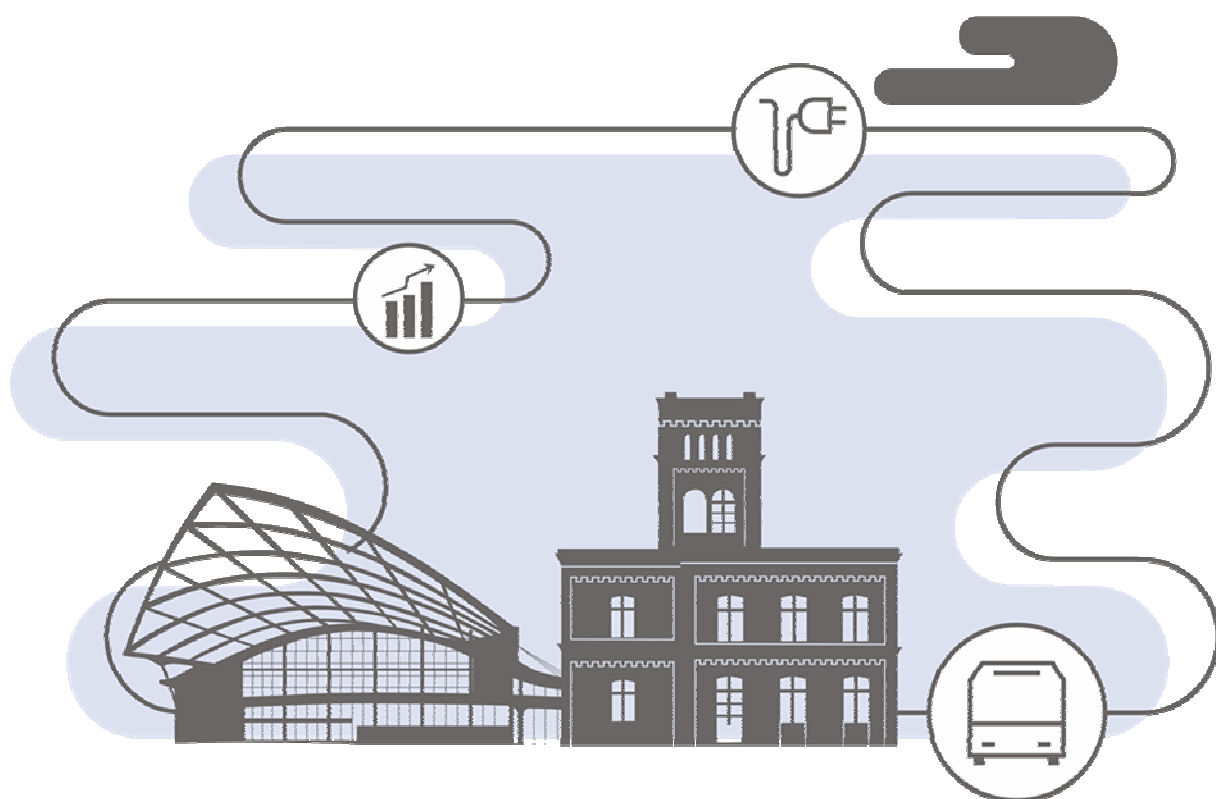




ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

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

- wersja do konsultacji społecznych -

LISTOPAD 2018

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:

Agnieszka Kopańska

Michał Mroskowiak

Anna Piotrowska

Wojciech Płachetka

Iwona Szczepanik

Aleksandra Szlachta

Łukasz Witosz



Spis treści

I. Cel i podstawa przeprowadzenia analizy	5
II. Metodyka przeprowadzenia analizy	8
III. Charakterystyka aktualnego systemu komunikacji miejskiej	11
IV. Możliwe scenariusze inwestycyjne	21
V. Analiza techniczna	24
VI. Analiza finansowa	48
VII. Oszacowanie efektów środowiskowych wariantów inwestycyjnych.....	64
VIII. Analiza społeczno - ekonomiczna	67
IX. Analiza wrażliwości i ryzyka	82
X. Wnioski i rekomendacje.....	85
XI. Spis tabel.....	89
XII. Spis ilustracji	91



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 Zarząd Dróg i Transportu w Łodzi.
- 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 z późn. zm.).



I. CEL I PODSTAWA PRZEPROWADZENIA ANALIZY

Ustawa o elektromobilności i paliwach alternatywnych z dnia 11 stycznia 2018 r. (Dz.U. z 2018 r. poz. 317 z późn. zm.) 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 2018 r. poz. 2016) podmiotowi, którego udział autobusów zeroemisyjnych we flocie użytkowanych pojazdów na obszarze tej jednostki samorządu terytorialnego wynosi co najmniej 30%¹. 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.²

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 substancji³.

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.

¹ Art. 35 Ustawy o elektromobilności z dnia 11 stycznia 2018 r. (Dz.U. z 2018 r. poz. 317 z późn. zm.)

² Art. 68 Ustawy o elektromobilności z dnia 11 stycznia 2018 r. (Dz.U. z 2018 r. poz. 317 z późn. zm.)

³ Art. 37 Ustawy o elektromobilności z dnia 11 stycznia 2018 r. (Dz.U. z 2018 r. poz. 317 z późn. zm.)



Termin na sporządzenie analizy po raz pierwszy mija 31 grudnia 2018 r.⁴. W przypadku, w którym Analiza wskaże jednak na zasadność wykorzystania w publicznym transporcie zbiorowym autobusów zeroemisyjnych, wnioski i zmiany wynikające z Analizy należy uwzględnić w projekcie bądź aktualizacji planu transportowego⁵.

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 2018 poz. 2081)⁶.

Niezwłocznie po sporządzeniu, Analizę należy przekazać:

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

Kolejne Analizy, weryfikujące zasadność wykorzystania autobusów zeroemisyjnych na potrzeby świadczenia usług komunikacji miejskiej sporządzić należy nie dłuższym niż co 36 miesięcy.

Z uwagi na fakt, iż Miasto Łódź zamieszkuje 690 503 mieszkańców, w stosunku do Miasta Łódź aktualizuje się obowiązek sporządzenia Analizy Kosztów i Korzyści o której mowa w art. 36 Ustawy.

Z uwagi na powyższe wykonanie Analizy zlecono przedsiębiorstwu Grupa CDE Sp. z o.o. z siedzibą w Mikołowie na podstawie umowy zawartej pomiędzy Zarządem Dróg i Transportu w Łodzi, a Grupą CDE Sp. z o.o.

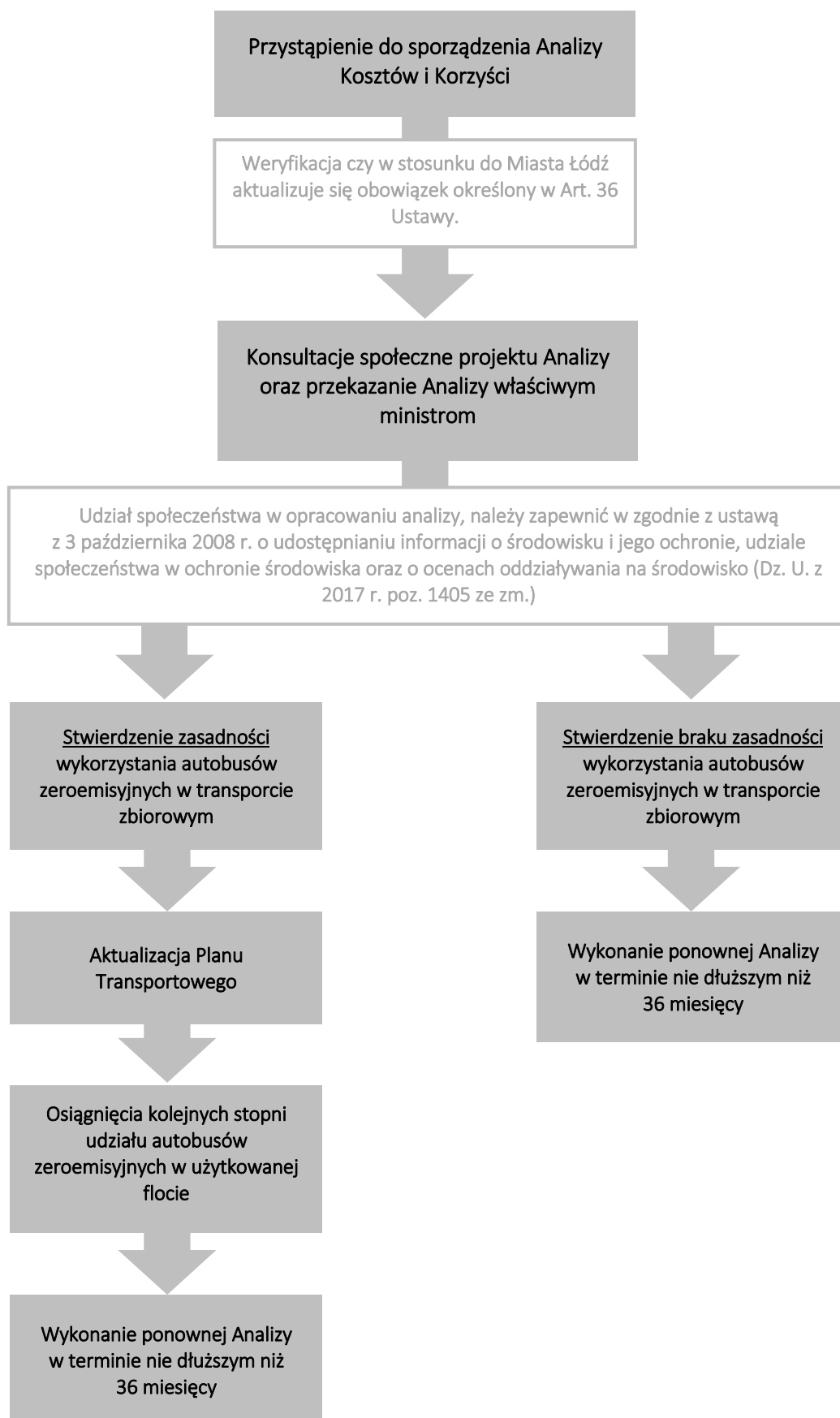
Ramowy harmonogram przeprowadzenia Analizy zgodnie z zapisami ustawy o elektromobilności przedstawiono na rysunku zamieszczonym poniżej.

⁴ Art. 72 Ustawy o elektromobilności z dnia 11 stycznia 2018 r. (Dz.U. z 2018 r. poz. 317 z późn. zm.)

⁵ Art. 12 ust. 2a Ustawy o publicznym transporcie zbiorowym z dnia 16 grudnia 2010 r. (Dz. U. z 2018 r. poz. 2016)

⁶ Art. 37 Ustawy o elektromobilności z dnia 11 stycznia 2018 r. (Dz.U. z 2018 r. poz. 317 z późn. zm.)





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



II. 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 Zarząd Dróg i Transportu w Łodzi (ZDiT w Łodzi) obejmują:

- 1) Planu zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego dla Miasta Łodzi do roku 2025;
- 2) Studium wykonalności dla projektu pn. Program Niskoemisyjnego Transportu Miejskiego – zakup 17 autobusów elektrycznych wraz z wybudowaniem infrastruktury niezbędnej do ich obsługi;
- 3) Audyt w zakresie weryfikacji rekompensaty za rok 2016;
- 4) Audyt w zakresie weryfikacji rekompensaty za rok 2017;
- 5) Audyt w zakresie weryfikacji rekompensaty za rok 2018;
- 6) Audyt w zakresie prognozy rekompensaty za rok 2019;
- 7) Zestawienie jednostkowego kosztu usług przewozowych za lata 2014-2017;
- 8) Zestawienie wozokilometrów wg. linii komunikacyjnych;
- 9) Rozkład jazdy linii autobusowych;
- 10) Schematy linii autobusowych;
- 11) Mapa komunikacji Miejskiej;

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 2017 r., poz. 2136 ze zm.);
- 3) Ustawa z dnia 17 lipca 2009 r. o systemie zarządzania emisjami gazów cieplarnianych i innych substancji (Dz. U. z 2017 r. poz. 286, z późn. zm.);



Ponieważ operator transportowy – MPK Łódź dysponuje prawie 500 wagonami tramwajowymi oraz ponad 400 autobusami, wykorzystywany w przewozach tabor podlega w zasadzie ciągłym zmianom, czy to z uwagi na zakup nowych pojazdów, czy to z uwagi na remont już posiadanych. Tym samym konieczne było wybranie konkretnej daty granicznej, która stanowić będzie podstawę opisu i analizy stanu faktycznego. Datę tą przyjęto na dzień **21 lutego 2018 r.**, a więc w dniu przyjęcia uchwałą Rady Miasta

nr LXVII/1727/18 planu zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego dla Miasta Łodzi do roku 2025. Przesłanką tego wyboru jest zachowanie możliwie zbliżonej spójności obu opracowań.



Organizatorem publicznego transportu zbiorowego na zdefiniowanym wyżej obszarze jest Zarząd Dróg i Transportu w Łodzi (ZDiT), będący jednostką budżetową Miasta Łódź, natomiast operatorem spółka MPK – Łódź Sp. z o.o.

MPK – Łódź Sp. z o.o., świadczy usługi na podstawie podpisanej z Gminą Łódź umowy o świadczenie usług publicznych w ramach organizacji lokalnego transportu zbiorowego. Umowę zawarto w celu wykonania Uchwały Nr C/1834/10 Rady Miejskiej w Łodzi z dnia 3 listopada 2010 r. w sprawie powierzenia Miejskiemu Przedsiębiorstwu Komunikacyjnemu – Łódź Spółka z o.o. wykonywania zadania własnego Miasta Łodzi z zakresu lokalnego transportu zbiorowego z uwzględnieniem przepisów Rozporządzenia Nr 1370/2007 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2007 r. w sprawie usług publicznych w zakresie kolejowego i drogowego transportu pasażerskiego.

Zakres powierzonego zadania obejmuje:

1) świadczenie usług przewozowych:

a) tramwajowych,

b) autobusowych, na które składają się:

- komunikacja dzienna i nocna,

- przewozy rekreacyjne i okazjonalne,

- przewozy wykonywane komunikacją zastępczą,

2) przewozów osób niepełnosprawnych,

3) publikowanie rozkładów jazdy, całodobową organizację i nadzór ruchu,

4) sporządzanie rozkładów jazdy sporządzanie rozkładów jazdy na zlecenie Zarządu Dróg i Transportu,

5) utrzymanie konserwację i remonty bieżące infrastruktury torowo- sieciowej na obszarze Miasta Łódź,

6) dystrybucję i kontrolę biletów wraz ze świadczeniem usług w zakresie obsługi pasażera.

Zarząd Dróg i Transportu jest jednostką organizacyjną Miasta Łodzi utworzoną na podstawie uchwały Nr VIII/104/03 Rady Miejskiej w Łodzi z dnia 5 marca 2003 r. w sprawie utworzenia jednostki budżetowej o nazwie „Zarząd Dróg i Transportu”. Zgodnie z uchwałą w sprawie nadania statutu, przedmiotem działalności ZDiT jest:

1. wykonywanie obowiązków zarządcy dróg krajowych, wojewódzkich, powiatowych, gminnych, zwanych dalej drogami publicznymi w granicach administracyjnych miasta Łodzi oraz zarządcy terenu w zakresie dróg wewnętrznych zlokalizowanych na terenach zarządzanych przez



Miasto Łódź, przekazanych do zarządu jednostce, w szczególności: planowanie, budowa, przebudowa, remonty dróg, prowadzenie laboratoryjnych badań drogowych oraz utrzymanie i ochrona dróg i drogowych obiektów inżynierskich w rozumieniu ustawy z dnia 21 marca 1985 r. o drogach publicznych z wyłączeniem obowiązków utrzymania czystości i porządku na drogach, utrzymania zieleni przydrożnej oraz zadań zarządcy dróg związanych z ochroną środowiska;

2. wykonywanie zadań zarządcy dróg publicznych i wewnętrznych;
3. wykonywanie zadań organizatora publicznego transportu zbiorowego, w szczególności: planowanie, zlecanie i kontrola jakości usług przewozowych, dystrybucja biletów obowiązujących w lokalnym transporcie zbiorowym oraz zapewnienie odpowiednich warunków funkcjonowania publicznego transportu zbiorowego;
4. wydawanie licencji lub zezwoleń na wykonywanie krajowego transportu drogowego osób lub rzeczy z wyłączeniem przewozów taksówkowych;
5. inicjowanie i realizacja zadań własnych gminy w zakresie publicznego transportu zbiorowego, obejmujących budowę, przebudowę, rozbudowę, modernizację i remonty obiektów i urządzeń związanych z funkcjonowaniem publicznego transportu zbiorowego, w szczególności przystanków komunikacyjnych, dworców i innych obiektów służących pasażerom.

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

Według danych MPW w Łodzi, w układzie komunikacyjnym funkcjonują 22 linie tramwajowe - od nr 1 do nr 16A oraz 41, 43 i 46 oraz 80 linii autobusowych, w tym:

1. 73 linie dzienne: od nr 50 do nr 99A oraz linie zastępcze (Z) (niektóre linie oprócz cyfr posiadają dodatkowy indeks literowy A lub B)
2. 7 linii miejskich nocnych: od nr N1 do nr N7.

W układzie komunikacyjnym miasta Łodzi funkcjonują także linie obsługiwane przez innych przewoźników:

1. linia autobusowa nr 6 obsługiwana przez Miejskie Usługi Komunikacyjne w Zgierzu,
2. linia autobusowa nr 58 obsługiwana przez prywatne przedsiębiorstwo "KORO",

Na terenie Miasta znajduje się 476 przystanków tramwajowych i 1552 przystanki autobusowe, służące zarówno miejskiemu transportowi zbiorowemu, jak i prywatnym przewoźnikom realizującym przewozy



aglomeracyjne. Na łódzkiej sieci tramwajowej obecnie eksploatowane są 23 czynne pętle tramwajowe w mieście, 4 pętle poza miastem oraz pętle awaryjne. Miejskie autobusy wykorzystują ponad 50 pętli na terenie miasta oraz ponad 20 przystanków końcowych na terenie gmin ościennych.

Aktualny wykaz linii komunikacyjnych zamieszczono w załączniku.

Celem analizy kosztów i korzyści nie jest jednak 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 zewnętrzny operator (MPK Łódź) realizujący obsługę linii z wykorzystaniem własnego taboru autobusowego. Szczegółowe zestawienie taboru będącego w posiadaniu MPK Łódź, według stanu na koniec 2017 roku, zamieszczono w tabeli.

Fotografia	Typ	Liczba pojazdów	Klasa
	Mercedes-Benz 628G B02 Conecto	45	MEGA



	Mercedes-Benz 628G B01 Conecto	15	MAXI
	Solaris Urbino 18 EEV	15	MEGA
	Solaris Urbino 18 E6	20	MEGA
	Solaris Urbino 12 EEV	32	MAXI
	Solaris Urbino 12 E6	20	MAXI

	Solaris Urbino 18	62	MEGA
	Mercedes-Benz 628 Conecto G	10	MEGA
	Mercedes-Benz 628 Conecto EEV	47	MEGA
	Mercede-Benz O530 Citaro	12	MAXI
	Mercedes-Benz O530G Citaro	7	MEGA
	Mercedes-Benz O345G Conecto	29	MEGA

	Volvo 7700A	14	MEGA
	Volvo 7700	5	MAXI
	Volvo 7000	24	MAXI
	Jelcz M081MB/3 VERO	17	MINI
	Jelcz M121MB/3	34	MAXI

Zgodnie z zamieszczonym powyżej danymi, łączny wykorzystywany w przewozach tabor liczy 408 pojazdów, z czego:

- 17 pojazdów stanowią autobusy klasy MINI (długość pojazdu 8-10 metrów),
- 142 pojazdów stanowią autobusy klasy MAXI (długość pojazdu ok. 12 metrów),
- 249 pojazdów stanowią pojazdy klasy MEGA (długość pojazdu 15-18 metrów),



Klasa autobusu wpływa nie tylko na pojemność ale również koszty eksploatacyjne, zgodnie z danymi zawartymi w Raporcie z przeprowadzonego audytu finansowego w Miejskim Przedsiębiorstwie Komunikacyjnym Łódź Sp. z o.o. polegającego na wyznaczeniu kwoty rekompensaty z tytułu świadczenia usług publicznych w 2018 roku w zakresie lokalnego transportu zbiorowego, koszty wozokilometru przedstawiają się następująco:

- a) mini – 5,85 PLN/wzkm
- a. solo – 7,34 PLN/wzkm
- b. przegub – 8,97 PLN/wzkm

Ad. 2 Przystanki węzłowe i końcowe

Plan transportowy klasyfikuje przystanki węzłowe według kilku kategorii:

1. Węzeł główny – zlokalizowany w centrum miasta odpowiada za integrację przewozów wojewódzkich i krajowych z przewozami miejskimi;
2. Węzeł aglomeracyjny – węzeł przesiadkowy, znajdujący się w ścisłym centrum miasta, integrujący linie magistralne zapewniające sprawny dojazd do odległych dzielnic i innych punktów przesiadkowych;
3. Węzeł miejskie – węzeł integrujący przewozy wojewódzkie i aglomeracyjne z przewozami miejskimi;
4. Węzeł osiedlowy – węzeł przesiadkowy z linii dowozowych na linie magistralne zapewniające dojazd do centrum miasta.

Lista węzłów w podziale na kategorie zamieszczono w tabeli zamieszczonej poniżej:

LP.	Rodzaj węzła	Nazwa
1	Węzeł główny	Łódź Fabryczna
2	Węzeł aglomeracyjny	Piotrkowska Centrum
3	Węzeł aglomeracyjny	Dworzec Łódź Kaliska
4	Węzeł aglomeracyjny	Dworzec Łódź Widzew
5	Węzeł miejski	Cmentarz Radogoszcz
6	Węzeł miejski	Stacja Łódź Żabieniec
7	Węzeł miejski	Kurczaki
8	Węzeł miejski	Legionów
9	Węzeł miejski	Plac Niepodległości
10	Węzeł miejski	Rondo Lotników Lwowskich
11	Węzeł miejski	Rondo Powstańców 1863 r.
12	Węzeł miejski	Stacja Łódź Dąbrowa



LP.	Rodzaj węzła	Nazwa
13	Węzeł miejski	Stacja Łódź Retkinia
14	Węzeł miejski	Szpital im. Korczaka
15	Węzeł miejski	Wojska Polskiego - Strykowska
16	Węzeł miejski	Zachodnia - Limanowskiego
17	Węzeł osiedlowy	Aleksandrowska - Traktorowa
18	Węzeł osiedlowy	Chocianowice - IKEA
19	Węzeł osiedlowy	Dworzec Łódź Chojny
20	Węzeł osiedlowy	Janów
21	Węzeł osiedlowy	Narutowicza - Kopcińskiego
22	Węzeł osiedlowy	Pabianicka - Odrzańska
23	Węzeł osiedlowy	Pabianicka - Świętojańska
24	Węzeł osiedlowy	Plac Barlickiego
25	Węzeł osiedlowy	Plac Pamięci Narodowej
26	Węzeł osiedlowy	Plac Wolności
27	Węzeł osiedlowy	Przybyszewskiego - Niciarnia
28	Węzeł osiedlowy	Rokicińska - Gogoła
29	Węzeł osiedlowy	Rondo Biłyka
30	Węzeł osiedlowy	Rondo Solidarności
31	Węzeł osiedlowy	Stacja Łódź Marysin
32	Węzeł osiedlowy	Stacja Łódź Pabianicka
33	Węzeł osiedlowy	Stacja Łódź Radogoszcz Zachód
34	Węzeł osiedlowy	Stacja Łódź Stoki
35	Węzeł osiedlowy	Śmigłego - Rydza - Przybyszewskiego
36	Węzeł osiedlowy	Świtezianki
37	Węzeł osiedlowy	Warszawska - Skrzydlata
38	Węzeł osiedlowy	Widzew Stadion
39	Węzeł osiedlowy	Wydawnicza
40	Węzeł osiedlowy	Wyszyńskiego
41	Węzeł osiedlowy	Wyszyńskiego - Retkińska
42	Węzeł osiedlowy	Zachodnia - Legionów
43	Węzeł osiedlowy	Zachodnia - Lutomierska
44	Węzeł osiedlowy	Zachodnia - Zielona

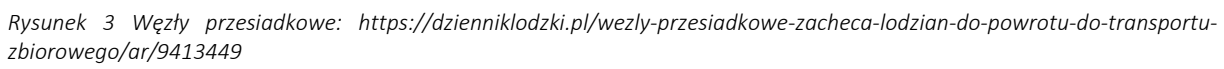
„Program Niskoemisyjnego Transportu Miejskiego – Zakup 17 autobusów elektrycznych wraz z wybudowaniem infrastruktury niezbędnej do ich obsługi” określa rekomendowane lokalizacje infrastruktury szybkiego ładowania (stacji pantografowych), która będzie mogła zostać wykorzystana do ładowania autobusów elektrycznych w czasie postojów technicznych i są to:

1. Pętla „Wydawnicza”
2. Pętla „Cmentarz Szczecińska”
3. Pętla „Janów”



- Montaż infrastruktury ładowania autobusów w ww. lokalizacjach pozwoliłby na obsługę połączeń autobusowych linii 80 (Retkinia – Janów), 83 (Wydawnicza – Cmentarz Szczecińska) oraz 86 (Retkinia Kusocińskiego – Dworzec Łódź Fabryczna).

główne centrum przesiadkowe



IV. 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, przeanalizowano ekonomiczne efekty wprowadzenia do miksu taborowego pojazdów napędzanych gazem CNG.

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.



- 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 zasilony sprężonym gazem ziemnym (CNG)** - wariant modernizacji floty autobusowej, z wykorzystaniem autobusów zasilanych sprężonym gazem ziemnym.
- 4) **Wariant III – tabor zasilanych 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 pozwalającym spełnić minimalne wymogi ustawowe, a więc zgodnie z tabelą:

Tabela 1 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 2018	0%	408	0	0
1 stycznia 2021	5%	408	21	5,15%
1 stycznia 2023	10%	408	42	10,29%
1 stycznia 2025	20%	408	84	20,59%
1 stycznia 2028	30%	408	126	30,88%

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 Łódź. 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.



V. 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). Norma limituje wartość emisji tlenków azotu, tlenku węgla, węglowodorów oraz cząstek stałych

Średnie spalanie autobusu klasy maxi w normie EURO6 w cyklu miejskim kształtuje się na poziomie 33-34 l/100km, natomiast autobusu klasy mega 40-45 l/100km⁹. Przy cenie 4,25 zł/litr netto 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.

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.

Pierwszym wariantem alternatywnym jest wybór taboru napędzanego energią elektryczną z baterii akumulatorowych. Autobusy elektryczne dostępne są w wariantcie hybrydowym (z dodatkowym silnikiem spalinowym) oraz w wariantcie całkowicie elektrycznym. Autobusy hybrydowe 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 nie może być przewidziany w ramach analizy.

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.

⁹<http://www.truckauto.pl/wp-content/uploads/2014/06/8.pdf>

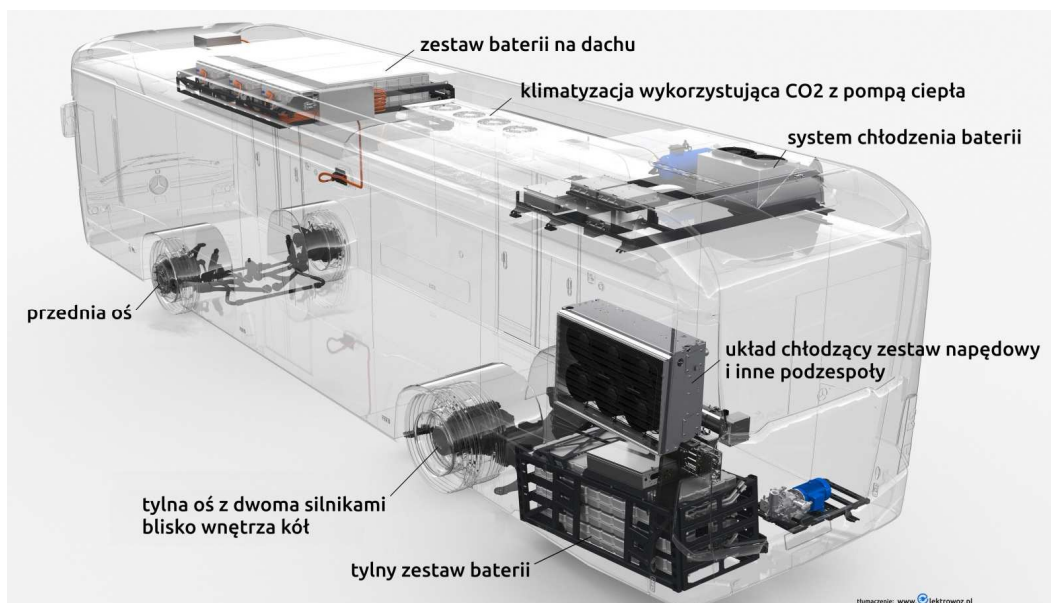


Autobusy elektryczne obsługują linie komunikacyjne m.in. na terenie Krakowa, Warszawy, Jaworzna, czy Ostrołęki¹⁰. Tym samym dostępne są już liczne dane, wynikające z faktycznej eksploatacji pojazdów w zróżnicowanych warunkach.

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 trakcję wynosi 1,03 kWh/km¹¹, 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/km¹², co przy koszcie 1 kWh energii elektrycznej wynoszącym ok. 0,397 zł/kWh daje koszt (wyłącznie w zakresie kosztów energii) 44 zł/100 km. Do kosztów energii konieczne będzie jednak doliczenie opłat za moc przyłączeniową stacji ładowania, które zgodnie z aktualnymi taryfami PGE Dystrybucji wynoszą 8400 zł/MW/m-c. Realny zasięg autobusów elektrycznych przy pełnym naładowaniu baterii szacować należy na 150 km.



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

¹⁰<https://kurierkolejowy.eu/aktualnosci/31984/autobusy-elektryczne-wkraczaja-do-polskich-miast.html>

¹¹http://www.miastoitransport.il.pw.edu.pl/4_MIT2016.pdf

¹²http://samochodelektryczne.org/mza_podsumowuje_pierwsze_dwa_miesiace_uzytownia_floty_autobusow_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 (z 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

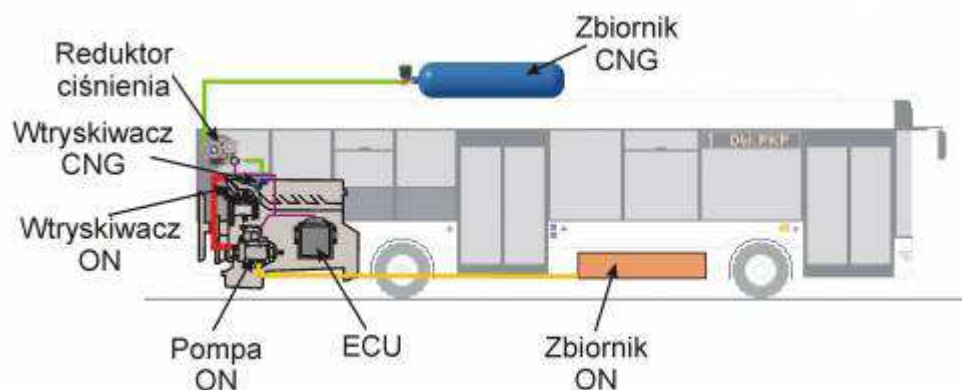
Trwają również prace nad rozwinieniem technologii PowerSwap, która na pętlach postojowych bądź w zajezdni umożliwiałaby szybką wymianę baterii rozładowanych na naładowane. Autobus z naładowanymi bateriami w ciągu kilku minut poświęconych na wymianę mógłby ruszać na trasę, natomiast baterie trafiły by do stacji ładowania¹³. 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.

Koszt zakupu samego autobusu klasy maxi to ok. 2,1 – 2,5 mln zł. W ramach eksploatacji autobusów elektrycznych należy liczyć się z wymianą zużytych baterii, co stanowi dodatkowy koszt ok. 500 000 - 600 000 zł¹⁴.

Drugim wariantem alternatywnym jest zakup autobusów zasilanych sprężonym gazem ziemnym (CNG). Wartość energetyczna 1 m³ CNG jest porównywalna z 1 litrem benzyny, co oznacza że 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.

¹³<http://elektrowoz.pl/transport/szwedzki-powerswap-chce-wymieniac-baterie-na-stacjach-benzynowych/>

¹⁴<https://www.transport-publiczny.pl/wiadomosci/mpk-tarnow-przetestowalo-elektrobus-i-wylicza-wady-takiego-pojazdu-59229.html>



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

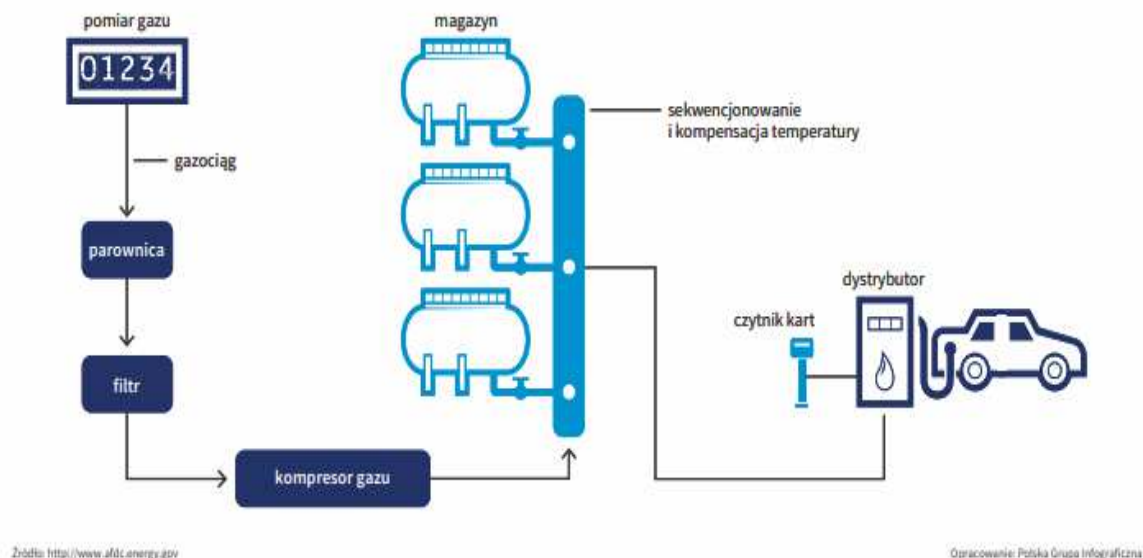
Sprężanie gazu ziemnego w stacji tankowania odbywa się za pomocą wielostopniowych sprężarek do ciśnienia 20-25 MPa. Gaz może być dostarczany do nich za pomocą tradycyjnych sieci dystrybucji surowca, co minimalizuje koszty logistyki (paliwo nie musi być dostarczane do stacji cysternami) i magazynowania (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. (m.in. z uwagi na zwolnienie z akcyzy - wyraźnie tańszym od oleju napędowego).

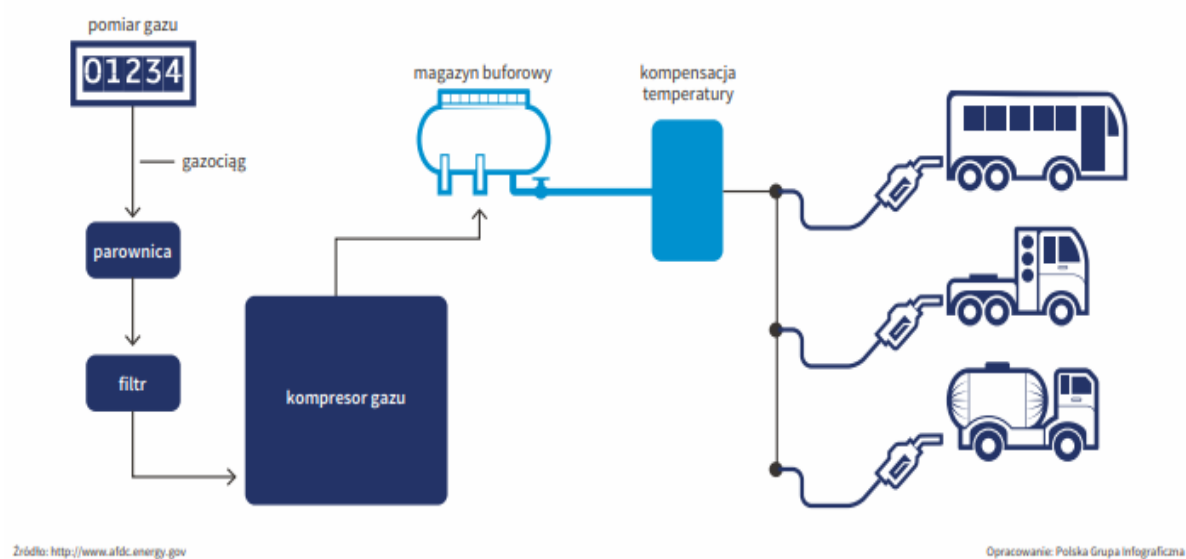
Wadą zastosowania CNG jest relatywnie długi czas tankowania zajmujący nawet do kilku godzin w stacji wolnego ładowania. W stacji szybkiego ładowania, kluczową rolę pełni kompresor gazu podnoszący ciśnienie gazu, w przedziale 20–35MPa. Wpływ na wydajność danego modelu kompresora ma model silnika napędowego i ciśnienie zasilania. Kompresor napędzany silnikiem o mocy 37kW przy ciśnieniu zasilania 0,02 Mpa może osiągnąć wydajność wtłaczania gazu na poziomie $75\text{Nm}^3/\text{h}$, a napędzany silnikiem 75kW przy tym samym ciśnieniu zasilania osiąga wydajność $193\text{Nm}^3/\text{h}$. Przy zwiększonym ciśnieniu zasilania z 0,02 Mpa do 0,1 Mpa, możliwe jest zwiększenie wydajności wtłaczania gazu do $283\text{Nm}^3/\text{h}$ gazu.

Standardowe zbiorniki gazu w autobusach posiadają pojemność 250-320 Nm^3 . 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

Z uwagi, na podobną wartość energetyczną 1 l oleju napędowego oraz 1 Nm³ gazu ziemnego, spalanie pojazdów zasilanych ON i CNG, kształtuje się na tożsamym poziomie. Zatem średnie spalanie autobusu klasy maxi w normie EURO6, w cyklu miejskim kształtuje się na poziomie 33-34 Nm³/100km, natomiast autobusu klasy mega 40-45 Nm³/100km¹⁵. Aktualna cena gazu ziemnego na stacjach PGNiG

¹⁵<http://www.truckauto.pl/wp-content/uploads/2014/06/8.pdf>



wynosi 3,90 zł¹⁶. Cena ta uwzględnia jednak akcyzę, której zwolnienie przewiduje przyjęta 1 czerwca 2018 r. nowelizacja o podatku akcyzowym¹⁷. Warunkiem wejścia zwolnienia w życie jest pozytywna notyfikacja zmian przez Komisję Europejską. Przed obłożeniem CNG podatkiem akcyzowym, cena gazu kształtowała się na poziomie parytetu cenowego wynoszącego 55% rynkowej ceny oleju napędowego. Przy cenie na detalicznych stacjach paliw wynoszącej 5,25 zł/litr oleju napędowego, oznacza to, że można założyć ewentualny koszt CNG na poziomie 2,90 zł/ Nm³. Zatem koszt przejechania 100 km (wyłącznie w zakresie kosztów paliwa) autobusem klasy maxi wynosiłby 95,70 zł, a autobusem klasy mega 116 zł. 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.

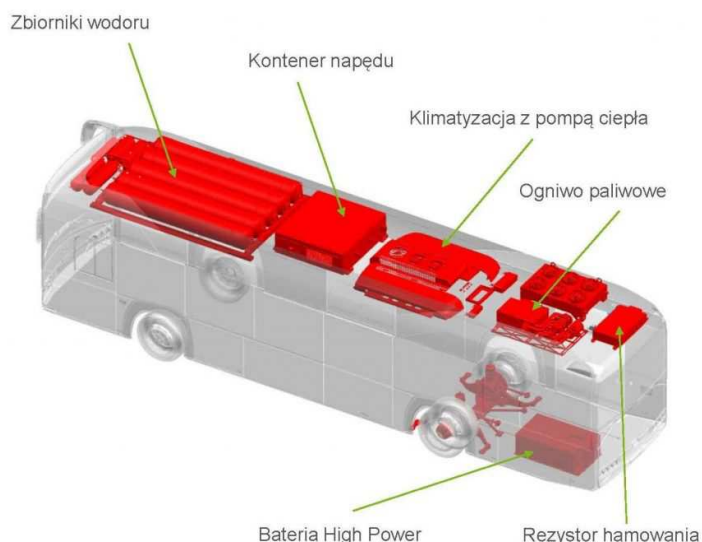
Łącznie na europejskich drogach kursuje już ponad 50 autobusów wodorowych tej marki¹⁸. Plan wdrożenia do produkcji autobusów wodorowych ogłosili również polscy producenci – Ursus (model Ursus City Smile CS12H) oraz Solaris (model Solaris Urbino 12 Hydrogen). Oba w klasie maxi, z zasięgiem teoretycznym 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.

¹⁶ <http://pgnig.pl/cng/cennik-cng>

¹⁷ <https://cng.auto.pl/15554/zerowa-stawka-akcyzy-na-gaz-ziemny-cng-i-lng-od-1-czerwca-2018-r/>

¹⁸ http://infobus.pl/autobusy-wodorowe-w-praktyce-niemcy-film-_more_106351.html





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 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.

Koszt budowy stacji tankowania wodoru, uzależniony jest od jej pojemności i wydajności. Jak wskazuje analiza przeprowadzona przez instytut NREL (National Renewable Energy Laboratory) pn. Hydrogen Refueling Infrastructure Cost Analysis, koszt budowy stacji tankowania wodoru wynosi ok. 3 370 \$ na kilogram dziennej przepustowości. Przyjmując dzienny przebieg pojazdu na poziomie maksymalnie 300 km oraz zużycie wodoru zgodne z danymi producentów wynoszące 8 kg/100 km, zużycie paliwa przez jeden autobus wynosi potencjalnie 24 kg wodoru/dobę. Zestawienie szacowanego zużycia wodoru, dla poszczególnej ilości pojazdów zeroemisyjnych przedstawiono w tabeli zamieszczonej poniżej.

Tabela 2 Dienne szacowane zużycie wodoru

Termin	Wymagany udział pojazdów zeroemisyjnych w flocie	Liczba pojazdów zeroemisyjnych	Dzienne zużycie paliwa [kg wodoru]
1 stycznia 2018	0%	0	0
1 stycznia 2021	5%	21	504
1 stycznia 2023	10%	42	1008
1 stycznia 2025	20%	84	2016
1 stycznia 2028	30%	126	3024



Tabela wskazuje, iż docelowa dzienna przepustowość stacji tankowania wodorem powinna wynosić w okresie początkowym przynajmniej 504 kg, a zatem koszt budowy stacji ładowania, zgodnie z założeniem przedstawionym powyżej i kursie dolara wynoszącym 3,75 zł/1 \$ wynosiłby ok. 6,5 mln zł. Koszt kontraktacji paliwa, przy obecnych danych odnośnie kosztu produkcji wodoru szacuje się na 2,30\$/kg wodoru tj. ok 8,60 zł/kg wodoru¹⁹. Koszt przejechania 100 km autobusem wodorowym (wyłącznie w zakresie kosztów paliwa) wynosiłby zatem 68,9 zł, podczas gdy sam koszt zakupu autobusu wodorowego klasy maxi szacować można na kwotę ok. 2,8 mln zł (ok 650 tys. Euro)²⁰.

Specyfika systemu komunikacji miejskiej w Łodzi, determinuje jednak, że nie każdy wskazany wariant może zostać wdrożony równie skutecznie.

Ad. 2 Uwarunkowania lokalne

MPK w Łodzi, posiada dwie zajezdnie autobusowe: Nowe Sady oraz Limanowskiego.

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 autobusowej nr 1, przy ul. Limanowskiego 147/149. Dla każdego z autobusów elektrycznych, należałoby przewidzieć odrębne gniazdo ładowania, celem równoczesnego ładowania wszystkich pojazdów w godzinach nocnego postoju.

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:

1. Pętla „Wydawnicza”
2. Pętla „Cmentarz Szczecińska”
3. Pętla „Janów”
4. Pętla „Retkinia”
5. Pętla „Dworzec Łódź Fabryczna”
6. Pętla „Retkinia Kusocińskiego”

¹⁹ http://ieahydrogen.org/pdfs/Global-Outlook-and-Trends-for-Hydrogen_Dec2017_WEB.aspx.

²⁰ <https://www.fuelcellbuses.eu/sites/default/files/Ballard%20-%20fuel%20cell%20electric%20buses.pdf>



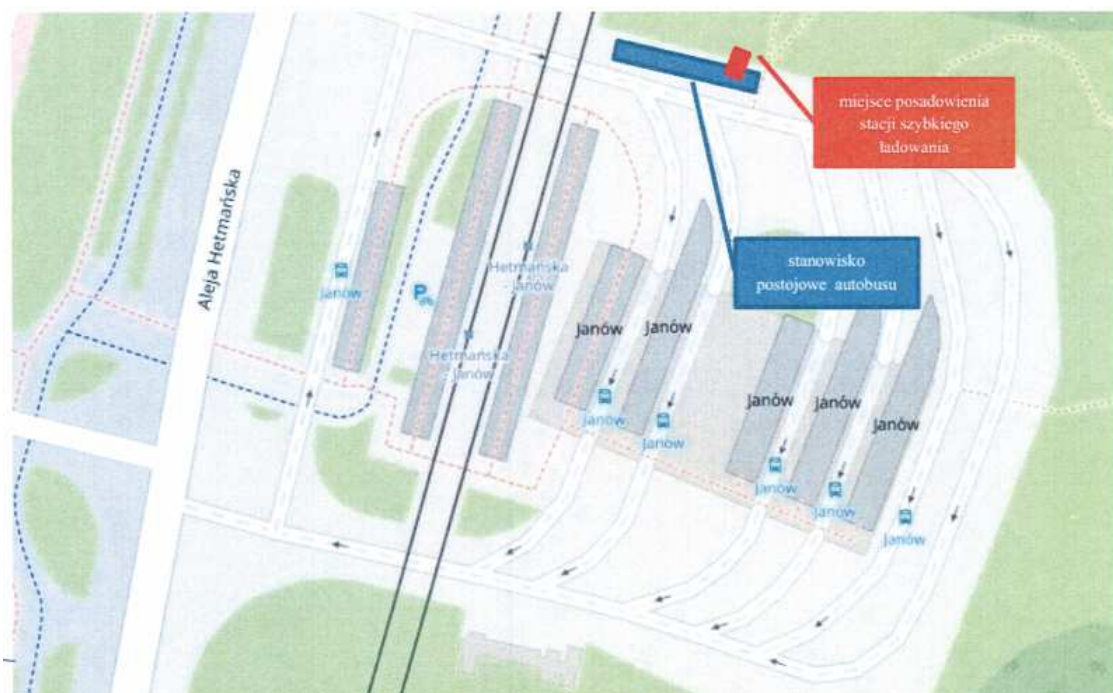
Potencjalną lokalizację poszczególnych stacji ładowania, przedstawiono na rysunkach zamieszczonych poniżej.



Rysunek 10 Nowoprojektowana pętla autobusowa „Wydawnicza” – lokalizacja stanowiska ładowania



Rysunek 11 Pętla „Cmentarz – Szczecińska” – lokalizacja stanowiska ładowania



Rysunek 12 Pętla „Janów” – lokalizacja stanowiska ładowania





Rysunek 13 Pętla „Retkinia” – lokalizacja stanowiska ładowania



Rysunek 14 Pętla „Dworzec Łódź Fabryczna” – lokalizacja stanowiska ładowania



Rysunek 15 Pętla „Retkinia Kusocińskiego” – lokalizacja stanowiska ładowania

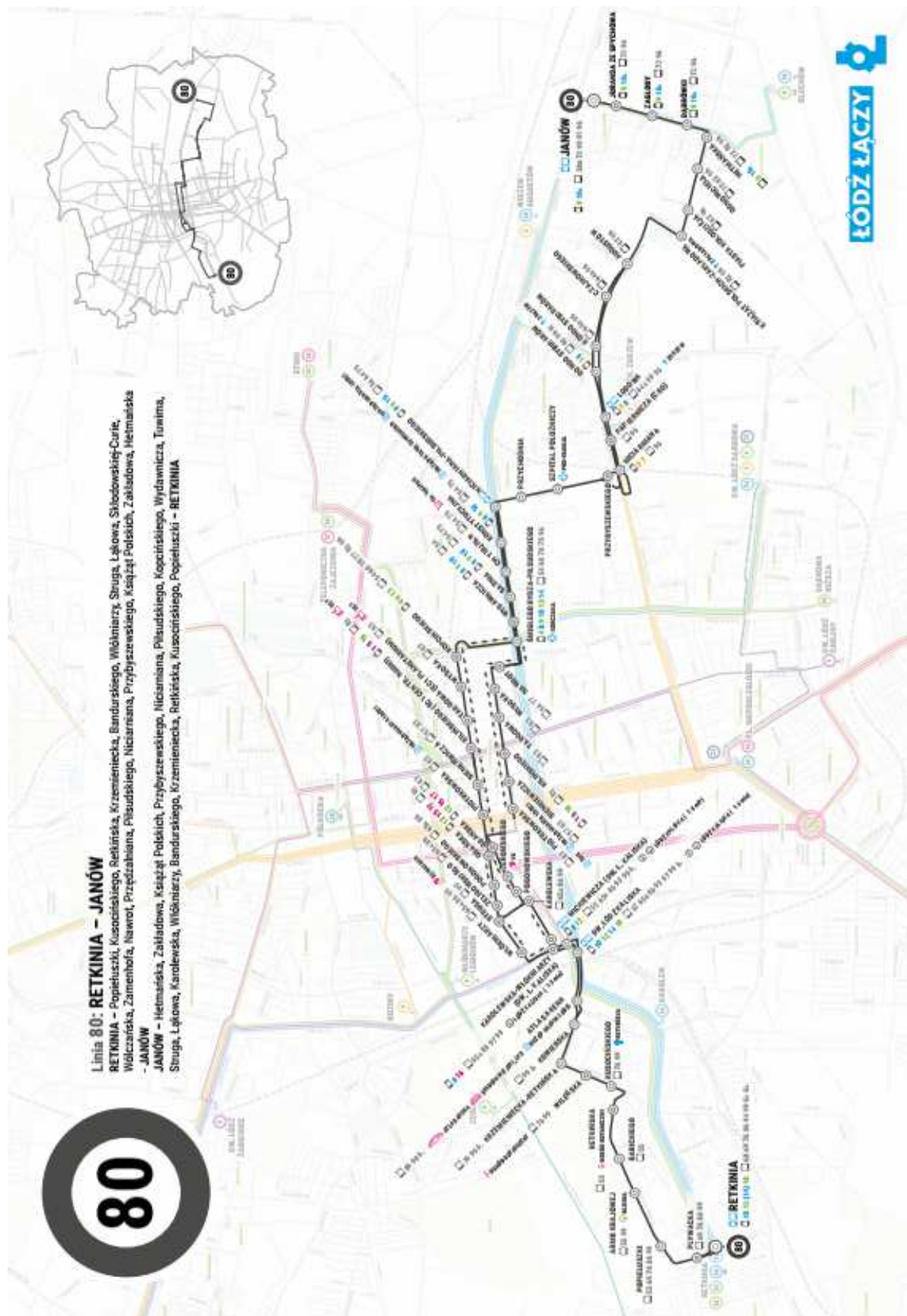
Pantografowa stacja ładowania pojazdów elektrycznych nie jest urządzeniem o dużych gabarytach. Instalacja posiada (w zależności od producenta) około 5 metrów wysokości, zajmuje przy podstawie około 2-3 m², a jej eksploatacja przebiega w zasadzie w sposób bezobsługowy. Warunkiem koniecznym inwestycji 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). Cykl ten wymusza przeanalizowanie rozkładów jazdy pod kątem zmienionych (wydłużonych czasów przejazdu).

Z pętli autobusowych wskazanych jako potencjalne lokalizacje stacji pantografowych do obsługi taborem autobusowym wytypowano następujące linie:

80 (Retkinia – Janów), 83 (Wydawnicza – Cmentarz Szczecińska) oraz 86 (Retkinia Kusocińskiego – Dworzec Łódź Fabryczna). Schemat przebiegu wskazanych linii przedstawiono na grafikach zamieszczonych poniżej.

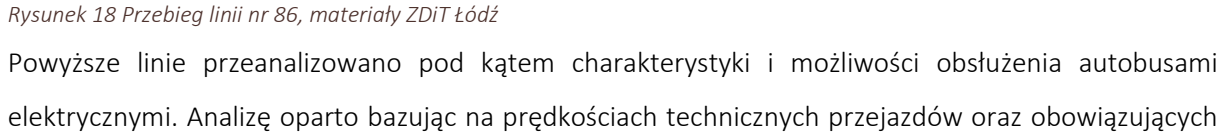




Rysunek 16 Przebieg linii nr 80, materiały ZDIT Łódź







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 przystąpieniem do wydzielenia 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;

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 80 – Według raportu za rok 2017, na linii wykonano 47 903 kursy przy łącznej pracy przewozowej wynoszącej 840 515 wozokilometrów, co przekłada się na długość jednego kursu wynoszącą ok. 17,54 km. Czas przejazdu przez linię wynosi ok. 69 minut. Aktualna prędkość techniczna linii wynosi 15,25 km/h. Częstotliwość kursowania linii wynosi 15 min w godzinach szczytu oraz 20 minut w godzinach pozaszczytowych.
- 2) Linia nr 83 – Według raportu za rok 2017, na linii wykonano 48 048 kursów przy łącznej pracy przewozowej wynoszącej 713 938 wozokilometrów, co przekłada się na długość jednego kursu wynoszącą ok. 14,86 km. Czas przejazdu przez linię wynosi 53 minuty. Aktualna prędkość techniczna linii wynosi 16,8 km/h. Częstotliwość kursowania linii wynosi 20 minut w dni robocze (10 minut w okresie szczytu) i 20 minut w soboty niedziele i święta.
- 3) Linia nr 86 – Według raportu za rok 2017, na linii wykonano 48 424 kursy przy łącznej pracy przewozowej wynoszącej 544 216 wozokilometrów, co przekłada się na długość jednego kursu wynoszącą ok. 11,24 km. Czas przejazdu przez linię wynosi ok. 45 minut. Aktualna prędkość techniczna linii wynosi 14,99 km/h. Częstotliwość kursowania linii wynosi 30 min w w dni robocze i soboty oraz 30/60 minut w niedziele.

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 (doładowanie nie musi następować po każdym kursie, w praktyce wystarczającego są 3-4 cykle ładowania w ciągu dnia;

Wzór matrycy, z uzupełnionymi danymi dla linii nr 80, 83 oraz 86, uwzględniającej doładowywanie baterii autobusów poza godzinami szczytowymi zamieszczono poniżej.



Tabela 3 Matryca obsługi linii autobusem z zasilaniem bateryjnym - linia 80

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

Zdarzenie	Parametr	Dojazd	Kolejne kursy										Powrót
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Przejazd na przystanek końcowy	Odległość	5	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Stan energii początkowy	200	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Zmiana	5,5	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Stan energii końcowy	194,5	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Doładowanie na przystanku początkowym/końcowym	Czas ładowania	x	0	15	15	15	0	15	15	15	0	0	x
	Stan energii początkowy	x	194,5	155,912	162,324	168,736	175,148	136,56	142,972	149,384	155,796	117,208	x
	Zmiana	x	0	45	45	45	0	45	45	45	0	0	x
	Stan energii końcowy	x	194,5	200,912	207,324	213,736	175,148	181,56	187,972	194,384	155,796	117,208	x
Przejazd "tam"	Odległość	x	17,54	17,54	17,54	17,54	17,54	17,54	17,54	17,54	17,54	17,54	x
	Stan energii początkowy	x	194,5	200,912	207,324	213,736	175,148	181,56	187,972	194,384	155,796	117,208	x
	Zmiana	x	19,294	19,294	19,294	19,294	19,294	19,294	19,294	19,294	19,294	19,294	x
	Stan energii końcowy	x	175,206	181,618	188,03	194,442	155,854	162,266	168,678	175,09	136,502	97,914	x
Przejazd "powrót"	Odległość	x	17,54	17,54	17,54	17,54	17,54	17,54	17,54	17,54	17,54	17,54	x
	Stan energii początkowy	x	175,206	181,618	188,03	194,442	155,854	162,266	168,678	175,09	136,502	97,914	x
	Zmiana	x	19,294	19,294	19,294	19,294	19,294	19,294	19,294	19,294	19,294	19,294	x
	Stan energii końcowy	x	155,912	162,324	168,736	175,148	136,56	142,972	149,384	155,796	117,208	78,62	x
Powrót do zajezdni	Odległość	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	5
	Stan energii początkowy	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	78,62
	Zmiana	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	5,5
	Stan energii końcowy	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	73,12

Łącznie pokonany dystans	360,80	km
Zużyta energia	396,88	kWh
Doładowana energia	270,00	kWh



Tabela 4 Matryca obsługi linii autobusem z zasilaniem bateryjnym - linia 83

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

Zdarzenie	Parametr	Dojazd	Kolejne kursy										Powrót
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Przejazd na przystanek końcowy	Odległość	5	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Stan energii początkowy	200	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Zmiana	5,5	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Stan energii końcowy	194,5	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Doładowanie na przystanku początkowym/końcowym	Czas ładowania	x	0	15	0	15	0	15	0	15	0	0	x
	Stan energii początkowy	x	194,5	161,808	174,116	141,424	153,732	121,04	133,348	100,656	112,964	80,272	x
	Zmiana	x	0	45	0	45	0	45	0	45	0	0	x
	Stan energii końcowy	x	194,5	206,808	174,116	186,424	153,732	166,04	133,348	145,656	112,964	80,272	x
Przejazd "tam"	Odległość	x	14,86	14,86	14,86	14,86	14,86	14,86	14,86	14,86	14,86	14,86	x
	Stan energii początkowy	x	194,5	206,808	174,116	186,424	153,732	166,04	133,348	145,656	112,964	80,272	x
	Zmiana	x	16,346	16,346	16,346	16,346	16,346	16,346	16,346	16,346	16,346	16,346	x
	Stan energii końcowy	x	178,154	190,462	157,77	170,078	137,386	149,694	117,002	129,31	96,618	63,926	x
Przejazd "powrót"	Odległość	x	14,86	14,86	14,86	14,86	14,86	14,86	14,86	14,86	14,86	14,86	x
	Stan energii początkowy	x	178,154	190,462	157,77	170,078	137,386	149,694	117,002	129,31	96,618	63,926	x
	Zmiana	x	16,346	16,346	16,346	16,346	16,346	16,346	16,346	16,346	16,346	16,346	x
	Stan energii końcowy	x	161,808	174,116	141,424	153,732	121,04	133,348	100,656	112,964	80,272	47,58	x
Powrót do zajezdni	Odległość	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	5
	Stan energii początkowy	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	47,58
	Zmiana	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	5,5
	Stan energii końcowy	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	42,08

Łącznie pokonany dystans	307,20	km
Zużyta energia	337,92	kWh
Doładowana energia	180,00	kWh



Tabela 5 Matryca obsługi linii autobusem z zasilaniem bateryjnym - linia 86

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

Zdarzenie	Parametr	Dojazd	Kolejne kursy										x
			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Przejazd na przystanek końcowy	Odległość	5	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Stan energii początkowy	200	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Zmiana	5,5	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Stan energii końcowy	194,5	0	15	0	15	0	15	0	15	0	0	x
Doładowanie na przystanku początkowym/kończącym	Czas ładowania	x	194,5	169,772	190,044	165,316	185,588	160,86	181,132	156,404	176,676	151,948	x
	Stan energii początkowy	x	0	45	0	45	0	45	0	45	0	0	x
	Zmiana	x	194,5	214,772	190,044	210,316	185,588	205,86	181,132	201,404	176,676	151,948	x
	Stan energii końcowy	x	11,24	11,24	11,24	11,24	11,24	11,24	11,24	11,24	11,24	11,24	x
Przejazd "tam"	Odległość	x	194,5	214,772	190,044	210,316	185,588	205,86	181,132	201,404	176,676	151,948	x
	Stan energii początkowy	x	12,364	12,364	12,364	12,364	12,364	12,364	12,364	12,364	12,364	12,364	x
	Zmiana	x	182,136	202,408	177,68	197,952	173,224	193,496	168,768	189,04	164,312	139,584	x
	Stan energii końcowy	x	11,24	11,24	11,24	11,24	11,24	11,24	11,24	11,24	11,24	11,24	x
Przejazd "powrót"	Odległość	x	182,136	202,408	177,68	197,952	173,224	193,496	168,768	189,04	164,312	139,584	x
	Stan energii początkowy	x	12,364	12,364	12,364	12,364	12,364	12,364	12,364	12,364	12,364	12,364	x
	Zmiana	x	169,772	190,044	165,316	185,588	160,86	181,132	156,404	176,676	151,948	127,22	x
	Stan energii końcowy	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	5
Powrót do zajezdni	Odległość	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	127,22
	Stan energii początkowy	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	5,5
	Zmiana	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	121,72
	Stan energii końcowy	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Łącznie pokonany dystans	234,80	km
Zużyta energia	258,28	kWh
Doładowana energia	180,00	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). Dodatkowo na terenie miasta Łódź, na dzień sporządzania analizy nie istnieje czynna stacja tankowania CNG. Dla realizacji modernizacji taboru autobusowego w tym zakresie, konieczne jest zatem wyposażenie stacji benzynowej zlokalizowanej przy ul. Wąwozowej w moduł tankowania CNG. Zaznaczenia wymaga, iż popularne w transporcie paliwo gazowe – LPG, posiada zupełnie odrębną charakterystykę technologiczną. LPG jest paliwem ciekłym, dostarczany cysternami. Natomiast CNG to gaz ziemny pobierany bezpośrednio z sieci dystrybucyjnej, którego sprężenie do parametrów użytkowych następuje bezpośrednio na stacji paliw.

Uprzednie wyposażenie więc stacji paliw w moduł tankowania LPG nie zmniejsza kosztów inwestycyjnych stacji CNG.

Budowa własnej stacji CNG z dwustanowiskowym dystrybutorem szybkiego tankowania oraz dodatkowymi stanowiskami wolnego ładowania to wydatek rzędu 2-3,5 mln zł²¹. Ze stacji tankowania CNG, korzystać mogą jednak nie tylko miejskie autobusy ale również użytkownicy prywatni – właściciele samochodów osobowych oraz dostawczych zasilanych CNG - w przeciwieństwie do stacji pantografowych, z których mogą korzystać wyłącznie autobusy elektryczne. Ponadto niski koszt paliwa w porównaniu do ceny oleju napędowego, zachęca do rozwoju transportu opartego o gazowe źródła energii, a tym samym rozbudowy komercyjnej sieci stacji CNG.

W tym miejscu istotnie wypada nadmienić o porozumieniu zawartym w formie listu intencyjnego między MPK w Kielcach, a przedsiębiorstwem PGNiG Obrót Detaliczny, w ramach porozumienia, koszty inwestycyjne związane z budową infrastruktury tankowania autobusów energetycznych ponosi inwestor zewnętrzny w zamian za gwarancję popytu tj. odpowiedni udział autobusów zasilanych CNG we flocie przedsiębiorstwa oraz ilość zużytego paliwa gwarantującą minimalną rentowność inwestycji.²².

²¹ https://afdc.energy.gov/files/u/publication/cng_infrastructure_costs.pdf

²² <http://targikielce.pl/index.php/pl/aktualnosci,1,pgnig-i-mpk-podpisalo-list-intencyjny-podczas-transexpo,26650.htm>





Rysunek 19 Kompresory oraz magazyny buforowe stacji CNG,
źródło:<http://cngcenter.com/services/cng-station-installation/cngfillstation/>

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.



Rysunek 20 Stanowisko tankowania wodoru w miejscowości Lesce w Słowenii, źródło:
<https://fuelcellsworld.com/archives/2013/09/12/petrol-opens-first-hydrogen-filling-station-in-slovenia/>



Choć polscy producenci autobusów zapowiadają wdrożenie do produkcji pierwszych modeli z napędem wodorowym²³, 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.

Wynik analizy technicznej

Przeprowadzona analiza techniczna wskazuje, że w przypadku inwestycji w tabor zeroemisyjny, oprócz nakładów związanych z zakupem samych autobusów, konieczne będzie podjęcie nakładów infrastrukturalnych związanych z budową stacji ładowania/tankowania pojazdów.

Na terenie miasta zidentyfikowano lokalizacje które mogłyby zostać przeznaczone na stację tankowania CNG, bądź 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 taborom napędzanych paliwem wodorowym.

W przypadku autobusów zasilanych CNG, wymiana pełnej floty na autobusy gazowe nie jest możliwe z uwagi na ich parametry techniczne i brak możliwości przejazdu pod wiaduktem na ul. Zwycięstwa.

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 Łódź nie jest możliwe.

²³ <https://forsal.pl/artykuly/1142863,autobus-wodorowy-od-solarisa-w-2019-roku-premiera-pojazdu-nowej-generacji.html>



VI. 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 2019-2027), natomiast okres odniesienia (trwałości inwestycji) na okres piętnastoletni, licząc od roku rozpoczęcia inwestycji tj. (lata 2019-2034).

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. W analizie uwzględniono również konieczność ponoszenia nakładów odtworzeniowych związanych z okresową wymianą baterii w autobusach elektrycznych.

Analizę sporządzono w cenach stałych, według roku bazowego – bez uwzględnienia wpływu inflacji. Koszty serwisowe szacowano w oparciu raport: Paliwa alternatywne w komunikacji miejskiej, które określiło uśredniony w czasie koszt serwisowy w przypadku autobusu na olej napędowy na poziomie 0,26 PLN/km, dla CNG 0,28 PLN/km oraz dla elektrobusego 0,13 PLN/km²⁴.

²⁴http://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 w klasie maxi;
- 2) Wariant alternatywny I – zakup i eksploatacja 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 wraz z niezbędną infrastrukturą – stacją tankowania CNG,.

Obliczenia w wariantcie alternatywnym I oparto na projekcie pn. „Program niskoemisyjnego transportu miejskiego – zakup 17 autobusów elektrycznych wraz z wybudowaniem infrastruktury niezbędnej do ich obsługi”.

Rzeczowy zakres projektu obejmuje:

Zadanie 1: Zakup 17 autobusów elektrycznych wraz z ładowarkami oraz budową infrastruktury elektroenergetycznej i teletechnicznej na pętlach autobusowych służących zasilaniu stacji ładowania autobusów

Zadanie 2: Budowa infrastruktury zajezdniowej niezbędnej do eksploatacji autobusów elektrycznych w skład, której wchodzi budowa części nadziemnej wiaty dla autobusów elektrycznych wraz z instalacjami

Zadanie 3: Budowa kontenerowej stacji transformatorowej wraz z elektroenergetyczną siecią kablową

Zadanie 4: Nadzór inwestorski

Zadanie 5: Informacja i promocja

Koszty całkowite brutto wariantu inwestycyjnego wynoszą 52 462 764,23 zł netto, z czego koszty kwalifikowane wynoszą łącznie 52 413 983,74 zł. Wysokość dofinansowania ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego stanowią 85,00% kwoty kosztów kwalifikowanych.

Realizacja projektu stanowić będzie istotny krok w kierunku rozwoju elektromobilności na terenie miasta, jednakże niewystarczającym z perspektywy wymogów ustawowych, tym samym w wariantcie zakupu autobusów z napędem elektrycznym przeanalizowana dwa scenariusze realizowanej inwestycji:



1. Przy wsparciu ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego (pokrycie 85% kosztów inwestycyjnych);
2. Wyłącznie ze źródeł własnych.

Na tabor wykorzystywany w realizacji przewozów komunikacyjnych na terenie miasta składa się (na przyjęty dzień inwentaryzacji) 408 autobusów. Przyjmując wymagany udział pojazdów zeroemisyjnych we flocie autobusowej na przestrzeni poszczególnych lat, przyjęto plan wydatków inwestycyjny zgodnie z tabelą:

Tabela 6 Plan inwestycyjny

Pozycja/Rok	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Autobus ON	0	14	7	14	7	21	21	14
Autobus elektryczny	0	14	7	14	7	21	21	14
Autobus CNG	0	14	7	14	7	21	21	14
Pozycja/Rok	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
Autobus ON	14	14	0	0	0	0	0	0
Autobus elektryczny	14	14	0	0	0	0	0	0
Autobus CNG	14	14	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 2018	0%	408	0	0
1 stycznia 2021	5%	408	21	5,15%
1 stycznia 2023	10%	408	42	10,29%
1 stycznia 2025	20%	408	84	20,59%
1 stycznia 2028	30%	408	126	30,88%

Nakłady inwestycyjne

Tabela 8 Nakłady inwestycyjne - wariant bazowy

Wydatek	Wydatki łącznie
Autobus o napędzie konwencjonalnym	126 000 000,00 zł



Tabela 9 Nakłady inwestycyjne - wariant alternatywny I

Wydatek	Wydatki łącznie
Autobus o napędzie elektrycznym wraz z infrastrukturą – wariant z dofinansowaniem	43 979 079,56 zł
Autobus o napędzie elektrycznym wraz z infrastrukturą – wariant bez dofinansowania	293 193 983,74 zł

Tabela 10 Nakłady inwestycyjne - wariant alternatywny II

Wydatek	Wydatki łącznie
Autobusy zasilane CNG wraz z infrastrukturą	148 750 000,00 zł

Koszty operacyjne

W analizie wydatków związanych z eksploatacją zakupionych pojazdów związane są ze zużyciem paliwa/energii oraz wydatkami utrzymaniowymi (przeglądy, naprawy).

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]	34,00	135,00	34,00
Jednostkowa cena paliwa/energii [zł/l lub zł/kWh]	4,25 zł	0,397 zł	3,170
Koszty serwisowe [zł/km]	0,26 zł	0,13 zł	0,28 zł

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 autobus na terenie Miasta Łódź określonej w „Raporcie z przeprowadzonego audytu finansowego w Miejskim Przedsiębiorstwie Komunikacyjnym Łódź Sp. z o.o. polegającego na wyznaczeniu kwoty rekompensaty z tytułu świadczenia usług publicznych w 2018 roku w zakresie lokalnego transportu zbiorowego”.

Zgodnie z założeniami (ceny netto) zawartymi w tabeli zamieszczonej powyżej, koszt przejechania 1 km w zakresie kosztów wyłącznie paliwa wynosi:

- 1) 1,45 zł/km dla autobusu konwencjonalnego,
- 2) 0,44 zł/km dla autobusu z napędem elektrycznym,
- 3) 1,08 zł/km dla autobusu zasilanym CNG,

Uwzględniając koszty eksploatacji, wskaźniki te przedstawiają się następująco:



- 1) 1,71 zł/km dla autobusu konwencjonalnego,
- 2) 0,57 zł/km dla autobusu z napędem elektrycznym,
- 3) 1,36 zł/km dla autobusu zasilanym CNG,

W ostatecznym koszcie wozokilometra należy uwzględnić jednak również inwestycje początkowe.

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



Tabela 12 Prognoza wydatków na lata 2019-2034 - wariant bazowy

Wariant bazowy								
Pozycja/Rok	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Wydatki inwestycyjne razem	- zł	14 000 000,00 zł	7 000 000,00 zł	14 000 000,00 zł	7 000 000,00 zł	21 000 000,00 zł	21 000 000,00 zł	14 000 000,00 zł
Zakup autobusów	- zł	14 000 000,00 zł	7 000 000,00 zł	14 000 000,00 zł	7 000 000,00 zł	21 000 000,00 zł	21 000 000,00 zł	14 000 000,00 zł
Liczba zakupionych autobusów	0	14	7	14	7	21	21	14
Wydatki eksploatacyjne	0,00 zł	1 670 900,00 zł	2 506 350,00 zł	4 177 250,00 zł	5 012 700,00 zł	7 519 050,00 zł	10 025 400,00 zł	11 696 300,00 zł
Paliwo	0,00 zł	1 416 100,00 zł	2 124 150,00 zł	3 540 250,00 zł	4 248 300,00 zł	6 372 450,00 zł	8 496 600,00 zł	9 912 700,00 zł
Liczba wozokilometrów	0	980 000,00	1 470 000,00	2 450 000,00	2 940 000,00	4 410 000,00	5 880 000,00	6 860 000,00
Koszt paliwa na wozokilometr	1,45 zł	1,45 zł	1,45 zł	1,45 zł	1,45 zł	1,45 zł	1,45 zł	1,45 zł
Naprawy i konserwacje	0,00 zł	254 800,00 zł	382 200,00 zł	637 000,00 zł	764 400,00 zł	1 146 600,00 zł	1 528 800,00 zł	1 783 600,00 zł
Liczba wozokilometrów	0	980 000,00	1 470 000,00	2 450 000,00	2 940 000,00	4 410 000,00	5 880 000,00	6 860 000,00
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								
Pozycja/Rok	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
Wydatki inwestycyjne razem	14 000 000,00 zł	14 000 000,00 zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł
Zakup autobusów	14 000 000,00 zł	14 000 000,00 zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł
Liczba zakupionych autobusów	14	14	0	0	0	0	0	0
Wydatki eksploatacyjne	13 367 200,00 zł	14 783 300,00 zł	14 783 300,00 zł	14 783 300,00 zł	14 783 300,00 zł	14 783 300,00 zł	14 783 300,00 zł	14 783 300,00 zł
Paliwo	11 328 800,00 zł	12 744 900,00 zł	12 744 900,00 zł	12 744 900,00 zł	12 744 900,00 zł	12 744 900,00 zł	12 744 900,00 zł	12 744 900,00 zł
Liczba wozokilometrów	7 840 000,00	8 820 000,00	8 820 000,00	8 820 000,00	8 820 000,00	8 820 000,00	8 820 000,00	8 820 000,00
Koszt paliwa na wozokilometr	1,45 zł	1,45 zł	1,45 zł	1,45 zł	1,45 zł	1,45 zł	1,45 zł	1,45 zł
Naprawy i konserwacje	2 038 400,00 zł	2 038 400,00 zł	2 038 400,00 zł	2 038 400,00 zł	2 038 400,00 zł	2 038 400,00 zł	2 038 400,00 zł	2 038 400,00 zł
Liczba wozokilometrów	7 840 000,00	7 840 000,00	7 840 000,00	7 840 000,00	7 840 000,00	7 840 000,00	7 840 000,00	7 840 000,00
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



Tabela 13 Prognoza wydatków na lata 2019-2034 - wariant alternatywny – autobusy elektryczne – prognoza z dotacją

Wariant alternatywny - autobusy elektryczne								
Pozycja/Rok	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Wydatki inwestycyjne razem	- zł	6 899 097,56 zł	2 205 000,00 zł	4 410 000,00 zł	2 205 000,00 zł	8 415 000,00 zł	6 615 000,00 zł	4 410 000,00 zł
Zakup autobusów	- zł	29 400 000,00 zł	14 700 000,00 zł	29 400 000,00 zł	14 700 000,00 zł	44 100 000,00 zł	44 100 000,00 zł	29 400 000,00 zł
Montaż stacji wolnego ładowania oraz wiaty dla autobusów elektrycznych	- zł	12 765 853,66 zł	- zł	- zł	- zł	8 000 000,00 zł	- zł	- zł
Montaż stacji pantografowych	- zł	3 828 130,08 zł	- zł	- zł	- zł	4 000 000,00 zł	- zł	- zł
Wartość dofinansowania	- zł	39 094 886,18 zł	12 495 000,00 zł	24 990 000,00 zł	12 495 000,00 zł	47 685 000,00 zł	37 485 000,00 zł	24 990 000,00 zł
Ilość zakupionych autobusów	0	14	7	14	7	21	21	14
Wydatki eksploatacyjne razem	120 960,00 zł	676 326,00 zł	954 009,00 zł	1 509 375,00 zł	1 787 058,00 zł	2 741 067,00 zł	3 574 116,00 zł	4 129 482,00 zł
Paliwo	0,00 zł	427 966,00 zł	641 949,00 zł	1 069 915,00 zł	1 283 898,00 zł	1 925 847,00 zł	2 567 796,00 zł	2 995 762,00 zł
Liczba wozokilometrów	0	980000	1470000	2450000	2940000	4410000	5880000	6860000
Koszt paliwa na wozokilometr	0,44 zł	0,44 zł	0,44 zł	0,44 zł	0,44 zł	0,44 zł	0,44 zł	0,44 zł
Naprawy i konserwacje	0,00 zł	127 400,00 zł	191 100,00 zł	318 500,00 zł	382 200,00 zł	573 300,00 zł	764 400,00 zł	891 800,00 zł
Liczba wozokilometrów	0	980000	1470000	2450000	2940000	4410000	5880000	6860000
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
Koszty opłaty przyłączeniowej	120 960,00 zł	120 960,00 zł	120 960,00 zł	120 960,00 zł	120 960,00 zł	241 920,00 zł	241 920,00 zł	241 920,00 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]	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	2,4	2,4	2,4



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

Prognoza wydatków na lata 2019-2034 - wariant alternatywny – autobusy elektryczne – prognoza z dotacją cd.

Wariant alternatywny - autobusy elektryczne								
Pozycja/Rok	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
Wydatki inwestycyjne razem	4 410 000,00 zł	4 410 000,00 zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł
Zakup autobusów	29 400 000,00 zł	29 400 000,00 zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł
Montaż stacji wolnego ładowania oraz wiaty dla autobusów elektrycznych	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł
Montaż stacji pantografowych	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł
Wartość dofinansowania	24 990 000,00 zł	24 990 000,00 zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł
Ilość zakupionych autobusów	14	14	0	0	0	0	0	0
Wydatki eksploatacyjne razem	4 684 848,00 zł	5 112 814,00 zł	5 112 814,00 zł	5 112 814,00 zł	5 112 814,00 zł	5 112 814,00 zł	5 112 814,00 zł	5 112 814,00 zł
Paliwo	3 423 728,00 zł	3 851 694,00 zł	3 851 694,00 zł	3 851 694,00 zł	3 851 694,00 zł	3 851 694,00 zł	3 851 694,00 zł	3 851 694,00 zł
Liczba wozokilometrów	7 840 000,00	8 820 000,00	8 820 000,00	8 820 000,00	8 820 000,00	8 820 000,00	8 820 000,00	8 820 000,00
Koszt paliwa na wozokilometr	0,44 zł	0,44 zł	0,44 zł	0,44 zł	0,44 zł	0,44 zł	0,44 zł	0,44 zł
Naprawy i konserwacje	1 019 200,00 zł	1 019 200,00 zł	1 019 200,00 zł	1 019 200,00 zł	1 019 200,00 zł	1 019 200,00 zł	1 019 200,00 zł	1 019 200,00 zł
Liczba wozokilometrów	7 840 000,00	7 840 000,00	7 840 000,00	7 840 000,00	7 840 000,00	7 840 000,00	7 840 000,00	7 840 000,00
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
Koszty opłaty przyłączeniowej	241 920,00 zł	241 920,00 zł	241 920,00 zł	241 920,00 zł	241 920,00 zł	241 920,00 zł	241 920,00 zł	241 920,00 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]	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4



Tabela 14 Prognoza wydatków na lata 2019-2034 - wariant alternatywny – autobusy elektryczne – prognoza bez dotacji

Wariant alternatywny - autobusy elektryczne								
Pozycja/Rok	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Wydatki inwestycyjne razem	- zł	45 993 983,74 zł	14 700 000,00 zł	29 400 000,00 zł	14 700 000,00 zł	56 100 000,00 zł	44 100 000,00 zł	29 400 000,00 zł
Zakup autobusów	- zł	29 400 000,00 zł	14 700 000,00 zł	29 400 000,00 zł	14 700 000,00 zł	44 100 000,00 zł	44 100 000,00 zł	29 400 000,00 zł
Montaż stacji wolnego ładowania oraz wiaty dla autobusów elektrycznych	- zł	12 765 853,66 zł	- zł	- zł	- zł	8 000 000,00 zł	- zł	- zł
Montaż stacji pantografowych	- zł	3 828 130,08 zł	- zł	- zł	- zł	4 000 000,00 zł	- zł	- zł
Ilość zakupionych autobusów	0	14	7	14	7	21	21	14
Wydatki eksploatacyjne razem	120 960,00 zł	676 326,00 zł	954 009,00 zł	1 509 375,00 zł	1 787 058,00 zł	2 741 067,00 zł	3 574 116,00 zł	4 129 482,00 zł
Paliwo	0,00 zł	427 966,00 zł	641 949,00 zł	1 069 915,00 zł	1 283 898,00 zł	1 925 847,00 zł	2 567 796,00 zł	2 995 762,00 zł
Liczba wozokilometrów	0	980000	1470000	2450000	2940000	4410000	5880000	6860000
Koszt paliwa na wozokilometr	0,44 zł	0,44 zł	0,44 zł	0,44 zł	0,44 zł	0,44 zł	0,44 zł	0,44 zł
Naprawy i konserwacje	0,00 zł	127 400,00 zł	191 100,00 zł	318 500,00 zł	382 200,00 zł	573 300,00 zł	764 400,00 zł	891 800,00 zł
Liczba wozokilometrów	0	980000	1470000	2450000	2940000	4410000	5880000	6860000
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
Koszty opłaty przyłączeniowej	120 960,00 zł	120 960,00 zł	120 960,00 zł	120 960,00 zł	120 960,00 zł	241 920,00 zł	241 920,00 zł	241 920,00 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]	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	2,4	2,4	2,4



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

Prognoza wydatków na lata 2019-2034 - wariant alternatywny – autobusy elektryczne – prognoza bez dotacji cd.

Wariant alternatywny - autobusy elektryczne								
Pozycja/Rok	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
Wydatki inwestycyjne razem	29 400 000,00 zł	29 400 000,00 zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł
Zakup autobusów	29 400 000,00 zł	29 400 000,00 zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł
Montaż stacji wolnego ładowania oraz wiaty dla autobusów elektrycznych	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł
Montaż stacji pantografowych	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł
Ilość zakupionych autobusów	14	14	0	0	0	0	0	0
Wydatki eksploatacyjne razem	4 684 848,00 zł	5 112 814,00 zł	5 112 814,00 zł	5 112 814,00 zł	5 112 814,00 zł	5 112 814,00 zł	5 112 814,00 zł	5 112 814,00 zł
Paliwo	3 423 728,00 zł	3 851 694,00 zł	3 851 694,00 zł	3 851 694,00 zł	3 851 694,00 zł	3 851 694,00 zł	3 851 694,00 zł	3 851 694,00 zł
Liczba wozokilometrów	7 840 000,00	8 820 000,00	8 820 000,00	8 820 000,00	8 820 000,00	8 820 000,00	8 820 000,00	8 820 000,00
Koszt paliwa na wozokilometr	0,44 zł	0,44 zł	0,44 zł	0,44 zł	0,44 zł	0,44 zł	0,44 zł	0,44 zł
Naprawy i konserwacje	1 019 200,00 zł	1 019 200,00 zł	1 019 200,00 zł	1 019 200,00 zł	1 019 200,00 zł	1 019 200,00 zł	1 019 200,00 zł	1 019 200,00 zł
Liczba wozokilometrów	7 840 000,00	7 840 000,00	7 840 000,00	7 840 000,00	7 840 000,00	7 840 000,00	7 840 000,00	7 840 000,00
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
Koszty opłaty przyłączeniowej	241 920,00 zł	241 920,00 zł	241 920,00 zł	241 920,00 zł	241 920,00 zł	241 920,00 zł	241 920,00 zł	241 920,00 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]	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4



Tabela 15 Prognoza wydatków na lata 2019-2034 - wariant alternatywny – autobusy zasilane CNG

Wariant alternatywny - autobusy zasilane CNG								
Pozycja/Rok	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Wydatki inwestycyjne razem	- zł	17 500 000,00 zł	8 750 000,00 zł	17 500 000,00 zł	8 750 000,00 zł	26 250 000,00 zł	26 250 000,00 zł	17 500 000,00 zł
Zakup autobusów	- zł	17 500 000,00 zł	8 750 000,00 zł	17 500 000,00 zł	8 750 000,00 zł	26 250 000,00 zł	26 250 000,00 zł	17 500 000,00 zł
Budowa stacji CNG		3 500 000,00 zł						
Liczba zakupionych autobusów	0	14	7	14	7	21	21	14
Wydatki eksploatacyjne razem	0,00 zł	1 112 244,00 zł	1 640 366,00 zł	2 738 610,00 zł	3 266 732,00 zł	4 949 098,00 zł	6 533 464,00 zł	7 589 708,00 zł
Paliwo	0,00 zł	1 056 244,00 zł	1 584 366,00 zł	2 640 610,00 zł	3 168 732,00 zł	4 753 098,00 zł	6 337 464,00 zł	7 393 708,00 zł
Liczba wozokilometrów	0	980000	1470000	2450000	2940000	4410000	5880000	6860000
Koszt paliwa na wozokilometr	1,08 zł	1,08 zł	1,08 zł	1,08 zł	1,08 zł	1,08 zł	1,08 zł	1,08 zł
Naprawy i konserwacje	0,00 zł	56 000,00 zł	56 000,00 zł	98 000,00 zł	98 000,00 zł	196 000,00 zł	196 000,00 zł	196 000,00 zł
Liczba wozokilometrów	0	200 000,00	200 000,00	350 000,00	350 000,00	700 000,00	700 000,00	700 000,00
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	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
Wydatki inwestycyjne razem	17 500 000,00 zł	17 500 000,00 zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł
Zakup autobusów	17 500 000,00 zł	17 500 000,00 zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł
Liczba zakupionych autobusów	14	14	0	0	0	0	0	0
Wydatki eksploatacyjne razem	8 743 952,00 zł	9 800 196,00 zł	9 800 196,00 zł	9 800 196,00 zł	9 800 196,00 zł	9 800 196,00 zł	9 800 196,00 zł	9 800 196,00 zł
Paliwo	8 449 952,00 zł	9 506 196,00 zł	9 506 196,00 zł	9 506 196,00 zł	9 506 196,00 zł	9 506 196,00 zł	9 506 196,00 zł	9 506 196,00 zł
Liczba wozokilometrów	7 840 000,00	8 820 000,00	8 820 000,00	8 820 000,00	8 820 000,00	8 820 000,00	8 820 000,00	8 820 000,00
Koszt paliwa na wozokilometr	1,08 zł	1,08 zł	1,08 zł	1,08 zł	1,08 zł	1,08 zł	1,08 zł	1,08 zł
Naprawy i konserwacje	294 000,00 zł	294 000,00 zł	294 000,00 zł	294 000,00 zł	294 000,00 zł	294 000,00 zł	294 000,00 zł	294 000,00 zł
Liczba wozokilometrów	1 050 000,00	1 050 000,00	1 050 000,00	1 050 000,00	1 050 000,00	1 050 000,00	1 050 000,00	1 050 000,00
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



Tabela 16 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	
2019	0	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2020	1	0,96	14 000 000,00	1 416 100,00	254 800,00	980 000,00	15 068 173,08	942 307,69	
2021	2	0,92	7 000 000,00	2 124 150,00	382 200,00	1 470 000,00	8 789 154,96	1 359 097,63	
2022	3	0,89	14 000 000,00	3 540 250,00	637 000,00	2 450 000,00	16 159 509,06	2 178 041,08	
2023	4	0,85	7 000 000,00	4 248 300,00	764 400,00	2 940 000,00	10 268 506,31	2 513 124,32	
2024	5	0,82	21 000 000,00	6 372 450,00	1 146 600,00	4 410 000,00	23 440 580,25	3 624 698,54	
2025	6	0,79	21 000 000,00	8 496 600,00	1 528 800,00	5 880 000,00	24 519 824,29	4 647 049,41	
2026	7	0,76	14 000 000,00	9 912 700,00	1 783 600,00	6 860 000,00	19 527 076,10	5 213 036,20	
2027	8	0,73	14 000 000,00	11 328 800,00	2 038 400,00	7 840 000,00	19 996 944,98	5 728 611,21	
2028	9	0,70	14 000 000,00	12 744 900,00	2 038 400,00	8 820 000,00	20 222 764,79	6 196 815,01	
2029	10	0,68	0,00	12 744 900,00	2 038 400,00	8 820 000,00	9 987 067,78	5 958 475,97	
2030	11	0,65	0,00	12 744 900,00	2 038 400,00	8 820 000,00	9 602 949,79	5 729 303,82	
2031	12	0,62	0,00	12 744 900,00	2 038 400,00	8 820 000,00	9 233 605,56	5 508 945,98	
2032	13	0,60	0,00	12 744 900,00	2 038 400,00	8 820 000,00	8 878 466,89	5 297 063,44	
2033	14	0,58	0,00	12 744 900,00	2 038 400,00	8 820 000,00	8 536 987,39	5 093 330,23	
2034	15	0,56	0,00	12 744 900,00	2 038 400,00	8 820 000,00	8 208 641,72	4 897 432,91	
		RAZEM	126 000 000,00	136 653 650,00	22 804 600,00	94 570 000,00	212 440 252,94	64 887 333,44	3,27



Tabela 17 Matryca DGC - wariant alternatywny – autobusy elektryczne – przy dofinansowaniu zewnętrznym

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	
2019	0	1,00	0,00	0,00	120 960,00	0,00	120 960,00	0,00	
2020	1	0,96	6 899 097,56	427 966,00	248 360,00	980 000,00	7 284 061,12	942 307,69	
2021	2	0,92	2 205 000,00	641 949,00	312 060,00	1 470 000,00	2 920 681,40	1 359 097,63	
2022	3	0,89	4 410 000,00	1 069 915,00	439 460,00	2 450 000,00	5 262 302,82	2 178 041,08	
2023	4	0,85	2 205 000,00	1 283 898,00	503 160,00	2 940 000,00	3 412 427,91	2 513 124,32	
2024	5	0,82	8 415 000,00	1 925 847,00	815 220,00	4 410 000,00	9 169 473,87	3 624 698,54	
2025	6	0,79	6 615 000,00	2 567 796,00	1 006 320,00	5 880 000,00	8 052 606,38	4 647 049,41	
2026	7	0,76	4 410 000,00	2 995 762,00	1 133 720,00	6 860 000,00	6 489 304,49	5 213 036,20	
2027	8	0,73	4 410 000,00	3 423 728,00	1 261 120,00	7 840 000,00	6 645 516,35	5 728 611,21	
2028	9	0,70	4 410 000,00	3 851 694,00	1 261 120,00	8 820 000,00	6 690 602,80	6 196 815,01	
2029	10	0,68	0,00	3 851 694,00	1 261 120,00	8 820 000,00	3 454 033,94	5 958 475,97	
2030	11	0,65	0,00	3 851 694,00	1 261 120,00	8 820 000,00	3 321 186,48	5 729 303,82	
2031	12	0,62	0,00	3 851 694,00	1 261 120,00	8 820 000,00	3 193 448,54	5 508 945,98	
2032	13	0,60	0,00	3 851 694,00	1 261 120,00	8 820 000,00	3 070 623,60	5 297 063,44	
2033	14	0,58	0,00	3 851 694,00	1 261 120,00	8 820 000,00	2 952 522,69	5 093 330,23	
2034	15	0,56	0,00	3 851 694,00	1 261 120,00	8 820 000,00	2 838 964,12	4 897 432,91	
RAZEM			43 979 097,56	41 298 719,00	14 668 220,00	94 570 000,00	74 878 716,50	64 887 333,44	1,15



Tabela 18 Matryca DGC - wariant alternatywny – autobusy elektryczne – bez dofinansowania zewnętrznego

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	
2019	0	1,00	0,00	0,00	120 960,00	0,00	120 960,00	0,00	
2020	1	0,96	45 993 983,74	427 966,00	248 360,00	980 000,00	44 875 297,83	942 307,69	
2021	2	0,92	14 700 000,00	641 949,00	312 060,00	1 470 000,00	14 473 011,28	1 359 097,63	
2022	3	0,89	29 400 000,00	1 069 915,00	439 460,00	2 450 000,00	27 478 321,82	2 178 041,08	
2023	4	0,85	14 700 000,00	1 283 898,00	503 160,00	2 940 000,00	14 093 206,28	2 513 124,32	
2024	5	0,82	56 100 000,00	1 925 847,00	815 220,00	4 410 000,00	48 363 067,96	3 624 698,54	
2025	6	0,79	44 100 000,00	2 567 796,00	1 006 320,00	5 880 000,00	37 677 546,38	4 647 049,41	
2026	7	0,76	29 400 000,00	2 995 762,00	1 133 720,00	6 860 000,00	25 479 650,64	5 213 036,20	
2027	8	0,73	29 400 000,00	3 423 728,00	1 261 120,00	7 840 000,00	24 905 464,57	5 728 611,21	
2028	9	0,70	29 400 000,00	3 851 694,00	1 261 120,00	8 820 000,00	24 248 245,32	6 196 815,01	
2029	10	0,68	0,00	3 851 694,00	1 261 120,00	8 820 000,00	3 454 033,94	5 958 475,97	
2030	11	0,65	0,00	3 851 694,00	1 261 120,00	8 820 000,00	3 321 186,48	5 729 303,82	
2031	12	0,62	0,00	3 851 694,00	1 261 120,00	8 820 000,00	3 193 448,54	5 508 945,98	
2032	13	0,60	0,00	3 851 694,00	1 261 120,00	8 820 000,00	3 070 623,60	5 297 063,44	
2033	14	0,58	0,00	3 851 694,00	1 261 120,00	8 820 000,00	2 952 522,69	5 093 330,23	
2034	15	0,56	0,00	3 851 694,00	1 261 120,00	8 820 000,00	2 838 964,12	4 897 432,91	
RAZEM			293 193 983,74	41 298 719,00	14 668 220,00	94 570 000,00	280 545 551,44	64 887 333,44	4,32



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

Tabela 19 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 łącznie	Zdyskontowane wozokilometry	DGC (koszt na wozokilometr)
			zł	zł	zł	km	zł	km	
2019	0	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2020	1	0,96	21 000 000,00	1 056 244,00	56 000,00	980 000,00	21 261 773,08	942 307,69	
2021	2	0,92	8 750 000,00	1 584 366,00	56 000,00	1 470 000,00	9 606 477,44	1 359 097,63	
2022	3	0,89	17 500 000,00	2 640 610,00	98 000,00	2 450 000,00	17 992 050,59	2 178 041,08	
2023	4	0,85	8 750 000,00	3 168 732,00	98 000,00	2 940 000,00	10 271 952,88	2 513 124,32	
2024	5	0,82	26 250 000,00	4 753 098,00	196 000,00	4 410 000,00	25 643 384,35	3 624 698,54	
2025	6	0,79	26 250 000,00	6 337 464,00	196 000,00	5 880 000,00	25 909 247,80	4 647 049,41	
2026	7	0,76	17 500 000,00	7 393 708,00	196 000,00	6 860 000,00	19 066 116,04	5 213 036,20	
2027	8	0,73	17 500 000,00	8 449 952,00	294 000,00	7 840 000,00	19 176 198,67	5 728 611,21	
2028	9	0,70	17 500 000,00	9 506 196,00	294 000,00	8 820 000,00	19 180 755,59	6 196 815,01	
2029	10	0,68	0,00	9 506 196,00	294 000,00	8 820 000,00	6 620 661,27	5 958 475,97	
2030	11	0,65	0,00	9 506 196,00	294 000,00	8 820 000,00	6 366 020,45	5 729 303,82	
2031	12	0,62	0,00	9 506 196,00	294 000,00	8 820 000,00	6 121 173,51	5 508 945,98	
2032	13	0,60	0,00	9 506 196,00	294 000,00	8 820 000,00	5 885 743,76	5 297 063,44	
2033	14	0,58	0,00	9 506 196,00	294 000,00	8 820 000,00	5 659 369,00	5 093 330,23	
2034	15	0,56	0,00	9 506 196,00	294 000,00	8 820 000,00	5 441 700,96	4 897 432,91	
		RAZEM	161 000 000,00	101 927 546,00	3 248 000,00	94 570 000,00	204 202 625,37	64 887 333,44	3,15



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.

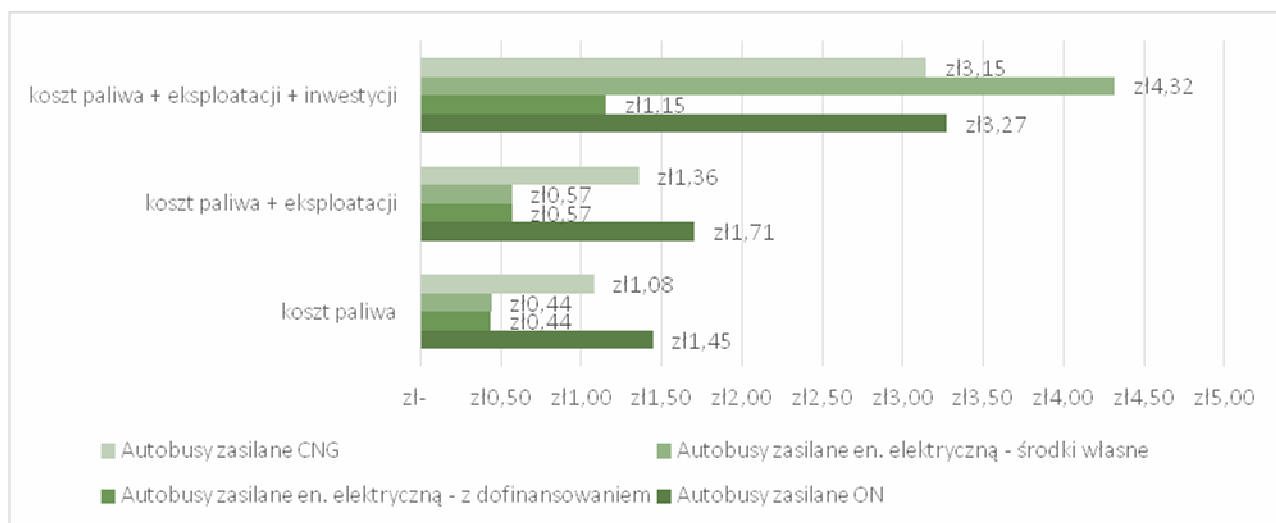
Wskaźnik efektywności kosztowej winien przyjmować jak najniższą wartość – im niższy jest stosunek wartości nakładów do wielkości efektów, tym inwestycja jest bardziej efektywna. (por. Małecki P., *Zeszyty Naukowe nr 860 Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie, 2011*) Do obliczeń przyjęto stopę dyskontową o wartości 4%.

Jak wskazują matryce DGC zamieszczone powyżej, wariant elektryczny charakteryzuje się najniższym kosztem wozokilometra tylko w przypadku wsparcia inwestycji środkami zewnętrznymi. W przypadku realizacji całego planu inwestycyjnego wyłącznie środkami własnymi, koszt wozokilometra znacząco przewyższa koszty obsługi taboru autobusami zasilanymi olejem napędowym lub CNG.

Porównanie wyników analizy finansowej przedstawia tabela i wykres zamieszczone poniżej.

Tabela 20 Porównanie kosztu jednostkowego w wariantach

Wariant	koszt paliwa	koszt paliwa + eksploatacji	koszt paliwa + eksploatacji + inwestycji
Autobusy zasilane ON	1,45 zł	1,71 zł	3,27 zł
Autobusy zasilane en. elektryczną – z dofinansowaniem	0,44 zł	0,57 zł	1,15 zł
Autobusy zasilane en. elektryczną – bez dofinansowania	0,44 zł	0,57 zł	4,32 zł
Autobusy zasilane CNG	1,08 zł	1,36 zł	3,15 zł



Rysunek 21 Porównanie kosztów jednostkowych w wariantach



VII. 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 21 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 22 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 wykorzystania 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 23 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”²⁵.

Tabela 24 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 finansowej, przyjęto założenie w zakresie realizowanej rocznie ilości wozokilometrów wynoszącej 70 000 km/rok. Opierając się na tej wartości, sporządzono porównanie emisyjności jednego autobusu i przedstawiono w tabeli zamieszczonej poniżej.

Tabela 25 Porównanie emisyjności autobusu z napędem konwencjonalnym oraz z napędem elektrycznym

Pozycja	autobus z napędem konwencjonalnym	autobus zasilany energią elektryczną – emisja globalna	bus zasilany energią elektryczną – emisja w miejscu eksploatacji	autobus zasilany CNG	Jednostka
Przebieg	70 000,00	70 000,00	70 000,00	70 000,00	km
Zużycie paliwa/energii	34,00	110,00	110,00	34,00	l/100km lub kWh/100km

²⁵http://pspa.com.pl/assets/uploads/2018/06/Paliwa_alternatywne_w_komunikacji_miejskiej_PSPA_PKPA.pdf



Emisja CO (tlenek węgla)	35,00	18,02	0,00	3,50	kg
Emisja HC/THC (węglowodory)	11,90	-	-	2,38	kg
Emisja NOx (tlenki azotu)	5,60	73,46	0,00	1,12	kg
Emisja PM (pyły)	0,32	4,77	0,00	0,02	kg
Emisja CO2 (dwutlenek węgla)	63 700,51	61 446,00	0,00	35 865,61	kg

Jak wskazuje powyższa tabela, gdy pod uwagę weźmie się nie tylko emisję w miejscu eksploatacji autobusu, ale również emisję związaną z produkcją energii elektrycznej krążącej w sieci elektroenergetycznej, ocena który z wariantów wykazuje większe korzyści środowiskowe nie jest jednoznaczna. Zużycie energii w autobusie elektrycznym charakteryzuje się zmniejszoną emisją tlenków węgla oraz węglowodorów, natomiast już w zakresie tlenków azotu, pyłów oraz dwutlenku węgla, emisja ta jest większa niż w przypadku analogicznego pojazdu z napędem konwencjonalnym.

Najniższą emisją globalną charakteryzuje się autobus zasilany CNG.

Porównanie efektu ekologicznego inwestycji w odniesieniu do pełnego zakresu analizowanych wariantów inwestycyjnych na przestrzeni okresu czasowego analizy tj. w latach 2019-2035 (przyjmując łączną ilość wozokilometrów pokonanych w tym czasie), zamieszczono w tabeli poniżej.

Tabela 26 Porównanie emisyjności w wariantach inwestycyjnych

Pozycja	autobus z napędem konwencjonalnym	autobus zasilany energią elektryczną – emisja globalna	bus zasilany energią elektryczną – emisja w miejscu eksploatacji	autobus zasilany CNG	Jednostka
Przebieg	70 000,00	70 000,00	70 000,00	70 000,00	km
Zużycie paliwa/energii	34,00	110,00	110,00	34,00	l/100km lub kWh/100km
Emisja CO (tlenek węgla)	35,00	18,02	0,00	3,50	kg
Emisja HC/THC (węglowodory)	11,90	-	-	2,38	kg
Emisja NOx (tlenki azotu)	5,60	73,46	0,00	1,12	kg
Emisja PM (pyły)	0,32	4,77	0,00	0,02	kg
Emisja CO2 (dwutlenek węgla)	63 700,51	61 446,00	0,00	35 865,61	kg



VIII. 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 CUPT²⁶. 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.;

Koszty/korzyści w analizie uwzględniono od pierwszego roku po poniesieniu wydatków inwestycyjnych, tj. od 2020 r.

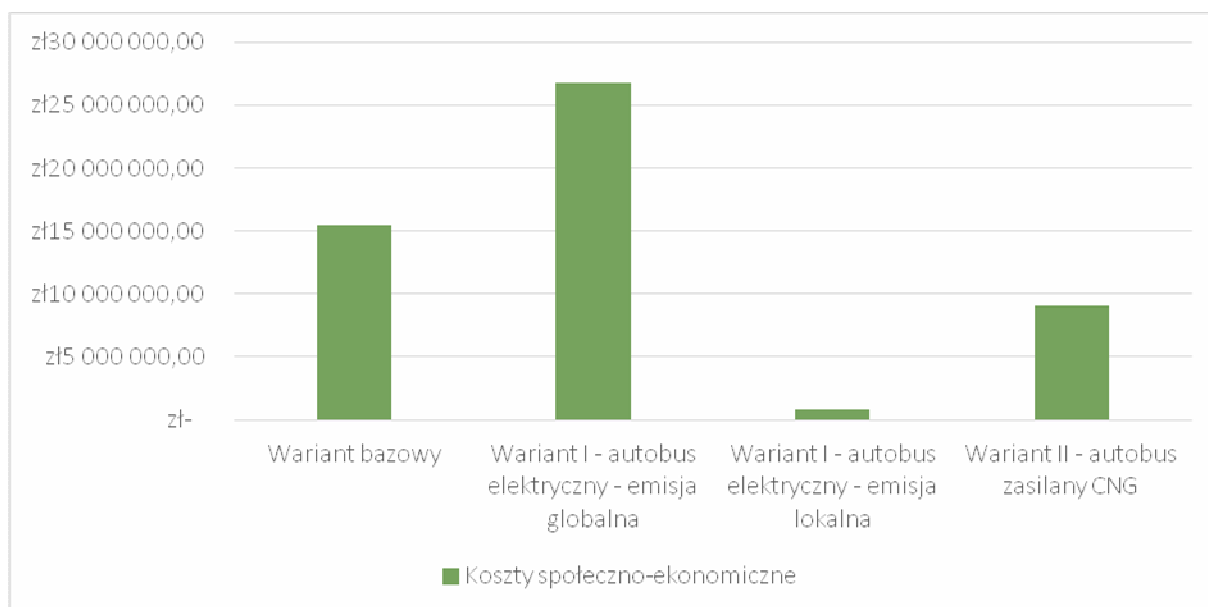
²⁶ www.cupt.gov.pl



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 w miejscu eksploatacji mają charakter zeroemisyjny, to jednak wykorzystują energię dostarczaną z polskich sieci elektroenergetycznych, której wyprodukowanie w elektrowniach konwencjonalnych skutkuje istotnymi emisjami. Jak wskazują dane szczegółowe, jedynym obszarem, dla autobusów elektrycznych, w którym w aspekcie społecznym uzyskiwane są jednoznacznie pozytywne efekty jest hałas. Silnik pojazdów elektrycznych jest cichy i jedyny generowany hałas związany jest z oporami toczenia. Najniższe koszty społeczne wykazuje wariant inwestycyjny związany z zakupem autobusów zasilanych CNG oraz wariant zakupu autobusów elektrycznych przy uwzględnieniu wyłącznie emisji w skali lokalnej.



Rysunek 22 Porównanie kosztów społecznych



Tabela 27 Tabela analizy społeczno - ekonomicznej - wariant bazowy – autobusy z napędem konwencjonalnym, cz.1

Pozycja/Rok	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Koszt zmian klimatycznych	- zł	155 653,80 zł	240 151,58 zł	411 370,76 zł	506 986,66 zł	780 492,62 zł	1 067 340,34 zł	1 276 361,16 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]	-	891,81	1 337,71	2 229,52	2 675,42	4 013,13	5 350,84	6 242,65
Koszty hałasu	- zł	20 993,93 zł	32 444,11 zł	55 673,48 zł	68 579,57 zł	105 529,26 zł	144 364,77 zł	172 695,60 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]	-	980 000,00	1 470 000,00	2 450 000,00	2 940 000,00	4 410 000,00	5 880 000,00	6 860 000,00
Koszt zanieczyszczenia powietrza	- zł	11 647,93 zł	18 000,76 zł	30 888,96 zł	38 049,57 zł	58 550,13 zł	80 096,98 zł	95 815,59 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	0,078	0,118	0,196	0,235	0,353	0,470	0,549
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	0,004	0,007	0,011	0,013	0,020	0,026	0,031
Koszty społeczne razem	- zł	188 295,66 zł	290 596,44 zł	497 933,19 zł	613 615,80 zł	944 572,01 zł	1 291 802,10 zł	1 544 872,35 zł



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

Tabela 28 Tabela analizy społeczno - ekonomicznej - wariant bazowy – autobusy z napędem konwencjonalnym, cz.2

Pozycja/Rok	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
Koszt zmian klimatycznych	1 494 276,47 zł	1 721 086,30 zł	1 761 111,56 zł	1 801 136,82 zł	1 841 162,08 zł	1 881 187,35 zł	1 921 212,61 zł	1 961 237,87 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]	7 134,46	8 026,26	8 026,26	8 026,26	8 026,26	8 026,26	8 026,26	8 026,26
Koszty hałasu	202 241,46 zł	233 175,48 zł	238 816,64 zł	244 627,94 zł	250 423,02 zł	256 089,51 zł	261 815,03 zł	267 540,55 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]	7 840 000,00	8 820 000,00	8 820 000,00	8 820 000,00	8 820 000,00	8 820 000,00	8 820 000,00	8 820 000,00
Koszt zanieczyszczenia powietrza	112 208,34 zł	129 371,26 zł	132 501,11 zł	135 725,36 zł	138 940,61 zł	142 084,51 zł	145 261,16 zł	148 437,82 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]	0,627	0,706	0,706	0,706	0,706	0,706	0,706	0,706
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]	0,035	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040
Koszty społeczne razem	1 808 726,27 zł	2 083 633,03 zł	2 132 429,30 zł	2 181 490,12 zł	2 230 525,71 zł	2 279 361,36 zł	2 328 288,80 zł	2 377 216,24 zł



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

Tabela 29 Tabela analizy społeczno - ekonomicznej - wariant alternatywny – autobusy elektryczne – emisja globalna cz.1

Pozycja/Rok	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Koszt zmian klimatycznych	- zł	150 144,85 zł	231 652,05 zł	396 811,39 zł	489 043,22 zł	752 869,17 zł	1 029 564,68 zł	1 231 187,76 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]	-	860,24	1 290,37	2 150,61	2 580,73	3 871,10	5 161,46	6 021,71
Koszty hałasu	- zł	10 496,97 zł	16 222,05 zł	27 836,74 zł	34 289,79 zł	52 764,63 zł	72 182,39 zł	86 347,80 zł
Krańcowe koszty zewnętrzne hałasu [zł/wozokilometr]	0,010 zł	0,011 zł	0,011 zł	0,011 zł	0,012 zł	0,012 zł	0,012 zł	0,013 zł
Liczba wozokilometrów [km]	-	980 000,00	1 470 000,00	2 450 000,00	2 940 000,00	4 410 000,00	5 880 000,00	6 860 000,00
Koszt zanieczyszczenia powietrza	- zł	164 213,31 zł	253 775,90 zł	435 474,65 zł	536 425,39 zł	825 443,66 zł	1 129 212,75 zł	1 350 814,79 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	1,028	1,543	2,571	3,085	4,628	6,170	7,199
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	0,067	0,100	0,167	0,201	0,301	0,401	0,468
Koszty społeczne razem	- zł	324 855,13 zł	501 650,00 zł	860 122,78 zł	1 059 758,40 zł	1 631 077,46 zł	2 230 959,81 zł	2 668 350,34 zł



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

Tabela 30 Tabela analizy społeczno - ekonomicznej - wariant alternatywny – autobusy elektryczne – emisja globalna cz.2

Pozycja/Rok	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
Koszt zmian klimatycznych	1 441 390,55 zł	1 660 173,04 zł	1 698 781,71 zł	1 737 390,39 zł	1 775 999,06 zł	1 814 607,74 zł	1 853 216,42 zł	1 891 825,09 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]	6 881,95	7 742,20	7 742,20	7 742,20	7 742,20	7 742,20	7 742,20	7 742,20
Koszty hałasu	101 120,73 zł	116 587,74 zł	119 408,32 zł	122 313,97 zł	125 211,51 zł	128 044,76 zł	130 907,52 zł	133 770,28 zł
Krańcowe koszty zewnętrzne hałasu [zł/wozokilometr]	0,013 zł	0,013 zł	0,014 zł	0,014 zł	0,014 zł	0,015 zł	0,015 zł	0,015 zł
Liczba wozokilometrów [km]	7 840 000,00	8 820 000,00	8 820 000,00	8 820 000,00	8 820 000,00	8 820 000,00	8 820 000,00	8 820 000,00
Koszt zanieczyszczenia powietrza	1 581 920,80 zł	1 823 884,86 zł	1 868 009,66 zł	1 913 465,36 zł	1 958 794,13 zł	2 003 117,07 zł	2 047 901,77 zł	2 092 686,46 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]	8,227	9,256	9,256	9,256	9,256	9,256	9,256	9,256
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]	0,535	0,602	0,602	0,602	0,602	0,602	0,602	0,602
Koszty społeczne razem	3 124 432,08 zł	3 600 645,64 zł	3 686 199,70 zł	3 773 169,72 zł	3 860 004,71 zł	3 945 769,57 zł	4 032 025,70 zł	4 118 281,83 zł



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

Tabela 31 Tabela analizy społeczno - ekonomicznej - wariant alternatywny – autobusy elektryczne – emisja lokalna cz.1

Pozycja/Rok	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
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	10 496,97 zł	16 222,05 zł	27 836,74 zł	34 289,79 zł	52 764,63 zł	72 182,39 zł	86 347,80 zł
Krańcowe koszty zewnętrzne hałasu [zł/wozokilometr]	0,010 zł	0,011 zł	0,011 zł	0,011 zł	0,012 zł	0,012 zł	0,012 zł	0,013 zł
Liczba wozokilometrów [km]	-	980 000,00	1 470 000,00	2 450 000,00	2 940 000,00	4 410 000,00	5 880 000,00	6 860 000,00
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	10 496,97 zł	16 222,05 zł	27 836,74 zł	34 289,79 zł	52 764,63 zł	72 182,39 zł	86 347,80 zł



Tabela 32 Tabela analizy społeczno - ekonomicznej - wariant alternatywny – autobusy elektryczne – emisja lokalna cz.2

Pozycja/Rok	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
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	101 120,73 zł	116 587,74 zł	119 408,32 zł	122 313,97 zł	125 211,51 zł	128 044,76 zł	130 907,52 zł	133 770,28 zł
Krańcowe koszty zewnętrzne hałasu [zł/wozokilometr]	0,013 zł	0,013 zł	0,014 zł	0,014 zł	0,014 zł	0,015 zł	0,015 zł	0,015 zł
Liczba wozokilometrów [km]	7 840 000,00	8 820 000,00	8 820 000,00	8 820 000,00	8 820 000,00	8 820 000,00	8 820 000,00	8 820 000,00
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	101 120,73 zł	116 587,74 zł	119 408,32 zł	122 313,97 zł	125 211,51 zł	128 044,76 zł	130 907,52 zł	133 770,28 zł



Tabela 33 Tabela analizy społeczno - ekonomicznej - wariant alternatywny – autobusy zasilane CNG cz.1

Pozycja/Rok	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Koszt zmian klimatycznych	- zł	87 638,51 zł	135 213,70 zł	231 616,06 zł	285 451,15 zł	439 444,53 zł	600 949,78 zł	718 635,78 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]	-	502,12	753,18	1 255,30	1 506,36	2 259,53	3 012,71	3 514,83
Koszty hałasu	- zł	20 993,93 zł	32 444,11 zł	55 673,48 zł	68 579,57 zł	105 529,26 zł	144 364,77 zł	172 695,60 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]	-	980 000,00	1 470 000,00	2 450 000,00	2 940 000,00	4 410 000,00	5 880 000,00	6 860 000,00
Koszt zanieczyszczenia powietrza	- zł	1 488,96 zł	2 301,05 zł	3 948,55 zł	4 863,90 zł	7 484,50 zł	10 238,85 zł	12 248,17 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	0,016	0,024	0,039	0,047	0,071	0,094	0,110
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	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002
Koszty społeczne razem	- zł	110 121,40 zł	169 958,85 zł	291 238,09 zł	358 894,62 zł	552 458,28 zł	755 553,40 zł	903 579,54 zł



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

Tabela 34 Tabela analizy społeczno - ekonomicznej - wariant alternatywny – autobusy zasilane CNG cz.2

Pozycja/Rok	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
Koszt zmian klimatycznych	841 329,69 zł	969 031,52 zł	991 567,14 zł	1 014 102,75 zł	1 036 638,37 zł	1 059 173,99 zł	1 081 709,60 zł	1 104 245,22 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]	4 016,95	4 519,07	4 519,07	4 519,07	4 519,07	4 519,07	4 519,07	4 519,07
Koszty hałasu	202 241,46 zł	233 175,48 zł	238 816,64 zł	244 627,94 zł	250 423,02 zł	256 089,51 zł	261 815,03 zł	267 540,55 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]	7 840 000,00	8 820 000,00	8 820 000,00	8 820 000,00	8 820 000,00	8 820 000,00	8 820 000,00	8 820 000,00
Koszt zanieczyszczenia powietrza	14 343,66 zł	16 537,61 zł	16 937,70 zł	17 349,85 zł	17 760,86 zł	18 162,75 zł	18 568,82 zł	18 974,90 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]	0,125	0,141	0,141	0,141	0,141	0,141	0,141	0,141
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]	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Koszty społeczne razem	1 057 914,81 zł	1 218 744,60 zł	1 247 321,47 zł	1 276 080,55 zł	1 304 822,25 zł	1 333 426,24 zł	1 362 093,46 zł	1 390 760,67 zł



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

Tabela 35 Matryca DGC kosztów społecznych - wariant bazowy

Lata	rok	Czynnik dyskontujący	Koszty zmian klimatycznych	koszty hałasu	Koszty zanieczyszczeń powietrza	Wozokilometry na rok	Zdyskontowane koszty łącznie	Zdyskontowane wozokilometry	DGC (koszt na wozokilometr)
			zł	zł	zł	km	zł	km	
2019	0	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2020	1	0,96	155 653,80	20 993,93	11 647,93	980 000,00	181 053,52	942 307,69	
2021	2	0,92	240 151,58	32 444,11	18 000,76	1 470 000,00	268 672,74	1 359 097,63	
2022	3	0,89	411 370,76	55 673,48	30 888,96	2 450 000,00	442 660,79	2 178 041,08	
2023	4	0,85	506 986,66	68 579,57	38 049,57	2 940 000,00	524 521,36	2 513 124,32	
2024	5	0,82	780 492,62	105 529,26	58 550,13	4 410 000,00	776 369,34	3 624 698,54	
2025	6	0,79	1 067 340,34	144 364,77	80 096,98	5 880 000,00	1 020 929,96	4 647 049,41	
2026	7	0,76	1 276 361,16	172 695,60	95 815,59	6 860 000,00	1 173 976,02	5 213 036,20	
2027	8	0,73	1 494 276,47	202 241,46	112 208,34	7 840 000,00	1 321 618,57	5 728 611,21	
2028	9	0,70	1 721 086,30	233 175,48	129 371,26	8 820 000,00	1 463 932,93	6 196 815,01	
2029	10	0,68	1 761 111,56	238 816,64	132 501,11	8 820 000,00	1 440 592,83	5 958 475,97	
2030	11	0,65	1 801 136,82	244 627,94	135 725,36	8 820 000,00	1 417 054,39	5 729 303,82	
2031	12	0,62	1 841 162,08	250 423,02	138 940,61	8 820 000,00	1 393 179,78	5 508 945,98	
2032	13	0,60	1 881 187,35	256 089,51	142 084,51	8 820 000,00	1 368 925,37	5 297 063,44	
2033	14	0,58	1 921 212,61	261 815,03	145 261,16	8 820 000,00	1 344 528,77	5 093 330,23	
2034	15	0,56	1 961 237,87	267 540,55	148 437,82	8 820 000,00	1 319 983,80	4 897 432,91	
RAZEM			18 820 767,98	2 555 010,36	1 417 580,07	94 570 000,00	15 458 000,16	64 887 333,44	0,24



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

Tabela 36 Matryca DGC kosztów społecznych - wariant alternatywny – autobusy elektryczne (emisja globalna)

Lata	rok	Czynnik dyskontujący	Koszty zmian klimatycznych	koszty hałasu	Koszty zanieczyszczeń powietrza	Wozokilometry na rok	Zdyskontowane koszty łączne	Zdyskontowane wozokilometry	DGC (koszt na wozokilometr)
			zł	zł	zł	km	zł	km	
2019	0	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2020	1	0,96	150 144,85	10 496,97	164 213,31	980 000,00	312 360,70	942 307,69	
2021	2	0,92	231 652,05	16 222,05	253 775,90	1 470 000,00	463 803,63	1 359 097,63	
2022	3	0,89	396 811,39	27 836,74	435 474,65	2 450 000,00	764 646,02	2 178 041,08	
2023	4	0,85	489 043,22	34 289,79	536 425,39	2 940 000,00	905 885,92	2 513 124,32	
2024	5	0,82	752 869,17	52 764,63	825 443,66	4 410 000,00	1 340 626,78	3 624 698,54	
2025	6	0,79	1 029 564,68	72 182,39	1 129 212,75	5 880 000,00	1 763 159,95	4 647 049,41	
2026	7	0,76	1 231 187,76	86 347,80	1 350 814,79	6 860 000,00	2 027 726,96	5 213 036,20	
2027	8	0,73	1 441 390,55	101 120,73	1 581 920,80	7 840 000,00	2 282 991,92	5 728 611,21	
2028	9	0,70	1 660 173,04	116 587,74	1 823 884,86	8 820 000,00	2 529 765,86	6 196 815,01	
2029	10	0,68	1 698 781,71	119 408,32	1 868 009,66	8 820 000,00	2 490 264,43	5 958 475,97	
2030	11	0,65	1 737 390,39	122 313,97	1 913 465,36	8 820 000,00	2 450 979,10	5 729 303,82	
2031	12	0,62	1 775 999,06	125 211,51	1 958 794,13	8 820 000,00	2 410 947,55	5 508 945,98	
2032	13	0,60	1 814 607,74	128 044,76	2 003 117,07	8 820 000,00	2 369 726,95	5 297 063,44	
2033	14	0,58	1 853 216,42	130 907,52	2 047 901,77	8 820 000,00	2 328 394,37	5 093 330,23	
2034	15	0,56	1 891 825,09	133 770,28	2 092 686,46	8 820 000,00	2 286 735,71	4 897 432,91	
RAZEM			18 154 657,11	1 277 505,18	19 985 140,57	94 570 000,00	26 728 015,85	64 887 333,44	0,41



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

Tabela 37 Matryca DGC kosztów społecznych - wariant alternatywny – autobusy elektryczne (emisja lokalna)

Lata	rok	Czynnik dyskontujący	Koszty zmian klimatycznych	koszty hałasu	Koszty zanieczyszczeń powietrza	Wozokilometry na rok	Zdyskontowane koszty łączne	Zdyskontowane wozokilometry	DGC (koszt na wozokilometr)
			zł	zł	zł	km	zł	km	
2019	0	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2020	1	0,96	0,00	10 496,97	0,00	980 000,00	10 093,24	942 307,69	
2021	2	0,92	0,00	16 222,05	0,00	1 470 000,00	14 998,20	1 359 097,63	
2022	3	0,89	0,00	27 836,74	0,00	2 450 000,00	24 746,76	2 178 041,08	
2023	4	0,85	0,00	34 289,79	0,00	2 940 000,00	29 311,05	2 513 124,32	
2024	5	0,82	0,00	52 764,63	0,00	4 410 000,00	43 368,68	3 624 698,54	
2025	6	0,79	0,00	72 182,39	0,00	5 880 000,00	57 046,79	4 647 049,41	
2026	7	0,76	0,00	86 347,80	0,00	6 860 000,00	65 617,23	5 213 036,20	
2027	8	0,73	0,00	101 120,73	0,00	7 840 000,00	73 887,93	5 728 611,21	
2028	9	0,70	0,00	116 587,74	0,00	8 820 000,00	81 913,00	6 196 815,01	
2029	10	0,68	0,00	119 408,32	0,00	8 820 000,00	80 667,98	5 958 475,97	
2030	11	0,65	0,00	122 313,97	0,00	8 820 000,00	79 452,82	5 729 303,82	
2031	12	0,62	0,00	125 211,51	0,00	8 820 000,00	78 206,74	5 508 945,98	
2032	13	0,60	0,00	128 044,76	0,00	8 820 000,00	76 900,36	5 297 063,44	
2033	14	0,58	0,00	130 907,52	0,00	8 820 000,00	75 595,83	5 093 330,23	
2034	15	0,56	0,00	133 770,28	0,00	8 820 000,00	74 277,89	4 897 432,91	
RAZEM			0,00	1 277 505,18	0,00	94 570 000,00	866 084,50	64 887 333,44	0,01



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

Tabela 38 Matryca DGC kosztów społecznych - wariant alternatywny – autobusy zasilane CNG

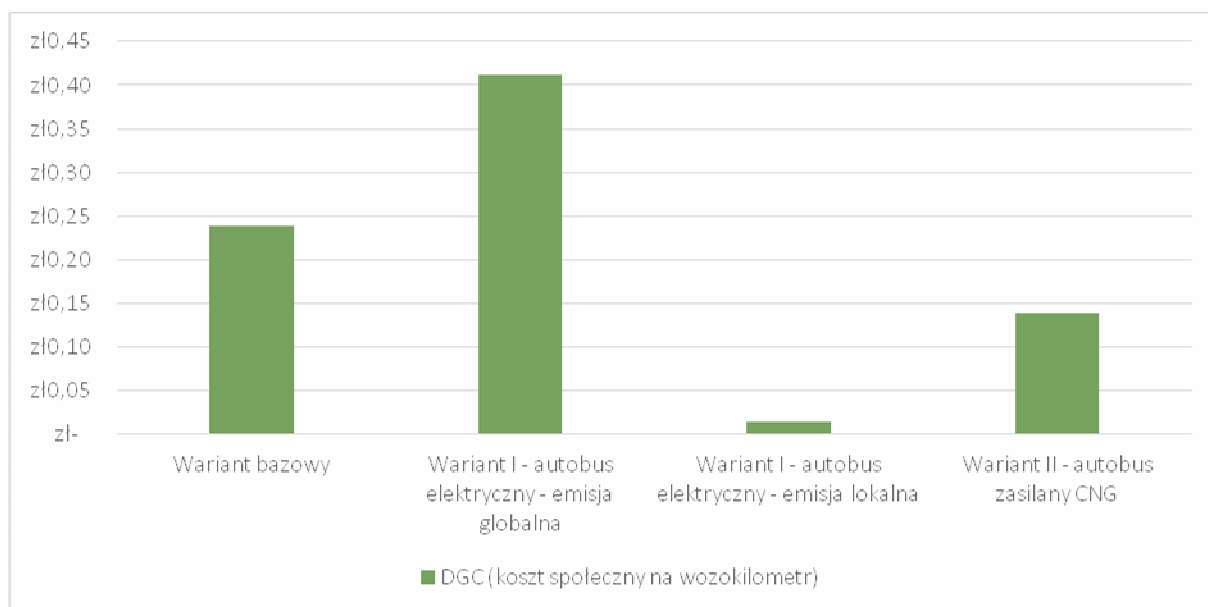
Lata	rok	Czynnik dyskontujący	Koszty zmian klimatycznych	koszty hałasu	Koszty zanieczyszczeń powietrza	Wozokilometry na rok	Zdyskontowane koszty łączne	Zdyskontowane wozokilometry	DGC (koszt na wozokilometr)
			zł	zł	zł	km	zł	km	
2019	0	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2020	1	0,96	87 638,51	20 993,93	1 488,96	980 000,00	105 885,97	942 307,69	
2021	2	0,92	135 213,70	32 444,11	2 301,05	1 470 000,00	157 136,52	1 359 097,63	
2022	3	0,89	231 616,06	55 673,48	3 948,55	2 450 000,00	258 909,60	2 178 041,08	
2023	4	0,85	285 451,15	68 579,57	4 863,90	2 940 000,00	306 784,62	2 513 124,32	
2024	5	0,82	439 444,53	105 529,26	7 484,50	4 410 000,00	454 080,44	3 624 698,54	
2025	6	0,79	600 949,78	144 364,77	10 238,85	5 880 000,00	597 124,83	4 647 049,41	
2026	7	0,76	718 635,78	172 695,60	12 248,17	6 860 000,00	686 646,19	5 213 036,20	
2027	8	0,73	841 329,69	202 241,46	14 343,66	7 840 000,00	773 007,99	5 728 611,21	
2028	9	0,70	969 031,52	233 175,48	16 537,61	8 820 000,00	856 273,79	6 196 815,01	
2029	10	0,68	991 567,14	238 816,64	16 937,70	8 820 000,00	842 645,69	5 958 475,97	
2030	11	0,65	1 014 102,75	244 627,94	17 349,85	8 820 000,00	828 917,59	5 729 303,82	
2031	12	0,62	1 036 638,37	250 423,02	17 760,86	8 820 000,00	814 988,13	5 508 945,98	
2032	13	0,60	1 059 173,99	256 089,51	18 162,75	8 820 000,00	800 821,25	5 297 063,44	
2033	14	0,58	1 081 709,60	261 815,03	18 568,82	8 820 000,00	786 575,03	5 093 330,23	
2034	15	0,56	1 104 245,22	267 540,55	18 974,90	8 820 000,00	772 240,03	4 897 432,91	
RAZEM			10 596 747,77	2 555 010,36	181 210,12	94 570 000,00	9 042 037,66	64 887 333,44	0,14



Podobnie jak w przypadku analizy finansowej w pierwszej części analizy przedstawiono tabele prognozujące koszty społeczne w kolejnych latach, druga natomiast – analiza matrycami DGC (Dynamiczny koszt jednostkowy) - pozwala porównać jak kształtowałby się koszt społeczny w przeliczeniu na pokonywane w komunikacji wozokilometry. 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. Małecki P., *Zeszyty Naukowe nr 860 Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie, 2011*) Do obliczeń przyjęto stopę dyskontową o wartości 4%.

Jak wskazują matryce DGC zamieszczone powyżej, wariant elektryczny charakteryzuje się najniższym kosztem wozokilometra tylko w przypadku ujęcia emisji w skali globalnej. W przypadku uwzględnienia całkowitej emisji – również tej związanej z wytworzeniem i dystrybucją energii, koszt społeczny na wozokilometr znacząco przewyższa koszty w wariantach zasilania autobusów olejem napędowym oraz CNG.



IX. ANALIZA WRAŻLIWOŚCI I RYZYKA

Ostatnim elementem analizy jest odniesienie się do potencjalnych ryzyk mogących wpłynąć na realizację projektu (analiza ryzyka) oraz ich ewentualnego wpływu na wynik inwestycji (analiza wrażliwości).

Analizę ryzyka sporządzono oddzielnie dla każdego z alternatywnych wariantów inwestycyjnych, tj. zakupu autobusów elektrycznych oraz zakupu autobusów zasilanych CNG. Ryzyka występujące w projekcie mogą mieć skutek zarówno pozytywny dla rezultatu inwestycji jak i negatywny. W tabelach wskazano wyłącznie ryzyka mając wpływ na finansowy efekt inwestycji.

Punktem wyjścia do korekt związanych z analizą wrażliwości jest koszt wozokilometra w poszczególnych założonych wariantach.

Tabela 39 Koszt wozokilometra w wariantach

Wariant	koszt paliwa + eksploatacji + inwestycji
Autobusy zasilane ON	3,27 zł
Autobusy zasilane en. elektryczną - z dofinansowaniem	1,15 zł
Autobusy zasilane en. elektryczną - środki własne	4,32 zł
Autobusy zasilane CNG	3,15 zł

Tabela 40 Tabela ryzyk - wariant alternatywny - zakup autobusów elektrycznych

LP	Ryzyko	Skutek	Wpływ na cenę wozokilometra
1	Spadek cen energii	Spadek hurtowych ceny energii do poziomów z początku roku 2018 tj. ok. 190 zł/MWh	- 12 gr/wzkm
2	Wzrost cen energii	Wzrost hurtowych ceny energii do poziomów 350 zł/MWh	+ 6 gr/wzkm
3	Spadek żywotności zakupu baterii	Konieczność wymiany baterii w autobusach	+ 63 gr/wzkm

Wariant związany z zakupem pojazdów elektrycznych, w zakresie ryzyk związany jest przede wszystkim z niestabilną sytuacją na hurtowym rynku energii elektrycznej, a odnotowany w roku 2018 skokowy – o kilkadziesiąt procent – wzrost hurtowych cen energii może mieć zarówno charakter krótkotrwały,



jak też okazać się stałym trendem wzrostowym²⁷. Dodatkowo sama technologia autobusów zasilanych energią elektryczną z bateryjnych magazynów energii jest technologią stosunkowo nową, obecną na rynkach zaledwie od kilku lat, tym samym deklarowane przez producentów założenia dotyczące trwałości zastosowanych komponentów będą dopiero zweryfikowane przez rzeczywistą eksploatację. Podstawowym ryzykiem w tym obszarze jest krótsza niż zakładana żywotność baterii, która spowoduje dodatkowe wydatki związane z ich wymianą i jak pokazuje analiza wrażliwości jest to kluczowy czynnik mający wpływ na jednostkową cenę wozokilometra.

Tabela 41 Tabela ryzyk - wariant alternatywny - zakup autobusów z napędem CNG

LP	Ryzyko	Skutek	Wpływ na cenę wozokilometra
1	Zwolnienia z podatku akcyzowego sprężonego gazu ziemnego	Spadek ceny paliwa o ok. 30-40 gr/Nm ³	- 10 gr/wzkm
2	Budowa stacji tankowania CNG ze środków inwestora zewnętrznego	Spadek kosztów inwestycyjnych o ok 3,5 mln zł	- 5 gr/wzkm
3	Wzrost kosztów zakupu autobusów	Wzrost kosztów inwestycyjnych o 10%	+ 20 gr/wzkm

Wariant związany z zakupem pojazdów zasilanych paliwem CNG, podobnie jak i w przypadku wariantu elektrycznego podatny jest przede wszystkim na wahania cen paliw. Do czasu wprowadzenia akcyzy na sprężony gaz ziemny, parytet ceny CNG względem oleju napędowego utrzymywał się na poziomie 55%, co przekładało się na cenę gazu nieprzekraczającą w praktyce 3 zł/Nm³. Obłożenie gazu dodatkowym podatkiem²⁸, przełożyło się na podwyżki wynoszące od 30 do 40 gr/Nm³. Po konsultacjach branżowych, 1 czerwca uchwalona została ustawa o zwolnieniu CNG z opłaty akcyzowej, co przyjęto w analizowanych obliczeniach, warunkiem jednakże takiego obrotu spraw jest pozytywna notyfikacja Komisji Europejskiej. Brak akceptacji ze strony instytucji unijnej doprowadzi jednak do utrzymania wysokiej ceny tego paliwa.

Drugim ze wskazanych w analizie ryzyk jest potencjalna możliwość budowy stacji tankowania CNG ze środków inwestora zewnętrznego. Wpływ dodatkowej oszczędności inwestycyjnej na końcową cenę wozokilometra jest bardzo znaczący, wynosi bowiem 5 gr/wzkm.

²⁷ <https://www.cire.pl/item,167324,13,0,0,0,0,wzrost-cen-energii-elektrycznej---nic-nie-dzieje-sie-bez-przyczyny.html>

²⁸ <https://cng.auto.pl/3111/cena-cng-w-polsce-po-wprowadzeniu-akcyzy-ogromne-podwyzki-na-stacjach-paliw/>



Ostatnim z analizowanych ryzyk jest potencjalny wzrost kosztów zakupu autobusów. Negocjacje z potencjalnymi dostawcami w zakresie cenowym mają o tyle duże znaczenie, że wzrost cen o 10% względem założonego pułapu wydatków podnosi cenę wozokilometra o 20 gr.



X. WNIOSKI I REKOMENDACJE

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

- 1) Wariantie bazowym – z wykorzystaniem autobusów o napędzie konwencjonalnym spełniających 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 analizowanego systemu transportowego i 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 jest niemożliwa (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 bez zewnętrznego dofinansowania jest dalece mniej opłacalny od zakupu autobusów zasilanych olejem napędowym bądź sprężonym gazem ziemnym. W przypadku jednak pozyskania środków zewnętrznych (np. ze środków Funduszu Transportu Niskoemisyjnego²⁹) zakup autobusów elektrycznych staje się najbardziej opłacalny.

²⁹ <https://www.gov.pl/web/energia/fundusz-niskoemisyjnego-transportu>



Tabela 42 Porównanie kosztów wozokilometra w wariantach

Wariant	koszt paliwa + eksploatacji + inwestycji
Autobusy zasilane ON	3,27 zł
Autobusy zasilane en. elektryczną - z dofinansowaniem	1,15 zł
Autobusy zasilane en. elektryczną - środki własne	4,32 zł
Autobusy zasilane CNG	3,15 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.

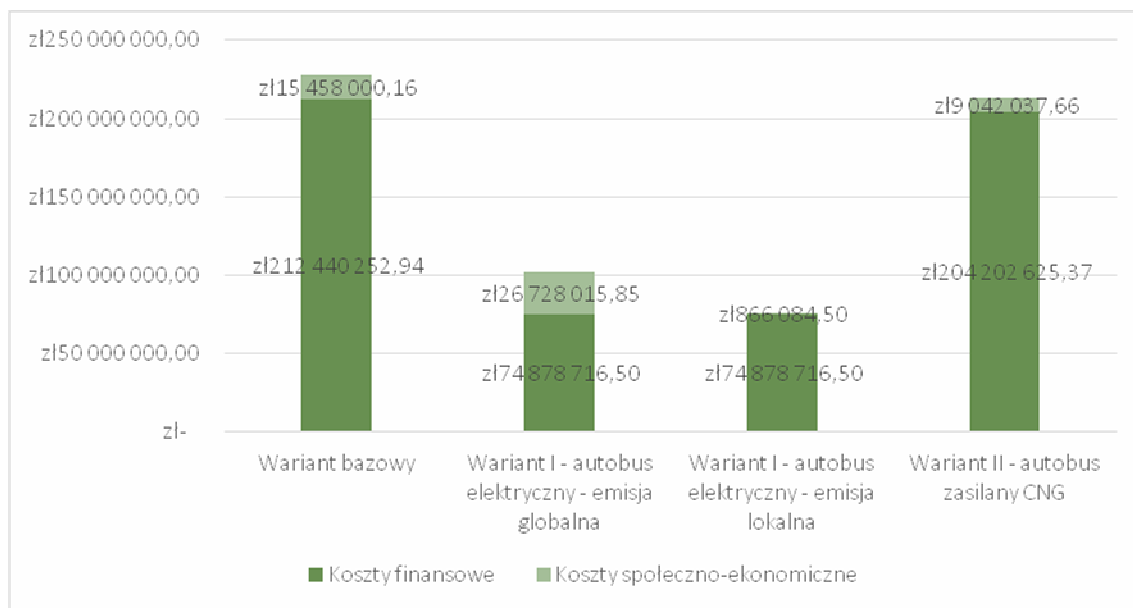
Kalkulacji oraz porównania skwantyfikowanych skutków środowiskowych inwestycji dokonano w ramach analizy społeczno-ekonomicznej. Łączne wyniki analizy finansowej oraz społeczno-ekonomicznej przedstawia tabela oraz wykres zamieszczony poniżej.

Tabela 43 Zestawienie kosztów finansowych oraz społeczno-ekonomicznych inwestycji

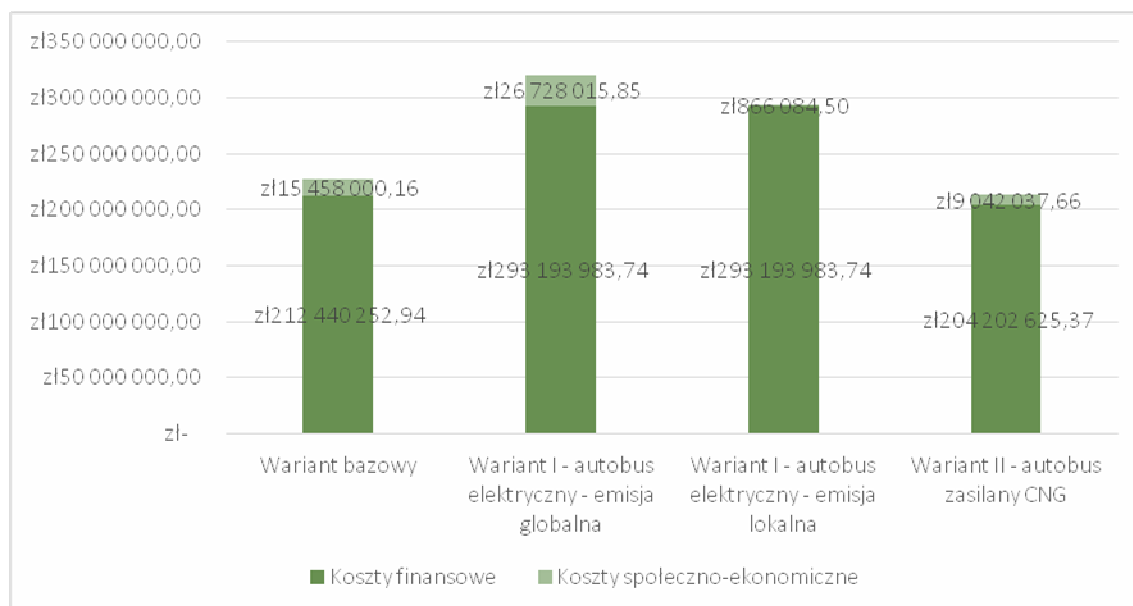
Pozycja	Wariant bazowy	Wariant I - autobus elektryczny - emisja globalna	Wariant I - autobus elektryczny - emisja lokalna	Wariant II - autobus zasilany CNG
Koszty finansowe	212 440 252,94 zł	293 193 983,74 zł	293 193 983,74 zł	204 202 625,37 zł
Koszty społeczno-ekonomiczne	15 458 000,16 zł	26 728 015,85 zł	866 084,50 zł	9 042 037,66 zł
SUMA	227 898 253,10 zł	319 921 999,59 zł	294 060 068,24 zł	213 244 663,03 zł

Dla wariantu zakupu autobusu elektrycznych, przeanalizowano dwa ujęcia kosztów/korzyści społecznych. Z perspektywy emisji globalnej uwzględniającej zanieczyszczenia powstające w procesie wytwarzania oraz przesyłania energii elektrycznej oraz z perspektywy emisji lokalnej, jako że autobus elektryczny definiowany jest jako pojazd zeroemisyjny, jedyne generowane koszty społeczne związane są z emisją hałasu.





Rysunek 23 Porównanie łącznych kosztów finansowych oraz społeczno-ekonomicznych (wariant z zakupem autobusów elektrycznych z dofinansowaniem)



Rysunek 24 Porównanie łącznych kosztów finansowych oraz społeczno-ekonomicznych wariantów inwestycyjnych (wariant z zakupem autobusów elektrycznych bez dofinansowania)

Otrzymane wyniki analizy przeprowadzonej zgodnie z wymogami Ustawy o elektromobilności oraz przyjętą metodyką wykazują, iż wprowadzenie taboru zeroemisyjnego do systemu komunikacyjnego miasta bez dofinansowania zewnętrznego jest rozwiązaniem najdroższym pod względem finansowym, a korzyści społeczne odnotować można wyłącznie w sytuacji w której w kalkulacjach nie zostanie uwzględniona emisja u źródła – w miejscu wytworzenia energii elektrycznej.



Z perspektywy jednak użytkowników komunikacji miejskiej na terenie miasta, korzyści w zakresie ograniczenia emisji substancji szkodliwych oraz hałasu mają już jednak wyraźny charakter.

Niewątpliwe korzyści finansowe oraz społeczne, przynosi wariant inwestycyjny zakupu autobusów elektrycznych przy dofinansowaniu w formie dotacji ze środków zewnętrznych.

W związku z czym, organizator, zlecając świadczenie usług komunikacji miejskiej w rozumieniu ustawy z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym, nie musi zapewniać określonego w art. 36 Ustawy o elektromobilności udziału autobusów zeroemisyjnych we flocie użytkowanych pojazdów jeżeli inwestycje te miałyby być realizowane ze środków własnych. Powinien podejmować jednak działania w zakresie pozyskania wsparcia zewnętrznego (ze środków Funduszu Transportu Niskoemisyjnego, Regionalnego Programu Operacyjnego, bądź Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej), kierując się przede wszystkim korzyściami środowiskowymi w zakresie obniżania emisji liniowej na terenie miasta.

Zgodnie z art. 37 Ustawy, przystąpienie do ponownej analizy powinno nastąpić nie później niż w terminie następnych 36 miesięcy.



XI. SPIS TABEL

Tabela 1 Planowany udział zmodernizowanych pojazdów w całkowitym taborze miejskim.....	22
Tabela 2 Dzielne szacowane zużycie wodoru	31
Tabela 3 Matryca obsługi linii autobusem z zasilaniem bateryjnym - linia 80	42
Tabela 4 Matryca obsługi linii autobusem z zasilaniem bateryjnym - linia 83	43
Tabela 5 Matryca obsługi linii autobusem z zasilaniem bateryjnym - linia 86	44
Tabela 6 Plan inwestycyjny	50
Tabela 7 Udział pojazdów zeroemisyjnych - założenia.....	50
Tabela 8 Nakłady inwestycyjne - wariant bazowy	50
Tabela 9 Nakłady inwestycyjne - wariant alternatywny I	51
Tabela 10 Nakłady inwestycyjne - wariant alternatywny II.....	51
Tabela 11 Założenia podstawowych kosztów operacyjnych.....	51
Tabela 12 Prognoza wydatków na lata 2019-2034 - wariant bazowy	53
Tabela 13 Prognoza wydatków na lata 2019-2034 - wariant alternatywny – autobusy elektryczne – prognoza z dotacją.....	54
Tabela 14 Prognoza wydatków na lata 2019-2034 - wariant alternatywny – autobusy elektryczne – prognoza bez dotacji	56
Tabela 15 Prognoza wydatków na lata 2019-2034 - wariant alternatywny – autobusy zasilane CNG.....	58
Tabela 16 Matryca DGC - wariant bazowy	59
Tabela 17 Matryca DGC - wariant alternatywny – autobusy elektryczne – przy dofinansowaniu zewnętrznym.....	60
Tabela 18 Matryca DGC - wariant alternatywny – autobusy elektryczne – bez dofinansowania zewnętrznego	61
Tabela 19 Matryca DGC - wariant alternatywny – autobusy zasilane CNG.....	62
Tabela 20 Porównanie kosztu jednostkowego w wariantach	63
Tabela 21 Wartość dopuszczalnych poziomów zanieczyszczeń dla normy EURO6.....	64
Tabela 22 według wartości opałowe (WO) i wskaźników emisji CO2 (WE) do raportowania w ramach Systemu Handlu Uprawnieniami do Emisji za rok 2017	64
Tabela 23 Wskaźniki emisyjności – autobus elektryczny	65
Tabela 24 Wskaźniki emisyjności - autobus CNG.....	65
Tabela 25 Porównanie emisyjności autobusu z napędem konwencjonalnym oraz z napędem elektrycznym	65
Tabela 26 Porównanie emisyjności w wariantach inwestycyjnych	66
Tabela 27 Tabela analizy społeczno - ekonomicznej - wariant bazowy – autobusy z napędem konwencjonalnym, cz.1	69
Tabela 28 Tabela analizy społeczno - ekonomicznej - wariant bazowy – autobusy z napędem konwencjonalnym, cz.2	70
Tabela 29 Tabela analizy społeczno - ekonomicznej - wariant alternatywny – autobusy elektryczne – emisja globalna cz.1	71
Tabela 30 Tabela analizy społeczno - ekonomicznej - wariant alternatywny – autobusy elektryczne – emisja globalna cz.2	72
Tabela 31 Tabela analizy społeczno - ekonomicznej - wariant alternatywny – autobusy elektryczne – emisja lokalna cz.1.....	73
Tabela 32 Tabela analizy społeczno - ekonomicznej - wariant alternatywny – autobusy elektryczne – emisja lokalna cz.2.....	74
Tabela 33 Tabela analizy społeczno - ekonomicznej - wariant alternatywny – autobusy zasilane CNG cz.1.....	75
Tabela 34 Tabela analizy społeczno - ekonomicznej - wariant alternatywny – autobusy zasilane CNG cz.2.....	76
Tabela 35 Matryca DGC kosztów społecznych - wariant bazowy	77
Tabela 36 Matryca DGC kosztów społecznych - wariant alternatywny – autobusy elektryczne (emisja globalna).....	78
Tabela 37 Matryca DGC kosztów społecznych - wariant alternatywny – autobusy elektryczne (emisja lokalna)	79
Tabela 38 Matryca DGC kosztów społecznych - wariant alternatywny – autobusy zasilane CNG.....	80
Tabela 39 Koszt wozokilometra w wariantach	82
Tabela 40 Tabela ryzyk - wariant alternatywny - zakup autobusów elektrycznych.....	82



Tabela 41 Tabela ryzyk - wariant alternatywny - zakup autobusów z napędem CNG.....	83
Tabela 42 Porównanie kosztów wozokilometra w wariantach.....	86
Tabela 43 Zestawienie kosztów finansowych oraz społeczno-ekonomicznych inwestycji	86



XII. SPIS ILUSTRACJI

Rysunek 2 Łódzki Obszar Metropolitalny	11
Rysunek 3 Węzły przesiadkowe: https://dzienniklodzki.pl/wezly-przesiadkowe-zacheca-lodzian-do-powrotu-do-transportu-zbiorowego/ar/9413449	20
Rysunek 4 Schemat budowy autobusu elektrycznego, źródło: https://elektrowoz.pl/wp-content/uploads/2018/07/Schemat-budowy-elektrycznego-autobusu-eCitaro.jpg	25
Rysunek 5 Pantografowa stacja ładowania autobusów elektrycznych w Jaworznie, źródło: https://www.transport-publiczny.pl/img/jaworznostacja1.jpg_678-443.jpg	27
Rysunek 6 Autobus z napędem hybrydowym ON i CNG, źródło: https://cng-Ing.pl/wiadomosci/Wspolpraca-z-gazem-w-tle,wiadomosc,374.htm	28
Rysunek 7 Schemat "wolnej" stacji tankowania CNG, źródło: www.afdc.energy.gov	29
Rysunek 8 Schemat "szybkiej" stacji tankowania CNG, źródło: www.afdc.energy.gov	29
Rysunek 9 Autobus wodorowy Solaris Urbino 12 Hydrogen, źródło: Solaris Bus&Coach	31
Rysunek 10 Nowoprojektowana pętla autobusowa „Wydawnicza” – lokalizacja stanowiska ładowania	33
Rysunek 11 Pętla „Cmentarz – Szczecińska” – lokalizacja stanowiska ładowania	34
Rysunek 12 Pętla „Janów” – lokalizacja stanowiska ładowania	34
Rysunek 13 Pętla „Retkinia” – lokalizacja stanowiska ładowania	35
Rysunek 14 Pętla „Dworzec Łódź Fabryczna” – lokalizacja stanowiska ładowania	35
Rysunek 15 Pętla „Retkinia Kusocińskiego” – lokalizacja stanowiska ładowania	36
Rysunek 16 Przebieg linii nr 80, materiały ZDiT Łódź	37
Rysunek 17 Przebieg linii nr 83, materiały ZDiT Łódź	38
Rysunek 18 Przebieg linii nr 86, materiały ZDiT Łódź	39
Rysunek 19 Kompresory oraz magazyny buforowe stacji CNG, źródło: http://cngcenter.com/services/cng-station-installation/cngfillstation/	46
Rysunek 20 Stanowisko tankowania wodoru w miejscowości Lesce w Słowenii, źródło: https://fuelcellworks.com/archives/2013/09/12/petrol-opens-first-hydrogen-filling-station-in-slovenia/	46
Rysunek 21 Porównanie kosztów jednostkowych w wariantach	63
Rysunek 22 Porównanie kosztów społecznych	68
Rysunek 23 Porównanie łącznych kosztów finansowych oraz społeczno-ekonomicznych (wariant z zakupem autobusów elektrycznych z dofinansowaniem)	87
Rysunek 24 Porównanie łącznych kosztów finansowych oraz społeczno-ekonomicznych wariantów inwestycyjnych (wariant z zakupem autobusów elektrycznych bez dofinansowania)	87

