowie, realizowana jest poprzez Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne w Częstochowie Sp. z o.o. (MPK w Częstochowie) działające w roli operatora.

Na obszarze transportowym funkcjonują również sieci komunikacyjne kolejowe, tramwajowe a także międzymiastowe linie przewoźników prywatnych jednakże jako nieobjęte Analizą nie przedstawiono ich wykazu oraz charakterystyki w niniejszym opracowaniu.

Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne w Częstochowie powstało 1 marca 1950 roku, w roku 1991 zmieniło nazwę na Miejski Zakład Komunikacji (MZK) a 9 lat później, 1 kwietnia po przekształceniu w spółkę z ograniczoną odpowiedzialnością (Spółka z o.o.), ponownie przyjęło nazwę Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne w Częstochowie sp. z o.o.

Miasto Częstochowa powierzyło obsługę całej sieci komunikacji miejskiej MPK: do roku 2020 dla linii autobusowych i do 2025 r. dla tramwajowych.

Według danych MZDiT w Częstochowie, miejska sieć komunikacyjna obejmuje 33 linie autobusowe miejskie (w tym 1 linia nocna oraz 4 linie nocne weekendowe), 8 linii autobusowych podmiejskich oraz 3 linie tramwajowe. Praca przewozowa wynosi ok. 11,5 mln wozokilometrów.

Wykaz linii autobusowych organizowanych przez MZDiT w Częstochowie wskazano w tabeli zamieszczonej poniżej.

Tabela 1 Wykaz linii MZDiT w Częstochowie (stan na 31.12.2019 r.)

Lp.	Linia	Typ linii	Kierunek linii	Liczba przystanków
1	10	miejska	BŁESZNO → PARKITKA - SZPITAL	24
			PARKITKA - SZPITAL → BŁESZNO	23
2	11	miejska	KUSIĘCKA - KSSE → CMENTARZ ŚW. ROCHA	25
			CMENTARZ ŚW. ROCHA → KUSIĘCKA - KSSE	26
			LEGIONÓW → CMENTARZ ŚW. ROCHA	26
			CMENTARZ ŚW. ROCHA → LEGIONÓW	27
			CMENTARZ ŚW. ROCHA → D.H. CENTRUM	14
3	12	miejska	GNASZYN - DWORZEC PKP → RAKÓW - DWORZEC PKP	35
			GNASZYN - DWORZEC PKP → RAKÓW - DWORZEC PKP	39
4	13	miejska	KUCELIN – HUTA → KIEDRZYN	25



Lp.	Linia	Typ linii	Kierunek linii	Liczba przystanków
			KIEDRZYN → KUCELIN – HUTA	25
			WALCOWNIA → KIEDRZYN	29
			HUTA - WYDZIAŁ TRANSPORTU → KIEDRZYN	30
			KIEDRZYN → WALCOWNIA	29
			KIEDRZYN → HUTA - WYDZIAŁ TRANSPORTU	30
5	14	miejska	KORKOWA → RZAŚAWA	38
			RZAŚAWA → KORKOWA	37
			BRZEZINY → RZAŚAWA	34
			KORKOWA → RZAŚAWA – DWORZEC PKP	39
			RZAŚAWA – DWORZEC PKP → KORKOWA	38
			SABINOWSKA → BRZEZINY	10
6	15	miejska	KUKUCZKI → KORKOWA	30
			KORKOWA → KUKUCZKI	30
			DOJAZDOWA → KORKOWA	7
			KORKOWA → DOJAZDOWA	7
7	16	miejska	KUKUCZKI → STRADOM – DWORZEC PKP	26
			STRADOM → DWORZEC PKP	27
8	17	miejska	WYCZERPY – OSIEDLE → LISZKA DOLNA	30
			LISZKA DOLNA → WYCZERPY – OSIEDLE	31
			KAWODRZA GÓRNA → WYCZERPY - OSIEDLE	28
9	18	miejska	DWORZEC GŁÓWNY PKP → BATALIONÓW CHŁOPSKICH	21
			BATALIONÓW CHŁOPSKICH → DWORZEC GŁÓWNY PKP	20
			DWORZEC GŁÓWNY PKP → BATALIONÓW CHŁOPSKICH	20
			DWORZEC GŁÓWNY PKP → BATALIONÓW CHŁOPSKICH	29
			BATALIONÓW CHŁOPSKICH → DWORZEC GŁÓWNY PKP	19
			BATALIONÓW CHŁOPSKICH → DWORZEC GŁÓWNY PKP	28
10	19	miejska	KUCELIN – HUTA → ŻABINIEC	38
			ŻABINIEC → KUCELIN – HUTA	40
			WALCOWNIA → ŻABINIEC	42
			ŻABINIEC → WALCOWNIA	44
11	20	miejska	WYCZERPY – OSIEDLE → KORKOWA	38
			KORKOWA → WYCZERPY – OSIEDLE	36
			WYCZERPY – OSIEDLE → BRZEZINY	42
			BRZEZINY → WYCZERPY – OSIEDLE	40
12	21	miejska	OLSZTYŃSKA → KSSE – SKORKI	25
			KSSE – SKORKI → OLSZTYŃSKA	39
13	22	miejska	GOMBROWICZA → ŁOJKI	29
			ŁOJKI → GOMBROWICZA	28



Lp.	Linia	Typ linii	Kierunek linii	Liczba przystanków
			GNASZYN – DWORZEC PKP → GOMBROWICZA	26
			KORCZAKA → GOMBROWICZA	16
14	23	miejska	KSSE – SKORKI → REJTANA	36
			REJTANA → KSSE – SKORKI	33
			DWORZEC PKS → REJTANA	14
			SABINOWSKA → KSSE - SKORKI	16
15	24	miejska	KUKUCZKI → JESIENNA	28
			JESIENNA → KUKUCZKI	30
16	25	miejska	WYCZERPY – OSIEDLE → MALOWNICZA	47
			MALOWNICZA → WYCZERPY – OSIEDLE	45
			BRZEZINY → WYCZERPY – OSIEDE	40
			JAGIELLOŃSKA → WYCZERPY – OSIEDLE	30
17	26	miejska	GRABÓWKA → MIRÓW – PEGAZ	29
			MIRÓW – PEGAZ → GRABÓWKA	28
			GRABÓWKA → SIEDLEC	33
			GRABÓWKA → BURSZTYNOWA	29
			GRABÓWKA → MIRÓW PEGAZ	35
			MIRÓW – PEGAZ → GRABÓWKA	34
			SIEDLEC → GRABÓWKA	32
18	27	miejska	STRADOM – DWORZEC PKP → KUSIĘCKA – KSSE	24
			KUSIĘCKA – KSSE → STRADOM – DWORZEC PKP	20
19	28	miejska	KUCELIN – HUTA → PARKITKA – SZPITAL	24
			PARKITKA – SZPITAL → KUCELIN – HUTA	23
			WALCOWNIA → PARKITKA – SZPITAL	28
			HUTA – WUDZIAŁ TRANSPORTU → PARKITKA – SZPITAL	29
			ALEJA JANA PAWŁA II → PARKITKA – SZPITAL	11
			PARKITKA – SZPITAL → WALCOWNIA	27
			PARKITKA – SZPITAL → HUTA – WYDZIAŁ TRANSPORTU	28
20	29	miejska	GOMBROWICZA → CMENTARZ KOMUNALNY	31
			CMENTARZ KOMUNALNY → GOMBROWICZA	30
21	30	miejska	BATALIONÓW CHŁOPSKICH → BATALIONÓW CHŁOPSKICH	27
			JASKRÓW – WILLE → BATALIONÓW CHŁOPSKICH	29
			BATALIONÓW CHŁOPSKICH → JASKRÓW - WILLE	29
22	31	miejska	CMANTARZ KOMUNALNY → KRĘCIWILK	36
			KRĘCIWILK → CMENTARZ KOMUNALNY	36
			ESTAKADA → KRĘCIWILK	9
23	32	miejska	RAKÓW – DWORZEC PKP → WIELKOBORSKA	32
			WIELKOBORSKA → RAKÓW – DWORZEC PKP	32
			RAKÓW – DWORZEC PKP → STARA GORZELNIA	34
			STARA GORZELNIA → RAKÓ – DWORZEC PKP	34



Lp.	Linia	Typ linii	Kierunek linii	Liczba przystanków
24	33	miejska	WAŚSOSZ → PIŁSUDSKIEGO	26
			PIŁSUDSKIEGO → WAŚSOSZ	26
			PRZYJEMNA → PIŁSUDSKIEGO	23
			JAGIELLOŃSKA → PIŁSUDSKIEGO	10
25	34	miejska	RAKÓW – DWORZEC PKP → GNASZYN – DOSPEL	34
			GNASZYN – DOSPEL → RAKÓW – DWORZEC PKP	38
26	35	miejska	KUSIĘCKA – KSSE → KUSIĘCKA – KSSE	32
			KUSIĘCKA – KSSE → LEGIONÓW	36
			LEGIONÓW → ESTAKADA	26
27	36	miejska	KUSIĘCKA – KSSE → KUSIĘCKA – KSSE	33
			KUSIĘCKA – KSSE → LEGIONÓW	37
			LEGIONÓW → KUSIĘCKA – KSSE	37
28	38	miejska	DŻBÓW → RAKÓW – DWORZEC PKP	27
			RAKÓW – DWORZEC PKP → DŻBÓW	28
			ESTAKADA → DŻBÓW	25
29	80	miejska nocna	KUKUCZKI → RAKÓW – DWORZEC PKP	37
			RAKÓW – DWORZEC PKP → KUKUCZKI	33
			KUKUCZKI → ZAJEZDNIA MPK	22
			ZAJEZDNIA MPK → RAKÓW – DWORZEC PKP	17
			RAKÓW – DWORZEC PKP → ZAJEZDNIA MPK	15
			ZAJEZDNIA MPK → KUKUCZKI	20
30	81	miejska nocna weekendowa	DŻBÓW → DWORZEC GŁÓWNY PKP	17
			DWORZEC GŁÓWNY PKP → DŻBÓW	17
31	82	miejska nocna weekendowa	RZAŚAWA → DWORZEC GŁÓWNY PKP	23
			DWORZEC GŁÓWNY PKP → RZAŚAWA	23
32	83	miejska nocna weekendowa	DWORZEC GŁÓWNY PKP → DWORZEC GŁÓWNY PKP	42
33	84	miejska nocna weekendowa	DWORZEC GŁÓWNY PKP → DWORZEC GŁÓWNY PKP	41
34	57	podmiejska (g. Olsztyn)	PIŁSUDSKIEGO → OLSZTYN RYNEK	17
			PIŁSUDSKIEGO → OLSZTYN RYNEK	19
			OS. POD WILCZĄ GÓRĄ → OLSZTYN RYNEK	6
35	58	podmiejska (g. Olsztyn)	PIŁSUDSKIEGO → PIŁSUDSKIEGO	41
36	59	podmiejska (g. Olsztyn)	PIŁSUDSKIEGO → PIŁSUDSKIEGO	41
			PIŁSUDSKIEGO → ESTAKADA	35
37	67	podmiejska (g. Olsztyn)	PIŁSUDSKIEGO → BISKUPICE	25
			BISKUPICE → PIŁSUDSKIEGO	24
			PIŁSUDSKIEGO → BISKUPICE	28
			BISKUPICE → PIŁSUDSKIEGO	27
			BISKUPICE → ESTAKADA	20
38	53	podmiejska (g. Poczesna)	PIŁSUDSKIEGO → POCZESNA OSP	30
			POCZESNA OSP → PIŁSUDSKIEGO	29



Lp.	Linia	Typ linii	Kierunek linii	Liczba przystanków
			PIŁSUDSKIEGO → POCZESNA POŁUDNIOWA	21
			POCZESNA POŁUDNIOWA → ESTAKADA	15
39	65	podmiejska (g. Poczesna)	PIŁSUDSKIEGO → ZAWODZIE	36
			ZAWODZIE → PIŁSUDSKIEGO	34
			ZAWODZIE → ESTAKADA	28
			ZAWODZIE → ESTAKADA	23
40	68	podmiejska (g. Poczesna)	PIŁSUDSKIEGO → NIERADA	33
			NIERADA → PIŁSUDSKIEGO	28
			NIERADA → ESTAKADA	22
41	69	podmiejska (g. Poczesna)	DWORZEC GŁÓWNY PKP → NIERADA – SZKOŁA	26
			NIERADA – SZKOŁA → DWORZEC GŁÓWNY PKP	28
			DWORZEC GŁÓWNY PKP → NIERADA	30
			DWORZEC GŁÓWNY PKP → MALOWNICZA	21
			NIERADA → DWORZEC GŁÓWNY PKP	33

Celem analizy kosztów i korzyści nie jest wytyczenie nowych, modyfikacja istniejących tras komunikacyjnych, bądź analiza potoków pasażerskich. Elementy te podlegają pogłębionej charakterystyce w ramach planu transportowego. Analiza kosztów i korzyści, skupia się przede wszystkim na aspektach dotyczących taboru. Poniżej zatem przedstawiono wyciąg danych kluczowych z perspektywy zastosowania autobusów zeroemisyjnych w komunikacji.

Do danych tych należą:

- 1) Aktualna struktura taboru – stanowi podstawę do określenia zakresu koniecznych inwestycji taborowych;
- 2) Przystanki krańcowe i węzłowe – w przypadku transportu wykonywanego autobusami elektrycznymi z bateryjnymi zasobnikami energii, konieczne jest doładowywanie autobusów w czasie wykonywania kursów (z uwagi na ich ograniczony zasięg), stąd w wariancie analizującym zasadność zakupu autobusów elektrycznych konieczne jest wytypowanie miejsc w których montaż stacji ładowania byłby najbardziej uzasadniony.

Ad. 1 Charakterystyka taboru

Za obsługę linii komunikacyjnych odpowiedzialny jest wewnętrzny operator (MPK w Częstochowie) realizujący obsługę linii z wykorzystaniem własnego taboru autobusowego. Szczegółowe zestawienie taboru będącego w posiadaniu MPK w Częstochowie, według stanu na koniec 2019 roku, zamieszczono w tabeli. W tabeli znajdują się wyłącznie pojazdy faktycznie wykorzystywane w obsłudze linii.



Tabela 2 Wykaz autobusów użytkowanych przez MPK w Częstochowie (stan na 31.12.2019 r.)

L.p.	Nr inw.	Marka	Typ	Rok budowy	Paliwo	Emisja spalin	Długość pojazdu	Zużycie paliwa na 100 km
1	1	Solaris	Urbino 12	2014	ON	EURO 6	12 m	37,63
2	2	Solaris	Urbino 12	2014	ON	EURO 6	12 m	36,37
3	3	Solaris	Urbino 12	2014	ON	EURO 6	12 m	38,18
4	4	Solaris	Urbino 12	2014	ON	EURO 6	12 m	36,61
5	5	Solaris	Urbino 12	2014	ON	EURO 6	12 m	37,05
6	6	Solaris	Urbino 12	2014	ON	EURO 6	12 m	36,44
7	7	Solaris	Urbino 12	2014	ON	EURO 6	12 m	38,52
8	8	Solaris	Urbino 12	2014	ON	EURO 6	12 m	37,62
9	9	Solaris	Urbino 12	2014	ON	EURO 6	12 m	39,06
10	10	Solaris	Urbino 12	2014	ON	EURO 6	12 m	37,11
11	36	Solbus	SM12 DC	2016	ON	EURO 6	12 m	36,62
12	37	Solbus	SM12 DC	2016	ON	EURO 6	12 m	36,83
13	38	Solbus	SM12 DC	2016	ON	EURO 6	12 m	34,51
14	39	Solaris	Urbino 12	2017	ON	EURO 6	12 m	35,93
15	40	Solaris	Urbino 12	2017	ON	EURO 6	12 m	34,59
16	41	Solaris	Urbino 12	2017	ON	EURO 6	12 m	35,08
17	42	Solaris	Urbino 12	2017	ON	EURO 6	12 m	35,67
18	43	Solaris	Urbino 12	2017	ON	EURO 6	12 m	35,29
19	44	Solaris	Urbino 12	2017	ON	EURO 6	12 m	36,28
20	45	Solaris	Urbino 12	2017	ON	EURO 6	12 m	35,23
21	46	Solaris	Urbino 12	2017	ON	EURO 6	12 m	34,96
22	47	Solaris	Urbino 12	2017	ON	EURO 6	12 m	34,58
23	48	Solaris	Urbino 12	2017	ON	EURO 6	12 m	35,68
24	49	Solaris	Urbino 12	2017	ON	EURO 6	12 m	34,91
25	50	Solaris	Urbino 12	2017	ON	EURO 6	12 m	33,87
26	51	Solaris	Urbino 12	2017	ON	EURO 6	12 m	34,95
27	52	Solaris	Urbino 12	2017	ON	EURO 6	12 m	33,22
28	53	Solaris	Urbino 12	2017	ON	EURO 6	12 m	35,22
29	54	MAN	A78	2006	ON	EURO 4	12 m	46,33
30	55	MAN	A78	2006	ON	EURO 4	12 m	43,32
31	58	MAN	A78	2006	ON	EURO 4	12 m	44,08
32	59	Solaris	Urbino 12	2017	ON	EURO 6	12 m	35,1
33	60	Solaris	Urbino 12	2017	ON	EURO 6	12 m	35,74
34	61	Solaris	Urbino 12	2017	ON	EURO 6	12 m	35,41
35	62	Solaris	Urbino 12	2017	ON	EURO 6	12 m	34,65
36	63	Solaris	Urbino 12	2017	ON	EURO 6	12 m	34,93
37	64	Solaris	Urbino 12	2017	ON	EURO 6	12 m	35,61
38	65	Solaris	Urbino 12	2017	ON	EURO 6	12 m	35,06
39	66	Solaris	Urbino 12	2017	ON	EURO 6	12 m	34,6
40	67	Solaris	Urbino 12	2017	ON	EURO 6	12 m	34,1
41	68	Solaris	Urbino 12	2017	ON	EURO 6	12 m	33,82
42	69	Solaris	Urbino 12	2017	ON	EURO 6	12 m	35,82
43	70	Solaris	Urbino 12	2017	ON	EURO 6	12 m	34,87



L.p.	Nr inw.	Marka	Typ	Rok budowy	Paliwo	Emisja spalin	Długość pojazdu	Zużycie paliwa na 100 km
44	71	Solaris	Urbino 12	2017	ON	EURO 6	12 m	33,98
45	72	Solaris	Urbino 12	2017	ON	EURO 6	12 m	34,48
46	73	Solaris	Urbino 12	2017	ON	EURO 6	12 m	35,08
47	75	Solaris	Urbino 12	2017	ON	EURO 6	12 m	36,83
48	76	Solaris	Urbino 12	2017	ON	EURO 6	12 m	35,78
49	77	Solaris	Urbino 12	2017	ON	EURO 6	12 m	36,92
50	78	Solaris	Urbino 12	2017	ON	EURO 6	12 m	35,58
51	79	Solaris	Urbino 12	2017	ON	EURO 6	12 m	33,65
52	80	Solaris	Urbino 12	2017	ON	EURO 6	12 m	36,2
53	81	Solaris	Urbino 12	2017	ON	EURO 6	12 m	35,47
54	82	Solaris	Urbino 12	2017	ON	EURO 6	12 m	35,99
55	83	Solaris	Urbino 12	2017	ON	EURO 6	12 m	33,79
56	84	Solaris	Urbino 12	2017	ON	EURO 6	12 m	35,25
57	88	MAN	NL222	2000	ON	BN	12 m	39,04
58	89	MAN	NL222	2000	ON	BN	12 m	35,64
59	90	MAN	NL222	2000	ON	BN	12 m	37,72
60	91	MAN	NL222	2000	ON	BN	12 m	44,22
61	92	MAN	NL222	2000	ON	BN	12 m	39,66
62	93	Solaris	Urbino 12	2002	ON	EURO 3	12 m	38,58
63	94	Solaris	Urbino 12	2002	ON	EURO 3	12 m	36,74
64	95	Solaris	Urbino 12	2002	ON	EURO 3	12 m	36,12
65	96	Solaris	Urbino 12	2002	ON	EURO 3	12 m	36,85
66	98	Solaris	Urbino 12	2002	ON	EURO 3	12 m	34,61
67	99	Solaris	Urbino 12	2002	ON	EURO 3	12 m	35,06
68	100	Solaris	Urbino 12	2002	ON	EURO 3	12 m	36,07
69	101	Solaris	Urbino 12	2002	ON	EURO 3	12 m	38,33
70	102	Mercedes	O530 CITARO CNG	2007	CNG	EURO 5 EEV	12 m	58,72 m ³
71	103	Mercedes	O530 CITARO CNG	2007	CNG	EURO 5 EEV	12 m	66,23 m ³
72	104	Mercedes	O530 CITARO CNG	2007	CNG	EURO 5 EEV	12 m	61,31 m ³
73	105	MAN	A 21 CNG	2009	CNG	EURO 5 EEV	12 m	60,26 m ³
74	106	MAN	A21 CNG	2007	CNG	EURO 5 EEV	12 m	57,67 m ³
75	107	MAN	A21 CNG	2007	CNG	EURO 5 EEV	12 m	56,22 m ³
76	108	Mercedes	O530 CITARO	2006	ON	EURO 3	12 m	38,44
77	109	Mercedes	O530 CITARO	2006	ON	EURO 3	12 m	42,21
78	110	Mercedes	O530 CITARO	2006	ON	EURO 3	12 m	39,91
79	111	Mercedes	O530 CITARO	2006	ON	EURO 3	12 m	41,01
80	112	Mercedes	O530 CITARO	2006	ON	EURO 3	12 m	38,17
81	113	Mercedes	O530 CITARO	2006	ON	EURO 3	12 m	39,9
82	114	Mercedes	O530 CITARO	2006	ON	EURO 3	12 m	39,34
83	115	Mercedes	O530 CITARO	2006	ON	EURO 3	12 m	39,27
84	116	Mercedes	O530 CITARO	2006	ON	EURO 3	12 m	38,09
85	117	Mercedes	O530 CITARO	2006	ON	EURO 3	12 m	38,84
86	118	Mercedes	O530 CITARO	2007	ON	EURO 3	12 m	37,89
87	119	Mercedes	O530 CITARO	2008	ON	EURO 4	12 m	37,41



L.p.	Nr inw.	Marka	Typ	Rok budowy	Paliwo	Emisja spalin	Długość pojazdu	Zużycie paliwa na 100 km
88	120	Mercedes	O530 CITARO	2008	ON	EURO 4	12 m	40,44
89	121	Mercedes	O530 CITARO	2008	ON	EURO 4	12 m	40,71
90	122	Mercedes	O530 CITARO	2008	ON	EURO 4	12 m	38,79
91	123	Mercedes	O530 CITARO	2008	ON	EURO 4	12 m	39,3
92	124	Mercedes	O530 CITARO	2008	ON	EURO 4	12 m	38,07
93	125	Mercedes	O530 CITARO	2008	ON	EURO 4	12 m	37,23
94	126	Mercedes	O530 CITARO	2008	ON	EURO 4	12 m	38,41
95	127	Mercedes	O530 CITARO	2008	ON	EURO 4	12 m	38,61
96	129	Mercedes	O530 CITARO	2009	ON	EURO 5	12 m	38,67
97	130	Mercedes	O530 CITARO	2009	ON	EURO 5	12 m	38,16
98	131	Mercedes	O530 CITARO	2009	ON	EURO 5	12 m	39,4
99	132	Mercedes	O530 CITARO	2009	ON	EURO 5	12 m	36,97
100	133	Mercedes	O530 CITARO	2009	ON	EURO 5	12 m	38,03
101	134	Mercedes	O530 CITARO	2009	ON	EURO 5	12 m	38,33
102	135	Mercedes	O530 CITARO	2009	ON	EURO 5	12 m	38,76
103	136	Mercedes	O530 CITARO	2009	ON	EURO 5	12 m	38,57
104	137	Mercedes	O530 CITARO	2010	ON	EURO 5	12 m	37,81
105	138	Mercedes	O530 CITARO	2010	ON	EURO 5	12 m	36,04
106	139	Mercedes	O530 CITARO	2010	ON	EURO 5	12 m	37,11
107	140	Mercedes	O530 CITARO	2010	ON	EURO 5	12 m	38,39
108	141	Mercedes	O530 CITARO	2010	ON	EURO 5	12 m	36,59
109	142	Mercedes	O530 CITARO	2010	ON	EURO 5	12 m	36,54
110	143	Mercedes	O530 CITARO CNG	2006	CNG	EURO 5 EEV	12 m	65,41 m ³
111	144	Mercedes	O530 CITARO CNG	2006	CNG	EURO 5 EEV	12 m	69,9 m ³
112	148	MAN	A21 CNG	2007	CNG	EURO 5 EEV	12 m	57 m ³
113	149	MAN	A 37	2018	ON	EURO 6	12 m	33,83
114	150	MAN	A 37	2018	ON	EURO 6	12 m	34,82
115	151	MAN	A 37	2018	ON	EURO 6	12 m	33,63
116	152	MAN	A 37	2018	ON	EURO 6	12 m	34,69
117	153	MAN	A 37	2018	ON	EURO 6	12 m	35,53
118	154	MAN	A 37	2018	ON	EURO 6	12 m	35,56
119	155	MAN	A 37	2018	ON	EURO 6	12 m	35,47
120	156	MAN	A 37	2018	ON	EURO 6	12 m	34,66
121	157	MAN	A 37	2018	ON	EURO 6	12 m	36,63
122	158	MAN	A 37	2018	ON	EURO 6	12 m	34,63
123	159	MAN	A 37	2018	ON	EURO 6	12 m	35,03
124	160	MAN	A 37	2018	ON	EURO 6	12 m	35,38
125	177	Mercedes	O345G CONECTO	2006	ON	EURO 3	18 m	53,35
126	178	Mercedes	O345G CONECTO	2006	ON	EURO 3	18 m	51,74
127	179	Mercedes	O345G CONECTO	2006	ON	EURO 3	18 m	50,09
128	180	Mercedes	O345G CONECTO	2006	ON	EURO 3	18 m	50,16
129	181	Mercedes	O345G CONECTO	2006	ON	EURO 3	18 m	52,03
130	182	Mercedes	O345G CONECTO	2006	ON	EURO 3	18 m	52,51
131	183	Mercedes	O345G CONECTO	2006	ON	EURO 3	18 m	51,51



L.p.	Nr inw.	Marka	Typ	Rok budowy	Paliwo	Emisja spalin	Długość pojazdu	Zużycie paliwa na 100 km
132	184	Mercedes	O345G CONECTO	2006	ON	EURO 3	18 m	51,5
133	185	Mercedes	O530 CITARO G	2009	ON	EURO 5	18 m	51,2
134	186	Mercedes	O530 CITARO G	2009	ON	EURO 5	18 m	52,87
135	187	Mercedes	O530 CITARO G	2009	ON	EURO 5	18 m	50,32
136	188	Mercedes	O530 CITARO G	2009	ON	EURO 5	18 m	50,66
137	189	Mercedes	O530 CITARO G	2009	ON	EURO 5	18 m	50,8
138	190	Mercedes	O530 CITARO G	2009	ON	EURO 5	18 m	49,22
139	191	Mercedes	O530 CITARO G	2010	ON	EURO 5	18 m	50,96
140	192	Mercedes	O530 CITARO G	2010	ON	EURO 5	18 m	49,49
141	193	Mercedes	O530 CITARO G	2010	ON	EURO 5	18 m	51,06
142	194	Mercedes	O530 CITARO G	2010	ON	EURO 5	18 m	51,62
143	195	Mercedes	O530 CITARO G	2010	ON	EURO 5	18 m	53,9
144	217	MAN	A23 CNG	2006	CNG	EURO 5 EEV	18 m	73,9 m ³
145	218	Solaris	Urbino 18	2007	ON	EURO 5 EEV	18 m	56,22
146	219	MAN	A 23	2007	ON	EURO 3	18 m	54,62
147	220	Solaris	Urbino 18	2006	ON	EURO 3	18 m	54,48
148	221	Solaris	Urbino 18	2006	ON	EURO 3	18 m	51,12
149	225	Solaris	Urbino 18	2006	ON	EURO 3	18 m	51,24
150	226	Solaris	Urbino 18	2006	ON	EURO 3	18 m	52,9
151	229	Solaris	Urbino 18	2006	ON	EURO 3	18 m	52,08

Zgodnie z zamieszczonymi powyżej danymi, łączny tabor przedsiębiorstwa na koniec 2019 r. liczył 198 pojazdów, z czego 151 było faktycznie wykorzystywanych w obsłudze linii komunikacyjnych.

W 1990 roku, w UE wprowadzono normę emisji spalin – EURO, którą zaczęto stosować w silnikach nowo produkowanych pojazdów, w tym w autobusach. Co kilka lat normy emisji spalin EURO są zaostrzane. W przypadku autobusów poziom emisji spalin mierzony jest w zależności od mocy silnika. Ilość pojazdów stanowiących tabor MPK w Częstochowie w zależności od spełnianej normy prezentuje się następująco:

- 65 pojazdy spełniające Normę EURO 6;
- 36 pojazdów spełniających Normę EURO 5;
- 12 pojazdów spełniających Normę EURO 4;
- 33 pojazdów spełniających Normę EURO 3;
- 5 pojazdów bez Normy EURO;

124 spośród pojazdów stanowią autobusy klasy MAXI (długość pojazdu około 12 metrów), pozostałe 27 sztuki pojazdów to autobusy klasy MEGA, (w przypadku taboru MPK w Częstochowie to pojazdy o długości około 18 metrów).



Średnie zużycia paliwa w całym taborze wynosi:

- 39,63 l/100 km w przypadku autobusów zasilanych ON,
- 61,66 m³ CNG/100 km w przypadku autobusów zasilanych CNG.

Realizując założenia proekologicznej polityki transportowej, założonej dla MZDiT w Częstochowie między innymi w *Planie zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego dla Miasta Częstochowy* spółka zakupiła w 2015 roku pierwsze 40 hybrydowych autobusów o napędzie gazowo-elektrycznym marki Solbus, z czego 25 pojazdów jednoczłonowych i 15 przegubowych. Zaadaptowano wówczas do ich obsługi, poddając kapitalnemu remontowi budynek zajezdni autobusowej oraz przystąpiono do budowy własnej stacji tankowania gazem CNG. Autobusy hybrydowe wprowadzono do eksploatacji na początku 2016 roku. W uzgodnieniu z MZDiT, skierowano do obsługi linii komunikacyjnych: 10, 11, 12, 13, 16, 19, 24, 28, 29 i 31. Na pozostałych liniach autobusy pojawiały się sporadycznie, przeważnie w ramach rezerwy za planowy autobus, który uległ awarii. Eksploatacja autobusów hybrydowych została wstrzymana w kwietniu 2017 r. po pożarze jednego z pojazdów, i upadłości producenta autobusów. Aktualnie wraz z producentem autobusów AUTOSAN. Prowadzone są prace nad modernizacją autobusów hybrydowych, umożliwiającą ich powrót do pracy przewozowej¹¹.

Ponieważ w świetle art. 36 ustawy o elektromobilności w analizie uwzględnić należy pojazdy faktycznie użytkowane oraz docelową liczebność floty pojazdów dalszych obliczeń przyjęto stan taboru na liczbę 150 pojazdów.

¹¹<https://www.transport-publiczny.pl/wiadomosci/czestochowa-autosan-naprawia-hybrydy-po-solbusie-63608.html>



Ad. 2 Przystanki węzłowe i końcowe

Na analizowanym obszarze transportowym można wyróżnić 45 przystanki krańcowe/początkowe. Najwięcej linii obsługuje Przystanek Piłsudskiego (8 linii), Dworzec Główny PKP (6 linii), Raków – Dworzec PKP (5 linii) oraz Kukuczki i Kusięcka KSSE (po 4 linie).

Przystanek Piłsudskiego, choć stanowi najbardziej rozwinięty węzeł komunikacyjny, obsługujący aż 8 linii autobusowych, posiada charakter jedynie przelotowy, co uniemożliwia ładowanie autobusów z napędem elektrycznym pantografowymi stacjami ładowania z uwagi na zbyt krótki okres postojowy. W przypadku Dworca PKS, pełni on funkcję pętli wyłącznie dla jednej linii autobusowej. Możliwość rozwoju sieci autobusów z napędem elektrycznym bez konieczności zmiany układu komunikacyjnego miasta możliwa jest przy wykorzystaniu wyłącznie istniejących pętli autobusowych, które z powodzeniem mogą spełniać rolę punktów ładowania. W takim zawężonym kryterium obsługą największej ilości linii charakteryzują się przystanek Raków – Dworzec PKP (5 linii) oraz przystanek Kukuczki (4 linie autobusowe), ponadto ze względu na strategiczną lokalizację w układzie komunikacyjnym Częstochowy jako lokalizację kwalifikującą się do objęcia infrastrukturą szybkiego ładowania autobusów elektrycznych przewiduje się przystanek Stradom – Dworzec PKP. Wskazane przystanki posiadają pętle autobusowe na których odbywają się postoje techniczne autobusów. Poniższy schemat wskazuje potencjalną lokalizację punktów pantografowych stacji ładowania autobusów komunikacji miejskiej na tle układu linii autobusowych.

Rysunek 3 Przykładowa lokalizacja pantografowych stacji ładowania

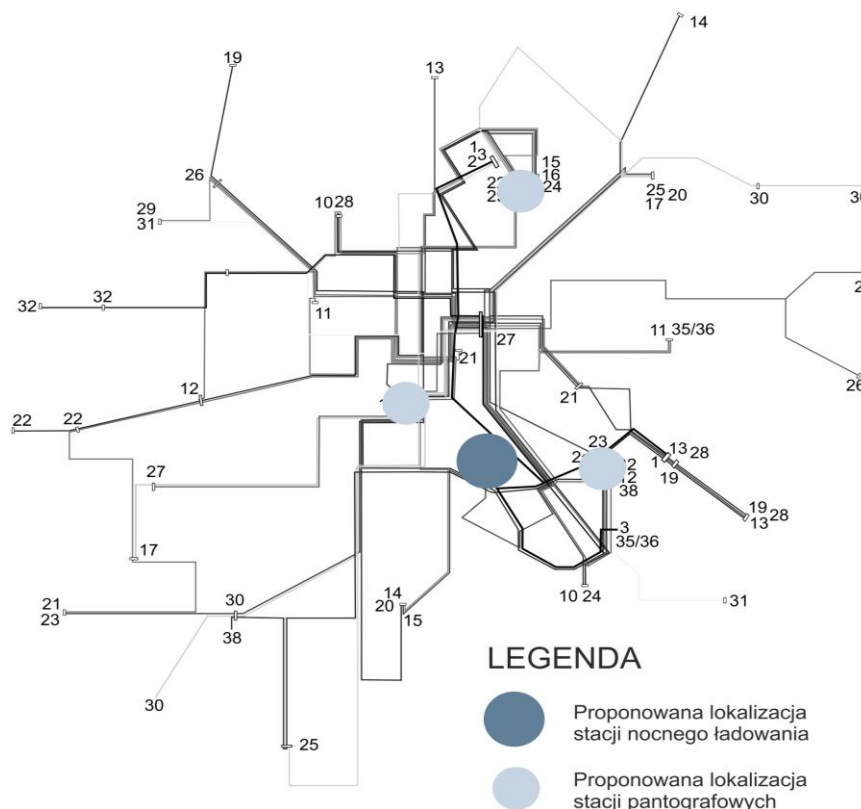


Tabela 3 Krańcowe/początkowe przystanki autobusowe wraz z obsługiwanyimi liniami

Lp.	Nazwa przystanku	Ilość obsługiwanych linii	Nr Linii
1	Batalionów Chłopskich	2	18, 30
2	Błeszno	1	10
3	Brzeziny	3	14, 20, 25
4	Bursztynowa	1	26
5	Cmentarz Komunalny	2	29, 31
6	Cmentarz Św. Rocha	1	11
7	Dworzec Główny PKP	6	18, 69, 81, 82, 83, 84
8	Dworzec PKS	1	23
9	Dźbów	2	38, 81
10	Gnaszyn - Dospel	1	34
11	Gnaszyn - Dworzec PKP	2	12, 22
12	Gombrowicza	2	22, 29
13	Grabówka	1	26
14	Hektarowa	1	18
15	Huta - Wydział Transportu	2	13, 28
16	Jaskrów - Wille	1	30
17	Jesienna	1	24
18	Kawodrza Górna	1	17
19	Kiedrzyn	1	13
20	Korkowa	3	14, 15, 20
21	Kręciwilk	1	31
22	KSSE Skorki	2	21, 23
23	Kucelin Huta	3	13, 19, 28
24	Kukuczki	4	15, 16, 24, 80
25	Kusięcka - KSSE	4	11, 27, 35, 36
26	Legionów	3	11, 35, 36
27	Łojki	1	22
28	Malownicza	1	25
29	Mirów - Pegaz	1	26
30	Olsztyńska	1	21
31	Parkitka - Szpital	2	10, 28
32	Piłsudskiego	8	33, 53, 57, 58, 59, 65, 67, 68
33	Przyjemna	1	33
34	Raków - Dworzec PKP	5	12, 32, 34, 38, 80
35	Rejtana	1	23
36	Rząsawa	2	14, 82
37	Rząsawa - Dworzec PKP	1	14
38	Siedlec	1	26
39	Stara Gorzelnia	1	32
40	Stradom - Dworzec PKP	2	16, 27
41	Walcownia	3	13, 28, 19



Lp.	Nazwa przystanku	Ilość obsługiwanych linii	Nr Linii
42	Wąsosz	1	33
43	Wielkoborska	1	32
44	Wyczerpy - Osiedle	3	17, 20, 25
45	Żabiniec	1	19



V. MOŻLIWE SCENARIUSZE INWESTYCYJNE

Zgodnie z definicją zawartą w art. 2 pkt 1 ustawy o elektromobilności za autobus zeroemisyjny, uznać można autobus wykorzystujący do napędu:

- 1) energię elektryczną wytworzoną z wodoru w zainstalowanych w nim ogniwach paliwowych,
- 2) wyłącznie silnik, którego cykl pracy nie prowadzi do emisji gazów cieplarnianych (pojazd z napędem elektrycznym bateryjnym bądź sieciowym – trolejbus),

Definicja pojazdu zeroemisyjnego nie jest równoważna z definicją pojazdu z napędem alternatywnym, gdyż do pojazdów zasilanych paliwami alternatywnymi zgodnie z art. 1 pkt 11 ustawy o elektromobilności należą pojazdy wykorzystujące do napędu:

- 1) energię elektryczną,
- 2) wodór,
- 3) biopaliwa ciekłe,
- 4) paliwa syntetyczne i parafinowe,
- 5) sprężony gaz ziemny (CNG), w tym pochodzący z biometanu,
- 6) skroplony gaz ziemny (LNG), w tym pochodzący z biometanu,
- 7) gaz płynny (LPG);

Zasadniczo zamierzeniem ustawodawcy jest dążenie do zwiększenia udziału pojazdów zeroemisyjnych w miejskich taborach autobusowych, jednakże mając na uwadze wysokie koszty takiej transformacji i podjęte już przez liczne samorządy inwestycje z zakresu zakupu autobusów napędzanych gazem ziemnym, planuje się dopuszczenie do udziału w miksie taborowym pojazdów napędzanych gazem CNG oraz LNG¹².

Spełniając wymogi Ustawy, w ramach analizy odniesiono się zatem do możliwości modernizacji aktualnej floty pojazdami uznawanymi za spełniające wymogi art. 35-36 Ustawy o elektromobilności. Analizowane warianty inwestycyjne przedstawiają się zatem następująco:

- 1) **Wariant bazowy** – służy oszacowaniu kosztów świadczenia usług komunikacyjnych, z wykorzystaniem zmodernizowanego taboru o napędzie konwencjonalnym spełniającym wymogi normy EURO6. Wariant bazowy stanowi punkt odniesienia dla analiz pozostałych wariantów w zakresie porównania efektywności kosztowej, społecznej i środowiskowej.

¹² https://biznes.gazetaprawna.pl/artykuly/1276473,elektromobilnosc-rusza-ale-wspomagana-gazem.html?fbclid=IwAR2vqIUh9AfzVSgId5H-A2N6__0Pm4D2av89yNSNAj4x5rSjBUli029JCW8



- 2) **Wariant I – tabor zasilany energią elektryczną** – wariant realizacji wymogów ustawy o elektromobilności, z wykorzystaniem autobusów z napędem elektrycznym, dla których zasilanie zapewniają pokładowe magazyny bateryjne.
- 3) **Wariant II – tabor zasilany sprężonym gazem ziemnym (CNG)** - wariant realizacji wymogów ustawy o elektromobilności, z wykorzystaniem autobusów zasilanych sprężonym gazem ziemnym.
- 4) **Wariant III – tabor zasilany paliwem wodorowym** – wariant realizacji wymogów ustawy o elektromobilności, z wykorzystaniem autobusów z napędem wodorowym.

W każdym z analizowanych wariantów aktualna flota przewozowa zostałaby uzupełniona o autobusy w zakresie spełniającym minima ustawowe, a więc zgodnie z tabelą:

Tabela 4 Planowany udział zmodernizowanych pojazdów w całkowitym taborze miejskim

Termin	Wymagany udział pojazdów zeroemisyjnych we flocie	Liczba pojazdów we flocie	Liczba pojazdów zeroemisyjnych	Faktyczny udział pojazdów zeroemisyjnych we flocie
1 stycznia 2021	5%	150	15	10%
1 stycznia 2023	10%	150	15	10%
1 stycznia 2025	20%	150	30	20%
1 stycznia 2028	30%	150	45	30%

Przedstawione powyżej warianty poddano analizie w następujących ujęciach:

- **kryterium techniczne** – odpowiadające na pytanie, czy wariant jest technicznie możliwy do realizacji i wdrożenia w systemie komunikacyjnym Miasta Częstochowa. Na etapie tym warianty nie są oceniane pod względem finansowym, a badana jest ich wykonalność w horyzoncie czasowym Analizy.
- **kryterium finansowe** – oceniające zasadność finansową analizowanych wariantów z perspektywy całkowitych kosztów inwestycyjnych oraz eksploatacyjnych w przyjętym okresie żywotności pojazdów.
- **kryterium środowiskowe** – porównujące skutki ekologiczne poszczególnych wariantów w odniesieniu do emisji zanieczyszczeń, pyłów oraz emisji dwutlenku węgla.
- **kryterium społeczne** – poddające ocenie skutki inwestycji z perspektywy społecznej - mieszkańców oraz użytkowników komunikacji. W szczególności w zakresie obciążenia hałasem związanym z przemieszczaniem się pojazdów komunikacji miejskiej oraz emisji zanieczyszczeń.



Kryterium techniczne ma charakter rozstrzygający tj. w przypadku braku możliwości technicznej realizacji analizowanego wariantu, dalszej analizy nie przeprowadza się z uwagi na jej bezcelowość – dla inwestycji, która nie jest technicznie możliwa nie jest możliwe oszacowanie kosztów, bądź efektów jej realizacji. Pozostałe kryteria mają charakter ocenny, co oznacza, że ostateczna rekomendacja jest wypadkową wszystkich analizowanych kryteriów, a nie wyłącznie jednego wybranego czynnika – czy to ekonomicznego, czy środowiskowego.



VI. ANALIZA TECHNICZNA

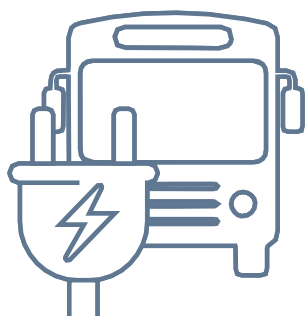
Dokonując oceny wytypowanych wariantów inwestycyjnych z perspektywy technicznej, uwzględniono następujące uwarunkowania:

- 1) Aktualny stan wiedzy oraz dostępne na rynku rozwiązania techniczne;
- 2) Uwarunkowania lokalne;

Ad. 1 Dostępne rozwiązania techniczne

Wariant bazowy opracowania to wymiana obecnych autobusów na nowe pojazdy o napędzie konwencjonalnym (silnik wysokoprężny zasilany olejem napędowym) spełniające normę spalin EURO6. Wariant ten stanowi punkt odniesienia dla pozostałych wariantów. Norma EURO6 ma charakter obligatoryjny dla wszystkich pojazdów użytkowych wyprodukowanych po 2013 roku (Norma weszła w życie końcem 2013 r. z mocy Rozporządzenia Komisji (UE) nr 459/2012). Średnie spalanie autobusu klasy MAXI w normie EURO6 w cyklu miejskim wedle danych deklarowanych przez producentów kształtuje się na poziomie 33-34 l/100km, natomiast autobusu klasy MEGA 40-45 l/100km¹³. Przy cenie 4,25 zł/litr brutto oleju napędowego, koszt przejechania 100 km (wyłącznie w zakresie kosztów paliwa) autobusem klasy MAXI wynosi 140,25 zł, a autobusem klasy mega 170,00 zł. Przy standardowym zbiorniku paliwa o pojemności 250 l zasięg autobusu może kształtować się na poziomie do 750 km. Zaznaczyć należy jednakże, że są to wartości niższe, niż średnie spalanie we flocie MPK w Częstochowie, które wynosi 39,63 l/ 100 km. Do dalszych obliczeń przyjęto zatem wyniki realnej eksploatacji.

Wykorzystanie autobusów z napędem konwencjonalnym nie wiąże się z koniecznością ponoszenia dodatkowych inwestycji infrastrukturalnych. W zakresie zaopatrzenia w paliwo autobusy mogą korzystać bowiem z istniejącej na terenie miasta infrastruktury stacji paliw, w szczególności w zajezdni.



Pierwszym wariantem alternatywnym jest wybór taboru napędzanego energią elektryczną z baterii akumulatorowych. Autobusy elektryczne dostępne są w wariantach hybrydowym (z dodatkowym silnikiem spalinowym) oraz w wariantach całkowicie elektrycznym. Autobusy hybrydowe, w tym flota pojazdów hybrydowych będących w zasobie komunikacyjnym MPK w Częstochowie (40 autobusów) nie spełniają jednak definicji pojazdu zeroemisyjnego, który zgodnie z ustawą jest napędzany wyłącznie przez silnik, którego cykl pracy nie prowadzi do emisji gazów cieplarnianych, tym samym ich zakup/eksploatacja nie będzie rozpatrywana w ramach analizy.

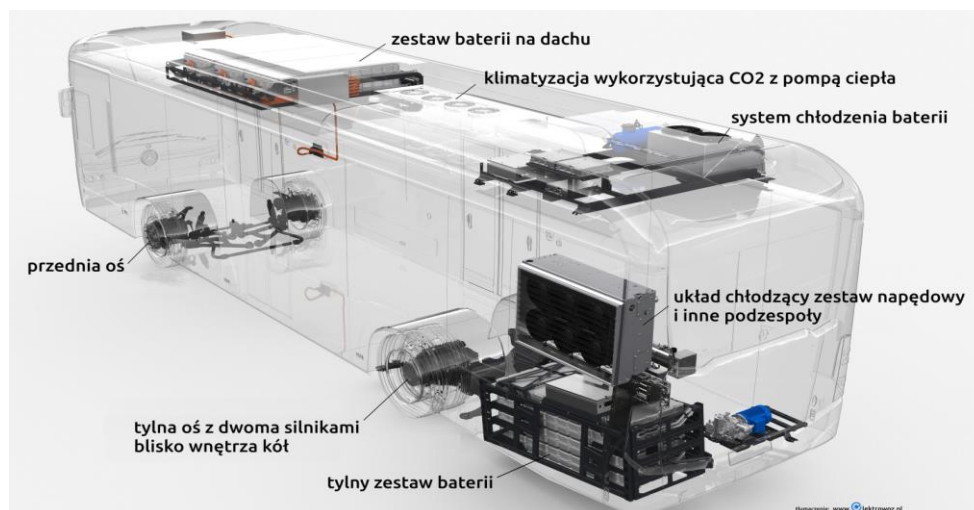
¹³<http://www.truckauto.pl/wp-content/uploads/2014/06/8.pdf>



Autobusy z napędem elektrycznym charakteryzują się niskim poziomem hałasu, drgań i brakiem emisji spalin, tym samym zyskując dużą popularność zarówno w krajach europejskich jak i w Polsce.

Autobusy elektryczne obsługują linie komunikacyjne m.in. na terenie Krakowa, Warszawy, Jaworzna, czy Ostrołęki¹⁴. Tym samym dostępne są już liczne dane, wynikające z faktycznej eksploatacji pojazdów w zróżnicowanych warunkach.

Za napęd autobusu elektrycznego odpowiadają silniki indukcyjne montowane na poszczególnych osiach. Zasilane są energią elektryczną z akumulatorów zlokalizowanych na dachu oraz w tylnej przestrzeni pojazdu. Dostępne na rynku rozwiązania techniczne pozwalają na zmagazynowanie (przy pełnym naładowaniu) od 200 do 250 kWh. Jak wskazują dane zebrane przez Miejskie Zakłady Autobusowe Sp. z o.o. w Warszawie, zużycie energii w eksploatacji na trącję wynosi 1,03 kWh/km¹⁵, uwzględniając jednakże wykorzystanie energii na zasilanie pozostałych podzespołów (w szczególności klimatyzacji i ogrzewania) faktyczne zużycie energii w autobusach elektrycznych klasy MAXI wynosi 1,1 - 1,35 kWh/km¹⁶, co przy koszcie 1 kWh energii elektrycznej wynoszącym ok. 0,397 zł/kWh brutto, daje koszt (wyłącznie w zakresie kosztów energii) ok. 44 zł/100 km. Do kosztów energii konieczne będzie jednak doliczenie opłat za moc przyłączeniową stacji ładowania, które zgodnie z aktualnymi taryfami dystrybucyjnymi wynoszą 8400 zł/MW/m-c. Realny zasięg autobusów elektrycznych przy pełnym naładowaniu baterii szacować należy na 150-200 km.



Rysunek 4 Schemat budowy autobusu elektrycznego, źródło: <https://elektrowoz.pl/wp-content/uploads/2018/07/Schemat-budowy-elektrycznego-autobusu-eCitaro.jpg>

¹⁴<https://kurierkolejowy.eu/aktualnosc/31984/autobusy-elektryczne-wkraczaja-do-polskich-miast.html>

¹⁵http://www.miastoitransport.il.pw.edu.pl/4_MIT2016.pdf

¹⁶http://samochodyelektryczne.org/mza_podsumowuje_pierwsze_dwa_miesiace_uzytkownia_floty_a_utobusow_elektrycznych.htm



Sposób funkcjonowania i wykorzystywania autobusów elektrycznych w systemie transportu miejskiego, determinowany jest przez dostępny w danych okolicznościach sposób ładowania. Aktualny stan wiedzy technicznej pozwala wyróżnić trzy systemy ładowania:

- 1) ładowanie nocne w czasie postoju pojazdu na terenie zajezdni – ładowanie za pośrednictwem złącza wtykowego (kabel z ustandaryzowanym wtykiem podłączonym do stacji ładowania);
- 2) ładowanie na pętlach końcowych w trakcie postoju – ładowanie za pośrednictwem stacji pantografowych do złącz montowanych na dachu autobusu;
- 3) krótkotrwałe doładowywanie autobusów podczas postoju na wybranych przystankach – ładowanie za pośrednictwem pętli indukcyjnych poprzez złącza montowane pod podwoziem autobusu (analogicznie do systemu pantografowego) – system narażony jest jednak na oddziaływanie warunków atmosferycznych – opady śniegu bądź deszczu i nie znalazł jak dotąd zastosowania w warunkach polskich.

Czas ładowania pojazdów elektrycznych uzależniony jest od mocy stacji ładowania która powinna wynosić od 22 kW dla systemów ładowania nocnego (z czasem pełnego ładowania wynoszącym ok. 8- 10 h) oraz od 200 kW dla systemów ładowania pantografowego bądź indukcyjnego (za czasem pełnego ładowania wynoszącym ok. 1 h, co przy krótkotrwałym doładowaniu w czasie postoju wynoszącym 15 minut pozwoli wydłużyć przebieg pojazdu o ok. 35-40 km).

Wyłączenia autobusu z ruchu na czas doładowania tj. około 10 - 15 min, należy uwzględnić przy planowaniu rozkładu jazdy, odpowiednio wydłużając czasu postoju autobusów na przystankach końcowych lub pętlach.



Rysunek 5 Pantografowa stacja ładowania autobusów elektrycznych w Jaworznie, źródło: https://www.transport-publiczny.pl/img/jaworznostacja1.jpg_678-443.jpg

Koszt budowy stacji ładowania zlokalizowanej w zajezdni autobusowej (ładowanie za pośrednictwem złącza wtykowego) o mocy 22 kW to koszt ok. 20 000 zł, dla stacji o mocy 50 – 100 kW to koszt ok. 100 000 zł, natomiast stacji pantografowej – 500 000 zł, przy założeniu, iż nie jest wymagana budowa stacji transformatorowej. W przypadku takiej konieczności, łączną inwestycję w stację ładowania pantografowego należy szacować na 1 mln zł. Trwają również prace nad rozwinięciem technologii PowerSwap, która na pętlach postojowych bądź w zajezdni umożliwiałaby szybką wymianę baterii rozładowanych na naładowane. Autobus z naładowanymi bateriami w ciągu kilku minut poświęconych na wymianę mógłby ruszać na trasę, natomiast baterie trafiły by do stacji ładowania¹⁷. Na dzień sporządzania analizy jednak żaden z producentów autobusów nie posiada w swojej ofercie pojazdów wyposażonych w taką funkcjonalność. Brak również informacji, o ewentualnym komercyjnym wprowadzeniu w życie mechanizmu szybkiej wymiany baterii.

W ramach eksploatacji autobusów elektrycznych uwzględnić należy wymianę zużytych baterii, co stanowi dodatkowy koszt 800 000 zł¹⁸. Koszt zakupu samego autobusu klasy maxi to ok. 2,5 mln zł.

Przy analizie wdrożenia do taboru pojazdów elektrycznych przyjęto deklarowane parametry eksploatacyjne oraz koszty deklarowane w ramach prowadzonego postępowania na długoterminowy wynajem pojazdów elektrycznych¹⁹. Całkowity koszt najmu autobusów za okres 7 lat wraz ze stacjami ich ładowania wynosić ma 48,761 mln zł brutto. Szacunkowe zużycie energii w autobusach przyjęto na poziomie 1,20 kWh/km.

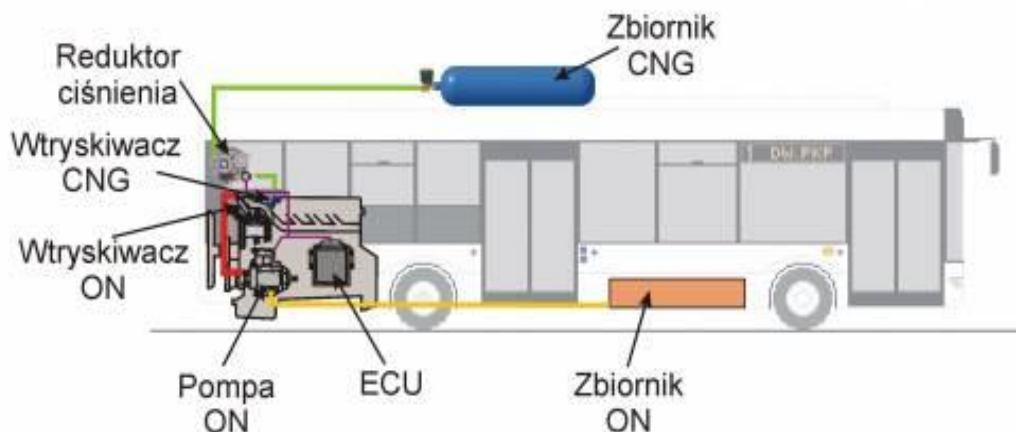


Drugim wariantem alternatywnym jest zakup autobusów zasilanych sprężonym gazem ziemnym (CNG). Wartość energetyczna 1 m³ CNG jest niższa niż 1 litra oleju napędowego, co oznacza że choć CNG może być wykorzystywane jako wysokooktanowe paliwo w silnikach spalinowych, bądź w układzie hybrydowym (modyfikacja istniejącego w pojeździe silnika spalinowego) bądź jako dedykowana jednostka napędowa, to realne spalanie paliwa jest wyższe niż w pojazdach zasilanych paliwem konwencjonalnym.

¹⁷<http://elektrowoz.pl/transport/szwedzki-powerswap-chce-wymieniac-baterie-na-stacjach-benzynowych/>

¹⁸<https://www.transport-publiczny.pl/wiadomosci/mpk-tarnow-przetestowalo-elektrobus-i-wyliczawady-takiego-pojazdu-59229.html>

¹⁹ <https://www.transport-publiczny.pl/wiadomosci/czestochowa-tylko-autosan-zainteresowany-najmem-elektrobusow-i-ladowarek-63853.html>



Rysunek 6 Autobus z napędem hybrydowym ON i CNG, źródło: <https://cng-Ing.pl/wiadomosci/Wspolpraca-z-gazem-w-tle,wiadomosc,374.htm>

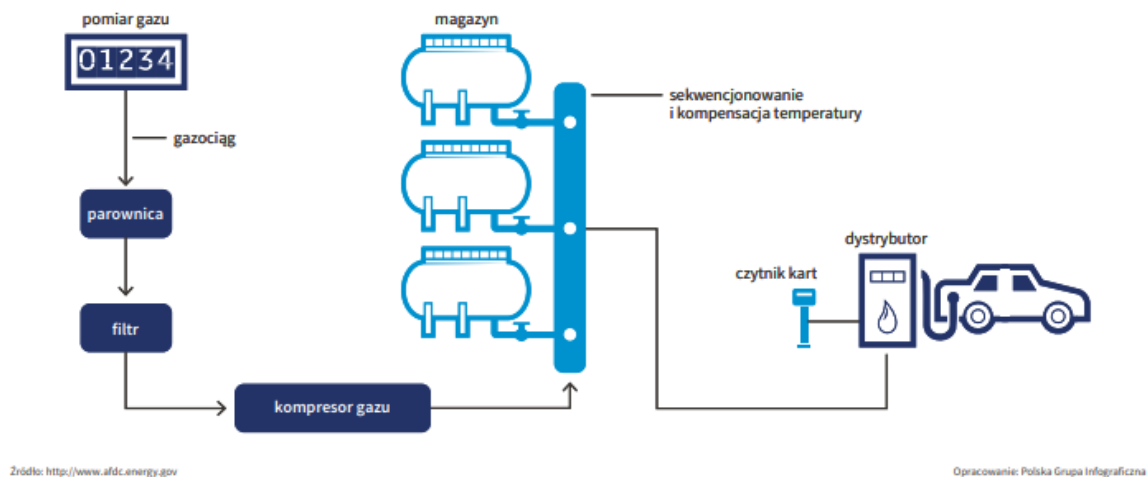
Sprężanie gazu ziemnego w stacji tankowania odbywa się za pomocą wielostopniowych sprężarek do ciśnienia 20-35 MPa. Gaz może być dostarczany do nich za pomocą tradycyjnych sieci dystrybucji surowca, co minimalizuje koszty logistyki (paliwo nie musi być dostarczane do stacji cysternami) i magazynowania (dzięki stałemu podłączeniu do sieci gazowej nie jest konieczna budowa dużych magazynów paliwa bezpośrednio na stacji tankowania).

CNG jest niskoemisyjnym paliwem, które stanowi alternatywę dla konwencjonalnych paliw samochodowych.

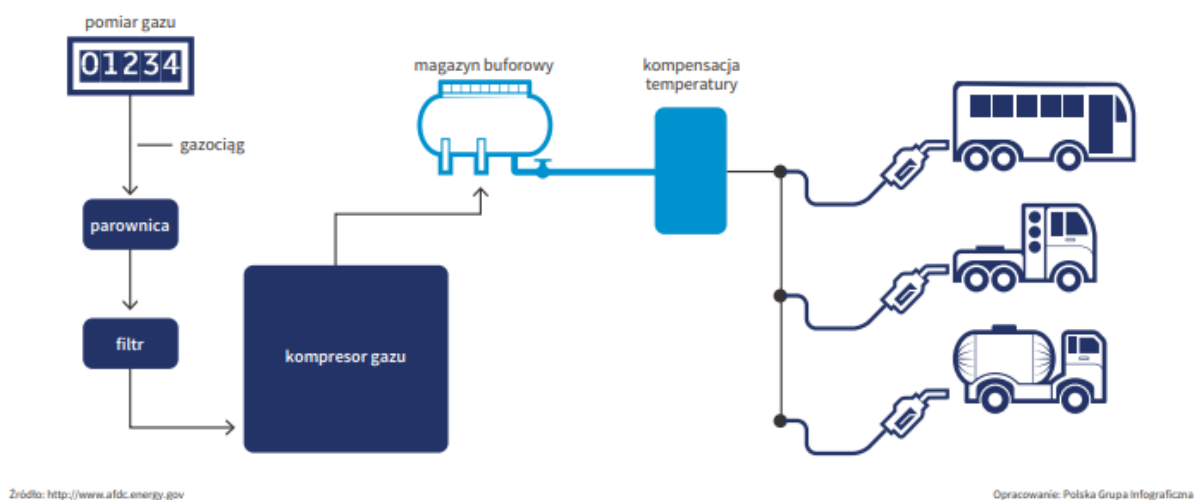
Wadą zastosowania CNG jest relatywnie długi czas tankowania zajmujący nawet do kilku godzin w stacji wolnego ładowania. W stacji szybkiego ładowania, kluczową rolę pełni kompresor gazu podnoszący ciśnienie gazu, w przedziale 20–35MPa. Wpływ na wydajność danego modelu kompresora ma model silnika napędowego i ciśnienie zasilania. Kompresor napędzany silnikiem o mocy 37kW przy ciśnieniu zasilania 0,02 Mpa może osiągnąć wydajność wtłaczania gazu na poziomie 75Nm³/h, a napędzany silnikiem 75kW przy tym samym ciśnieniu zasilania osiąga wydajność 193 Nm³/h. Przy zwiększonym ciśnieniu zasilania z 0,02 Mpa do 0,1 Mpa, możliwe jest zwiększenie wydajności wtłaczania gazu do 283 Nm³/h gazu.

Standardowe zbiorniki gazu w autobusach posiadają pojemność 250-320 Nm³. Tym samym w przypadku stacji szybkiego tankowania CNG, czas całkowitego zbiornika gazu wynosiłby do 60 minut. Realnie jednak sytuacja w której zbiornik gazu przed przystąpieniem do procesu tankowania byłby całkowicie opróżniony jest w zasadzie niespotykana.





Rysunek 7 Schemat "wolnej" stacji tankowania CNG, źródło: www.afdc.energy.gov



Rysunek 8 Schemat "szybkiej" stacji tankowania CNG, źródło: www.afdc.energy.gov

Wartość energetyczna 1 m³ CNG jest niższa niż 1 litra oleju napędowego, co jak pokazuje faktyczna eksploatacja pojazdów wykorzystywanych przez MPK Częstochowa wskazuje na średnie zużycie gazu wynoszące 61,66 Nm³ CNG/100km. Aktualna cena gazu ziemnego na stacjach PGNiG wynosi 3,18 zł²⁰. Cena ta (względem pierwotnej wersji analizy z 2018 r.) obniżyła się z 3,90 zł, dzięki zwolnieniu z akcyzy, które wprowadziła przyjęta 1 czerwca 2018 r. nowelizacja o podatku akcyzowym²¹. Przy obniżonej cenie gazu koszt przejechania 100 km (wyłącznie w zakresie kosztów paliwa) autobusem klasy MAXI wynosiłby

²⁰ <http://pgnig.pl/cng/cennik-cng>

²¹ <https://cng.auto.pl/15554/zerowa-stawka-akcyzy-na-gaz-ziemny-cng-i-Ing-od-1-czerwca-2018-r/>

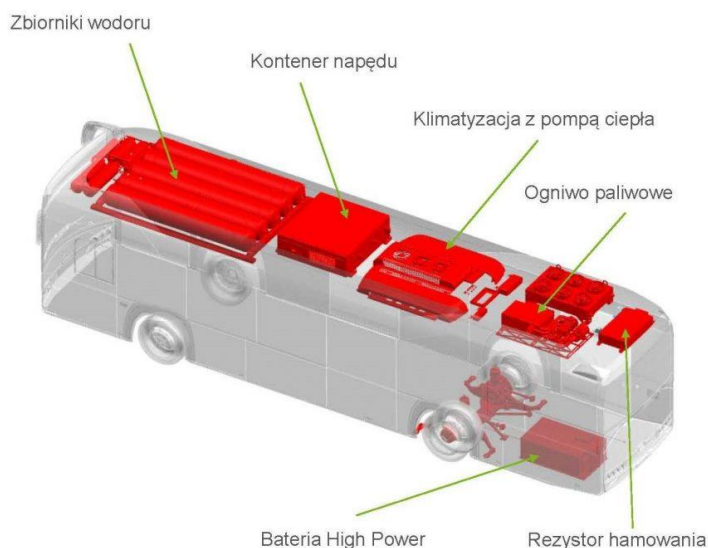


196,08 zł (przy spalaniu 58 Nm³ CNG/100km). Przy standardowym zbiorniku paliwa o pojemności 250 Nm³ zasięg autobusu może kształtować się na poziomie do 750 km.



Trzecim wariantem alternatywnym jest wybór taboru napędzanego paliwem wodorowym. Choć na dzień sporządzania analizy na polskich drogach (za wyjątkiem projektów badawczych bądź testowych) nie kursują regularne linie autobusów z napędem wodorowym, to istnieją na rynku sprawdzone rozwiązania techniczne stosowane w krajach ościennych. Kilkadziesiąt pojazdów Van Hool A330 FC klasy MAXI, kursuje po ulicach Kolonii i Hamburga. Zasięg tych pojazdów wynosi 350 km, a zużycie wodoru wynosi 8 kg/100 km. Za przeniesienie energii na koła odpowiada silnik elektryczny o mocy 210 kW.

łącznie na europejskich drogach kursuje już ponad 50 autobusów wodorowych tej marki²². Plan wdrożenia do produkcji autobusów wodorowych ogłosili również polscy producenci – Ursus (model Ursus City Smile CS12H) oraz Solaris (model Solaris Urbino 12 Hydrogen). Oba w klasie MAXI, z zasięgiem teoretycznym wynoszącym 350 km. Pod względem funkcjonalnym autobusy wodorowe nie różnią się od swoich elektrycznych odpowiedników. Różnica sprowadza się jedynie do zasobnika energii – zamiast baterii, posiadają one zbiornik wodoru.



Rysunek 9 Autobus wodorowy Solaris Urbino 12 Hydrogen, źródło: Solaris Bus&Coach

Zakup autobusów z napędem wodorowym, jest więc możliwy, jednakże, aktualnie na terenie kraju brak jakiegokolwiek infrastruktury tankowania pojazdów wodorowych. W przypadku wprowadzenia

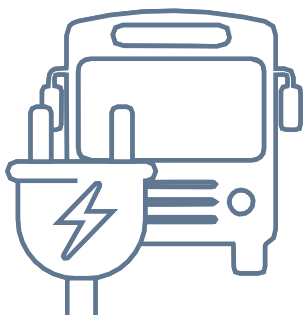
²² http://infobus.pl/autobusy-wodorowe-w-praktyce-niemcy-film-_more_106351.html



autobusów wodorowych do komunikacji miejskiej, konieczne byłoby przeprowadzenie inwestycji nie tylko w sam tabor, ale również w stację tankowania wodoru oraz kontraktację samego paliwa od zewnętrznych dostawców.

Zakup autobusów z napędem wodorowym jest więc możliwy, jednakże aktualnie na terenie Polski brak jakiegokolwiek infrastruktury tankowania pojazdów wodorowych (choć są pierwsze plany utworzenia stacji tankowania wodoru²³). Rynkowa cena wodoru wynosi 9,50 Euro, tj. ok 40-45 zł za kg. Autobus komunikacji miejskiej zużywa ok. 8 kg wodoru na 100 km²⁴, a więc koszt przejechania 100 km wynosiłby aktualnie aż 320 zł. Oprócz kosztu zakupu autobusu wynoszącego ok. 4 mln zł, trzeba mieć na względzie również koszt budowy stacji tankowania wodorem, której koszt szacować należy na kwotę 4-6 mln zł.

Ad. 2 Uwarunkowania lokalne



MPK w Częstochowie, posiada zajezdnię autobusową zlokalizowaną w Częstochowie przy Alei Niepodległości 30 wyposażoną w zaplecze warsztatowe, nowoczesną halę postojową oraz stację tankowania CNG. Aktualnie MPK w Częstochowie pełni rolę operatora na wszystkich liniach dla których organizatorem przewozów jest MZDiT w Częstochowie.

Ma to szczególnie istotne znaczenie z perspektywy analizowanych wariantów alternatywnych: gazowego, wodorowego oraz elektrycznego, w których oprócz zakupu autobusów konieczne jest stworzenie odpowiedniej infrastruktury ładowania/tankowania.

Dla wariantu zakupu autobusów elektrycznych, montaż stacji nocnego ładowania możliwy jest na terenie zajezdni przy Alei Niepodległości. Dla każdego z autobusów elektrycznych, należałoby przewidzieć odrębne gniazdo ładowania, celem równoczesnego ładowania wszystkich pojazdów w godzinach nocnego postoju.

²³ https://www.lotos.pl/322/n,4845/wodor_na_stacjach_lotosu_od_2021

²⁴ http://infobus.pl/autobusy-wodorowe-w-praktyce-niemcy-film-_more_106351.html

Rysunek 10 Hala postojowa zajezdni autobusowej MPK w Częstochowie



Z uwagi jednak na ograniczony zasięg autobusów, konieczne jest uzupełnienie systemu ładowania nocnego, pantografowymi stacjami ładowania. Potencjalną ich lokalizacją, zgodnie z analizą przeprowadzoną w rozdziale III, stanowią trzy przystanki węzłowe: pętla przy dworcu PKP w Rakowie (przystanek Raków – Dworzec PKP), pętla przy ul. Jerzego Kukuczki (przystanek Kukuczki) oraz pętla przy przystanku Stradom – Dworzec PKP.



Rysunek 11 Pętla autobusowa przy Dworcu PKP w Rakowie



Rysunek 12 Potencjalna lokalizacja stacji pantografowej przy pętli autobusowej – Raków Dworzec PKP



Rysunek 13 Pętla autobusowa – Kukuczki



Rysunek 14 Potencjalna lokalizacja stacji pantografowej – Kukuczki



Rysunek 15 Pętla autobusowa przy przystanku Stradom - Dworzec PKP



Rysunek 16 Potencjalna lokalizacja stacji pantografowej – Stradom - Dworzec PKP

Pantografowa stacja ładowania pojazdów elektrycznych nie jest urządzeniem o dużych gabarytach. Instalacja posiada (w zależności od producenta) około 5 metrów wysokości, zajmuje przy podstawie około 2-3 m², a jej eksploatacja przebiega w zasadzie w sposób bezobsługowy. Warunkiem koniecznym inwestycji jest jednak zapewnienie przyłącza energetycznego na średnim napięciu wraz z możliwością podpięcia do stacji transformatorowej.

Czas doładowania baterii przez stację pantografową wynosić powinien przynajmniej 15 minut (energia dostarczona w tym czasie powinna wystarczyć na dodatkowe 45 km jazdy autobusu). Wymaga to przeanalizowania rozkładów jazdy pod kątem zmienionych (wydłużonych prędkości przejazdu).

Z pętli autobusowych wskazanych jako potencjalne lokalizacje stacji pantografowych swój przystanek początkowy lub końcowy mają następujące linie autobusowe:

- Raków – Dworzec PKP: 12, 32, 34, 38, 80;
- Kukuczki: 15, 16, 24, 80;
- Stradom – Dworzec PKP: 16, 27.

Powyższe linie przeanalizowano pod kątem charakterystyki i możliwości obsłużenia autobusami elektrycznymi. Analizę oparto bazując na prędkościach technicznych przejazdów oraz obowiązujących rozkładach jazdy. W analizie nie przeprowadzono pełnej analizy prędkości eksploatacyjnych pojazdu oraz rozkładu jazdy kierowców (brygad). Sformułowane poniżej wnioski mają zatem charakter wyłącznie



rekomendacyjny – przed wydzieleniem linii do obsługi pojazdami z napędem elektrycznym, konieczne będzie bowiem przeprowadzenie pogłębionej analizy uwzględniającej:

- Wydłużenie czasu postojów na pętlach, przeznaczonych na ładowanie baterii przez stacje pantografowe;
- Wydłużenie czasu pracy brygad o dodatkowe postoje;
- Możliwość zmian w układzie komunikacyjnym.

Powyższe skutkować może obniżeniem prędkości eksploatacyjnych, a tym samym koniecznością przydzielenia do obsługi połączeń komunikacyjnych dodatkowych brygad, bądź pojazdów celem utrzymania obecnej częstotliwości odjazdów.

- 1) Linia nr 12 – Długość linii wynosi 19 km o częściowym przebiegu przez obszar centrum miasta, a częściowo, przez obszar peryferyjny. Czas przejazdu przez linię wynosi 52 minuty. Aktualna prędkość techniczna linii wynosi 21,9 km/h. Częstotliwość kursowania linii wynosi 30 min w godzinach dziennych.
- 2) Linia nr 15 – Linia miejska o długości 14,1 km. Czas przejazdu przez linię wynosi 39 minut. Aktualna prędkość techniczna linii wynosi 21,7 km/h. Częstotliwość kursowania linii wynosi 30 min w godzinach dziennych i 60 minut w godzinach wieczornych (od godziny 19 do 22).
- 3) Linia nr 16 – Linia miejska o długości 11,1 km. Czas przejazdu przez linię wynosi 35 minut. Aktualna prędkość techniczna linii wynosi 19 km/h. Częstotliwość kursowania linii wynosi 30 min.
- 4) Linia nr 24 – Linia miejska o długości 14,5 km. Czas przejazdu przez linię wynosi 39 minut. Aktualna prędkość techniczna linii wynosi 22,3 km/h. Częstotliwość kursowania linii wynosi 15 min w godzinach dziennych i 30 minut w godzinach wieczornych (od godziny 20 do 22 oraz od godziny 4 do 5 rano).
- 5) Linia nr 27 - Linia miejska o długości 8,3 km. Czas przejazdu przez linię wynosi 24 minuty. Aktualna prędkość techniczna linii wynosi 20,8 km/h. Częstotliwość kursowania linii wynosi 30 minut od poniedziałku do piątku, po godzinie 18 i w godzinach około południowych co 60 minut, w niedziele linia kursuje co około 80 minut.
- 6) Linia nr 32 – Linia miejska o długości 15,8 km. Czas przejazdu przez linię wynosi 40 minut. Aktualna prędkość techniczna linii wynosi 23,7 km/h. Częstotliwość kursowania linii wynosi 60 minut i więcej.
- 7) Linia nr 34 – Linia miejska o długości 18,6 km. Czas przejazdu przez linię wynosi 56 minut. Aktualna prędkość techniczna linii wynosi 19,9 km/h. Częstotliwość kursowania linii wynosi 30 min.



- 8) Linia nr 38 – Linia miejska o długości 15,4 km. Czas przejazdu przez linię wynosi 34 minuty. Aktualna prędkość techniczna linii wynosi 27,1 km/h. Częstotliwość kursowania linii wynosi 60 min.
- 9) Linia nr 80 – Linia miejska o długości 15,8 km. Czas przejazdu przez linię wynosi 34 minuty. Aktualna prędkość techniczna linii wynosi 27,8 km/h. Częstotliwość kursowania linii wynosi 30 min. Linia kursuje wyłącznie w godzinach nocnych (9 kursów w ciągu nocy).

Celem określenia czasu niezbędnego na doładowanie baterii, ilość doładowań w ciągu dnia, ilości energii w baterii oraz zużycia energii na trasie przejazdu, przy planowaniu zmian w rozkładzie, posłużyć się należy matrycą zamieszczoną poniżej. Skład się ona z następujących elementów:

- 1) Określenia stanu początkowego naładowania baterii oraz odległości dojazdowej od miejsca postoju do przystanku początkowego;
- 2) Zużycie energii w ramach przejazdu „TAM” i przejazdu „POWRÓT” w ramach narastających kursów w ciągu dnia;
- 3) Energię doładowaną z pantografowych stacji ładowania w czasie postojów między kursami

Wzór matrycy, z uzupełnionymi danymi dla linii nr 15 uwzględniającej doładowywanie baterii autobusów zamieszczono poniżej. Analiza została przeprowadzona w oparciu o układ linii komunikacyjnych według stanu na dzień 1 maja 2020 r., a jego zmiany, wpłynąć mogą na lokalne uwarunkowania stosowania autobusów zeroemisyjnych. W przypadku takiej ingerencji, organizator publicznego transportu zbiorowego będzie zobowiązany do uwzględniania wymogów logistycznych takiego taboru na etapie projektowania zmienionych tras i rozkładów jazdy.



Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej w Częstochowie autobusów zeroemisyjnych oraz innych środków transportu

Tabela 5 Matryca obsługi linii autobusem z zasilaniem bateryjnym

Zużycie energii	1,20	kWh/km
Wydajność ładowania baterii	3,00	kWh/min

Zdarzenie	Parametr	dojazd	Kolejne kursy										powrót	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Przejazd na przystanek końcowy	Odległość	5,00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Stan energii początkowy	200,00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Zmiana	6,00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Stan energii końcowy	194,00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Doładowanie na przystanku początkowym/końcowym	Czas ładowania	x	0,00	0,00	20,00	0,00	15,00	0,00	15,00	0,00	20,00	0,00	0,00	x
	Stan energii początkowy	x	194,00	160,16	126,32	152,48	118,64	129,80	95,96	107,12	73,28	99,44	x	
	Zmiana	x	0,00	0,00	60,00	0,00	45,00	0,00	45,00	0,00	60,00	0,00	x	
	Stan energii końcowy	x	194,00	160,16	186,32	152,48	163,64	129,80	140,96	107,12	133,28	99,44	x	
Przejazd "tam"	Odległość	x	14,10	14,10	14,10	14,10	14,10	14,10	14,10	14,10	14,10	14,10	14,10	x
	Stan energii początkowy	x	194,00	160,16	186,32	152,48	163,64	129,80	140,96	107,12	133,28	99,44	x	
	Zmiana	x	16,92	16,92	16,92	16,92	16,92	16,92	16,92	16,92	16,92	16,92	x	
	Stan energii końcowy	x	177,08	143,24	169,40	135,56	146,72	112,88	124,04	90,20	116,36	82,52	x	
Przejazd "powrót"	Odległość	x	14,10	14,10	14,10	14,10	14,10	14,10	14,10	14,10	14,10	14,10	x	
	Stan energii początkowy	x	177,08	143,24	169,40	135,56	146,72	112,88	124,04	90,20	116,36	82,52	x	
	Zmiana	x	16,92	16,92	16,92	16,92	16,92	16,92	16,92	16,92	16,92	16,92	x	
	Stan energii końcowy	x	160,16	126,32	152,48	118,64	129,80	95,96	107,12	73,28	99,44	65,60	x	
Powrót do zajezdni	Odległość	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	5,00	
	Stan energii początkowy	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	65,60	
	Zmiana	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	6,00	
	Stan energii końcowy	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	59,60	

Łącznie pokonany dystans	292,00	km
Zużyta energia	350,40	kWh
Doładowana energia	210,00	kWh





W przypadku drugiego wariantu alternatywnego, zasięg autobusów napędzanych paliwem CNG, porównywalny jest z zasięgiem autobusów z napędem konwencjonalnym, tym samym uzupełniające tankowanie pojazdów w czasie pracy przewozowej, nie jest konieczne. Jedynym ograniczeniem w stosunku do pojazdów spalających olej napędowy jest czas wtłaczania gazu do zbiorników. Standardowe zbiorniki gazu w autobusach posiadają pojemność od 250 Nm³ (dla autobusów klasy MAXI) do 320 Nm³ (dla autobusów klasy MEGA) i w przypadku stacji wolnego ładowania, czas tankowania pustego zbiornika może trwać nawet kilka godzin (stacje wolnego ładowania posiadają wydajność tłoczenia gazu wynoszącą od 3,4 Nm³/h do 60 Nm³/h). Na dzień sporządzania analizy na terenie Miasta Częstochowa istnieje czynna stacja tankowania CNG będąca własnością MPK w Częstochowie. Ze stacji tankowania CNG, korzystać mogą nie tylko miejskie autobusy ale również użytkownicy prywatni – właściciele samochodów osobowych oraz dostawczych zasilanych CNG.



W przypadku trzeciego wariantu alternatywnego, na potrzeby zasilania autobusów wodorowych konieczna byłaby budowa stacji tankowania pojazdów wodorowych, wyposażona w agregaty tankujące ciśnieniowe zbiorniki gazu (wodór w przeciwieństwie do gazu ziemnego do stacji tankowania jest przywożony przystosowanymi do tego przewozu cysternami).

Budowa stacji ładowania pojazdów wodorowych, w warunkach polskich jest przedsięwzięciem nie tylko znaczącym, ale również pionierskim – na terenie kraju nie funkcjonuje na dzień sporządzania analizy żadna stacja dystrybucyjna umożliwiająca tankowanie pojazdów wodorowych. Potencjalną lokalizacją dla stacji tankowania wodoru, podobnie jak w przypadku stacji CNG, mogłaby być stacja paliw przy Alei Niepodległości. Choć polscy producenci autobusów zapowiadają wdrożenie do produkcji pierwszych modelei z napędem wodorowym²⁵, a technologia budowy samych stacji funkcjonuje, choć nie w Polsce, to na terenie Unii Europejskiej, to jednak podstawową przeszkodą dla zakupu autobusów z napędem wodorowym, jest brak możliwości zakupu na terenie kraju paliwa wodorowego na cele transportowe. Na dzień sporządzania analizy nie znaleziono żadnych podmiotów zajmujących się sprzedażą, dystrybucją czy transportem wodoru na terenie kraju. Tym samym budowa własnej stacji tankowania wodoru nie rozwiązuje podstawowego problemu technicznego jakim jest zakup samego paliwa.

²⁵ <https://forsal.pl/artykuly/1142863,autobus-wodorowy-od-solarisa-w-2019-roku-premiera-pojazdu-nowej-generacji.html>



Wynik analizy technicznej

Przeprowadzona analiza techniczna wskazuje, że w przypadku inwestycji w tabor zeroemisyjny, oprócz nakładów związanych z zakupem samych autobusów, konieczna będzie rozbudowa infrastruktury związanej z budową stacji ładowania pojazdów elektrycznych. W modelu finansowania wdrożenia pojazdów do taboru poprzez najem długoterminowy, koszty takie zostały by włączone w łączną ratę najmu. W przypadku wykorzystania autobusów z napędem gazowym, stacji tankowania CNG znajduje się na terenie zajezdni MPK. Instalacja składa się między innymi z 10 stanowisk z dystrybutorami (dwa do szybkiego i osiem do wolnego tankowania), dwóch dużych sprężarek o wydajności 800 metrów sześciennych na godzinę każda oraz magazyn na 60 butli (jedna ma pojemność 150 l).

Na terenie miasta zidentyfikowano lokalizacje które mogłyby zostać przeznaczone na pantografowe stacje ładowania pojazdów elektrycznych. W przypadku jednak wariantu zakupu autobusów zasilanych paliwem wodorowym brak jest technicznych możliwości zakupu paliwa, a tym samym świadczenia usług przewozowych taborem napędzanym paliwem wodorowym.

Dalszą analizę przeprowadzono zatem wyłącznie jako porównanie wariantu bazowego (eksploatacja autobusów o napędzie konwencjonalnym spełniającym wymogi normy EURO6, bez nakładów infrastrukturalnych) oraz wariantu alternatywnego I (eksploatacja autobusów o napędzie elektrycznym, wraz z nakładami infrastrukturalnymi na budowę pantografowych stacji ładowania) oraz wariantu alternatywnego II (eksploatacja autobusów zasilanych CNG,). Analizę wariantu III – zasilania autobusów paliwem wodorowym, zakończono na etapie analizy technicznej, stwierdzając, iż wdrożenie go w obecnym stanie rozwoju rynku oraz dostępnych rozwiązań technologicznych w przypadku Miasta Częstochowa nie jest możliwe.



VII. ANALIZA FINANSOWA

Celem analizy finansowej jest oszacowanie opłacalności finansowej inwestycji w porównywanych wariantach. Analizę przeprowadzono z zastosowaniem metody różnicowej (przyrostowej), z uwzględnieniem tylko tych przepływów pieniężnych, które zmieniają się w związku z eksploatacją zmodernizowanego taboru autobusowego, czyli z wyłączeniem innej działalności i kosztów, które nie ulegają zmianie (np. koszty wynagrodzeń kierowców, koszty ogólne działalności).

Zgodnie z zapisami art. 35 Ustawy, terminy osiągnięcia ustawowych progów udziału pojazdów zeroemisyjnych w całkowitej badanej flocie autobusowej ustalono zgodnie z wymogami ustawowymi wynoszącymi:

- 1) 5% od 1 stycznia 2021 r.
- 2) 10% od 1 stycznia 2023 r.
- 3) 20% od 1 stycznia 2025 r.
- 4) 30% od 1 stycznia 2028 r.

W analizie zatem okres inwestycyjny – ponoszenia wydatków określono w stopniu pozwalającym wypełnić ww. wymogi stopniując wydatki w latach 2020-2027, natomiast okres odniesienia (trwałości inwestycji) na okres piętnastoletni, licząc od roku rozpoczęcia inwestycji tj. lata 2020-2035.

Stosowane założenia stanowią odzwierciedlenie prognoz makroekonomicznych oraz analiz branżowych.

Dane źródłowe wykorzystane w obliczeniach pochodzą zarówno z opracowań branżowych, jak i źródeł własnych: analizy rynku oraz zachodzących na nim zjawisk.

Koszty eksploatacji i utrzymania przyjęto na bazie aktualnie posiadanej wiedzy technicznej autorów niniejszej analizy i opracowań branżowych.

Analizę sporządzono w cenach stałych, według roku bazowego – bez uwzględnienia wpływu inflacji. Koszty serwisowe szacowano w oparciu o dane MPK Tarnów, które określiło uśredniony w czasie koszt serwisowy w przypadku autobusu na olej napędowy: 0,26 PLN/km oraz CNG: 0,28 PLN/km²⁶.

²⁶http://pspa.com.pl/assets/uploads/2018/06/Paliwa_alternatywne_w_komunikacji_miejskiej_PSPA_PKPA.pdf



Analizie poddano następujące warianty:

- 1) Wariant bazowy – zakup i eksploatacja autobusów z napędem konwencjonalnym;
- 2) Wariant alternatywny I – wynajem autobusów z napędem elektrycznym wraz z niezbędną infrastrukturą – pantografowymi stacjami ładowania oraz gniazdami wolnego ładowania zlokalizowanymi na terenie zajezdni autobusowej;
- 3) Wariant alternatywny II - zakup i eksploatacja autobusów zasilanych CNG z wykorzystaniem istniejącej infrastruktury – stacji tankowania CNG.

Przyjmując wymagany udział pojazdów zeroemisyjnych we flocie autobusowej liczącej 150 pojazdów na przestrzeni poszczególnych lat, przyjęto plan wydatków inwestycyjny zgodnie z tabelą:

Tabela 6 Plan inwestycyjny

Pozycja/Rok	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Autobus ON	0	15	0	0	0	15	0	0
Autobus elektryczny	0	15	0	0	0	15	0	0
Autobus CNG	0	15	0	0	0	15	0	0
Pozycja/Rok	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Autobus ON	15	0	0	0	0	0	0	0
Autobus elektryczny	15	0	0	0	0	0	0	0
Autobus CNG	15	0	0	0	0	0	0	0

Realizacja powyżej założonego planu pozwoli spełnić ustawowe progi modernizacji taboru autobusowego zgodnie ze wskazaniami wskazanymi poniżej.

Tabela 7 Udział pojazdów zeroemisyjnych - założenia

Termin	Wymagany udział pojazdów zeroemisyjnych we flocie	Liczba pojazdów we flocie	Liczba pojazdów zeroemisyjnych	Faktyczny udział pojazdów zeroemisyjnych we flocie
1 stycznia 2021	5%	150	15	10%
1 stycznia 2023	10%	150	15	10%
1 stycznia 2025	20%	150	30	20%
1 stycznia 2028	30%	150	45	30%



Nakłady inwestycyjne

Tabela 8 Nakłady inwestycyjne - wariant bazowy

Wydatek	Cena jednostkowa	Liczba	Wydatki łącznie
Autobus o napędzie konwencjonalnym	1 230 000,00 zł	45	50 000 000,00 zł

Tabela 9 Nakłady inwestycyjne - wariant alternatywny I

Wydatek	Cena jednostkowa	Liczba	Wydatki łącznie
Autobus o napędzie elektrycznym	W pierwszej fazie - inwestycja realizowana w formie najmu długoterminowego, bez nakładów inwestycyjnych, w dalszym okresie zakup autobusów z dofinansowaniem		
Gniazda wolnego ładowania			
Pantografowa stacja ładowania			
	SUMA		n/d zł

Tabela 10 Nakłady inwestycyjne - wariant alternatywny II

Wydatek	Cena jednostkowa	Liczba	Wydatki łącznie
Autobus zasilany CNG	1 500 000,00 zł	45	67 500 000,00 zł

Koszty operacyjne

W analizie wydatków związanych z eksploatacją zakupionych pojazdów uwzględniono wydatki wynikające ze zużycia paliwa/energii oraz wydatki utrzymaniowe (przeglądy, naprawy). Dodatkowo w przypadku pojazdów elektrycznych uwzględniono okresową wymianę baterii.

Tabela 11 Założenia podstawowych kosztów operacyjnych

Pozycja	Wariant bazowy - autobus z napędem konwencjonalnym	Wariant alternatywny - autobus elektryczny	Wariant alternatywny - autobus CNG
Przebieg [km/rok]	70 000,00	70 000,00	70 000,00
Zużycie paliwa/energii [l/100km lub kWh/100km lub Nm ³ /100km]	39,00	120,00	61,00
Jednostkowa cena paliwa/energii [zł/l lub zł/kWh]	4,50 zł	0,397 zł	3,20

Wysokość kosztów serwisowych ma charakter uśredniony dla pełnego okresu odniesienia. Zakładana żywotność autobusów wynosi 15-lat i ok. 1 mln km skumulowanego przebiegu.

Wartość średniego przebiegu wynosząca 70 000 km/rok odpowiada średniej aktualnej pracy przewozowej wykonywanej w ciągu roku przez statystyczny autobus w taborze MPK Częstochowa.



Zgodnie z założeniami zawartymi w tabeli zamieszczonej poniżej, koszt przejechania 1 km wyłącznie w zakresie kosztów paliwa wynosi:

- 1) 1,76 zł/km dla autobusu zasilanego olejem napędowym,
- 2) 0,48 zł/km dla autobusu z napędem elektrycznym,
- 3) 1,95 zł/km dla autobusu zasilanego CNG.

W ostatecznym koszcie wozokilometra należy uwzględnić jednak również inwestycje początkowe.

Porównanie pełnej prognozy finansowej poszczególnych wariantów, znajduje się w tabelach zamieszczonych poniżej.



Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej w Częstochowie autobusów zeroemisyjnych oraz innych środków transportu

Tabela 12 Prognoza wydatków na lata 2020-2035 - wariant bazowy

Wariant bazowy	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Pozycja/Rok								
Wydatki inwestycyjne razem	- zł	18 750 000,00 zł	- zł	- zł	- zł	18 750 000,00 zł	- zł	- zł
Zakup autobusów	- zł	18 750 000,00 zł	- zł	- zł	- zł	18 750 000,00 zł	- zł	- zł
Liczba zakupionych autobusów	0	15	0	0	0	15	0	0
Wydatki eksploatacyjne	0,00 zł	2 115 750,00 zł	2 115 750,00 zł	2 115 750,00 zł	2 115 750,00 zł	4 231 500,00 zł	4 231 500,00 zł	4 231 500,00 zł
Paliwo	0,00 zł	1 842 750,00 zł	1 842 750,00 zł	1 842 750,00 zł	1 842 750,00 zł	3 685 500,00 zł	3 685 500,00 zł	3 685 500,00 zł
Liczba wozokilometrów	0	1 050 000,00	1 050 000,00	1 050 000,00	1 050 000,00	2 100 000,00	2 100 000,00	2 100 000,00
Koszt paliwa na wozokilometr	1,76 zł	1,76 zł	1,76 zł	1,76 zł	1,76 zł	1,76 zł	1,76 zł	1,76 zł
Naprawy i konserwacje	0,00 zł	273 000,00 zł	273 000,00 zł	273 000,00 zł	273 000,00 zł	546 000,00 zł	546 000,00 zł	546 000,00 zł
Liczba wozokilometrów	0	1 050 000,00	1 050 000,00	1 050 000,00	1 050 000,00	2 100 000,00	2 100 000,00	2 100 000,00
Koszt napraw na wozokilometr	0,26 zł	0,26 zł	0,26 zł	0,26 zł	0,26 zł	0,26 zł	0,26 zł	0,26 zł

Wariant bazowy	2028	2029	2030	2031	2031	2033	2034	2035
Pozycja/Rok								
Wydatki inwestycyjne razem	18 750 000,00 zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł
Zakup autobusów	18 750 000,00 zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł
Liczba zakupionych autobusów	15	0	0	0	0	0	0	0
Wydatki eksploatacyjne	6 347 250,00 zł	6 347 250,00 zł	6 347 250,00 zł	6 347 250,00 zł	6 347 250,00 zł	6 347 250,00 zł	6 347 250,00 zł	6 347 250,00 zł
Paliwo	5 528 250,00 zł	5 528 250,00 zł	5 528 250,00 zł	5 528 250,00 zł	5 528 250,00 zł	5 528 250,00 zł	5 528 250,00 zł	5 528 250,00 zł
Liczba wozokilometrów	3 150 000,00	3 150 000,00	3 150 000,00	3 150 000,00	3 150 000,00	3 150 000,00	3 150 000,00	3 150 000,00
Koszt paliwa na wozokilometr	1,76 zł	1,76 zł	1,76 zł	1,76 zł	1,76 zł	1,76 zł	1,76 zł	1,76 zł
Naprawy i konserwacje	819 000,00 zł	819 000,00 zł	819 000,00 zł	819 000,00 zł	819 000,00 zł	819 000,00 zł	819 000,00 zł	819 000,00 zł
Liczba wozokilometrów	3 150 000,00	3 150 000,00	3 150 000,00	3 150 000,00	3 150 000,00	3 150 000,00	3 150 000,00	3 150 000,00
Koszt napraw na wozokilometr	0,26 zł	0,26 zł	0,26 zł	0,26 zł	0,26 zł	0,26 zł	0,26 zł	0,26 zł



Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej w Częstochowie autobusów zeroemisyjnych oraz innych środków transportu

Tabela 13 Prognoza wydatków na lata 2020-2035 - wariant alternatywny – autobusy elektryczne

Wariant alternatywny - autobusy elektryczne								
Pozycja/Rok	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Koszt najmu	- zł	6 970 000,00 zł	6 970 000,00 zł	6 970 000,00 zł	6 970 000,00 zł	6 970 000,00 zł	6 970 000,00 zł	6 970 000,00 zł
Wydatki inwestycyjne razem	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	16 875 000,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
Zakup autobusów	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	37 500 000,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
Refundacja kosztów zakupu (dotacja)	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	20 625 000,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
Liczba wynajętych autobusów	0	15	0	0	0	0	0	0
Liczba zakupionych autobusów	0	0	0	0	0	15	0	0
Wydatki eksploatacyjne razem	0,00 zł	697 200,00 zł	697 200,00 zł	697 200,00 zł	697 200,00 zł	1 333 920,00 zł	1 333 920,00 zł	1 333 920,00 zł
Paliwo	0,00 zł	500 220,00 zł	500 220,00 zł	500 220,00 zł	500 220,00 zł	1 000 440,00 zł	1 000 440,00 zł	1 000 440,00 zł
Liczba wozokilometrów	0	1 050 000,00	1 050 000,00	1 050 000,00	1 050 000,00	2 100 000,00	2 100 000,00	2 100 000,00
Koszt paliwa na wozokilometr	0,48 zł	0,48 zł	0,48 zł	0,48 zł	0,48 zł	0,48 zł	0,48 zł	0,48 zł
Koszty opłaty przyłączeniowej	- zł	60 480,00 zł	60 480,00 zł	60 480,00 zł	60 480,00 zł	60 480,00 zł	60 480,00 zł	60 480,00 zł
Stawka opłaty przyłączeniowej [zł/MW/rok]	100 800,00 zł	100 800,00 zł	100 800,00 zł	100 800,00 zł	100 800,00 zł	100 800,00 zł	100 800,00 zł	100 800,00 zł
Moc stacji pantografowych [MW]	0	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Naprawy i konserwacje	- zł	136 500,00 zł	136 500,00 zł	136 500,00 zł	136 500,00 zł	273 000,00 zł	273 000,00 zł	273 000,00 zł
Liczba wozokilometrów	-	1 050 000,00	1 050 000,00	1 050 000,00	1 050 000,00	2 100 000,00	2 100 000,00	2 100 000,00
Koszt napraw na wozokilometr	0,13 zł	0,13 zł	0,13 zł	0,13 zł	0,13 zł	0,13 zł	0,13 zł	0,13 zł
Koszt wymiany baterii	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł



Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej w Częstochowie autobusów zeroemisyjnych oraz innych środków transportu

Wariant alternatywny - autobusy elektryczne								
Pozycja/Rok	2028	2029	2030	2031	2031	2033	2034	2035
Koszt najmu	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł
Wydatki inwestycyjne razem	16 875 000,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
Zakup autobusów	37 500 000,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
Refundacja kosztów zakupu (dotacja)	20 625 000,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
Liczba wynajętych autobusów	0	0	0	0	0	0	0	0
Liczba zakupionych autobusów	15	0	0	0	0	0	0	0
Wydatki eksploatacyjne razem	13 970 640,00 zł	1 970 640,00 zł	1 970 640,00 zł	1 970 640,00 zł	1 970 640,00 zł	13 970 640,00 zł	1 970 640,00 zł	1 970 640,00 zł
Paliwo	1 500 660,00 zł	1 500 660,00 zł	1 500 660,00 zł	1 500 660,00 zł	1 500 660,00 zł	1 500 660,00 zł	1 500 660,00 zł	1 500 660,00 zł
Liczba wozokilometrów	3 150 000,00	3 150 000,00	3 150 000,00	3 150 000,00	3 150 000,00	3 150 000,00	3 150 000,00	3 150 000,00
Koszt paliwa na wozokilometr	0,48 zł	0,48 zł	0,48 zł	0,48 zł	0,48 zł	0,48 zł	0,48 zł	0,48 zł
Koszty opłaty przyłączeniowej	60 480,00 zł	60 480,00 zł	60 480,00 zł	60 480,00 zł	60 480,00 zł	60 480,00 zł	60 480,00 zł	60 480,00 zł
Stawka opłaty przyłączeniowej [zł/MW/rok]	100 800,00 zł	100 800,00 zł	100 800,00 zł	100 800,00 zł	100 800,00 zł	100 800,00 zł	100 800,00 zł	100 800,00 zł
Moc stacji pantografowych [MW]	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Naprawy i konserwacje	12 409 500,00 zł	409 500,00 zł	409 500,00 zł	409 500,00 zł	409 500,00 zł	12 409 500,00 zł	409 500,00 zł	409 500,00 zł
Liczba wozokilometrów	3 150 000,00	3 150 000,00	3 150 000,00	3 150 000,00	3 150 000,00	3 150 000,00	3 150 000,00	3 150 000,00
Koszt napraw na wozokilometr	0,13 zł	0,13 zł	0,13 zł	0,13 zł	0,13 zł	0,13 zł	0,13 zł	0,13 zł
Koszt wymiany baterii	12 000 000,00 zł	- zł	- zł	- zł	- zł	12 000 000,00 zł	- zł	- zł



Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej w Częstochowie autobusów zeroemisyjnych oraz innych środków transportu

Tabela 14 Prognoza wydatków na lata 2020-2035 - wariant alternatywny – autobusy zasilane CNG

Wariant alternatywny - autobusy zasilane CNG									
Pozycja/Rok	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	
Wydatki inwestycyjne razem	- zł	22 500 000,00 zł	- zł	- zł	- zł	22 500 000,00 zł	- zł	- zł	
Zakup autobusów	- zł	22 500 000,00 zł	- zł	- zł	- zł	22 500 000,00 zł	- zł	- zł	
Budowa stacji CNG	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	
Ilość zakupionych autobusów	0	15	0	0	0	15	0	0	
Wydatki eksploatacyjne razem	0,00 zł	2 343 600,00 zł	2 343 600,00 zł	2 343 600,00 zł	2 343 600,00 zł	4 687 200,00 zł	4 687 200,00 zł	4 687 200,00 zł	
Paliwo	0,00 zł	2 049 600,00 zł	2 049 600,00 zł	2 049 600,00 zł	2 049 600,00 zł	4 099 200,00 zł	4 099 200,00 zł	4 099 200,00 zł	
Liczba wozokilometrów	0,00	1 050 000,00	1 050 000,00	1 050 000,00	1 050 000,00	2 100 000,00	2 100 000,00	2 100 000,00	
Koszt paliwa na wozokilometr	1,95 zł	1,95 zł	1,95 zł	1,95 zł	1,95 zł	1,95 zł	1,95 zł	1,95 zł	
Naprawy i konserwacje	0,00 zł	294 000,00 zł	294 000,00 zł	294 000,00 zł	294 000,00 zł	588 000,00 zł	588 000,00 zł	588 000,00 zł	
Liczba wozokilometrów	0,00	1 050 000,00	1 050 000,00	1 050 000,00	1 050 000,00	2 100 000,00	2 100 000,00	2 100 000,00	
Koszt napraw na wozokilometr	0,28 zł	0,28 zł	0,28 zł	0,28 zł	0,28 zł	0,28 zł	0,28 zł	0,28 zł	

Wariant alternatywny - autobusy zasilane CNG									
Pozycja/Rok	2028	2029	2030	2031	2031	2033	2034	2035	
Wydatki inwestycyjne razem	22 500 000,00 zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	
Zakup autobusów	22 500 000,00 zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	
Liczba zakupionych autobusów	15	0	0	0	0	0	0	0	
Wydatki eksploatacyjne razem	7 030 800,00 zł	7 030 800,00 zł	7 030 800,00 zł	7 030 800,00 zł	7 030 800,00 zł	7 030 800,00 zł	7 030 800,00 zł	7 030 800,00 zł	
Paliwo	6 148 800,00 zł	6 148 800,00 zł	6 148 800,00 zł	6 148 800,00 zł	6 148 800,00 zł	6 148 800,00 zł	6 148 800,00 zł	6 148 800,00 zł	
Liczba wozokilometrów	3 150 000,00	3 150 000,00	3 150 000,00	3 150 000,00	3 150 000,00	3 150 000,00	3 150 000,00	3 150 000,00	
Koszt paliwa na wozokilometr	1,95 zł	1,95 zł	1,95 zł	1,95 zł	1,95 zł	1,95 zł	1,95 zł	1,95 zł	
Naprawy i konserwacje	882 000,00 zł	882 000,00 zł	882 000,00 zł	882 000,00 zł	882 000,00 zł	882 000,00 zł	882 000,00 zł	882 000,00 zł	
Liczba wozokilometrów	3 150 000,00	3 150 000,00	3 150 000,00	3 150 000,00	3 150 000,00	3 150 000,00	3 150 000,00	3 150 000,00	
Koszt napraw na wozokilometr	0,28 zł	0,28 zł	0,28 zł	0,28 zł	0,28 zł	0,28 zł	0,28 zł	0,28 zł	



Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej w Częstochowie autobusów zeroemisyjnych oraz innych środków transportu

Tabela 15 Matryca DGC - wariant bazowy

Lata	rok	Czynnik dyskontujący	Koszty inwestycyjne (całkowite)	Koszty zużycia paliwa	Pozostałe koszty eksploatacyjne	Wozokilometry na rok	Zdyskontowane koszty łączne	Zdyskontowane wozokilometry	DGC (koszt na wozokilometr)
			zł	zł	zł	km	zł	km	
2020	0	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2021	1	0,96	18 750 000,00	1 842 750,00	273 000,00	1 050 000,00	20 063 221,15	1 009 615,38	
2022	2	0,92	0,00	1 842 750,00	273 000,00	1 050 000,00	1 956 129,81	970 784,02	
2023	3	0,89	0,00	1 842 750,00	273 000,00	1 050 000,00	1 880 894,05	933 446,18	
2024	4	0,85	0,00	1 842 750,00	273 000,00	1 050 000,00	1 808 551,97	897 544,40	
2025	5	0,82	18 750 000,00	3 685 500,00	546 000,00	2 100 000,00	18 889 117,80	1 726 046,92	
2026	6	0,79	0,00	3 685 500,00	546 000,00	2 100 000,00	3 344 215,92	1 659 660,50	
2027	7	0,76	0,00	3 685 500,00	546 000,00	2 100 000,00	3 215 592,23	1 595 827,41	
2028	8	0,73	18 750 000,00	5 528 250,00	819 000,00	3 150 000,00	18 338 314,75	2 301 674,15	
2029	9	0,70	0,00	5 528 250,00	819 000,00	3 150 000,00	4 459 493,66	2 213 148,22	
2030	10	0,68	0,00	5 528 250,00	819 000,00	3 150 000,00	4 287 974,67	2 128 027,13	
2031	11	0,65	0,00	5 528 250,00	819 000,00	3 150 000,00	4 123 052,57	2 046 179,93	
2032	12	0,62	0,00	5 528 250,00	819 000,00	3 150 000,00	3 964 473,62	1 967 480,71	
2033	13	0,60	0,00	5 528 250,00	819 000,00	3 150 000,00	3 811 993,87	1 891 808,37	
2034	14	0,58	0,00	5 528 250,00	819 000,00	3 150 000,00	3 665 378,72	1 819 046,51	
2035	15	0,56	0,00	5 528 250,00	819 000,00	3 150 000,00	3 524 402,61	1 749 083,18	
		RAZEM	56 250 000,00	62 653 500,00	9 282 000,00	35 700 000,00	97 332 807,39	24 909 373,02	3,91



Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej w Częstochowie autobusów zeroemisyjnych oraz innych środków transportu

Tabela 16 Matryca DGC - wariant alternatywny – autobusy elektryczne

Lata	rok	Czynnik dyskontujący	Koszty inwestycyjne (całkowite)	Koszty zużycia paliwa	Pozostałe koszty eksploatacyjne	Wozokilometry na rok	Zdyskontowane koszty łączne	Zdyskontowane wozokilometry	DGC (koszt na wozokilometr)
			zł	zł	zł	km	zł	km	
2020	0	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2021	1	0,96	6 970 000,00	500 220,00	196 980,00	1 050 000,00	7 372 307,69	1 009 615,38	
2022	2	0,92	6 970 000,00	500 220,00	196 980,00	1 050 000,00	7 088 757,40	970 784,02	
2023	3	0,89	6 970 000,00	500 220,00	196 980,00	1 050 000,00	6 816 112,88	933 446,18	
2024	4	0,85	6 970 000,00	500 220,00	196 980,00	1 050 000,00	6 553 954,69	897 544,40	
2025	5	0,82	23 845 000,00	1 000 440,00	333 480,00	2 100 000,00	20 695 236,87	1 726 046,92	
2026	6	0,79	6 970 000,00	1 000 440,00	333 480,00	2 100 000,00	6 562 708,60	1 659 660,50	
2027	7	0,76	6 970 000,00	1 000 440,00	333 480,00	2 100 000,00	6 310 296,73	1 595 827,41	
2028	8	0,73	16 875 000,00	1 500 660,00	12 469 980,00	3 150 000,00	22 538 607,02	2 301 674,15	
2029	9	0,70	0,00	1 500 660,00	469 980,00	3 150 000,00	1 384 545,52	2 213 148,22	
2030	10	0,68	0,00	1 500 660,00	469 980,00	3 150 000,00	1 331 293,77	2 128 027,13	
2031	11	0,65	0,00	1 500 660,00	469 980,00	3 150 000,00	1 280 090,17	2 046 179,93	
2032	12	0,62	0,00	1 500 660,00	469 980,00	3 150 000,00	1 230 855,93	1 967 480,71	
2033	13	0,60	0,00	1 500 660,00	12 469 980,00	3 150 000,00	8 390 404,35	1 891 808,37	
2034	14	0,58	0,00	1 500 660,00	469 980,00	3 150 000,00	1 137 995,50	1 819 046,51	
2035	15	0,56	0,00	1 500 660,00	469 980,00	3 150 000,00	1 094 226,44	1 749 083,18	
		RAZEM	82 540 000,00	17 007 480,00	29 548 200,00	35 700 000,00	99 787 393,55	24 909 373,02	4,01



Tabela 17 Matryca DGC - wariant alternatywny – autobusy zasilane CNG

Lata	rok	Czynnik dyskontujący	Koszty inwestycyjne (całkowite)	Koszty zużycia paliwa	Pozostałe koszty eksploatacyjne	Wozokilometry na rok	Zdyskontowane koszty łączne	Zdyskontowane wozokilometry	DGC (koszt na wozokilometr)
			zł	zł	zł	km	zł	km	
2020	0	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2021	1	0,96	22 500 000,00	2 049 600,00	294 000,00	1 050 000,00	23 888 076,92	1 009 615,38	
2022	2	0,92	0,00	2 049 600,00	294 000,00	1 050 000,00	2 166 789,94	970 784,02	
2023	3	0,89	0,00	2 049 600,00	294 000,00	1 050 000,00	2 083 451,87	933 446,18	
2024	4	0,85	0,00	2 049 600,00	294 000,00	1 050 000,00	2 003 319,10	897 544,40	
2025	5	0,82	22 500 000,00	4 099 200,00	588 000,00	2 100 000,00	22 345 896,64	1 726 046,92	
2026	6	0,79	0,00	4 099 200,00	588 000,00	2 100 000,00	3 704 362,25	1 659 660,50	
2027	7	0,76	0,00	4 099 200,00	588 000,00	2 100 000,00	3 561 886,77	1 595 827,41	
2028	8	0,73	22 500 000,00	6 148 800,00	882 000,00	3 150 000,00	21 577 866,31	2 301 674,15	
2029	9	0,70	0,00	6 148 800,00	882 000,00	3 150 000,00	4 939 746,82	2 213 148,22	
2030	10	0,68	0,00	6 148 800,00	882 000,00	3 150 000,00	4 749 756,56	2 128 027,13	
2031	11	0,65	0,00	6 148 800,00	882 000,00	3 150 000,00	4 567 073,61	2 046 179,93	
2032	12	0,62	0,00	6 148 800,00	882 000,00	3 150 000,00	4 391 416,94	1 967 480,71	
2033	13	0,60	0,00	6 148 800,00	882 000,00	3 150 000,00	4 222 516,28	1 891 808,37	
2034	14	0,58	0,00	6 148 800,00	882 000,00	3 150 000,00	4 060 111,81	1 819 046,51	
2035	15	0,56	0,00	6 148 800,00	882 000,00	3 150 000,00	3 903 953,67	1 749 083,18	
		RAZEM	67 500 000,00	69 686 400,00	9 996 000,00	35 700 000,00	112 166 225,49	24 909 373,02	4,50



Pierwsza część analizy – prognoza wydatków, obrazuje poziom kosztów związanych z inwestycjami oraz eksploatacją w kolejnych latach, druga natomiast – analiza matrycami DGC (Dynamiczny koszt jednostkowy) - pozwala porównać koszt wozokilometra w poszczególnych wariantach z uwzględnieniem nie tylko bieżących kosztów eksploatacji, ale również inwestycji. Metoda ta pozwala wybrać wariant charakteryzujący się najwyższą efektywnością kosztową.

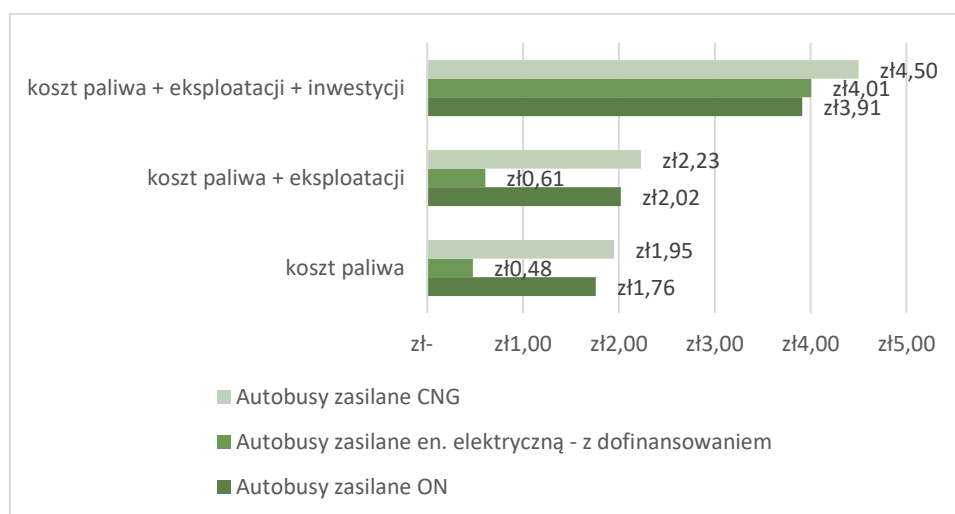
Wskaźnik efektywności kosztowej winien przyjmować jak najniższą wartość – im niższy jest stosunek wartości nakładów do wielkości efektów, tym inwestycja jest bardziej efektywna. (por. Małeckie P., Zeszyty Naukowe nr 860 Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie, 2011)

Jak wskazują matryce DGC zamieszczone powyżej, wariant elektryczny charakteryzuje się znacząco niższymi kosztami eksploatacyjnymi, niż warianty pozostałe, a dzięki refundacji kosztów zakupu autobusów ze środków zewnętrznych (do obliczeń przyjęto dofinansowanie ze środków Funduszu Niskoemisyjnego transportu pozwalające zrefundować do 50% kosztów autobusu, jednak nie więcej niż 1 045 000 zł/pojazd) również koszt inwestycyjny nie jest większy niż w wariantach alternatywnych. Jest to podstawowa różnica względem AKK z 2018 r., który jako podstawową przeszkodę we wdrożeniu elektromobilności, identyfikował początkowych koszt zakupu pojazdów.

Porównanie wyników analizy finansowej przedstawia tabela zamieszczona poniżej.

Tabela 18 Porównanie kosztu jednostkowego w wariantach

Wariant	koszt paliwa	koszt paliwa + eksploatacji + inwestycji
Autobusy zasilane ON	1,76 zł	3,91 zł
Autobusy zasilane en. Elektryczną	0,48 zł	4,01 zł
Autobusy zasilane CNG	1,95 zł	4,50 zł



Rysunek 17 Porównanie kosztów jednostkowych (na wzm) w wariantach



VIII. OSZACOWANIE EFEKTÓW ŚRODOWISKOWYCH WARIANTÓW INWESTYCYJNYCH

Efektom spalania paliw w silnikach spalinowych jest powstanie mieszanin różnorodnych substancji do których należą m.in.:

- 1) dwutlenek węgla
- 2) tlenek węgla
- 3) sadza
- 4) tlenki siarki
- 5) tlenki azotu
- 6) węglowodory
- 7) dymy, popioły i inne substancje klasyfikowane jako cząstki stałe.

Ze względów na wymagania ekologiczne dąży się do ograniczenia emisji szczególnie szkodliwych dla środowiska oraz człowieka, a maksymalny dopuszczalny poziom emisji w pojazdach homologowanych na rynku europejskim określa obowiązująca od początku 2014 r. norma EURO6.

Tabela 19 Wartość dopuszczalnych poziomów zanieczyszczeń dla normy EURO6

Zanieczyszczenie	Dopuszczalny poziom	Jednostka
CO (tlenek węgla)	0,5	g/km
HC/THC (węglowodory)	0,17	g/km
NOx (tlenki azotu)	0,08	g/km
PM (pyły)	0,0045	g/km

Podstawą określenia emisyjności poszczególnych substancji jest zatem wykonywana praca przewozowa – ilość przejechanych kilometrów.

Norma EURO6, nie określa jednakże faktycznego poziomu emisji dwutlenku węgla. Do obliczeń w tym zakresie, przyjęto zatem wskaźniki Krajowego Operatora Bilansowania i Zarządzania Emisjami.

Tabela 20 według wartości opałowe (WO) i wskaźników emisji CO₂ (WE) do raportowania w ramach Systemu Handlu Uprawnieniami do Emisji za rok 2017

Rodzaj paliwa	Wartość opałowa (WO) [MJ/kg]	Gęstość paliwa [kg/l]; [kg/m ³]*	Wskaźnik emisji (WE CO ₂) [kg/GJ]
olej napędowy	43,0	0,840	74,1
benzyna	44,3	0,755	69,3
LPG	47,3	0,500	63,1
CNG	36,3	0,740	56,1

Choć z definicji pojazdu zeroemisyjnego wynika, iż w miejscu eksploatacji pojazd elektryczny nie generuje emisji jakichkolwiek substancji szkodliwych, to jednak wykorzystywana energia elektryczna pozyskiwana jest z krajowego systemu elektroenergetycznego, który nie korzysta wyłącznie ze źródeł



odnawialnych, a wręcz przeciwnie – oparty jest o wykorzystanie paliw kopalnych – w szczególności węgla. Tym samym w obliczeniach skutków środowiskowych inwestycji, uwzględniono również wskaźniki emisyjności energii elektrycznej w krajowym systemie elektroenergetycznym, wyliczone na podstawie informacji będących w posiadaniu Krajowego Ośrodka Bilansowania i Zarządzania Emisjami.

Tabela 21 Wskaźniki emisyjności – autobus elektryczny

Zanieczyszczenie	Wartość emisji	Jednostka
CO ₂ (dwutlenek węgla)	798	kg/MWh
NO _x (tlenki azotu)	0,954	kg/MWh
CO (tlenek węgla)	0,234	kg/MWh
PM (pyły)	0,062	kg/MWh

Wartość emisji autobusu napędzanego CNG, przyjęto zgodnie z raportem „Paliwa alternatywne w komunikacji miejskiej”²⁷.

Tabela 22 Wskaźniki emisyjności - autobus CNG

Zanieczyszczenie	Wartość emisji	Jednostka
CO (tlenek węgla)	0,05	g/km
HC/THC (węglowodory)	0,034	g/km
NO _x (tlenki azotu)	0,016	g/km
PM (pyły)	0,000225	g/km

Na potrzeby analizy, przyjęto założenie w zakresie realizowanej rocznie przez jeden autobus ilości wozokilometrów wynoszące 70 000 wozokilometrów/rok. Opierając się na tej wartości, sporządzono porównanie emisyjności jednego autobusu i przedstawiono w tabeli zamieszczonej poniżej.

Tabela 23 Porównanie emisyjności autobusu z napędem konwencjonalnym oraz z napędem elektrycznym

Pozycja	autobus z napędem konwencjonalnym	autobus zasilany energią elektryczną	autobus zasilany CNG	Jednostka
Przebieg	70 000,00	70 000,00	70 000,00	km
Zużycie paliwa/energii	41,00	120,00	61,00	l/100km lub kWh/100km lub m ³ /100km
Emisja CO (tlenek węgla)	35,00	-	3,50	kg
Emisja HC/THC (węglowodory)	11,90	-	2,38	kg
Emisja NO _x (tlenki azotu)	5,60	-	1,12	kg
Emisja PM (pyły)	0,32	-	0,02	kg
Emisja CO ₂ (dwutlenek węgla)	73 068,23	-	64 347,12	kg

²⁷http://pspa.com.pl/assets/uploads/2018/06/Paliwa_alternatywne_w_komunikacji_miejskiej_PSPA_P_KPA.pdf



Dla autobusów elektrycznych przyjęto, iż w miejscu ich eksploatacji nie występują szkodliwe emisje, choć należy pamiętać i mieć świadomość tego, że energia elektryczna w Polsce produkowana jest w istotnej mierze z węgla kamiennego i do czasu zmiany polskiego miksu energetycznego i zwiększenia w nim udziału źródeł odnawialnych (lub atomu), zeroemisyjność autobusów elektrycznych może być kwestionowana poprzez wykazanie substancji szkodliwych emitowanych w konwencjonalnych elektrowniach węglowych.

Porównanie efektu ekologicznego inwestycji w odniesieniu do pełnego zakresu analizowanych wariantów inwestycyjnych na przestrzeni okresu czasowego analizy tj. w latach 2020-2035 (przyjmując łączną ilość wozokilometrów pokonanych w tym czasie), zamieszczono w tabeli poniżej.

Tabela 24 Porównanie emisyjności w wariantach inwestycyjnych

Pozycja	Wariant bazowy	Wariant I - atobus elektryczny	Wariant II - atobus zasilany CNG	Jednostka
Łączny przebieg	35 700 000,00	35 700 000,00	35 700 000,00	km
Zużycie paliwa/energii	41,00	120,00	60,00	l/100km lub kWh/100km lub m ³ /100km
Emisja CO (tlenek węgla)	20,58	-	61,00	Mg
Emisja HC/THC (węglowodory)	7,00	-	1,79	Mg
Emisja NOx (tlenki azotu)	3,29	-	1,21	Mg
Emisja PM (pyły)	0,19	-	0,57	Mg
Emisja CO ₂ (dwutlenek węgla)	42 964,12	-	0,01	Mg



IX. ANALIZA SPOŁECZNO - EKONOMICZNA

Celem analizy społecznej jest weryfikacja zasadności realizacji poszczególnych wariantów inwestycyjnych z perspektywy korzyści społecznych (np. poprawy bezpieczeństwa, ochrony zdrowia bądź środowiska), nawet w przypadku gdyby taka inwestycja wykazywała ujemną efektywność finansową. Do korzyści społecznych w przypadku projektów związanych z transportem niskoemisyjnym zaliczyć należy przede wszystkim efekty środowiskowe inwestycji przeanalizowane w rozdziale VII. Analiza środowiskowa sprowadza się jednakże wyłącznie do przedstawienia danych w zakresie prognozowanej emisji poszczególnych substancji, porównanie jednak, czy korzyści środowiskowe, przeważają nad korzyściami ekonomicznymi możliwe jest jednakże tylko w przypadku sprowadzenia wszystkich analizowanych wartości do wspólnej jednostki jaką jest koszt/korzyść wyrażony w polskich złotych.

Najprościej więc ujmując analiza społeczno-ekonomiczna stanowi wycenę dodatkowych kosztów/korzyści społecznych, których nie uwzględnia się w analizie finansowej.

Przypisanie skwantyfikowanej wartości do korzyści społecznych bądź środowiskowych umożliwiają tablice kosztów jednostkowych do wykorzystania w analizach kosztów i korzyści Centrum Unijnych Projektów Transportowych CUPT²⁸. Przyjęcie jakie natomiast korzyści powinniśmy brać pod uwagę w przypadku projektów z zakresu wymiany taboru autobusowego, wskazują zapisy dokumentów metodycznych, w szczególności:

- 1) „Niebieska księga - Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach i regionach”, Jaspers, 2015 r.;
- 2) „Analiza kosztów i korzyści projektów Transportowych współfinansowanych ze środków Unii Europejskiej. Vademecum Beneficjenta”, Centrum Unijnych Projektów Transportowych, Warszawa 2016 r.;
- 3) „Przewodnik po analizie kosztów i korzyści projektów inwestycyjnych. Narzędzie analizy ekonomicznej polityki spójności 2014-2020”, Komisja Europejska, 2014 r.;
- 4) „Najlepsze praktyki w analizach kosztów i korzyści projektów transportowych współfinansowanych ze środków unijnych — Dla rozwoju infrastruktury i środowiska”, Centrum Unijnych Projektów Transportowych, Warszawa 2014r.;

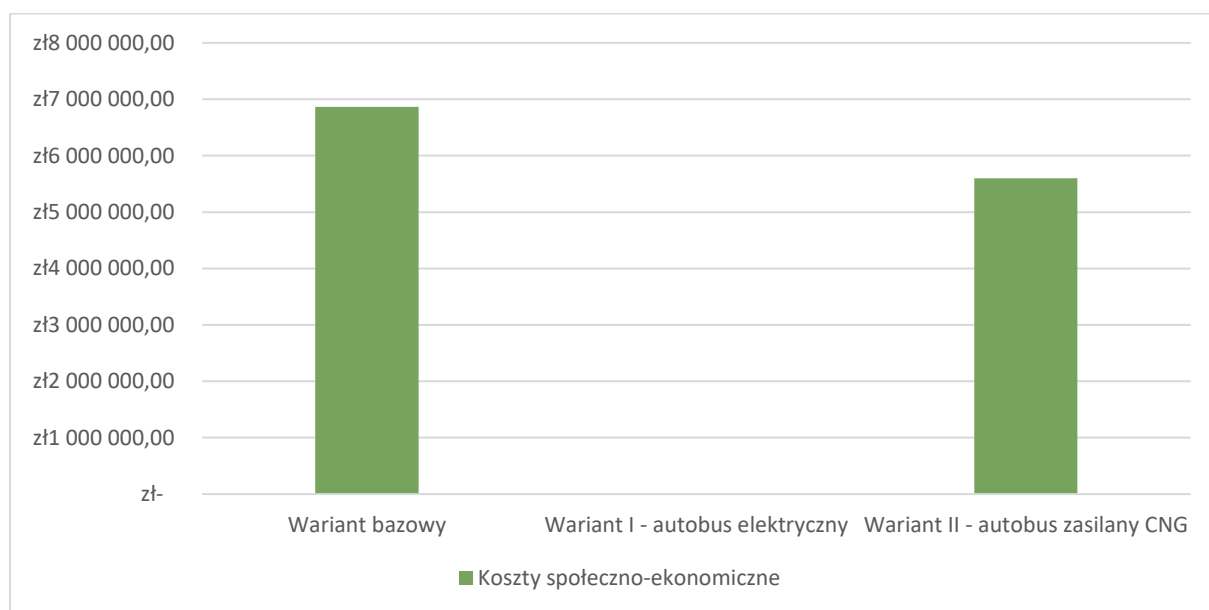
²⁸ www.cupt.gov.pl



Przyjęte do analizy korzyści/koszty społeczne uwzględniają:

- 1) Uniknięte koszty zanieczyszczeń powietrza, wynikające z emisji substancji szkodliwych: pyłów PM oraz związków azotu NOx;
- 2) Uniknięte koszty hałasu, wynikające z przemieszczania się autobusów po drogach publicznych;
- 3) Koszty zmian klimatycznych, wynikające z emisji dwutlenku węgla CO₂;

Podsumowanie wyników analizy społeczno-ekonomicznej wskazuje wykres zamieszczony poniżej. Wynik analizy nawiązuje bezpośrednio do obliczonych w rozdziale VII skutków środowiskowych inwestycji. Autobusy elektryczne choć wykorzystują energię dostarczaną z polskich sieci elektroenergetycznych, której wyprodukowanie w elektrowniach konwencjonalnych skutkuje istotnymi emisjami, to w miejscu eksploatacji mają charakter zeroemisyjny. Dodatkowo silnik pojazdów elektrycznych jest cichy i w zasadzie jedyny generowany hałas związany jest z oporami toczenia.



Rysunek 18 Porównanie kosztów społecznych



Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej w Częstochowie autobusów zeroemisyjnych oraz innych środków transportu

Tabela 25 Tabela analizy społeczno - ekonomicznej - wariant bazowy – autobusy z napędem konwencjonalnym, cz.1

Pozycja/Rok	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Koszt zmian klimatycznych	- zł	201 107,32 zł	206 853,25 zł	212 599,17 zł	218 345,10 zł	448 182,04 zł	459 673,89 zł	471 165,73 zł
Wartość emisji gazów cieplarnianych wg Europejskiego Banku Inwestycyjnego [PLN/MgCO ₂]	169,55 zł	174,54 zł	179,52 zł	184,51 zł	189,50 zł	194,48 zł	199,47 zł	204,46 zł
Emisja CO ₂ [MgCO ₂]	-	1 152,23	1 152,23	1 152,23	1 152,23	2 304,46	2 304,46	2 304,46
Koszty hałasu	- zł	22 493,50 zł	23 174,36 zł	23 860,06 zł	24 492,71 zł	50 252,03 zł	51 558,85 zł	52 866,00 zł
Krańcowe koszty zewnętrzne hałasu [zł/wozokilometr]	0,021 zł	0,021 zł	0,022 zł	0,023 zł	0,023 zł	0,024 zł	0,025 zł	0,025 zł
Liczba wozokilometrów [km]	-	1 050 000,00	1 050 000,00	1 050 000,00	1 050 000,00	2 100 000,00	2 100 000,00	2 100 000,00
Koszt zanieczyszczenia powietrza	- zł	12 479,93 zł	12 857,68 zł	13 238,13 zł	13 589,13 zł	27 881,01 zł	28 606,07 zł	29 331,30 zł
Koszty jednostkowy emisji zanieczyszczeń w transporcie lądowym na tonę substancji wyemitowanej [zł/1MgNO _x]	74 773,54 zł	77 088,90 zł	79 422,32 zł	81 772,32 zł	83 940,50 zł	86 110,95 zł	88 350,29 zł	90 590,20 zł
Emisja NO _x [MgNO _x]	0,000	0,084	0,084	0,084	0,084	0,168	0,168	0,168
Koszty jednostkowy emisji zanieczyszczeń w transporcie lądowym na tonę substancji wyemitowanej [zł/1MgPM]	1 232 616,80 zł	1 270 784,70 zł	1 309 250,43 zł	1 347 989,44 zł	1 383 731,06 zł	1 419 510,26 zł	1 456 425,05 zł	1 493 349,23 zł
Emisja PM [MgPM]	0,000	0,005	0,005	0,005	0,005	0,009	0,009	0,009
Koszty społeczne razem	- zł	236 080,75 zł	242 885,29 zł	249 697,36 zł	256 426,93 zł	526 315,08 zł	539 838,80 zł	553 363,04 zł



Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej w Częstochowie autobusów zeroemisyjnych oraz innych środków transportu

Tabela 26 Tabela analizy społeczno - ekonomicznej - wariant bazowy – autobusy z napędem konwencjonalnym, cz.2

Pozycja/Rok	2028	2029	2030	2031	2031	2033	2034	2035
Koszt zmian klimatycznych	723 986,37 zł	741 224,14 zł	758 461,91 zł	775 699,68 zł	792 937,45 zł	810 175,22 zł	827 412,99 zł	844 650,76 zł
Wartość emisji gazów cieplarnianych wg Europejskiego Banku Inwestycyjnego [PLN/MgCO ₂]	209,45 zł	214,43 zł	219,42 zł	224,41 zł	229,39 zł	234,38 zł	239,37 zł	244,35 zł
Emisja CO ₂ [MgCO ₂]	3 456,69	3 456,69	3 456,69	3 456,69	3 456,69	3 456,69	3 456,69	3 456,69
Koszty hałasu	81 257,73 zł	83 276,96 zł	85 291,66 zł	87 367,12 zł	89 436,79 zł	91 460,54 zł	93 505,37 zł	95 550,20 zł
Krańcowe koszty zewnętrzne hałasu [zł/wozokilometr]	0,026 zł	0,026 zł	0,027 zł	0,028 zł	0,028 zł	0,029 zł	0,030 zł	0,030 zł
Liczba wozokilometrów [km]	3 150 000,00	3 150 000,00	3 150 000,00	3 150 000,00	3 150 000,00	3 150 000,00	3 150 000,00	3 150 000,00
Koszt zanieczyszczenia powietrza	45 083,71 zł	46 204,02 zł	47 321,82 zł	48 473,34 zł	49 621,64 zł	50 744,47 zł	51 878,99 zł	53 013,51 zł
Koszty jednostkowy emisji zanieczyszczeń w transporcie lądowym na tonę substancji wyemitowanej [zł/1MgNO _x]	92 827,83 zł	95 134,57 zł	97 436,14 zł	99 807,13 zł	102 171,50 zł	104 483,40 zł	106 819,39 zł	109 155,37 zł
Emisja NO _x [MgNO _x]	0,252	0,252	0,252	0,252	0,252	0,252	0,252	0,252
Koszty jednostkowy emisji zanieczyszczeń w transporcie lądowym na tonę substancji wyemitowanej [zł/1MgPM]	1 530 235,83 zł	1 568 261,65 zł	1 606 202,23 zł	1 645 287,16 zł	1 684 262,97 zł	1 722 373,91 zł	1 760 881,89 zł	1 799 389,86 zł
Emisja PM [MgPM]	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014
Koszty społeczne razem	850 327,81 zł	870 705,12 zł	891 075,39 zł	911 540,15 zł	931 995,89 zł	952 380,23 zł	972 797,35 zł	993 214,47 zł



Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej w Częstochowie autobusów zeroemisyjnych oraz innych środków transportu

Tabela 27 Tabela analizy społeczno - ekonomicznej - wariant alternatywny – autobusy elektryczne cz.1

Pozycja/Rok	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Koszt zmian klimatycznych	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł
Wartość emisji gazów cieplarnianych wg Europejskiego Banku Inwestycyjnego [PLN/MgCO ₂]	169,55 zł	174,54 zł	179,52 zł	184,51 zł	189,50 zł	194,48 zł	199,47 zł	204,46 zł
Emisja CO ₂ [MgCO ₂]	-	-	-	-	-	-	-	-
Koszty hałasu	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł
Krańcowe koszty zewnętrzne hałasu [zł/wozokilometr]	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł
Liczba wozokilometrów [km]	-	1 050 000,00	1 050 000,00	1 050 000,00	1 050 000,00	2 100 000,00	2 100 000,00	2 100 000,00
Koszt zanieczyszczenia powietrza	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł
Koszty jednostkowy emisji zanieczyszczeń w transporcie lądowym na tonę substancji wyemitowanej [zł/1MgNO _x]	74 773,54 zł	77 088,90 zł	79 422,32 zł	81 772,32 zł	83 940,50 zł	86 110,95 zł	88 350,29 zł	90 590,20 zł
Emisja NO _x [MgNO _x]	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Koszty jednostkowy emisji zanieczyszczeń w transporcie lądowym na tonę substancji wyemitowanej [zł/1MgPM]	1 232 616,80 zł	1 270 784,70 zł	1 309 250,43 zł	1 347 989,44 zł	1 383 731,06 zł	1 419 510,26 zł	1 456 425,05 zł	1 493 349,23 zł
Emisja PM [MgPM]	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Koszty społeczne razem	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł



Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej w Częstochowie autobusów zeroemisyjnych oraz innych środków transportu

Tabela 28 Tabela analizy społeczno - ekonomicznej - wariant alternatywny – autobusy elektryczne cz.2

Pozycja/Rok	2028	2029	2030	2031	2031	2033	2034	2035
Koszt zmian klimatycznych	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł
Wartość emisji gazów cieplarnianych wg Europejskiego Banku Inwestycyjnego [PLN/MgCO ₂]	209,45 zł	214,43 zł	219,42 zł	224,41 zł	229,39 zł	234,38 zł	239,37 zł	244,35 zł
Emisja CO ₂ [MgCO ₂]	-	-	-	-	-	-	-	-
Koszty hałasu	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł
Krańcowe koszty zewnętrzne hałasu [zł/wozokilometr]	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł
Liczba wozokilometrów [km]	3 150 000,00	3 150 000,00	3 150 000,00	3 150 000,00	3 150 000,00	3 150 000,00	3 150 000,00	3 150 000,00
Koszt zanieczyszczenia powietrza	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł
Koszty jednostkowy emisji zanieczyszczeń w transporcie lądowym na tonę substancji wyemitowanej [zł/1MgNO _x]	92 827,83 zł	95 134,57 zł	97 436,14 zł	99 807,13 zł	102 171,50 zł	104 483,40 zł	106 819,39 zł	109 155,37 zł
Emisja NO _x [MgNO _x]	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Koszty jednostkowy emisji zanieczyszczeń w transporcie lądowym na tonę substancji wyemitowanej [zł/1MgPM]	1 530 235,83 zł	1 568 261,65 zł	1 606 202,23 zł	1 645 287,16 zł	1 684 262,97 zł	1 722 373,91 zł	1 760 881,89 zł	1 799 389,86 zł
Emisja PM [MgPM]	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Koszty społeczne razem	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł



Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej w Częstochowie autobusów zeroemisyjnych oraz innych środków transportu

Tabela 29 Tabela analizy społeczno - ekonomicznej - wariant alternatywny – autobusy zasilane CNG cz.1

Pozycja/Rok	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Koszt zmian klimatycznych	- zł	168 464,78 zł	173 278,06 zł	178 091,34 zł	182 904,62 zł	375 435,80 zł	385 062,36 zł	394 688,92 zł
Wartość emisji gazów cieplarnianych wg Europejskiego Banku Inwestycyjnego [PLN/MgCO ₂]	169,55 zł	174,54 zł	179,52 zł	184,51 zł	189,50 zł	194,48 zł	199,47 zł	204,46 zł
Emisja CO ₂ [MgCO ₂]	-	965,21	965,21	965,21	965,21	1 930,41	1 930,41	1 930,41
Koszty hałasu	- zł	22 493,50 zł	23 174,36 zł	23 860,06 zł	24 492,71 zł	50 252,03 zł	51 558,85 zł	52 866,00 zł
Krańcowe koszty zewnętrzne hałasu [zł/wozokilometr]	0,021 zł	0,021 zł	0,022 zł	0,023 zł	0,023 zł	0,024 zł	0,025 zł	0,025 zł
Liczba wozokilometrów [km]	-	1 050 000,00	1 050 000,00	1 050 000,00	1 050 000,00	2 100 000,00	2 100 000,00	2 100 000,00
Koszt zanieczyszczenia powietrza	- zł	1 595,32 zł	1 643,61 zł	1 692,24 zł	1 737,11 zł	3 564,05 zł	3 656,73 zł	3 749,44 zł
Koszty jednostkowy emisji zanieczyszczeń w transporcie lądowym na tonę substancji wyemitowanej [zł/1MgNO _x]	74 773,54 zł	77 088,90 zł	79 422,32 zł	81 772,32 zł	83 940,50 zł	86 110,95 zł	88 350,29 zł	90 590,20 zł
Emisja NO _x [MgNO _x]	0,000	0,017	0,017	0,017	0,017	0,034	0,034	0,034
Koszty jednostkowy emisji zanieczyszczeń w transporcie lądowym na tonę substancji wyemitowanej [zł/1MgPM]	1 232 616,80 zł	1 270 784,70 zł	1 309 250,43 zł	1 347 989,44 zł	1 383 731,06 zł	1 419 510,26 zł	1 456 425,05 zł	1 493 349,23 zł
Emisja PM [MgPM]	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Koszty społeczne razem	- zł	192 553,60 zł	198 096,03 zł	203 643,64 zł	209 134,43 zł	429 251,87 zł	440 277,94 zł	451 304,35 zł



Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej w Częstochowie autobusów zeroemisyjnych oraz innych środków transportu

Tabela 30 Tabela analizy społeczno - ekonomicznej - wariant alternatywny – autobusy zasilane CNG cz.2

Pozycja/Rok	2028	2029	2030	2031	2031	2033	2034	2035
Koszt zmian klimatycznych	606 473,21 zł	620 913,05 zł	635 352,89 zł	649 792,73 zł	664 232,57 zł	678 672,41 zł	693 112,25 zł	707 552,08 zł
Wartość emisji gazów cieplarnianych wg Europejskiego Banku Inwestycyjnego [PLN/MgCO ₂]	209,45 zł	214,43 zł	219,42 zł	224,41 zł	229,39 zł	234,38 zł	239,37 zł	244,35 zł
Emisja CO ₂ [MgCO ₂]	2 895,62	2 895,62	2 895,62	2 895,62	2 895,62	2 895,62	2 895,62	2 895,62
Koszty hałasu	81 257,73 zł	83 276,96 zł	85 291,66 zł	87 367,12 zł	89 436,79 zł	91 460,54 zł	93 505,37 zł	95 550,20 zł
Krańcowe koszty zewnętrzne hałasu [zł/wozokilometr]	0,026 zł	0,026 zł	0,027 zł	0,028 zł	0,028 zł	0,029 zł	0,030 zł	0,030 zł
Liczba wozokilometrów [km]	3 150 000,00	3 150 000,00	3 150 000,00	3 150 000,00	3 150 000,00	3 150 000,00	3 150 000,00	3 150 000,00
Koszt zanieczyszczenia powietrza	5 763,08 zł	5 906,29 zł	6 049,18 zł	6 196,38 zł	6 343,16 zł	6 486,70 zł	6 631,72 zł	6 776,75 zł
Koszty jednostkowy emisji zanieczyszczeń w transporcie lądowym na tonę substancji wyemitowanej [zł/1MgNO _x]	92 827,83 zł	95 134,57 zł	97 436,14 zł	99 807,13 zł	102 171,50 zł	104 483,40 zł	106 819,39 zł	109 155,37 zł
Emisja NO _x [MgNO _x]	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Koszty jednostkowy emisji zanieczyszczeń w transporcie lądowym na tonę substancji wyemitowanej [zł/1MgPM]	1 530 235,83 zł	1 568 261,65 zł	1 606 202,23 zł	1 645 287,16 zł	1 684 262,97 zł	1 722 373,91 zł	1 760 881,89 zł	1 799 389,86 zł
Emisja PM [MgPM]	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Koszty społeczne razem	693 494,02 zł	710 096,30 zł	726 693,72 zł	743 356,23 zł	760 012,53 zł	776 619,64 zł	793 249,34 zł	809 879,03 zł



X. WNIOSKI I REKOMENDACJE

W ramach analizy kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej w Częstochowie autobusów zeroemisyjnych oraz innych środków transportu, przeanalizowano zasadność modernizacji taboru autobusowego w czterech wariantach:

- 1) Wariantie bazowym – z wykorzystaniem autobusów o napędzie konwencjonalnym spełniającym wymogi normy EURO6;
- 2) Wariantie alternatywnym I – z wykorzystaniem autobusów o napędzie elektrycznym;
- 3) Wariantie alternatywnym II – z wykorzystaniem autobusów zasilanych CNG;
- 4) Wariantie alternatywnym III – z wykorzystaniem autobusów o napędzie wodorowym;

Pierwszym elementem analizy była ocena techniczna wdrożenia każdego z ww. rozwiązań. Analiza wykazała jednak, że w świetle dostępnych rozwiązań technicznych, wprowadzenie do eksploatacji autobusów o napędzie wodorowym nie jest możliwe. Na dzień sporządzania analizy na terenie kraju nie funkcjonują żadne komercyjne stacje tankowania wodoru, a możliwość zakupu sprężonego wodoru na cele transportowe nie występuje (brak odpowiedniej infrastruktury i przedsiębiorstw dystrybucyjnych). Tym samym analizę III wariantu alternatywnego na tym etapie zakończono, wykluczając możliwość jej realizacji.

Drugi element analizy stanowiła ocena finansowa inwestycji.

W kosztach realizacji inwestycji uwzględniono:

- 1) Koszty początkowe;
- 2) Koszty paliwa/energii;
- 3) Uśrednione koszty eksploatacji i serwisowania;

Przyjmując horyzont czasowy eksploatacji autobusów wynoszący 15 lat, zdyskontowane wydatki sprowadzono do wartości jednostkowej – kosztu wozokilometra. Z uwagi na wysokie wydatki inwestycyjne, analiza wykazała, że nawet w przypadku niskich kosztów eksploatacyjnych, wariant zakupu autobusów elektrycznych jest dalece mniej opłacalny od zakupu autobusów zasilanych olejem napędowym bądź sprężonym gazem ziemnym.

Tabela 31 Porównanie kosztów wozokilometra w wariantach

Wariant	koszt paliwa + eksploatacji + inwestycji
Autobusy zasilane ON	3,91 zł
Autobusy zasilane en. Elektryczną	4,01 zł
Autobusy zasilane CNG	4,50 zł

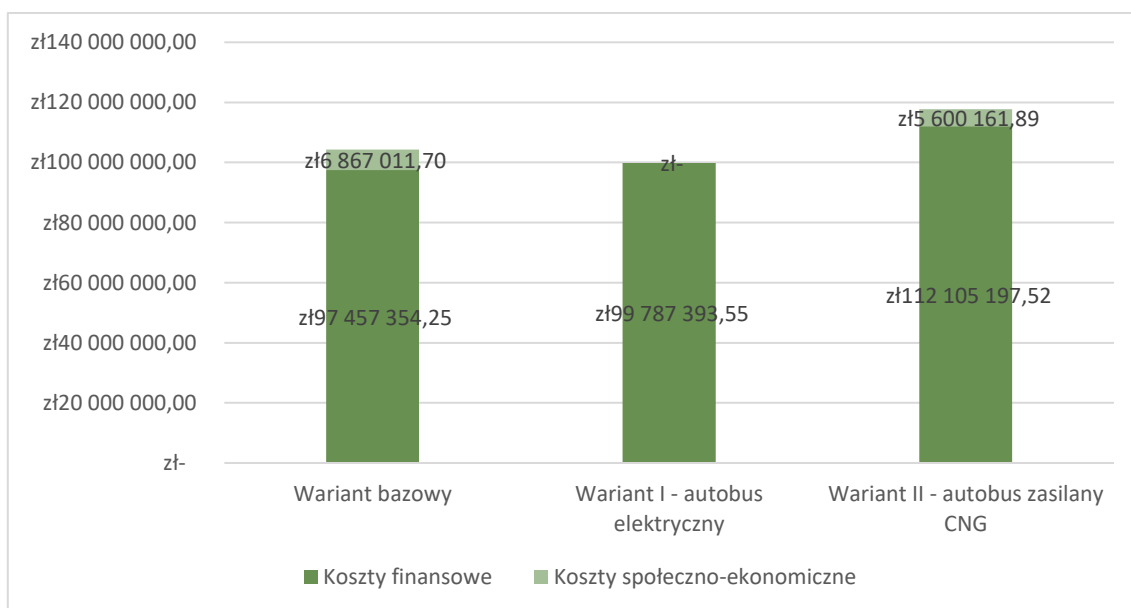


W trzecim elemencie analizy podjęto problematykę efektów środowiskowych inwestycji, szacując wpływ inwestycji na emisję substancji szkodliwych do atmosfery. Z uwagi na trudności porównywania emisji odmiennych substancji (m.in. dwutlenku węgla, czy związków azotu), wielkości emisji substancji zostały przeliczone do wspólnej porównywalnej wartości wyrażonej w złotych polskich.

Kalkulacji oraz porównania skwantyfikowanych skutków środowiskowych inwestycji dokonano w ramach analizy społeczno-ekonomicznej. Łączne wyniki analizy finansowej oraz społeczno-ekonomicznej przedstawia tabela oraz wykres zamieszczony poniżej.

Tabela 32 Zestawienie kosztów finansowych oraz społeczno-ekonomicznych inwestycji

Pozycja	Wariant bazowy	Wariant I - autobus elektryczny	Wariant II - autobus zasilany CNG
Koszty finansowe	97 457 354,25 zł	99 787 393,55 zł	112 105 197,52 zł
Koszty społeczno-ekonomiczne	6 867 011,70 zł	- zł	5 600 161,89 zł
SUMA	104 324 365,95 zł	99 787 393,55 zł	117 705 359,41 zł



Rysunek 19 Porównanie łącznych kosztów finansowych oraz społeczno-ekonomicznych wariantów inwestycyjnych

Najkorzystniejsze parametry pod względem kosztowym i społecznym (koszty emisji i zanieczyszczeń wprowadzanych do środowiska) wykazuje wariant zakupu autobusów zeroemisyjnych zasilanych energią elektryczną. W przypadku wariantu zakupu autobusów zasilanych CNG, efekt zastosowania czystszej paliwa i mniejszej jednostkowej emisji na jednostkę zużytego paliwa, kompensowany jest przez znacząco wyższym spalaniem na 100 km. (61 Nm³/100 km gazu, względem 41 l/100 km oleju napędowego, tym samym faktyczna korzyść środowiskowa wynikająca z przejścia z autobusów



ON na autobusy CNG nie jest znacząca. Ponadto wysokie spalanie negatywnie rzutuje na koszt wozokilometra.

Otrzymane wyniki analizy przeprowadzonej zgodnie z wymogami Ustawy o elektromobilności oraz przyjętą metodyką wykazują, iż wprowadzenie taboru zeroemisyjnego (autobusów elektrycznych) do systemu komunikacyjnego miasta jest pod pewnymi warunkami rozwiązaniem najkorzystniejszym.

Do warunków tych należy:

1. Możliwość zakupu autobusów z dofinansowaniem zewnętrznym wynoszącym co najmniej 55%, dzięki czemu jednostkowy koszt autobusu elektrycznego będzie porównywalny z autobusami zasilanymi ON lub CNG, bądź zastosowanie instrumentu finansowego w postaci najmu długoterminowego;
2. Niskie zużycie energii na km pracy przewozowej wynoszące 1,20 kWh/km oraz stabilne ceny energii elektrycznej (postępujący wzrost cen energii elektrycznej może znacząco wpłynąć na wysokość kosztów eksploatacyjnych);
3. Żywotność baterii wynosząca co najmniej 8 lat;

W związku z powyższym (pod warunkiem spełnienia ww. warunków), organizator, zlecając świadczenie usług komunikacji miejskiej w rozumieniu ustawy z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym, powinien spełnić określony w art. 36 Ustawy o elektromobilności udział autobusów zeroemisyjnych we flocie użytkowanych pojazdów. Zgodnie z art. 37 Ustawy, przystąpienie do ponownej analizy powinno nastąpić nie później niż w terminie następujących 36 miesięcy.



XI. SPIS TABEL

Tabela 1 Wykaz linii MZDiT w Częstochowie (stan na 31.12.2019 r.)	13
Tabela 2 Wykaz autobusów użytkowanych przez MPK w Częstochowie (stan na 31.12.2019 r.)	18
Tabela 3 Krańcowe/początkowe przystanki autobusowe wraz z obsługiwanyimi liniami	24
Tabela 4 Planowany udział zmodernizowanych pojazdów w całkowitym taborze miejskim	27
Tabela 5 Matryca obsługi linii autobusem z zasilaniem bateryjnym	43
Tabela 6 Plan inwestycyjny	47
Tabela 7 Udział pojazdów zeroemisyjnych - założenia	47
Tabela 8 Nakłady inwestycyjne - wariant bazowy	48
Tabela 9 Nakłady inwestycyjne - wariant alternatywny I	48
Tabela 10 Nakłady inwestycyjne - wariant alternatywny II	48
Tabela 11 Założenia podstawowych kosztów operacyjnych	48
Tabela 12 Prognoza wydatków na lata 2020-2035 - wariant bazowy	50
Tabela 13 Prognoza wydatków na lata 2020-2035 - wariant alternatywny – autobusy elektryczne	51
Tabela 14 Prognoza wydatków na lata 2020-2035 - wariant alternatywny – autobusy zasilane CNG	53
Tabela 15 Matryca DGC - wariant bazowy	54
Tabela 16 Matryca DGC - wariant alternatywny – autobusy elektryczne	55
Tabela 17 Matryca DGC - wariant alternatywny – autobusy zasilane CNG	56
Tabela 18 Porównanie kosztu jednostkowego w wariantach	57
Tabela 19 Wartość dopuszczalnych poziomów zanieczyszczeń dla normy EURO6	58
Tabela 20 według wartości opałowe (WO) i wskaźników emisji CO ₂ (WE) do raportowania w ramach Systemu Handlu Uprawnieniami do Emisji za rok 2017	58
Tabela 21 Wskaźniki emisyjności – autobus elektryczny	59
Tabela 22 Wskaźniki emisyjności - autobus CNG	59
Tabela 25 Porównanie emisyjności autobusu z napędem konwencjonalnym oraz z napędem elektrycznym	59
Tabela 26 Porównanie emisyjności w wariantach inwestycyjnych	60
Tabela 25 Tabela analizy społeczno - ekonomicznej - wariant bazowy – autobusy z napędem konwencjonalnym, cz.1	63
Tabela 26 Tabela analizy społeczno - ekonomicznej - wariant bazowy – autobusy z napędem konwencjonalnym, cz.2	64
Tabela 29 Tabela analizy społeczno - ekonomicznej - wariant alternatywny – autobusy elektryczne cz.1	65
Tabela 30 Tabela analizy społeczno - ekonomicznej - wariant alternatywny – autobusy elektryczne cz.2	66
Tabela 31 Tabela analizy społeczno - ekonomicznej - wariant alternatywny – autobusy zasilane CNG cz.1	67
Tabela 32 Tabela analizy społeczno - ekonomicznej - wariant alternatywny – autobusy zasilane CNG cz.2	68
Tabela 31 Porównanie kosztów wozokilometra w wariantach	69
Tabela 32 Zestawienie kosztów finansowych oraz społeczno-ekonomicznych inwestycji	70



XII. SPIS ILUSTRACJI

Rysunek 1 Graficzny schemat wykonania obowiązku ustawowego w zakresie sporządzenia Analizy Kosztów i Korzyści	7
Rysunek 2 Obszar transportowy – mapa	11
Rysunek 3 Przykładowa lokalizacja pantografowych stacji ładowania	23
Rysunek 4 Schemat budowy autobusu elektrycznego, źródło: https://elektrowoz.pl/wp-content/uploads/2018/07/Schemat-budowy-elektrycznego-autobusu-eCitaro.jpg	30
Rysunek 5 Pantografowa stacja ładowania autobusów elektrycznych w Jaworznie, źródło: https://www.transport-publiczny.pl/img/jaworznostacja1.jpg_678-443.jpg	31
Rysunek 6 Autobus z napędem hybrydowym ON i CNG, źródło: https://cng-Ing.pl/wiadomosci/Wspolpraca-z-gazem-w-tle,wiadomosc,374.htm	33
Rysunek 7 Schemat "wolnej" stacji tankowania CNG, źródło: www.afdc.energy.gov	34
Rysunek 8 Schemat "szybkiej" stacji tankowania CNG, źródło: www.afdc.energy.gov	34
Rysunek 9 Autobus wodorowy Solaris Urbino 12 Hydrogen, źródło: Solaris Bus&Coach	35
Rysunek 10 Hala postojowa zajeżdżna autobusowej MPK w Częstochowie	37
Rysunek 11 Pętla autobusowa przy Dworcu PKP w Rakowie	37
Rysunek 12 Potencjalna lokalizacja stacji pantografowej przy pętli autobusowej – Raków Dworzec PKP	38
Rysunek 13 Pętla autobusowa – Kukuczki	38
Rysunek 14 Potencjalna lokalizacja stacji pantografowej – Kukuczki	39
Rysunek 15 Pętla autobusowa przy przystanku Stradom - Dworzec PKP	39
Rysunek 16 Potencjalna lokalizacja stacji pantografowej – Stradom - Dworzec PKP	40
Rysunek 17 Porównanie kosztów jednostkowych (na wzkm) w wariantach	57
Rysunek 18 Porównanie kosztów społecznych	62
Rysunek 19 Porównanie łącznych kosztów finansowych oraz społeczno-ekonomicznych wariantów inwestycyjnych	70

