

Analiza kosztów i korzyści związanych z  
wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy  
świadczeniu usług komunikacji miejskiej w Łomży  
PROJEKT DO KONSULTACJI SPOŁECZNYCH

## Spis treści

<b>Spis treści .....</b>	<b>1</b>
Wykaz skrótów .....	2
<b>1. Podstawowe informacje .....</b>	<b>3</b>
1.1. Cel i przedmiot opracowania .....	3
1.2. Uwarunkowania prawne .....	3
1.3. Dokumenty źródłowe i metodyki .....	3
1.4. Konsultacje społeczne .....	4
1.5. Operator publicznego transportu zbiorowego na terenie Miasta Łomża .....	4
1.6. Charakterystyka funkcjonowania systemu komunikacji miejskiej w Łomży .....	4
1.7. Identyfikacja podstawowych niedoborów w zakresie gospodarki niskoemisyjnej.....	15
<b>2. INWESTYCJE W TABOR I INFRASTRUKTURĘ.....</b>	<b>17</b>
2.1. Identyfikacja działań zmierzających do zniwelowania potrzeb środowiska naturalnego w kontekście transportowym .....	17
2.2. Identyfikacja działań zmierzających do zniwelowania podstawowych niedoborów systemu transportowego w kontekście elektromobilności.....	17
<b>3. METODYKA ANALIZY KOSZTÓW I KORZYŚCI .....</b>	<b>19</b>
3.1. Analiza finansowa .....	20
3.2. Analiza ekonomiczna .....	23
3.3. Analiza wrażliwości.....	24
3.4. Analiza ryzyka.....	25
<b>4. ANALIZA ROZWIĄZAŃ ALTERNATYWNYCH .....</b>	<b>26</b>
4.1. Źródła napędu w transporcie publicznym .....	26
4.2. Możliwe warianty inwestycyjne .....	29
<b>5. WYNIKI ANALIZ .....</b>	<b>31</b>
5.1. Analiza finansowo-ekonomiczna .....	31
5.2. Analiza efektów środowiskowych związanych z emisją szkodliwych substancji dla środowiska naturalnego i zdrowia .....	36
5.3. Analiza społeczno-ekonomiczna uwzględniającą wycenę kosztów związanych z emisją szkodliwych substancji .....	37
<b>6. ANALIZA WRAŻLIWOŚCI .....</b>	<b>38</b>
6.1. Kluczowe zmienne krytyczne.....	38
6.2. Wartości progowe zmiennych.....	39
<b>7. ANALIZA RYZYKA .....</b>	<b>41</b>
7.1. Czynniki ryzyka w projekcie .....	41
7.2. Matryca ryzyka.....	42
<b>8. WNIOSKI I REKOMENDACJE .....</b>	<b>47</b>
<b>Spisy .....</b>	<b>48</b>
Spis map .....	48
Spis tabel .....	48
Spis wykresów .....	48
<b>Bibliografia .....</b>	<b>49</b>
<b>Załącznik 1 – Model finansowy.....</b>	<b>49</b>

## Wykaz skrótów

**AKK** – analiza kosztów i korzyści

**CNG** – sprężony gaz ziemny (ang. compressed natural gas)

**CUPT** – Centrum Unijnych Projektów Transportowych

**FNPV/C** – finansowa wartość bieżąca netto z inwestycji

**FRR/C** – finansowa stopa zwrotu z inwestycji

**ENPV** – ekonomiczna wartość bieżąca netto (ang. economic net present value)

**ERR** – ekonomiczna stopa zwrotu (ang. economic rate of return)

**IRR** – wewnętrzna stopa zwrotu (ang. internal rate of return)

**MPK** – Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacji w Łomży Sp. z o.o.

**NPV** – wartość bieżąca netto (ang. net present value)

**PGN** – Aktualizacja Planu Gospodarki Niskoemisyjnej dla Miasta Łomży stanowiąca Załącznik do Uchwały nr 79/VIII/19 z dnia 17. kwietnia 2019 r. Rady Miejskiej Łomży

**TVM** – wartość pieniądza w czasie (ang. time value of money)

## 1. Podstawowe informacje

### 1.1. Cel i przedmiot opracowania

Głównym celem opracowania jest ocena finansowej i ekonomicznej opłacalności wykorzystania, 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.

### 1.2. Uwarunkowania prawne

Podstawa prawna analizy kosztów i korzyści (AKK):

- ustawa z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (Dz. U. z 2021 r. poz. 110, 1093);
- ustawa z dnia 17 lipca 2009 r. o systemie zarządzania emisjami gazów cieplarnianych i innych substancji (Dz.U. z 2020 r. poz. 1077, 2320, z 2021 r. poz. 1047);
- ustawa z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym (Dz. U. z 2021 r. poz. 1371);
- Ustawa 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 2021 r. poz. 247, 784, 922, 1211, 1551, 1718);
- ustawa z dnia 8 marca 1990 r. o samorządzie gminnym (Dz. U. z 2021 r. poz. 1372).

### 1.3. Dokumenty źródłowe i metodyki

Wykorzystano następujące opracowania analityczne dotyczące metody przeprowadzania analizy kosztów i korzyści:

- „Niebieska Księga. Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach”; Nowa edycja, opracowanie JASPERS, sierpień 2015 r.:  
<https://www.pois.gov.pl/strony/o-programie/dokumenty/niebieskie-ksiegi-dla-projektow-w-sektorze-transportu-publicznego-infrastruktury-drogowej-oraz-kolejowej/>, dostęp: 31 października 2021 r.;
- „Analiza kosztów i korzyści projektów transportowych współfinansowanych ze środków Unii Europejskiej. Vademecum Beneficjenta”, opracowanie CUPT Warszawa, 2016 r.:  
<https://www.cupt.gov.pl/wdrazanie-projektow/analiza-kosztow-i-korzysci/metodyka-analzy-kosztow-i-korzysci/vademecum-beneficjenta>, dostęp: 31 października 2021 r.;
- „Przewodnik po analizie kosztów i korzyści projektów inwestycyjnych. Narzędzie analizy ekonomicznej polityki spójności 2014-2020”, opracowanie Komisja Europejska, grudzień 2014 r.:  
[https://www.funduszeuropejskie.gov.pl/media/5594/Przewodnik\\_AKK\\_14\\_20.pdf](https://www.funduszeuropejskie.gov.pl/media/5594/Przewodnik_AKK_14_20.pdf),      dostęp:      31 października 2021 r.;
- „Wytyczne w zakresie zagadnień związanych z przygotowaniem projektów inwestycyjnych, w tym projektów generujących dochód i projektów hybrydowych na lata 2014-2020”:  
<https://www.funduszeuropejskie.gov.pl/strony/o-funduszach/dokumenty/wytyczne-ministra-infrastruktury-i-rozwoju-w-zakresie-zagadnien-zwiazanych-z-przygotowaniem-projektow-inwestycyjnych-w-tym-projektow-generujacych-dochod-i-projektow-hybrydowych-na-lata-2014-2020-1/>,      dostęp:      31 października 2021 r.

- Tablice kosztów jednostkowych do wykorzystania w analizach kosztów i korzyści, opracowanie CUPT Warszawa, wrzesień 2021 r.:

<https://www.cupt.gov.pl/wdrazenie-projektow/analiza-kosztow-i-korzysci/narzedzia/tablice-kosztow-jednostkowych-do-wykorzystania-w-analizach-kosztow-i-korzysci>, dostęp: 31 października 2021 r.

#### **1.4. Konsultacje społeczne**

Konsultacje społeczne są prowadzone na podstawie art. 30 ust. 1 ustawy z dnia 8 marca 1990 r. o samorządzie gminnym (Dz. U. z 2021 r. poz. 1372), art. 37 ust. 3 ustawy z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (Dz. U. z 2021r. poz. 110), na zasadach określonych w dziale III w rozdziale 1 i 3 ustawy z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko (Dz. U. z 2021 r. poz. 247, 784, 922, 1211, 1551) oraz uchwały nr 240/XXX/16 Rady Miejskiej Łomży z dnia 28 września 2016 roku w sprawie zasad i trybu przeprowadzania konsultacji społecznych z mieszkańcami Miasta Łomży (Dz. Urz. Woj. Podlaskiego z 2016 r., poz. 3927).

#### **1.5. Operator publicznego transportu zbiorowego na terenie Miasta Łomża**

MPK powstało 15 lipca 1969 roku. Do 30 czerwca 1989 roku komunikacja miejska działała w formie zakładu w strukturze organizacyjnej Miejskiego Przedsiębiorstwa Gospodarki Komunalnej i Mieszkaniowej. W dniu 1 lipca 1989 r. w wyniku podziału MPGiM, utworzone zostało Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacji jako samodzielna jednostka gospodarcza, działająca w oparciu o status przedsiębiorstwa państwowego. 1 stycznia 1992 roku MPK zostało przekształcone w zakład budżetowy i w takiej formie organizacyjno-prawnej funkcjonowało do końca 2019 r.

Proces przekształcania zakładu budżetowego w spółkę prawa handlowego trwał około 1 roku. W dniu 17 kwietnia 2019 r. Rada Miasta Łomży podjęła uchwałę nr 69/VIII/19 w sprawie likwidacji samorządowego zakładu budżetowego w celu zawiązania spółki z ograniczoną odpowiedzialnością (zmienioną uchwałą nr 168/XVI/19 z dnia 30 października 2019 r. zmieniającą uchwałę w sprawie likwidacji samorządowego zakładu budżetowego w celu zawiązania spółki z ograniczoną odpowiedzialnością). W dniu 28.02.2020 r. Sąd Rejonowy w Białymstoku Wydział Gospodarczy Krajowego Rejestru Sądowego ul. Adama Mickiewicza 103, zarejestrował pod numerem KRS 0000832007 Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacji w Łomży spółka z ograniczoną odpowiedzialnością, będąca następcą prawnym zakładu budżetowego. Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacji w Łomży Sp. z o.o. wstąpiło we wszystkie prawa i obowiązki przekształconego poprzez likwidację zakładu budżetowego.

Przedmiotem działalności Operatora jest w szczególności transport lądowy pasażerski, miejski i podmiejski. MPK w Łomży Sp. z o.o. jako organizator wykonuje zadania publiczne Miasta Łomża. Podstawowym przedmiotem działania MPK jest wykonywanie zadań o charakterze użyteczności publicznej, których celem jest zaspokajanie zbiorowych potrzeb ludności w drodze świadczenia usług powszechnie dostępnych tj. w zakresie publicznego transportu zbiorowego.

#### **1.6. Charakterystyka funkcjonowania systemu komunikacji miejskiej w Łomży**

##### **1.6.1. Obecna sieć komunikacyjna**

Sieć komunikacyjna w rozumieniu ustawy o publicznym transporcie zbiorowym, to układ linii komunikacyjnych obejmujący obszar działania organizatora publicznego transportu zbiorowego lub część tego obszaru. Stanowi ona

jedną z gałęzi systemu transportowego w mieście. Z wykorzystaniem układu linii komunikacyjnych świadczona są przewozy o charakterze użyteczności publicznej. Przewozy te są powszechnie dostępną usługą w zakresie publicznego transportu zbiorowego wykonywaną przez operatora publicznego transportu zbiorowego w celu bieżącego i nieprzerwanego zaspokajania potrzeb przewozowych społeczności na danym obszarze. Podstawowym obszarem wykonywania przewozów o charakterze użyteczności w Łomży jest obszar miasta, z uwzględnieniem obszaru objętego umowami międzygminnymi. Na dzień 09 listopada 2021 r. w Łomży funkcjonuje 15 linii autobusowych (por. Tabela 1) o łącznej długości ~ 135,0 km, w tym jedna linia obsługiwana w okresie wakacyjnym (por. Tabela 2).

**Tabela 1 Wykaz tras autobusowych MPK w Łomży Sp. z o.o.**

LINIA	TRASA
1	<b>W. S. AGROBIZNESU</b> ↔ Poznańska ↔ Akademicka PWSiP ↔ Pileckiego ↔ Al. Legionów ↔ Al. Piłsudskiego ↔ Zawadzka ↔ Sikorskiego ↔ Al. Legionów ↔ Pl. Kościuszki ↔ Zjazd ↔ <b>Piątnica</b> ↔ (↔ <b>OSM Piątnica</b> ) (↔ <b>MARIANOWO</b> )
2	(FADOM ↔) W. S. AGROBIZNESU ↔ Poznańska ↔ Al. Legionów ↔ Polowa ↔ Giełczyńska ↔ St. Rynek ↔ Rządowa ↔ Pl. Kościuszki ↔ W. Polskiego ↔ <b>W. S. AGROBIZNESU</b> (↔ <b>FADOM</b> )
3	<b>PRZYKOSZAROWA</b> → Zawadzka → Sz. Zambrowska → Giełczyńska → Rządowa → Pl. Kościuszki → Al. Legionów → Sikorskiego → Spokojna → Al. Piłsudskiego → <b>PRZYKOSZAROWA</b>
4	<b>W. S. AGROBIZNESU</b> ↔ Poznańska ↔ Al. Legionów ↔ Pl. Kościuszki ↔ Rządowa ↔ St. Rynek ↔ Giełczyńska ↔ Sz. Zambrowska ↔ Sikorskiego ↔ <b>ZDROJOWA (pętla na ul. Królowej Bony)</b>
5	<b>PRZYKOSZAROWA</b> → Zawadzka → Al. Piłsudskiego → Spokojna → Sikorskiego → Al. Legionów Pl. Kościuszki → Stary Rynek → Sz. Zambrowska → Sikorskiego → Zawadzka → <b>PRZYKOSZAROWA</b>
6	<b>AKADEMICKA (PWSiP)</b> → Pileckiego → Przykoszarowa → Zawadzka → Sybiraków → Kazańska → Al. Piłsudskiego → Sz. Zambrowska → Giełczyńska → Rządowa → Pl. Kościuszki (Jantar) → Zjazd → Rybaki → Sikorskiego → Sz. Zambrowska → Aleja Piłsudskiego → Kazańska → Sybiraków → Zawadzka → Przykoszarowa → Pileckiego → <b>AKADEMICKA (PWSiP)</b>
7	<b>W. S. AGROBIZNESU</b> → W. Polskiego → Wesola → Łukasińskiego → Sikorskiego → W. Polskiego → Pl. Kościuszki (Jantar) → Zjazd → Rybaki → Sikorskiego → Sz. Zambrowska → Giełczyńska → Rządowa → Pl. Kościuszki (Delikatesy) → Aleja Legionów → Sikorskiego → Łukasińskiego → Wesola → W. Polskiego → <b>W. S. AGROBIZNESU</b>
8	<b>(BROWARNA →) NOWOGRODZKA (PĘTLA 1)</b> → Sikorskiego → W. Polskiego → Plac Kościuszki (Jantar) → Stary Rynek → Sz. Zambrowska → Al. Piłsudskiego → Al. Legionów → Polowa → Giełczyńska → Rządowa → Pl. Kościuszki → W. Polskiego → Sikorskiego → <b>NOWOGRODZKA (PĘTLA 1) (→ BROWARNA)</b>
10	<b>NOWOGRODZKA (PĘTLA 2)</b> → Plac Kościuszki (Jantar) → Stary Rynek → Polowa → Aleja Legionów → Aleja Piłsudskiego → Sz. Zambrowska → Giełczyńska → Rządowa → Plac Kościuszki → <b>NOWOGRODZKA (PĘTLA 2)</b>
11	<b>POZNAŃSKA PĘTLA</b> → Poznańska → Al. Legionów → Al. Piłsudskiego → Sz. Zambrowska → Sikorskiego → Zawadzka → Al. Piłsudskiego → Al. Legionów → Poznańska → <b>POZNAŃSKA PĘTLA</b>
12	<b>AL. LEGIONÓW STRUSIA (PĘTLA)</b> ↔ Kraska ↔ Poznańska ↔ Al. Legionów ↔ Al. Piłsudskiego ↔ Zawadzka ↔ Sikorskiego ↔ Al. Legionów ↔ Polowa ↔ Giełczyńska ↔ Stary Rynek Rządowa ↔ <b>PL. KOŚCIUSZKI (DELIKATESY)</b>
13	<b>W.S.AGROBIZNESU</b> ↔ Poznańska ↔ Akademicka (PWSiP) ↔ Al. Piłsudskiego ↔ Sz. Zambrowska ↔ Giełczyńska ↔ Stary Rynek ↔ Rządowa ↔ Pl. Kościuszki ↔ W. Polskiego ↔ <b>W.S. AGROBIZNESU</b>

<b>14</b>	<b>NOWOGRODZKA</b> ↔ Browarna ↔ Łukasińskiego ↔ Sikorskiego → Centrum przesiadkowe Dworzec PKS → ↔ Al. Legionów ↔ Al. Piłsudskiego ↔ Akademicka ↔ <b>SZ. DO MĘŻENINA</b>
<b>18</b>	<b>NOWOGRODZKA (PĘTLA 1)</b> ↔ Strzelców Kurpiowskich ↔ Łukasińskiego ↔ Sikorskiego ↔ W. Polskiego ↔ Polowa ↔ Al. Legionów ↔ Sikorskiego ↔ Zawadzka ↔ Ks. Anny ↔ Rycerska ↔ Al. Piłsudskiego ↔ Kazańska ↔ Sybiraków ↔ Zawadzka ↔ <b>ZAWADZKA / SZMARAGDOWA</b>
<b>Plaża</b>	<b>PRZYKOSZAROWA</b> ↔ Zawadzka ↔ Sybiraków ↔ Kazańska ↔ Al. Piłsudskiego ↔ Al. Legionów ↔ Pl. Kościuszki ↔ Zjazd ↔ Rybaki ↔ <b>PLAŻA MIEJSKA (kursuje od 01 lipca do 31 sierpnia)</b>

Źródło: Dane Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacji w Łomży Sp. z o.o.

Największa praca przewozowa wykonywana jest na liniach nr 8 i 10 (por.

Tabela 3). Linie autobusowe przebiegają przez (por. Mapa 1):

- główne ulice m.in.: tj. Nowogrodzką, Wojska Polskiego, Generała Władysława Sikorskiego, Aleję Legionów, Zawadzką i Szosę Zambrowską, Aleję Marszałka Józefa Piłsudskiego; Szosę do Mężenina; Meblową;
- ulice łącznikowe m.in.: księżnej Anny, Rycerską, Fabryczną, Kolejową, Łukasińskiego, Browarną, Akademicką, Pileckiego;
- niemal wszystkie linie (oprócz linii nr 11) przebiegają przez Pl. Kościuszki, stanowiący główny węzeł lokalnego transportu publicznego w mieście.

Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacji w Łomży Sp. z o.o. dysponuje 39 autobusami. Trzydzieści autobusów marki VOLVO wyprodukowanych między 2000 r. a 2005 r. cechuje się normą EURO II i EURO III. Pozostałe autobusy - norma EURO V, rok produkcji 2011 i 2017.

**Tabela 2 Parametry linii autobusowe – długość i liczba przystanków**

Nr linii	Długość linii [km]	Liczba przystanków w obu kierunkach [szt.]
1	13,90	54
2	13,20	28
3	5,55	24
4	10,10	41
5	5,55	24
6	7,60	33
7	7,20	30
8	7,85	36
10	7,25	31
11	6,60	24
12	9,50	39
13	15,40	29
14	7,65	34
18	8,40	43
PLAŻA*	9,20	47

*\* Linia Plaża kursuje w okresie wakacji letnich*

Źródło: Dane Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacji w Łomży Sp. z o.o.

**Tabela 3 Praca przewozowa na poszczególnych liniach**

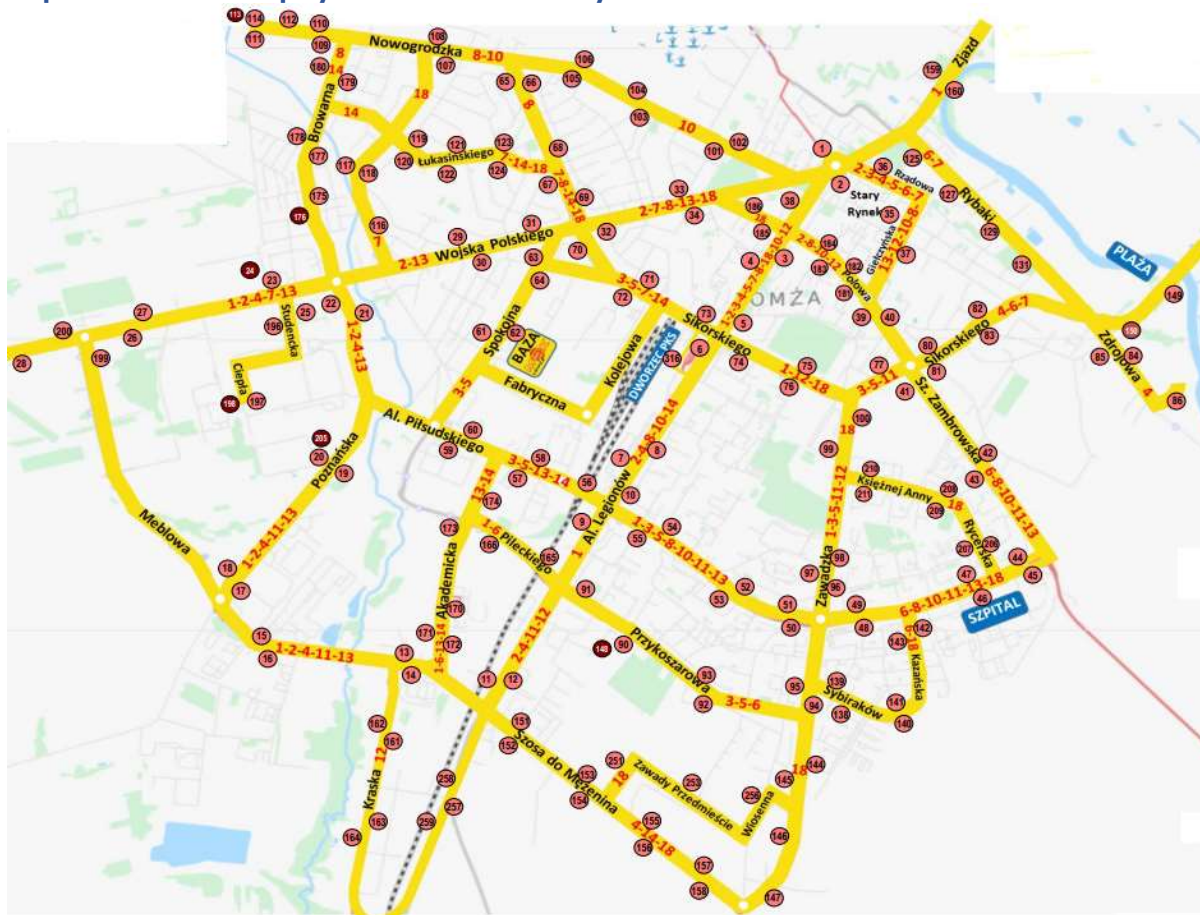
Nr linii	Dni nauki szkolnej		Dni wolne od nauki		Sobota		Niedziela	
	km	km	km	km	km	km	km	km
	miejskie*	zamiejskie*	miejskie*	zamiejskie*	miejskie*	zamiejskie*	miejskie*	zamiejskie*
1	336,3	128,4	276,3	108,0	136,1	51,6	136,1	51,6
2	575,3	0	416,8	0	153,1	0	153,1	0
3	244,6	0	122,5	0	138,2	0	127,1	0
4	253,2	0	249,0	0	75,2	0	90,4	0
5	201,2	0	143,7	0	104,9	0	82,7	0
6	144,0	0	144,0	0	0	0	0	0
7	66,2	0	0	0	0	0	0	0
8	1 174,7	0	1 127,8	0	478,6	0	459,8	0
10	1 158,8	0	1 158,8	0	469,5	0	469,5	0
11	39,9	0	0	0	0	0	0	0
12	87,0	0	0	0	0	0	0	0
13	440,4	0	349,5	0	185,5	0	159,4	0
14	101,0	0	101,0	0	0	0	0	0
18	220,0	0	110,0	0	0	0	0	0
PLAŻA**	0	0	120,4	0	120,4	0	120,4	0

\*Kilometry zamiejskie to odległości liczone od Placu Kościuszki w Łomży zgodnie z obowiązującym porozumieniem z Gminą Piątnica

\*\*Linia Plaża kursuje w okresie wakacji letnich

Źródło: Dane Miejskiego Przedsiębiorstwa Komunikacji w Łomży Sp. z o.o.

**Mapa 1 Schemat linii i przystanków MPK w Łomży**



Źródło: Dane Miejskiego Przedsiębiorstwa Komunikacji w Łomży Sp. z o.o.

**Tabela 4 Tabor autobusowy Miejskiego Przedsiębiorstwa Komunikacji w Łomży Sp. z o.o.**

Lp.	Marka	Typ, model	Pojemność (cm3)	Rodzaj paliwa	Rok produkcji	Ilość miejsc: siedzące/ stojące	Długość w m	Dopuszczalna masa całkowita (w tonach)	Przebieg	Przebieg w 2020 r.	Norma EURO	Spalanie (l/100 km; kWh/100 km	Monitoring [tak/nie]	System informacji pasażerskiej [tak/nie]	Kasowniki dwusystemowe [tak/nie]	Kasy fiskalne [tak/nie]	Klimatyzacja [tak/nie]
1	VOLVO	7 000	7 284	ON	2000	29+1/79	12	18	834 176	19 782	EURO II	35,17	TAK	TAK	TAK	TAK	NIE
2	VOLVO	7 000	7 284	ON	2000	29+1/79	12	18	649 922	27 021	EURO II	35,42	TAK	TAK	TAK	TAK	NIE
3	VOLVO	7 000	7 284	ON	2000	29+1/79	12	18	829 649	14 443	EURO II	31,37	TAK	TAK	TAK	TAK	NIE
4	VOLVO	7 000	7 284	ON	2001	29+1/76	12	18	766 703	12 970	EURO II	32,79	TAK	TAK	TAK	TAK	NIE
5	VOLVO	7 000	7 284	ON	2002	28+1/77	12	18	763 587	32 067	EURO III	30,30	TAK	TAK	TAK	TAK	NIE
6	VOLVO	7 000	7 284	ON	2003	28+1/77	12	18	699 316	42 178	EURO III	32,60	TAK	TAK	TAK	TAK	NIE
7	VOLVO	7 700	7 284	ON	2004	28+1/77	12	18	665 383	20 597	EURO III	36,95	TAK	TAK	TAK	TAK	TAK
8	VOLVO	7 700	7 284	ON	2005	28+1/77	12	18	652 020	31 803	EURO III	32,98	TAK	TAK	TAK	TAK	NIE
9	VOLVO	7 700	7 284	ON	2005	28+1/77	12	18	646 266	29 652	EURO III	31,11	TAK	TAK	TAK	TAK	NIE
10	VOLVO	7 700	7 284	ON	2005	28+1/77	12	18	667 332	32 455	EURO III	31,41	TAK	TAK	TAK	TAK	NIE
11	VOLVO	7 700	7 284	ON	2005	28+1/77	12	18	616 316	26 493	EURO III	32,71	TAK	TAK	TAK	TAK	NIE
12	VOLVO	7 700	7 284	ON	2005	28+1/77	12	18	671 031	42 213	EURO III	34,86	TAK	TAK	TAK	TAK	NIE
13	VOLVO	7 700	7 284	ON	2005	28+1/77	12	18	630 362	31 836	EURO III	31,31	TAK	TAK	TAK	TAK	NIE
14	SCANIA	4X2 OMNICITY	9 290	ON	2011	28+1/71	12	18	472 293	33 687	EURO V/EEV	33,07	TAK	TAK	TAK	TAK	NIE
15	SCANIA	4X2 OMNICITY	9 290	ON	2011	28+1/71	12	18	520 264	31 499	EURO V/EEV	30,93	TAK	TAK	TAK	TAK	NIE

16	SCANIA	4X2 OMNICITY	9 290	ON	2011	28+1/71	12	18	592 235	48 887	EURO V/EEV	33,22	TAK	TAK	TAK	TAK	NIE
17	SCANIA	4X2 OMNICITY	9 290	ON	2011	28+1/71	12	18	563 221	54 037	EURO V/EEV	34,88	TAK	TAK	TAK	TAK	NIE
18	SCANIA	4X2 OMNICITY	9 290	ON	2011	28+1/71	12	18	481 046	34 517	EURO V/EEV	33,28	TAK	TAK	TAK	TAK	NIE
19	SCANIA	4X2 OMNICITY	9 290	ON	2011	28+1/71	12	18	522 079	45 121	EURO V/EEV	34,90	TAK	TAK	TAK	TAK	NIE
20	SCANIA	4X2 OMNICITY	9 290	ON	2011	28+1/71	12	18	553 631	33 515	EURO V/EEV	35,82	TAK	TAK	TAK	TAK	NIE
21	SCANIA	4X2 OMNICITY	9 290	ON	2011	28+1/71	12	18	580 605	50 293	EURO V/EEV	33,74	TAK	TAK	TAK	TAK	NIE
22	SCANIA	4X2 OMNICITY	9 290	ON	2011	28+1/71	12	18	563 499	48 040	EURO V/EEV	33,82	TAK	TAK	TAK	TAK	NIE
23	SCANIA	4X2 OMNICITY	9 290	ON	2011	28+1/71	12	18	457 587	29 736	EURO V/EEV	32,97	TAK	TAK	TAK	TAK	NIE
24	SCANIA	4X2 OMNICITY	9 290	ON	2011	28+1/71	12	18	519 398	49 940	EURO V/EEV	34,37	TAK	TAK	TAK	TAK	NIE
25	SCANIA	4X2 OMNICITY	9 290	ON	2011	28+1/71	12	18	528 524	44 243	EURO V/EEV	34,27	TAK	TAK	TAK	TAK	NIE
26	SCANIA	4X2 OMNICITY	9 290	ON	2011	28+1/71	12	18	550 754	35 255	EURO V/EEV	34,69	TAK	TAK	TAK	TAK	NIE
27	SCANIA	4X2 OMNICITY	9 290	ON	2011	28+1/71	12	18	592 615	47 606	EURO V/EEV	33,29	TAK	TAK	TAK	TAK	NIE
28	SCANIA	4X2 OMNICITY	9 290	ON	2011	28+1/71	12	18	605 562	57 399	EURO V/EEV	29,09	TAK	TAK	TAK	TAK	NIE
29	SCANIA	4X2 OMNICITY	9 290	ON	2011	28+1/71	12	18	493 836	35 726	EURO V/EEV	31,20	TAK	TAK	TAK	TAK	NIE
30	SCANIA	4X2 OMNICITY	9 290	ON	2011	28+1/71	12	18	578 119	51 329	EURO V/EEV	34,74	TAK	TAK	TAK	TAK	NIE
31	SCANIA	4X2 OMNICITY	9 290	ON	2011	28+1/71	12	18	477 106	32 448	EURO V/EEV	34,57	TAK	TAK	TAK	TAK	NIE
32	SCANIA	4X2 OMNICITY	9 290	ON	2011	28+1/71	12	18	569 732	36 158	EURO V/EEV	33,50	TAK	TAK	TAK	TAK	NIE

33	SCANIA	4X2 OMNICITY	9 290	ON	2011	28+1/71	12	18	529 607	46 540	EURO V/EEV	33,91	TAK	TAK	TAK	TAK	NIE
34	SCANIA	4X2 OMNICITY	9 290	ON	2011	28+1/71	12	18	545 924	46 464	EURO V/EEV	32,48	TAK	TAK	TAK	TAK	NIE
35	SCANIA	4X2 OMNICITY	9 290	ON	2011	28+1/71	12	18	524 855	46 080	EURO V/EEV	35,99	TAK	TAK	TAK	TAK	NIE
36	KARSA N	JEST	2 287	ON	2017	14+1/7	6	4,6	127 676	44 220	EURO V	10,81	TAK	TAK	TAK	TAK	TAK
37	KARSA N	JEST	2 287	ON	2017	14+1/7	6	4,6	114 683	34 101	EURO V	10,91	TAK	TAK	TAK	TAK	TAK
38	KARSA N	JEST	2 287	ON	2017	14+1/7	6	4,6	101 119	37 148	EURO V	11,27	TAK	TAK	TAK	TAK	TAK
39	KARSA N	JEST	2 287	ON	2017	14+1/7	6	4,6	109 255	35 896	EURO V	10,51	TAK	TAK	TAK	TAK	TAK

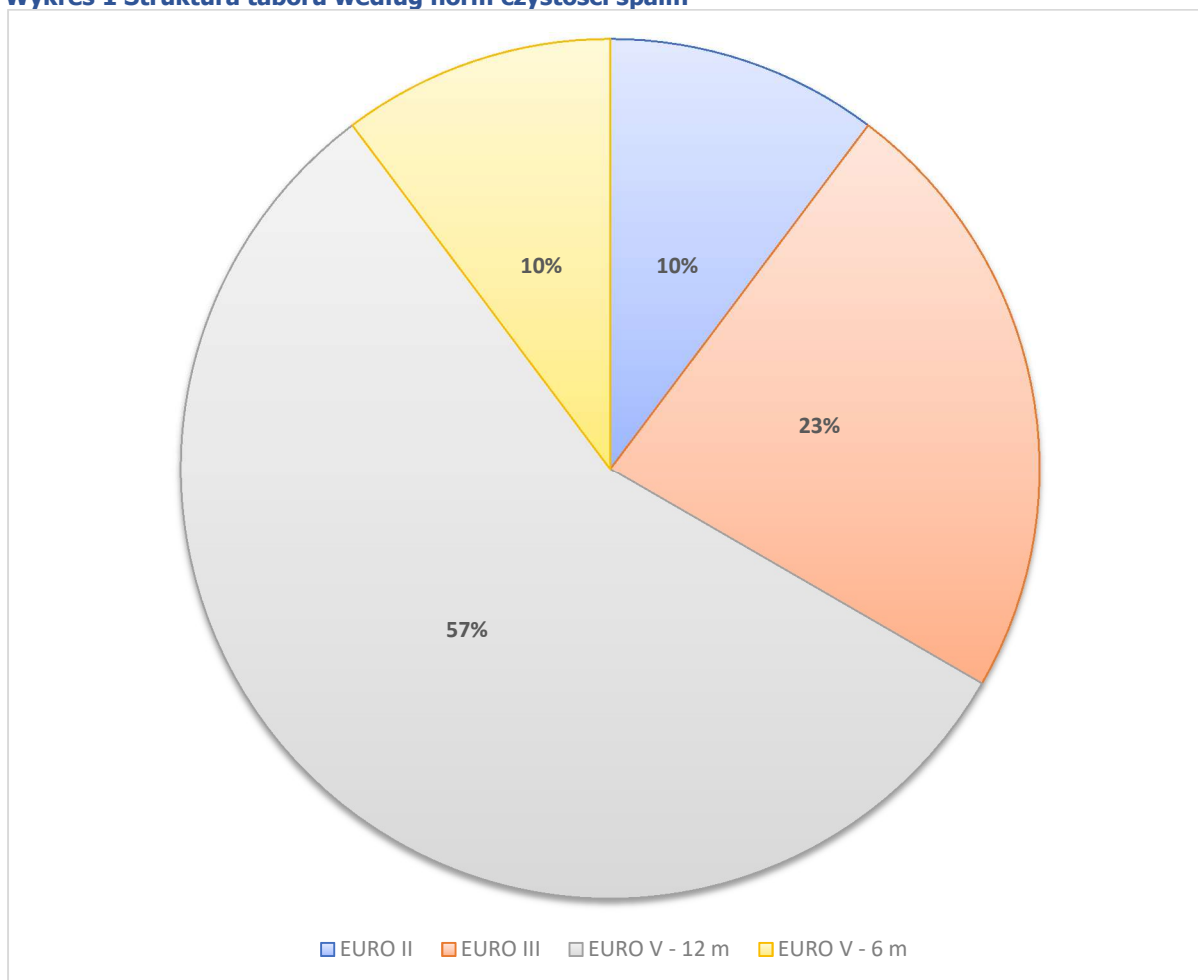
Źródło: Dane Miejskiego Przedsiębiorstwa Komunikacji w Łomży Sp. z o.o.

Linie łomżyńskiej komunikacji miejskiej obsługiwane są wyłącznie autobusami, którymi włada Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacji w Łomży Sp. z o.o.

Według stanu na 28 lutego 2019 r. MPK dysponowało 39 autobusami, wszystkimi zasilane olejem napędowym. Średni wiek taboru przewoźnika wynosi 12 lat, jednak 33% taboru to autobusy w wieku 16 lat i więcej. 4 sztuki stanowią autobusy klasy MINI a 35 klasy MAXI. MPK nie posiada autobusów klasy MEGA (15 – 24 m), co wynika z braku potrzeby kursowania takich dużych pojazdów na sieci komunikacyjnej. W przypadku struktury ekologicznej - 33 % taboru stanowią pojazdy o emisji spalin Euro – 2 i 3, a 67% pojazdy o emisji spalin EURO 5.

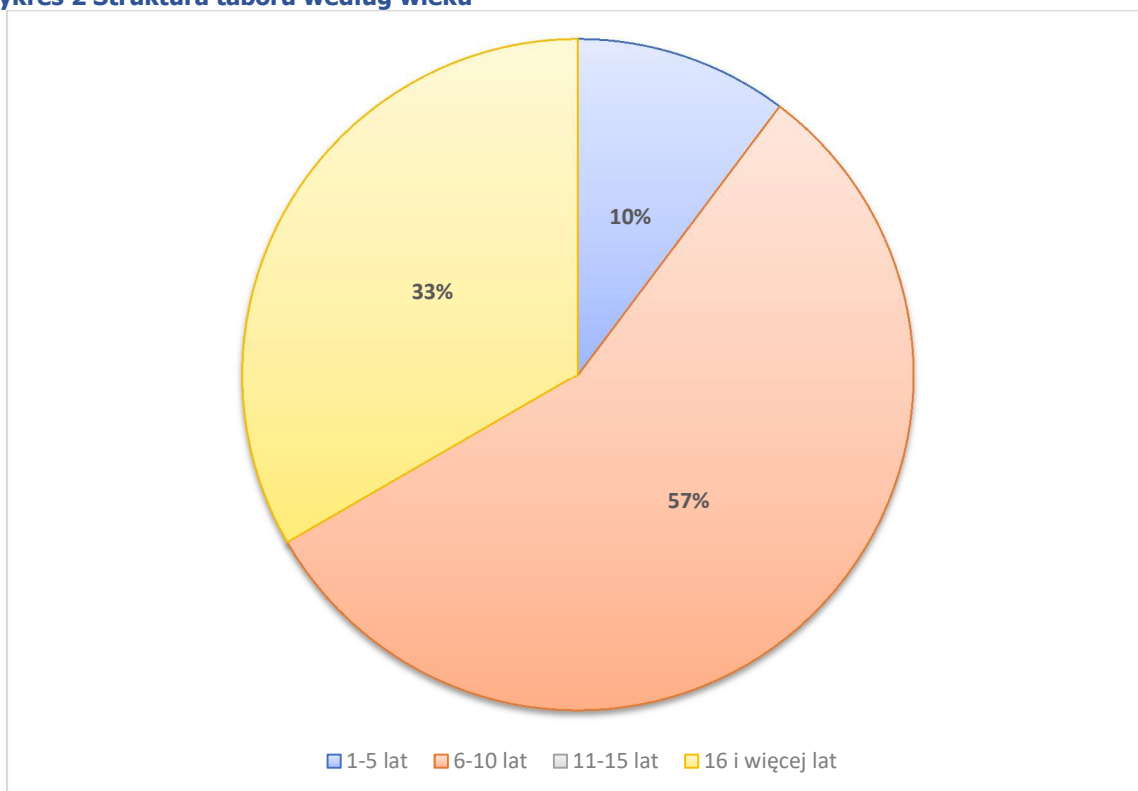
Struktura taboru została przedstawiona poniżej.

**Wykres 1 Struktura taboru według norm czystości spalin**



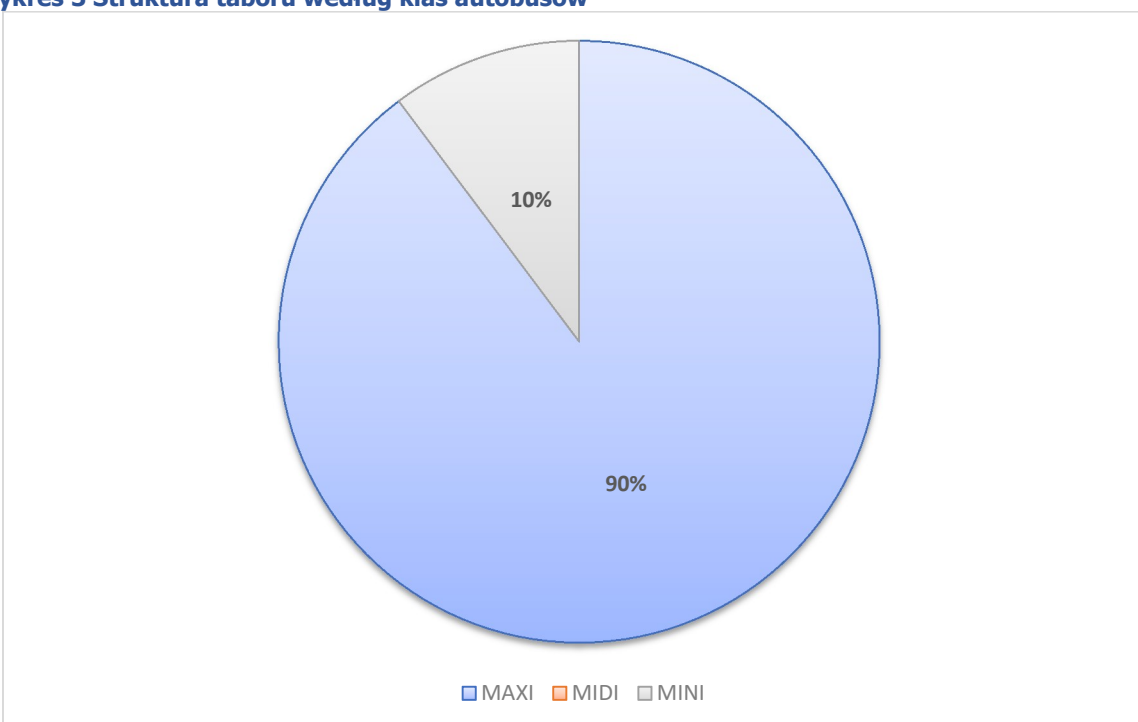
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych MPK Sp. z o.o. w Łomży

**Wykres 2 Struktura taboru według wieku**



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych MPK Sp. z o.o. w Łomży

**Wykres 3 Struktura taboru według klas autobusów**



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych MPK Sp. z o.o. w Łomży

### 1.6.2. Inne zasoby systemu transportowego

Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacji w Łomży Sp. z o.o. użytkuje m.in. oddzielny budynek warsztatowy z pięcioma stanowiskami do obsługi autobusów. Na terenie zajezdni znajduje się także zadaszona w formie wiaty stacja paliw na olej napędowy (dwa stanowiska do tankowania) oraz oddzielny budynek automatycznej myjni pojazdowej z zainstalowanymi panelami fotowoltaicznymi o mocy 28,6 kW. W zasobach MPK w kontekście elektromobilności brakuje stacji do ładowania pojazdów elektrycznych, stanowisk do ładowania pojazdów elektrycznych, ładowarek elektrycznych, magazynu energii i pantografów.

### 1.6.3. Identyfikacja podstawowych niedoborów systemu transportowego w kontekście elektromobilności

Podstawę strategicznych i długofalowych działań w zakresie elektromobilności na lata 2020-2035 stanowi „Łomżyńska Strategia Elektromobilności na lata 2020-2035”. W rozdziale nr 3.5 w/w dokumentu wskazano niedobory jakościowe i ilościowe taboru i infrastruktury transportowej. W kontekście zobowiązań wynikających z ustawy o elektromobilności najważniejsze niedobory przedstawiono w poniższej tabeli.

**Tabela 5 Niedobory taboru i infrastruktury w stosunku do stanu pożądanego**

Opis niedoboru	Stan pożądaný wskazany w Łomżyńska Strategia Elektromobilności na lata 2020-2035
Brak warunków do rozwoju elektromobilności w komunikacji miejskiej; wysokie koszty napraw przestarzałej wyeksploatowanej części taboru autobusowego; wszystkie pojazdy komunikacji miejskiej mają napęd spalinowy.	Systematyczna wymiana taboru na autobusy elektryczne i autobusy tankowane gazem CNG.
Brak wystarczająco rozwiniętej infrastruktury do ładowania autobusów elektrycznych.	Budowa instalacji do dystrybucji nośników energii dla niskoemisyjnego transportu, w tym: <ul style="list-style-type: none"><li>– stacji ładowania autobusów elektrycznych gwarantujących moc do 80 kW;</li><li>– zewnętrznej instalacji elektrycznej zasilającej stację ładowania;</li><li>– magazynu energii;</li><li>– montaż paneli fotowoltaicznych wspomagających ładowanie.</li></ul>
Zadania publiczne są wykonywane przez podmioty posiadające w swojej flocie jedynie pojazdy benzynowe lub napędzane olejem napędowym.	Zadania publiczne są wykonywane przez podmiot, którego udział pojazdów elektrycznych lub napędzanych gazem ziemnym we flocie pojazdów użytkowanych przy wykonywaniu tego zadania wynosi co najmniej: <ul style="list-style-type: none"><li>– 10% - od 1 stycznia 2022 r.;</li><li>– 30% - od 1 stycznia 2025 r.</li></ul>

Źródło: Łomżyńska Strategia Elektromobilności na lata 2020-2035, Załącznik do Uchwały Nr 289/XXVIII/20 Rady Miejskiej Łomży z dnia 26 sierpnia 2020 r., s 32-33.

### 1.7. Identyfikacja podstawowych niedoborów w zakresie gospodarki niskoemisyjnej

W województwie podlaskim, zostały ustanowione dwie strefy oceny jakości powietrza: Aglomeracja Białostocka, którą tworzy powiat miasto Białystok oraz strefa podlaska, obejmująca pozostały obszar województwa podlaskiego tj. 16 powiatów, w tym miasto Łomża<sup>1</sup>. Przeprowadzona ocena jakości powietrza za 2020 rok wskazała przekroczenia wybranych poziomów – kryteriów, określonych w przepisach prawa dla poszczególnych substancji zanieczyszczających powietrze atmosferyczne w strefach województwa podlaskiego. W strefie podlaskiej zanotowano przekroczenia norm jakości powietrza:

- poziomu dopuszczalnego dla doby dla pyłu zawieszonego PM<sub>10</sub>, określonego ze względu na ochronę zdrowia ludzi;
- poziomu dopuszczalnego dla pyłu PM<sub>2,5</sub> (II faza) – stężenie średnioroczne, kryterium ochrona zdrowia ludzi;
- poziomu docelowego dla benzo(a)pirenu zawartego w pyłe PM<sub>10</sub>, określonego ze względu na ochronę zdrowia ludzi;
- poziomu celu długoterminowego stężeń ozonu (max 8-h) określonego ze względu na ochronę zdrowia ludzi;
- poziomu celu długoterminowego stężeń ozonu (AOT40) określonego ze względu na ochronę roślin.

W Łomży przekroczenia w zakresie pyłów zawieszonych są szczególnie zauważalne. Na stacji pomiarowej zlokalizowanej w tym mieście co roku odnotowywane są wysokie stężenia pyłu zawieszonego PM<sub>2,5</sub> (II faza). W 2020 r. w Łomży, została przekroczona również dozwolona liczba przekroczeń stężenia średniodobowego dla pyłu zawieszonego PM<sub>10</sub> oraz został przekroczony poziom docelowy określony dla stężenia średniorocznego benzo(a)pirenu zawartego w pyłe PM<sub>10</sub>. Przekroczenia te są głównie efektem emisji z indywidualnych źródeł ciepła, niemniej jednak emisja z transportu również wpływa na jakość powietrza na terenie Łomży.

W związku z powyższym przeanalizowano zapisy *Aktualizacji Planu Gospodarki Niskoemisyjnej dla Miasta Łomży* stanowiącej Załącznik do Uchwały nr 79/VIII/19 z dnia 17. kwietnia 2019 r. Rady Miejskiej Łomży (dalej PGN). W w/w dokumencie przeprowadzono analizę stanu obecnego w obszarze gospodarki niskoemisyjnej i określono zasadnicze obszary problemowe wymagające interwencji<sup>2</sup>:

- odnawialne źródła energii, ze względu na ograniczoną możliwość wykorzystania OZE w Mieście;
- **transport, ze względu na duże natężenie ruchu, wynikające ze wzrostu wykorzystania pojazdów indywidualnych i niski stan infrastruktury umożliwiającej korzystanie z innych środków transportu;**
- energetyka – sieć ciepłownicza;
- budownictwo i mieszkalnictwo – stan zabudowy mieszkaniowej, który przyczynia się do zanieczyszczenia powietrza na terenie Miasta poprzez nieefektywne spalanie na potrzeby ciepłownictwa;
- jakość powietrza – przekroczenia norm stężeń zanieczyszczeń w powietrzu.

<sup>1</sup> Roczna ocena jakości powietrza w województwie podlaskim. Raport wojewódzki za rok 2020, Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, <http://powietrze.gios.gov.pl/pjp/rwms/publications/card/1427>, s. 18.

<sup>2</sup> Aktualizacja Planu Gospodarki Niskoemisyjnej dla Miasta Łomży, Załącznik do Uchwały nr 79/VIII/19 z dnia 17. kwietnia 2019 r. Rady Miejskiej Łomży, s. 66.

## 2. INWESTYCJE W TABOR I INFRASTRUKTURĘ

### 2.1. Identyfikacja działań zmierzających do zniwelowania potrzeb środowiska naturalnego w kontekście transportowym

Przeanalizowano zapisy *Aktualizacji Planu Gospodarki Niskoemisyjnej dla Miasta Łomży* stanowiącej Załącznik do Uchwały nr 79/VIII/19 z dnia 17. kwietnia 2019 r. Rady Miejskiej Łomży (dalej PGN). W w/w dokumencie przeprowadzono analizę stanu obecnego w obszarze gospodarki niskoemisyjnej i określono zasadnicze obszary problemowe wymagające interwencji w zakresie transportu<sup>3</sup>. W kontekście elektromobilności w PGN wskazano, że główne problemy transportowe Miasta, mające wpływ na zanieczyszczenie środowiska naturalnego polutenami i hałasem generowane są głównie dużym natężeniem ruchu w centrum Miasta będącym pochodną struktury przestrzennej Miasta, ruchu tranzytowego oraz przyzwyczajeniami mieszkańców do korzystania z własnego samochodu. Rekomendowane kierunki działań zmierzające do zniwelowania potrzeb środowiska naturalnego w kontekście transportowym to poprawa dostępności transportowej regionu (powiązania wewnętrzne i zewnętrzne); poprawa jakości i standardów transportu (drogowego, kolejowego); rozwój energooszczędnych i niskoemisyjnych form transportu oraz promowanie niskoemisyjnego transportu wśród mieszkańców Łomży. **W związku z powyższym, w kontekście elektromobilności, szczególny nacisk należy położyć na rozwój niskoemisyjnego transportu publicznego oraz na zwiększenie udziału komunikacji zbiorowej w systemie transportowym Łomży.**

### 2.2. Identyfikacja działań zmierzających do zniwelowania podstawowych niedoborów systemu transportowego w kontekście elektromobilności

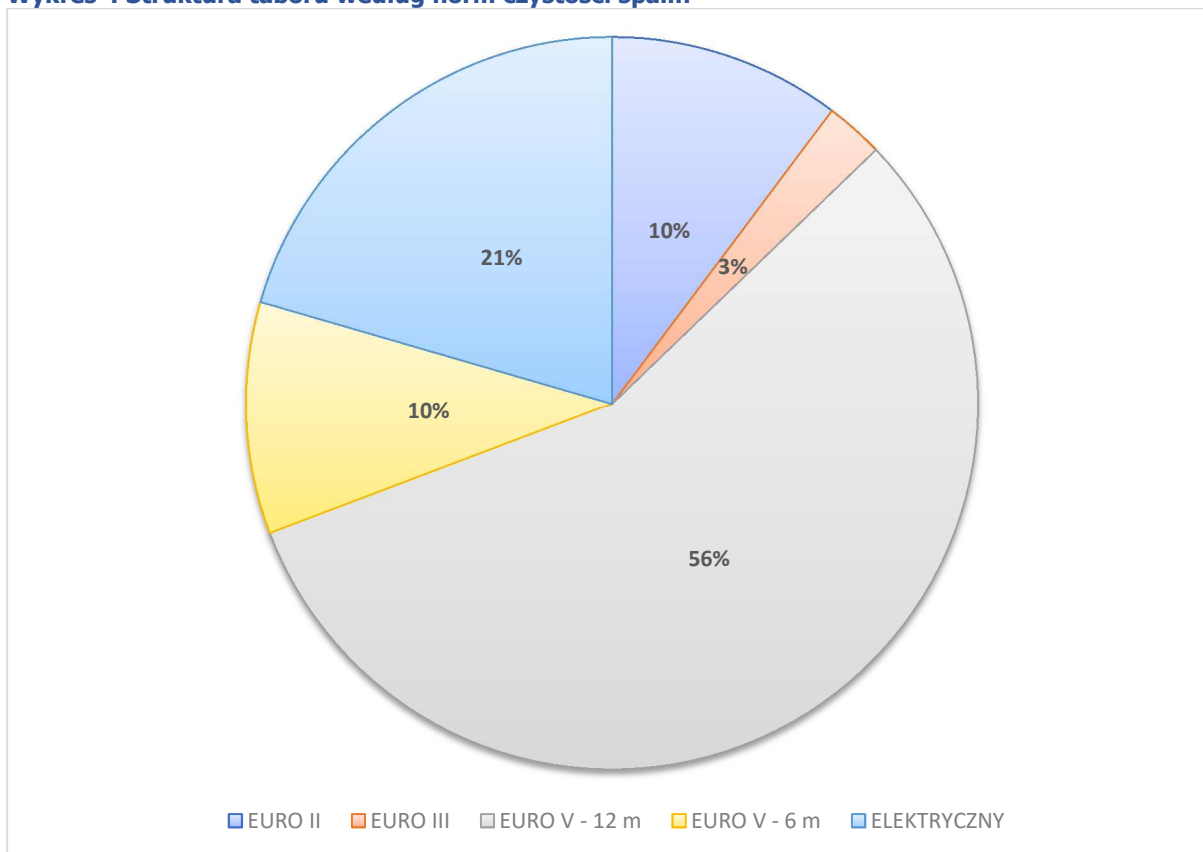
Miasto Łomża podjęło działania zmierzające do wdrożenia rozwiązań w zakresie zrównoważonej mobilności, w tym elektromobilności. W kwietniu 2020 r. Miasto złożyło wniosek o dofinansowanie inwestycji w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Podlaskiego na lata 2014-2020. Zawnioskowano o wsparcie finansowe m.in. na: zakup 11 autobusów zasilanych gazem ziemnym CNG oraz 2 autobusów elektrycznych, jak również budowę infrastruktury ładowania autobusów elektrycznych, rozszerzenie systemu roweru publicznego, budowę centrum przesiadkowego, w tym dworca autobusowego i parkingu publicznego, modernizację infrastruktury przystankowej. W trakcie realizacji projektu wystąpiła konieczność dokonania zmian w zakresie rzeczowym projektu. Z uwagi na niemożność zapewnienia dostępu do instalacji CNG zrezygnowano z zakupu 11 autobusów zasilanych gazem ziemnym CNG i zastąpienia ich sześcioma dodatkowymi autobusami elektrycznymi.

Poniżej przedstawiono planowaną na 2023 r. strukturę taboru pod kątem norm emisji po uwzględnieniu wyżej opisanych zmian.

---

<sup>3</sup> Aktualizacja Planu Gospodarki Niskoemisyjnej dla Miasta Łomży, Załącznik do Uchwały nr 79/VIII/19 z dnia 17. kwietnia 2019 r. Rady Miejskiej Łomży, str. 66.

**Wykres 4 Struktura taboru według norm czystości spalin**



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych MPK Sp. z o.o. w Łomży

Zgodnie z zapisami ustawy z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych autobusem zeroemisyjnym możemy nazwać autobus, który wykorzystuje do napędu:

- energię elektryczną wytworzoną z wodoru w zainstalowanych w nim ogniwach paliwowych,
- wyłącznie silnik, którego cykl pracy nie prowadzi do emisji gazów cieplarnianych lub innych substancji objętych systemem zarządzania emisjami gazów cieplarnianych oraz trolejbus.

Artykuł 36 ww. ustawy, wskazuje, że jednostka samorządu terytorialnego, z wyłączeniem gmin i powiatów, których liczba mieszkańców nie przekracza 50 000, świadczy usługę lub zleca świadczenie usługi komunikacji miejskiej podmiotowi, którego udział autobusów zeroemisyjnych we flocie użytkowanych pojazdów na obszarze tej jednostki samorządu terytorialnego powinien wynosić co najmniej:

- od 1 stycznia 2021 r. - 5%;
- od 1 stycznia 2023 r. - 10%;
- od 1 stycznia 2025 r. - 20%;
- od 1 stycznia 2028 r. - 30%

tym samym, po realizacji projektu ze środków RPO WP 2014-2020 limity pojazdów zeroemisyjnych we flocie MPK będą spełnione, aż do końca 2027 r. Niemniej w kolejnych latach będą podejmowane dalsze działania wdrażające założenia dokumentu „Łomżyńska Strategia Elektromobilności na lata 2020-2035”.

### 3. METODYKA ANALIZY KOSZTÓW I KORZYŚCI

Analizę kosztów i korzyści projektu przeprowadzono w oparciu o metodologię zdyskontowanych przepływów środków pieniężnych (DCF). W literaturze przedmiotu istnieje w zasadzie konsensus, iż metody dynamiczne (zwane również dyskontowymi) to najbardziej precyzyjne narzędzia oceny przedsięwzięć inwestycyjnych (Pomykańska i Pomykański, 2008, str. 216), (Sierpińska i Jachna, 2007, str. 344), (Pera, 2010, strony 151-152), (Dylewski, Filipiak i Gorzałczyńska-Koczkodaj, 2007, strony 127-128).

Powyższa opinia jest związana ze specyficznymi cechami tych metod. Techniki te, w przeciwieństwie do statycznych metod oceny, uwzględniają zmianę wartości pieniądza w czasie oraz obejmują swoją oceną cały okres funkcjonowania przedsięwzięcia (Sierpińska i Jachna, 2007, str. 344), (Pazio, 2001, str. 250).

Kluczowym pojęciem dla metod dyskontowych jest wartość pieniądza w czasie (*time value of money*, TVM). Koncepcja TVM pozwala porównać wielkość możliwej bieżącej konsumpcji z ewentualnymi przyszłymi korzyściami z inwestycji. Porównanie wpływów i wydatków rozciągniętych w czasie jest możliwe dzięki zastosowaniu dyskontowania po czasie, czyli mnożenia kwoty nominalnej przez współczynnik dyskonta (Jajuga i Teresa, 2008, str. 80), (Jakubczyc, 2008, str. 31), (Michalak, 2007, str. 88).

Współczynnik dyskonta można przedstawić według poniższego wzoru (Michalak, 2007, str. 88):

$$d = \frac{1}{(1 + r)^t}$$

gdzie:  $d$  – współczynnik dyskonta;  $r$  – stopa dyskontowa;  $t$  – liczba lat dzieląca rok bazowy (np. bieżący) od roku w przyszłości, w którym dana wielkość faktycznie występuje.

Natomiast sama operacja ustalania wartości bieżącej przebiega wg wzoru (Michalak, 2007, str. 88):

$$PV = FV * d$$

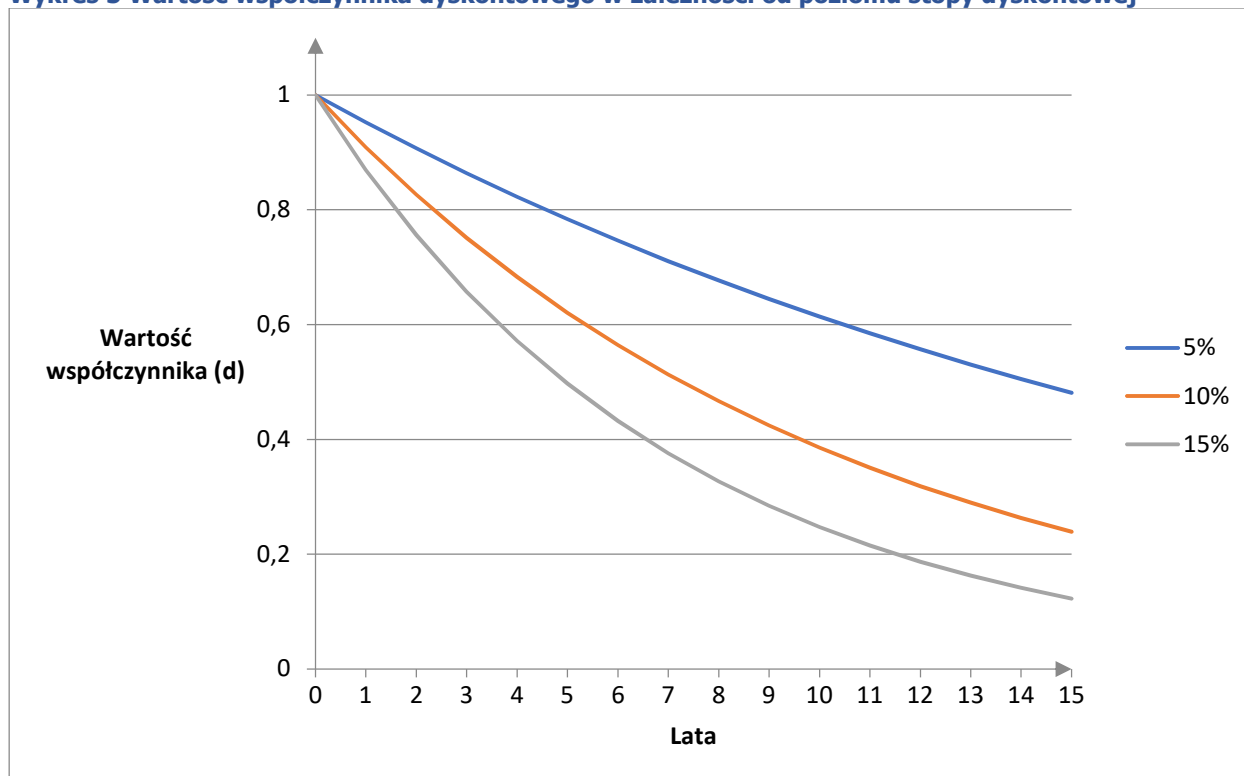
gdzie:  $PV$  – wartość bieżąca (*Present Value*);  $FV$  – wartość przyszła (*Future Value*),  $d$  – współczynnik dyskonta.

Na podstawie powyższych wzorów oraz poniższego rysunku można stwierdzić, iż kluczowe znaczenie dla procesu dyskontowania ma ustalenie wartości stopy dyskonta, którą należy interpretować jako stopę graniczną (minimalną), poniżej której inwestor będzie uważać, że inwestycja jest nieopłacalna (Behrens i Hawranek, 1993, str. 360).

Stopę dyskontową definiuje się w literaturze przedmiotu w trójnasób:

- alternatywna stopa zwrotu inwestycji obciążonych podobnym stopniem ryzyka (*opportunity cost*);
- koszt kapitałów, wykorzystanych do sfinansowania inwestycji;
- minimalna stopa zwrotu z inwestycji (Pazio, 2001, str. 250), (Rogowski, 2008, strony 151-152), (Wrzosek, Zarządzanie finansami przedsiębiorstw, 2006, strony 127-128).

**Wykres 5 Wartość współczynnika dyskontowego w zależności od poziomu stopy dyskontowej**



Źródło: (Sierpińska i Jachna, 2007, str. 273)

#### **Etapy analizy kosztów i korzyści:**

1. Analiza finansowa;
2. Analiza ekonomiczna;
3. Analiza wrażliwości;
4. Analiza ryzyka.

#### **3.1. Analiza finansowa**

Analiza finansowa przeprowadzona w niniejszym opracowaniu posłuży:

- ocenie skonsolidowanej rentowności przedsięwzięcia;
- ocenie rentowności przedsięwzięcia dla projektodawcy i niektórych głównych interesariuszy;
- weryfikacji trwałości finansowej przedsięwzięcia, która stanowi główny warunek wykonalności dla projektów każdego rodzaju;
- wskazaniu przepływów pieniężnych, które są pomocne w obliczeniu kosztów i korzyści społeczno-ekonomicznych.

Zarówno w analizie finansowej, jak i ekonomicznej, aby policzyć efektywność inwestycji, wykorzystuje się standardowe wskaźniki oceny przedsięwzięć, tj. wewnętrzną stopę zwrotu liczoną według formuły IRR (*internal rate of return*), i wartość bieżącą netto, liczoną zgodnie z formułą NPV (*net present value*)

## WARTOŚĆ BIEŻĄCA<sup>4</sup> NETTO - NPV

Wartość bieżąca netto (*net present value*, NPV) stanowi sumę zdyskontowanych (na moment  $t = 0$ , tj. moment podjęcia decyzji) oddzielnie dla każdego roku przepływów pieniężnych generowanych przez projekt, zrealizowanych w pełnym okresie życia inwestycji przy ustalonej stopie procentowej (Pomykańska i Pomykański, 2008, strony 216-217), (Jajuga i Teresa, 2008, str. 345), (Podgórska i Klimkowska, 2009, str. 241), (Dylewski, Filipiak i Gorzałczyńska-Koczkodaj, 2007, strony 128-129), (Pazio, 2001, str. 250), (Wrzosek, Ocena efektywności inwestycji, 2008, str. 31), (Behrens i Hawranek, 1993, str. 360), (Drobniać, 2008, str. 85).

Wskaźnik NPV jest miarą bezpośrednich korzyści pieniężnych, jakie mogą osiągnąć na projekcie inwestorzy, dlatego jest to najpopularniejsze narzędzie oceny efektywności finansowej oparte na wartości bieżącej przyszłych strumieni przepływów pieniężnych netto projektu (Drobniać, 2008, str. 85), (Wrzosek, Ocena efektywności inwestycji, 2008, str. 31), (Jakubczyc, 2008, str. 205). Ogólny algorytm metody NPV przyjmuje postać (Rogowski, 2008, str. 151):

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{NCF_t}{(1+r)^t}$$

gdzie:

$NCF_t$  – przepływy pieniężne netto w kolejnych okresach  $t = 0$  do  $n$  cyklu życia inwestycji

$t = 0$  do  $n$  – kolejne okresy ekonomicznego cyklu życia inwestycji, w których generuje ona (przepływy pieniężne netto).

$r$  – stała stopa dyskonta w okresie od  $t = 0$  do  $n$

W przypadku gdy nakład inwestycyjny jest jedynym przepływem pieniężnym występującym w okresie zerowym wzór może przybrać następującą postać (Jajuga i Teresa, 2008, str. 91):

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

gdzie:  $I_0$  – nakład początkowy, który jest również utożsamiany z przepływem pieniężnym w okresie zerowym.

Wartość NPV można zinterpretować jako łączną (z całego ekonomicznego okresu życia projektu), przedstawioną w bieżącej wartości korzyść netto z inwestycji dla inwestora. A zatem kryterium decyzyjne przedstawia się następująco. Jeżeli:

- $NPV > 0$  - inwestycja jest opłacalna, tj. przy ustalonej stopie procentowej zdyskontowane wpływy przewyższają zdyskontowane wydatki, a zrealizowana stopa zwrotu jest wyższa niż przyjęta stopa dyskontowa;
- $NPV = 0$  - inwestycja jest neutralna, tj. przy ustalonej stopie procentowej zdyskontowane wpływy równoważą zdyskontowane wydatki, a zrealizowana stopa zwrotu jest równa przyjętej stopie dyskontowej;

---

<sup>4</sup> Wartość bieżąca netto (NPV) nazywana jest również w literaturze przedmiotu jako m.in. (30 str. 148):

- wartość zaktualizowana netto;
- aktualna wartość netto;
- teraźniejsza wartość netto.

- $NPV < 0$  - inwestycja jest nieopłacalna, tj. przy ustalonej stopie procentowej zdyskontowane wpływy są mniejsze od zdyskontowanych wydatków, a zrealizowana stopa zwrotu jest mniejsza od przyjętej stopy dyskontowej.

W przypadku projektów wzajemnie wykluczających się należy wybrać projekt z najwyższą wartością NPV (Rogowski, 2008, strony 166-168) (Pomykalska i Pomykalski, 2008, str. 217) (Podgórska i Klimkowska, 2009, str. 244) (Jajuga i Teresa, 2008, str. 346) (Sierpińska i Jachna, 2007, str. 346) (Pazio, 2001, str. 254) (Wrzosek, Ocena efektywności inwestycji, 2008, str. 33) (Drobnia, 2008, strony 86-87), (Drobnia, 2008, str. 92).

## WEWNĘTRZNA STOPA ZWROTU - IRR

Wewnętrzna stopa zwrotu (*Internal Rate of Return*, IRR) to stopa dyskontowa, przy której bieżąca wartość strumieni wydatków pieniężnych jest równa bieżącej wartości strumieni wpływów pieniężnych. A zatem to taka wartość stopy procentowej, dla której wartość bieżąca netto ocenianego projektu jest równa zero ( $NPV = 0$ ) (Pomykalska i Pomykalski, 2008, strony 219-220), (Sierpińska i Jachna, 2007, str. 360), (Jajuga i Teresa, 2008, str. 349), (Dylewski, Filipiak i Gorzałczyńska-Koczkodaj, 2007, str. 129), (Pera, 2010, str. 178).

Powyższą zależność można zapisać według poniższego wzoru (Pomykalska i Pomykalski, 2008, str. 219):

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{NCF_t}{(1 + IRR)^t} = 0$$

Główne założenia związane z metodą IRR to (Rogowski, 2008, str. 182):

- stopa dyskontowa w całym ekonomicznym cyklu życia jest stała ( $r_1 = r_2 = \dots = r_n = const.$ ),
- stopa reinwestycji dodatnich przepływów pieniężnych netto ( $NCF_t^{''+}$ ) jest równa wewnętrznej stopie zwrotu ( $r_{rei} = IRR$ ).

Wewnętrzna stopa zwrotu pokazuje bezpośrednio stopę rentowności badanego przedsięwzięcia. Interpretacja wyniku IRR zależy od przyjętej stopy granicznej<sup>5</sup>. Jeżeli:

- $IRR > r_{gr}$  – projekt jest opłacalny,
- $IRR = r_{gr}$  – projekt jest neutralny,
- $IRR < r_{gr}$  – projekt jest nieopłacalny (Sierpińska i Jachna, 2007, str. 360), (Pomykalska i Pomykalski, 2008, str. 222), (Pazio, 2001, str. 262).

gdzie:  $r_{gr}$  to stopa graniczna.

W ocenie względnej lepszy jest projekt o wyższej stopie IRR (Wrzosek, Ocena efektywności inwestycji, 2008, str. 59).

Odnosząc metodę IRR do NPV, należy stwierdzić, iż kompleksowa ocena efektywności projektu wymaga zastosowania obu tych metod. Metoda NPV określa całkowity poziom nadwyżki (lub niedoboru) przepływów pieniężnych. Natomiast IRR wskazuje stopie zwrotu. Dlatego, jak zwraca uwagę Krystian Pera, „metoda IRR jest ujęciem oceny projektu obok NPV, a nie zamiast NPV”. Jednakże w sytuacji, gdy metody NPV oraz IRR przynoszą sprzeczne wyniki preferuje się podjęcie decyzji na podstawie metody wartości bieżącej netto (Pera, 2010, strony 177-178), (Sierpińska i Jachna, 2007, str. 369).

<sup>5</sup> Poziom stopy granicznej określa się analogicznie, jak stopę dyskontową stanowiącą podstawę obliczania NPV (29 str. 360).

Efektywność finansową projektu zmierzy się wartością bieżącą netto i wewnętrzną stopą zwrotu: wskaźniki FNPV/c i FRR/c.

Zgodnie z Wytycznymi MIR 2019, komponenty rachunku przepływów pieniężnych objęte wskaźnikami FRR/c i FNPV/c to:

- przychody (od użytkowników);
- wartość rezydualna;
- koszty operacyjne;
- zmiany w kapitale obrotowym netto w fazie inwestycyjnej (w uzasadnionych przypadkach);
- nakłady odtworzeniowe;
- nakłady inwestycyjne na realizację projektu.

W niniejszej analizie przyjęto następujące założenia:

- Analiza finansowa została przeprowadzona w złotych polskich (PLN).
- Analizy dokonano w cenach stałych, tzn. nie uwzględniono skutków wpływu inflacji.
- Analizy dokonano w cenach netto, tzn. nie uwzględniono podatku VAT.
- Za rok bazowy na potrzeby dyskontowania przyjęto 2021 r.
- Okres odniesienia ustalono na 15 lat.
- Projekcje finansowe odnoszą się do lat 2021-2035.
- Stopę dyskontową przyjęto na poziomie 4% (stopa dyskonta dla projekcji finansowych realizowanych w cenach stałych).
- Podstawą przyjętych założeń makroekonomicznych są Zaktualizowane warianty rozwoju gospodarczego Polski, oraz dane przedstawione w arkuszu kalkulacyjnym na stronie CUPT.
- Analiza została przeprowadzona metodą różnicową - poszczególne kategorie przepływów pieniężnych dla projektu (m.in. koszty operacyjne) stanowią różnicę pomiędzy odpowiednimi kategoriami przepływów pieniężnych dla scenariusza „wariant inwestycyjny” oraz scenariusza „wariant bezinwestycyjny”. Przepływy różnicowe są wykorzystywane dla ustalenia wskaźników efektywności finansowej.

### 3.2. Analiza ekonomiczna

Efektywność ekonomiczną projektu mierzy się wartością bieżącą netto i wewnętrzną stopą zwrotu: wskaźniki ENPV i ERR. Komponenty rachunku przepływów pieniężnych objęte wskaźnikami ENPV i ERR to:

- wartość rezydualna;
- koszty operacyjne po korekcie fiskalnej;
- zmiany w kapitale obrotowym netto w fazie inwestycyjnej (w uzasadnionych przypadkach);
- nakłady odtworzeniowe po korekcie fiskalnej;
- nakłady inwestycyjne na realizację projektu po korekcie fiskalnej;
- zmonetyzowane efekty społeczno-ekonomiczne inwestycji netto.

Podstawowy katalog kosztów i korzyści w analizach ekonomicznych to:

- koszty społeczne emisji gazów cieplarnianych (CO<sub>2</sub>);
- koszty społeczne emisji gazów innych niż cieplarniane (tj. lokalnych skutków zanieczyszczenia powietrza);
- koszty społeczne emisji hałasu (na terenach zurbanizowanych).

#### Koszty społeczne emisji gazów cieplarnianych (CO<sub>2</sub>)

Koszty społeczne wynikają ze zmian klimatu. Na koszty zmian klimatu (wyrażonych jako ekwiwalent CO<sub>2</sub>) składa się całkowita ekwiwalentna emisja CO<sub>2</sub> pomnożona przez koszt jednostkowy.

### **Koszty społeczne emisji gazów innych niż ciepłarniane**

Na koszty zanieczyszczenia powietrza składają się koszty związane z oddziaływaniem transportu na środowisko naturalne, obejmujące przede wszystkim:

- ujemny wpływ na zdrowie ludzkie (schorzenia układu sercowo-naczyniowego oraz układu oddechowego),
- straty materialne (uszkodzenia budynków i obiektów),
- szkody środowiskowe (negatywny wpływ na bioróżnorodność i ekosystemy).

Podstawą obliczenia kosztów zanieczyszczenia powietrza są jednostkowe koszty ekonomiczne zanieczyszczenia powietrza, które zależą od kategorii pojazdów oraz wykonanej pracy przewozowej.

### **Koszty hałasu**

Koszty hałasu zostały obliczone na podstawie krańcowych kosztów wpływu hałasu w odniesieniu do 1 pojkm.

W niniejszej analizie przyjęto następujące założenia:

- Analiza została przeprowadzona w złotych polskich (PLN).
- Analizy dokonano w cenach stałych, tzn. nie uwzględniono skutków wpływu inflacji.
- Względem nakładów inwestycyjnych i kosztów operacyjnych konieczne było dokonanie korektz uwagi na zakłócenia cen energii (opodatkowanie) i wynagrodzeń (opodatkowanie i inne niedoskonałości rynku) poprzez zastosowanie współczynnika Konwersji (CF):
  - nakłady inwestycyjne infrastruktura CF = 0,83;
  - nakłady inwestycyjne tabor CF = 0,87;
  - koszty operacyjne CF=0,78
- Okres odniesienia ustalono na 15 lat licząc od 2021 r. – uwzględnia on również okres realizacji projektu. W związku z powyższym projekcje finansowe odnoszą się do lat 2021-2035.
- Stopę dyskontową przyjęto na poziomie 4,5% (stopa dyskonta dla projekcji ekonomicznych realizowanych w cenach stałych).
- Podstawą przyjętych założeń makroekonomicznych są *Zaktualizowane warianty rozwoju gospodarczego Polski* oraz dane przedstawione w arkuszu kalkulacyjnym na stronie CUPT.
- Analiza została przeprowadzona metodą różnicową - poszczególne kategorie kosztów ekonomicznych dla projektu stanowią różnicę pomiędzy odpowiednimi kategoriami dla scenariusza „wariant inwestycyjny” oraz scenariusza „wariant bezinwestycyjny”. Przepływy różnicowe są wykorzystywane dla ustalenia wskaźników efektywności ekonomicznej.
- Do analiz wykorzystano metodologię zawartą w Niebieskiej Księdze – Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach (2015) oraz Vademecum Beneficjenta dot. AKK projektów transportowych współfinansowanych ze środków UE (CUPT 2016), koszty jednostkowe przyjęto zgodnie z Tabelice kosztów jednostkowych do wykorzystania w analizach kosztów i korzyści (CUPT 2021),

### **3.3. Analiza wrażliwości**

Analiza wrażliwości ma na celu wskazanie, jak zmiany w wartościach zmiennych krytycznych projektu wpłyną na wyniki analiz przeprowadzonych dla projektu, a w szczególności na wartość wskaźników efektywności finansowej i ekonomicznej projektu (w szczególności FNPV/C oraz ENPV) oraz trwałość finansową. Analizy wrażliwości dokonuje

się poprzez identyfikację zmiennych krytycznych, w drodze zmiany pojedynczych zmiennych o określoną procentowo wartość i obserwowanie występujących w rezultacie wahań w finansowych i ekonomicznych wskaźnikach efektywności oraz trwałości finansowej. Jednorazowo zmianie poddawana być powinna tylko jedna zmienna, podczas gdy inne parametry powinny pozostać niezmienione. Według Przewodnika AKK, za krytyczne uznaje się te zmienne, w przypadku których zmiana ich wartości o  $\pm 1\%$  powoduje zmianę wartości bazowej NPV o co najmniej  $\pm 1\%$ . W ramach analizy wrażliwości należy również dokonać obliczenia wartości progowych zmiennych w celu określenia, jaka zmiana procentowa zmiennych zrównałaby NPV (ekonomiczną lub finansową) z zerem.

Zgodnie z powyższym oraz z instrukcją sektorową analiza wrażliwości przeprowadzono w oparciu o podstawowy scenariusz makroekonomiczny. W ramach analizy wrażliwości zbadano wpływ zmian najistotniejszych czynników ilościowych tworzących model analityczny na wskaźniki efektywności finansowej projektu oraz płynność finansową.

Zmiennymi niezależnymi poddanymi analizie wrażliwości były:

- nakłady inwestycyjne;
- praca przewozowa;
- koszty operacyjne i utrzymania;
- koszty społeczne.

Dobór tych zmiennych wynika z tego, iż one bezpośrednio wpływają na osiągnięte wskaźniki w analizie efektywności finansowej i ekonomicznej.

Zbadano wielkości wskaźników efektywności w wyniku odchyleń zmiennych niezależnych w przedziale  $\pm 1\%$ , przy dokonywaniu zmiany czynnika w całym okresie analizy i poddawaniu zmianie tylko jednej ze zmiennych przy założeniu niezmienności pozostałych założeń i zmiennych (zasada *ceteris paribus*). Obliczono wielkość elastyczności wskaźników efektywności jako ilorazu procentowej zmiany wielkości wskaźnika NPV lub IRR i procentowej zmiany wielkości zmiennej niezależnej.

### 3.4. Analiza ryzyka

Analiza ryzyka czynników jakościowych polega na identyfikacji wszelkich czynników wewnętrznych i zewnętrznych oraz opisanu wynikających z nich zagrożeń dla realizacji przedsięwzięcia. Prawdopodobieństwo faktycznego wystąpienia danego ryzyka ocenione zostało poprzez przypisanie dla niego jednej z pięciu kategorii prawdopodobieństwa: bardzo nieprawdopodobne, nieprawdopodobne, całkiem prawdopodobne, prawdopodobne, bardzo prawdopodobne. Dotkliwość oceniono również w skali pięciostopniowej. Następnie opisano okoliczności, jakie przyczyniłyby się do wystąpienia takiej sytuacji oraz środki zapobiegawcze lub zmniejszające ryzyko. Wyniki analizy ryzyka przedstawia matryca ryzyka.

## 4. ANALIZA ROZWIĄZAŃ ALTERNATYWNYCH

### 4.1. Źródła napędu w transporcie publicznym

#### 4.1.1. Napęd tradycyjny

Tradycyjnym napędem w autobusach miejskich jest obecnie wysokoprężny silnik Diesla. Efektywność tego silnika waha się w zakresie 25-40%. Produktem odpadowym pracy wykonywanej przez ten silnik jest nadmierne ciepło oraz produkty spalania paliwa. W skład spalin silnika Diesla wchodzi różnorodnych substancji chemicznych, większość z tych związków jest dla człowieka szkodliwa. Szczególnie szkodliwe emisje występują podczas ruszania silnika. W poniższej tabeli zaprezentowano normy zanieczyszczeń EURO dla autobusów.

**Tabela 6 Normy emisji szkodliwych składników spalin**

Norma	Emisja w g/kWh		Emisja w g/kWh	
	CO (tlenek węgla)	HC (węglowodory)	NOx (tlenki azotu)	PM (cząstki pyłu)
EURO-1	4,5	1,1	8,0	0,36
EURO-2	4,0	1,1	7,0	0,15
EURO-3	2,1	0,66	5,0	0,1
EURO-4	1,5	0,46	3,5	0,02
EURO-5	1,5	0,46	2,0	0,02
EURO-6	1,5	0,13	0,4	0,01

Źródło: DYREKTYWA RADY 91 /542/EWG, DYREKTYWA PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY 1999/96/WE, ROZPORZĄDZENIE PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY (WE) NR 595/2009

Wzrost wymogów odnośnie ochrony środowiska spowodował rozwój systemów wspomagających pracę silników. Elementy te komplikują serwisowanie i bieżące naprawy systemów napędowych. Współczesny silnik wysokoprężny na olej napędowy, spełniając wymogi normy EURO-6, jest w znacznie mniejszym stopniu szkodliwy dla środowiska niż np. silniki z normami EURO-2 lub EURO-3. Proces systematycznej wymiany używanych pojazdów na nowe, spełniające normę EURO-6, będzie poprawiał stan środowiska w mieście Łomży.

#### 4.1.2. Napęd hybrydowy

Napęd hybrydowy, to zastosowanie dwóch rodzajów silników napędowych do ruszania i poruszania się pojazdu. W autobusach najczęściej ma zastosowanie napędu spalinowego Diesla i napędu elektrycznego. Pojazdy hybrydowe pozwalają na znaczne (nawet kilkudziesięcioprocentowe) oszczędności zużycia paliwa podczas jazdy ze zmienną prędkością albo przy jeździe z częstym ruszaniem (np. w ruchu miejskim). Zalety autobusów hybrydowych – w porównaniu do pojazdów z silnikami Diesla:

- praca silników spalinowych w najbardziej optymalnym zakresie prędkości obrotowych, co pozwala na osiągnięcie sprawności rzędu 35-40%;
- proces ruszania i przyspieszania z wykorzystaniem silników elektrycznych albo przez nie wspomagany, co znacznie zmniejsza emisję zanieczyszczeń do atmosfery;
- możliwość odzysku energii hamowania;
- dopracowane konstrukcje pojazdów, łatwe sterowanie i prowadzenie;
- niższy koszt bieżącej eksploatacji w systemach miejskich, szczególnie istotny przy wysokich cenach oleju napędowego.

Wady autobusów hybrydowych – w porównaniu do pojazdów z silnikami Diesla:

- znacznie wyższy koszt nabycia pojazdu o tym samym wyposażeniu;
- skomplikowane sterowanie elektroniczne;
- większa masa pojazdu – wpływająca na nieco mniejszą jego pojemność pasażerską;
- wysoki koszt wymiany baterii akumulatorów;
- brak rynku pojazdów używanych – wysoka utrata wartości nawet tylko po kilku latach eksploatacji.

#### 4.1.3. Napęd gazowy

Silniki autobusowe mogą być zasilane paliwem gazowym w trzech postaciach: gazu ziemnego sprężonego (CNG), gazu ziemnego w postaci płynnej (LNG) oraz biogazu.

Napęd ze sprężonym **gazem ziemnym (CNG – Compressed Natural Gas)** jako paliwem, wprowadzono do produkcji seryjnej w latach 90. ubiegłego wieku. Jest to typowy gaz sieciowy, sprężony do 20-25MPa. Zasilanie zbiornika w pojeździe takim gazem wymaga więc dostępu do sieci gazowej oraz wyposażenia stacji tankowania w sprężarkę wysokociśnieniową.

Głównym składnikiem gazu ziemnego jest metan (stanowi nawet 92%), którego spalanie w silniku jest niemal zupełne. Niewielka zawartość zanieczyszczeń powoduje, że paliwo gazowe – poza emisją CO<sub>2</sub> – w minimalnym stopniu zanieczyszcza środowisko i spełnia z nawiązką obecne normy czystości spalin.

Wyróżnia się stacje tankowania wolnego lub szybkiego – pozwalającego na zatankowanie autobusu w ciągu kilkadziesiąt minut. Stacja tankowania wolnego pozwala na pełne napełnienie butli w pojeździe w ciągu kilku godzin, co oznacza zwykle tankowanie niemal całonocne. Konieczne jest wówczas utworzenie co najmniej kilku stanowisk do tankowania, niemal dla każdego autobusu oddzielnie. Z uwagi na dość duży pobór gazu, wymagana jest zawsze budowa dedykowanego przyłącza do sieci. Tankowanie szybkie może trwać nawet tylko kilkanaście minut, jest więc porównywalne do tankowania olejem napędowym, lecz wymaga to zainstalowania znacznie droższego osprzętu takiej stacji. Koszt budowy stacji tankowania szybkiego przekracza 1 mln zł, a z powodu bardzo wysokiego przepływu gazu podczas tankowania, jej lokalizacja jest poza tym zwykle zależna od rozmieszczenia gazociągu lub wymaga jednoczesnej budowy kosztownego przyłącza do magistrali gazowej. Każda stacja z gazu sieciowego „produkuje” CNG poprzez jego sprężanie, do czego zużywana jest znaczna energia, którą należy uwzględnić w kalkulacji poza kosztem zakupu gazu, koszty eksploatacyjne są więc przez to wyższe.

Gaz ziemny, z uwagi na wysoką lotność metanu, jest substancją bardziej niebezpieczną niż olej napędowy i szybko tworzącą z powietrzem mieszaniny wybuchowe. Instalacje we wszelkich budynkach i pomieszczeniach, w których jest on stosowany, czyli np. w halach obsługi codziennej, halach naprawczych, myjniach, lakierniach, stacjach diagnostycznych itd., muszą być wyposażone w odpowiednią instalację wentylacji grawitacyjnej i mechanicznej. Kolejnym problemem jest konieczność dostosowania Okręgowej Stacji Kontroli Pojazdów do obsługi autobusów z napędem gazowym. W przeciwnym przypadku, koszty okresowej kontroli gwałtownie wzrastają.

Zastosowanie gazu ziemnego do zasilania autobusów zależne jest od polityki akcyzowej państwa, która w przypadku Polski jest na tyle niestabilna, że nie tylko nie zachęca do stosowania paliwa CNG w autobusach, ale wręcz do tego zniechęca. Zalety autobusów zasilanych CNG – w porównaniu do pojazdów z silnikami Diesla:

- znacznie mniejsza emisja zanieczyszczeń do atmosfery;
- cichsza praca silnika;
- brak dodatkowych urządzeń oczyszczających spaliny, prostsza budowa zespołu napędowego;
- niższe koszty eksploatacji silników gazowych.

Wady autobusów zasilanych CNG – w porównaniu do pojazdów z silnikami Diesla:

- znacznie wyższy koszt nabycia pojazdu o tym samym wyposażeniu;

- konieczność poniesienia dodatkowej kosztownej inwestycji budowy stacji tankowania;
- konieczność dostosowania obiektów do obsługi pojazdów zasilanych gazem ziemnym;
- większa masa pojazdu – wpływająca na nieco mniejszą jego pojemność pasażerską;
- konieczność specjalistycznego przeszkolenia załogi;
- niestabilność ekonomiczna cen gazu – zależna od polityki akcyzy i opłat paliwowych, niegwarantująca efektów ekonomicznych w przyszłości.

#### 4.1.4. Napęd elektryczny

Pojazdy z napędem elektrycznym wydają się być najlepszym rozwiązaniem dla miast – z uwagi na niemal zerową emisję zanieczyszczeń, mniejszą emisję hałasu oraz korzystniejsze parametry silnika elektrycznego, pretendujące go do wykonywania trudnej pracy eksploatacyjnej autobusu w mieście.

Rozwój pojazdów elektrycznych poruszających się samodzielnie był i jest ograniczony dostępnymi zasobnikami energii. Wszystkie zasobniki energii elektrycznej charakteryzuje ograniczona pojemność z jednostki ich objętości lub masy (gęstość energii), ograniczony prąd rozładowania i ładowania oraz ograniczona liczba cykli. Żywotność baterii litowych określana jest, przy właściwych warunkach eksploatacji, na co najwyżej 10 lat. We wcześniejszym okresie (np. po 8 latach lub po przebiegu 200 tys. km), cała bateria akumulatorów powinna być wymieniona, co jest związane zawsze z wysokim kosztem dla użytkownika. W zależności od zastosowanego typu akumulatorów, różne są także dopuszczalne parametry ich doładowywania.

Podstawową metodą dostarczania energii jest złącze kablowe plug-in. Innymi sposobami ładowania pojazdów są automatyczne pantografy – pozwalające na szybkie ładowanie wysokim prądem oraz stacje ładowania indukcyjnego – poprzez pętle zamontowane w nawierzchni jezdni – na przystanku lub na placu postojowym.

W każdym przypadku użytkowania większej liczby autobusów elektrycznych, konieczne jest jednoczesne dostosowanie sieci energetycznej na zajezdni oraz na pętlach i przystankach – o ile wybrano taki sposób ładowania – do możliwości poboru dużych mocy. Najkorzystniejszym rozwiązaniem jest standardowe ładowanie nocne, kiedy cena energii elektrycznej może być najniższa. Czas ładowania zależy nie tylko od stosowanego typu baterii, ale także od używanej ładowarki i ograniczeń stawianych przez energetyczną sieć zasilającą. Standardowy czas ładowania nocnego jednego autobusu elektrycznego to od 4 do nawet 8-9 godzin, co oznacza, że dla każdego użytkowanego pojazdu elektrycznego powinna być zakupiona oddzielna ładowarka, a sieć energetyczna powinna pozwolić na jednoczesne ładowanie standardowe wszystkich użytkowanych pojazdów elektrycznych.

Aktualnie produkowane autobusy elektryczne pozwalają na przejazd nawet do 300 km i więcej, co pozwala na ich codzienne użytkowanie w komunikacji miejskiej, nawet w warunkach dużej kongestii i na trasach bardzo obciążonych. Zalety autobusów elektrycznych – w porównaniu do pojazdów z silnikami Diesla:

- wysoka sprawność silników (75-80%);
- możliwość odzysku energii hamowania;
- wyższy moment obrotowy;
- poza bateriami – wyjątkowo długa żywotność elementów składowych pojazdu;
- stosunkowo niski koszt bieżącej eksploatacji, szczególnie istotny przy wysokich cenach oleju napędowego i gazu CNG;
- znacznie niższe koszty bieżącej eksploatacji;
- stabilność kosztów eksploatacji – zmiany cen energii elektrycznej nie podlegają silnym wahaniom;
- zdecydowanie niższe koszty remontów bieżących, niemal brak konieczności przeprowadzania napraw głównych, poza naprawami wypadkowymi;
- cichsza praca, szczególnie silników asynchronicznych 6-polowych;

- brak odpadów zanieczyszczających środowisko w miejscu użytkowania;
- brak dodatkowych instalacji hydraulicznych: chłodzącej i Ad-Blue;
- większe bezpieczeństwo przy wypadku drogowym (brak ryzyka wybuchu i gwałtownego pożaru), mniejsze ryzyko zanieczyszczenia środowiska.

Wady autobusów elektrycznych – w porównaniu do pojazdów z silnikami Diesla:

- znacznie wyższy koszt nabycia pojazdu o tym samym wyposażeniu;
- mniejsza pojemność pasażerska przy zachowaniu takiego samego nacisku na oś;
- ograniczony zasięg, długi okres standardowego ładowania;
- znaczny spadek zasięgu przy włączonej klimatyzacji lub ogrzewaniu;
- spadek zasięgu wraz ze wzrostem liczby włączonych urządzeń elektronicznych (dodatkowe wyświetlacze, automaty biletowe, system GPS, kasowniki elektroniczne, itp.);
- systematyczny spadek zasięgu wraz ze zużywaniem się baterii akumulatorów – nawet w normalnych warunkach;
- konieczność ogrzewania akumulatorów podczas mrozów – spadek zasięgu autobusu w zimie;
- wysoki koszt wymiany baterii akumulatorów;
- konieczność przeszkolenia zarówno prowadzących, jak i służb OC i remontowych lub potrzeba zatrudnienia nowych osób z odpowiednimi uprawnieniami;
- brak rynku pojazdów używanych – wysoka utrata wartości nawet jedynie po kilku latach użytkowania.

#### **4.1.5. Napęd wodorowy**

Energia elektryczna niezbędna do poruszania się pojazdu elektrycznego może być także generowana podczas jazdy w ogniwie paliwowym (wodorowym). W porównaniu do klasycznych autobusów elektrycznych, autobusy wodorowe cechuje krótszy czas tankowania, trwający zaledwie kilka minut, a także większy zasięg, sięgający ok. 350-400 km na jednym tankowaniu, co umożliwia pracę przez cały dzień.

Wadą autobusu wodorowego jest wysoka cena zakupu porównywalna z autobusem baterijnym. Problemem jest też konieczność budowy odpowiedniej infrastruktury. Pierwszym polskim przewoźnikiem, który wybrał technologię wodorową został MZK Konin – wprowadzenie autobusów z wodorowym ogniwem paliwowym planowane jest na 2022 r.

#### **4.2. Możliwe warianty inwestycyjne**

Mając na uwadze wymienione wyżej rozwiązania technologiczne przyjęto następujące warianty realizacji inwestycji:

- Wariant „0” – wariant bazowy, stanowiący wariant wyjściowy analizy porównawczej, w stosunku do którego będą odnoszone i porównywane wszystkie analizowane opcje inwestycyjne – dotyczy świadczenia usług z wykorzystaniem zmodernizowanego taboru o napędzie konwencjonalnym spełniającym normy emisji spalin EURO 6 przy uwzględnieniu obecnie realizowanych projektów modernizacyjnych, tj. zakupu 8 autobusów elektrycznych.

Zakłada się, że w pierwszej kolejności zostaną wymienione autobusy o normie EURO 3 (szt. 8) na autobusy elektryczne w związku z otrzymaniem dofinansowania ze środków RPO WP na lata 2014-2020 zostanie wybudowana również infrastruktura niezbędna do ich obsługi. Następnie w 2027 r. założono wymianę pozostałego taboru spełniającego normy spalin EURO 2 i EURO 3 na pojazdy spełniające normę EURO 6.

W zakresie zaopatrzenia w paliwo autobusy będą dalej korzystać z istniejącej na terenie miasta infrastruktury stacji paliw, w szczególności w zajezdni.

- Wariant „1” – wariant inwestycyjny, sukcesywna wymiana taboru na pojazdy zasilane energią elektryczną w celu spełnienia wymogów ustawowych przy uwzględnieniu obecnie realizowanych projektów modernizacyjnych, tj. zakupu 8 autobusów elektrycznych.

Zakłada się, że w pierwszej kolejności zostaną wymienione autobusy o normie EURO 3 (szt. 8) na autobusy elektryczne w związku z otrzymaniem dofinansowania ze środków RPO WP na lata 2014-2020 zostanie wybudowana również infrastruktura niezbędna do ich obsługi. Następnie w 2027 r. założono wymianę pozostałego taboru spełniającego normy spalin EURO 2 i EURO 3 na pojazdy elektryczne wraz z dedykowaną im infrastrukturą służącą ładowaniu.

- Wariant „2” – wariant alternatywny, sukcesywna wymiana taboru na pojazdy zasilane gazem CNG przy uwzględnieniu obecnie realizowanych projektów modernizacyjnych, tj. zakupu 8 autobusów elektrycznych.

Zakłada się, że w pierwszej kolejności zostaną wymienione autobusy o normie EURO 3 (szt. 8) na autobusy elektryczne w związku z otrzymaniem dofinansowania ze środków RPO WP na lata 2014-2020 zostanie wybudowana również infrastruktura niezbędna do ich obsługi. Następnie w 2027 r. założono wymianę pozostałego taboru spełniającego normy spalin EURO 2 i EURO 3 na pojazdy spełniające normę EURO 6 zasilane gazem CNG wraz z dedykowaną im infrastrukturą służącą ładowaniu.

## 5. WYNIKI ANALIZ

### 5.1. Analiza finansowo-ekonomiczna

Przeprowadzona analiza finansowa ma na celu wykazanie, czy zastosowanie taboru elektrycznego byłoby inwestycją opłacalną finansowo, tj. taką dla której wskaźnik FNPV/C jest wyższy od zera, a FRR/C przekracza przyjętą stopę dyskontową.

Analizę przedstawiono w modelu różnicowym, tj. zakładającym zmiany poszczególnych parametrów inwestycji (wartości nakładów inwestycyjnych, kosztów bieżącego funkcjonowania taboru) wskazując efekty przyrostowe danych wariantów, tzn. porównywano efekty netto między wariantami inwestycyjnymi i wariantem bazowym.

Poniżej przedstawiono podstawowe założenia poszczególnych elementów przepływów, w szczególności nakładów inwestycyjnych oraz kosztów operacyjnych a także podsumowano wyniki oceny efektywności finansowej rozważanego przedsięwzięcia.

#### 5.1.1. Nakłady inwestycyjne

Nakłady inwestycyjne wynikają z planu wymiany taboru, który uwzględnia obecnie realizowany projekt w ramach RPO WP na lata 2014-2020 (zakres projektu obejmuje m.in. zakup 8 autobusów elektrycznych) oraz wymogów *ustawy z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych autobusem* zgodnie z którą udział autobusów zeroemisyjnych we flocie użytkowanych pojazdów na obszarze tej jednostki samorządu terytorialnego powinien wynosić co najmniej:

- od 1 stycznia 2021 r. - 5%;
- od 1 stycznia 2023 r. - 10%;
- od 1 stycznia 2025 r. - 20%;
- od 1 stycznia 2028 r. - 30%

**Tabela 7 Harmonogram wymiany autobusów**

PLAN WYMIANY AUTOBUSÓW	Jednostka	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
EURO II	szt.							4
EURO III	szt.		8					1
EURO V - 12 m	szt.							
EURO V - 6 m	szt.							
<b>Razem</b>	<b>szt.</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>5</b>

Źródło: Opracowanie własne.

Na koszty inwestycyjne składają się dwie grupy wydatków:

- zakup taboru;
- wydatki związane z infrastrukturą niezbędną do jego obsłużenia.

Założone koszty autobusów netto przedstawiają się następująco:

- autobus EURO 6 DIESEL – 850 tys. PLN;
- autobus EURO 6 CNG – 1 100 tys. PLN;
- autobus elektryczny – 2 850 tys. PLN;

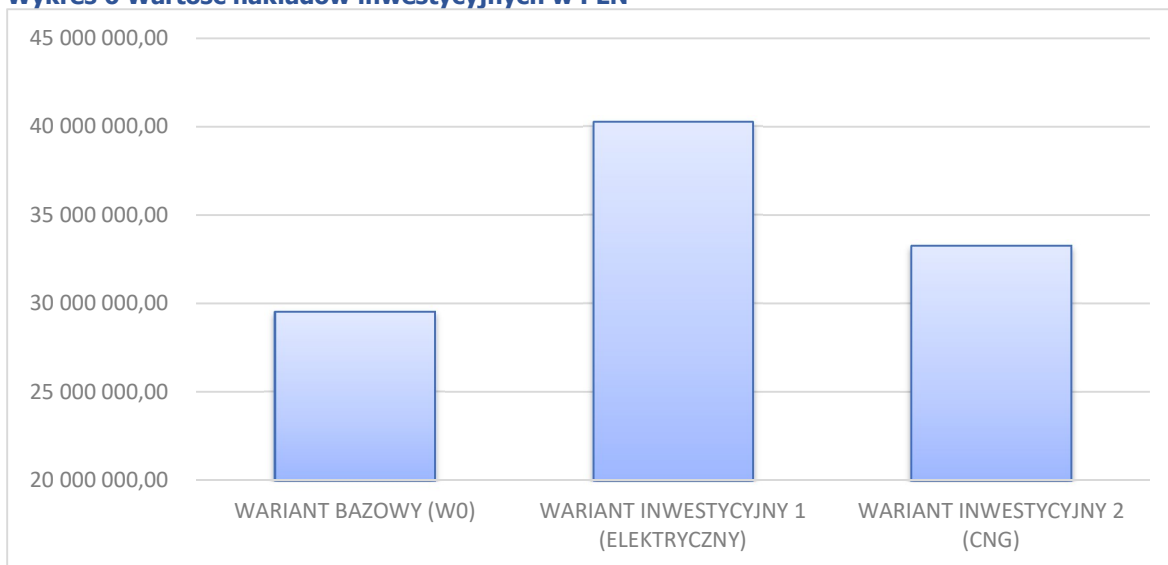
Jako element dotyczący zakupu taboru w przypadku pojazdów elektrycznych uwzględniono również koszty wymiany (co 8 lat) zestawów baterii, koszt wymiany to 500 tys. PLN.

Kolejnym składnikiem inwestycji w przypadku wdrożenia transportu w oparciu o autobusy elektryczne lub CNG będzie infrastruktura towarzysząca (dodatkowe ładowarki elektryczne, magazyny energii, a w przypadku CNG infrastruktura przesyłowa), założone koszty przedstawiają się następująco:

- infrastruktura na potrzeby tankowania CNG – 2 500 tys. PLN;
- infrastruktura na potrzeby ładowania dodatkowych autobusów elektrycznych – 1 250 tys. PLN;

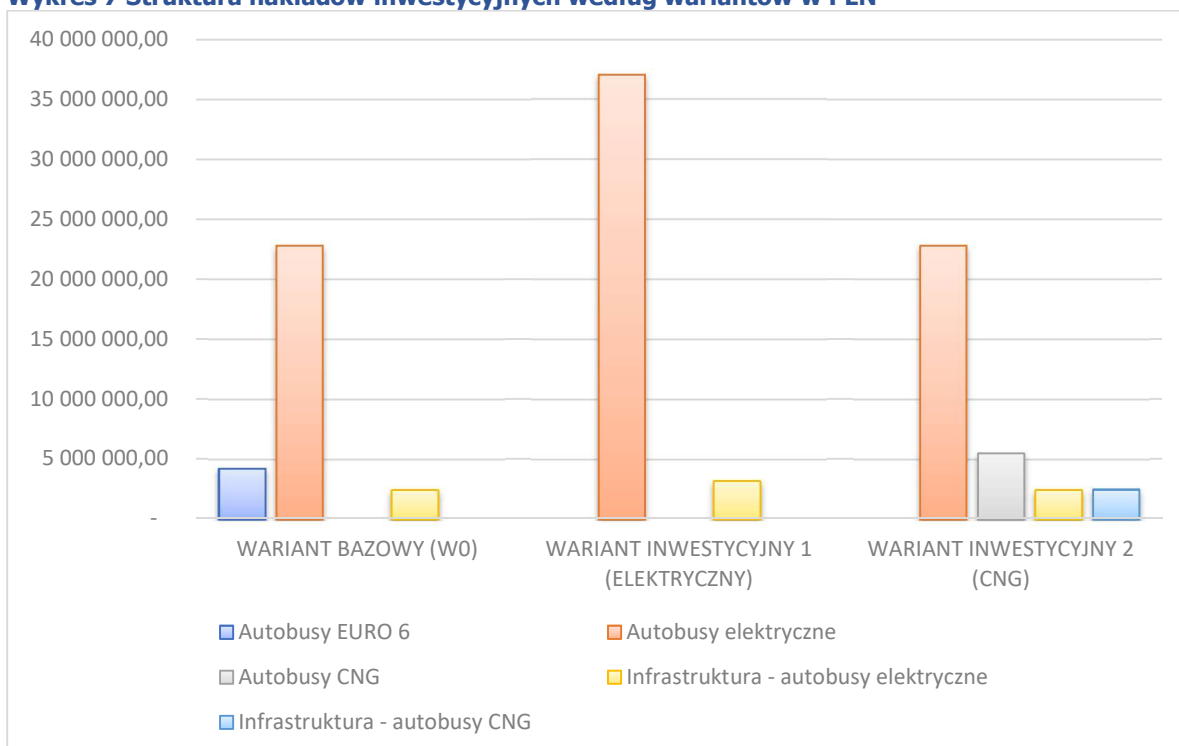
Na wykresach wskazano wartości dla poszczególnych wariantów.

**Wykres 6 Wartość nakładów inwestycyjnych w PLN**



Źródło: Opracowanie własne.

**Wykres 7 Struktura nakładów inwestycyjnych według wariantów w PLN**



Źródło: Opracowanie własne.

Z porównania nakładów pomiędzy wariantami wynikają następujące wnioski:

- we wszystkich 3 wariantach uwzględniono nakłady na zakup 8 autobusów elektrycznych oraz infrastruktury z nimi związanej;
- różnice między wariantami wynikają z kosztów wymiany taboru w 2027 r.
- warianty elektryczny charakteryzują się nakładami znacząco wyższymi od wariantu bazowego oraz CNG.

### 5.1.2. Koszty operacyjne

Przeprowadzona analiza finansowa ma charakter różnicowy, tak więc w celu oszacowaniu efektów netto projektu i jego wpływu na koszty operacyjne skupiono się jedynie na kategoriach, dla których z wystąpią różnice pomiędzy wariantami. Są to koszty:

- zakupu nośników energii – oleju napędowego, energii elektrycznej gazu CNG;
- serwisu pojazdów;
- serwisu infrastruktury.

Podstawą do wyznaczenia kosztów zakupu nośników energii są założenia dotyczące średniego zużycia energii, realizowanych przebiegów oraz cen oleju napędowego i energii elektrycznej.

Przyjęto następujące założenia odnośnie zużycia paliwa/energii:

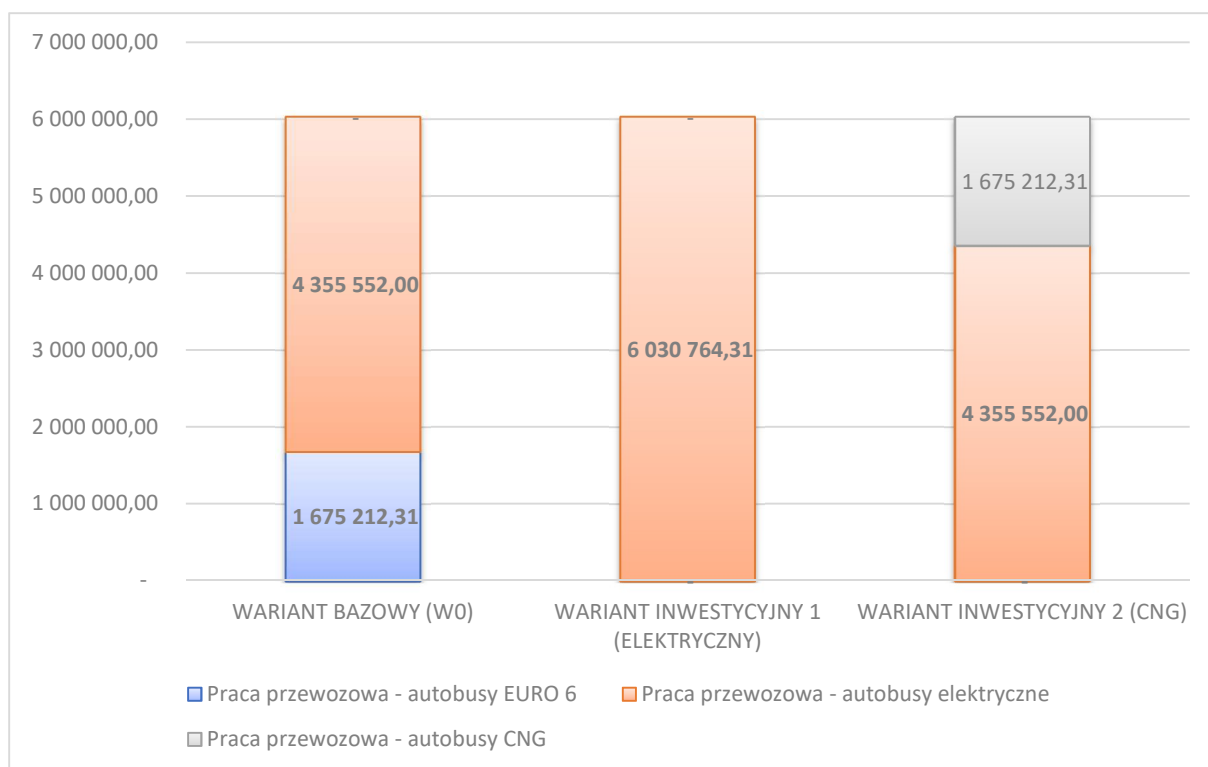
- dla z autobusów użytkowanych obecnie przez MPK dane dotyczące średniego spalania przyjęto na podstawie danych historycznych.
- dla nowych autobusów o napędzie spalinowym i CNG poziom jednostkowego zużycia paliwa przyjęto na podstawie analizy danych producentów oraz informacji udostępnianych przez operatorów wykorzystujących obecnie ten typ napędu, założono zużycie ON na poziomie 35 l/100 km oraz zużycie gazu ziemnego na poziomie 43,2 kg/100 km.
- dla autobusów elektrycznych poziom jednostkowego zużycia energii przyjęto na podstawie analizy danych producentów oraz informacji udostępnianych przez operatorów wykorzystujących obecnie ten typ napędu, założono zużycie energii elektrycznej na poziomie 100 kWh/100km.

Przebiegi autobusów okresie analizy odzwierciedlają podstawowe założenia:

- brak wzrostu zapotrzebowania na usługi przewozowe;
- średnie roczne wartości przebiegów dla poszczególnych pojazdów określono na podstawie aktualnego planu przewozowego MPK.
- założono, że nowej pojazdy będą przejmować roczne przebiegi pojazdów wycofywanych z eksploatacji.

Wynikowo we wszystkich wariantach łączna roczna liczba wozokilometrów wykonywanych przez MPK na liniach postanie bez zmian. Wynikowe liczby wozokilometrów dla poszczególnych typów pojazdów i wariantów zaprezentowano na wykresie poniżej.

### Wykres 8 Struktura pracy przewozowej [wkm]



Źródło: Opracowanie własne.

Ceny nośników energii przyjęto jako:

- dla ON – średnia cena zakupu przez MPK z uwzględnieniem aktualnych trendów rynkowych, przyjęto wartość 4,00 zł/l
- dla CNG - przyjęto na podstawie informacji udostępnianych przez operatorów wykorzystujących obecnie ten typ napędu oraz uwzględniono aktualne trendy rynkowe, przyjęto wartość: 3,58 zł/kg
- dla energii elektrycznej – średnia cena zakupu przez MPK z uwzględnieniem aktualnych trendów rynkowych, przyjęto wartość 0,42 zł/kWh.

Koszty serwisu pojazdów wyznaczono w sposób uproszczony, zakładając jednostkowe stawki zależne od typu autobusu:

- autobus spalinowy – 0,25 zł/wkm;
- autobus elektryczny – 0,125 zł/wkm;
- autobus CNG – 0,15 zł/wkm.

Koszty serwisu infrastruktury określono zakładając:

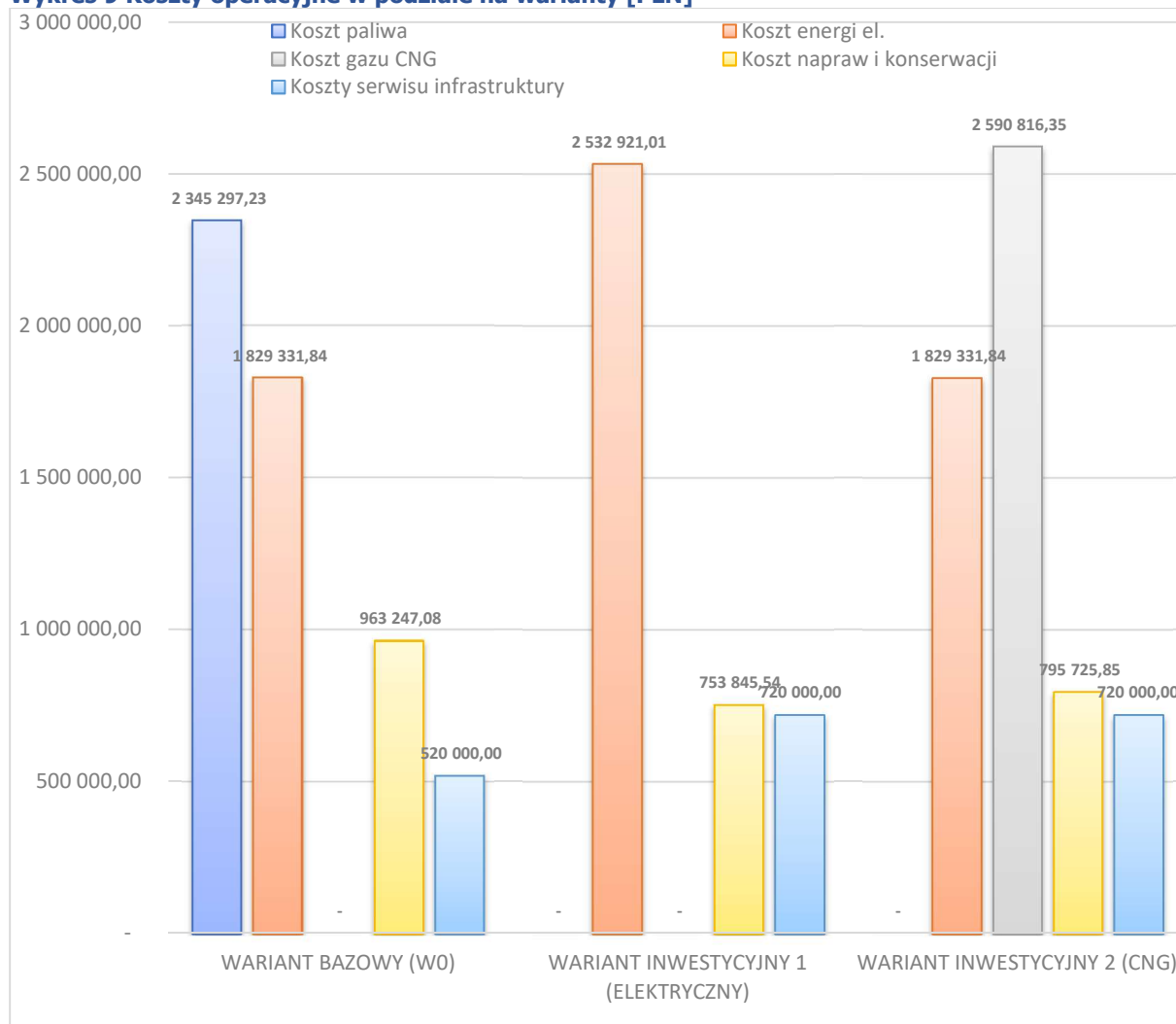
- koszt serwisu ładowarki zajezdniowej plug-in – 5000 zł/szt./rok;
- koszt serwisu infrastruktury tankowania CNG – 25000 zł/rok.

Podsumowanie porównania kosztów operacyjnych między wariantami przedstawiono na wykresach poniżej. Wnioski z analizy kosztów są następujące:

- koszty tankowania CNG znacznie przewyższają koszty tankowania ON, obserwowany w 2021 r. drastyczny wzrost ceny gazu CNG może dodatkowo pogłębić tę różnicę;
- energia elektryczna jest najtańszym nośnikiem energii na moment przygotowania analizy,

- warianty uwzględniające zakup dodatkowych autobusów elektrycznych i CNG wymagają poniesienia dodatkowych kosztów związanych z rozbudową infrastruktury towarzyszącej.

**Wykres 9 Koszty operacyjne w podziale na warianty [PLN]**



Źródło: Opracowanie własne.

### 5.1.3. Efektywność finansowa

Na podstawie obliczeń nakładów inwestycyjnych oraz kosztów operacyjnych wyznaczono różnicowe przepływy pieniężne w stosunku do wariantu W0 dla wariantów W1 i W2 zakładających wprowadzenie odpowiednio autobusów elektrycznych i CNG. Wyniki zaprezentowano na wykresach poniżej.

**Tabela 8 Wskaźniki efektywności finansowej W1-W0**

EFEKTYWNOŚĆ FINANSOWA: RÓŻNICOWE PRZEPŁYWY PIENIĘŻNE - "WARIANT INWESTYCYJNY 1 - WARIANT BAZOWY "W0"		Jednostka	Wartości
FNPV/C	PLN	-	7 397 689,75
FRR/C	%		-29,48%

Źródło: Obliczenia własne.

**Tabela 9 Wskaźniki efektywności finansowej W2-W0**

EFEKTYWNOŚĆ FINANSOWA: RÓŻNICOWE PRZEPŁYWY PIENIĘŻNE - "WARIANT INWESTYCYJNY 2 - WARIANT BAZOWY "W0"	Jednostka	Wartości
FNPV/C	PLN	- 3 148 582,33
FRR/C	%	#LICZBA!

Źródło: Obliczenia własne.

Korzystniejszy pod względem skumulowanych przepływów pieniężnych netto za okres prognozy jest wariant 2 (zakup autobusów CNG) z uwagi na znacznie niższe początkowe nakłady inwestycyjne, jednak oba warianty wykazują ujemne saldo gotówki na koniec okresu odniesienia.

Analiza finansowa wykazała mniejszą opłacalność inwestycji w autobusy zasilane paliwami alternatywnymi niż zakup (w takiej samej ilości) nowych pojazdów zasilanych olejem napędowym.

**Z punktu widzenia oceny finansowej projektu, inwestycja w każdym z wariantów jest nieopłacalna: FNPV/C<0, FRR/C < 4%.**

## 5.2. Analiza efektów środowiskowych związanych z emisją szkodliwych substancji dla środowiska naturalnego i zdrowia

Efekty środowiskowe w każdym wariantcie obejmują:

- redukcję emisji CO<sub>2</sub> – redukcja kosztów zmian klimatycznych;
- redukcję emisji lokalnej – redukcja zanieczyszczeń związanych z: NMVOC/HC, tlenkami NO<sub>x</sub>, pyłami PM;
- redukcja emisji hałasu.

Podstawą do wyznaczenia efektów środowiskowych są założenia dotyczące średniego zużycia energii, realizowanych przebiegów oraz wskaźniki emisji.

Na podstawie opisanych w poprzednich rozdziałach założeń dotyczących efektów środowiskowych poniżej przedstawiono wyliczone dla każdego wariantu efekty zewnętrzne.

**Tabela 10 Efekty środowiskowe**

EFEKTY ZEWNĘTRZNE	Jednostka	WARIANT BAZOWY (W0)	WARIANT INWESTYCYJNY 1 (ELEKTRYCZNY)	WARIANT INWESTYCYJNY 2 (CNG)
Redukcja emisji CO <sub>2</sub>	tCO <sub>2</sub>	616,62	983,49	202,88
Redukcja emisji NMVOC/HC	tNMVOC/HC	14,32	15,09	13,89
Redukcja emisji NO <sub>x</sub>	tNO <sub>x</sub>	105,93	108,28	104,59
Redukcja emisji PM	tPM	2,15	2,21	2,21
Redukcja emisji hałasu	PLN	1 364 520,45	1 745 176,11	1 491 405,67

Źródło: Obliczenia własne.

Wnioski z analizy są następujące:

- wariant elektryczny generuje najwyższe efekty zewnętrzne spośród wszystkich analizowanych wariantów, jego realizacja jest najbardziej korzystna pod względem środowiskowym;
- wariant CNG generuje również korzyści zewnętrzne, jednak w porównaniu z wariantem bazowym są one niższe.

### 5.3. Analiza społeczno-ekonomiczna uwzględniającą wycenę kosztów związanych z emisją szkodliwych substancji

W odróżnieniu od analizy finansowej, skupiającej się na przepływach finansowych widzianych przez inwestora, przedmiotem analizy społeczno-ekonomicznej jest kalkulacja kosztów i korzyści wynikających z realizacji a następnie z eksploatacji wybranego wariantu z punktu widzenia społeczeństwa.

Dokonując wyceny efektów zewnętrznych zastosowano ogólne zasady metodyczne ilościowej analizy kosztów i korzyści, w tym wyceny efektów społeczno-ekonomicznych. Podstawą wyceny były Tablice kosztów jednostkowych do wykorzystania w analizach kosztów i korzyści, opracowanie CUPT Warszawa, wrzesień 2021 r.: <https://www.cupt.gov.pl/wdrazanie-projektow/analiza-kosztow-i-korzystosci/narzedzia/tablice-kosztow-jednostkowych-do-wykorzystania-w-analizach-kosztow-i-korzystosci>, dostęp: 31 października 2021 r.

Na podstawie obliczeń uwzględniających skorygowane nakłady (inwestycyjne, odtworzeniowe, operacyjne) oraz wyrażone w wartościach pieniężnych efekty środowiskowe wyznaczono różnicowe przepływy pieniężne w stosunku do wariantu W0 dla wariantów W1 i W2 zakładających wprowadzenie odpowiednio autobusów elektrycznych i CNG. Wyniki zaprezentowano na wykresach poniżej.

**Tabela 11 Wskaźniki efektywności społeczno-ekonomicznej W1-W0**

EFEKTYWNOŚĆ EKONOMICZNA: RÓŻNICOWE PRZEPŁYWY PIENIĘŻNE - "WARIANT INWESTYCYJNY 1 - WARIANT BAZOWY "W0"	Jednostka	Wartości
ENPV	PLN	- 5 130 147,81
ERR	%	-14,91%

Źródło: Obliczenia własne.

**Tabela 12 Wskaźniki efektywności społeczno-ekonomicznej W2-W0**

EFEKTYWNOŚĆ EKONOMICZNA: RÓŻNICOWE PRZEPŁYWY PIENIĘŻNE - "WARIANT INWESTYCYJNY 2 - WARIANT BAZOWY "W0"	Jednostka	Wartości
ENPV	PLN	- 2 581 499,26
ERR	%	#LICZBA!

Źródło: Obliczenia własne.

Na podstawie uzyskanych wyników należy stwierdzić, że dla przedsięwzięcia polegającego na zastosowaniu taboru zeroemisyjnego w postaci autobusów elektrycznych uzyskiwane pozytywne efekty ekonomiczne w stosunku do kontynuowania zakupów i eksploatacji autobusów z napędem spalinowym, nie są na tyle wysokie aby uczynić projekt uzasadnionym z punktu widzenia dobrobytu społecznego.

Korzystniejszy pod względem skumulowanych przepływów pieniężnych netto za okres prognozy jest wariant 2 (zakup autobusów CNG) z uwagi na znacznie niższe początkowe nakłady inwestycyjne, jednak nadal wykazuje on ujemne saldo gotówki na koniec okresu odniesienia, ponieważ generuje znacznie niższe korzyści środowiskowe.

Analiza finansowa wykazała mniejszą opłacalność inwestycji w autobusy zasilane paliwami alternatywnymi niż zakup (w takiej samej ilości) nowych pojazdów zasilanych olejem napędowym.

**Z punktu widzenia oceny ekonomicznej projektu, inwestycja w każdym z wariantów jest nieopłacalna: ENPV/C<0, ERR < 4,5%.**

## 6. ANALIZA WRAŻLIWOŚCI

### 6.1. Kluczowe zmienne krytyczne

Zmiennymi niezależnymi poddanymi analizie wrażliwości były:

- nakłady inwestycyjne;
- praca przewozowa;
- koszty operacyjne i utrzymania;
- koszty społeczne.

Dobór tych zmiennych wynika z tego, iż one bezpośrednio wpływają na osiągnięte wskaźniki w analizie efektywności finansowej i ekonomicznej.

Z analizy wrażliwości wynika, że zarówno efektywność finansowa, jak i ekonomiczna projektu odznaczają się wysoką wrażliwością na zmianę nakładów inwestycyjnych. Z drugiej strony wskaźniki efektywność nie są wrażliwe w dużym stopniu na zmiany wielkości pracy przewozowej taboru, kosztów operacyjnych utrzymania oraz wartości jednostkowe kosztów społecznych.

**Tabela 13 Analiza wrażliwości zmiennych kluczowych**

Analiza wrażliwości - ENPV W1		ENPV	Zmiana	Zmiana względna	Zmiana krytyczna
		- 5 130 148			
Nakłady inwestycyjne +1%	1,01	- 5 230 128	- 99 980	1,95%	TAK
		- 5 130 148			
Nakłady inwestycyjne - 1%	0,99	- 5 030 168	99 980	-1,95%	TAK
		- 5 130 148			
Praca przewozowa - 1%	0,99	- 5 151 883	- 21 736	0,42%	NIE
		- 5 130 148			
Praca przewozowa +1%	1,01	- 5 108 412	21 736	-0,42%	NIE
		- 5 130 148			
Koszty operacyjne i utrzymania +1%	1,01	- 5 138 216	- 8 069	0,16%	NIE
		- 5 130 148			
Koszty operacyjne i utrzymania - 1%	0,99	- 5 122 079	8 069	-0,16%	NIE
		- 5 130 148			
Koszty społeczne - 1%	0,99	- 5 138 464	- 8 316	0,16%	NIE
		- 5 130 148			
Koszty społeczne +1%	1,01	- 5 121 832	8 316	-0,16%	NIE

Analiza wrażliwości - FNPV/C W1		FNPV/C	Zmiana	Zmiana względna	Zmiana krytyczna
		- 7 397 690			
Nakłady inwestycyjne +1%	1,01	- 7 516 237	- 118 547	1,60%	TAK
		- 7 397 690			
Nakłady inwestycyjne - 1%	0,99	- 7 279 143	118 547	-1,60%	TAK
		- 7 397 690			
Praca przewozowa - 1%	0,99	- 7 410 002	- 12 312	0,17%	NIE
		- 7 397 690			
Praca przewozowa +1%	1,01	- 7 385 378	12 312	-0,17%	NIE
		- 7 397 690			
Koszty operacyjne i utrzymania - 1%	0,99	- 7 390 287	7 403	-0,10%	NIE
		- 7 397 690			
Koszty operacyjne i utrzymania +1%	1,01	- 7 405 093	- 7 403	0,10%	NIE
		- 7 397 690			
Koszty społeczne - 1%	0,99	- 7 397 690	-	0,00%	NIE
		- 7 397 690			
Koszty społeczne +1%	1,01	- 7 397 690	-	0,00%	NIE

<b>Analiza wrażliwości - ENPV W2</b>		<b>ENPV</b>	<b>Zmiana</b>	<b>Zmiana względna</b>	<b>Zmiana krytyczna</b>
		- 2 581 499			
Nakłady inwestycyjne +1%	1,01	- 2 634 177	- 52 678	2,04%	<b>TAK</b>
		- 2 581 499			
Nakłady inwestycyjne - 1%	0,99	- 2 528 822	52 678	-2,04%	<b>TAK</b>
		- 2 581 499			
Praca przewozowa - 1%	0,99	- 2 580 957	543	-0,02%	<b>NIE</b>
		- 2 581 499			
Praca przewozowa +1%	1,01	- 2 582 042	- 543	0,02%	<b>NIE</b>
		- 2 581 499			
Koszty operacyjne i utrzymania - 1%	0,99	- 2 566 476	15 023	-0,58%	<b>NIE</b>
		- 2 581 499			
Koszty operacyjne i utrzymania +1%	1,01	- 2 596 522	- 15 023	0,58%	<b>NIE</b>
		- 2 581 499			
Koszty społeczne - 1%	0,99	- 2 581 342	157	-0,01%	<b>NIE</b>
		- 2 581 499			
Koszty społeczne +1%	1,01	- 2 581 657	- 157	0,01%	<b>NIE</b>

<b>Analiza wrażliwości - FNPV/C W2</b>		<b>FNPV/C</b>	<b>Zmiana</b>	<b>Zmiana względna</b>	<b>Zmiana krytyczna</b>
		- 3 148 582			
Nakłady inwestycyjne +1%	1,01	- 3 211 807	- 63 225	2,01%	<b>TAK</b>
		- 3 148 582			
Nakłady inwestycyjne - 1%	0,99	- 3 085 357	63 225	-2,01%	<b>TAK</b>
		- 3 148 582			
Praca przewozowa - 1%	0,99	- 3 148 064	519	-0,02%	<b>NIE</b>
		- 3 148 582			
Praca przewozowa +1%	1,01	- 3 149 101	- 519	0,02%	<b>NIE</b>
		- 3 148 582			
Koszty operacyjne i utrzymania - 1%	0,99	- 3 128 349	20 234	-0,64%	<b>NIE</b>
		- 3 148 582			
Koszty operacyjne i utrzymania +1%	1,01	- 3 168 816	- 20 234	0,64%	<b>NIE</b>
		- 3 148 582			
Koszty społeczne - 1%	0,99	- 3 148 582	-	0,00%	<b>NIE</b>
		- 3 148 582			
Koszty społeczne +1%	1,01	- 3 148 582	-	0,00%	<b>NIE</b>

Źródło: Opracowanie własne.

Należy podkreślić, że zmienna krytyczna wzrost nakładów inwestycyjnych ma b. niskie prawdopodobieństwo wystąpienia, ponieważ Wnioskodawca oparł budżet o aktualne dane rynkowe, m.in. przedstawione w najkorzystniejszej ofercie.

## 6.2. Wartości progowe zmiennych

W komórkach tabeli wpisano „nie dotyczy” za każdym razem, gdy badana zmienna musiałaby osiągnąć wartość nierealną dla w kontekście określenia wskaźnika efektywności projektu. Ponadto koszty społeczne nie wpływają na przepływy finansowe. Wartości progowe przedstawiają się następująco:

**Tabela 14 Wartości progowe**

<b>Wartości progowe - badana zmienna</b>	<b>W1: FNPV(C) = 0</b>	<b>W2: FNPV(C) = 0</b>	<b>W1: ENPV = 0</b>	<b>W2: ENPV = 0</b>
Nakłady inwestycyjne	-51%	-49%	-51%	-49%
Praca przewozowa	600%	nie dotyczy	236%	nie dotyczy
Koszty operacyjne i utrzymania	nie dotyczy	nie dotyczy	nie dotyczy	nie dotyczy
Koszty społeczne	nie dotyczy	nie dotyczy	617%	nie dotyczy

Źródło: Opracowanie własne.

Analiza wartości progowych potwierdziła, że zmienna nakłady inwestycyjne ma najsilniejszy wpływ na wskaźniki NPV. Dodatkowo analiza wartości progowych wykazała, że praca przewozowa taboru elektrycznego wykorzystywanego w Łomży powinna być ok. 2,5 razy wyższa niż obecne średnie wartości (czyli wynieść ponad

100 tys. wkm/rok), aby autobusy elektryczne generowały nadwyżki korzyści. Należy zauważyć, że obecny poziom techniki poważnie utrudnia lub nawet uniemożliwia osiągnięcie takiego progu opłacalności.

## 7. ANALIZA RYZYKA

### 7.1. Czynniki ryzyka w projekcie

W procesie przygotowania inwestycji zidentyfikowano czynniki ryzyka dla przedmiotowego projektu. Sprecyzowano, które z czynników mogą mieć wpływ na realizację inwestycji poprzez określenie statusu ryzyka (aktywne/nieaktywne) wraz z określeniem przyczyn nieaktywności. Po zakończeniu procesu identyfikacji, w dalszej kolejności przeprowadzono analizę jakościową ryzyka.

**Tabela 15 Identyfikacja ryzyka w ramach projektu**

Ryzyko	Status ryzyka	Jeśli nieaktywne, dlaczego:
<b>RYZYKA POPYTOWE</b>		
Poziom pracy przewozowej niższy niż prognozowany	AKTYWNE	-
<b>RYZYKA ZWIĄZANE ZE SPECYFIKACJĄ</b>		
Błędy w SIWZ	AKTYWNE	-
<b>RYZYKA ZWIĄZANE Z ZAMÓWIENIAMI</b>		
Opóźnienia w realizacji procedur	AKTYWNE	-
<b>RYZYKA ZWIĄZANE Z DOSTAWAMI</b>		
Przekroczenie budżetu nakładów inwestycyjnych	AKTYWNE	-
Ryzyka klimatyczne (opady, mrozy, zmiany temperatur itp.)	AKTYWNE	-
Ryzyka związane w wykonawcą (bankructwo, brak wystarczających zasobów itp.)	AKTYWNE	-
<b>RYZYKA OPERACYJNE</b>		
Przekroczenie budżetu kosztów operacyjnych	NIEAKTYWNE	M. Łomża w corocznych uchwałach budżetowych zabezpiecza odpowiednią ilość środków na utrzymanie komunikacji zbiorowej. Prawidłowe oszacowanie kosztów operacyjnych na podstawie doświadczeń miasta/MPK w tym zakresie.
Ryzyka klimatyczne i klęsk żywiołowych (gwałtowne powodzie, nadzwyczajne upały, ulew, opady śniegu itp.)	AKTYWNE	-
<b>RYZYKA FINANSOWE</b>		
Dostępność środków zewnętrznych na finansowanie nakładów inwestycyjnych	AKTYWNE	-
Wzrost kosztów finansowania	AKTYWNE	-
<b>RYZYKA ZARZĄDCZE</b>		
Małe możliwości zarządzania przez beneficjenta	NIEAKTYWNE	M. Łomża wraz z MPK zgodnie z przepisami prawa polskiego jest w pełni odpowiedzialne za zarządzanie projektem w trakcie realizacji oraz eksploatacji inwestycji.
<b>RYZYKA POLITYCZNE</b>		
Protesty społeczne	NIEAKTYWNE	Projekt nie zakłada ingerencji w tereny prywatne i realizowany będzie zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju.
Polityczne zmiany priorytetów funkcjonowania komunikacji zbiorowej	NIEAKTYWNE	Inwestycja zakładająca stanowi jeden z priorytetowych projektów miejskich. Miasto deklaruje wsparcie MPK w całym okresie trwałości projektu.

INNE RYZYKA			
Nieotrzymanie planowanych refundacji w terminach założonych w harmonogramie wniosku o dofinansowanie	AKTYWNE	-	

Źródło: opracowanie własne na podstawie.

## 7.2. Matryca ryzyka

Analiza ryzyka czynników jakościowych polegała na identyfikacji wszelkich czynników wewnętrznych i zewnętrznych oraz opisaniu wynikających z nich zagrożeń dla realizacji projektu. Prawdopodobieństwo faktycznego wystąpienia danego ryzyka ocenione zostało poprzez przypisanie dla niego jednej z kategorii prawdopodobieństwa: bardzo niskie, niskie, średnie, wysokie i bardzo wysokie. Dotkliwość oceniono również w skali pięciostopniowej (I, II, III, IV, V). Następnie opisano okoliczności, jakie przyczyniłyby się do wystąpienia takiej sytuacji oraz środki zapobiegawcze lub zmniejszające ryzyko. Wyniki analizy ryzyka przedstawia matryca ryzyka.

**Tabela 16 Matryca ryzyka - jakościowa analiza ryzyka dla projektu**

Nazwa ryzyka	Podmiot zarządzający ryzykiem	Faza projektu, którego dotyczy ryzyko	Prawdopodobieństwo (P)	Dotkliwość (D)	Poziom ryzyka	Przyczyna	Skutek	Strategia zarządzania ryzykiem	Środki zapobiegawcze/ograniczające
<b>KATEGORIA RYZYKA: RYZYKA ZWIĄZANE ZE SPECYFIKACJĄ</b>									
Błędy w SIWZ	Wnioskodawca	Faza przygotowawcza	B	II	Niski	Brak odpowiedniego doświadczenia	Wzrost kosztów	Zapobieganie	<ul style="list-style-type: none"> <li>- poprzedzenie zamówienia analizami dotyczącymi rodzajów środków transportowych</li> <li>- wykorzystanie doświadczenia innych jednostek</li> <li>- wykorzystanie doświadczeń wynikających z realizowanych projektów UE</li> </ul>
<b>KATEGORIA RYZYKA: RYZYKO POPYTOWE</b>									
Liczba km pracy przewozowej	Wnioskodawca	Faza operacyjna	B	IV	Średni	Błędne założenia dotyczące popytu.	Trwałość projektu., nieefektywność ekonomiczna projektu.	Zapobieganie	- planowanie pracy przewozowej w odniesieniu do danych historycznych
<b>KATEGORIA RYZYKA: RYZYKA ZWIĄZANE Z ZAMÓWIENIAMI</b>									
Opóźnienia w realizacji procedur	Wnioskodawca	Faza wdrożenia	C	II	Średni	<p>Brak znajomości szczegółowych zasad zamówień publicznych.</p> <p>Niejasne i niezrozumiałe sformułowania w SIWZ oraz dokumentacji przetargowej.</p>	Opóźnienie w realizacji inwestycji	Ograniczanie	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Powołanie komisji przetargowych z uwzględnieniem doświadczonych pracowników (zaznajomionych ze specyfiką zamówień „unijnych”).</li> <li>Zaznajomienie pracowników biorących udział w postępowaniu z obowiązującymi zasadami ustawy Prawo zamówień publicznych oraz z wytycznymi i</li> </ul>

									<p>zaleceniami Komisji Europejskiej w tym zakresie.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Prawidłowe opracowanie SIWZ</li> <li>- zlecenie opracowania SIWZ specjalistycznej firmie doradczej.</li> <li>- Opracowanie harmonogramu prac z uwzględnieniem wydłużonego przebiegu procesu zamówień publicznych.</li> </ul>
<b>KATEGORIA RYZYKA: RYZYKA ZWIĄZANE Z DOSTAWAMI</b>									
Przekroczenie budżetu nakładów inwestycyjnych	Wnioskodawca	Faza wdrożenia	B	III	Średni	Niewłaściwe oszacowanie kosztów projektu	Wzrost kosztów.	Ograniczanie	- Kosztorys sporządzono w oparciu o rozeznanie rynkowe
Ryzyka klimatyczne (opady, mrozy, zmiany temperatur itp.)	Wykonawca	Faza wdrożenia	C	III	Średni	Występowanie niekorzystnych zjawisk pogodowych i klimatycznych	Opóźnienie w realizacji inwestycji.	Ograniczanie	- Odpowiednie zabezpieczenie zakładu produkcyjnego
Ryzyka związane w wykonawcą (bankructwo, brak wystarczających zasobów itp.)	Wnioskodawca	Faza wdrożenia	B	IV	Średni	Brak wystarczających zasobów Wykonawcy Brak doświadczenia Wykonawcy	Opóźnienie w realizacji inwestycji	Ograniczanie	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zastosowanie odpowiednich kryteriów wyboru Wykonawcy w procedurze zamówień publicznych.</li> <li>- Ustalenie odpowiedniej wysokości wadium, gwarancji ubezpieczeniowej.</li> </ul>
<b>KATEGORIA RYZYKA: RYZYKA OPERACYJNE</b>									
Ryzyka klimatyczne i klęsk żywiołowych (gwałtowne powodzie, nadzwyczajne	Wnioskodawca	Faza operacyjna	C	III	Średni	Występowanie niekorzystnych zjawisk klimatycznych (ulewne deszcze, niskie temperatury, silne wiatry) i spowodowane przez nie zniszczenia	Trwałość projektu.	Ograniczanie/zapobieganie	- Zastosowanie odpowiednich materiałów konstrukcyjnych oraz odpowiednich typów napędu

upały, ulewę, opady śniegu itp.)									
<b>KATEGORIA RYZYKA: RYZYKA FINANSOWE</b>									
Dostępność środków zewnętrznych na finansowanie nakładów inwestycyjnych	Wnioskodawca	Faza przygotowa wczą	C	V	Wysoki	Brak dostatecznej alokacji środków na zadania z rozwoju transportu publicznego	Niezrealizowanie inwestycji	Ograniczani e	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prawidłowe przygotowanie wniosku o dofinansowanie wraz z niezbędnymi załącznikami.</li> <li>- Wykazanie wysokiej gotowości do realizacji projektu.</li> </ul>
Wzrost kosztów finansowania	Wnioskodawca	Faza wdrożenia	B	III	Średni	Nieuwzględnienie cen rynkowych	Wzrost kosztów	Ograniczani e	<ul style="list-style-type: none"> <li>- uwzględnienie zwrotnych źródeł finansowania</li> </ul>
<b>KATEGORIA RYZYKA: INNE RYZYKA</b>									
Nieotrzymanie planowanych refundacji w terminach założonych w harmonogra mie wniosku o dofinansowanie	Wnioskodawca	Faza wdrożenia	B	III	Średni	Błędna klasyfikacja/ podział kosztów przez Beneficjenta  Uwagi IZ do wniosków o płatność	Wzrost kosztów/ zadłużenia	Ograniczani e	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prawidłowe sporządzanie wniosku o dofinansowanie z uwzględnieniem Wytycznych kwalifikowalności wydatków.</li> <li>- Prawidłowe sporządzanie wniosków o płatność – zastosowanie właściwych wytycznych.</li> <li>- Finansowanie inwestycji środkami własnymi</li> </ul>

Źródło: opracowanie własne.

Przeprowadzona analiza ryzyka wykazała, że realizacja przedsięwzięcia w założonych wariantach jest możliwa. Zidentyfikowane i opisane czynniki ryzyka cechuje głównie niskie bądź średnie prawdopodobieństwo wystąpienia. W przypadku czynników obarczonych wysokim poziomem ryzyka w gestii podmiotu realizującego znajduje się szereg środków zaradczych, które pozwolą wyeliminować lub złagodzić niekorzystny wpływ zidentyfikowanych czynników ryzyka.

## 8. WNIOSKI I REKOMENDACJE

Na podstawie przeprowadzonej analizy kosztów i korzyści wskazuje się, iż:

1. Najbardziej korzystny pod kątem finansowym jest wariant wymiany taboru z zastosowaniem oleju napędowego (ON) w formie taboru spełniającego normy emisji spalin EURO 6 (W0), zaś najmniej korzystny ekonomicznie okazał się wariant zakładający przyjęcie do realizacji i zakup autobusów elektrycznych (W1).
2. Spadek emisji zanieczyszczeń środowiska (CO<sub>2</sub>, emisje lokalne, hałas) osiągnięty w wyniku realizacji wariantu elektrycznego wyrażony w ekwiwalencie pieniężnym wynosi nie umożliwia kompensacji najwyższych kosztów poniesionych na jego realizację w całym okresie analizy.
3. Przeanalizowany wariant CNG jest mniej korzystny finansowo od wariantu W0 - spalinowego, jednakże znacznie bardziej korzystny od wariantu W1 – elektrycznego. Należy jednak wskazać, że generuje znacznie niższe korzyści środowiskowe.
4. **Na dzień sporządzania analizy należy jednoznacznie wskazać, że nie wykazano opłacalności zastosowania wyłącznie autobusów elektrycznych. Osiągnięcie wysokich wskaźników opłacalności dla tego typu taboru możliwe jest jedynie w przypadku pozyskania dofinansowania ze środków zewnętrznych. Tylko w takim przypadku wydaje się być zasadnym podjęcie realizacji obowiązków wynikających dalszych z ustawy o elektromobilności.**
5. Rekomenduje się sporządzenie aktualizacji niniejszej analizy kosztów i korzyści co najmniej przed 2025 rokiem, w celu ponownego zweryfikowania wskaźników opłacalności dla taboru zero i niskoemisyjnego.

## Spisy

### Spis map

Mapa 1 Schemat linii i przystanków MPK w Łomży .....	9
--	---

### Spis tabel

Tabela 1 Wykaz tras autobusowych MPK w Łomży Sp. z o.o. ....	5
Tabela 2 Parametry linii autobusowe – długość i liczba przystanków .....	7
Tabela 3 Praca przewozowa na poszczególnych liniach .....	8
Tabela 4 Tabor autobusowy Miejskiego Przedsiębiorstwa Komunikacji w Łomży Sp. z o.o. ....	10
Tabela 5 Niedobory taboru i infrastruktury w stosunku do stanu pożądanego .....	15
Tabela 6 Normy emisji szkodliwych składników spalin .....	26
Tabela 7 Harmonogram wymiany autobusów .....	31
Tabela 8 Wskaźniki efektywności finansowej W1-W0 .....	35
Tabela 9 Wskaźniki efektywności finansowej W2-W0 .....	35
Tabela 10 Efekty środowiskowe .....	36
Tabela 11 Wskaźniki efektywności społeczno-ekonomicznej W1-W0 .....	37
Tabela 12 Wskaźniki efektywności społeczno-ekonomicznej W2-W0 .....	37
Tabela 13 Analiza wrażliwości zmiennych kluczowych .....	38
Tabela 14 Wartości progowe .....	39
Tabela 15 Identyfikacja ryzyka w ramach projektu .....	41
Tabela 16 Matryca ryzyka - jakościowa analiza ryzyka dla projektu .....	43

### Spis wykresów

Wykres 1 Struktura taboru według norm czystości spalin .....	13
Wykres 2 Struktura taboru według wieku .....	14
Wykres 3 Struktura taboru według klas autobusów .....	14
Wykres 4 Struktura taboru według norm czystości spalin .....	18
Wykres 5 Wartość współczynnika dyskontowego w zależności od poziomu stopy dyskontowej .....	20
Wykres 6 Wartość nakładów inwestycyjnych w PLN .....	32
Wykres 7 Struktura nakładów inwestycyjnych według wariantów w PLN .....	32
Wykres 8 Struktura pracy przewozowej [wkm] .....	33
Wykres 9 Koszty operacyjne w podziale na warianty [PLN] .....	35

## Bibliografia

- Behrens, W. i Hawranek, P. M. (1993). *Poradnik przygotowywania przemysłowych studiów feasibility*. Warszawa: United Nations Industrial Development Organization.
- Drobniak, A. (2008). *Podstawy oceny efektywności projektów publicznych*. Katowice: Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Katowicach.
- Dylewski, M., Filipiak, B. i Gorzałczyńska-Koczkodaj, M. (2007). *Finanse samorządowe*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Jajuga, K. i Teresa, J. (2008). *Inwestycje*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Jakubczyc, J. (2008). *Metody oceny projektu gospodarczego. Podręcznik akademicki*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Michalak, A. (2007). *Finansowanie inwestycji w teorii i praktyce*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Pazio, W. (2001). *Analiza finansowa i ocena efektywności projektów inwestycyjnych przedsiębiorstw*. Warszawa: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej.
- Pera, K. (2010). *Zintegrowana ocena efektywności finansowej surowcowego projektu inwestycyjnego*. Katowice: Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach.
- Podgórska, M. i Klimkowska, J. (2009). *Matematyka finansowa*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Pomykańska, B. i Pomykański, P. (2008). *Analiza finansowa przedsiębiorstwa*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Rogowski, W. (2008). *Rachunek efektywności inwestycji*. Kraków: Wolters Kluwer Polska Sp. z o.o.
- Sierpińska, M. i Jachna, T. (2007). *Ocena przedsiębiorstwa według standardów światowych*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Wrzosek, S. (2006). *Zarządzanie finansami przedsiębiorstw*. Wrocław: Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu.
- Wrzosek, S. (Red.). (2008). *Ocena efektywności inwestycji*. Wrocław: Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu.

## Załącznik 1 – Model finansowy

Załącznik stanowi plik pdf z kompletnymi tabelami, w których przedstawiono szczegółowe założenia, obliczenia i wyniki analizy.