

# Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych dla Miasta Ełku

Gdynia – Ełk, lipiec – październik 2021 r.

**ptc** public  
transport  
consulting  
marcin gromadzki



# **ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI**

## **ZWIĄZANYCH Z WYKORZYSTANIEM**

### **PRZY ŚWIADCZENIU USŁUG KOMUNIKACJI MIEJSKIEJ**

### **AUTOBUSÓW ZEROEMISYJNYCH DLA MIASTA EŁKU**

Wersja z dnia 21.10.2021 r.

## Spis treści

1. Wstęp .....	3
2. Zakres i podstawy prawne opracowania oraz zastosowane definicje i określenia .....	7
2.1. Struktura analizy i dokumenty źródłowe.....	7
2.2. Definicje i określenia .....	8
3. Podstawy opracowania analizy kosztów i korzyści .....	12
4. Charakterystyka Ełku i ełckiej komunikacji miejskiej.....	19
5. Tabor ełckiej komunikacji miejskiej.....	26
5.1. Aktualny stan taboru.....	26
5.2. Planowane zamierzenia inwestycyjne.....	28
6. Identyfikacja wariantów.....	30
6.1. Problematyka rodzaju taboru w opracowaniach strategicznych Ełku .....	30
6.2. Wybór rodzaju napędu .....	38
6.3. Rozwiązania sposobów ładowania autobusów zeroemisyjnych .....	43
6.4. Proponowane warianty.....	50
6.5. Wybór linii do obsługi taborem zeroemisyjnym oraz optymalnej pojemności baterii do autobusów .....	57
6.6. Planowane nakłady inwestycyjne .....	71
7. Analiza kosztów i korzyści .....	77
7.1. Przyjęte założenia analizy kosztów i korzyści .....	77
7.2. Wyniki analizy kosztów i korzyści .....	84
7.3. Trwałość finansowa .....	87
7.4. Analiza wrażliwości i ryzyka .....	93
7.5. Określenie luki w finansowaniu .....	98
8. Podsumowanie .....	100
9. Informacja o udziale społeczeństwa w postępowaniu (projekt).....	104
Spis tabel .....	105
Załącznik nr 1 Model finansowy .....	107
Załącznik nr 2 Uzasadnienie .....	108

## 1. Wstęp

Wraz z postępowaniem cywilizacyjnym systematycznie rosną oczekiwania społeczeństwa – nie tylko w zakresie otoczenia, w którym przebywa się przez większość czasu, sposobów spędzania tego czasu i przebiegu kariery zawodowej, ale i również wobec sposobów przemieszczania się w obrębie miast. Wszystkie środki transportu generują zanieczyszczenia i hałas, przy czym najbardziej negatywnie oddziałują w tym zakresie samochody osobowe, które w przeliczeniu na liczbę pasażerów, w największym stopniu degenerują przestrzeń miejskie i – wbrew powszechnej opinii – obniżają jakość życia. Negatywny wpływ motoryzacji indywidualnej na jakość życia w miastach wynika nie tylko z emisji zanieczyszczeń, ale również z powodu kształtowania przez nią niekorzystnych postaw społecznych – sprzyjającym licznym chorobom cywilizacyjnym, takim jak otyłość, nadciśnienie czy nowotwory. Polskie społeczeństwo zaczyna coraz bardziej dostrzegać tę sytuację, widzą ją również samorządy, które dążą do eliminacji lub przynajmniej ograniczenia intensywności ruchu samochodów osobowych w centrach miast, czy to likwidując miejsca parkingowe, czy też nawet radykalnie podnosząc opłaty za parkowanie i tworząc woonerfy, jednocześnie uprzywilejowując w ruchu środki publicznego transportu zbiorowego.

Jedną z najskuteczniejszych metod walki z problemami urbanistycznymi, ekologicznymi i społecznymi w powyższych aspektach, jest promowanie komunikacji miejskiej, zapewniającej najniższe szeroko rozumiane koszty jednostkowe przemieszczania się po mieście i generującej mniejszą uciążliwość dla środowiska naturalnego niż motoryzacja indywidualna. Za sprawą dynamicznego rozwoju technologii, ostatnie lata przyniosły możliwości wprowadzania w komunikacji miejskiej cichych, wygodnych i ekologicznych autobusów z napędem elektrycznym – mających przed sobą wyjątkowo dobre perspektywy na przyszłość, wynikające choćby z coraz większego udziału odnawialnych źródeł energii w polskim miksie energetycznym, czy też nieodległych perspektyw budowy pierwszych bezpiecznych, nowoczesnych reaktorów jądrowych, zdecydowanie bardziej wydajnych od przestarzałych elektrowni węglowych.

Elektromobilność, do niedawna jeszcze dość rzadko używane pojęcie, stanowi esencjonalną odpowiedź na współczesne problemy transportowe ośrodków miejskich – potencjalne panaceum na wielkomiejski hałas, spaliny emitowane z często już wyeksploatowanych samochodów osobowych, wszechobecne zjawiska kongestii ruchu i obszerne skupiska zaparkowanych pojazdów, skutecznie zakłócających niejednokrotnie obrazy zrewitalizowanych przestrzeni miejskich. Dalszy postęp techniczny, coraz większa pojemność baterii, niezawodność i wydajność silników elektrycznych, istotnie lepsza od silników spalinowych, a ponadto rosnąca powszechność tych rozwiązań, pozwalają mieć nadzieję, że to właśnie w elektromobilności



należy poszukiwać odpowiedzi na pytanie, jak efektywnie zarządzać miejską siecią transportową.

Podstawą prawną rozwoju elektromobilności w krajach Unii Europejskiej jest dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/94/UE z dnia 22 października 2014 r. w sprawie rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych (Dz. Urz. UE z dn. 28 października 2014 r., L 307/1). Na grunt krajowy transponuje tę dyrektywę ustawa z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (t.j. Dz. U. z 2021 r. poz. 110 ze zm.) – stanowiąca ewaluację zmian proponowanych w „Krajowych ramach polityki rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych”, przyjętych przez Radę Ministrów w dniu 29 marca 2017 r.

Paliwa alternatywne w transporcie należy rozumieć jako paliwa lub źródła energii, które przynajmniej częściowo są substytutem dla źródeł energii pochodzących z przetworzenia surowej ropy naftowej. Paliwa alternatywne potencjalnie mogą przyczynić się do redukcji negatywnego wpływu transportu na klimat, zmniejszając globalną emisję gazów cieplarnianych. Znacznie szersze niż obecnie zastosowanie paliw alternatywnych w Polsce wpłynęłoby na poprawę ekologiczności sektora transportu. Do paliw alternatywnych zalicza się: energię elektryczną, wodór, biopaliwa, paliwa syntetyczne i parafinowe, sprężony gaz ziemny (CNG), skroplony gaz ziemny (LNG) oraz gaz płynny (LPG).

Zwiększenie zastosowania paliw alternatywnych wymaga utworzenia dedykowanej im infrastruktury – przeznaczonej do tankowania lub ładowania pojazdów samochodowych nimi napędzanych. Brak takiej infrastruktury zniechęca konsumentów do wyboru paliw alternatywnych jako źródła zasilania silników ich pojazdów. Jedynym wyjątkiem jest gaz płynny (LPG), który w Polsce jest powszechnie dostępny na stacjach benzynowych i stacjach dedykowanych tankowaniu LPG. Niska cena i zarazem wysoka dostępność gazu płynnego, wpłynęły na dość dużą jego popularność u użytkowników samochodów osobowych i dostawczych. W zakresie pozostałych paliw alternatywnych przedsiębiorcy-dostawcy nie są zainteresowani rozwojem działalności gospodarczej ich dotyczącej – z uwagi na brak popytu.

Ustawa z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych określa warunki rozwoju i zasady rozmieszczania infrastruktury paliw alternatywnych w transporcie, zasady świadczenia usług w zakresie ładowania pojazdów elektrycznych oraz tankowania pojazdów napędzanych gazem ziemnym i wodorem oraz wprowadza obowiązki informacyjne. Ustawa ta nakłada na organy administracji publicznej obowiązki korzystania z pojazdów zeroemisyjnych przez własne służby, a także przez przedsiębiorstwa realizujące usługi publiczne na ich zlecenie. Przepisy ustawy umożliwiają utworzenie przez gminy stref czystego transportu oraz określają zasady ich funkcjonowania.

Przywołana ustawa w art. 36 stanowi, że jednostka samorządu terytorialnego, której liczba mieszkańców przekracza 50 000 osób, świadczy usługę lub zleca świadczenie usługi komunikacji miejskiej, w rozumieniu ustawy o ptz podmiotowi, którego udział autobusów zeroemisyjnych we flocie użytkowanych pojazdów na obszarze tej jednostki wynosi co najmniej 30%. Przepis ten, na mocy art. 86 pkt 4, wchodzi w życie z dniem 1 stycznia 2028 r.

Z kolei art. 68 ust. 4 nakłada na przekraczającą ten sam próg demograficzny jednostkę samorządu terytorialnego obowiązek zapewnienia w różnych latach określonych udziałów autobusów zeroemisyjnych we flocie pojazdów użytkowanych w komunikacji miejskiej.

Udziały te wynoszą odpowiednio:

- od dnia 1 stycznia 2021 r. – 5%;
- od dnia 1 stycznia 2023 r. – 10%;
- od dnia 1 stycznia 2025 r. – 20%.

Z art. 68 wynika, że wymogi powyższe dotyczą całej floty obsługującej przewozy w komunikacji miejskiej (więcej niż jednego operatora i nie tylko obszaru danej gminy).

Na mocy art. 37 ust. 1 ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych, każda jednostka samorządu terytorialnego – z wyłączeniem gmin i powiatów, których liczba mieszkańców nie przekracza 50 000 (wyłączenie to sprecyzowano w art. 36 ust. 1) – która świadczy usługę lub zleca świadczenie usługi komunikacji miejskiej w rozumieniu ustawy z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym, zobowiązana została do sporządzania co 36 miesięcy analizy kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem, przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej, autobusów zeroemisyjnych oraz innych środków transportu, w których do napędu wykorzystywane są wyłącznie silniki, których cykl pracy nie powoduje emisji gazów cieplarnianych lub innych substancji objętych systemem zarządzania emisjami gazów cieplarnianych, o którym mowa w ustawie z dnia 17 lipca 2009 r. o systemie zarządzania emisjami gazów cieplarnianych i innych substancji.

Miasto Ełk jest jednostką samorządu terytorialnego, której liczba mieszkańców – według danych GUS – w latach 2015-2020 wynosiła ponad 61 tys. i tym samym przekraczała przywołany limit demograficzny wynikający z art. 36 ust. 1 ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych. Miasto Ełk jest więc prawnie zobowiązane do cyklicznego sporządzania analiz kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej.

Pierwszą analizę kosztów i korzyści przyjęto w dniu 15 listopada 2018 r. Wynik tej analizy nie wykazał przewagi korzyści nad kosztami z tytułu wprowadzenia do eksploatacji autobusów zeroemisyjnych. Miasto Ełk zwolnione więc zostało z obowiązku osiągnięcia wymaganego udziału autobusów zeroemisyjnych w okresie do trzech lat od daty jej sporządzenia, tj. do 15

listopada 2021 r. Miasto Ełk nie musiało więc zapewnić od 1 stycznia 2021 r. minimum 5% udziału autobusów zeroemisyjnych w użytkowanej w komunikacji miejskiej flocie pojazdów.

Kolejna analiza powinna zostać wykonana przed upływem 36 miesięcy od opracowania pierwszego takiego dokumentu, czyli do końca grudnia 2021 r. Przedmiotową analizę stanowi treść niniejszego opracowania.

## 2. Zakres i podstawy prawne opracowania oraz zastosowane definicje i określenia

### 2.1. Struktura analizy i dokumenty źródłowe

W ramach dokumentu przedstawiono:

- aktualną sytuację eksploatacyjną ełckiej komunikacji miejskiej, w tym stan jej taboru;
- planowane do realizacji warianty wymiany taboru: konwencjonalny oraz dwa warianty zeroemisyjne wymiany taboru spalinowego na autobusy elektryczne, których silniki zasilane są z baterii – wyłącznie w zakresie wymaganym ustawą oraz wymiany taboru spalinowego na autobusy elektryczne, których silniki zasilane są z baterii – w całym okresie analizy;
- podstawy i założenia wykonania analizy kosztów i korzyści;
- analizę kosztów i korzyści – opracowaną zgodnie z wymogami art. 37 ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych.

W przygotowaniu opracowania uwzględniono w szczególności:

- obowiązujące przepisy prawa:
  - ustawę z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (t.j. Dz. U. z 2021 r. poz. 110 ze zm.);
  - ustawę z dnia 17 lipca 2009 r. o systemie zarządzania emisjami gazów cieplarnianych i innych substancji (t.j. Dz. U. z 2020 r. poz. 1077 ze zm.);
  - ustawę z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym (t.j. Dz. U. z 2021 r. poz. 1371);
  - rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) 2015/207 z dnia 20 stycznia 2015 r. ustanawiające szczegółowe zasady wykonania rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1303/2013 w odniesieniu do wzoru sprawozdania z postępów, formatu dokumentu służącego przekazywaniu informacji na temat dużych projektów, wzorów wspólnego planu działania, sprawozdań z wdrażania w ramach celu „Inwestycje na rzecz wzrostu i zatrudnienia”, deklaracji zarządczej, strategii audytu, opinii audytowej i rocznego sprawozdania z kontroli oraz metodyki przeprowadzania analizy kosztów i korzyści, a także zgodnie z rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1299/2013 w odniesieniu do wzoru sprawozdań z wdrażania w ramach celu „Europejska współpraca terytorialna” (Dz. Urz. UE z dn. 13 lutego 2015 r. poz. L 38/1, zmienione rozporządzeniem wykonawczym Komisji (UE) 2018/277 z dnia 23 lutego 2018 r., L 54, rozporządzeniem wykonawczym Komisji (UE) 2019/256 z dnia 13 lutego 2019 r., L 43 oraz rozporządzeniem wykonawczym (UE) 2021/436 z dnia 3 marca 2021 r., L 85);



- opracowania dotyczące sposobu wykonania analiz kosztów i korzyści, którymi są:
  - „Niebieska Księga. Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach” Nowa edycja, Jaspers, sierpień 2015 r. ([www.pois.gov.pl/strony/o-programie/dokumenty/niebieskie-ksiegi-dla-projektow-w-sektorze-transportu-publicznego-infrastruktury-drogowej-oraz-kolejowej/](http://www.pois.gov.pl/strony/o-programie/dokumenty/niebieskie-ksiegi-dla-projektow-w-sektorze-transportu-publicznego-infrastruktury-drogowej-oraz-kolejowej/), dostęp: 20.09.2021 r.);
  - „Analiza kosztów i korzyści projektów transportowych współfinansowanych ze środków Unii Europejskiej. Vademecum Beneficjenta”, opracowanie CUPT Warszawa, 2016 r. ([www.cupt.gov.pl/wdrazenie-projektow/analiza-kosztow-i-korzysci/metodyka-analzy-kosztow-i-korzysci/vademecum-beneficjenta](http://www.cupt.gov.pl/wdrazenie-projektow/analiza-kosztow-i-korzysci/metodyka-analzy-kosztow-i-korzysci/vademecum-beneficjenta), dostęp: 20.09.2021 r.);
  - „Przewodnik po analizie kosztów i korzyści projektów inwestycyjnych. Narzędzie analizy ekonomicznej polityki spójności 2014-2020”, opracowanie Komisja Europejska, grudzień 2014 r. ([www.funduszeuropejskie.gov.pl/media/5594/Przewodnik\\_AKK\\_14\\_20.pdf](http://www.funduszeuropejskie.gov.pl/media/5594/Przewodnik_AKK_14_20.pdf), dostęp: 20.09.2021 r.);
  - „Najlepsze praktyki w analizach kosztów i korzyści projektów transportowych współfinansowanych ze środków unijnych”, opracowanie CUPT, grudzień 2014 r. ([www.cupt.gov.pl/wdrazenie-projektow/analiza-kosztow-i-korzysci/metodyka-analzy-kosztow-i-korzysci/podreczniki-akk](http://www.cupt.gov.pl/wdrazenie-projektow/analiza-kosztow-i-korzysci/metodyka-analzy-kosztow-i-korzysci/podreczniki-akk), dostęp: 20.09.2021 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: 20.09.2021 r.);
  - „Zasady opracowania wymaganej ustawą o elektromobilności i paliwach alternatywnych analizy korzyści i kosztów związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej. Praktyczny przewodnik dla samorządów”, IGKM Warszawa, 2018 r.

Weryfikacja wszystkich przywołanych w dokumencie odnośników internetowych miała miejsce w dniu 20 września 2021 r.

## 2.2. Definicje i określenia

Używane w opracowaniu wyrażenia, uszeregowane poniżej w kolejności alfabetycznej, zostały zdefiniowane w ustawach: o elektromobilności i paliwach alternatywnych oraz o publicznym transporcie zbiorowym lub w innych aktach prawnych i oznaczają odpowiednio:

- **autobus zeroemisyjny** – autobus w rozumieniu art. 2 pkt 41 Prawa o ruchu drogowym, wykorzystujący do napędu energię elektryczną wytworzoną z wodoru w zainstalowanych

w nim ogniwach paliwowych lub wyłącznie silnik, którego cykl pracy nie prowadzi do 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 oraz trolejbus w rozumieniu art. 2 pkt 83 ustawy Prawo o ruchu drogowym;

- **CUPT** – Centrum Unijnych Projektów Transportowych, pl. Europejski 2, 00-844 Warszawa;
- **infrastruktura ładowania drogowego transportu publicznego** – punkty ładowania baterii lub tankowania wodoru wraz z niezbędną dla ich funkcjonowania infrastrukturą towarzyszącą, przeznaczone do ładowania lub tankowania, w szczególności autobusów zeroemisyjnych, wykorzystywanych w transporcie publicznym;
- **komunikacja miejska** – sieć wszystkich linii komunikacyjnych o charakterze użyteczności publicznej zorganizowanych przez Miasto na obszarze jego właściwości – Miasta i gmin, które z Miastem zawarły porozumienia międzygminne;
- **linia komunikacyjna** – połączenie komunikacyjne na sieci dróg publicznych, albo liniach kolejowych, innych szynowych, linowych, linowo-terenowych, albo akwenach morskich lub wodach śródlądowych – wraz z oznaczonymi miejscami do wsiadania i wysiadania pasażerów na liniach komunikacyjnych, po których odbywa się publiczny transport zbiorowy;
- **Miasto** – gmina Miasto Ełk;
- **NFOŚiGW** – Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, ul. Konstruktorska 3a, 02-673 Warszawa;
- **MZK sp. z o.o.** – Miejski Zakład Komunikacji spółka z ograniczoną odpowiedzialnością w Ełku, z siedzibą przy ul. Łukasiewicza 8, 19-300 Ełk, określana w opracowaniu także jako **Spółka**;
- **organizator** – organizator publicznego transportu zbiorowego, właściwa jednostka samorządu terytorialnego albo minister właściwy do spraw transportu, zapewniający funkcjonowanie publicznego transportu zbiorowego na danym obszarze;
- **operator** – operator publicznego transportu zbiorowego, samorządowy zakład budżetowy oraz przedsiębiorca uprawniony do prowadzenia działalności gospodarczej w zakresie przewozu osób, który zawarł z organizatorem publicznego transportu zbiorowego umowę o świadczenie usług w zakresie publicznego transportu zbiorowego na linii komunikacyjnej określonej w umowie;
- **paliwa alternatywne** – paliwa lub energia wykorzystywane do napędu silników pojazdów samochodowych lub jednostek pływających stanowiące substytut dla paliw pochodzących z ropy naftowej lub otrzymywanych w procesach jej przetwórstwa, w szczególności energia elektryczna, wodór, biopaliwa ciekłe, paliwa syntetyczne i parafinowe, sprężony gaz ziemny

(CNG), w tym pochodzący z biometanu, skroplony gaz ziemny (LNG), w tym pochodzący z biometanu lub gaz płynny (LPG);

- **podmiot wewnętrzny** – odrębna prawnie jednostka, powołana do świadczenia zadań własnych jednostki samorządu lokalnego, podlegająca kontroli właściwego organu lokalnego, a w przypadku grupy organów przynajmniej jednego właściwego organu lokalnego, analogicznej do kontroli, jaką sprawują one nad własnymi służbami;
- **pojazd elektryczny** – pojazd samochodowy w rozumieniu art. 2 pkt 33 Prawa o ruchu drogowym, wykorzystujący do napędu wyłącznie energię elektryczną akumulowaną przez podłączenie do zewnętrznego źródła zasilania, w opracowaniu nazywany także autobusem elektrycznym;
- **pojazd hybrydowy** – pojazd samochodowy w rozumieniu art. 2 pkt 33 Prawa o ruchu drogowym, o napędzie spalinowo-elektrycznym, w którym energia elektryczna jest akumulowana przez podłączenie do zewnętrznego źródła zasilania;
- **pojazd napędzany gazem ziemnym** – pojazd samochodowy w rozumieniu art. 2 pkt 33 Prawa o ruchu drogowym, wykorzystujący do napędu sprężony gaz ziemny (CNG) lub skroplony gaz ziemny (LNG), w tym pochodzący z biometanu;
- **pojazd napędzany wodorem** – pojazd samochodowy w rozumieniu art. 2 pkt 33 Prawa o ruchu drogowym, wykorzystujący do napędu energię elektryczną wytworzoną z wodoru w zainstalowanych w nim ogniach paliwowych, w opracowaniu w odniesieniu do autobusu nazywany także autobusem elektrycznym z wodorowymi ogniakami paliwowymi lub autobusem elektrycznym zasilanym z ogniakami paliwowymi;
- **praktyczny przewodnik** – publikacja pt. „Zasady opracowywania wymaganej ustawą o elektromobilności i paliwach alternatywnych analizy kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej. Praktyczny przewodnik dla samorządów”, wydana przez Izbę Gospodarczą Komunikacji Miejskiej w Warszawie, czerwiec 2018 r.;
- **punkt ładowania** – urządzenie umożliwiające ładowanie pojedynczego pojazdu elektrycznego, pojazdu hybrydowego i autobusu zeroemisyjnego oraz miejsce, w którym wymienia się lub ładuje akumulator służący do napędu tego pojazdu; punkt ładowania może być małej mocy (do 22 kW) lub dużej mocy (większej niż 22 kW);
- **punkt tankowania CNG** – zespół urządzeń służących do zaopatrywania pojazdów samochodowych w sprężony gaz ziemny (CNG), w tym pochodzący z biometanu, w celu napędu silników tych pojazdów;
- **punkt tankowania wodoru** – zespół urządzeń służących do zaopatrywania pojazdów samochodowych w wodór;

- **publiczny transport zbiorowy** – powszechnie dostępny regularny przewóz osób wykonywany w określonych odstępach czasu i po określonej linii komunikacyjnej, liniach komunikacyjnych lub sieci komunikacyjnej;
- **Referat** – Referat Komunalny w Wydziale Mienia Komunalnego w Urzędzie Miasta Ełku, ul. Piłsudskiego 4, 19-300 Ełk, wykonujący zadania organizatora publicznego transportu zbiorowego na obszarze gminy Miasto Ełk i gmin, które podpisały z nią porozumienia międzygminne w sprawie wspólnej realizacji zadań w tym zakresie;
- **Rozporządzenie 1370/2007** – Rozporządzenie (WE) nr 1370/2007 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2007 r. dotyczące usług publicznych w zakresie kolejowego i drogowego transportu pasażerskiego oraz uchylające rozporządzenia Rady (EWG) nr 1191/69 i (EWG) nr 1107/70 (Dz. Urz. UE, l. 315/1 z dnia 3 grudnia 2007 r.), zmienione Sprostowaniem z dnia 3 grudnia 2007 r. (Dz. Urz. UE, l. 240/65 z dnia 16 września 2015 r.) oraz Rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/2338 z dnia 14 grudnia 2016 r. (Dz. Urz. UE, l. 354/22 z dnia 23 grudnia 2016 r.);
- **sieć komunikacyjna** – układ linii komunikacyjnych obejmujących obszar działania organizatora publicznego transportu zbiorowego lub część tego obszaru;
- **stacja ładowania** – urządzenie budowlane obejmujące punkt ładowania o normalnej mocy lub punkt ładowania o dużej mocy, związane z obiektem budowlanym, lub wyposażone w oprogramowanie umożliwiające świadczenie usług ładowania, wraz ze stanowiskiem postojowym oraz instalacją prowadzącą od punktu ładowania do przyłącza elektroenergetycznego;
- **umowa powierzenia** – umowa nr 3/K/2014 o świadczenie publicznych usług przewozowych w zakresie lokalnego transportu zbiorowego, zawarta w Ełku, w dniu 29 sierpnia 2014 r. pomiędzy Miastem jako organizatorem, a MZK sp. z o.o. jako operatorem;
- **ustawa o elektromobilności** – ustawa z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (t.j. Dz. U. z 2021 r. poz. 110);
- **ustawa o ptz** – ustawa z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym (t.j. Dz. U. z 2021 r. poz. 1371).

### 3. Podstawy opracowania analizy kosztów i korzyści

Jak już to zasygnalizowano we wstępie, ustawa o elektromobilności w art. 36 stanowi, że jednostka samorządu terytorialnego, której liczba mieszkańców przekracza 50 000 osób, świadczy usługę lub zleca świadczenie usługi komunikacji miejskiej, w rozumieniu ustawy o ptz podmiotowi, którego udział autobusów zeroemisyjnych we flocie użytkowanych pojazdów na obszarze tej jednostki wynosi co najmniej 30%. Przepis ten, na mocy art. 86 pkt 4 przywołanej ustawy, wchodzi w życie z dniem 1 stycznia 2028 r.

Z kolei art. 68 ust. 4 ustawy o elektromobilności nakłada na przekraczającą ten sam próg demograficzny jednostkę samorządu terytorialnego obowiązek zapewnienia w różnych latach określonych udziałów autobusów zeroemisyjnych we flocie pojazdów użytkowanych w komunikacji miejskiej.

Udziały te wynoszą odpowiednio:

- od dnia 1 stycznia 2021 r. – 5%;
- od dnia 1 stycznia 2023 r. – 10%;
- od dnia 1 stycznia 2025 r. – 20%.

Z art. 68 ustawy o elektromobilności wynika, że wymogi powyższe dotyczą całej floty obsługującej przewozy w komunikacji miejskiej (więcej niż jednego operatora i nie tylko obszaru danej gminy).

Docelowy, obowiązujący od 1 stycznia 2028 r., udział taboru zeroemisyjnego we flocie pojazdów użytkowanych w komunikacji miejskiej w jednostkach przekraczających 50 000 mieszkańców, określony został w art. 36 ust. 1 i wynosi minimum 30%, przy czym nie zostało to w ustawie o elektromobilności stwierdzone wprost, tylko wynika z przywołanego wyżej obowiązku świadczenia lub zlecenia świadczenia usługi komunikacji miejskiej wyłącznie podmiotowi, którego udział autobusów zeroemisyjnych we flocie użytkowanych pojazdów na obszarze danej jednostki wynosi co najmniej 30%.

Różnica w brzmieniu art. 36 i art. 68 wskazuje na to, że udziały, które są wymagane zapisami art. 68, mogą być kumulowane u jednego operatora, nie ma zatem obowiązku zawierania z każdym operatorem wykorzystującym autobusy (lub autobusy i trolejbusy) umów nakazujących określony udział taboru zeroemisyjnego we flocie. Aby spełnić limity określone w art. 68, do dnia 31 grudnia 2027 r. wystarczy więc, gdy tylko jeden, wybrany operator, będzie posiadać i eksploatować tabor zeroemisyjny w liczbie wymaganej dla danej daty dla całej floty. W przypadku ełckiej komunikacji miejskiej, w której jedynym operatorem jest MZK sp. z o.o., rozróżnienie podmiotowe wymogów w okresach przejściowych i docelowym, nie ma specjalnego znaczenia.

Przedstawione zobowiązania są bardzo rygorystyczne, zwłaszcza że autobusem zeroemisyjnym może być wyłącznie autobus o napędzie elektrycznym – bez jakiegokolwiek emisji gazów cieplarnianych albo z wytwarzaniem energii elektrycznej w ogniwach paliwowych – oraz trolejbus. Nie spełnia kryteriów zeroemisyjności autobus hybrydowy, jeżeli do jego napędu wykorzystywany jest w jakimkolwiek zakresie silnik emitujący gazy cieplarniane, np. silnik Diesla.

Miasto Ełk przekracza wynikający z przywołanych wcześniej przepisów próg 50 000 mieszkańców. Należy podkreślić, że określony w ustawie o elektromobilności próg dotyczy obszaru danej gminy świadczącej lub zlecającej świadczenie usług komunikacji miejskiej, a nie całego obszaru nią obsługiwanego lub każdej z pozostałych gmin – obsługiwanych na podstawie zawartych porozumień. Z drugiej strony, jeśli liczba mieszkańców miasta-organizatora przewozów przekracza 50 000, to obowiązek zapewnienia określonego udziału autobusów zeroemisyjnych dotyczyć będzie zamówień usług przewozowych w skali całego obsługiwanego obszaru, a nie tylko na potrzeby obsługi gminy, która przekroczyła próg.

Pomimo spełniania kryterium demograficznego, jednostka samorządu terytorialnego może uniknąć obowiązku uzyskania określonego udziału taboru zeroemisyjnego we flocie pojazdów własnych operatorów lub zlecenia świadczenia przewozów w komunikacji miejskiej podmiotowi zapewniającemu ten udział we flocie wykonującej przewozy w sytuacji, gdy sporządzona przez nią analiza kosztów i korzyści wykaże brak korzyści użytkowania autobusów zeroemisyjnych (art. 37 ust. 5 ustawy o elektromobilności).

Obowiązek sporządzania co 36 miesięcy takiej analizy, wynika z zapisów art. 37 ust. 1 ustawy o elektromobilności i dotyczy tych jednostek samorządu terytorialnego, które zobowiązane są do zapewnienia określonego udziału autobusów zeroemisyjnych we flocie użytkowanych pojazdów. Przepis ten wymaga wykonania analizy kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem, przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej, autobusów zeroemisyjnych oraz innych środków transportu, w których do napędu wykorzystywane są wyłącznie silniki, których cykl pracy nie powoduje emisji gazów cieplarnianych lub innych substancji objętych systemem zarządzania emisjami gazów cieplarnianych, o którym mowa w ustawie z dnia 17 lipca 2009 r. o systemie zarządzania emisjami gazów cieplarnianych i innych substancji.

Załącznik do wskazanej ustawy zawiera wykaz gazów cieplarnianych i innych substancji wprowadzanych do powietrza, objętych systemem zarządzania emisjami gazów cieplarnianych. W wykazie tym na pozycji nr 1 znajduje się dwutlenek węgla (ditlenek węgla – CO<sub>2</sub>), a na pozycjach: 64, 65 i 66 – odpowiednio: tlenek węgla oraz tlenki azotu i siarki. Zapis zawarty w ustawie o elektromobilności oznacza więc, że w analizie kosztów i korzyści uwzględnia się pojazdy, których silniki nie korzystają z procesu spalania paliw emitujących w nim m.in. takie



substancje. Opisane kryterium spełniają napędy zasilane energią elektryczną, w tym wytwarzaną w ogniwach paliwowych zasilanych czystym wodorem (H<sub>2</sub>) – nieemitujące dwutlenku węgla – ale nie spełniają już go silniki, w których paliwem jest gaz (LPG, CNG lub LNG).

Przepisy ustawy o elektromobilności wymagają, aby analiza kosztów i korzyści obejmowała w szczególności:

- a) analizę finansowo-ekonomiczną;
- b) oszacowanie efektów środowiskowych związanych z emisją szkodliwych substancji dla środowiska naturalnego i zdrowia ludzi;
- c) analizę społeczno-ekonomiczną, uwzględniającą wycenę kosztów związanych z emisją szkodliwych substancji.

Przepisy ustawy nie wymagają więc przeprowadzania analizy wrażliwości oraz analizy ryzyka, co można uznać za uzasadnione, gdyż głównym celem analizy kosztów i korzyści, wynikającym z zapisów ustawy o elektromobilności, jest ewentualne wykazanie braku korzyści wynikających z użytkowania autobusów zeroemisyjnych. Analiza wymagana przepisami ustawy o elektromobilności różni się wymaganym zakresem i metodologią sporządzania od analogicznych analiz wykonywanych na potrzeby dokumentacji aplikacyjnych o dofinansowanie inwestycji ze wsparciem ze środków zewnętrznych.

Analiza, niezwłocznie po jej sporządzeniu, jest przekazywana trzem ministrom – właściwym do spraw energii, do spraw gospodarki i do spraw klimatu.

Jednocześnie, wykonanie analizy kosztów i korzyści zgodnie z wymogami ustawy o elektromobilności, jest niezbędne do opracowania i przyjęcia zmian w planie zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego (planie transportowym), o którym mowa w rozdziale 2 ustawy o ptz.

Wymagana aktualizacja planu transportowego dotyczy:

- uwzględnienia wyników analizy (art. 12 ust. 2a);
- wyznaczenia linii komunikacyjnych, na których przewidywane jest wykorzystanie pojazdów elektrycznych lub pojazdów napędzanych gazem ziemnym, wraz z planowanym terminem rozpoczęcia ich użytkowania (art. 12 ust. 1 pkt 8);
- określenia geograficznego położenia stacji gazu ziemnego – wraz z miejscem jej przyłączenia do gazowej sieci dystrybucyjnej (art. 12 ust. 1a pkt. 1 i 3);
- określenia geograficznego położenia infrastruktury ładowania – wraz z miejscem jej przyłączenia do sieci elektroenergetycznej (art. 12 ust. 1a pkt. 2 i 3).

Przepisy art. 12 ust. 2b ustawy o ptz wprowadzają dodatkowy obowiązek skonsultowania projektu planu z operatorem systemu dystrybucyjnego elektroenergetycznego i operatorem

systemu dystrybucyjnego gazowego – jeżeli wyniki analizy wskazują na zasadność wykorzystania w publicznym transporcie zbiorowym odpowiednio autobusów zeroemisyjnych lub napędzanych gazem ziemnym.

Ustawa o elektromobilności nie określiła zasad sporządzania analizy i nie upoważniła także żadnego z ministrów do wydania rozporządzenia określającego sposób jej opracowywania. Do końca III kwartału 2021 r. żadne z ministerstw lub jednostek organizacyjnych ministerstw, nie wydało również dokumentu o charakterze podręcznika, wytycznych lub zasad do sporządzania takiej analizy. Poradnik taki – praktyczny przewodnik dla samorządów – wydała natomiast Izba Gospodarcza Komunikacji Miejskiej w Warszawie<sup>1</sup>. Niniejsza analiza jest zgodna z wymogami przedstawionymi w tym przewodniku.

Analiza kosztów i korzyści jest obligatoryjnym elementem dokumentacji aplikacyjnej dużych projektów, w tym transportowych, ubiegających się o dofinansowanie środkami Unii Europejskiej. Celem analizy wykonanej na użytek wniosku o dofinansowanie jest potwierdzenie, że pod względem kryteriów finansowo-ekonomicznych dany projekt kwalifikuje się do współfinansowania unijnego oraz wskazanie, w jakiej proporcji powinien on podlegać współfinansowaniu.

Ogólne zasady prowadzenia analizy kosztów i korzyści określono na poziomie rozporządzeń unijnych. W szczególności, w załączniku nr III do rozporządzenia wykonawczego Komisji (UE) 2015/207 z 20 stycznia 2015 r., określono metodykę przeprowadzania analizy kosztów i korzyści.

Zasady i metody przeprowadzania analizy kosztów i korzyści dla planowanych dużych projektów we wszystkich branżach zawiera „Przewodnik po analizie kosztów i korzyści...”, przywołany w rozdziale 2.1 niniejszego opracowania. Zasady przeprowadzania analizy kosztów i korzyści dla planowanych projektów inwestycyjnych w sektorze transportu publicznego w Polsce określa także „Niebieska Księga...”, opracowana przez Inicjatywę Jaspers i również wymieniona w rozdziale 2.1 opracowania.

Analiza kosztów i korzyści wykonywana na potrzeby wniosków o dofinansowanie z Unii Europejskiej składa się z kilku obowiązkowych elementów, takich jak:

- identyfikacja projektu i określenie jego celu;
- analiza popytu i wariantów;
- analiza finansowa;
- analiza społeczno-ekonomiczna;

---

<sup>1</sup> „Zasady opracowania wymaganej ustawą o elektromobilności i paliwach alternatywnych analizy korzyści i kosztów związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej. Praktyczny przewodnik dla samorządów”. IGKM Warszawa, 2018 r.

- analiza wrażliwości;
- ocena ryzyka.

Podstawą do opracowania analizy są dane dotyczące stanu obecnej komunikacji miejskiej, w tym dane kosztowe oraz identyfikacja wariantów proponowanych rozwiązań. W przypadku niniejszej analizy, jest to identyfikacja wariantów wymiany taboru wykorzystywanego w elektrycznej komunikacji miejskiej.

Identyfikacja wariantów polega na zdefiniowaniu co najmniej dwóch scenariuszy działań: realizacji zamierzeń inwestycyjnych zmierzających do spełnienia określonych w ustawie o elektromobilności wymogów udziału autobusów zeroemisyjnych we flocie pojazdów komunikacji miejskiej oraz rezygnacji ze spełnienia tych wymogów.

Brak spełnienia wymogów nie oznacza całkowitego zaniechania ponoszenia nakładów inwestycyjnych, lecz jedynie brak realizacji ocenianego wariantu – przy utrzymaniu ciągłości funkcjonowania komunikacji miejskiej w dotychczasowej formie i związanych z tym – w niezbędnym zakresie – inwestycji odtworzeniowych dotyczących taboru.

Następną częścią analizy – po identyfikacji wariantów – jest analiza finansowa, którą prowadzi się według ściśle określonych zasad – w przypadku inwestycyjnych projektów unijnych nieznacznie odbiegających od klasycznej analizy finansowej przedsięwzięć inwestycyjnych. Analiza finansowa służy sprawdzeniu efektywności finansowej projektu (wskaźniki  $FRR/c^2$ ,  $FNPV/c^3$ ) oraz – w przypadku projektów unijnych – także określeniu efektywności finansowej dla wkładów krajowych i wysokości luki w finansowaniu.

Kolejnym etapem jest analiza społeczno-ekonomiczna, zwana także ekonomiczną lub społeczno-gospodarczą. Najprostszym sposobem jej wykonania jest sporządzenie bilansu kosztów i korzyści w wersji opisowej, który ma wówczas charakter jakościowej analizy społeczno-ekonomicznej. W niniejszym opracowaniu analiza społeczno-ekonomiczna wykonana została przy wykorzystaniu metody, która polega na sporządzeniu bilansu kosztów i korzyści w wersji ilościowej, opartej na ujęciu zmonetyzowanych efektów społeczno-ekonomicznych w rachunku przepływów z analizy finansowej.

Efekty inwestycji dla lokalnej społeczności oraz w zakresie oddziaływania na środowisko, można również skwantyfikować, czyli wyrazić kwotowo – za pomocą policzalnych parametrów i ich monetyzacji, co oznacza przeliczenie efektów społecznych na pieniądze. Zmonetyzowane efekty społeczno-ekonomiczne ujmują się w rachunku przepływów z analizy finansowej i w efekcie powstaje ilościowa analiza kosztów i korzyści.

---

<sup>2</sup>  $FRR/c$  – finansowa wewnętrzna stopa zwrotu z inwestycji.

<sup>3</sup>  $FNPV/c$  – finansowa zaktualizowana wartość netto.

Metoda ilościowa pozwala na wyznaczenie wartości wskaźników ekonomicznej efektywności inwestycji, takich jak: ERR<sup>4</sup>, ENPV<sup>5</sup> i BCR<sup>6</sup>. Metoda ilościowa przeprowadzona na zasadzie różnicowej jest zalecana w Praktycznym przewodniku.

W projektach transportowych ubiegających się o dofinansowanie środkami Unii Europejskiej wykonuje się co do zasady analizę ilościową – jeśli wskaźniki ERR lub ENPV są wymagane. Zasada ta nie dotyczy projektów dotyczących bezpieczeństwa w transporcie, gdyż uznaje się, że nie istnieje rozsądna metodyka wyrażenia bezpieczeństwa i poczucia bezpieczeństwa w kategoriach pieniężnych.

W przypadku projektów z dofinansowaniem unijnym niezaliczanych do projektów dużych, tj. o całkowitym koszcie kwalifikowalnym przekraczającym 50 mln euro, „Wytyczne w zakresie zagadnień związanych z przygotowaniem projektów inwestycyjnych, w tym projektów generujących dochód i projektów hybrydowych na lata 2014-2020” zalecają w podrozdziale 9.2., aby analiza ekonomiczna dla projektów niezaliczanych do dużych została przeprowadzona w sposób uproszczony i opierała się na oszacowaniu ilościowych i jakościowych skutków realizacji projektu. Zaleca się, aby na etapie składania wniosku o dofinansowanie wymienić i opisać wszystkie istotne środowiskowe, gospodarcze i społeczne efekty projektu oraz – jeśli to możliwe – zaprezentować je w kategoriach ilościowych. Ponadto, wnioskodawca może odnieść się do analizy efektywności kosztowej – wykazując, że realizacja danego projektu inwestycyjnego stanowi dla społeczeństwa najtańszy wariant.

Koniecznym elementem analizy kosztów i korzyści jest ocena trwałości finansowej realizacji wariantów. Polega ona na ocenie zdolności organizatora i operatorów do realizacji przyjętych do analizy wariantów wymiany taboru oraz do zabezpieczenia przez organizatora i/lub operatora wystarczających środków finansowych na realizację planowanych zamierzeń inwestycyjnych. W niniejszym opracowaniu analizę trwałości przeprowadzono w sposób uproszczony.

Ostatnim elementem analizy kosztów i korzyści jest analiza wrażliwości i ryzyka. Pierwsza z nich ma na celu zbadanie skutków finansowych dla projektu w przypadku braku spełnienia przyjętych założeń. Polega ona na określeniu wpływu zmiany pojedynczych zmiennych krytycznych o wartość określoną procentowo, na wartość finansowych i ekonomicznych wskaźników efektywności projektu wraz z obliczeniem wartości progowych zmiennych – w celu określenia, jaka zmiana procentowa zmiennych krytycznych zrównałaby NPV (ekonomiczną lub finansową) z zerem.

---

<sup>4</sup> ERR – ekonomiczna wewnętrzna stopa zwrotu.

<sup>5</sup> ENPV – ekonomiczna wartość bieżąca projektu.

<sup>6</sup> BCR – stosunek sumy zdyskontowanych korzyści projektu do zdyskontowanych kosztów.

Analiza ryzyka ma zaś na celu jego identyfikację, czyli określenie możliwych ryzyk realizacji projektu, ich analizę jakościową oraz przedstawienie możliwych działań zaradczych, jeśli poziom ryzyka nie jest akceptowalny.

Praktyczny przewodnik wymaga ponadto określenia wysokości ewentualnej luki finansowej, wyliczonej według zasad stosowanych dla projektów unijnych. Lukę finansową wylicza się w celu określenia niezbędnego poziomu wsparcia zewnętrznymi instrumentami finansowymi, w tym środkami pomocowymi, niezbędnego dla osiągnięcia celów wyznaczonych w ustawie o elektromobilności.

## 4. Charakterystyka Ełku i ełckiej komunikacji miejskiej

Miasto Ełk położone jest w północnej Polsce we wschodniej części województwa warmińsko-mazurskiego, na Pojezierzu Ełckim, będącym częścią Pojezierza Mazurskiego. Miasto leży nad jeziorami Ełckim i Sunowo oraz rzeką Ełk, będącą dopływem Biebrzy. Ponadto, w obrębie miasta znajdują się dwa kolejne niewielkie jeziora: Selmęt Mały i Szyba.

Miasto jest ośrodkiem subregionalnym, trzecim co do wielkości miastem województwa. Ełk jest jednocześnie siedzibą gminy miejskiej, powiatu ełckiego i otaczającej go gminy wiejskiej.

Miasto charakteryzuje się zwartym układem przestrzennym, z historycznym centrum położonym nad rzeką Ełk i jeziorem Ełckim. Centralną część Ełku stanowi os. Centrum, w części o charakterze zabytkowym, z koncentracją usług publicznych. Po wschodniej stronie os. Centrum przebiega w dużej mierze południkowo linia kolejowa nr 38, tworząc duży węzeł kolejowy towarowo-osobowy z liniami nr 41, 219 i 223. W węźle tym rozpoczyna swój bieg linia Ełckiej Kolei Wąskotorowej do Turowa, na której odbywają się przejazdy do Sypitek, o charakterze turystycznym.

Rejony na północ od centrum to dzielnice mieszkaniowe wielorodzinne. Obszar na wschód od dworca kolejowego to tereny przemysłowo-składowe i handlowe, z dużym zakładem przetwórstwa mięsnego grupy Animex oraz zabudowa jednorodzinna. W rejonie tym funkcjonuje Podstrefa Ełk Suwalskiej Specjalnej Strefy Ekonomicznej. Obszary przemysłowe przedzielone są rejonem zabudowy jednorodzinnej i rzeką Ełk. W południowej części miasta przeważa zabudowa mieszkaniowa, wielo- i jednorodzinna, zlokalizowany jest tu także szpital miejski. W tej części miasta urządzone są także dwa przystanki kolejowe – Ełk Szyba Wschód oraz Ełk Szyba Zachód – obsługiwane regionalnymi połączeniami kolejowymi.

Nieckę w zachodniej części miasta wypełnia jezioro Ełckie. Na jego zachodnim brzegu znajduje się niewielki fragment miasta – os. Grunwaldzkie, wcinające się w obszar gminy Ełk.

Z terenów nieurbanizowanych w Ełku wymienić można: dolinę rzeki Ełk, obszar zlokalizowany na północ od linii kolejowej nr 38 oraz obrzeża jezior.

Ełk położony jest na przecięciu dwóch dróg krajowych: nr 16 – poprowadzonej wzdłuż północnej granicy miasta oraz nr 65 – wytrasowanej wzdłuż wschodniej i odcinkowo południowej granicy miasta. Pomiędzy węzłem drogowym „Ełk-Zachód” a ul. Suwalską, obie drogi poprowadzono wspólnie – wzdłuż północno-wschodniej granicy miasta. Na terenach gminy wiejskiej Ełk, wzdłuż południowo-wschodniej granicy miasta, realizowana jest ponadto budowa drogi ekspresowej S61 wraz z węzłem drogowym „Ełk-Wschód”, od którego odchodzić będzie łącznik do drogi krajowej nr 16 i do węzła „Ełk-Północ”.



W mieście zaczyna swój bieg droga wojewódzka – nr 656, prowadząca od skrzyżowania z drogą krajową nr 16 w północno-zachodniej części miasta do miejscowości Staświny w gminie Miłki, gdzie łączy się z drogą krajową nr 63.

Ulice tranzytowe pełnią także ważną rolę w ruchu miejskim i podmiejskim – jako połączenia obwodnicowe.

Według Banku Danych Lokalnych GUS, w dniu 31 grudnia 2020 r. liczba ludności miasta Ełku wynosiła 61 903 osoby, co oznacza przekroczenie proggu 50 000 mieszkańców, obligującego do sporządzenia analizy kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych w komunikacji miejskiej.

W ostatniej dekadzie liczba ludności miasta w niewielkim stopniu wzrosła (wg GUS o 4,4% w latach 2011-2020), co jest ewenementem wśród średnich miast w skali kraju. Liczbę mieszkańców, powierzchnię i gęstość zaludnienia Ełku w latach 2011-2020 – według Banku Danych Lokalnych GUS – zaprezentowano w tabeli 1.

**Tab. 1. Liczba ludności, powierzchnia i gęstość zaludnienia miasta Ełk w latach 2011-2020**

Wyszczególnienie	Jedn.	Rok									
		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Liczba mieszkańców	[osób]	59 274	59 646	59 790	60 103	60 462	61 074	61 523	61 928	62 109	61 903
Powierzchnia ogółem	[ha]	2 105	2 105	2 105	2 105	2 105	2 105	2 105	2 105	2 105	2 105
Gęstość zaludnienia	[osób/km <sup>2</sup> ]	2 816	2 834	2 840	2 855	2 872	2 901	2 923	2 942	2 951	2 941

Źródło: Bank Danych Lokalnych GUS.

Według stanu na dzień 31 grudnia 2020 r., miasto Ełk zajmowało 66. miejsce w kraju pod względem liczby ludności oraz dopiero 268. miejsce wśród miast pod względem zajmowanej powierzchni. Z racji zdecydowanie mniejszej powierzchni niż charakteryzująca większość miast o podobnej liczbie ludności, gęstość zaludnienia Ełku jest bardzo wysoka – niemal trzykrotnie większa od średniej krajowej dla miast.

Organizatorem komunikacji miejskiej w Ełku jest Prezydent Miasta Ełku. Zadania organizatora wypełnia Urząd Miasta Ełku, ul. Marszałka Józefa Piłsudskiego 4, 19-300 Ełk. Komórką organizacyjną w Urzędzie Miasta Ełku zajmującą się publicznym transportem zbiorowym jest Referat Komunalny w Wydziale Mienia Komunalnego.

Przedmiotem działania Referatu Komunalnego jest m.in. zarządzanie transportem zbiorowym, w tym w szczególności:

- powierzenie świadczenia usług w zakresie publicznego transportu zbiorowego na terenie Gminy Miasta Ełku oraz gmin objętych porozumieniem międzygminnym;
- planowanie, organizowanie i zarządzanie publicznym transportem zbiorowym;
- wydawanie uzgodnień zasad korzystania z przystanków, których właścicielem lub zarządzającym jest Gmina Miasto Ełk;
- przygotowywanie dokumentów przetargowych oraz zapytań cenowych z zakresu działań Referatu, zawieranie umów z dostawcami wyłonionymi w drodze przetargu i zapytań cenowych;
- przygotowywanie projektów uchwał, zarządzeń i innych aktów prawnych.

Linie komunikacji miejskiej obsługują, poza miastem Ełk – na podstawie zawartego porozumienia międzygminnego – także sąsiadującą z Miastem gminę wiejską Ełk (do 31 lipca 2021 r. obsługiwana była także na podstawie analogicznego porozumienia gmina Stare Juchy).

Na koniec 2020 r. w zasięgu funkcjonowania ełckiej komunikacji miejskiej, według Banku Danych Lokalnych GUS, zamieszkiwało łącznie 73,8 tys. osób.

Wg stanu na dzień 20 września 2021 r., Miasto wykorzystywało do realizacji usług przewozowych jednego operatora – MZK sp. z o.o. – będącego podmiotem wewnętrznym i realizującego przewozy na podstawie zawartej w dniu 2 grudnia 2019 r. umowy powierzenia świadczenia usług w zakresie publicznego transportu zbiorowego na terenie Gminy Miasta Ełk oraz gmin objętych porozumieniem międzygminnym. Okres świadczenia usług określono w umowie do dnia 31 grudnia 2029 r., zatem umowa została zawarta na 10 lat.

Miejski Zakład Komunikacji sp. z o.o. w Ełku jest spółką samorządową, w której 15 598 udziałów (84%) należy do Gminy Miasto Ełk, a 2 983 udziały (16%) do Gminy Ełk (wiejskiej).

Zgodnie z załącznikiem nr 1 do aneksu nr 8 do przywołanej umowy, z dnia 29 lipca 2021 r., w kolejnych latach na terenie miasta Ełku planowane jest wykonywanie po 1 116 tys. km, zaś na terenie Gminy Ełk po 411,3 tys. km, ale tylko w latach 2021 i 2022.

Wg stanu na dzień 20 września 2021 r., w ramach ełckiej komunikacji miejskiej funkcjonowało 16 linii autobusowych, organizowanych przez Miasto i obsługiwanych przez MZK sp. z o.o. Wszystkie te linie miały charakter połączeń całorocznych.

Trasy wszystkich linii obejmowały swoim zasięgiem Miasto Ełk, a tylko czterech linii – 7, 11, 13 i 16 – nie obejmowały także miejscowości zlokalizowanych w gminie Ełk.

Linie ełckiej komunikacji miejskiej można podzielić według kryterium zakresu funkcjonowania na trzy kategorie, obejmujące odpowiednio:

- trzynastcie linii całotygodniowych – 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 16, 17 i 18;

- jedną linię funkcjonującą od poniedziałku do soboty – 13;
- dwie linie funkcjonujące tylko w dni powszednie od poniedziałku do piątku – 10 i 14.

Pod względem częstotliwości kursów w ełckiej komunikacji miejskiej można wyróżnić następujące kategorie połączeń:

- linie podstawowe (II kategorii) – z kursami z przybliżoną częstotliwością co 30 minut w okresie największej podaży dnia powszedniego i co ok. 60 minut w pozostałych porach dnia – dwie linie: 8 i 12;
- linie uzupełniające (III kategorii) – z liczbą ponad 10 par kursów wykonywanych w dniu roboczym nauki szkolnej – siedem linii: 2, 3, 4, 5, 6, 7 i 14;
- linie zindywidualizowane, dedykowane – grupa reprezentowana przez linie, na których wykonywanych jest mniej niż 10 par kursów, dopasowanych do indywidualnych potrzeb obsługiwanych nimi grup pasażerów – siedem linii: 1, 10, 11, 13, 16, 17 i 18.

W miarę stałe takty częstotliwości kursów, lecz z istotnymi pojedynczymi odchyleniami, posiadają linie podstawowe, linie uzupełniające 4 i 7 oraz linia 16, zakwalifikowana do grupy ze zindywidualizowanymi częstotliwościami. W segmencie pozostałych połączeń ełckiej komunikacji miejskiej wyróżnić można linie: 10, 13 i 14 mające charakter połączeń szczytowych, z kolei na linii 11 wykonywane są jedynie dwie pary kursów w ciągu dnia (nocny nad ranem i późnowieczorny).

Liniami o największej liczbie wykonywanych kursów w dniu powszednim są linie podstawowe 8 i 12 oraz linia uzupełniająca 14.

Pod względem obsługiwanego obszaru linie ełckiej komunikacji miejskiej można podzielić na następujące kategorie:

- linie wyłącznie miejskie – cztery linie: 7, 11, 13 i 16;
- linie obsługujące miasto Ełk, ale z nielicznymi kursami docierającymi do okolicznych miejscowości podmiejskich – cztery linie: 6, 8, 12 i 14;
- linie podmiejskie, przeznaczone przede wszystkim do obsługi miejscowości położonych w gminie Ełk – osiem linii: 1, 2, 3, 4, 5, 10, 17 i 18.

Obsługiwane ełcką komunikacją miejską miejscowości: Barany, Bajtkowo, Bartosze, Białojany, Buniaki, Chełchy, Chojniak, Chrzanowo, Chruściele, Guzki, Judziki, Kałużyny, Krokocie, Malinówka Wielka, Mąki, Miluki, Mołdzie, Mostoły, Mrozy Wielkie, Nowa Wieś Ełcka, Oracze, Piaski, Pistki, Płociczno, Regiel, Rostki Bajkowskie, Różyńsk, Ruska Wieś, Rymki, Sajzy, Sędko, Siedliska, Straduny, Suczki, Szarejki, Szeligi, Talusy, Woszczele położone są w gminie Ełk. Sieć połączeń komunikacji miejskiej pokryty jest więc znaczny obszar tej gminy.

Układ tras linii ełckiej komunikacji miejskiej został zaprojektowany w taki sposób, iż część z nich korzysta wspólnie z następujących pętli autobusowych:

- Zakłady Mięsne – położonej we wschodniej części miasta, obsługującej dziesięć linii: 1, 2, 3, 4, 5, 11, 12, 13, 14 i 18;
- Konieczki – znajdującej się w północnej części miasta, z ośmioma liniami: 5, 7, 8, 10, 11, 13, 14 i 16;
- dwóch położonych w bliskiej odległości od siebie:
  - Jeziorna – z której korzysta osiem linii: 4, 6, 7, 8, 11, 12, 14 i 16;
  - Szpital (stanowiska przy wejściu głównym oraz izbie przyjęć) – z pięcioma liniami: 6, 7, 8, 12 i 14;
- Siedliska (Osiedle Bajkowe) – składającej się z zespołu przystanków końcowo-początkowych Siedliska 219 i 220, zlokalizowanych bezpośrednio przy granicy z miastem, z którego korzystają linie: 3, 6, 14 i 16.

Wspólne dla wielu linii pętle to okoliczność umożliwiająca nie tylko stosowanie nowoczesnych technik zarządzania ofertą przewozową – zmian w przypisaniu pojazdów do linii w ciągu dnia, przeprowadzanych w celu zoptymalizowania liczby użytkowanych w ruchu autobusów, ale też mocno ułatwiająca wprowadzenie do eksploatacji taboru zeroemisyjnego i zwiększenie jego zaangażowania w obsłudze komunikacyjnej.

W grupie linii podstawowych, charakteryzujących się największą liczbą wykonywanych kursów, główne warianty trasy linii 8 łączą pętlę Konieczki oraz naprzemiennie krańce Jeziorna i Szpital, natomiast wybrane kursy tej linii są przedłużone do pętli w podełckiej miejscowości Barany. Z kolei trasa linii 12 łączy Zakłady Mięsne ze Szpitalem lub pętlą Jeziorna, na której zakończone zostały kursy w skróconym wariantcie trasy.

Zakupione w 2019 r. i w 2020 r. autobusy hybrydowe marki Volvo są przeznaczone tylko i wyłącznie do świadczenia usług przewozowych na liniach komunikacyjnych objętych umową na powierzenie świadczenia usług w zakresie publicznego transportu zbiorowego na terenie Gminy Miasta Ełku oraz gmin objętych porozumieniem międzygminnym z dnia 2 grudnia 2019 r.

W tabeli 2 przedstawiono następujące dane charakteryzujące ełcką komunikację miejską (wykonanie w latach 2018-2020 i przewidywane wykonanie w 2021 r.):

- liczbę wozokilometrów – w podziale na tabor hybrydowy i klasyczny zasilany olejem napędowym;
- średnią liczbę autobusów w inwentarzu i w ruchu – z wyodrębnieniem pojazdów hybrydowych i klasycznych na olej napędowy;
- szacunkową liczbę pasażerów;
- przychody z biletów.

**Tab. 2. Podstawowe parametry charakteryzujące ełcką komunikację miejską w latach 2018-2020 oraz plan na 2021 r.**

Wyszczególnienie	Jedn.	Rok			
		2018	2019	2020	2021*
Liczba wozokilometrów	tys. km	1 492,6	1 550,0	1 544,8	1 499,9
– w tym pojazdy hybrydowe		0,0	7,6	169,7	260,7
– w tym pojazdy pozostałe		1 492,6	1 542,4	1 375,1	1 239,2
Średnia liczba pojazdów we flocie MZK sp. z o.o.	szt.	33	33	36	34
– w tym pojazdy hybrydowe		0	0	6	8
– w tym pojazdy pozostałe		33	33	30	26
Średnia liczba pojazdów w ruchu w szczycie przewozowym	szt.	27	29	29	27
– w tym pojazdy hybrydowe		0	0	6	8
– w tym pojazdy pozostałe		27	29	23	19
Udział w pracy eksploatacyjnej:	%				
– autobusy hybrydowe		0,0	0,5	11,0	17,9
– autobusy pozostałe		100,0	99,5	89,0	82,1
Liczba pasażerów	tys. osób	3 262,4	3 155,4	2 434,0	2 152,2
Przychody z biletów netto	tys. zł	3 599,1	3 441,7	2 231,8	2 547,8

\* – przewidywane wykonanie na koniec roku.

Źródło: dane Urzędu Miasta Ełku.

Jak wynika z tabeli 2, w latach 2018-2020 wielkość oferty przewozowej, wyrażona liczbą wozokilometrów i pojazdów w ruchu, ulegała tylko niewielkim wahaniom – można uznać, że była ona ustabilizowana. Względnie stała liczba wozokilometrów była rezultatem niewprowadzania w analizowanym okresie istotnych zmian w zakresie obsługi Miasta i obszarów gmin ościennych ełcką komunikacją miejską.

W 2020 r. względem 2019 r. nastąpił nagły spadek liczby pasażerów oraz przychodów ze sprzedaży biletów, wynikający z wprowadzonych ograniczeń w mobilności mieszkańców oraz zdalnego nauczania w szkołach. Stan ten z okresowymi zmianami utrzymywał się do końca I połowy 2021 r., w związku z powyższym należy spodziewać się niskich przychodów ze sprzedaży biletów w całym 2021 r. Niewielki wpływ na osiągnięte przychody ze sprzedaży biletów oraz liczbę przewiezionych pasażerów w 2021 r. będzie miała również rezygnacja gminy Stare Juchy z obsługi ełcką komunikacją miejską miejscowości położonych w jej granicach.

Miasto zamierza w kolejnych latach prowadzić politykę kontrolowanych korekt wielkości pracy eksploatacyjnej, bez wprowadzania istotnych zmian. W najbliższej przyszłości planowane jest systematyczne dostosowywanie siatki połączeń i intensywności jej obsługi do bieżących i dających się przewidzieć potrzeb mieszkańców miasta Ełku oraz okolicznych miejscowości.



## 5. Tabor ełckiej komunikacji miejskiej

### 5.1. Aktualny stan taboru

Linie komunikacji miejskiej organizowanej przez Miasto Ełk obsługiwane są wyłącznie autobusami niskopodłogowymi, wyposażonymi w rampę i miejsce na wózek. Całą flotą pojazdów dysponuje podmiot wewnętrzny – Miejski Zakład Komunikacji sp. z o.o., z siedzibą przy ul. Łukasiewicza 8, 19-300 Ełk.

Według stanu na dzień 11 sierpnia 2021 r., park taborowy Spółki składał się z 34 autobusów, wykorzystywanych do świadczenia przewozów na sieci komunikacji miejskiej organizowanej przez Miasto. Wszystkie pojazdy wyposażone zostały w silniki spalinowe zasilane olejem napędowym, w tym 6 autobusów (17,7%) stanowiły pojazdy hybrydowe. Pojazdy MZK sp. z o.o. charakteryzowały się zróżnicowaną długością i pojemnością pasażerską. W strukturze taboru komunikacji miejskiej dominowały autobusy standardowe (klasy maxi), które stanowiły 82,4% stanu taboru MZK sp. z o.o. (28 szt.). Autobusy klasy pojemnościowej midi stanowiły 11,8% (4 szt.) parku taborowego Spółki, a pojazdy klasy mini – 5,9% (2 szt.). Minibusy użytkowane były na linii, na trasie której występowały ograniczenia tonażowe dla pojazdów.

W tabeli 3 przedstawiono strukturę użytkowanego przez MZK sp. z o.o. taboru wykorzystywanego do realizacji przewozów w komunikacji miejskiej – stan na dzień 20 sierpnia 2021 r. Zaprezentowane dane podzielono wg podstawowych kryteriów charakteryzujących autobusy Spółki – długość pojazdu, wiek, liczba miejsc, rodzaj paliwa i spełnianie określonej normy czystości spalin.

Użytkowane przez MZK sp. z o.o. autobusy posiadają zróżnicowaną pojemność pasażerską. Mogą zabierać od 42 do 113 osób, w tym od 21 do 38 pasażerów na miejscach siedzących. Docelowo planuje się utrzymanie obecnej struktury pojemnościowej taboru. Wszystkie eksploatowane pojazdy wyposażone są w system GPS oraz w elektroniczne wyświetlacze zewnętrzne i wewnętrzne, ale tylko 44% stanu floty to autobusy klimatyzowane.

Wg stanu na dzień 20 sierpnia 2021 r. średni wiek taboru komunikacji miejskiej MZK sp. z o.o. – pomimo dokonanej w latach 2019-2020 wymiany najbardziej wyeksploatowanych pojazdów na autobusy hybrydowe fabrycznie nowe – był wysoki, gdyż wynosił 11,2 lat. W wieku 15 lat i więcej było 10 autobusów, a w wieku przynajmniej 10 lat – aż 22 szt., co stanowiło ponad połowę stanu floty – 64,7% jednostek taboru Spółki użytkowanego w komunikacji miejskiej.

**Tab. 3. Struktura taboru użytkowanego przez MZK sp. z o.o.**  
– stan na 20 sierpnia 2021 r.

Lp.	Typ taboru	Liczba sztuk	Długość [m]	Rok produkcji	Wiek [lat]	Miejsc siedzących /ogółem	Rodzaj paliwa	Norma czystości spalin
1	Mercedes-Benz O530	1	12	2003	18	29/100	ON	EURO III
2	Mercedes-Benz O530	8	12	2004	17	26-33/91-97	ON	EURO III
3	Mercedes-Benz O530	1	12	2006	15	33/92	ON	EURO III
4	Jelcz M121I4	1	12	2007	14	29/106	ON	EURO IV
5	Mercedes-Benz O530 II	3	12	2007	14	23-27/80-95	ON	EURO IV
6	Irisbus Crossway 12 LE	1	12	2008	13	29/113	ON	EURO IV
7	Mercedes-Benz O530 II	2	12	2008	13	23-38/88-97	ON	EURO IV
8	Mercedes-Benz O530 II	1	12	2010	11	34/98	ON	EURO IV
9	Mercedes-Benz O530K II	2	10	2010	11	26-38/79-100	ON	EURO IV
10	Iveco Daily 65C17	1	8	2010	11	36/49	ON	EURO V
11	Iveco Daily 65C17 (Kutsenits City)	1	8	2011	10	21/42	ON	EURO V
12	Mercedes-Benz O530 II	4	12	2012	9	27-28/87-100	ON	EURO V
13	Mercedes-Benz O530K II	2	10	2012	9	30-32/81-92	ON	EURO V
14	Volvo 7900 Hybrid	3	12	2019	2	31/96	ON	EURO VI
15	Volvo 7900 Hybrid	3	12	2020	1	31/98	ON	EURO VI
<b>16</b>	<b>Ogółem tabor</b>	<b>34</b>	<b>8-12</b>	<b>2003-2020</b>	<b>1-18</b>	<b>21-38/42-113</b>	<b>ON</b>	<b>EURO III-VI</b>

Źródło: dane MZK sp. z o.o.

Strukturę taboru elektrycznej komunikacji miejskiej w podziale na normy emisji spalin, wg stanu na dzień 20 sierpnia 2021 r., przedstawiono w tabeli 4.

W ostatnich latach średnia liczba pojazdów w ruchu w szczycie przewozowym wahała w granicach 27-29 szt. Z uwagi na znaczny średni wiek taboru, utrzymywana była dość duża rezerwa – na poziomie 25% liczby pojazdów w ruchu. W okresie analizy przyjęto utrzymanie ilostanu floty oraz liczby pojazdów w ruchu.

Przy realizacji zakupu taboru elektrycznego przyjęto zasadę zastępowania do 2025 r. jednego pojazdu spalinowego w ruchu jednym autobusem zeroemisyjnym – z uwagi na wystarczającą rezerwę pojazdów, niewymagającą planowania dodatkowych zakupów autobusów. Niewielkie zwiększenie stanu floty – o jeden pojazd od 2028 r. – przyjęto w wariantcie zakładającym zakup autobusów elektrycznych z doładowaniem na pętlach.

**Tab. 4. Struktura taboru ełckiej komunikacji miejskiej w podziale na normy emisji spalin – stan na 20 września 2021 r.**

Wyszczególnienie	Jedn.	Norma czystości spalin EURO					Razem
		III	IV	V	VI	VI hybrydowe	
Liczba pojazdów	szt.	10	10	8	0	6	34
Struktura	%	29,4	29,4	23,5	0,0	17,7	100,0

Źródło: dane MZK sp. z o.o.

## 5.2. Planowane zamierzenia inwestycyjne

Polityka odtwarzania taboru MZK sp. z o.o. – wykorzystywanego do przewozów w komunikacji miejskiej – realizowana była od wielu lat przez Spółkę.

W horyzoncie finansowania 2014-2020 Miasto zrealizowało projekt inwestycyjny pn. „Rozwój zrównoważonego transportu publicznego w Mieście Ełk” – w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Warmińsko-Mazurskiego, ze wsparciem finansowym środkami Unii Europejskiej. W wykonaniu tego projektu Miasto nabyło 6 fabrycznie nowych autobusów klasy maxi Volvo 7900 Hybrid z napędem hybrydowym, zasilanych olejem napędowym. Ponadto, zamontowano na 19 wybranych przystankach 24 szt. tablic dynamicznej informacji pasażerskiej oraz przyciski SOS z kamerą na 5 przystankach. Zakupiono i zamontowano także system sygnalizacji wzbudzonej dla nadania priorytetu pojazdom komunikacji miejskiej na 3 skrzyżowaniach w ciągu ul. Wojska Polskiego, w ramach systemu ITS.

Zakupione pojazdy zostały wydierżawione MZK sp. z o.o. z przeznaczeniem tylko i wyłącznie do świadczenia usług przewozowych na liniach komunikacyjnych objętych umową na powierzenie świadczenia usług w zakresie publicznego transportu zbiorowego na terenie Gminy Miasta Ełku oraz gmin objętych porozumieniem międzygminnym z dnia 2 grudnia 2019 r.

Miasto Ełk zrealizowało także dwa projekty infrastrukturalne pn. „Przebudowa linii komunikacji miejskiej nr 3 i 5 w celu poprawy transportu publicznego w mieście Ełku” – Etap I oraz Etap II. W ramach tych przedsięwzięć na trasach linii 3 i 5 przebudowano pętlę przy ul. Suwalskiej, zmodernizowano skrzyżowanie ul. Wojska Polskiego z ul. Zamkową i przebudowano przystanki – tworząc zatoki oraz zamontowano nowe wiaty, w tym wyposażone w kamery monitoringu i przyciski SOS, zmodernizowano także oświetlenie dróg oraz wybudowano drogi rowerowe.

Miasto realizuje jednocześnie, w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Warmińsko-Mazurskiego na lata 2014-2020, projekt inwestycyjny pn. „Rozwój zrównoważonego transportu publicznego w Mieście Ełk – etap III”, w wyniku którego zakupione zostaną dodatkowe 2 autobusy hybrydowe Volvo 7900 Hybrid. Nabyte w ramach projektu pojazdy zostaną wydzierżawione MZK sp. z o.o. z przeznaczeniem tylko i wyłącznie do świadczenia usług przewozowych na liniach komunikacyjnych objętych umową na powierzenie świadczenia usług w zakresie publicznego transportu zbiorowego na terenie Gminy Miasta Ełku oraz gmin objętych porozumieniem międzygminnym z dnia 2 grudnia 2019 r.

Projekt ten obejmuje ponadto montaż na 6 przystankach tablic dynamicznej informacji pasażerskiej oraz przycisków SOS z kamerą, a także wykonanie i montaż sygnalizacji wzbudzanej w celu nadania priorytetu pojazdom komunikacji miejskiej na 4 dodatkowych skrzyżowaniach w Ełku.

Zakłada się, że Spółka przy wsparciu finansowym Miasta, co najmniej poprzez regularne przekazywanie rekompensaty, będzie dokonywała kolejnych zakupów taboru oraz infrastruktury do jego tankowania lub ładowania. W przypadku zakupu urządzeń przez Miasto, nastąpi ich udostępnienie MZK sp. z o.o. w drodze odpłatnej dzierżawy.

MZK sp. z o.o. i Miasto Ełk rozważają również udział w przyszłych naborach konkursowych na dofinansowanie ze środków krajowych i unijnych zakupu autobusów zeroemisyjnych wraz z infrastrukturą zasilającą, w tym w ramach nowego horyzontu finansowania 2021-2027.

MZK sp. z o.o., w ramach posiadanych możliwości finansowych, niezależnie od wybranego wariantu odtwarzania floty, dokonywać będzie sukcesywnej odnowy posiadanego taboru zasilanego olejem napędowym – wycofując systematycznie pojazdy najbardziej wyeksploatowane.

Niezależnie od powyższego Miasto uznało, że w przypadku wskazania przez niniejszą analizę konieczności spełnienia wymogów ustawy o elektromobilności, MZK sp. z o.o. albo Miasto zakupi dla potrzeb obsługi sieci komunikacji miejskiej wyprzedzająco odpowiednią liczbę autobusów zeroemisyjnych wyposażonych w baterie trakcyjne z dodatkowym ładowaniem pantografowym albo alternatywnie – z ładowaniem na terenie zajezdni, jeśli będzie to możliwe do realizacji w krótkim czasie wymaganym na ich uruchomienie.

Nabywane pojazdy będą wyposażone całkowicie w niską podłogę, przyklęk i miejsce na wózek, systemy antypoślizgowe, klimatyzację całopojazdową, monitoring, system GPS, system informacji pasażerskiej z zapowiedziami głosowymi oraz poboru opłat i dystrybucji biletów. Autobusy będą wymalowane w jednolite barwy miejskie.

## 6. Identyfikacja wariantów

### 6.1. Problematyka rodzaju taboru w opracowaniach strategicznych Ełku

Przedmiotem niniejszej analizy jest identyfikacja kosztów i korzyści powstałych w wyniku zapewnienia przez Miasto Ełk świadczenia usług w ramach komunikacji miejskiej autobusami zeroemisyjnymi – zgodnie z wymogami art. 36 oraz art. 68 ust. 4 ustawy o elektromobilności. Zdefiniowanie wariantów możliwych inwestycji taborowych wymaga analizy – pod kątem zakładanych w tym zakresie inwestycji – opracowań strategicznych Ełku i szerzej – jego obszaru funkcjonalnego.

Strukturę taboru ełckiej komunikacji miejskiej w podziale na normy emisji spalin wg stanu na dzień 30 czerwca 2021 r. przedstawiono w tabeli 4 w rozdziale 5.

Problematyka odnowy taboru ełckiej komunikacji miejskiej zawarta została w różnych dokumentach strategicznych miasta i Miejskiego Obszaru Funkcjonalnego Ełku.

Dotychczas obowiązująca „Strategia Rozwoju Ośrodka Subregionalnego Ełk do roku 2025”<sup>7</sup> – aktualizacja z maja 2020 r., została opracowana w celu umożliwienia realizacji ponadlokalnych, wspólnych działań, wychodzących poza granice jednej gminy i obejmowała Miasto Ełk oraz gminę Ełk.

Strategia jako obszary wsparcia wymienia m.in. poprawę infrastruktury transportowej oraz wzmocnienie pozycji Ełku w regionie jako obszaru cechującego się wysoką konkurencyjnością i potencjałem rozwojowym na tle województwa. Jako cel główny dokument określa wzrost funkcji subregionalnej Ełku i jego obszaru funkcjonalnego.

W dokumencie zdefiniowano pięć celów strategicznych i priorytetów, w tym cel strategiczny „Poprawa spójności społecznej i terytorialnej MOF Ełk” i powiązany z nim priorytet nr III – „Zrównoważony transport”.

W ramach tego celu i priorytetu wyznaczono dwa działania:

- nr 3.1 – Modernizacja i rozbudowa transportu publicznego;
- nr 3.2 – Sprawna i szybka sieć transportowa w ełckim MOF, a w nim poddziałania:
  - nr 3.2.1 – Budowa i rozbudowa połączeń drogowych w obszarze funkcjonalnym Ełku (ZIT);
  - nr 3.2.2 Poprawa systemu kolejowego.

---

<sup>7</sup> [https://bip.elk.warmia.mazury.pl/10040/Strategia\\_Rozwoju\\_Osrodka\\_Subregionalnego\\_Elk/](https://bip.elk.warmia.mazury.pl/10040/Strategia_Rozwoju_Osrodka_Subregionalnego_Elk/), dostęp: 20.09.2021 r.

W Strategii podkreśla się potrzebę usprawnienia ruchu komunikacji publicznej poprzez:

- stosowanie priorytetów dla komunikacji publicznej w głównych korytarzach komunikacyjnych;
- wprowadzenie usprawnień dla komunikacji miejskiej (eliminacja poprzecznych progów zwalniających, pierwszeństwo na skrzyżowaniach, zgodnie z przebiegiem linii autobusowych) w podstawowych korytarzach komunikacyjnych, którymi przebiegają linie autobusowe o mniejszej częstotliwości kursowania;
- uprzywilejowanie komunikacji miejskiej poprzez: wydzielenie pasów ruchu dla autobusów, odpowiednie sterowanie sygnalizacją świetlną przez nadjeżdżające autobusy, pierwszeństwo przy włączaniu się do ruchu podczas ruszania z przystanku.

Jako inne rozwiązania promujące komunikację miejską wskazuje się w Strategii integrację transportu publicznego drogowego i kolejowego, budowę zintegrowanego węzła przesiadkowego w okolicach dworca autobusowego i kolejowego w Ełku oraz stworzenie systemu Park&Ride dla potrzeb turystów i wprowadzenie dynamicznej informacji pasażerskiej.

Według dokumentu, podniesienie atrakcyjności komunikacji publicznej doprowadzi do wzrostu popytu na jej usługi, a w rezultacie – do ograniczenia ruchu samochodowego w mieście i związanych z nim negatywnych konsekwencji dla mieszkańców i środowiska naturalnego. Rozwój zrównoważonego transportu w MOF Ełku wymaga inwestycji w poprawę jakości infrastruktury, wymiany taboru transportu publicznego i zastosowania rozwiązań służących zmniejszeniu ruchu samochodów na terenach zurbanizowanych.

Jako rodzaje niezbędnych przedsięwzięć Strategia wymienia m.in.:

- budowę, przebudowę dróg związanych ze zrównoważoną mobilnością miejską;
- inwestycje w infrastrukturę niezbędną dla właściwego funkcjonowania komunikacji miejskiej;
- zakup niskoemisyjnego taboru;
- infrastrukturę transportu publicznego w celu ograniczania ruchu drogowego w centrach miejscowości.

Jako projekty strategiczne w ramach działania nr 3.1 wskazano w dokumencie:

- „Zintegrowany system transportu publicznego w ośrodku subregionalnym Ełk” – obejmujący zakup 20 ekologicznych autobusów oraz modernizację bazy MZK sp. z o.o.;
- „Budowę zintegrowanego węzła przesiadkowego”;
- „Rowerowy Ełcki Obszar Funkcjonalny” – zintegrowaną sieć ścieżek rowerowych”.

Uchwałą nr XXIV.231.2020 z dnia 25 listopada 2020 r. Rada Miasta Ełku podjęła decyzję o przystąpieniu do aktualizacji powyższej Strategii.

Po zakończeniu procesu aktualizacji i uchwaleniu przez rady: Miasta Ełku i Gminy Ełk, Strategia Rozwoju Ośrodka Subregionalnego Ełk będzie głównym dokumentem strategicznym Miasta, zastępując Strategię Zrównoważonego Rozwoju Miasta Ełku do roku 2020.

„Zintegrowana Strategia Rozwoju Ełckiego Obszaru Funkcjonalnego na lata 2014-2025”<sup>8</sup> o podtytule „przygotowanie dokumentów strategicznych dla Ełckiego Obszaru Funkcjonalnego Województwa Warmińsko-Mazurskiego”, dotyczy szerszego obszaru, obejmującego poza miastem Ełk także gminy: Ełk, Kalinowo, Prostki i Stare Juchy.

W dokumencie wyznaczono pięć celów strategicznych, w tym cel nr 4 – „Poprawa spójności terytorialnej”. Cel ten zostanie osiągnięty poprzez poprawę sieci infrastruktury komunikacyjnej na obszarze EOF, a także rozwój zrównoważonego transportu publicznego.

W ramach tego celu zdefiniowano trzy cele operacyjne:

- nr 4.1 – Poprawa sieci infrastruktury komunikacyjnej;
- nr 4.2 – Rozwój zrównoważonego transportu publicznego;
- nr 4.3 – Poprawa spójności polityki planowania przestrzennego.

W dokumencie określono listę przedsięwzięć Zintegrowanych Inwestycji Terytorialnych dla Miejskiego Obszaru Funkcjonalnego Ełku oraz Zintegrowanych Przedsięwzięć Terytorialnych dla Ełckiego Obszaru Funkcjonalnego. W ramach przedsięwzięć strategicznych w formule ZIT dla MOF Ełku wymieniono budowę i przebudowę dróg w celu podniesienia konkurencyjności transportu publicznego oraz rozwój infrastruktury transportowej.

W dokumencie wyszczególniono także listę projektów w formule Zintegrowanych Przedsięwzięć Terytorialnych dla trybu pozakonkursowego. W ramach działania nr 4.1 jako projekt komplementarny wskazano budowę i przebudowę dróg w Obszarze Funkcjonalnym Ełku w celu podniesienia jakości i konkurencyjności transportu publicznego.

W ramach działania nr 4.2 wymieniono projekty:

- „Rozbudowa sieci transportu publicznego na obszarze EOF” – w zakres którego zaliczono: wymianę taboru MZK sp. z o.o. na niskoemisyjny, modernizację infrastruktury komunikacji publicznej (tablice informacyjne, monitoring, wiaty) oraz zwiększenie liczby i częstotliwości połączeń – zwłaszcza na terenach wiejskich;
- „Rowerowy Ełcki Obszar Funkcjonalny – zintegrowaną sieć ścieżek rowerowych”;
- „Poprawa infrastruktury transportu dzieci i młodzieży na potrzeby edukacji”.

---

<sup>8</sup> [bip.elk.warmia.mazury.pl/system/obj/17154\\_STRATEGIA\\_EOF\\_poprawa\\_marzec\\_2015.pdf](http://bip.elk.warmia.mazury.pl/system/obj/17154_STRATEGIA_EOF_poprawa_marzec_2015.pdf), dostęp: 20.09.2021 r.



Jako przedsięwzięcie uzupełniające wymieniono w dokumencie w ramach tego działania projekt pn. „Zintegrowany system transportu publicznego w Ośrodku Subregionalnym Ełk”, obejmujący zakup 20 fabrycznie nowych autobusów ekologicznych.

Jako kierunki działań operacyjnych dla działania nr 4.1 wskazano m.in. inwestycje służące powiązaniu komunikacji rowerowej i publicznej – monitorowane postoje rowerowe w okolicach przystanków komunikacji publicznej oraz centra przesiadkowe i tablice informacyjne.

Jako główne założenia i przedsięwzięcia dla działania nr 4.2 wymieniono:

- wymianę taboru komunikacji publicznej na niskoemisyjny (wraz z zapleczem technicznym);
- program rozbudowy sieci połączeń transportu publicznego;
- budowę zintegrowanego węzła przesiadkowego – utworzenie nowego dworca autobusowego z infrastrukturą towarzyszącą;
- wymianę i rozbudowę taboru służącego transportowi dzieci i młodzieży;
- tworzenie w gminach wiejskich lokalnych rozwiązań w zakresie transportu publicznego oraz rozwój sieci zintegrowanych ścieżek rowerowych, w ramach ZIT w EOF.

„Program Ochrony Środowiska Województwa Warmińsko-Mazurskiego do roku 2030”<sup>9</sup> określa cele w podziale na obszary interwencji. W zakresie ochrony klimatu i jakości powietrza określono cel P.I. – „Poprawa jakości powietrza przy zapewnieniu bezpieczeństwa energetycznego w kontekście zmian klimatu”. W zakresie zagrożenia hałasem celem jest „Poprawa klimatu akustycznego w województwie warmińsko-mazurskim” (cel ZH.1.).

Jako kierunek interwencji w ramach celu P.I. dokument wymienia m.in. „Zmniejszenie emisyjności w transporcie oraz zwiększenie dostępności i atrakcyjności transportu publicznego” (OKPJ.3.).

Zadania do realizacji wymienione dla tego kierunku interwencji to m.in.:

- OKPJ.3.4. – „Opracowanie i wdrażanie planów zrównoważonej mobilności miejskiej”;
- OKPJ.3.6. – „Dostosowanie floty pojazdów do wymogów odnośnie elektromobilności”;
- OKPJ.3.7. – „Poprawa funkcjonowania systemu komunikacji publicznej” – budowa, przebudowa chodników, zatok autobusowych, postojowych, centrów przesiadkowych, węzłów multimodalnych, parkingów Park&Ride itp.

Jako kierunek interwencji w ramach celu ZH.1. dokument wymienia w pozycji ZH.2. „Poprawę standardów klimatu akustycznego”. W ramach zadań do realizacji wymienionych dla tego kierunku interwencji wskazano pod oznaczeniem ZH.2.3. „Poprawę jakości infrastruktury

---

<sup>9</sup> Program przyjęty uchwałą Sejmiku Województwa Warmińsko-Mazurskiego nr XXIV/382/21 z dnia 16 lutego 2021 r.

transportu publicznego (szynobusów, autobusów, tramwajów)” oraz w punkcie ZH.2.6. „Poprawę dostępności komunikacyjnej na terenach wiejskich – uruchomienie połączeń transportu zbiorowego”.

„Strategia Zrównoważonego Rozwoju Ełku do roku 2020”<sup>10</sup> wyznacza jako cel główny „Poprawę jakości życia mieszkańców Ełku”. Dokument ten określa także cztery cele strategiczne – w zakresie ładów: gospodarczego, przestrzennego, społecznego i środowiskowego. Dla każdego z celów strategicznych określono także cele operacyjne.

W zakresie ładu przestrzennego Strategia wymienia jako jedne z celów operacyjnych:

- P.VI. – „Poprawę układu komunikacyjnego miasta, usprawnienie organizacji ruchu”;
- P.VII. – „Likwidację barier utrudniających poruszanie się niepełnosprawnym”.

Cel P.VI. zawiera działania dotyczące modernizacji transportu publicznego, integracji układu komunikacyjnego oraz rozwoju komunikacji publicznej. Jako zadanie do realizacji w ramach przywołanego celu wymieniono „Zintegrowany system transportu publicznego i rozwój infrastruktury transportowej” (P.VI.3). Inne zadania ujęte w ramach tego celu dotyczą przebudowy skrzyżowań i ich sterowania, budowy małej obwodnicy i wiaduktu nad torami kolejowymi na linii Ełk – Pisz, budowy parkingów i garaży oraz wykorzystania jeziora Ełckiego jako lądowiska.

Cel P.VII. zawiera działania dotyczące likwidacji barier architektonicznych oraz innych utrudnień. W ramach przywołanego celu do realizacji wymieniono zadanie P.VII.3. – „Zakup autobusów niskopodłogowych”. Inne działania obejmują likwidację barier architektonicznych w miejscu zamieszkania oraz obniżenie wysokości krawężników w miejscach przejść i przejazdów.

„Plan zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego dla Miasta i Gminy Ełk oraz Gminy Stare Juchy na lata 2019-2030”<sup>11</sup> określa standard taboru wykorzystywanego do obsługi sieci komunikacji miejskiej, w którym jako docelowe rozwiązanie wskazano:

- dostępność dla osób niepełnosprawnych (niską podłogę lub niskie wejście, możliwość przykłąku, wyposażenie w platformę, urządzenia sygnalizacyjne, miejsce na wózek inwalidzki, drzwi o odpowiedniej szerokości i oznaczone dedykowane miejsca siedzące);
- elektroniczną wewnętrzną i zewnętrzną informację pasażerską, wewnętrzne i zewnętrzne tablice pokazujące kierunek i trasę jazdy z miejscami dogodnych przesiadek, dodatkową tablicę z oznaczeniem linii dla osób niedowidzących, urządzenia sygnalizacyjne dla pasażerów;

<sup>10</sup> Strategia przyjęta uchwałą Rady Miasta Ełku nr XXV.270.16, z dnia 20 grudnia 2016 r.

<sup>11</sup> Plan transportowy przyjęty uchwałą Rady Miasta Ełku nr IV.38.2019 z dnia 27 lutego 2019 r.

- głośowe zapowiedzi przystanków w pojeździe oraz zewnętrzny system zapowiedzi głosowych przy podjeżdżaniu na przystanek;
- oświetlenie wnętrza pojazdu, umożliwiające odczytanie wszelkich informacji dla pasażerów oraz w szczególności wszystkich miejsc, w których znajdują się przeszkody dla pasażerów;
- wyposażenie w urządzenia systemu dynamicznej informacji pasażerskiej, pozwalające na lokalizację pojazdu na mapie;
- monitoring przestrzeni pasażerskiej wraz z rejestracją obrazu;
- jednolite barwy miejskie, znaki graficzne identyfikujące Gminę Miasto Ełk (lub operatora).

Plan wskazuje, że zasada wprowadzenia klimatyzacji przestrzeni pasażerskiej wynika z badań głównych preferencji pasażerów w miastach.

W ramach kierunków rozwoju plan transportowy wymienia wprowadzanie różnego rodzaju zachęt i priorytetów dla transportu publicznego, w tym w ruchu ulicznym, oraz przemysłanych ograniczeń dla transportu indywidualnego, aby jak największa liczba podróżnych decydowała się na korzystanie z komunikacji miejskiej. Dokument jako kierunek rozwoju wymienia także integrację komunikacji miejskiej w ramach całego systemu transportu publicznego, w tym utworzenie zintegrowanego węzła przesiadkowego oraz innych węzłów przesiadkowych.

Plan zakłada, że podstawową regułą planowania oferty przewozowej będzie pełna koordynacja rozkładów jazdy w skali całej sieci komunikacyjnej z zastosowaniem wspólnej częstotliwości kursowania pojazdów. W dokumencie przewiduje się wprowadzenie dynamicznej informacji pasażerskiej co najmniej na wytypowanych przystankach węzłowych oraz zintegrowanej informacji o usługach w internecie.

W planie transportowym przedstawiono założenia realizacji do 2030 r. przez Miasto inwestycji związanych z publicznym transportem zbiorowym, wśród których znalazły się:

- zakup nowych autobusów w tempie pozwalającym na uzyskanie w 2030 r. przeciętnego wieku taboru wynoszącego nie więcej niż 6 lat;
- budowa węzłów przesiadkowych w wybranych lokalizacjach;
- budowa nowych i modernizacje istniejących zatok i pętli autobusowych;
- budowa nowych lub remont peronów i zatok, przebudowa wybranych przystanków z dostosowaniem do potrzeb osób niepełnosprawnych, wymiana zużytych wiat na nowe, instalacja wiat w nowych lokalizacjach;
- modernizacja najintensywniej obsługiwanych komunikacją miejską ciągów komunikacyjnych, pod kątem wprowadzenia priorytetów dla pojazdów komunikacji miejskiej.

Dokument zakłada, że uzupełnieniem działań inwestycyjnych, prowadzących do integracji systemów, będzie podjęcie działań zmierzających do wybudowania parkingów Park&Ride,

Bike&Ride oraz Kiss&Ride, przyległych do najważniejszych przystanków końcowych linii podstawowych i uzupełniających oraz do wybranych przystanków przesiadkowych.

Plan transportowy uwzględnia wyniki opracowanej w 2018 r. analizy kosztów i korzyści, która wykazała brak odpowiednich korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych, co zgodnie z art. 37 ust. 5 ustawy o elektromobilności, wskutek czego zwalnia miasto Elk z obowiązku zapewnienia określonego udziału pojazdów zeroemisyjnych we flocie komunikacji miejskiej. Dokument uznaje zakup pojazdów hybrydowych za kierunek słuszny, a jako wariant minimum proponuje zakupy nowych autobusów z silnikami wysokoprężnymi spełniającymi normę czystości spalin EURO VI.

Plan transportowy zakłada w okresie planistycznym wypracowanie kompleksowej strategii określającej kierunki rozwoju zrównoważonej mobilności.

„Działania Miasta Elk na rzecz redukcji emisji CO<sub>2</sub> do 2020 r. (SEAP) z wybranymi elementami założeń zaopatrzenia w ciepło, energię elektryczną i paliwa gazowe”<sup>12</sup> zastępują dla miasta Elku plan gospodarki niskoemisyjnej oraz projekt założeń do planu zaopatrzenia w ciepło, energię elektryczną i paliwa gazowe.

Dokument określa dla miasta wizję, zdefiniowany jest także cel strategiczny – „Utrzymanie niskoemisyjnego rozwoju gospodarczego i zaspokajania potrzeb społeczeństwa, tj. postępu i progresu gospodarczo-społecznego miasta Elku do 2020 r., następującego bez lub z minimalnym wzrostem zapotrzebowania na energię pierwotną i finalną”. Środkiem do osiągnięcia tego celu jest realizacja celów szczegółowych, pogrupowanych w obszarach interwencji.

Jako jeden z obszarów interwencji w dokumencie wymieniono transport publiczny – stwierdzając, że system funkcjonowania komunikacji publicznej powinien spełniać wymagania mieszkańców i stanowić zachęcającą alternatywę wobec transportu indywidualnego oraz że zakup nowych, efektywnych autobusów zmniejszy ilość zanieczyszczeń emitowanych przez pojazdy komunikacji miejskiej.

W Działaniach wymieniono 10 celów szczegółowych, a wśród nich cel nr 10. – „Promocja i realizacja wizji zrównoważonego transportu – z uwzględnieniem transportu publicznego, indywidualnego i rowerowego”.

W załączniku nr 3 do dokumentu wymienia się projekty przedsięwzięć, oznaczone identyfikatorami:

- DR021 – Budowa, przebudowa dróg w obszarach funkcjonalnych miasta związanych ze zrównoważoną mobilnością;

---

<sup>12</sup> [bip.elk.warmia.mazury.pl/system/obj/16998\\_Dzialania\\_Miasta\\_Elk\\_na\\_rzecz\\_redukcji\\_emisji\\_CO2\\_do\\_2020r\\_-\\_aktualizacja\\_30.01.2015\\_\\_2\\_.pdf](http://bip.elk.warmia.mazury.pl/system/obj/16998_Dzialania_Miasta_Elk_na_rzecz_redukcji_emisji_CO2_do_2020r_-_aktualizacja_30.01.2015__2_.pdf), dostęp: 20.09.2021 r.

- DR022 – Budowa zintegrowanego węzła przesiadkowego;
- DR023 – Poprawa funkcjonowania systemu transportu publicznego poprzez zakup niskoemisyjnego taboru komunikacji miejskiej oraz termomodernizacji bazy MZK.

W ramach przedsięwzięcia DR021 przewiduje się przebudowę dróg w celu podniesienia jakości i konkurencyjności transportu publicznego oraz zmniejszenia niskiej emisji, w tym w szczególności budowę, przebudowę i modernizację przystanków oraz zatok i zajezdni autobusowych.

W ramach przedsięwzięcia DR022 przewiduje się utworzenie zintegrowanego węzła przesiadkowego wraz z infrastrukturą towarzyszącą w rejonie dworców kolejowego i autobusowego, powiązanego z komunikacją autobusową lokalną i dalekobieżną, komunikacją miejską, rowerową oraz rozbudowę miejsc parkingowych dla samochodów osobowych.

W ramach przedsięwzięcia DR023 planuje się:

- zakup 20 autobusów o napędzie ekologicznym (hybrydowym, CNG, standardowym z normą czystości spalin EURO VI, wymienia się także wprowadzenie linii trolejbusowych);
- montaż 15 wiat przystankowych;
- montaż systemu wizyjnego na 10 wiatkach i w autobusach;
- zakup i montaż tablic informacyjnych na przystankach;
- remont i przebudowę 5 pętli autobusowych;
- remont nawierzchni zajezdni autobusowej.

Okres realizacji tych przedsięwzięć wyznaczono na lata 2015-2020.

W ustaleniach i wnioskach końcowych dokumentu w punkcie nr 16 wskazuje się na konieczność zaktywizowania działań Miasta m.in. na rzecz poprawy stanu transportu publicznego z preferencją rozwiązań i technologii niskoemisyjnych.

„Program ochrony środowiska miasta Ełku na lata 2018-2021”<sup>13</sup> określa w załączniku obszary interwencji oraz cele i kierunki interwencji w ramach tych obszarów.

W obszarze interwencji określonym jako „Ochrona klimatu i powietrza” celem jest poprawa jakości powietrza i ograniczenie emisji gazów cieplarnianych. W ramach tego celu w kierunku interwencji „Zmniejszenie emisji zanieczyszczeń do atmosfery” zadaniem nr 6 jest „Rozwój transportu niskoemisyjnego”. Jako jeden z podmiotów odpowiedzialnych za realizację celu wskazano MZK sp. z o.o. W tym samym celu w ramach kierunku interwencji o nazwie „Doskonalenie systemu planowania, monitoringu i edukacji” w poz. 12 wskazano zadanie „Promowanie poprawnych zachowań społecznych np. korzystania z komunikacji miejskiej, ścieżek rowerowych lub akcji społecznych”.

---

<sup>13</sup> Program przyjęty uchwałą Rady Miasta Ełku nr L.483.18 z dnia 25 września 2018 r.

W obszarze interwencji o nazwie „Zagrożenie hałasem” celem jest „Poprawa klimatu akustycznego poprzez obniżenie hałasu do poziomu obowiązujących standardów”. W ramach tego celu w kierunku interwencji „Ograniczenie hałasu” jako zadanie nr 3 wskazano „Ograniczenie hałasu w strefach gęstej zabudowy i osiedlach mieszkalnych np. poprzez budowę tras rowerowych”.

„Program Rewitalizacji Ełku na lata 2016-2023”<sup>14</sup> wskazuje jako obszary kryzysowe osiedla: Centrum I i II, Zatorze I i II oraz Grunwaldzkie i Szyba. Ostatecznie wyznaczony w programie obszar rewitalizacji to rejon centralny miasta, określony jako Śródmieście – obejmujący osiedla Centrum I i II, część osiedla Północ I oraz tereny zielone nad rzeką Ełk i wykorzystywane przez kolej wąskotorową. Jednym z celów rewitalizacji jest podniesienie społecznej i gospodarczej atrakcyjności przestrzeni publicznych. Wśród projektów rewitalizacyjnych wymienia się projekt nr 2 – dotyczący przebudowy ul. Wojska Polskiego oraz projekt nr 4 – związany z przebudową i modernizacją dróg w obszarze śródmieścia Ełku, a jednym z osiągniętych rezultatów, ma być poprawa dostępności komunikacji miejskiej.

## 6.2. Wybór rodzaju napędu

Wybór rodzaju napędu stosowanego w pojazdach komunikacji miejskiej zależy nie tylko od wyników analiz zawartych w dokumentach strategicznych związanych z rozwojem danego miasta i jego obszaru funkcjonalnego, w tym w obszarze publicznego transportu zbiorowego, ale także od wielu różnych uwarunkowań technicznych i finansowych.

Przesłankami przemawiającymi za zastosowaniem w eksploatowanym taborze autobusowym różnych źródeł zasilania, są możliwe do osiągnięcia następujące efekty:

- zwiększenie bezpieczeństwa ekonomicznego przedsiębiorstwa lub organizatora – poprzez mniejszą podatność na wahania cen paliw i energii;
- zwiększenie bezpieczeństwa dostaw paliw i energii oraz ich stabilności cenowej;
- wydłużenie okresu eksploatacji pojazdów bez konieczności dokonywania poważnych napraw, ze względu na większą trwałość silników elektrycznych (z wyjątkiem baterii);
- zmniejszenie niekorzystnego oddziaływania transportu publicznego na mieszkańców w silnie zurbanizowanym obszarze miasta, w związku z brakiem emisji zanieczyszczeń do atmosfery w miejscu użytkowania autobusów elektrycznych i zmniejszoną emisją zanieczyszczeń przez pojazdy hybrydowe;
- realizacja wytycznych zawartych w „Krajowych Ramach Polityki Rozwoju Infrastruktury Paliw Alternatywnych”.

<sup>14</sup> Program stanowiący załącznik do uchwały Rady Miasta Ełku nr XLI.413.18 z dnia 27 lutego 2018 r.

Nakłady finansowe na uruchomienie przewozów bateryjnymi autobusami elektrycznymi związane są nie tylko z wysokim kosztem zakupu pojazdów, ale także ze znacznymi dodatkowymi wydatkami na infrastrukturę służącą do ich zasilania. Z drugiej strony, w wyniku niższych kosztów zakupu energii elektrycznej niż oleju napędowego, możliwe są do osiągnięcia oszczędności wynikające z codziennej eksploatacji tego typu pojazdów. Oszczędności te są jednak mniejsze w przypadku eksploatacji autobusów hybrydowych.

Z kolei nakłady finansowe na uruchomienie przewozów autobusami elektrycznymi z wodorowymi ogniwami paliwowymi związane są z bardzo wysokim kosztem zakupu pojazdów stosujących tę nowatorską technologię oraz z brakiem dostępu do stacji tankowania wodoru w Polsce. Koszt uruchomienia dedykowanej stacji tankowania wodoru jest bowiem wciąż kilku- lub nawet kilkunastokrotnie wyższy od kosztu wybudowania stacji szybkiego ładowania autobusów elektrycznych.

Wprowadzony ustawą o elektromobilności obowiązek systematycznego zwiększania udziału autobusów zeroemisyjnych w strukturze taboru wykorzystywanego w komunikacji miejskiej, stwarza konieczność zmiany dotychczasowej praktyki nabywania nowych pojazdów zasilanych olejem napędowym na – w coraz większym zakresie – pojazdy zeroemisyjne. Zapisy tej ustawy wymagają, aby w miastach przekraczających 50 000 mieszkańców, począwszy od 1 stycznia 2028 r., flota pojazdów składała się przynajmniej w 30% z autobusów zeroemisyjnych. W skali kraju aktualnie udział takich autobusów w strukturze taboru operatorów komunikacji miejskiej jest nadal niewielki, tymczasem narzucone tempo wzrostu tego udziału, wynikające z przepisów ustawy o elektromobilności, należy uznać za wysokie.

Zastosowanie CNG do zasilania autobusów determinowane jest głównie kosztem jego zakupu. Cena gazu w dużej mierze jest zależna od polityki skarbowej państwa. Rozwój stacji z możliwością tankowania CNG i popularyzacji gazu ziemnego jako paliwa został zahamowany okresowym wprowadzeniem w 2013 r. akcyzy na to paliwo (w wysokości 0,34 zł/m<sup>3</sup>), zniesionej dopiero w II kwartale 2020 r. Nie bez znaczenia jest też fakt, że cena gazu ustalana jest przez jego dystrybutora – monopolistę – Grupę Kapitałową PGNiG.

Przy eksploatacji taboru zasilanego CNG istotne jest także to, że właścicielem infrastruktury do tankowania autobusów gazowych nie jest operator przewozów, lecz jedna ze spółek Grupy PGNiG. W miastach eksploatujących takie pojazdy, pewne problemy z codzienną eksploatacją autobusów CNG wynikają z częstych awarii stacji tankowania, w szczególności braku dostatecznej liczby zapasowych sprężarek.

Zasadność eksploatacji pojazdów zasilanych CNG i LNG w Polsce wzrosła także po wejściu w życie ustawy o elektromobilności, która stanowi podstawę do utworzenia ogólnopolskiej



sieci tankowania pojazdów zasilanych tymi paliwami gazowymi. Priorytetowe zamiary tworzenia sieci stacji tankowania gazu ziemnego dotyczą ich utworzenia przy drogach sieci TEN-T.

Istotną kwestią, przy podejmowaniu decyzji o eksploatacji taboru zasilanego CNG, jest dostępność stacji tankowania sprężonego gazu ziemnego. W Ełku nie funkcjonuje taka stacja, najbliższa zlokalizowana jest w Warszawie, oddalonej o ponad 200 km, natomiast jeszcze w bieżącym roku planowane jest oddanie do eksploatacji stacji tankowania CNG w zajezdni autobusowej Przedsiębiorstwa Gospodarki Komunalnej w Suwałkach sp. z o.o. Warto jednak podkreślić, że ustawa o elektromobilności nie uznaje autobusów zasilanych CNG za zeroemisyjne, zatem zastosowanie tego paliwa nie powoduje spełnienia wymogów określonego udziału taboru zeroemisyjnego we flocie obsługujących pojazdów, zawartych w przepisach tej ustawy.

Zainteresowanie pojazdami zasilanymi CNG zapewne wzrośnie po wprowadzeniu planowanych zmian do ustawy o elektromobilności, w wyniku implementacji w polskim systemie prawnym dyrektywy (UE) 2019/1161<sup>15</sup>.

Napędy elektryczne stosowane są do napędzania pojazdów od początku historii rozwoju motoryzacji. Podstawowym problemem – bardzo ograniczającym ich upowszechnienie – był brak zasobników energii o dużej pojemności. Pojazdy elektryczne stosowane były w przewozach kolejowych, a w przewozach drogowych, w tym w komunikacji miejskiej – tylko tam, gdzie możliwe było ich stałe zasilanie z sieci trakcyjnej (metro, tramwaje, trolejbusy). Małe pojazdy elektryczne do przewozu osób stosowane były głównie jako wózki golfowe i wózki transportowe w przemyśle.

Dostępny obecnie na rynku autobusami zeroemisyjnymi – nieemitującymi gazów cieplarnianych lub innych substancji objętych systemem zarządzania emisjami gazów cieplarnianych – są pojazdy z napędem elektrycznym zasilane bateryjnie, z sieci zewnętrznej (trolejbusy), ze stacji doładowania różnych rodzajów lub w systemie mieszanym oraz autobusy elektryczne z wytwarzaniem energii w ogniwach paliwowych, ale tylko takich, dla których w efekcie spalania paliwa nie występuje emisja CO<sub>2</sub> – co przy obecnym stanie zaawansowania techniki – w praktyce ogranicza je do autobusów z ogniwami paliwowymi zasilanymi wodorem (H<sub>2</sub>).

Od lat stosowanym napędem elektrycznym wykorzystywanym w pojazdach innych niż szynowe, jest napęd zasilany z sieci napowietrznej – system zwany trolejbusowym. Zgodnie z definicją zawartą w ustawie Prawo o ruchu drogowym, trolejbusem jest autobus przystosowany do zasilania energią elektryczną z sieci trakcyjnej. Trolejbus jest, zgodnie z ustawą o elektromobilności, pojazdem zeroemisyjnym.

---

<sup>15</sup> Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2019/1161 z dnia 20 czerwca 2019 r. zmieniająca dyrektywę 2009/33/WE w sprawie promowania ekologicznie czystych i energooszczędnych pojazdów transportu drogowego.

Obecnie w Polsce są trzy sieci komunikacyjne wykorzystujące w transporcie miejskim trolejbusy – Gdynia (z Sopotem), Lublin i Tychy. Głównym ograniczeniem rozwoju trolejbusów w komunikacji miejskiej jest wysoki koszt budowy sieci zasilającej wzdłuż trasy linii. Sieć napowietrzna rozwieszona jest nad torem jazdy trolejbusu na odciągach zawieszanych na słupach – albo specjalnie dedykowanych, albo też jednocześnie oświetleniowych. Rozstaw takich słupów jest przeciętnie o 50% mniejszy niż słupów tylko oświetleniowych, a ciężka sieć wymaga masywnej ich budowy. W miejscach skrzyżowań i rozjazdów podwieszane są dodatkowo zwrotnice, krzyżówki, zjazdówki, prowadnice lub impulsatory. Powoduje to powstanie nad ulicą płatany przewodów i odciągów, co negatywnie wpływa na estetykę miasta i nie wszędzie jest akceptowane.

Pobór energii z sieci trolejbusowej lub ze stacji je zasilających, może natomiast stanowić dobre źródło do zasilania ładowarek dla pojazdów czerpiących energię podczas ruchu wyłącznie z baterii. Doświadczenia związane z napędzaniem drogowych pojazdów transportu miejskiego energią elektryczną (trolejbusów) przekładają się na wzmożone zainteresowanie autobusami elektrycznymi. Obecnie wprowadzane są one do eksploatacji w każdym z miast w Polsce posiadających sieć komunikacji trolejbusowej, tj. w Gdyni, Lublinie i Tychach. Na obecnym etapie rozwoju technologii autobusów elektrycznych należy zatem uznać, że trolejbusy są pojazdami komplementarnymi wobec autobusów elektrycznych, a ich eksploatacja stanowi okoliczność sprzyjającą zakupowi autobusów elektrycznych.

Istotną wadą wprowadzenia trolejbusów do eksploatacji jest długotrwałość procesu budowy sieci trakcyjnej i jej zasilania. Budowa taka wymaga znaczącej ingerencji w infrastrukturę okołodrogową, dlatego czas uzyskania niezbędnych uzgodnień jest znacznie dłuższy niż czas wymagany na budowę punktowych stacji zasilania dla autobusów elektrycznych pantografowych. Poważnym problemem w centralnych obszarach miast jest konieczność podwieszania sieci trakcyjnej do budynków, co wymaga uzyskania zgody ich właścicieli i obecnie zwykle wiąże się z ponoszeniem dodatkowych kosztów ich udostępnienia.

W Lublinie obecnie wykorzystywane są w codziennej pracy eksploatacyjnej na części odcinków tras dwa rodzaje trolejbusów z dodatkowym napędem: hybrydowe – z agregatem spalinowym albo wyposażone w dodatkowe zasobniki energii – baterie litowo-jonowe lub litowo-polimerowe. W pierwszym typie pojazdów, agregat poprzez generator zasila elektryczne silniki trakcyjne, w drugim – baterie służą jako zasobniki energii na okres pracy bez zasilania sieciowego i ponownie są ładowane podczas jazdy trolejbusu pod siecią. Trolejbusy te przejeżdżają pewien odcinek trasy bez zasilania sieciowego, włączając się jednak do sieci na większości trasy linii.

Trolejbusy z agregatem spalinowym trudno uznać za bezemisyjne, choć do tej pory są uznawane w ustawie o elektromobilności za pojazd zeroemisyjny. Ma to ulec zmianie dopiero po przyjęciu przygotowywanej nowelizacji ustawy o elektromobilności.

Podobnie w Gdyni, od wielu lat dodatkowy napęd bateryjny wykorzystywany jest do krótkich przejazdów trolejbusów podczas remontów dróg i awaryjnych objazdów. Od 2015 r. trolejbusy wyposażone w baterie litowo-jonowe wykorzystywane są do liniowej eksploatacji na krótkich odcinkach niewyposażonych w sieć trakcyjną. Obecnie w Gdyni eksploatowane są także pojazdy z podwójną homologacją, tzw. supertrollejbusy, marki Solaris Trollino 12 electric, posiadające homologację zarówno autobusu elektrycznego, jak i trolejbusu. Pojazdy te kierowane są do obsługi trasy mniej niż w połowie długości z siecią trakcyjną. Supertrollejbusy ładowane są podczas przejazdu pod siecią, a pozostałe odcinki trasy pokonują jako autobusy elektryczne – korzystając ze zmagazynowanej energii. Mogą być także ewentualnie doładowywane poprzez złącze plug-in, np. na pętli lub zajezdni.

W świetle obowiązujących przepisów za zeroemisyjny uważa się trolejbus lub bateryjny autobus elektryczny z ogrzewaniem zasilanym olejem napędowym lub paliwem gazowym, pomimo iż pojazd taki emituje jednak pewne zanieczyszczenia.

W studiach wykonalności projektów inwestycyjnych: „Rozwój zrównoważonego transportu publicznego w Mieście Ełk” oraz „Rozwój zrównoważonego transportu publicznego w Mieście Ełk – III Etap” przeanalizowano po dwa warianty technologiczne przyjętych rozwiązań, w których uwzględniano wyłącznie zakup autobusów klasycznych – z silnikami Diesla i hybrydowych. W przywołanych dokumentach dokonano wyboru pojazdów hybrydowych z silnikami na olej napędowy, ze względu na m.in. najniższe koszty eksploatacji, przy jednoczesnym spełnianiu norm emisji spalin, potwierdzone przeprowadzoną analizą DGC<sup>16</sup>.

Klasyczne pojazdy hybrydowe charakteryzują się mniejszym zużyciem paliwa, zwłaszcza przy ich wykorzystywaniu do obsługi linii miejskich o krótkich odcinkach międzyprzystankowych, w centrach miast oraz na obszarach intensywnie zurbanizowanych. Na długich trasach, z dużymi odległościami pomiędzy przystankami, uzyskiwane oszczędności są niewielkie. Autobusy hybrydowe nie są jednak zeroemisyjnymi.

Z uwagi na brak w Ełku sieci trolejbusowej i bardzo wysokie koszty jej uruchomienia od podstaw, w celu spełnienia w wymaganym krótkim czasie wymogów ustawy o elektromobilności, Miasto Ełk może więc rozważyć zastosowanie jedynie dwóch typów napędów autobusów zapewniających zeroemisyjność, które stanowią odpowiednio elektryczne silniki napędowe

---

<sup>16</sup> Analiza dynamicznego kosztu jednostkowego.

zasilane bateryjnie – z okresowym doładowywaniem baterii oraz elektryczne silniki napędowe zasilane z lokalnego źródła – wodorowego ogniwa paliwowego.

### 6.3. Rozwiązania sposobów ładowania autobusów zeroemisyjnych

Rozpoczęcie eksploatacji w komunikacji miejskiej elektrycznych autobusów zeroemisyjnych wprowadza w miastach nowy rodzaj napędu, nieemitującego z zastosowanych silników, w miejscu ich użytkowania, gazów cieplarnianych i innych zanieczyszczeń powietrza. Koszty codziennej eksploatacji taboru autobusowego z silnikami elektrycznymi są jak dotychczas istotnie niższe niż autobusów zasilanych olejem napędowym, co przekłada się na zmniejszenie kosztów bieżącego funkcjonowania komunikacji miejskiej. Nowy rodzaj napędu wymaga jednak dostosowania obiektów zajezdni operatorów i przeszkolenia załogi w zakresie eksploatacji oraz obsługi autobusów zeroemisyjnych – wymagającej zupełnie innych czynności, niż obsługa autobusów z napędem konwencjonalnym. Autobusy zeroemisyjne wymagają posiadania przez pracowników zaplecza technicznego oraz zespoły naprawczo-remontowe dodatkowych umiejętności i uprawnień, związanych z obsługą pojazdów z silnikami elektrycznymi. Zakres i koszty dostosowania obiektów zajezdni oraz przeszkolenia załogi, należy uznać za znaczące.

MZK sp. z o.o. w ograniczonym zakresie posiada już pracowników przeszkolonych w obsłudze i utrzymaniu w sprawności autobusów z osiami napędzanymi silnikami elektrycznymi, w związku z wykorzystywaniem autobusów hybrydowych do obsługi linii miejskiej komunikacji miejskiej. Pewna część tych wydatków została też już poniesiona w związku z zakupem autobusów hybrydowych.

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

Pojazdy zasilane z baterii stanowią obecnie zdecydowaną większość nowowprowadzanych do użytkowania autobusów z napędem elektrycznym. Istotną kwestią, związaną z ich codzienną eksploatacją, jest wybór strategii ładowania baterii.

Rozwój pojazdów elektrycznych poruszających się samodzielnie był i jest ograniczony dostępnymi zasobnikami energii. Początkowo zasobniki takie stanowiły akumulatory kwasowo-olowiowe, potem nikielowo-kadmowe (NiCd), a obecnie: nikielowo-metalowo-wodorkowe (NiMH) oraz litowo-jonowe (Li-Ion), litowo-polimerowe (Li-Poly), litowo-manganowe (Li-MN<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) i litowo-żelazowo-fosforanowe (Li-FePO<sub>4</sub>). Systematycznie wprowadzane są na rynek także inne typy baterii, np. baterie litowo-nikielowo-kobaltowo-aluminiowe czy litowo-nikielowo-kobaltowo-manganowe (MNC). W niektórych zastosowaniach preferowane są baterie pozwalające na rozładowywanie i ładowanie wysokim prądem (3C i 4C), takie też stosowane są w autobusach

elektrycznych i hybrydowych. Przyszłością rozwoju baterii będą rozwiązania ze stałym elektrolitem, o większym bezpieczeństwie użytkowania oraz pozwalające na zwiększenie zasięgu pojazdu.

Sporadycznie stosowane były i są w autobusach elektrycznych także superkondensatory – pozwalające na bardzo szybkie oddawanie energii, czyli na generowanie dużej mocy zasilania, ale o niskiej gęstości energii. Superkondensatory, z powodu niższej wagi niż akumulatory, stosowane są natomiast do magazynowania energii w niektórych autobusach hybrydowych.

Wszystkie zasobniki energii elektrycznej charakteryzuje ograniczona pojemność z jednostki ich objętości lub masy (gęstość energii), ograniczony prąd rozładowania i ładowania oraz ograniczona liczba cykli. Gęstość energii w jednostce masy akumulatorów niklowo-kadmowych jest wyższa niż kwasowo-ołowiowych. Gęstość energii akumulatorów litowo-jonowych jest natomiast około 3-krotnie wyższa niż akumulatorów niklowo-kadmowych. Żaden z akumulatorów nie jest także odporny na jego całkowite rozładowanie, które może nawet doprowadzić do jego zniszczenia, a zwykle powoduje istotne zmniejszenie pojemności. Podobnie, przeładowanie akumulatora może spowodować jego zniszczenie – jeśli nieprawidłowo działa regulator napięcia albo gdy akumulator jest zbyt głęboko rozładowany.

Producenci akumulatorów zalecają dopuszczalny stopień rozładowania (do 20-30% pojemności) oraz obszar codziennej pracy akumulatora (np. rozładowania do 50%) – w celu zwiększenia jego żywotności. W miarę zwiększania się liczby cykli zmniejsza się także efektywność akumulatora – mierzona dostępną pojemnością i oddawanym prądem.

Rozwój pojazdów elektrycznych nastąpił wraz z rozwojem akumulatorów litowych, o znacznie niższej wadze. Akumulatory te są łączone w duże pakiety (o pojemności zazwyczaj 20-100 kWh), odpowiednio zabezpieczone – z wewnętrznym chłodzeniem i ogrzewaniem oraz z odizolowaniem od wpływów warunków atmosferycznych. Akumulatory litowe wymagają stabilnych warunków pracy, przy ładowaniu nagrzewają się, co może spowodować ich zapalenie się, a w akumulatorach litowo-jonowych nawet wybuch, wymagają więc odpowiednich zabezpieczeń.

Żywotność baterii litowych określana jest, przy właściwych warunkach eksploatacji, na co najwyżej 10 lat, dlatego we wcześniejszym okresie (np. po 8 latach lub po określonym przebiegu), 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.

Parametry ładowania zależą także od stosowanej ładowarki. Na rynku występują ładowarki o małej mocy (40-60 kW) – do codziennego ładowania postojowego (nocnego) oraz o dużej mocy (do 500 kW, a niekiedy nawet większej) – do szybkiego ładowania. Podstawową

metodą dostarczania energii jest złącze kablowe plug-in, które ma jednak zwykle moc przekazywaną ograniczoną do 120 kW oraz dla autobusów miejskich – pantografy zwykłe i odwrócone – pozwalające na szybkie ładowanie wysokim prądem na stanowisku postojowym na trasie pojazdu. Innymi sposobami ładowania pojazdów są automatyczne stacje ładowania indukcyjnego – poprzez pętle zamontowane w nawierzchni jezdni, na przystanku lub na placu postojowym. Pętle indukcyjne muszą mieć system bezpiecznej automatyki – załączający dostawę prądu wyłącznie podczas postoju pojazdu nad pętlą i odłączający je wraz z rozpoczęciem jazdy autobusu.

W każdym przypadku użytkowania większej liczby autobusów elektrycznych konieczne jest jednoczesne dostosowanie sieci energetycznej w zajezdni oraz na pętlach i przystankach – o ile wybrano taki sposób ładowania – do możliwości poboru dużych mocy. Najczęściej wiąże się to z jednoczesną budową dedykowanej stacji trafo oraz rozdzielni z automatyką, układami pomiarowymi i zabezpieczeniami.

Najprostszym rozwiązaniem jest wyposażenie pojazdów w baterie pozwalające na wykonanie pełnego dziennego cyklu pracy w danej sieci komunikacji miejskiej – podobnego jak dla autobusów zasilanych olejem napędowym – czyli na zapewnienie przynajmniej 250-300 km przejazdu z pełnym obciążeniem bez doładowywania baterii. Ładowanie pojazdów odbywałoby się w tym przypadku w zajezdni, w czasie nocnego postoju autobusów.

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 poprzez złącze plug-in wynosi od 3 do 6 godzin, co oznacza, że dla każdego użytkowanego pojazdu elektrycznego powinna być zakupiona oddzielna ładowarka i najczęściej zagwarantowane oddzielne miejsce postojowe, a sieć energetyczna powinna pozwolić na jednoczesne ładowanie standardowe wszystkich użytkowanych pojazdów elektrycznych.

Autobusy elektryczne posiadają zasobniki energii (baterie), których pojemność determinuje z jednej strony zasięg pojazdów pomiędzy ładowaniami, a z drugiej strony – cenę pojazdów i ich masę własną, która przy ograniczonej dopuszczalnej masie całkowitej, ma wpływ na nominalną pojemność pasażerską.

Aktualnie na rynku w segmencie autobusów elektrycznych klasy maxi, o długości około 12 m, wyraźnie ścierają się ze sobą dwa rozwiązania. Pierwsze zakłada wyposażenie autobusów w baterie o relatywnie małej pojemności i zapewnienie ich okresowego doładowywania szybkiego podczas pracy na linii, najczęściej poprzez pantograf. W najmniejszej pojemności baterie wyposażane są trolejbusy, pokonujące bez sieci trakcyjnej w miarę krótkie odcinki tras i następnie doładowywane z tej sieci w ruchu (In Motion Charging) lub podczas postojów



wyrównawczych na pętłach, także pod siecią. W Gdyni, Lublinie i Tychach nabyto trolejbusy o pojemności baterii 58 kWh. Większą pojemność baterii (87 kWh) mają supertrollejbusy, posiadające homologację zarówno autobusu elektrycznego, jak i trolejbusu, eksploatowane już w Gdyni i zakontraktowane dla Tychów.

Baterie o pojemności jedynie 90 kWh, zakładając ich doładowywanie nie rzadziej niż co kółko na obsługiwanej linii, zastosowano wprawdzie w partii 43 autobusów Ursus CS 12 LF dla Zielonej Góry, ale po pierwsze było to rozwiązanie przyjęte w autobusach kontraktowanych w 2017 r. i dostarczonych rok później, a po drugie – stanowiło odpowiedź jednego z oferentów na wymóg przetargowy zapewnienia możliwości pokonania przez autobus przynajmniej 50 km pomiędzy ładowaniami. Drugi z oferentów określił minimalną pojemność baterii przy takim wymogu na 120 kWh.

W realiach 2021 r., w warunkach niższych cen zasobników energii dostępnych na rynku, dla pojazdów, które mają być doładowywane na trasie, standardem jest wymaganie, aby w okresie udzielonej gwarancji, zdolność magazynowania energii w pojeździe powinna umożliwić zgromadzenie co najmniej 150 kWh energii elektrycznej i aby przy tym pojemność użyteczna dostępna dla użytkownika, nie była mniejsza od 120 kWh. W miastach o wysokim poziomie kongestii drogowej lub z rozkładami jazdy zakładającymi okresową minimalizację postojów wyrównawczych – w wąskich szczytach zaangażowania największej liczby pojazdów w ruchu – często zakłada się możliwość ładowania elektrobusów co 2 lub 3 pełne kółka nawet w ekstremalnych warunkach pogodowych (silny mróz lub upał), wskutek czego minimalna wymagana pojemność baterii wzrasta nawet do 240 kWh dostępnych dla użytkownika.

Takie autobusy elektryczne zapewniają zasięg na poziomie do 200 km przy zastosowaniu ogrzewania paliwowego (olej opałowy, olej napędowy lub gaz ziemny) albo tylko do 150 km – przy zastosowaniu ogrzewania elektrycznego. Z powyższych przyczyn strategia ładowania wyłącznie wolnego pojazdów klasy maxi o użytecznej pojemności baterii do 240 kWh, powinna mieć zastosowanie przede wszystkim w przypadku używania ogrzewania paliwowego, a także przy przeznaczaniu takich autobusów elektrycznych do obsługi krótkich (szczytowych) zadań przewozowych. Z uwagi na bardzo wysokie koszty zakupu taboru elektrycznego, pojazdy takie nie powinny być jednak alokowane do obsługi tego rodzaju zadań w pierwszej kolejności – takie działanie jest nieefektywne ekonomicznie.

Celem organizatorów i operatorów jest zwykle optymalizacja masy baterii, umożliwiająca zmniejszenie zużycia energii, a także likwidacja koniecznych do zrealizowania przejazdów technicznych do i z bazy autobusowej, w celu podłączenia do źródła zasilania i związanych z dłuższym ładowaniem wyłączeń autobusów z ruchu. Jest to realizowane poprzez zastosowanie dodatkowych punktów ładowania na trasie linii – w ramach strategii szybkiego ładowania.



Stosowany czas ładowania autobusu poprzez pantograf zainstalowany na pętli lub przystanku zależy od dopuszczalnego czasu postoju autobusu i waha się od kilku do ok. 20 minut.

Drugi z trendów rynkowych polega na wyposażaniu elektrobusów w baterie o pojemności użytecznej ponad 300 kWh w pojeździe 12-metrowym – w celu zapewnienia możliwości obsługi pomiędzy ładowaniami większości nawet dwuzmianowych zadań przewozowych, w szczególności w miastach małych i średnich, charakteryzujących się z reguły węższym zakresem czasowym funkcjonowania komunikacji miejskiej niż miasta największe. Takie rozwiązanie zastosowano w autobusach kilku marek, dostępnych na krajowym rynku. Elektrobus MAN Lion's City 12E o nieco większej od standardowej długości (12,2 m) wyposażony został w baterie o pojemności nominalnej 480 kWh oraz użytkowej 387 kWh, autobus Solaris Urbino 12 electric wyposażono w wersji testowej w baterie o pojemności nominalnej 395 kWh, a użytkowej 316 kWh, natomiast autobus Yutong E12LF – w zasobniki energii o pojemności użytecznej 374 kWh.

Autobusy te nie są jeszcze dostosowane do ładowania szybkiego na pętlach – uzupełnianie energii odbywa się w nich na terenie zajezdni, poprzez złącze plug-in. Przy przeciętnych warunkach pracy pojazdu (brak ekstremalnie wysokich temperatur powietrza lub silnych mrozów, stosunkowo płaski teren) taka pojemność baterii powinna wystarczyć do obsługi większości zadań całodziennych zaplanowanych w sieciach komunikacyjnych polskich miast.

Zastosowanie wyłącznie ogrzewania elektrycznego w tego rodzaju pojazdach wciąż jednak nie zapewnia w polskim klimacie w trudnych warunkach użytkowania, pewności pokonania przez autobus 250-300 km bez konieczności doładowania (doświadczenia z testów w różnych miastach).

Istotnym utrudnieniem byłoby występowanie silnych mrozów, upałów albo obsługa terenu o znaczących deniwelacjach (energia zużyta na pokonanie różnicy wysokości podczas podjazdu, przy zjeździe jest odzyskiwana tylko w niewielkim stopniu).

Podkreślić jednak należy, że wskutek postępu technicznego, w najbliższych latach systematycznie wzrastać będzie dostępność autobusów umożliwiających pokonywanie pomiędzy ładowaniami dystansu ponad 300 km – wykorzystujących baterie nowej generacji i urządzenia o większej efektywności energetycznej.

Barierą w dalszym zwiększaniu zasięgu autobusów elektrycznych poprzez instalację baterii o jeszcze większej pojemności użytkowej (znacznie ponad 400 kWh) są – poza wysokimi kosztami takiego rozwiązania – ograniczenia w dopuszczalnej masie całkowitej pojazdów klasy maxi (dla autobusu o dwóch osiach – do 19,5 t) – oraz w dopuszczalnym nacisku na oś (do 11,5 t na oś napędową i do 10 t na pojedynczą oś nienapędową). Większy ciężar baterii

w opisanych uwarunkowaniach przekłada się na znaczące ograniczenie maksymalnej pojemności pasażerskiej w porównaniu do analogicznego autobusu ze standardowym napędem Diesla. W rezultacie, większe pojemności baterii stosuje się przeważnie tylko w autobusach trzyosiowych lub przegubowych, jak np. Irizar ie bus 18 m obsługujący trasy w Luksemburgu, który wyposażono w baterie o użytecznej pojemności 525 kWh.

Masa własna takich pojazdów klasy maxi wzrasta do ponad 14 ton. Większy ciężar pojazdu wymaga także dostosowania nawierzchni dróg i placów, szczególnie pętli z miejscami do odbywania postojów. Z tego względu operowanie pojazdami ładowanymi wyłącznie w zajezdni, nie zawsze jest zalecane. Pojazdy z bateriami o większej pojemności są jednocześnie znacznie droższe, a dodatkowo koszt ich użytkowania podnosi konieczność wymiany kosztownych baterii po kilku latach eksploatacji.

Aktualnie produkowane autobusy elektryczne pozwalają – przy doładowywaniu na pętlach – na swobodną obsługę całodziennych, dwuzmianowych zadań przewozowych, o przebiegu rzędu nawet 350 km, także w warunkach dużej kongestii i na trasach bardzo obciążonych. Zmniejszenie wagi baterii, a w jej rezultacie – zwiększenie pojemności pasażerskiej pojazdu i zmniejszenie kosztu przewozu pojedynczego pasażera – może być wówczas znaczące. Ogranicza jednak wykorzystanie pojazdu z baterijnym napędem elektrycznym do dedykowanych tras – obejmujących pętle, na których zainstalowano ładowarki.

Na pętlach stosuje się zwykle ładowarki szybkie, o dużej mocy (nawet do 500 kW) z systemem pantografowym. W Chinach oraz w wybranych krajach Europy Zachodniej stosowane są także systemy ładowania indukcyjnego na przystankach, lecz z uwagi na bardzo wysoką cenę takiej instalacji, stosowane są one jedynie na wybranych, dedykowanych trasach w dużych miastach i aglomeracjach. Taki sposób ładowania wymaga wydłużenia czasu postoju na przystanku, a ponadto wiąże się z zapewnieniem wolnego miejsca na danym przystanku w określonym czasie, przeznaczonym na ładowanie. Ładowaniu indukcyjnemu na przystankach nie sprzyja także polski klimat, w którym normalnym zjawiskiem atmosferycznym są opady śniegu.

Najczęściej stosowane jest ładowanie pantografowe, które odbywa się w czasie od kilku do kilkunastu minut – wielokrotnie w czasie użytkowania autobusu w ciągu dnia. Instalacja ładowarki pantografowej wiąże się ze znacznymi kosztami jej budowy, w tym zasilania energetycznego o dużej mocy. Niezależnie od powyższego, w celu pełnego naładowania baterii oraz ich ustabilizowania, pojazd musi być też ostatecznie codziennie doładowywany podczas postoju w zajezdni.

W przypadku korzystania z instalacji zasilania z sieci tramwajowej, punkt ładowania autobusu elektrycznego także występuje jako stacjonarny – z koniecznym postojem pojazdu –

z uwagi na stosowaną w tramwajach sieć powrotną wykorzystującą szyny, których nie może wykorzystywać podczas ruchu pojazd z kołami pneumatycznymi.

Odmierna, korzystna sytuacja występuje w przypadku napowietrznych sieci trolejbusowych. Sieci te są zasilane dwuprzewodowo prądem stałym o standardowym napięciu 600 V, co umożliwi podłączenie do niej każdego pojazdu drogowego wyposażonego w odpowiednie urządzenia odbiorcze (pantograf, przetwornice, elementy sterowania). Przykładem jest linia BRT w Marrakeszu. Pojazdy tam stosowane mogą być uznawane za autobusy o małej pojemności baterii (z ładowaniem w ruchu) albo też za trolejbusy o dużej pojemności baterii. W każdym przypadku będą one jednak, zgodnie z ustawą o elektromobilności, autobusami zeroemisyjnymi.

Jeszcze innym rozwiązaniem jest napęd elektryczny z podstawowym zasilaniem energią elektryczną wytwarzaną podczas jazdy w wodorowym ogniwie paliwowym. Autobus wyposażony w taki napęd posiada baterie o znacznie mniejszej pojemności – mające jedynie charakter wyrównawczy – podobnie jak zestawy baterii w autobusach hybrydowych, pojazdach z rekuperacją energii, czy też z systemem start-stop.

Autobusy wyposażone w ogniwa paliwowe zasilane H<sub>2</sub> mają zbiorniki sprężonego wodoru zainstalowane na dachu, o pojemności wystarczającej na przejazd nawet do 350-400 km.

Wadą tego rodzaju rozwiązania jest wysoki koszt ogniw paliwowych, co wpływa na zwiększoną cenę autobusów elektrycznych w nie wyposażonych oraz mocno ograniczona dostępność źródeł wodoru. Nie bez znaczenia są także wysokie koszty zapewnienia bezpieczeństwa eksploatacji takich pojazdów, gdyż wodór, przy odpowiednim stosunku objętościowym, tworzy z powietrzem mieszaninę wybuchową.

Zaletą pojazdów elektrycznych z ogniwami paliwowymi, przy pewności dostaw wodoru, jest ich funkcjonowanie podobne do autobusów zasilanych olejem napędowym – codzienne jednorazowe tankowanie przed wyjazdem z zajezdni oraz brak utrudnień związanych z koniecznością okresowych doładowań na trasie przejazdu. Autobus taki posiada natomiast wszystkie zalety autobusu elektrycznego.

Istotnym utrudnieniem jest nadal brak w Polsce dostępnych stacji tankowania wodoru. Plany budowy ogólnodostępnych stacji tankowania wodoru posiadają zarówno Grupa ORLEN, jak i LOTOS. Budowę stacji tankowania wodoru w Koninie zapowiada także inwestor prywatny (pierwsza, mobilna stacja tankowania wodoru została uruchomiona przy ul. Łubinowej w Warszawie).

Brak jest także wciąż w Polsce pewnego dostawcy wodoru o wysokiej czystości w niskiej cenie i w wystarczającej ilości. Produkcję wodoru o wysokiej czystości zamierzają realizować metodą reformingu parowego obydwie polskie koncerny paliwowe, w tym w Gdańsku Grupa

LOTOS, w Trzebini i we Włocławku – Grupa ORLEN, a także Grupa PGNiG, a metodą elektrolizy ZE PAK SA (Zespół Elektrowni Pątnów Adamów Konin), a w przyszłości – inne koncerny energetyczne.

Budowa takiej stacji nie jest natomiast planowana w okolicach Ełku.

Oferowane na rynku są także lokalne stacje tankowania z wykorzystaniem elektrolizerów, do instalacji na przykład na terenie zajezdni autobusowej, wymagają jednak poniesienia znaczących dodatkowych nakładów inwestycyjnych.

Wadą pojazdów z wodorowymi ogniwami paliwowymi są także znaczące koszty ich eksploatacji wynikające z wciąż wysokiej ceny wodoru o wymaganej czystości (na stacjach paliw w Niemczech rzędu 9-9,5 euro za kg). Brak jest także pewności co do jej wysokości w najbliższej przyszłości. Dla zapewnienia kosztów eksploatacyjnych takich pojazdów na poziomie zbliżonym do kosztów eksploatacji autobusów elektrycznych z bateriami doładowywanymi na pętlach, cena wodoru powinna być dla przedsiębiorstwa przewozowego nawet o połowę niższa od obecnie spotykanej na stacjach paliw.

Ze względu na opisane wyżej uwarunkowania w niniejszej analizie ujęto dwa warianty zastosowania autobusów zeroemisyjnych: z doładowaniem na pętlach – uznając to za rozwiązanie o większej pewności poprawnego funkcjonowania przewozów także w trudnych warunkach eksploatacyjnych oraz z doładowaniem wyłącznie w zajezdni – jako rozwiązanie alternatywne.

#### **6.4. Proponowane warianty**

W opracowanej w 2018 r. „Analizie kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych dla miasta Ełku” przeanalizowano dwa scenariusze:

- bazowy – w którym założono realizację polityki wymiany taboru na nowe pojazdy zasilane olejem napędowym – po 1 szt. w latach 2025-2028;
- inwestycyjny – w którym założono sukcesywne wprowadzanie taboru z baterijnym zasilaniem elektrycznym, w celu spełnienia wymogów określonych ustawą o elektromobilności, w liczbie po 2 szt. w latach 2020 i 2022, 3 szt. w 2024 r., 1 szt. w 2026 r. oraz 2 szt. w 2027 r., a także montaż stanowisk pantografowych – w latach: 2022, 2024 i 2027.

W obydwu scenariuszach uwzględniono ponadto zakup 6 autobusów hybrydowych Volvo 7900 Hybrid, w latach 2019-2020.

W rezultacie przeprowadzonej w poprzednich częściach opracowania wstępnej analizy, w niniejszym rozdziale zidentyfikowano trzy warianty możliwych zmian wyposażenia taborowego ełckiej komunikacji miejskiej:

- konwencjonalny, w którym założono realizację polityki sukcesywnej wymiany taboru na nowe autobusy – klasyczne z silnikami Diesla, zasilane olejem napędowym;
- elektryczny 1, w którym założono:
  - w celu spełnienia wymogów określonych ustawą o elektromobilności – sukcesywne wprowadzanie bateryjnych autobusów elektrycznych klasy maxi z ładowaniem pantografowym na pętlach oraz uzupełniającym plug-in na terenie zajezdni;
  - w pozostałym zakresie – realizację polityki sukcesywnej wymiany taboru na nowe autobusy – klasyczne z silnikami Diesla, zasilane olejem napędowym;
- elektryczny 2 – w którym założono:
  - w celu spełnienia wymogów określonych ustawą o elektromobilności – sukcesywne wprowadzanie bateryjnych autobusów elektrycznych klasy maxi ładowanych wyłącznie ładowarkami plug-in na terenie zajezdni;
  - w pozostałym zakresie – realizację polityki sukcesywnej wymiany taboru na nowe autobusy – klasyczne z silnikami Diesla, zasilane olejem napędowym.

We wszystkich wariantach przyjęto wprowadzenie do eksploatacji do końca 2021 r. dodatkowych 2 autobusów hybrydowych – w wyniku realizacji projektu inwestycyjnego „Rozwój zrównoważonego transportu publicznego w Mieście Ełk – III etap”.

Przy kolejnych zakupach autobusów elektrycznych założono w obu wariantach elektrycznych jednoczesny zakup ładowarek zajezdniowych, po jednym stanowisku na każdy autobus, z tym że w wariantcie elektrycznym 2 byłyby to ładowarki o zwiększonej mocy. W wariantcie elektrycznym 1 przyjęto natomiast dodatkowo zakup i budowę stacji ładowania na pętlach – po jednej dla każdej dostarczanej partii 3-4 autobusów elektrycznych.

We wszystkich wariantach założono nabywanie w procesie wymiany taboru spalinowego nowych pojazdów klasy takiej, jak dany pojazd wycofywany z ruchu.

Jako podstawowe założenie przyjęto, że autobusy z silnikami zasilanymi olejem napędowym będą sukcesywnie wymieniane na fabrycznie nowe po upływie okresu eksploatacji obejmującego odpowiednio:

- 15-16 lat dla klasy mini;
- 16-18 lat dla klasy midi;
- 19-20-lat dla klasy maxi.

W stosunku do autobusów hybrydowych oraz bateryjnych autobusów elektrycznych przyjęto, że ich wymiana nie nastąpi wcześniej niż po 18-letnim okresie eksploatacji. Przy wymianie autobusów spalinowych na bateryjne elektryczne z doładowywaniem na pętlach oraz na terenie zajezdni, przyjęto w 2028 r. wzrost stanu floty o jeden pojazd. Zwiększenie to związane jest z koniecznością zapewnienia przerw w pracy pojazdów na doładowywanie na pętlach oraz z ograniczoną możliwością dziennej pracy przewozowej autobusów ładowanych wyłącznie w zajezdni.

Poza opisanymi wyżej dwoma wariantami inwestycyjnymi, utworzono scenariusz bazowy, o charakterze wyłącznie porównawczym, w którym przyjęto wymianę autobusów na pojazdy używane – w przeciętnym wieku 8-9 lat, bez zmiany rodzaju napędu, zastępując zakup pojazdów elektrycznych autobusami zasilanymi olejem napędowym oraz bez ponoszenia nakładów na budowę infrastruktury zasilającej.

We wszystkich wariantach analizy w całym jej okresie przyjęto zakres pracy eksploatacyjnej wyrażonej liczbą wozokilometrów na poziomie wielkości pracy eksploatacyjnej wykonanej w 2020 r., tj. 1 520,0 tys. km rocznie.

Pracę eksploatacyjną pojazdów elektrycznych przyjęto w latach analizy na poziomie 49 tys. km rocznie na jeden pojazd na stanie floty. Pracę eksploatacyjną dla autobusów zasilanych olejem napędowym przyjęto w wysokości 21 tys. km rocznie na jeden pojazd dla autobusów klasy mini, 45 tys. rocznie dla autobusów klasy midi oraz wynikowo dla pojazdów klasy maxi. Praca eksploatacyjna dla autobusów klasy pojemnościowej maxi – hybrydowych i elektrycznych – została przyjęta na poziomie 45 tys. km rocznie.

W tabeli 5 przedstawiono planowane zmiany struktury taboru w wariantach konwencjonalnym, natomiast w tabelach 6 i 7 – w wariantach elektrycznym 1 oraz elektrycznym 2. W tabelach 5, 6 i 7 przeanalizowano zmiany struktury taboru komunikacji miejskiej – bez uwzględniania pojazdów przeznaczonych do realizacji innych przewozów.

W każdym wariantach założono, że nabywane pojazdy będą fabrycznie nowe, niskopodłogowe w kolorystyce miejskiej, a ich wyposażenie będzie obejmować co najmniej klimatyzację całopojazdową, przyklęk i miejsce na wózek, zapowiedzi głosowe przystanków, Wi-Fi, ładowarki USB oraz systemy: elektronicznej informacji pasażerskiej, pobierania opłat i dystrybucji biletów oraz monitoringu.

Liczbę pasażerów oraz przychody z biletów przyjętych we wszystkich wariantach oszacowano na podstawie danych MZK sp. z o.o. z lat 2017-2020 oraz prognozy na 2021 r., z uwzględnieniem skutków ograniczeń wprowadzonych w związku z ogłoszeniem stanu epidemii.

**Tab. 5. Harmonogram wymiany taboru elektrycznej komunikacji miejskiej w latach 2021-2036 w wariantie konwencjonalnym**

Lp.	Typ taboru – napęd	Rozpatrywany rok															
		2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
<b>1</b>	<b>Autobusy ON klasyczne</b>																
1a	Zakup/wycofanie	-/2	2/2	3/3	3/3	3/3	2/2	4/4	4/4	1/1	2/2	2/2	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
1b	Stan na koniec roku	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
<b>2</b>	<b>Autobusy ON hybrydowe</b>																
2a	Zakup/wycofanie	2/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
2b	Stan na koniec roku	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
<b>3</b>	<b>Autobusy elektryczne</b>																
3a	Zakup/wycofanie	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
3b	Stan na koniec roku	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>4</b>	<b>Ogółem stan taboru na koniec roku</b>																
5	Razem emisyjne	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
6	Zeroemisyjne	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6a	Udział we flocie [%]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	Średni wiek floty [lat]	11,2	11,3	11,2	10,6	9,8	9,2	9,2	8,0	7,0	7,4	7,4	8,2	9,2	10,2	11,2	12,2

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych MZK sp. z o.o.



**Tab. 6. Harmonogram wymiany taboru elektrycznej komunikacji miejskiej w latach 2021-2036 w wariantcie elektrycznym 1**

Lp.	Typ taboru – napęd	Rozpatrywany rok															
		2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
<b>1</b>	<b>Autobusy ON klasyczne</b>																
1a	Zakup/wycofanie	-/2	-/4	2/2	-/3	2/2	2/2	-/3	4/4	2/2	2/2	2/2	-/	-/	-/	-/	-/
1b	Stan na koniec roku	26	22	22	19	19	19	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
<b>2</b>	<b>Autobusy ON hybrydowe</b>																
2a	Zakup/wycofanie	2/-	-/	-/	-/	-/	-/	-/	-/	-/	-/	-/	-/	-/	-/	-/	-/
2b	Stan na koniec roku	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
<b>3</b>	<b>Autobusy elektryczne</b>																
3a	Zakup/wycofanie	-/	4/-	-/	3/-	-/	-/	4/-	-/	-/	-/	-/	-/	-/	-/	-/	-/
3b	Stan na koniec roku	0	4	4	7	7	7	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
<b>4</b>	<b>Ogółem stan taboru na koniec roku</b>																
5	Razem emisyjne	34	30	30	27	27	27	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
6	Zeroemisyjne	0	4	4	7	7	7	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
6a	Udział we flocie[%]	0,0	11,8	11,8	20,6	20,6	20,6	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4
7	Średni wiek floty [lat]	11,2	11,3	10,2	10,1	9,3	9,3	9,3	8,4	7,5	7,3	7,3	7,2	8,2	9,2	10,2	11,2

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych MZK sp. z o.o.

**Tab. 7. Harmonogram wymiany taboru elektrycznej komunikacji miejskiej w latach 2021-2036 w wariantcie elektrycznym 2**

Lp.	Typ taboru – napęd	Rozpatrywany rok															
		2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
<b>1</b>	<b>Autobusy ON klasyczne</b>																
1a	Zakup/wycofanie	-/2	-/4	2/2	-/3	2/2	2/2	-/4	4/4	1/1	2/2	2/2	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
1b	Stan na koniec roku	26	22	22	19	19	19	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
<b>2</b>	<b>Autobusy ON hybrydowe</b>																
2a	Zakup/wycofanie	2/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
2b	Stan na koniec roku	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
<b>3</b>	<b>Autobusy elektryczne</b>																
3a	Zakup/wycofanie	-/-	4/-	-/-	3/-	-/-	-/-	4/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
3b	Stan na koniec roku	0	4	4	7	7	7	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
<b>4</b>	<b>Ogółem stan taboru na koniec roku</b>																
5	Razem emisyjne	34	30	30	27	27	27	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
6	Zeroemisyjne	0	4	4	7	7	7	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
6a	Udział we flocie[%]	0,0	11,8	11,8	20,6	20,6	20,6	32,4	32,4	32,4	32,4	32,4	32,4	32,4	32,4	32,4	32,4
7	Średni wiek floty [lat]	11,2	11,3	10,2	10,1	9,3	9,3	9,4	8,1	7,1	7,5	7,5	7,4	8,4	9,4	10,4	11,4

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych MZK sp. z o.o.

W Ełku tabor komunikacji miejskiej jest w zróżnicowanym wieku, około 2/5 jednostek taborowych jest stosunkowo nowych, w tym część z licznymi udogodnieniami dla pasażerów. Można więc przypuszczać, że zamiana części autobusów z silnikami Diesla na pojazdy elektryczne, nie będzie w najbliższych latach skutkowała efektem w postaci zwiększonego zainteresowania mieszkańców podrózkami komunikacją miejską – z tytułu znaczącego unowocześnienia eksploatowanego taboru. Okres kilku lat po uchyleniu stanu pandemii będzie okresem stopniowego powrotu mieszkańców do korzystania z pojazdów transportu publicznego.

W analizie uwzględniono gęstość zaludnienia obszaru obsługiwanego ełcką komunikacją miejską. Średnia gęstość zaludnienia miasta Ełku – wg stanu na koniec 2020 r. – wynosiła 2 941 osób/km<sup>2</sup>. Średnia gęstość zaludnienia na koniec 2020 r. wynosiła według GUS w Polsce 122 osoby/km<sup>2</sup>, a w miastach – 1 038 osób/km<sup>2</sup>. Średnia gęstość zaludnienia w województwie warmińsko-mazurskim wynosiła 59 osób/km<sup>2</sup>.

W tabeli 8 przedstawiono wskaźniki krotności – o ile razy większa jest gęstość zaludnienia w obszarze obsługiwanym liniami miejskimi ełckiej komunikacji miejskiej (obszar miasta) w stosunku do średniej dla całego obsługiwanego obszaru, miast w Polsce i terenu całej Polski oraz wskaźniki wzrostu – o ile procent jest wyższa gęstość zaludnienia w obszarze obsługiwanym liniami miejskimi w porównaniu do średniej gęstości zaludnienia w polskich miastach. Wskaźniki te uwzględniono w wycenie wpływu emisji substancji szkodliwych innych niż gazy cieplarniane na zdrowie i życie mieszkańców w analizie kosztów i korzyści w dalszej części opracowania.

**Tab. 8. Parametry i wskaźniki dotyczące ludności i powierzchni Ełku na tle kraju i miast w kraju – stan na 31 grudnia 2020 r.**

Parametry charakteryzujące Ełk			Wskaźniki		
liczba mieszkańców [tys.]	powierzchnia [km <sup>2</sup> ]	gęstość zaludnienia [osób/km <sup>2</sup> ]	krotności w stosunku do		wzrostu wobec miast w Polsce [%]
			miast w Polsce	Polski	
61,90	21,05	2 941	2,87	24,0	187

Źródło: dane Banku Danych Lokalnych GUS.

Dane zaprezentowane w tabeli 8 wskazują, że gęstość zaludnienia Ełku jest znacznie wyższa niż przeciętna dla kraju (24-krotnie) i miast w kraju (2,9-krotnie), a więc liczba mieszkańców narażonych na tzw. niską emisję, w tym pochodzącą z zanieczyszczeń ze środków transportu, jest także w Ełku proporcjonalnie większa niż przeciętnie w Polsce.

Emisja zanieczyszczeń w obszarach o tak dużej gęstości zaludnienia wpływa więc w większym stopniu na stan zdrowia mieszkańców, niż przeciętna emisja zanieczyszczeń z oddalonych

od ośrodków miejskich dużych elektrowni, nawet jeśli ich paliwem jest węgiel brunatny lub kamienny.

### **6.5. Wybór linii do obsługi taborem zeroemisyjnym oraz optymalnej pojemności baterii do autobusów**

W ramach programu stymulowania rynku projektowania, produkcji i sprzedaży polskich pojazdów elektrycznych na potrzeby transportu publicznego przeprowadzono cykl warsztatów mających na celu wypracowanie księgi dobrych praktyk w zakresie elektromobilności w transporcie miejskim. Warsztaty te współorganizowały: Ministerstwo Rozwoju, Ministerstwo Energii, Polski Fundusz Rozwoju i Izba Gospodarcza Komunikacji Miejskiej.

Przedstawiciele miast i operatorów zainteresowanych elektromobilnością w transporcie miejskim zobligowano do zdefiniowania przesłanek, dla których reprezentowane przez nich samorządy decydują się wprowadzać do eksploatacji w transporcie miejskim autobusy elektryczne (warsztaty odbywały się w czasie, kiedy nie obowiązywała jeszcze ustawa o elektromobilności, której zapisy obligują samorządy do określonych działań).

Uzyskane odpowiedzi wskazały na cztery grupy przesłanek:

- środowiskowe (ekologiczne);
- społeczne;
- wizerunkowe (prestż, innowacyjność);
- ekonomiczne.

Niemal we wszystkich miastach reprezentowanych w warsztatach zaplanowano wykorzystanie autobusów elektrycznych do uruchomienia nowych połączeń. Miałyby one obejmować ściśle centra miast i osiedla o gęstej zabudowie mieszkaniowej, co byłoby istotą kampanii promujących nowe linie. Pomimo to zakładano, że autobusy elektryczne obsługiwać będą przede wszystkim już istniejącą sieć linii. Zastrzegano przy tym, że kształt tej sieci może, a nawet i powinien ewoluować, np. pod wpływem wyników badań marketingowych, które powinny stanowić jedną z determinant podejmowania decyzji o alokacji pojazdów elektrycznych na poszczególnych zadaniach przewozowych.

Za środowiskowy cel wprowadzenia autobusów elektrycznych uznano zmniejszenie lokalnej emisji spalin oraz poziomu hałasu.

Przesłanki środowiskowe silnie wiążą się z przesłankami społecznymi – niższa emisja hałasu emitowanego przez autobusy elektryczne oraz brak spalin, stanowią ważny argument za wprowadzeniem komunikacji autobusowej do ścisłych centrów miast, wewnątrz stref uzdrowiskowych i innych miejsc, w których nie ma zgody społecznej na eksploatację autobusów z napędem konwencjonalnym. Zauważalne i kompleksowe unowocześnienie taboru komunikacji

miejskiej – związane z wprowadzeniem do eksploatacji autobusów elektrycznych – skutkuje także zwiększeniem akceptacji społecznej dla restrykcji wobec motoryzacji indywidualnej.

Przedstawiciele największych miast wyrazili przekonanie, że ze względu na relatywnie wysoki koszt zakupu autobusów elektrycznych, ich eksploatacja ułatwi też przeforsowanie pasów ruchu przeznaczonych wyłącznie dla autobusów (bądź autobusów i tramwajów). Pojazdy te są bowiem zbyt drogie w zakupie, aby zamiast przewozić możliwie najwięcej pasażerów, tkwiły w zatorach drogowych.

Wraz z wprowadzeniem autobusów elektrycznych do systemów transportowych, zwiększa się prestiż miasta oraz wzrasta jakość usług transportu miejskiego postrzegana przez jego mieszkańców (także tych niekorzystających w ogóle z komunikacji miejskiej). W rezultacie transport zbiorowy staje się bardziej konkurencyjny w stosunku do samochodu osobowego, zaś nowe środki transportu w większym stopniu zachęcają mieszkańców do korzystania z oferty komunikacji miejskiej.

Autobus elektryczny może być też dobrym sposobem na wprowadzenie lub poszerzenie zakresu obsługi komunikacyjnej opartej na drugiej trakcji (elektrycznej) w miastach, w których są takie ambicje.

Zewnętrzne finansowanie zakupów taboru ma podstawowe znaczenie dla rozwoju elektromobilności w transporcie miejskim, gdyż – w określonych uwarunkowaniach – koszty bieżącej eksploatacji bateryjnych autobusów elektrycznych w stosunku do pojazdów z napędem spalinowym są niższe.

Samorządy i operatorzy mają też świadomość, iż pewne cechy autobusów elektrycznych, wynikające z ich napędu i jego charakterystyki, stwarzają określone bariery w przeznaczaniu danej linii do obsługi tym rodzajem taboru. Autobusy elektryczne zasilane z baterii nie nadają się do obsługi linii o trasach wyznaczonych drogami o podwyższonej prędkości przejazdu dotyczącej autobusów (np. drogami ekspresowymi, wykorzystywanymi przez linie pospieszne), gdyż w takich warunkach zużycie energii elektrycznej bardzo mocno się zwiększa.

Z punktu widzenia producentów taboru, główne przesłanki wprowadzenia autobusów elektrycznych do obsługi danego połączenia lub sieci połączeń, zdefiniowano następująco:

- funkcjonowanie na danym obszarze (mieście lub jego rejonie) komunikacji tramwajowej bądź trolejbusowej, umożliwiające wpięcie się z infrastrukturą zasilającą w już istniejący system – korzyścią jest brak konieczności budowy kosztownego przyłącza do stacji ładującej;

- lokalne wspieranie odnawialnych źródeł energii (OZE) – z założenia autobusy elektryczne powinny być „eko”, czego nie można w pełni osiągnąć, gdy energia wprowadzana do systemu wytwarzana jest z wykorzystaniem paliw konwencjonalnych, np. w uciążliwej lokalnie elektrowni węglowej;
- zdecydowana preferencja dla krótkich tras, z przerwami na doładowanie na punktach krańcowych.

Efektom sesji warsztatowych programu były określone rekomendacje w zakresie alokacji autobusów elektrycznych na liniach komunikacyjnych w zależności od charakteru tras – pojazdy takie mogą być przeznaczane do obsługi danej linii przede wszystkim w sytuacji, gdy:

- obejmuje ona obszary miejskie o intensywnej zabudowie wielorodzinnej – ze względu na brak emisji hałasu, szczególnie dotkliwego wśród wysokich i gęsto rozlokowanych budynków;
- występuje duża intensywność dobowego i rocznego wykorzystania taboru – środki transportu o wysokich kosztach stałych powinny być eksploatowane w sposób maksymalnie intensywny (dominantę stanowiły wartości od 65 do 80 tys. wozokilometrów rocznie w przeliczeniu na pojazd w inwentarzu, aczkolwiek próg opłacalności eksploatacji elektrobusów wyznaczono na 100 tys. wozokilometrów rocznie – zauważając przy tym, że obecny poziom techniki poważnie utrudnia lub nawet uniemożliwia jego osiągnięcie);
- ma miejsce wysoka dostępność przestrzenna przystanków – cechy techniczno-eksploatacyjne elektrobusów predestynują je do obsługi linii o dużej gęstości przystanków;
- trasa ma względnie płaski profil pionowy – przy obecnym zaawansowaniu i sprawności procesu rekuperacji powinno się preferować linie bez znacznych deniwelacji w przebiegu trasy;
- linia stanowi element systemu skoordynowanej obsługi obszaru zurbanizowanego wieloma liniami – wymagane synchronizacją rozkładów jazdy dłuższe postoje wyrównawcze na pętlach mogą być dzięki temu efektywnie wykorzystane na doładowanie zasobników energii;
- jest ona podatna na kongestię drogową – jej trasa charakteryzuje się dużą liczbą zatrzymań autobusów pomiędzy przystankami i niewielką prędkością jazdy pomiędzy tymi zatrzymaniami;
- niska prędkość techniczna zdeterminowana jest także przyczynami innymi niż kongestia (np. przebieg trasy przez strefy ograniczonego ruchu – z pierwszeństwem pieszych i rowerzystów, obszary uspokojonego ruchu „Tempo 30” i inne);
- przebieg trasy obejmuje planowane przyszłe strefy ekologiczne dla pojazdów mechanicznych (w szczególności okolice obiektów zabytkowych).

Kierując się powyższymi przesłankami, można nakreślić scenariusz wprowadzania pojazdów zeroemisyjnych do obsługi poszczególnych zadań przewozowych w sieci komunikacyjnej elektrycznej komunikacji miejskiej.

Celem, jaki Miasto zamierza osiągnąć określonym wyborem linii, jest ograniczenie wykorzystania autobusów z napędem spalinowym w centralnej części Ełku oraz w największych osiedlach mieszkaniowych. Liniami komunikacyjnymi, które byłyby odpowiednie do obsługi taborem zeroemisyjnym, powinny być więc takie, których trasa w głównej mierze obejmuje centralną część miasta, o gęstej zabudowie mieszkaniowej.

W opracowanej w 2018 r. „Analizie kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem, przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej, autobusów zeroemisyjnych” nie wskazano linii przeznaczonych do obsługi taborem zeroemisyjnym.

W Analizie tej przyjęto do porównań wariant inwestycyjny, w którym założono do 2028 r. zakup łącznie 10 autobusów z bateryjnym napędem elektrycznym, doładowywanych na pętłach ładowarkami szybkimi oraz uzupełniająco ładowarkami zajezdniowymi mocy 40-80 kW. W dokumencie nie wskazano jednak miejsc lokalizacji ładowarek pantografowych, określając jedynie ich moc jako 200 kW.

W bieżącej analizie kosztów i korzyści w obydwu wariantach elektrycznych docelowa liczba bateryjnych autobusów elektrycznych to 11 pojazdów, co przy ok. 25% rezerwie, odpowiada 7 autobusom w ruchu.

Jak przedstawiono w rozdziale 3, w elektrycznej komunikacji miejskiej wyróżnia się dwie linie podstawowe – 8 i 12 oraz siedem linii uzupełniających: 2, 3, 4, 5, 6, 7 i 14.

Trasa linii 8 prowadzi z pętli Konieczki ulicami: mjr. Piwnika „Ponurego”, mjr. Dobrzańskiego, Witosa, gen. Sikorskiego, następnie wzdłuż brzegu jeziora Ełckiego – ulicami Wojska Polskiego i Kilińskiego przez osiedle Bogdanowicza i dalej ul. Grajewską oraz ulicami Jana Pawła II i św. M. Kolbego przez osiedle Jeziorna. Końcowy fragment trasy poprowadzono ul. Baranki przez os. Baranki do pętli Szpital przy szpitalu miejskim „Pro-Medica” w Ełku sp. z o.o. Wybrane kursy linii 8 zostały wydłużone do miejscowości Barany, położonej przy południowo-wschodniej granicy miasta. Ponadto, część kursów funkcjonuje w wariantcie skróconym, do pętli Jeziorna na skraju osiedla Jeziorna. Trasa linii 8 obejmuje swoim zasięgiem najważniejsze osiedla w mieście, przebiega też przez centrum Ełku, nie obejmuje jednak rejonu dworców autobusowego i kolejowego.

Pętla Konieczki i Szpital łączy także linia 7, której trasa przebiega w początkowej i końcowej części po trasie linii 8. Trasa linii 7 z ul. gen. Sikorskiego skierowana jest ulicami Gdańską, Mickiewicza i Dąbrowskiego w rejon dworców autobusowego i kolejowego, a następnie



ul. Kościuszki prowadzi do ul. Wojska Polskiego. Linia 7 obsługuje także osiedle przy ul. Kochanowskiego, natomiast fragment trasy przez os. Szyba jest identyczny jak na linii 8. Wybrane kursy linii 7 w skróconym wariantcie trasy, podobnie jak linii 8, skierowane są do pętli Jeziorna.

Autobusy linii 12 rozpoczynają swój bieg na pętli przy Zakładach Mięsnym. Trasa linii prowadzi następnie ulicami Suwalską i Dąbrowskiego do dworców autobusowego i kolejowego, skąd ul. Armii Krajowej dociera do ul. Wojska Polskiego. Dalszy odcinek trasy pokrywa się z trasą linii 8. Przeciwległy kraniec linii, w zależności od wariantu, wyznaczono – podobnie jak dla linii 8 – na pętli przy szpitalu miejskim lub przy ul. Jeziornej. W okresie wakacyjnym, dwoma kursami w soboty i niedziele, trasa linii 12 jest przedłużona z pętli Zakłady Mięsne ulicami: Przemysławą i Podmiejską do pętli Szeligi na jeziorze Selmęt Wielki.

Linia 1 ma charakter podmiejskiej, łącząc pętlę Zakłady Mięsne z miejscowością Mrozy Wielkie w gminie Ełk. W granicach miasta Ełku trasa tej linii od pętli Zakłady Mięsne do ul. Grajewskiej, jest identyczna z trasą linii 12. Następnie trasę linii 1 wytyczono ul. Kolejową, z przystankami bezpośrednio przy przystanku kolejowym Ełk Szyba Zachód i jednocześnie w niewielkiej odległości od przystanku kolejowego Ełk Szyba Wschód. Dalszy odcinek trasy linii poprowadzono ulicami Sielską i Wczasową. Poza granicami miasta trasę linii wyznaczono w kierunku południowo-wschodnim – przez Regiel do miejscowości Kałużyny, a następnie w kierunku północno-zachodnim – przez Regielnicę do miejscowości Mrozy Wielkie, położonej nad jeziorem Selmęt Wielki. Część kursów linii 1 kończy się na os. Wczasowym, nie przekraczając granic miasta, zaś ostatni kurs wieczorny zakończony jest na ul. Dąbrowskiego, przy dworcu autobusowym w Ełku.

Linia 2, także podmiejska, łączy ełckie Zakłady Mięsne z miejscowością Woszczele. Przez miasto Ełk trasa linii poprowadzona jest ulicami: Suwalską, Mickiewicza i marsz. Piłsudskiego, a następnie ul. gen. Sikorskiego i 11 Listopada. Poza granicami miasta trasa linii 2 przebiega drogą wojewódzką nr 656 przez Siedliska i Chrzanowo do Woszczeli. Pierwszy kurs poranny jest skrócony i w kierunku miejscowości Woszczele rozpoczyna się z ul. Mickiewicza.

Linia 3 jest podmiejską, o wielowariantowym przebiegu trasy. Rozpoczyna się ona na pętli Zakłady Mięsne i przez miasto przebiega ulicami Suwalską i Dąbrowskiego do dworców kolejowego i autobusowego. Następnie trasa linii 3 poprowadzona jest ulicami Armii Krajowej i Wojska Polskiego do os. Północ I oraz ul. Kajki przez os. Północ II. Poza obszarem miasta podstawowy wariant trasy obejmuje miejscowości: Wityny, Oracze i Straduny. Część kursów skierowana jest do miejscowości Piaski i Sajzy, część kursów obejmuje wsie Krokocie i Płociczno oraz Janisze i Chojniak, a wybrane kursy łączą Ełk z Malinówką Wielką. Jedna para

kursów łączy Zakłady Mięsne i miejscowość Szeligi, ulicami: Przemysłową, Podmiejską i Zieloną, a poranny kurs do miejscowości Chojniak rozpoczyna się od przystanku przy ul. Dąbrowskiego, na wysokości dworca kolejowego.

Linia 4 także ma charakter podmiejskiej. Jej trasa z pętli Zakłady Mięsne do ul. Wojska Polskiego jest zbieżna z trasą linii 3, dalej jednak linia 4 skierowana jest do granicy miasta przez dzielnice południowe, ulicami: Wojska Polskiego, Kilińskiego, Grajewską, Jana Pawła II i św. M. Kolbego. Poza granicami miasta trasa linii poprowadzona jest drogą krajową nr 65 do Nowej Wsi Ełckiej. Jeden z kursów porannych skierowany jest z pętli Zakłady Mięsne do miejscowości Szeligi i z powrotem ulicami: Przemysłową, Podmiejską i Zieloną (jest to odpowiednik kursu popołudniowego realizowanego w ramach linii 3), a kurs ostatni z Nowej Wsi Ełckiej kończy się przy dworcach autobusowym i kolejowym.

Linia 5 jest także podmiejską, z mocno zróżnicowanym przebiegiem w zależności od godziny realizowanego kursu. Przebieg trasy linii 5 w granicach miasta jest odmienny od pozostałych linii i prowadzi z pętli Konieczki ulicami: gen. Bora-Komorowskiego, mjr. Piwnika „Ponurego” i mjr. Dobrzańskiego do ul. Witosa, a następnie przez osiedle Północ I ulicami: gen. Sikorskiego, Wojska Polskiego i Armii Krajowej. Dalszy fragment trasy prowadzi ul. Dąbrowskiego przy dworcach autobusowym i kolejowym i ul. Suwalską do pętli przy Zakładach Mięsnych przy granicy miasta. Wykonywany jest także kurs poranny z ominięciem ul. Armii Krajowej i obu dworców, ulicami Kilińskiego i Przemysłową do ul. Suwalskiej. Poza miastem występują dwa warianty przebiegu trasy linii 5, z krańcem wyznaczonym w miejscowości Chełchy. W rozkładzie jazdy zaprojektowano kursy z obsługą miejscowości Przykopka lub wsi Sędki i Lega.

Linia 6 łączy pętlę przy szpitalu miejskim z północnymi dzielnicami miasta, osiedlem domków jednorodzinnych w Siedliskach i ogrodami działkowymi w miejscowości Konieczki. Pomimo że jej trasa wykracza poza miasto Ełk, linia ta ma charakter połączenia wewnątrzmiastowego. Trasa linii 6 ze szpitala miejskiego prowadzi przez osiedle Baranki i osiedle Jeziorna do ul. Grajewskiej, a następnie ul. Kilińskiego do ul. Wojska Polskiego. Ten fragment trasy pokrywa się z trasą linii 8. Przejazd przez centrum miasta realizowany jest ulicami: Mickiewicza, Gdańską i Sikorskiego. Następnie trasa tej linii okrąży osiedle Północ I ulicami: Kajki, Tuwima oraz 11 Listopada i po powrocie na ul. Kajki, skierowana jest do północnej części miasta. Większość kursów kończy swoją trasę na osiedlu Bajkowym w Siedliskach, a wybrane skierowano do pętli przy ogrodach działkowych na granicy wsi Konieczki i Wityny. Ponadto, kursy poranne i wieczorne nie obejmują szpitala, tylko są skrócone do pętli przy ul. Jeziornej.

Linia uzupełniająca 14 łączy przystanek w Siedliskach z pętlą przy ul. Jeziornej, omijając jednak centrum Ełku i obsługując w zamian obszary peryferyjne miasta. Początkowy przebieg

trasy linii jest identyczny jak linii 6, od krańca w Siedliskach przez osiedle Tuwima i rondo na ul. 11 Listopada do ul. gen. Sikorskiego. Dalej jednak trasa linii 14 skierowana jest do osiedla Konieczki i poprowadzona ulicami: Bahrkego, Kolonia, gen. Bora-Komorowskiego – z zjazdem na pętlę Konieczki, mjr. Piwnika „Ponurego”, mjr. Dobrzańskiego i ul. Witosa. Następnie trasa tej linii przebiega ulicami Łukasiewicza i Suwalską do pętli Zakłady Mięsne, skąd prowadzi do cmentarza komunalnego i strefy ekonomicznej, ulicami: Przemysłową, Krzemową, Towarową i Strefową. Dalszy odcinek trasy poprowadzony jest ul. Przemysłową do ul. Gajewskiej, przez os. Szyba do pętli przy ul. Jeziornej. Wybrane kursy przedłużone są do pętli przy szpitalu miejskim. Wybrane kursy linii wydłużone są do miejscowości Straduny przez Oracze, Płociczno i Krokocie.

Charakterystyczną cechą ełckiej komunikacji miejskiej jest projektowanie rozkładów jazdy dla wszystkich linii podstawowych i uzupełniających jak dla linii okrężnych, z tylko jedną pętlą wyrównawczą, pomimo że na wszystkich liniach możliwe jest wyznaczenie dwóch takich pętli w każdym wariantcie trasy. Dla linii: 1, 2, 3, 4 i 12 podstawową jest pętla Zakłady Mięsne, dla linii 5, 7 i 8 – pętla Konieczki, a dla linii 6 i 14 – pętla Siedliska.

Linie podstawowe, jako najintensywniej funkcjonujące, powinny być przeznaczone do elektryfikacji w pierwszej kolejności.

Wybór linii do obsługi przez autobusy elektryczne determinuje lokalizację stanowisk do ładowania szybkiego. Najwięcej linii spośród połączeń potencjalnie przeznaczonych do elektryfikacji, korzysta z pętli autobusowej Zakłady Mięsne; łącznie w dniu roboczym przewidziano w rozkładach jazdy ponad 60 zatrzymań autobusów na tym przystanku. Na opisywanej pętli można byłoby doładowywać pojazdy obsługujące linię podstawową 12 oraz linie uzupełniające: 1, 2, 3 i 4.

Bardzo dużą liczbą zatrzymań charakteryzuje się także pętla Konieczki – ponad 50 w dniu roboczym. Stacja ładowania na tej pętli mogłaby obsługiwać linię podstawową 8 oraz linie uzupełniające 5 i 7.

Na przystankach w Siedliskach wyznaczonych jest już tylko 25 zatrzymań, ale jest to główny kraniec dla linii uzupełniających 6 i 14.

Pętla Zakłady Mięsne zlokalizowana jest w rejonie przemysłowym, nie wymagałaby więc poniesienia znacznych nakładów inwestycyjnych na sieci zasilające.

Atutem lokalizacji stacji ładowania pojazdów na pętli Konieczki byłoby jej umiejscowienie wewnątrz dużego osiedla mieszkaniowego, zatem elektryfikacja korzystających z nich linii zdecydowanie zmniejszyłaby uciążliwość publicznego transportu zbiorowego dla mieszkańców, szczególnie podczas oczekiwania na odjazdy i ruszania z przystanków. Podobne argumenty przemawiają za lokalizacją stacji ładowania autobusów na jednej z pętli w rejonie os. Baranki.

Lokalizacja stacji ładowania w rejonie ul. Jana Pawła II (pętla Jeziorna) wymagałaby znaczącej przebudowy pętli, z wykupem dodatkowych gruntów, a obecne jej usytuowanie koliduje z przyszłym przebiegiem przedłużenia ul. Jana Pawła II, natomiast lokalizacja stacji ładowania na pętli Szpital wiązałaby się z koniecznością uzyskania zgody obcej jednostki na poniesienie nakładów finansowych na jej terenie – wymaga to więc dalszych analiz. W przypadkach obydwu tych pętli obsługiwane linie korzystają z nich jedynie w części kursów, wymagane byłoby więc takie przekonstruowanie rozkładów jazdy, aby autobusy mogły zatrzymywać się na nich na doładowanie co maksymalnie dwa lub trzy pełne kółka lub – najlepiej – po wykonaniu każdej pary kursów tam i z powrotem.

Wybór lokalizacji stanowisk do budowy stacji ładowania szybkiego zostanie zdeterminowany przez wybór linii do obsługi taboru zeroemisyjnym oraz ewentualnymi zmianami w przebiegu tras i częstotliwości kursowania autobusów.

Brak wspólnej, rytmicznej częstotliwości kursowania pojazdów poszczególnych linii utrudnia wprowadzenie do ruchu autobusów elektrycznych ładowanych na pętlach, w obecnym kształcie oferty przewozowej elektrycznej komunikacji miejskiej. Działaniem poprzedzającym rozpoczęcie obsługi komunikacji miejskiej autobusami elektrycznymi powinna więc być odpowiednia przebudowa rozkładów jazdy – umożliwiająca wprowadzenie częstotliwości modułowych funkcjonowania poszczególnych linii i tym samym wyznaczenie postojów wyrównawczych na obu krańcach w każdym realizowanym wariantcie trasy. Istotnym elementem przy tej przebudowie powinno być również wprowadzenie wzajemnej koordynacji rozkładów jazdy poszczególnych linii na wspólnie obsługiwanych odcinkach tras, umożliwiającej na wybranych pętlach zmiany w przypisaniu pojazdów do linii. Działania te sprowadzają się do tego, aby postój autobusów na pętlach ograniczyć do czasu niezbędnego na ich naładowanie i wskutek tego zmniejszyć liczbę koniecznych do ekspediowania na trasy autobusów oraz aby zadania dla kierowców były optymalne pod kątem długości określonych przepisami przerw socjalnych.

Przy poszukiwaniu możliwości wprowadzenia do eksploatacji taboru elektrycznego, w pierwszej kolejności rozpatrywane powinno być rozwiązanie polegające na instalacji stacji szybkiego ładowania autobusów na pętli Zakłady Mięsne, która stanowi przystanek początkowo-końcowy aż dla 8 linii autobusowych. Drugą taką lokalizacją jest pętla Konieczki – obsługująca 6 linii.

Na innych pętlach autobusowych liczba kursów autobusów, a tym samym potencjalnych przerw umożliwiających ładowanie autobusów, jest zdecydowanie mniejsza, co zmniejsza celowość zapewniania możliwości ładowania w tych miejscach.

W analizie kosztów i korzyści z 2018 r. założono zastosowanie do ładowania autobusów ładowarek małej mocy (40-80 kW) w zajezdni autobusowej oraz pantografowych średniej

mocy (200 kW) – na największych pętlach obsługujących linie miejskie. W dokumencie nie wskazano jednak linii komunikacyjnych przeznaczonych do obsługi taboru zeroemisyjnym, nie wskazano także miejsc lokalizacji ładowarek na konkretnych pętlach autobusowych.

Z zapisów art. 12 ust. 1 pkt 8 ustawy o ptz wynika konieczność jednoznacznego wskazania linii komunikacyjnych, na których przewidywane jest wykorzystanie pojazdów elektrycznych lub pojazdów napędzanych gazem ziemnym. Zgodnie z art. 12 ust. 2a przywołanej ustawy, przy opracowywaniu planu transportowego gminy należy uwzględnić również wyniki analizy, o której mowa w art. 37 ust. 1 ustawy z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych, sporządzonej przez tę gminę. Wymagane wskazanie w planie transportowym linii do elektryfikacji powinno więc wynikać wprost z analizy kosztów i korzyści.

W kontekście powyższych rozważań, niezależnie od sugerowanej elektryfikacji poszczególnych zadań przewozowych, połączonych wspólnym obiegiem taboru na różnych liniach, proponuje się w niniejszej analizie, aby przydział linii do obsługi taboru zeroemisyjnym oraz lokalizacja stacji ładowania szybkiego, przedstawiały się następująco:

- w pierwszej kolejności – linie: podstawowa 8 oraz uzupełniająca 7, ze stacją ładowania szybkiego na pętli Konieccki, z dwoma stanowiskami do ładowania;
- w drugiej kolejności – linia 12 oraz uzupełniająco zindywidualizowane linie 11 i 13, korzystające ze stacji ładowania na pętli Zakłady Mięsne;
- w trzeciej kolejności – linia 6 z dodatkową stacją ładowania szybkiego na jednej z pętli w rejonie os. Baranki;
- w czwartej kolejności – w miarę potrzeb kolejne linie oraz dodatkowe stanowiska lub stacje ładowania szybkiego, w zależności od przyszłego układu sieci linii, częstotliwości kursowania oraz długości tras linii.

Przy założeniu stosowania zasady częstych zmian w przypisaniu pojazdów do linii w skali dnia – zapewniającej wymierne korzyści eksploatacyjne – konieczne byłoby takie przeprojektowanie rozkładów jazdy, aby każdy autobus co maksymalnie dwa lub trzy pełne kółka przy krótszych trasach linii, albo co kółko przy dłuższych trasach linii, znalazł się na pętli z ładowarką.

Jak już zasygnalizowano wcześniej, zaleca się również modyfikację rozkładów jazdy – wprowadzającą bardziej rytmiczne kursowanie autobusów, niezależnie od skali oferowanej podaży usług przewozowych. Takie działanie nie tylko ułatwi przemieszczanie się pasażerów po Ełku, ale też zdecydowanie ułatwi zaplanowanie doładowania pojazdów elektrycznych na poszczególnych pętlach.

Przeciętna długość kółka (lub pojedynczego kursu okrężnego) jest dla linii ełckiej komunikacji miejskiej bardzo zróżnicowana i zależy od skomplikowania rozkładu jazdy danej linii i obsługiwanego przez nią obszaru.

Dla większości linii, których trasa zawiera się w granicach miasta albo wykracza poza te granice w niewielkim zakresie, przeciętna długość kółka zawiera się w granicach 20-26 km, a długość dwóch kółek to ok. 50 km, co pozwala na projektowanie doładowań co dwie pary kursów lub rzadziej. W takim przypadku eksploatację autobusów elektrycznych można byłoby zaplanować praktycznie na każdym zadaniu, które przynajmniej co 2-3 kółka pojawia się na pętli z ładowarką szybką. Jedynie trasa linii 16 jest znacznie dłuższa i wymagałaby indywidualnego podejścia.

Zupełnie inna sytuacja występuje dla pozostałych linii, obsługujących obszar podmiejski. Trasy części z nich nie są zbyt długie, możliwe byłoby więc zaplanowanie ich doładowywania z ładowarek zainstalowanych na pętłach w mieście. Występują jednak linie, których długość kółka sięga nawet 40-50 km. Obsługa takich linii taborom zeroemisyjnym wymagałaby częstego ładowania, co znacznie utrudniałoby planowanie pracy taboru obsługującego sieć. W takim przypadku autobus elektryczny powinien pojawić się na pętli z ładowarką szybką po każdym kółku i mieć zaplanowaną odpowiednio długą przerwę na doładowanie.

Wraz z wyborem linii do obsługi taborom zeroemisyjnym należy także określić niezbędną pojemność baterii autobusu. Ciężar pakietu baterii o pojemności około 30 kWh wynosi w przybliżeniu 300 kg. Dla autobusu standardowego, ładowanego wyłącznie w zajezdni, w celu zapewnienia przebiegu 200 km, pakiet baterii pojazdowych (przy założeniu braku ogrzewania elektrycznego i zastosowaniu agregatu spalinowego) powinien posiadać pojemność nie mniejszą niż 300 kWh, co przekłada się na ciężar baterii rzędu 3 ton. W praktyce, z uwagi na zakres pracy baterii z reguły znacznie niższy niż nominalna pojemność baterii i ze względu na możliwość wystąpienia warunków ruchu gorszych niż typowe (kongestia, inne utrudnienia), wymagana byłaby jeszcze około 20-30% rezerwa pojemności baterii.

Właśnie takie rozwiązanie – baterie o pojemności użytecznej ponad 300 kWh w pojeździe 12-metrowym – zastosowano w testowych autobusach kilku marek. Pojazd MAN Lion's City 12E o nieco większej długości (12,2 m) wyposażony został w baterie o pojemności nominalnej 480 kWh oraz użytkowej 387 kWh, autobus Solaris Urbino Electric 12 wyposażono w wersji testowej w baterie o pojemności nominalnej 395 kWh, a użytkowej 316 kWh, z kolei autobus Yutong E12LF w zasobniki energii o pojemności użytecznej 374 kWh. Autobusy te nie są obecnie dostosowane do ładowania szybkiego na pętłach, uzupełnienie energii odbywa się w nich na terenie zajezdni, poprzez złącze plug-in. Przy przeciętnych warunkach pracy pojazdu (brak



wysokich temperatur powietrza, brak silnych mrozów, stosunkowo płaski teren) taka pojemność baterii powinna wystarczyć do obsługi całodziennych zadań w większości przypadków. Pomimo tego, zastosowanie ogrzewania elektrycznego w autobusach testowych, nie zapewnia w polskim klimacie, w trudnych warunkach użytkowania, pewności pokonania przez autobus 250-300 km bez konieczności doładowania (doświadczenia z testów w różnych miastach). Istotnym utrudnieniem jest występowanie silnych mrozów (co ma istotne znaczenie w Ełku z klimatem umiarkowanym zimnym o wyraźnym zaznaczonym kontynentalizmie, wskutek czego temperatury w mieście i jego okolicach należą do najniższych wśród nizinnych obszarów Polski), upałów albo też obsługa terenu o zróżnicowanej wysokości (zużyta energia na pokonanie różnicy wysokości jest odzyskiwana w niewielkim stopniu). Większe pojemności baterii stosuje się przeważnie tylko w autobusach przegubowych, np. Irizar ie bus 18 m obsługujący linię w Luksemburgu wyposażono w baterie o pojemności 525 kWh.

Opisany duży ciężar baterii wpływa na konieczność zmniejszenia maksymalnej pojemności pasażerskiej pojazdu – w celu nieprzekroczenia dopuszczalnych nacisków na oś pojazdu oraz dopuszczalnej masy całkowitej. Z tego względu operowanie pojazdami ładowanymi wyłącznie w zajezdni, nie jest zalecane.

Czas ładowania takiego pojazdu podczas nocnego postoju nie powinien przekraczać 6 godzin. Dla wymienionego powyżej autobusu MAN Lion's City 12E, przy założeniu 90% sprawności ładowania, moc ładowarki powinna wynosić ok. 72 kW. Zastosowana powinna więc być ładowarka jednostanowiskowa o mocy min. 80 kW albo dwustanowiskowa – o mocy 160 kW. Ładowarki zajezdniowe mogłyby być nieco mniejszej mocy, jeśli jednocześnie zainstalowana byłaby na terenie zajezdni ładowarka szybka (pantografowa) o mocy co najmniej 500 kW.

Opisanego rodzaju autobusy elektryczne, z uwagi na duży ciężar baterii, posiadają znacznie wyższą masę własną od pojazdów standardowych z napędem Diesla, czyli ponad 14 ton, co wpływa na konieczność zmniejszenia maksymalnej pojemności pasażerskiej pojazdu – w celu nieprzekroczenia dopuszczalnych nacisków na oś pojazdu oraz dopuszczalnej masy całkowitej. Większy ciężar pojazdu wymaga także dostosowania nawierzchni dróg i placów, szczególnie pętli z miejscem postoju pojazdu. Z tego względu operowanie pojazdami ładowanymi wyłącznie w zajezdni, nie zawsze jest zalecane.

W niniejszej analizie zaproponowano w wariantcie elektrycznym 1 zakup autobusów zeroemisyjnych z szybkim doładowaniem na pętlach, jako rozwiązanie o większej pewności poprawnego funkcjonowania w trudnych warunkach eksploatacyjnych. W wariantcie elektrycznym 2 zaproponowano alternatywnie zastosowanie zakupu autobusów z bateriami o dużej pojemności i z instalacją na terenie zajezdni ładowarek zajezdniowych o dużej mocy.



Zużycie energii przez przeciętny autobus elektryczny oraz trolejbus zależy jest nie tylko od nowoczesności zastosowanych rozwiązań (wyższa sprawność urządzeń, ograniczenie zwykłego zużycia energii przez nowe technologie), ale także od liczby zainstalowanych urządzeń korzystających z pokładowej energii elektrycznej. W eksploatowanych od wielu lat trolejbusach, pobór energii przez urządzenia pokładowe sięga nawet 35% całości jej zużycia. Dotyczy to nie tylko systemów funkcjonowania pojazdu (zasilanie w sprężone powietrze, wentylacja i klimatyzacja, oświetlenie wewnętrzne, obsługa autokomputera i urządzeń towarzyszących, łączność z serwerami i dyspozytorem itp.), ale także elementów informacji i obsługi pasażerskiej oraz komfortu przewozu i zapewnienia bezpieczeństwa. Znaczącymi odbiornikami energii w pojeździe elektrycznym są: system i wyświetlacze informacji pasażerskiej, w tym zapowiedzi głosowe kolejnych przystanków, monitoring, zasilanie automatu biletowego, systemy zliczania pasażerów, sieć Wi-Fi i porty USB, klimatyzacja przestrzeni pasażerskiej itd.

Zużycie energii przez pojazd elektryczny waha się w dość szerokich granicach, wynikających z warunków jazdy oraz z wyposażenia pojazdu. Przeciętne zużycie energii przez obecnie eksploatowane autobusy elektryczne w komunikacji miejskiej waha się od 0,9 do 1,4 kWh/km (dla autobusów przegubowych). Można przyjąć, że przy eksploatacji taboru 12-metrowego i przy standardowym dla łódzkiej komunikacji miejskiej wyposażeniu autobusu, bez ogrzewania elektrycznego i bez elektrycznej klimatyzacji, przy obsłudze obszarów o gęstej sieci ulic i w relatywnie trudnych warunkach ruchowych oraz specyfice klimatycznej miasta, średnie zużycie energii wyniesie ok. 1,15 kWh/km. Zużycie energii elektrycznej wzrasta, w okresach upałów, przy pracującej klimatyzacji, baterie pojazdu powinny więc posiadać pewien zapas pojemności, dla pokrycia zwiększonego zapotrzebowania na energię przy intensywnie pracującej klimatyzacji, nawet jeśli urządzenia klimatyzacyjne wspomagane są pompą ciepła.

Bardzo istotnym czynnikiem wpływającym na zużycie energii w eksploatowanych autobusach, jest ich system ogrzewania wnętrza w okresie zimowym. Ustawa o elektromobilności za autobus zeroemisyjny uznaje autobus, którego silnik nie emituje gazów cieplarnianych i innych substancji szkodliwych (art. 2 pkt 1), nie odnosząc się do innych systemów pokładowych. Autobusem zeroemisyjnym będzie więc także autobus z ogrzewaniem wnętrza z zastosowaniem oleju opałowego. Nagrzewnice olejowe zużywają nawet kilka dm<sup>3</sup> oleju na godzinę pracy, są więc dodatkowym źródłem emisji gazów cieplarnianych i emisji innych zanieczyszczeń do atmosfery. Autobus z takim systemem ogrzewania nie jest więc de facto w zimie zupełnie zeroemisyjny.

W niektórych autobusach i w trolejbusach stosuje się system elektrycznego ogrzewania wnętrza. Ten model ogrzewania wpływa jednak bardzo wyraźnie na wzrost zużycia energii

w zimie, szczególnie w autobusach z układem drzwi 2-2-2, nieposiadających możliwości indywidualnego ich otwierania przez pasażerów, wskutek szybkiego wychładzania wnętrza podczas postoju na przystankach.

Na podstawie wieloletnich doświadczeń z eksploatacji trolejbusów w Gdyni i w Lublinie, określone zużycie energii na ogrzewanie wnętrza pojazdu w mroźnej zimie, można szacować nawet do 0,9 kWh w przeliczeniu na każdy 1 km pokonywanej trasy. W ełckich warunkach ruchowych i klimatycznych należy przyjąć maksymalne zużycie energii przez autobus elektryczny klasy maxi z ogrzewaniem elektrycznym na poziomie  $1,15 + 0,75 = 1,9$  kWh w przeliczeniu na każdy 1 km trasy.

W tabeli 9 przedstawiono szacunkowe wyliczenia niezbędnej pojemności baterii dla autobusów kursujących na liniach podstawowych i uzupełniających, które powinny być w pierwszej kolejności przeznaczone do obsługi taboru zeroemisyjnym w ramach ich ewentualnej całkowitej elektryfikacji. Linie miejskie i pozostałe, których trasy wybiegają poza miasto na odległość nie więcej niż 3 km, zacieniowano w tabeli kolorem zielonym. Przyjęto, że bateria autobusu nie może się rozładować poniżej poziomu 20% jej pojemności nominalnej, uwzględniając także spadek pojemności baterii związany z jej wiekiem – na poziomie 1,5% rocznie. Aby zapewnić racjonalny czas szybkiego ładowania autobusów elektrycznych na przystankach krańcowych, przyjęto ponadto, że moc ładowarki zainstalowanej na pętli powinna wynosić 400 kW (przy sprawności wynoszącej 90%). Przy dyspozycyjnej mocy stanowiska ładowania 200 kW czasy postoju autobusu zwiększą się dwukrotnie.

Zestawienie zawarte w tabeli 9 ma jednak charakter przede wszystkim poglądowy, gdyż przy proponowanym wprowadzeniu częstych zmian w przypisaniu pojazdów do linii, kolejne kursy realizowane byłyby na różnych liniach spośród wymienionych w tabeli.

Obsługę dwóch par kursów na liniach podstawowych oraz obsługujących miasto, z wyjątkiem linii 16, w lecie umożliwiłyby autobusy z bateriami o pojemności 90 kWh. Pojemność ta może być jednak niewystarczająca w okresie wzmożonego zapotrzebowania w pojeździe na energię, generowanego przez urządzenia klimatyzacyjno-wentylacyjne. Zalecane jest więc wprowadzanie autobusów elektrycznych o ujednoliconej pojemności baterii, np. 120 kWh – w celu umożliwienia swobodnego dysponowania pojazdami na poszczególnych liniach i pewności ich eksploatacji w każdych warunkach pogodowych oraz ruchowych (pojemność baterii 120 kWh dla autobusu standardowego przyjęto szacując nakłady inwestycyjne i odtworzeniowe). Większa pojemność baterii pozwala na układanie zadań z wykorzystaniem autobusów elektrycznych w wybranych kursach na odcinkach nawet niezakończonych stacją szybkiego ładowania. Zwiększa się więc też elastyczność w planowaniu zadań i czasu pracy taboru oraz kierowców.

**Tab. 9. Szacunek wymaganej pojemności baterii autobusów elektrycznych w celu obsługi linii wybranych do elektryfikacji**

Linia	Przeciętna długość dwóch kółek (par kursów)*	Zużycie energii		Czas ładowania		Pojemność baterii	
		lato	zima	lato	zima	obliczona lato/zima	minimalna/zalecana**
	[km]	[kWh]	[kWh]	[min]	[min]	[kWh]	[kWh]
<b>Linie podstawowe</b>							
8	42,4	50,9	82,7	8,5	13,8	72/117	80/120
12	46,5	55,8	90,6	9,3	15,1	79/128	80/120
<b>Linie uzupełniające</b>							
2	54,5	65,4	106,3	10,9	17,7	93/150	110/160
3	78,6	94,4	153,3	15,7	25,5	133/216	150/160
4	61,0	73,2	119,0	12,2	19,8	104/168	120/160
5	108,3	129,9	211,1	21,7	35,2	183/298	210
6	47,9	57,0	92,6	9,5	15,4	81/131	90/120
7	42,4	50,9	82,7	8,5	13,8	72/117	80/120
14	83,9	100,6	163,5	16,8	27,3	142/231	150/160
<b>Pozostałe linie miejskie</b>							
11	40,0	48,0	78,1	8,0	13,0	68/110	80/120
12	46,5	55,8	90,6	9,3	15,1	79/128	90/120
13	42,8	51,4	83,4	8,6	13,9	73/118	80/120
16	69,5	83,4	135,6	13,9	22,6	118/191	120/160

\* – dłuższy wariant trasy, \*\* – przy zastosowaniu ogrzewania paliwowego.

Źródło: opracowanie własne, długość linii – rozkłady jazdy stanowiące załączniki do umowy wykonawczej MZK sp. z o.o. z Miastem.

Zastosowanie jeszcze większej pojemności baterii autobusu, np. 160 kWh, powinno być dla linii podstawowych i obsługujących miasto wystarczające także w okresie zimowym, przy zastosowaniu ogrzewania elektrycznego. Wówczas jednak czas doładowania wyczerpanych baterii o dużej pojemności wydłuża się nawet do ponad 20 minut, co utrudnia planowanie pracy pojazdów i kierowców, a także generuje nie tylko wyższe koszty wynagrodzeń, ale i wymaga zwiększenia liczby taboru w ruchu. Baterie o dużej pojemności, wykorzystywane w maksymalnie dużym stopniu pomiędzy ładowaniami, per saldo zmniejszają więc efektywność wykorzystania taboru, a więc i funkcjonowania komunikacji miejskiej.

Pojemność baterii 120 kWh byłaby wystarczająca dla linii podstawowych i obsługujących miasto także w zimie, przy założeniu instalacji w pojazdach ogrzewania spalinowego (gazowego lub na olej napędowy). Zastosowanie zbyt małej pojemności baterii może powodować

w okresie wzmożonego zapotrzebowania na energię konieczność doładowywania pojazdu po każdym kółku, co skutecznie uniemożliwia przydział autobusu do różnych linii w ramach zadań, także wpływając na zwiększenie zapotrzebowania na pracę kierowców oraz konieczność utrzymywania większej liczby pojazdów w ruchu.

Optymalnym rozwiązaniem jest jednak zastosowanie w bateryjnych autobusach elektrycznych zestawu baterii o nieco wyższej pojemności niż minimalna, czyli w przedmiotowym przypadku – przynajmniej rzędu 160 kWh.

Dla pewnej grupy linii uzupełniających o dłuższych trasach (linie 2, 3, 4, 5 i 14) pojemność baterii 160 kWh może być niewystarczająca. Linie te powinny być obsługiwane taborem hybrydowym. Uruchomienie obsługi tych linii taborem zeroemisyjnym doładowywanym na pętlach byłoby możliwe w przypadku zakupu autobusów z bateriami o większej pojemności.

Powyższe wyliczenia mają jednak charakter wyłącznie szacunkowy i nie mogą stanowić jedynej podstawy do ostatecznego doboru pojemności baterii autobusów.

W wariantcie elektrycznym 2, w którym zakłada się zakup autobusów zeroemisyjnych z bateriami o wysokiej pojemności, ładowanymi wyłącznie na terenie zajezdni, wystarczającymi do przejazdu w ciągu dnia co najmniej 250-300 km, pojemność użytkowa baterii autobusu powinna wynosić co najmniej 320 kWh. W tym wariantcie pozostawia się, jako proponowane do obsługi taborem zeroemisyjnym w pierwszej kolejności, wymienione powyżej linie – podstawowe 8 i 12 oraz uzupełniające 6, 7, 11 i 13. W wariantcie tym do obsługi taborem zeroemisyjnym powinny być przeznaczane w miarę możliwości także pozostałe linie miejskie oraz pozostałe linie uzupełniające.

Linie przeznaczone do obsługi taborem zeroemisyjnym mogą też być w określonych porach dnia obsługiwane pojazdami z tradycyjnym napędem Diesla. Podobnie, autobusy zeroemisyjne mogą być wykorzystywane na innych liniach, których trasy kończą się na pętlach ze stacją szybkiego ładowania, lecz jeśli ich długość trasy doprowadziłaby do znacznego rozładowania baterii, doładowanie powinno następować po każdym kółku.

Miasto Ełk może docelowo wybrać także zupełnie inne linie do obsługi taborem zeroemisyjnym, jeśli zostanie to odpowiednio uzasadnione.

## **6.6. Planowane nakłady inwestycyjne**

Przewidywane (przyszłe) koszty zakupu jednostek taborowych przyjęto na podstawie rozstrzygniętych postępowań przetargowych w latach 2019-2021, uwzględniając wyniki przeprowadzonego w ramach realizacji projektu „Rozwój zrównoważonego transportu publicznego w Mieście Ełk – etap III” zamówienia publicznego na dostawę dwóch autobusów hybrydowych klasy maxi.

Nakłady na tabor przyjęto w kwotach netto, wynoszących za jeden autobus fabrycznie nowy odpowiednio:

Nakłady na tabor przyjęto w kwotach netto, wynoszących za jeden autobus fabrycznie nowy odpowiednio:

- 0,59 mln zł – z klasycznym silnikiem Diesla na olej napędowy – klasy mini;
- 0,90 mln zł – z klasycznym silnikiem Diesla na olej napędowy – klasy midi;
- 0,98 mln zł – z klasycznym silnikiem Diesla na olej napędowy – klasy maxi;
- 1,67 mln zł – z silnikiem na olej napędowy z napędem hybrydowym – klasy maxi;
- 2,37 mln zł – z silnikiem elektrycznym, ładowany za pomocą pantografu i poprzez plug-in – klasy maxi;
- 2,64 mln zł z silnikiem elektrycznym, ładowany wyłącznie poprzez plug-in w zajezdni – klasy maxi.

Wyższa cena autobusu ładowanego tylko w zajezdni wynika z przyjętej większej pojemności baterii niż w przypadku pojazdu doładowywanego na pętlach.

W przypadku decyzji o zakupie i wprowadzeniu do eksploatacji autobusów elektrycznych przewiduje się realizację inwestycji wspomagających:

- budowę na wybranych pętlach stacji szybkiego ładowania z zasilaniem, o mocy pozwalającej na doładowanie autobusu elektrycznego w czasie nie większym niż kilkanaście minut;
- budowę w bazie MZK sp. z o.o. stacji wolnego ładowania, o mocy pozwalającej na naładowanie autobusu w czasie nie dłuższym niż 4-6 godzin;
- rozbudowę stacji transformatorowych, rozdzielni i sieci zasilających oraz stanowisk postojowych na terenie zajezdni MZK sp. z o.o.

Przyjęto w analizie zastosowanie ładowarek plug-in, za pomocą których odbywać się będzie ładowanie pojazdów na placu zajezdni oraz ładowarek pantografowych, zlokalizowanych na wybranych pętlach – wraz z dedykowaną infrastrukturą zasilającą.

Moc ładowarek na pętlach zależy od zużycia energii na trasie, jaka ma być przez autobus elektryczny obsługiwana oraz od rodzaju i pojemności baterii zastosowanych w autobusach, a także dopuszczalnego prądu i mocy ładowania. Ładowanie za pomocą pantografu w obecnie produkowanych autobusach pozwala na ładowanie mocą najczęściej od 200 do 400 kW, a niekiedy nawet do 500 kW. Złącze kablowe plug-in ma jednak zwykle moc przekazywaną ograniczoną do 120 kW. Od dopuszczalnej mocy ładowarki zależy czas postoju autobusu na pętli. Dłuższy czas postoju zmniejsza efektywność wykorzystania taboru, co wpływa na wyższe koszty funkcjonowania komunikacji miejskiej, a także na konieczność posiadania większej rezerwy taboru. Obecnie wraz z rozwojem techniki zalecanym rozwiązaniem jest montaż ładowarek na pętlach pozwalających na ładowanie autobusów elektrycznych z mocą do 400 kW.

Parametry ładowania w zajezdni powinny zapewnić pełne naładowanie rozładowanych baterii autobusu w czasie nie dłuższym niż czas nocnego jego postoju, zatem standardowy czas ładowania nie powinien być dłuższy niż 6 godzin. Na rynku występują ładowarki o małej (40-60 kW) oraz o średniej mocy (do 120 kW) – te ostatnie najczęściej pozwalają na jednoczesne ładowanie jednego albo dwóch autobusów. Podstawową metodą dostarczania energii jest złącze kablone plug-in, które ma jednak zwykle ograniczoną przekazywaną moc. W niektórych układach sieci i budowanych instalacjach proponuje się budowę w zajezdni ładowarek pantografowych o dużej mocy (np. 200-300 kW), pozwalających na szybkie doładowanie wysokim prądem autobusu zjeżdżającego do zajezdni na przerwę w wykonywaniu zadań. Jest to także rozwiązanie korzystne w przypadku konieczności krótkiego postoju autobusu dla szybkiego usunięcia awarii. Po naprawie tak doładowany pojazd może wyruszyć na trasę bez konieczności dłuższego wyłączenia z ruchu z powodu nienaładowanych baterii.

Zalecane są ładowarki o większej mocy, rzędu 80-120 kW, pozwalające na ładowanie dwóch autobusów jednocześnie. Możliwość ładowania po kolei dwóch pojazdów w czasie przerwy nocnej pozwala na obniżenie kosztów inwestycji w instalacje sieci i rozdzielni oraz wysokości opłat operatora za moc zamówioną, wymaga jednak zapewnienia odpowiedniej obsługi na zmianie nocnej. Co najmniej jedno urządzenie powinno mieć charakter mobilny, umożliwiając przemieszczanie go po terenie zajezdni. Ułatwi to ładowanie pojazdów w sytuacjach awaryjnych.

Opisane rozwiązanie wymaga także posiadania placu umożliwiającego parkowanie obok stanowiska podłączeniowego dwóch autobusów. Przystawianie pojazdów w okresie postoju nocnego wymagałoby dodatkowej pracy kierowcy w porze nocnej i obarczone jest większym ryzykiem kolizji, w związku z czym zdecydowanie nie jest rekomendowane. MZK sp. z o.o. posiada place postojowe dla autobusów o odpowiedniej wielkości na instalację ładowarek w obydwu systemach.

Elementem inwestycji związanej z systemem ładowania nocnego autobusów, jest konieczność dostosowania instalacji doprowadzających energię elektryczną do zajezdni oraz do ładowarek. W wariantcie elektrycznym 1 przyjmuje się rozpoczęcie eksploatacji taboru zeroemisyjnego baterijnymi autobusami elektrycznymi, z zapewnieniem ładowarek zajezdniowych o mocy min. 50 kW na jeden autobus, co wymaga docelowej mocy przyłączeniowej nie mniejszej niż 600 kW. W wariantcie elektrycznym 2 moc ładowarek zajezdniowych powinna być odpowiednio większa. W celu zapewnienia naładowania baterii autobusu o pojemności 320 kWh w czasie nie dłuższym niż 6 godzin, przy sprawności 90%, moc ładowarki powinna być

wyższa i wynosić nie mniej niż 60 kWh. Przy docelowym użytkowaniu w wariantach elektrycznych łącznie 11 szt. autobusów elektrycznych, wymagana moc dostarczona przez rozdzielnię, to już ok. 0,7 MW.

Do dostarczenia takiej mocy powinna być rozbudowana instalacja zasilająca zajezdnię. W obydwu wariantach rozbudowa byłaby konieczna już w pierwszym etapie – przed wprowadzeniem do ruchu pierwszych pojazdów elektrycznych. Dla obsługi pojazdów zeroemisyjnych niezbędna byłaby ponadto budowa dedykowanej hali garażowo-obsługowej na terenie obecnej zajezdni autobusowej. Zgodnie z założeniami MZK sp. z o.o., koszt budowy takiej hali oszacowano na 1,15 mln zł netto, a dodatkowej stacji trafo z rozdzielnią – na 0,5 mln zł w wariantcie elektrycznym 1 oraz na 1,0 mln zł – w wariantcie elektrycznym 2.

Ryczałtowy koszt instalacji do wolnego ładowania (ładowarki z przyłączami do rozdzielni i adaptacją placu manewrowego) na terenie zajezdni operatora przyjęto w analizie na uśrednionym poziomie na jeden autobus w wysokości 120 tys. zł w wariantcie elektrycznym 1 oraz 150 tys. zł – w wariantcie elektrycznym 2.

Osiągane w przetargach w latach 2019-2020 ceny za jedną szybką ładowarkę wynosiły średnio ok. 330 tys. zł. Uwzględniając dodatkowe nakłady na przebudowę nawierzchni stanowiska dojazdowego, ryczałtowy koszt instalacji do szybkiego ładowania (na pętli), założono w wysokości 750 tys. zł na jedno stanowisko ładowania.

W wariantach elektrycznych przyjęto poniesienie ponadto nakładów infrastrukturalnych na wymianę baterii po 8 latach eksploatacji bateryjnego autobusu elektrycznego. Dla wariantu elektrycznego 1 przyjęto baterie o pojemności rzędu 120 kWh, a dla wariantu elektrycznego 2 – baterie o pojemności 350 kWh na jeden autobus. Koszt operacji wymiany oszacowano ryczałtowo na poziomie 55 tys. zł dla baterii o mniejszej i 160 tys. zł dla baterii o większej pojemności.

W przypadku instalacji ładowarki na pętli zwykle konieczne jest także kompleksowe dostosowanie układu dróg i placów – wraz z umożliwieniem omijania pojazdów korzystających w danym czasie z ładowarek, co również generuje dodatkowe koszty inwestycyjne. Nakładów tych nie uwzględniono, gdyż zwykle ich poniesienie jest zależne od polityki Miasta dotyczącej rozwoju infrastruktury przystankowej, ciągów pieszo-rowerowych, parkingów rowerowych, a nawet układu drogowego, co nie wynika jedynie z potrzeb dla taboru elektrycznego.

Nakłady niezbędne do poniesienia na zakup taboru i instalacje zasilające przedstawiono w tabeli 10. Nakłady na infrastrukturę uwzględniają także konieczność wymiany baterii w pojazdach elektrycznych (żywołność tych baterii przewidziano na 8 lat).



**Tab. 10. Planowane nakłady inwestycyjne i odtworzeniowe dla poszczególnych wariantów inwestycji taborowych w latach 2021-2036 [mln zł]**

Lp.	Wariant napędu autobusów	Rozpatrywany rok															
		2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
<b>1</b>	<b>Wariant konwencjonalny</b>																
1.1	Autobusy ON klasyczne	0,00	1,96	2,94	2,94	2,94	1,18	3,92	3,60	0,98	1,96	1,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1.2	Autobusy hybrydowe	3,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1.3	Autobusy elektryczne	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1.4	Infrastruktura, wymiana baterii	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>1.4</b>	<b>Ogółem</b>	<b>3,39</b>	<b>1,96</b>	<b>2,94</b>	<b>2,94</b>	<b>2,94</b>	<b>1,18</b>	<b>3,92</b>	<b>3,60</b>	<b>0,98</b>	<b>1,96</b>	<b>1,96</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
<b>1.5</b>	<b>Razem wydatki</b>	<b>27,77</b>															
<b>2</b>	<b>Wariant elektryczny 1</b>																
2.1	Autobusy ON klasyczne	0,00	0,00	1,96	0,00	1,96	1,18	0,00	3,60	1,96	1,96	1,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.2	Autobusy hybrydowe	3,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.3	Autobusy elektryczne	0,00	9,48	0,00	7,11	0,00	0,00	9,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.4	Infrastruktura, wymiana baterii	0,00	2,88	0,00	1,11	0,00	0,00	1,23	0,00	0,00	0,22	0,00	0,17	0,00	0,00	0,22	0,00
<b>2.5</b>	<b>Ogółem</b>	<b>3,39</b>	<b>12,36</b>	<b>1,96</b>	<b>8,22</b>	<b>1,96</b>	<b>1,18</b>	<b>10,71</b>	<b>3,60</b>	<b>1,96</b>	<b>2,18</b>	<b>1,96</b>	<b>0,17</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,22</b>	<b>0,00</b>
<b>2.6</b>	<b>Razem wydatki</b>	<b>49,87</b>															

Lp.	Wariant napędu autobusów	Rozpatrywany rok															
		2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
<b>3</b>	<b>Wariant elektryczny 2</b>																
3.1	Autobusy ON klasyczne	0,00	0,00	1,96	0,00	1,96	1,18	0,00	3,60	0,98	1,96	1,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3.2	Autobusy hybrydowe	3,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3.3	Autobusy elektryczne	0,00	10,56	0,00	7,92	0,00	0,00	10,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3.4	Infrastruktura, wymiana baterii	0,00	2,75	0,00	0,45	0,00	0,00	0,60	0,00	0,00	0,64	0,00	0,48	0,00	0,00	0,64	0,00
<b>3.5</b>	<b>Ogółem</b>	<b>3,39</b>	<b>13,31</b>	<b>1,96</b>	<b>8,37</b>	<b>1,96</b>	<b>1,18</b>	<b>11,16</b>	<b>3,60</b>	<b>0,98</b>	<b>2,60</b>	<b>1,96</b>	<b>0,48</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,64</b>	<b>0,00</b>
<b>3.6</b>	<b>Razem wydatki</b>	<b>51,59</b>															

Źródło: opracowanie własne.

## 7. Analiza kosztów i korzyści

### 7.1. Przyjęte założenia analizy kosztów i korzyści

Analizę kosztów i korzyści wykonano przyjmując dla wyliczeń finansowych ceny netto, oraz wynoszącą 4% realną stopę procentową. Dla potrzeb analizy społeczno-ekonomicznej przyjęto stopę o wartości 4,5% – jako społeczną, realną stopę dyskontową.

Analizę efektywności oparto o przyrostowe przepływy pieniężne, nie ujmując w nich amortyzacji. Przyjęto 15-letni okres analizy, odpowiadający okresowi podstawowej używalności (trwałości) pojazdów elektrycznych zasilanych energią bateryjną.

W obliczeniach wykorzystano:

- prognozy ekonomiczne, opracowane na podstawie „Zaktualizowanych wariantów rozwoju gospodarczego Polski”, o których mowa w podrozdziale 7.4 – „Założenia do analizy finansowej”;
- „Wytyczne w zakresie zagadnień związanych z przygotowaniem projektów inwestycyjnych, w tym projektów generujących dochód i projektów hybrydowych na lata 2014-2020”;
- prognozy CUPT.

Wartość rezydualną obliczono metodą dochodową. Okres żywotności poza analizą został ujęty dla autobusów z napędem elektrycznym jako „pozostały okres żywotności autobusów”.

Koszty utrzymania taboru zostały w analizie finansowej przyjęte na podstawie planowanego wykonania w 2021 r., według danych MZK sp. z o.o. – z uwzględnieniem w niezaplansowanych pozycjach wykonania w 2020 r. Na podstawie powyższych danych obliczono następnie wskaźniki jednostkowe kosztów (zł/km). Roczne koszty eksploatacji poniesione w 2020 r. przedstawiono w tabeli 11.

Z uwagi na brak eksploatowanych autobusów elektrycznych, MZK sp. z o.o. ponosi aktualnie koszty energii elektrycznej wynikające wyłącznie z jej zużycia na potrzeby eksploatacji zajezdni. Wprowadzenie do użytkowania pojazdów elektrycznych spowoduje wzrost zużycia energii. Pomimo tego, można ograniczyć koszty jednostkowe z tym związane, gdyż ładowanie autobusów elektrycznych odbywać się będzie przede wszystkim w porze nocnej, w której koszty energii elektrycznej są niższe. Wzrost kosztów jednostkowych energii może natomiast wystąpić w wyniku znacznego poboru mocy zamówionej energii w okresie szczytowym przez stację szybkiego ładowania.

Do obliczeń przyjęto koszt jednostkowy kilowatogodziny – na podstawie danych Miasta – w wysokości 0,56 zł netto, poniesiony w I półroczu 2021 r.

**Tab. 11. Roczne koszty eksploatacji w komunikacji miejskiej poniesione przez MZK sp. z o.o. w 2020 r. [tys. zł]**

Kategoria kosztu	Wartość [tys. zł]
Amortyzacja	738,4
Zużycie paliwa	1 860,8
Ogumienie	40,0
Części zamienne	703,0
Pozostałe materiały	225,8
Usługi obce	318,6
Dzierżawa autobusów	73,2
Wynagrodzenia	5 029,1
Narzuty na wynagrodzenia	1 272,0
Podatki i opłaty	190,0
Ubezpieczenie	114,7
Pozostałe koszty	17,2
<b>Razem koszty eksploatacji</b>	<b>10 582,8</b>

Źródło: dane MZK sp. z o.o.

W tabeli 12 przedstawiono podstawowe wskaźniki eksploatacyjne przyjęte do obliczeń dla autobusów z napędem Diesla i elektrycznych bateryjnych.

Dla autobusów elektrycznych przyjęto parametry kosztów eksploatacji (bez uwzględnienia zużycia energii elektrycznej) na poziomie 70% kosztów autobusów z napędem Diesla. Jest to uzasadnione przede wszystkim brakiem lub znacznie niższym zużyciem materiałów eksploatacyjnych, takich jak płyny (AdBlue, oleje i inne) oraz zużywające się części silnika, jego osprzętu i przekładni. W przypadku autobusów elektrycznych w analizie uwzględniono koszty serwisowania stacji ładowania.

Inwestycje odtworzeniowe ujęto na podstawie przewidywanych okresów użytkowania autobusów. W przypadku autobusów elektrycznych wzięto również pod uwagę wymianę baterii po 8 latach eksploatacji.

W analizie finansowej nie ujęto ewentualnych kosztów finansowania zakupu jednostek taborowych.

**Tab. 12. Wskaźniki kosztów eksploatacyjnych przyjęte do analizy**

Kategoria	Jednostka	Podstawa	Wartość
Średnioroczne spalanie autobusu:: – ON – klasy mini – ON – klasy midi, maxi – hybrydowego	dm <sup>3</sup> /100 km	dane MZK sp. z o.o.	14,0 36,67 37,65 28,0
Średnia cena oleju napędowego	zł/dm <sup>3</sup>	dane MZK sp. z o.o.	3,95
Cena energii elektrycznej	zł/kWh	dane MZK sp. z o.o.	0,56
Koszty eksploatacji autobusów – zużycie materiałów	zł/km	dane MZK sp. z o.o.	0,70
Koszty eksploatacji autobusów – naprawy i usługi obce	zł/km	dane MZK sp. z o.o.	0,16
Współczynnik kosztów eksploatacji autobusów elektrycznych do autobusów z silnikiem Diesla (materiały i usługi)	-	dane producentów	0,70
Współczynnik kosztów eksploatacji autobusów na ON – EURO VI do autobusów na ON – EURO II-V (materiały i usługi)	-	szacunek własny	0,85
Średnie zużycie energii przez autobus elektryczny o długości 12 m: – z bateriami 120 kWh, – z bateriami 350 kWh	kWh/km	dane operatorów	1,15 1,30
Przyjęte okresy eksploatacji pojazdów: – autobusy ON i hybrydowe (nowe) – autobusy elektryczne	lat	przewidywany okres	17 ponad 15

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych rozproszonych.

W przeciwieństwie do analizy finansowej, skupiającej się na przepływach finansowych, przedmiotem analizy społeczno-ekonomicznej jest kalkulacja kosztów i korzyści dla społeczeństwa, wynikających z realizacji – a następnie z eksploatacji – ocenianego wariantu.

Analiza została przygotowana według niżej przedstawionego schematu postępowania:

- 1) przeprowadzenie analizy odchyłeń cenowych, płacowych oraz aspektów podatkowych;
- 2) ocena wpływu na środowisko;
- 3) ocena projektu z punktu widzenia mierzalnych i niemierzalnych efektów oddziaływania na środowisko.

Analiza korzyści użytkowników koncentruje się na efektach inwestycji z perspektywy dobrobytu społecznego, dlatego wyłączono z niej przychody MZK sp. z o.o. i Miasta Ełku, w szczególności wyeliminowano ich wzajemne rozliczenia w zakresie przekazywanej rekompensaty. Uwzględniono natomiast korzyści w postaci oszczędności w kosztach eksploatacyjnych, które

wystąpią w wyniku realizacji wybranego wariantu – zostały one przeniesione z analizy finansowej do analizy społeczno-ekonomicznej.

Do analizy kosztów i korzyści społecznych włączono wyłącznie efekty bezpośrednio wynikające z danego wariantu. Analiza nie obejmuje zatem efektów rozproszonych w gospodarce, takich jak efekty mnożnikowe.

Identyfikacji oraz zmonetyzowaniu poddano efekty zewnętrzne – zgodnie z katalogiem efektów zawartym w Załączniku III do Rozporządzenia wykonawczego Komisji UE nr 207/2015 z dnia 20 stycznia 2015 r., w wersji aktualnej na dzień 20 września 2021 r. Ze względu na specyfikę i charakter analizy, zgodnie z wymogami art. 37 ust. 2 pkt 3 ustawy o elektromobilności, ujęto w niej efekty zewnętrzne związane z emisją:

- gazów cieplarnianych (CO<sub>2</sub>);
- gazów innych niż cieplarniane (tj. lokalne skutki zanieczyszczenia powietrza);
- hałasu.

Dokonując wyceny efektów zewnętrznych zastosowano ogólne zasady metodyczne ilościowej analizy kosztów i korzyści, w tym monetyzacji efektów społeczno-ekonomicznych, które opisano w Przewodniku, Niebieskiej Księdze, a także w Vademecum Beneficjenta – wymienionych w rozdziale 2.1 opracowania. W analizie pominięto korzyści wynikające z ewentualnego zwiększenia liczby pasażerów wskutek wymiany pojazdów.

Analizę przeprowadzono metodą różnicową, polegającą na porównaniu przepływów danego wariantu z przepływami scenariusza bazowego, zakładającego kontynuację funkcjonowania transportu publicznego w podobnym jak obecnie kształcie, lecz z rezygnacją z zakupu taboru elektrycznego.

Aspekty podatkowe uwzględniono w analizie społeczno-ekonomicznej, bowiem wielkości będące przedmiotem analizy finansowej wymagają korekty – w celu lepszego oddania rzeczywistych cen. Jest to niezbędne, jeśli wykorzystywane dobra i usługi, bądź produkty wynikające z wariantu, zawierają podatek VAT lub inne podatki pośrednie albo zawierają ukryte subsydia (ewentualnie opłaty), mające na celu ograniczenie kosztów społecznych (np. w cenie energii zawarty jest pośredni podatek przeznaczony na pokrycie przyszłych kosztów ekologicznych – w takim przypadku należy unikać podwójnego naliczenia kosztów ekologicznych w analizie ekonomicznej).

Zgodnie z zaleceniami zawartymi w Niebieskiej Księdze, w analizie społeczno-ekonomicznej dokonano korekty cen rynkowych na ceny ukryte, które lepiej odwzorowują korzyści społeczne.

W celu wyeliminowania zakłóceń (podatkowych i innych niedoskonałości rynku) na rynku energii i rynku pracy, zastosowano współczynniki konwersji CF, przedstawione w Vademecum Beneficjenta (s. 27) – odpowiednio w wysokości:

- dla nakładów inwestycyjnych w zakresie infrastruktury – 0,83;
- dla nakładów inwestycyjnych w zakresie taboru – 0,87;
- dla kosztów operacyjnych – 0,78.

Zastosowane w analizie finansowej kategorie kosztowe nie zawierają podatku VAT ani innych ukrytych opłat pośrednich, nie dokonywano zatem korekty o podatek VAT. Nie ma także konieczności ujmowania korekty podatku CIT w analizie kosztów i korzyści społecznych, ponieważ przepływy pieniężne w analizie finansowej projektu nie zawierają podatku CIT.

Poniżej przedstawiono założenia i metodę kwantyfikacji poszczególnych kategorii efektów zewnętrznych, zidentyfikowanych dla poszczególnych wariantów.

#### Emisja gazów cieplarnianych

Ocena oddziaływań zmian klimatycznych umożliwia określenie wartości ekonomicznej przyrostowych oddziaływań emisji gazów cieplarnianych na zmiany klimatyczne, generowanych przez pojazdy wykorzystujące infrastrukturę transportową. Emisje gazów cieplarnianych są wyrażane jako ekwiwalent CO<sub>2</sub>, zgodnie z metodyką zawartą w opracowaniu pt. „European Investment Bank Induced GHG Footprint. The carbon footprint of projects financed by the Bank. Methodologies for the Assessment of Project GHG Emissions and Emission Variations. Version 10.1”, kwiecień 2014 r.

Jednostkowe koszty emisji gazów cieplarnianych są wprost zależne od zużycia paliwa, przy czym wskaźnik przeliczeniowy wynosi: 1 litr oleju napędowego = 2,68 kg CO<sub>2</sub>. Wielkość emisji gazów została pomnożona przez współczynnik kosztu jednostkowego CO<sub>2</sub>, czego wynikiem jest całkowity koszt zmian klimatycznych.

Koszt jednostkowy emisji CO<sub>2</sub> został przyjęty w analizie na podstawie powyższej metodologii. Zgodnie z rekomendacjami CUPT, wykorzystano scenariusz średni z tego opracowania, w którym koszt klimatyczny emisji 1 tony CO<sub>2</sub> oszacowano na 25 euro. Indeksacja tego kosztu polega na dodaniu do wartości dla roku poprzedniego, wzrostu rocznego w wysokości 1 euro na 1 tonę CO<sub>2</sub> (w cenach z 2006 r.). W celu przeliczenia na złote, w każdym roku analizy wykorzystano średni kurs roczny EUR/PLN, podawany przez Europejski Bank Centralny (EBC). Indeksacja kosztów zmian klimatycznych jest niezależna od dynamiki PKB *per capita*.

Do obliczeń przyjęto wartości jednostkowe uzyskane zgodnie z Kalkulatorem emisji zanieczyszczeń i kosztów klimatu dla środków transportu publicznego CUPT, dostępnym w serwisie internetowym tej instytucji ([www.cupt.gov.pl/raporty/41-wdrazanie-projektow/analiza-](http://www.cupt.gov.pl/raporty/41-wdrazanie-projektow/analiza-)



kosztow-i-korzysci/narzedzia/692-kalkulator-emisji-zanieczyszczen-i-kosztow-klimatu-dla-srodkow-transportu-publicznego, dostęp: 20.09.2021 r.).

Kalkulacja ilości emisji CO<sub>2</sub> dla autobusów elektrycznych została oparta o zużycie energii elektrycznej oraz o wskaźnik emisyjności dla miksu energetycznego Polski. Z uwagi na zmiany miksu paliwowego w sektorze elektroenergetycznym w Polsce, uwzględniono zmiany emisyjności CO<sub>2</sub> w okresie analizy. Obliczeń dokonano w oparciu o scenariusz według Krajowego planu na rzecz energii i klimatu na lata 2021-2030.

W tabeli 13 przedstawiono emisję gazów cieplarnianych (GHG) przy produkcji energii elektrycznej w Polsce – dane dla krajowego miksu energetycznego.

**Tab. 13. Emisja GHG przy produkcji energii elektrycznej w Polsce [gCO<sub>2</sub>/kWh] – dane dla krajowego miksu energetycznego**

Substancja zanieczyszczająca atmosferę	Wielkość emisji CO <sub>2</sub> w roku [gCO <sub>2</sub> /kWh]			
	2021	2025	2030	2035
Gazy cieplarniane (GHG)	792	760	660	480

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Przyszły miks energetyczny Polski – determinanty, narzędzia i prognozy, Instrat – Fundacja Inicjatyw Strategicznych, grudzień 2019, scenariusz według Krajowego planu na rzecz energii i klimatu na lata 2021-2030.

#### Emisja gazów innych niż cieplarniane

Koszt związany z emisją substancji szkodliwych innych niż gazy cieplarniane (NO<sub>x</sub>, PM, NMHC/NMVOC) został oszacowany dla scenariusza bazowego i wariantów inwestycyjnych – zgodnie z aktualnymi wartościami dopuszczalnych zanieczyszczeń dla poszczególnych norm EURO użytkowanego taboru.

Dla wariantu elektrycznego, z autobusami elektrycznymi zasilanymi z baterii, uwzględniono koszty emisji powstającej przy wytwarzaniu energii elektrycznej w Polsce, pomimo że emisję lokalną można uznać za zerową. Wielkość emisji zanieczyszczeń przy produkcji energii wyrażoną w g/kWh przedstawiono w tabeli 14.

Dla autobusów z silnikami Diesla, zasilanymi olejem napędowym i spełniającymi normy EURO VI, przyjęto wskaźniki maksymalnej emisyjności dla tego typu silników.

Emisja substancji szkodliwych, innych niż gazy cieplarniane, wpływa bezpośrednio na stan zdrowia mieszkańców obszarów przyległych do źródeł emisji liniowych. Emisja substancji szkodliwych przy wytwarzaniu energii elektrycznej rozprasza się z kolei na bardzo dużym obszarze, przez co jej oddziaływanie na stan zdrowotności mieszkańców miast jest mniej-

sze. Zmniejszenie emisji lokalnej ze środków transportowych zawsze korzystnie wpływa na lokalne warunki środowiskowe i poprawia warunki życia mieszkańców. Ze względów społecznych koszt emisji lokalnej należy zatem wycenić wyżej, niż koszt emisji z elektrowni, tworzącej ogólne tło zanieczyszczeń w kraju.

**Tab. 14. Emisja zanieczyszczeń przy produkcji energii elektrycznej w Polsce [g/kWh] – dane dla krajowego miks energetycznego**

Substancja zanieczyszczająca atmosferę	Wielkość emisji w roku [g/kWh]			
	2021	2025	2030	2035
NMHC/NMVO	0,005	0,005	0,005	0,003
SO <sub>2</sub>	2,627	2,188	2,023	1,522
NO <sub>x</sub>	1,091	0,908	0,840	0,632
PM	0,030	0,025	0,023	0,017

Źródło: opracowanie własne na podstawie: dane wyjściowe – Kalkulator emisji CUPT. Prognoza na podstawie Scenariusza Polityki energetyczno-klimatycznej (PEK). Ocena skutków planowanych polityk i środków. Załącznik 2 do Krajowego planu na rzecz energii i klimatu na lata 2021-2030.

Wyceny wpływu lokalnej emisji substancji szkodliwych dokonano z zastosowaniem współczynnika zwiększającego – będącego iloczynem procentowego wzrostu przeciętnej gęstości zaludnienia na obszarze Ełku w stosunku do przeciętnej gęstości zaludnienia w miastach w Polsce, przedstawionego w tabeli 8 w rozdziale 6.4 – oraz udziału emisji zanieczyszczeń z ciężkich pojazdów drogowych i autobusów w ogólnej emisji zanieczyszczeń transportu drogowego w Polsce<sup>17</sup>.

#### Emisja hałasu

Dla nowych autobusów z silnikiem Diesla, spełniających normę EURO VI, założono 5% redukcję hałasu. Obecnie stosowane silniki elektryczne, w porównaniu do silników spalinywych, niemal nie emitują słyszalnego hałasu, natomiast pozostaje emisja hałasu wynikająca z toczenia się kół, pracy różnorodnych urządzeń pokładowych – szczególnie wentylatorów w układach chłodzenia – oraz pracy konstrukcji nadwozia.

Wskaźniki kosztów efektów zewnętrznych emisji hałasu zaczerpnięto z „Tablic kosztów jednostkowych do wykorzystania w analizach kosztów i korzyści”, publikowanych w serwisie internetowym CUPT – przyjęto koszty hałasu w transporcie drogowym dla autobusu w terenie miejskim, wartości średnie.

<sup>17</sup> <http://www.kobize.pl/pl/fileCategory/id/16/krajowa-inwentaryzacja-emisji>, dostęp: 20.09.2021 r.

## 7.2. Wyniki analizy kosztów i korzyści

Obliczenia analizy finansowej i społeczno-ekonomicznej dla wszystkich wariantów, zostały zawarte w modelu finansowym, stanowiącym Załącznik nr 1 do niniejszej Analizy Kosztów i Korzyści.

Uwzględnienie w analizie wymienionych w rozdziale 7.1 korzyści społecznych, bazuje na ujęciu różnicowym, tzn. w pierwszej kolejności obliczono finansowe koszty eksploatacji oraz koszty społeczne emisji gazów cieplarnianych, emisji lokalnej oraz emisji hałasu dla scenariusza bazowego, zakładającego brak realizacji analizowanych wariantów, a następnie obliczono tożsame kategorie kosztów społecznych dla wariantów konwencjonalnego, elektrycznego 1 i elektrycznego 2.

Różnica pomiędzy rozpatrywanym wariantem a scenariuszem bazowym, stanowi wartość kosztów lub korzyści wynikających z realizacji danego wariantu. W przypadku, gdy różnica kosztów danego wariantu i kosztów wariantu bazowego jest dodatnia, dana kategoria efektu zewnętrznego jest kosztem, natomiast w przypadku, gdy różnica jest wynikiem ujemnym, dana kategoria efektu zewnętrznego traktowana jest jako korzyść społeczna realizacji wariantu.

W tabeli 15 przedstawiono wskaźniki oceny opłacalności efektywności finansowej porównywanych wariantów: konwencjonalnego, elektrycznego 1 i elektrycznego 2 – w stosunku do scenariusza bazowego.

**Tab. 15. Wskaźniki efektywności finansowej porównywanych wariantów**

Wyszczególnienie	Jednostka	Wariant		
		konwencjonalny	elektryczny 1	elektryczny 2
Finansowa bieżąca wartość netto inwestycji ( <b>FNPV/c</b> )	tys. zł	2 105,0	-24 199,8	-26 162,7
Finansowa wewnętrzna stopa zwrotu z inwestycji ( <b>FRR/c</b> )	%	niepoliczalna	-13,3	niepoliczalna

Źródło: opracowanie własne.

Żaden z wariantów z taborem zeroemisyjnym nie wykazał dodatnich wartości wskaźników FNPV/c i FRR/c – ich realizacja wymaga więc udzielenia zewnętrznego wsparcia finansowego. Różnica pomiędzy wariantami elektrycznymi a konwencjonalnym jest bardzo znacząca, lecz różnica pomiędzy efektami finansowymi wariantów elektrycznych nie jest duża.

W tabeli 16 przedstawiono wyniki podsumowania analizy dla wariantów konwencjonalnego, elektrycznego 1 oraz elektrycznego 2 w zakresie emisji zanieczyszczeń, a w tabeli 17 – efekty ekonomiczne tej analizy.

**Tab. 16. Emisja zanieczyszczeń i jej koszt w poszczególnych wariantach w latach 2022-2036**

Lp.	Czas badania	Jednostka	Wielkość i koszt emisji			
			CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	NM VOC	PM
<b>Scenariusz bazowy</b>						
1.1	Średniorocznie	tona	1 385,6	4,4	3,4	0,10
1.2		tys. zł	313,2	392,0	36,6	140,4
1.3	Cały okres analizy	tona	22 169,8	70,3	53,9	1,52
1.4		tys. zł	5 011,7	6 271,6	585,9	2 247,0
<b>Wariant konwencjonalny</b>						
2.1	Średniorocznie	tona	1 385,6	4,4	3,4	0,10
2.2		tys. zł	313,2	392,0	36,6	140,4
2.3	Cały okres analizy	tona	22 169,8	70,3	53,9	1,52
2.4		tys. zł	5 011,7	6 271,6	585,9	2 247,0
<b>Wariant elektryczny 1</b>						
3.1	Średniorocznie	tona	1 309,0	4,0	3,2	0,09
3.2		tys. zł	294,1	352,3	35,1	128,8
3.3	Cały okres analizy	tona	20 943,2	63,5	52,0	1,40
3.4		tys. zł	4 706,6	5 637,5	561,4	2 060,4
<b>Wariant elektryczny 2</b>						
4.1	Średniorocznie	tona	1 356,2	4,0	3,2	0,09
4.2		tys. zł	305,3	359,4	34,4	130,7
4.3	Cały okres analizy	tona	21 700,0	64,7	51,1	1,42
4.4		tys. zł	4 884,2	5 750,2	551,1	2 091,6
<b>Różnica wysokości emisji i jej kosztów – wariant elektryczny 1 versus wariant konwencjonalny</b>						
5.1	Średniorocznie	tona	-76,7	-0,4	-0,1	-0,01
5.2		tys. zł	-19,1	-36,7	-1,5	-11,7
5.3	Cały okres analizy	tona	-1 226,5	-6,3	-1,9	-0,12
5.4		tys. zł	-306,1	-587,6	-23,8	-186,7
<b>Ograniczenie emisji w wariantcie elektrycznym 1 w porównaniu do wariantu konwencjonalnego [%]</b>						
6.1	Średniorocznie	tona	-5,5	-9,1	-3,5	-8,0
6.2		tys. zł	-6,1	-9,4	-4,1	-8,3
6.3	Cały okres analizy	tona	-5,5	-9,1	-3,5	-8,0
6.4		tys. zł	-6,1	-9,4	-4,1	-8,3

Lp.	Czas badania	Jednostka	Wielkość i koszt emisji			
			CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	NM VOC	PM
<b>Różnica wysokości emisji i jej kosztów – wariant elektryczny 2 versus wariant konwencjonalny</b>						
7.1	Średniorocznie	tona	-29,4	-0,3	-0,2	-0,01
7.2		tys. zł	-8,0	-29,72	-2,1	-9,7
7.3	Cały okres analizy	tona	-469,8	-5,2	-2,8	-0,10
7.4		tys. zł	-127,6	-474,9	-34,1	-155,5
<b>Ograniczenie emisji w wariantcie elektrycznym 2 w porównaniu do wariantu konwencjonalnego [%]</b>						
8.1	Średniorocznie	tona	-2,1	-7,4	-5,1	-6,7
8.2		tys. zł	-2,5	-7,6	-5,8	-6,9
8.3	Cały okres analizy	tona	-2,1	-7,4	-5,1	-6,7
8.4		tys. zł	-2,5	-7,6	-5,8	-6,9

Źródło: opracowanie własne.

We wszystkich wariantach z taborem zeroemisyjnym wartości ENPV przyjęły wielkości ujemne. W przypadku, gdy wartość ENPV wynosi zero, bieżąca wartość przyszłych korzyści ekonomicznych jest równa bieżącej wartości kosztów ekonomicznych wariantu. W analizowanym przypadku nie są jednak istotne osiągnięte wartości ENPV w porównaniu do scenariusza bazowego, lecz różnice wartości ENPV poszczególnych analizowanych wariantów. Scenariusz bazowy nie będzie bowiem realizowany i ma znaczenie wyłącznie porównawcze, ponieważ służy zaprognozowaniu przepływów dla poszczególnych wariantów przy zastosowaniu metody różnicowej.

**Z porównania wariantów inwestycyjnych związanych z wymianą taboru elektrycznej komunikacji miejskiej wynika, że korzystniejszą wartość ENPV osiągnięto dla wariantu konwencjonalnego.**

Z uwagi na znaczące różnice w wartości nakładów inwestycyjnych ocenianych wariantów, ENPV nie jest najważniejszą determinantą, a na pewno nie jedyną, która powinna być uwzględniona w ocenie. Należy odnieść się do efektywności ekonomicznej wariantów. Wskaźnikami, które informują o efektywności ekonomicznej, są ERR oraz BCR. Wskaźnik BCR wykazuje wyraźnie wyższą wartość dla wariantów elektrycznych wobec wariantu konwencjonalnego.

Należy podkreślić, że przeprowadzona analiza uwzględnia korzyści tzw. bezpośrednio (emisje, hałas), nie uwzględnia natomiast takich korzyści, jak podniesienie komfortu jazdy, czy też postrzeganie transportu publicznego przez mieszkańców.

**Tab. 17. Podsumowanie wyników finansowo-ekonomicznych poszczególnych wariantów w stosunku do scenariusza bazowego w latach 2021-2036**

Wyszczególnienie	Jednostka	Wariant		
		konwencjonalny	elektryczny 1	elektryczny 2
<b>Koszty inwestycyjne</b>	<b>tys. zł</b>	<b>13 500,0</b>	<b>34 990,0</b>	<b>35 560,0</b>
Infrastruktura i pozostałe koszty	tys. zł	0,0	5 220,0	3 800,0
Autobusy z wyposażeniem	tys. zł	13 500,0	29 770,0	31 760,0
Zmiany kosztów eksploatacyjnych	tys. zł/rok	-149,3	-446,1	-431,0
Zdyskontowane efekty zewnętrzne	tys. zł	49,4	2 860,5	2 638,6
Emisja lokalna zanieczyszczeń – wartość zdyskontowana	tys. zł	48,3	1 402,5	1 298,2
Emisja CO <sub>2</sub> – wartość zdyskontowana	tys. zł	0,0	180,4	62,3
Redukcja hałasu	tys. zł	1,1	1 277,7	1 278,0
<b>Ekonomiczna bieżąca wartość netto (ENPV)</b>	<b>tys. zł</b>	<b>-8 308,1</b>	<b>-17 173,4</b>	<b>-19 176,1</b>
Ekonomiczna stopa zwrotu (ERR)	%	-15,03	-8,46	-10,25
<b>Wskaźnik przychód/koszty (BCR)</b>	<b>-</b>	<b>0,16</b>	<b>0,63</b>	<b>0,31</b>

Źródło: opracowanie własne.

Ocena wyników ekonomicznych analizowanych wariantów i same wyniki wskazują, iż podstawowym czynnikiem wpływającym na wartości wskaźników są nakłady inwestycyjne, tj. cena autobusu oraz nakłady na infrastrukturę w danym wariantcie.

**Uzyskane w analizie wyniki oznaczają – przy przyjętych założeniach i uwzględnieniu jako miernika ENPV – brak osiągniętych korzyści z tytułu zastosowania w ełckiej komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych – zarówno w wariantcie inwestycyjnym elektrycznym 1, jak i w wariantcie elektrycznym 2.**

Przy zastosowaniu jako miernika BCR, występuje korzyść z zastosowania każdego z wariantów elektrycznych.

### 7.3. Trwałość finansowa

Organizatorem ełckiej komunikacji miejskiej jest Prezydent Miasta Ełku. W jego imieniu wszelkie działania w tym zakresie wykonywane są przez Referat Komunalny w Wydziale Mienia Komunalnego w Urzędzie Miasta Ełku. Jednym z zadań Referatu, związanym z publicznym

transportem zbiorowym, jest powierzenie świadczenia usług w zakresie publicznego transportu zbiorowego na terenie Gminy Miasta Ełk oraz gmin objętych porozumieniem międzygminnym – w wyniku zawarcia stosownej umowy z operatorem. Od dnia 2 grudnia 2019 r. przez okres 10 lat, umowa ta zawarta jest z MZK sp. z o.o. – będącą podmiotem wewnętrznym.

Przekazywanie operatorowi określonych środków w celu zapłaty za świadczone usługi przewozowe wymaga ich zabezpieczenia w budżecie Miasta. Wielkość tych wydatków na tle dochodów i innych wydatków budżetowych Miasta Ełku w latach 2018-2020 oraz plan na 2021 r. – według stanu na dzień 20 września 2021 r. – przedstawiono w tabeli 18.

Sytuacja finansowa Miasta charakteryzuje się od trzech lat występowaniem deficytu budżetowego, pokrywanego zwiększeniem finansowania zewnętrznego. Budżet Ełku wykazywał w latach 2018-2020 nadwyżkę operacyjną, lecz malejącą, był jednak w stanie pokryć rosnące wydatki bieżące, w tym związane z rekompensatą dla MZK sp. z o.o. Budżet zaplanowany na 2021 r. wykazuje już deficyt operacyjny, z tym że w wydatkach uwzględniono wydatki bieżące i majątkowe lokalnego transportu zbiorowego, w tym rekompensatę za wykonywanie przez MZK sp. z o.o. usług przewozów w ramach publicznego transportu zbiorowego. Plan przygotowany jest w wersji dość oszczędnościowej i podobnie jak w latach poprzednich będzie korygowany w miarę zmian sytuacji finansowej miasta. Można oczekiwać osiągnięcia w rzeczywistym wykonaniu budżetu znacznie lepszego efektu finansowego, niż wynika z obecnego planu. Przewidziane wydatki na lokalny transport nie odbiegają istotnie od poziomu wykonania w roku poprzednim.

Występowanie przez kilka kolejnych lat deficytu budżetowego stwarza istotne ograniczenia w wydatkach inwestycyjnych Miasta w latach następnych, w tym na lokalny transport zbiorowy.

Wysokość nadwyżki operacyjnej (lub deficytu) określa swego rodzaju wynik finansowy działalności bieżącej jednostki samorządu terytorialnego. Informuje o tym, ile samorządowi pozostało dochodów o charakterze stabilnym – cyklicznym, po sfinansowaniu wszystkich wydatków o takim charakterze. Pozytywna dla jednostki samorządowej sytuacja występuje wówczas, gdy ma miejsce istotna, stała i coroczna nadwyżka operacyjna, co oznacza, że po sfinansowaniu wszystkich wydatków bieżących, zostaną jeszcze środki finansowe na realizację inwestycji. Taka sytuacja występowała w minionym latach w Ełku, lecz w 2021 r. zaplanowano już deficyt operacyjny.



**Tab. 18. Budżet Miasta Ełku w latach 2018-2020 i plan na 2021 r. [mln zł]**

Lp.	Wyszczególnienie	Wykonanie w latach			Plan na 2021 r.
		2018	2019	2020	
<b>1</b>	<b>Dochody</b>	<b>273,43</b>	<b>293,70</b>	<b>328,78</b>	<b>340,26</b>
1a	– dochody bieżące	244,07	271,07	296,33	302,15
1aa	– w tym lokalny transport zbiorowy	2,12	2,42	3,24	2,85
1b	– dochody majątkowe	29,36	22,63	32,45	38,11
1ba	– w tym lokalny transport zbiorowy	0,00	0,00	3,95	6,31
<b>2</b>	<b>Wydatki</b>	<b>280,79</b>	<b>310,36</b>	<b>333,65</b>	<b>361,84</b>
2a	– wydatki bieżące	226,24	260,93	288,38	315,51
2aa	– w tym lokalny transport zbiorowy	6,27	7,47	9,13	9,03
2b	– wydatki majątkowe	54,55	49,43	45,27	48,33
2bb	– w tym lokalny transport zbiorowy	0,00	5,73	8,32	8,62
<b>3</b>	<b>Deficyt/nadwyżka</b>	<b>-7,36</b>	<b>-16,66</b>	<b>-4,87</b>	<b>-21,58</b>
4	Deficyt/nadwyżka operacyjna	17,83	10,14	7,95	-13,36
5	Finansowanie	25,32	37,96	35,99	21,58
5a	– w tym przychody	30,32	43,67	42,96	27,89
5b	– w tym rozchody	5,00	5,71	6,98	6,32

Źródło: dane Miasta, [bip.elk.warmia.mazury.pl/18/Majatek\\_i\\_finanse](http://bip.elk.warmia.mazury.pl/18/Majatek_i_finanse), dostęp: 20.09.2021 r.

Realizowane i planowane wydatki na lokalny transport zbiorowy determinowane są także prowadzonymi i przewidywanymi inwestycjami taborowymi. W 2021 r. znaczące wydatki na inwestycje w transporcie zbiorowym zaplanowano w związku z realizacją projektów inwestycyjnych: „Rozwój zrównoważonego transportu publicznego w Mieście Ełk” i „Rozwój zrównoważonego transportu publicznego w Mieście Ełk – etap III”, w szczególności związane z zakupem 2 hybrydowych autobusów niskoemisyjnych. Przewiduje się, że pojazdy te zostaną udostępnione do eksploatacji MZK sp. z o.o.

Wielkość realizowanych średniorocznie wydatków majątkowych Miasta wskazuje na ograniczoną zdolność do zrealizowania programu odnowy taboru – zarówno w wariantcie konwencjonalnym, jak i (szczególnie) w wariantach elektrycznych 1 i 2. W tych ostatnich zwiększone wydatki na zakup taboru wymagałyby nie tylko znaczącego zaangażowania MZK sp. z o.o. w finansowanie zakupu taboru i infrastruktury zasilającej, ale i przeznaczenia znacznej części nadwyżki operacyjnej budżetu Miasta na zamierzenia inwestycyjne w zakresie lokalnego transportu zbiorowego. Wydatki z budżetu Miasta oraz operatora można zmniejszyć poprzez

skorzystanie ze środków pomocowych, ograniczając je do wysokości udziału własnego w kosztach zakupu i budowy. W wariantach elektrycznych pełną odnowę taboru bez wsparcia środkami pomocowymi także należy uznać za dość problematyczną.

Jedynym operatorem wykonującym przewozy w elckiej komunikacji miejskiej jest MZK sp. z o.o. – świadcząca przewozy na podstawie umowy powierzenia z dnia 2 grudnia 2019 r. Zgodnie z tą umową, elementem wynagrodzenia jest rekompensata wyliczana zgodnie z postanowieniami Rozporządzenia 1370/2007, jako iloczyn wykonanej liczby wozokilometrów i stawki jednostkowej, rozliczana w okresach rocznych. W ramach umowy powierzenia MZK sp. z o.o. prowadzi także w imieniu własnym emisję i sprzedaż biletów komunikacji miejskiej.

MZK sp. z o.o. poza działalnością przewozową w komunikacji miejskiej prowadzi usługi zamieszczania reklam na autobusach.

W tabeli 19 przedstawiono rachunek zysków i strat MZK sp. z o.o., a w tabeli 20 bilans – wykonanie w latach 2018-2020.

**Tab. 19. Rachunek zysków i strat MZK sp. z o.o. – wykonanie w latach 2018-2020 [tys. zł]**

Lp.	Wyszczególnienie	Wykonanie w latach [tys. zł]		
		2018	2019	2020
<b>1</b>	<b>Przychody ze sprzedaży</b>	<b>9 388,7</b>	<b>10 421,6</b>	<b>10 518,3</b>
1a	– w tym przychody ze sprzedaży produktów	9 392,9	10 421,5	10 514,0
1b	– w tym zmiana stanu produktów	-4,3	0,0	0,0
1c	– w tym przychody ze sprzedaży towarów i materiałów	0,1	0,0	0,1
<b>2</b>	<b>Koszty działalności operacyjnej</b>	<b>9 530,4</b>	<b>10 462,5</b>	<b>10 582,8</b>
<b>3</b>	<b>Zysk ze sprzedaży</b>	<b>-141,7</b>	<b>-40,9</b>	<b>-64,4</b>
4	Pozostałe przychody operacyjne	97,6	126,5	163,5
5	Pozostałe koszty operacyjne	0,7	0,0	70,1
<b>6</b>	<b>Zysk z działalności operacyjnej</b>	<b>-44,8</b>	<b>85,6</b>	<b>29,0</b>
7	Saldo przychodów i kosztów finansowych	37,4	35,4	15,0
<b>8</b>	<b>Zysk brutto</b>	<b>-7,5</b>	<b>121,0</b>	<b>44,0</b>
9	Podatek dochodowy i inne obciążenia	14,6	52,0	31,9
<b>10</b>	<b>Zysk netto</b>	<b>-22,0</b>	<b>69,0</b>	<b>12,2</b>

Źródło: dane: MZK sp. z o.o.

**Tab. 20. Bilans MZK sp. z o.o. – aktywa, wykonanie w latach 2018-2020 [tys. zł]**

Lp.	Wyszczególnienie	Wykonanie w latach [tys. zł]		
		2018	2019	2020
<b>A</b>	<b>Aktywa trwałe</b>	<b>5 230,0</b>	<b>5 234,7</b>	<b>5 286,81</b>
<b>I</b>	<b>Wartości niematerialne i prawne</b>	<b>57,0</b>	<b>41,3</b>	<b>25,5</b>
<b>II</b>	<b>Rzeczowe aktywa trwałe</b>	<b>5 242,9</b>	<b>5 283,4</b>	<b>5 261,3</b>
1	Środki trwałe	5 242,91	5 283,4	5 261,3
2	Środki trwałe w budowie	0,0	0,0	0,0
3	Zaliczki na środki trwałe w budowie	0,0	0,0	0,0
<b>III</b>	<b>Należności długoterminowe</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>
<b>IV</b>	<b>Długoterminowe aktywa finansowe</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>
<b>V</b>	<b>Długoterminowe rozliczenia międzyokresowe</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>
<b>B</b>	<b>Aktywa obrotowe</b>	<b>4 229,8</b>	<b>4 296,8</b>	<b>4 568,1</b>
<b>I</b>	<b>Zapasy</b>	<b>195,7</b>	<b>204,1</b>	<b>180,8</b>
<b>II</b>	<b>Należności krótkoterminowe</b>	<b>213,9</b>	<b>284,3</b>	<b>303,8</b>
<b>III</b>	<b>Inwestycje krótkoterminowe</b>	<b>3 820,3</b>	<b>3 808,5</b>	<b>4 079,2</b>
<b>IV</b>	<b>Krótkoterminowe rozliczenia międzyokresowe</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>4,3</b>
-	<b>Aktywa razem</b>	<b>9 529,8</b>	<b>9 621,5</b>	<b>9 854,9</b>

Źródło: dane: MZK sp. z o.o.

**Tab. 21. Bilans MZK sp. z o.o. – pasywa, wykonanie w latach 2018-2020 [tys. zł]**

Lp.	Wyszczególnienie	Wykonanie w latach [tys. zł]		
		2018	2019	2020
<b>A</b>	<b>Kapitał własny</b>	<b>9 067,5</b>	<b>9 136,5</b>	<b>9 148,6</b>
I	Kapitał podstawowy	9 290,5	9 290,5	9 290,5
II	Kapitał zapasowy	0,0	0,0	0,0
III	Kapitał z aktualizacji wyceny	0,0	0,0	0,0
IV	Pozostałe kapitały rezerwowe	0,0	0,0	0,0
V	Zysk z lat ubiegłych	-201,0	-223,0	-154,0
VI	Zysk/strata netto	-22,0	69,0	12,2
<b>B</b>	<b>Zobowiązania i rezerwy na zobowiązania</b>	<b>462,3</b>	<b>485,0</b>	<b>706,2</b>
<b>I</b>	<b>Rezerwy na zobowiązania</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>
<b>II</b>	<b>Zobowiązania długoterminowe</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>
<b>III</b>	<b>Zobowiązania krótkoterminowe</b>	<b>450,8</b>	<b>485,0</b>	<b>706,2</b>
<b>IV</b>	<b>Rozliczenia międzyokresowe</b>	<b>11,5</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>
-	<b>Pasywa razem</b>	<b>9 529,8</b>	<b>9 621,5</b>	<b>9 854,9</b>

Źródło: dane: MZK sp. z o.o.

Miasto zobowiązane jest do przeprowadzania corocznego audytu wykonywanego przez niezależnego audytora – w celu sprawdzenia, czy wielkość przekazanej rekompensaty jest właściwa. Miasto zobowiązane jest przekazać niedopłatę rekompensaty, a MZK sp. z o.o. zwrócić jej nadpłatę. W analizowanym okresie Miasto przekazywało rekompensatę zgodnie z zawartą umową powierzenia.

W tabeli 22 przedstawiono podstawowe wskaźniki charakteryzujące sytuację finansową MZK sp. z o.o.

**Tab. 22. Wskaźniki finansowe MZK sp. z o.o. w latach 2018-2020**

Lp.	Wyszczególnienie	Wskaźniki w latach		
		2018	2019	2020
1	Wskaźnik płynności bieżącej	9,38	8,86	6,46
2	Wskaźnik płynności szybkiej	8,95	8,44	6,21
3	Wskaźnik ogólnego zadłużenia	0,05	0,00	0,00
4	EBITDA [tys. zł]	689,8	838,7	767,4
5	ROE [%]	-0,24	0,75	0,13
6	ROA [%]	-0,42	1,30	0,23
7	Cykl regulowania należności [dni]	8,3	10,0	10,5
8	Cykl regulowania zobowiązań [dni]	17,5	17,0	24,5
9	Cykl rotacji zapasów [dni]	7,6	7,1	6,2
10	Rotacja aktywów	0,99	1,08	1,07
11	Rotacja środków trwałych	1,80	1,96	1,99

Źródło: opracowanie własne.

Sytuację finansową MZK sp. z o.o. w latach 2018-2020 należy uznać za stabilną i dobrą, umożliwiającą realizację procesu odnowy taboru, ale niepozwalającą na poniesienie nakładów przewidzianych w każdym z wariantów inwestycyjnych w pełnym zakresie. MZK sp. z o.o. posiada nadwyżki finansowe pozwalające na zrealizowanie części inwestycji, w szczególności związanej z przebudową zajezdni w zaproponowanych wariantach elektrycznych. Spółka posiada także zdolność do zaciągania zewnętrznych zobowiązań kredytowych.

Wartość amortyzacji w MZK sp. z o.o. nie jest zbyt duża. Spółka korzystając jedynie z własnych środków, może realizować zakupy jednostek taborowych używanych, według scenariusza bazowego. W celu zrealizowania całego programu inwestycji we wszystkich wariantach MZK sp. z o.o. musi wspomagać się zewnętrznym finansowaniem w znacznej skali, w szczególności poprzez korzystanie ze środków pomocowych, leasing środków transportu

oraz zaciąganie zobowiązań kredytowych. Wykonanie całego programu inwestycyjnego przedstawionego w analizie wymagałoby także pozyskania przez MZK sp. z o.o. dodatkowego wsparcia ze strony Miasta albo też pozyskania środków zewnętrznych pomocowych krajowych i europejskich.

Zrealizowanie inwestycji przewidzianych w wariantach elektrycznych 1 i 2, nawet z aplikowaniem o dodatkowe środki pomocowe, wymaga zaangażowania się finansowego Miasta, np. poprzez zrealizowanie przez Miasto inwestycji infrastrukturalno-drogowych. Należałoby rozważyć, czy nie byłoby zasadne dokonanie przez Miasto co najmniej w części zakupu taboru zeroemisyjnego z infrastrukturą zasilającą, z wykorzystaniem programów pomocowych krajowych i europejskich, a następnie udostępnienie ich operatorowi.

Założono, że Miasto w okresie analizy będzie przekazywało MZK sp. z o.o. środki finansowe w formie należnej rekompensaty w takiej wysokości, a także współuczestniczyło w finansowaniu działalności inwestycyjnej, aby odnowa taboru według wybranego wariantu była możliwa do zrealizowania.

Zewnętrzne finansowanie pozyskane przez MZK sp. z o.o. zwiększa wysokość należnej rekompensaty, co oznacza w rezultacie konieczność pokrycia kosztów takiego finansowania przez Miasto. W przypadku korzystania przez MZK sp. z o.o. ze środków pomocowych dedykowanych wymianie taboru – krajowych lub z Unii Europejskiej – MZK sp. z o.o. musi także wygospodarować niezbędne środki finansowe na pokrycie udziału własnego Spółki.

#### **7.4. Analiza wrażliwości i ryzyka**

Dla przyjętych założeń wykazano brak korzyści z wykorzystywania autobusów zeroemisyjnych w ełckiej komunikacji miejskiej. Zastosowanie autobusów elektrycznych z napędem bateryjnym pozwala wprowadzić na zmniejszenie kosztów eksploatacyjnych, lecz brak korzyści społeczno-ekonomicznych zdeterminowała wysoka cena zakupu autobusów elektrycznych wraz z infrastrukturą zasilającą.

Strukturę użytkowanego taboru determinować będą w najbliższych latach decyzje – pozytywne lub negatywne – o dofinansowaniu ze środków pomocowych zakupu autobusów zeroemisyjnych wraz z infrastrukturą zasilającą w ramach programów pomocowych krajowych oraz Unii Europejskiej. W ramach takich programów flota autobusów zeroemisyjnych w ełckiej komunikacji miejskiej może osiągnąć poziom 11 pojazdów. W przypadku braku uczestnictwa lub braku pozyskania dofinansowania dla takich projektów, spełnienie warunku 30% udziału taboru zeroemisyjnego we flocie pojazdów, którymi świadczone są usługi komunikacji miejskiej w Ełku, wymaganego na 1 stycznia 2028 r., będzie bardzo trudne.

**Zakup autobusów zeroemisyjnych wiąże się z poniesieniem niemal 2,5-krotnie wyższych jednostkowych nakładów inwestycyjnych dla autobusów elektrycznych bateryjnych, niż przy zakupie analogicznego taboru z napędem Diesla. Nie istnieje jeszcze rynek używanych autobusów zeroemisyjnych – nie można więc nabyć tańszego pojazdu używanego.**

**Niezwykle wysokie wydatki na zakup taboru zeroemisyjnego ponoszone w całości ze środków własnych jednostki samorządu terytorialnego, wymagałyby rezygnacji przez Miasto z wielu innych przedsięwzięć inwestycyjnych. Uznaje się więc, że decyzja o wdrożeniu wariantów elektrycznego 1 oraz elektrycznego 2, z zakupem pojazdów zeroemisyjnych, może być podjęta tylko w przypadku uzyskania dodatkowego dofinansowania zwiększonych wydatków z krajowych lub europejskich środków pomocowych.**

Za największe ryzyko dalszej realizacji obydwu wariantów należy uznać brak możliwości finansowych zrealizowania przez MZK sp. z o.o. i/lub Miasto pełnego programu odnowy taboru. Oznacza to brak możliwości sfinansowania programu wymiany taboru przez MZK sp. z o.o. ze środków własnych oraz pozyskanego komercyjnego finansowania zewnętrznego, a także poniesienia przez Miasto dostatecznych wydatków budżetowych związanych z wymianą taboru komunikacji miejskiej, np. wskutek braku lub zbyt małego dofinansowania ze środków pomocowych.

Z punktu widzenia jednostki samorządu terytorialnego, efektywność zastosowania autobusów zeroemisyjnych wzrosłaby, gdyby ceny takich pojazdów były znacznie niższe. W tabeli 23 przedstawiono zmiany efektywności finansowej i ekonomicznej przyjętych do analizy wariantów – przy zmniejszeniu kosztu nabywanego autobusu zeroemisyjnego odpowiednio o 10, 25 i 40%.

Jak wynika z tabeli 23, różnica ENPV pomiędzy wariantami elektrycznym i konwencjonalnym, nawet przy spadku ceny autobusów elektrycznych o 40% jest ujemna, nie występuje więc korzyść wynikających ze zmniejszenia emisji zanieczyszczeń w wariantcie elektrycznym.

**Wartość progowa ceny standardowego autobusu zeroemisyjnego klasy maxi, o długości około 12 m, przy której ekonomiczna bieżąca wartość netto ENPV byłaby wyższa niż dla wariantu z taborem konwencjonalnym, to dla Ełku w wariantcie elektrycznym 1 kwota 1 300,5 tys. zł (o co najmniej 45,13% niższa od przyjętej do analizy), natomiast w wariantcie elektrycznym 2 – kwota 1 328,9 tys. zł (o 43,93% niższa od przyjętej obecnie).**

**Tab. 23. Zmiany efektywności finansowej wariantów elektrycznych w wyniku zmniejszenia kosztu jednostkowego nabywanego taboru**

Lp.	Wyszczególnienie	Jednostka	Zmniejszenie ceny autobusu zeroemisyjnego		
			o 10%	o 25%	o 40%
<b>Wariant – elektryczny 1</b>					
1	Finansowa bieżąca wartość netto inwestycji ( <b>FNPV/c</b> )	tys. zł	-21 906,9	-18 467,7	-15 028,4
2	Ekonomiczna bieżąca wartość netto ( <b>ENPV</b> )	tys. zł	-15 208,8	-12 261,9	-9 314,9
3	Różnica <b>ENPV</b> wobec wariantu 1 – konwencjonalnego	tys. zł	-6 900,7	-3 953,8	-1 006,93
<b>Wariant – elektryczny 2</b>					
1	Finansowa bieżąca wartość netto inwestycji ( <b>FNPV/c</b> )	tys. zł	-21 257,8	-17 818,5	-14 379,3
2	Ekonomiczna bieżąca wartość netto ( <b>ENPV</b> )	tys. zł	-14 973,3	-12 026,4	-9 079,4
3	Różnica <b>ENPV</b> wobec wariantu 1 – konwencjonalnego	tys. zł	-6 665,3	-3 718,3	-771,4

Źródło: opracowanie własne.

**Dopiero przy takich cenach pojazdów zeroemisyjnych wystąpiłaby ekonomiczna opłacalność zakupu taboru zeroemisyjnego, czyli wystąpiłby obowiązek zakupu taboru zeroemisyjnego, przy uwzględnieniu parametru ENPV.**

Identyfikację podstawowych czynników ryzyka, które mogą mieć wpływ na realizację wariantów, przedstawiono w tabeli 24. Dla każdego z ryzyk zidentyfikowanych jako aktywne przedstawiono jego prawdopodobieństwo i dotkliwość – zgodnie z dokumentem pn. „Przewodnik po analizie kosztów i korzyści projektów inwestycyjnych. Narzędzie analizy ekonomicznej polityki spójności 2014-2020, Komisja Europejska 2014.” Prawdopodobieństwo ryzyka sklasyfikowano w skali od A – bardzo nieprawdopodobne do E – bardzo prawdopodobne. Siłę oddziaływania (dotkliwość ryzyka) sklasyfikowano natomiast od I – brak oddziaływania na dobrobyt społeczny do V – katastrofalne, wadliwość projektu. Poziom ryzyka, jako połączenie prawdopodobieństwa i siły oddziaływania, określono na podstawie tabeli zamieszczonej w wyżej wymienionym przewodniku.

We wszystkich wariantach ryzyka popytowe w jednakowym stopniu oddziałują na zdolność do realizacji zadań inwestycyjnych. Ujęto je w każdym z wariantów w jednej pozycji.



**Tab. 24. Wynikowa ocena ryzyka w okresie analizy**

Rodzaj ryzyka	Prawdopodobieństwo	Siła oddziaływania	Poziom ryzyka	Strategia przeciwdziałania
<b>Wariant konwencjonalny</b>				
Długotrwałe utrzymywanie się niskiego popytu na przewozy komunikacją miejską	D	III	wysoki	różnorodne działania Miasta promujące korzystanie z komunikacji miejskiej
Brak środków własnych MZK sp. z o.o. na odnowę taboru	D	IV	bardzo wysoki	coroczne przekazywanie przez Miasto rekompensaty w pełnej wysokości określonej audytem, zakup części taboru przez Miasto
Brak możliwości realizacji częściowych zakupów taboru przez Miasto	B	IV	umiarkowany	planowanie długookresowe inwestycji
Opóźnienia w dostawach taboru	A	III	niski	wyprzedzające ogłaszanie przetargów
Wyższe lub zbyt wysokie ceny taboru	B	III	umiarkowany	wyprzedzające ogłaszanie przetargów, zmiany kompletacji, korzystanie z leasingu
Wyższe ceny oleju napędowego	B	III	umiarkowany	dywersyfikacja napędów autobusów
<b>Warianty elektryczne</b>				
Długotrwałe utrzymywanie się niskiego popytu na przewozy komunikacją miejską	D	III	wysoki	różnorodne działania Miasta promujące korzystanie z komunikacji miejskiej
Brak środków własnych MZK sp. z o.o. na odnowę taboru	E	V	bardzo wysoki	udział w projektach i konkursach z dofinansowaniem zakupów, zakup części pojazdów elektrycznych i budowa infrastruktury przez Miasto, przekazywanie rekompensaty w pełnej wysokości
Brak możliwości realizacji częściowych zakupów taboru przez Miasto	C	IV	wysoki	udział Miasta w projektach i konkursach pozwalających na dofinansowanie zakupów
Opóźnienia w dostawach taboru	C	IV	wysoki	wyprzedzające ogłaszanie przetargów
Wyższe lub zbyt wysokie ceny taboru	C	II	umiarkowany	wyprzedzające ogłaszanie przetargów, ograniczenie kompletacji, opóźnienie wymiany taboru
Wyższe koszty infrastruktury	C	III	umiarkowany	wyprzedzające ogłaszanie przetargów
Opóźnienie w realizacji infrastruktury	C	IV	wysoki	wyprzedzające ogłaszanie przetargów

Rodzaj ryzyka	Prawdopodobieństwo	Siła oddziaływania	Poziom ryzyka	Strategia przeciwdziałania
Wyższe ceny oleju napędowego	B	III	umiarkowane	dywersyfikacja napędów autobusów
Wyższe ceny energii elektrycznej	C	III	umiarkowane	głównie nocne ładowanie, dodatkowe baterie
Wzrost cen baterii	C	II	umiarkowane	wydłużona eksploatacja

Źródło: opracowanie własne.

Bardzo wysokim ryzykiem jest ograniczona możliwość sfinansowania zakupów taboru przez MZK sp. z o.o. Program zakupu taboru w liczbie wymaganej ustawą o elektromobilności, przy wysokich cenach pojazdów elektrycznych, jest zbyt dużym wyzwaniem dla finansów Spółki. Akumulacja środków finansowych w MZK sp. z o.o. ograniczona do amortyzacji jest niewystarczająca dla realizacji programu. MZK sp. z o.o. będzie wspomagać się korzystaniem ze środków pomocowych i finansowania zewnętrznego, jeśli to tylko będzie możliwe.

Wysokim ryzykiem jest brak możliwości zaangażowania finansowego Miasta Ełk w niezbędnej wysokości w zakup taboru zeroemisyjnego. Autobusy elektryczne w zasadzie nie występują na rynku wtórnym, konieczne jest więc dokonanie zakupu takich pojazdów jako fabrycznie nowych, co wiąże się z wysokimi nakładami finansowymi. Bez zaangażowania finansowego Miasta, odnowa taboru w wariantach elektrycznych będzie niemal niewykonalna. Utrzymujący się od kilku lat deficyt budżetu Miasta oraz rosnące zadłużenie ogranicza z kolei możliwość realizacji przez Miasto kolejnych znaczących inwestycji, w tym w odnowę taboru komunikacji miejskiej.

Wysokim ryzykiem obarczone są terminowe dostawy taboru zeroemisyjnego, wynikające z prawdopodobnego jednoczesnego zamówienia dużej liczby takich pojazdów przez wiele miast, przy niewielkiej dotychczas ich podaży na rynku oraz ograniczonych zdolnościach wzrostu produkcji – zarówno komponentów, jak i całych pojazdów. Wysokim ryzykiem realizacji w obydwu wariantach zakupu taboru zeroemisyjnego obarczona jest także budowa niezbędnej infrastruktury zasilającej, związana z procesem uzyskiwania pozwoleń na budowę oraz realizacją inwestycji w obszarach zabudowy miejskiej.

Umiarkowane ryzyko związane jest ze stabilnością cen pojazdów zeroemisyjnych, gdyż pomimo że obecne ich ceny należy uznać za dość wysokie, to obowiązek ich wprowadzenia do eksploatacji w znacznej liczbie w dość krótkim okresie (kilku lat), może wpłynąć na ograniczoną ich dostępność. To z kolei wywoła wzrost cen, związany z koniecznością realizacji zwiększonych zamówień – przekraczających normalne zdolności produkcyjne dostawców taboru i komponentów.

Umiarkowane ryzyko związane jest z brakiem możliwości zaangażowania finansowego Miasta Ełku w niezbędnej wysokości w zakup taboru z napędami spalinowymi.

Umiarkowane ryzyko dotyczy także stabilności cen oleju napędowego oraz cen energii elektrycznej. Ryzyko to może być zmniejszane poprzez zawieranie wieloletnich kontraktów, a przy pojazdach elektrycznych – także poprzez ładowanie głównie w okresie niższych taryf, zapewnianie wymiennych zestawów baterii lub nawet pojazdów rezerwowych i zmniejszenie przez to poboru mocy w okresach szczytowych oraz zmniejszenie poziomu mocy zamówionej.

### 7.5. Określenie luki w finansowaniu

Określenia niezbędnej wartości dofinansowania dla danego wariantu wymiany taboru dokonano metodą luki w finansowaniu, zgodnie z metodologią przedstawioną w „Wytycznych w zakresie zagadnień związanych z przygotowaniem projektów inwestycyjnych, w tym projektów generujących dochód i projektów hybrydowych na lata 2014-2020”, opracowanych i zatwierdzonych w dniu 10 stycznia 2019 r. przez Ministerstwo Inwestycji i Rozwoju. Wysokość wyliczonej luki w finansowaniu przedstawiono w tabeli 26.

Podstawą ustalenia wartości określenia luki w finansowaniu jest analiza finansowa. Wskaźnik luki w finansowaniu wyliczono według wzoru:

$$R = (DIC - DNR)/DIC$$

gdzie:

DIC – oznacza sumę zdyskontowanych nakładów inwestycyjnych przewidzianych do poniesienia w danym wariantcie,

DNR – oznacza sumę zdyskontowanych dochodów powiększonych o wartość rezydualną.

Wyniki obliczeń wskazują, że udział własny w najwyższej wysokości występuje dla wariantu elektrycznego 1, a nieco niższej dla wariantu elektrycznego 2, różnice są jednak niewielkie. W przypadku decyzji o realizacji wariantu elektrycznego 1 wysokość wkładu własnego byłaby wyższa o ponad 100% (o 6,0 mln zł) niż dla wariantu konwencjonalnego. W przypadku decyzji o realizacji wariantu elektrycznego 2 wysokość wkładu własnego byłaby wyższa niż dla wariantu konwencjonalnego o ok. 90% (o 5,3 mln zł).

**Tab. 25. Wysokość luki w finansowaniu dla poszczególnych wariantów w okresie analizy – lata 2022-2036**

Wyszczególnienie	Jednostka	Wariant		
		konwencjonalny	elektryczny 1	elektryczny 2
Suma zdyskontowanych nakładów inwestycyjnych ( <b>DIC</b> )	tys. zł	23 340,4	42 372,9	43 059,3
Razem zdyskontowane dochody i wartość rezydualna ( <b>DNR</b> )	tys. zł	1 658,2,8	4 596,4	3 692,5
Wskaźnik luki w finansowaniu ( <b>R</b> )	%	92,90	89,15	91,42
Całkowite nakłady inwestycyjne	tys. zł	27 770,0	49 260,0	49 830,0
Koszty kwalifikowane skorygowane	tys. zł	25 797,1	43 916,5	45 556,8
Wysokość maksymalnej dotacji przy stopie współfinansowania 85%	tys. zł	21 927,5	37 329,0	38 723,3
Udział własny (dla 85%)	tys. zł	5 842,5	11 931,0	11 106,7

Źródło: opracowanie własne.

## 8. Podsumowanie

Miasto Ełk przekracza poziom 50 000 mieszkańców, jest zatem jako jednostka samorządu terytorialnego zobligowane do opracowania analizy kosztów i korzyści, o której mowa w art. 37 ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych.

Według stanu na dzień 20 września 2021 r. sieć połączeń ełckiej komunikacji miejskiej tworzyło 16 linii autobusowych, w tym 13 funkcjonujących przez wszystkie dni tygodnia. Trasy 4 linii obejmowały wyłącznie przystanki zlokalizowane w Ełku, kolejne 4 linie autobusowe obsługiwały Ełk i wybranymi kursami docierały do miejscowości położonych w bliskiej odległości od granic miasta, pozostałe natomiast służyły głównie skomunikowaniu z Ełkiem miejscowości położonych w okalającej miasto gminie Ełk. Wszystkie pozamiejskie trasy ełckiej komunikacji miejskiej funkcjonowały w ramach porozumienia międzygminnego, zawartego pomiędzy Miastem a gminą Ełk, która Miastu powierzyła organizację komunikacji miejskiej na swoim obszarze.

Organizatorem autobusowej komunikacji miejskiej w Ełku jest Prezydent Miasta Ełku, którego zadania wykonuje Referat Komunalny w Wydziale Mienia Komunalnego Urzędu Miasta w Ełku. Jedynym operatorem Ełckiej komunikacji miejskiej – w segmencie połączeń organizowanych przez miasto Ełk – a jednocześnie podmiotem wewnętrznym, jest Miejski Zakład Komunikacji sp. z o.o. w Ełku. Operator w 2020 r. wykonał w ramach komunikacji miejskiej ok. 1,5 mln wozokilometrów i posiadał flotę 34 pojazdów komunikacji miejskiej, w tym średnio 27 w ruchu.

Autobusy eksploatowane przez MZK sp. z o.o., według stanu na dzień 20 września 2021 r., posiadały jedynie silniki spalinowe na olej napędowy, część pojazdów miała przy tym napęd hybrydowy. Średni wiek taboru wynosił 11,2 lat, jednak niemal dwie trzecie wszystkich autobusów miało 10 lub więcej lat.

MZK sp. z o.o. systematycznie dokonywała zakupów pojazdów używanych. W latach 2019-2020 Miasto, w ramach projektu inwestycyjnego „Rozwój zrównoważonego transportu publicznego w Mieście Ełk”, nabyło 6 fabrycznie nowych autobusów klasy maxi Volvo 7900 Hybrid z napędem hybrydowym, które udostępniło Spółce do eksploatacji na liniach komunikacji miejskiej.

Analizę kosztów i korzyści wykonano zgodnie z wymogami ustawy o elektromobilności, korzystając z wytycznych i przewodników do sporządzania takich analiz, opracowanych dla potrzeb projektów z dofinansowaniem unijnym.

Zidentyfikowano trzy warianty zmian wyposażenia taborowego ełckiej komunikacji miejskiej, organizowanej przez Prezydenta Miasta Ełku:

- konwencjonalny – w którym założono realizację polityki sukcesywnej wymiany taboru na nowe autobusy – klasyczne z silnikami Diesla, zasilane olejem napędowym;
- elektryczny 1 – w którym założono: w celu spełnienia wymogów określonych ustawą o elektromobilności – sukcesywne wprowadzanie bateryjnych autobusów elektrycznych klasy maxi z ładowaniem pantografowym na pętlach oraz uzupełniającym plug-in na terenie zajezdni, a w pozostałym zakresie – realizację polityki sukcesywnej wymiany taboru na nowe autobusy: klasyczne z silnikami Diesla, zasilane olejem napędowym;
- elektryczny 2 – w którym założono: w celu spełnienia wymogów określonych ustawą o elektromobilności – sukcesywne wprowadzanie bateryjnych autobusów elektrycznych klasy maxi ładowanych wyłącznie ładowarkami plug-in na terenie zajezdni, a w pozostałym zakresie – realizację polityki sukcesywnej wymiany taboru na nowe autobusy – klasyczne z silnikami Diesla, zasilane olejem napędowym.

Z zapisów art. 12 ust. 1 pkt 8 ustawy o ptz wynika konieczność jednoznacznego wskazania linii komunikacyjnych, na których przewidywane jest wykorzystanie pojazdów elektrycznych lub pojazdów napędzanych gazem ziemnym. Zgodnie z art. 12 ust. 2a przywołanej ustawy, przy opracowywaniu planu transportowego gminy należy uwzględnić również wyniki analizy, o której mowa w art. 37 ust. 1 ustawy z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych, sporządzonej przez tę gminę. Wymagane wskazanie w planie transportowym linii do elektryfikacji powinno więc wynikać wprost z analizy kosztów i korzyści.

Niezależnie od możliwości elektryfikacji poszczególnych zadań przewozowych, połączonych wspólnym obiegiem taboru na różnych liniach, proponuje się, aby przydział linii do obsługi taborem zeroemisyjnym przedstawiał się następująco:

- w pierwszej kolejności – linie: podstawowa 8 oraz uzupełniająca 7, ze stacją ładowania szybkiego na pętli Konieczki, z dwoma stanowiskami do ładowania;
- w drugiej kolejności – linia 12 oraz uzupełniająco zindywidualizowane linie 11 i 13, z dedykowaną im stacją ładowania na pętli Zakłady Mięsne;
- w trzeciej kolejności – linia 6 z dodatkową stacją ładowania szybkiego na jednej z pętli w rejonie os. Baranki;
- w dalszej kolejności – w miarę potrzeb kolejne linie wraz z dodatkowymi stanowiskami lub stacjami ładowania szybkiego, w zależności od przyszłego układu sieci linii, częstotliwości kursowania oraz długości tras linii.

W przeprowadzonej analizie społeczno-ekonomicznej uwzględniono oszczędności w kosztach eksploatacyjnych oraz efekty zewnętrzne związane z emisją gazów cieplarnianych i innych zanieczyszczeń atmosfery oraz zmniejszenia hałasu.

Obliczone w analizie wskaźniki finansowe FNPV/c oraz FRR/c, są ujemne dla obydwu wariantów elektrycznych. Ujemne wartości dla wszystkich wariantów osiągnęły wskaźniki ENPV. W porównaniu do scenariusza bazowego najkorzystniej wypadł wariant konwencjonalny. **Przy przyjętych założeniach, analiza wykazała brak korzyści ze stosowania taboru zeroemisyjnego, a zatem i brak obowiązku jego stosowania.**

Głównym powodem negatywnych wyników analizy są wysokie ceny autobusów zeroemisyjnych oraz konieczność ponoszenia znaczących dodatkowych nakładów na instalacje zasilające autobusy elektryczne.

W analizie nie uwzględniano innych dodatnich efektów związanych z zastosowaniem taboru zeroemisyjnego, mogących istotnie wpłynąć na jej wynik, takich jak:

- wzrost zainteresowania mieszkańców korzystaniem z zeroemisyjnej komunikacji miejskiej;
- wpływ zastosowania taboru zeroemisyjnego na ocenę postrzegania miasta;
- wpływ zastosowania taboru zeroemisyjnego na zmianę zachowań transportowych mieszkańców.

Z punktu widzenia jednostki samorządu terytorialnego, efektywność zastosowania autobusów zeroemisyjnych znacznie by wzrosła, gdyby ceny takich pojazdów były niższe.

W wyniku symulacji zmiany efektywności finansowej i ekonomicznej przyjętych do analizy wariantów stwierdzono, że w przypadku Ełku dla wariantu elektrycznego 1, wartość progowa ceny standardowego autobusu klasy maxi z napędem elektrycznym zasilanym z baterii, przy której ekonomiczna bieżąca wartość netto ENPV byłaby wyższa w porównaniu do wariantu z taborem konwencjonalnym, to kwota 1 300 tys. zł (o 45% niższa od przyjętej do analizy). W wariantcie elektrycznym 2 wartość progowa standardowego autobusu elektrycznego klasy maxi wyniosła 1 328 tys. zł (czyli o 44% mniej od kwot przyjętych do analizy).

Dopiero przy takich cenach pojazdów zeroemisyjnych wystąpiłaby ekonomiczna opłacalność zakupu taboru zeroemisyjnego, czyli wystąpiłby obowiązek zakupu taboru zeroemisyjnego, przy uwzględnieniu korzyści wynikających ze zmniejszenia emisji zanieczyszczeń. Korzyści z zakupu autobusów z napędem elektrycznym dla jednostki samorządu terytorialnego znacznie wzrosną przy zmniejszeniu wkładu własnego w nabywanym taborze – jako efektu wykorzystania zewnętrznych źródeł finansowania inwestycji (np. otrzymania bezzwrotnej dotacji ze środków krajowych).

W związku z wynikiem przeprowadzonej analizy, tj. brakiem korzyści ekonomicznych, wskazujących bezwarunkowo na zasadność eksploatacji autobusów zeroemisyjnych, MZK



sp. z o.o. oraz Miasto Ełk zamierzają nabyć autobusy elektryczne tylko w sytuacji możliwości pozyskania dofinansowania ich zakupu ze środków zewnętrznych, zapewniających efektywność przedsięwzięcia.

Niniejsza analiza kosztów i korzyści nie jest polityką, strategią, planem lub programem, o których mowa w art. 46 ust. 2 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 ze zm.). Niniejsza analiza kosztów i korzyści w żaden sposób nie oddziałuje na obszary Natura 2000, a ponadto realizacja analizowanych wariantów, w szczególności elektrycznych, wpływa pozytywnie na zmniejszenie emisji zanieczyszczeń emitowanych do atmosfery w obszarze funkcjonowania ełckiej komunikacji miejskiej. Analiza kosztów i korzyści nie podlega więc obowiązkowi przeprowadzenia strategicznej oceny oddziaływania na środowisko.

## 9. Informacja

### o udziale społeczeństwa w postępowaniu (projekt)

Możliwość udziału społeczeństwa w opracowaniu dokumentu pn. „Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych dla Miasta Ełku” zapewniło Ogłoszenie Prezydenta Miasta Ełku, wydane na podstawie art. 39 ust. 1 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 ze zm.) w związku z art. 37 ust. 3 ustawy z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (t.j. Dz. U. z 2021 r. poz. 110 ze zm.).

Celem udziału społeczeństwa w opracowaniu dokumentu było zebranie uwag i wniosków na temat zapisów ww. analizy w terminie 21 dni od dnia publikacji tej informacji, tj. w terminie od ..... do ..... 2021 r.

Z treścią dokumentu zapoznać można się było:

- 1) na stronie internetowej Biuletynu Informacji Publicznej Urzędu Miasta Ełku pod adresem: <http://bip.elk.warmia.mazury.pl/> w zakładce: *Strategie, raporty, opracowania – Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem, przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej, autobusów zeroemisyjnych;*
- 2) w siedzibie Urzędu Miasta Ełku, ul. marsz. Piłsudskiego 4, 19-300 Ełk, pok. 244, w godzinach pracy urzędu, tj. poniedziałek: 8:00-16:00, wtorek-piątek 7:30-15:30.

Uwagi i wnioski do projektu dokumentu można było składać na formularzu zgłaszania uwag i wniosków:

- 1) na adres Urzędu Miasta Ełku, ul. marsz. Piłsudskiego 4, 19-300 Ełk;
- 2) za pomocą środków elektronicznych na adres: [wmk@um.elk.pl](mailto:wmk@um.elk.pl),  
lub ustnie do protokołu w siedzibie Urzędu Miasta Ełku przy ul. marsz. Piłsudskiego 4, pokój nr 244 w godzinach pracy urzędu, tj. poniedziałek: 8:00-16:00, wtorek-piątek 7:30-15:30.

Uzasadnienie zawierające informacje o udziale społeczeństwa w postępowaniu oraz o tym, w jaki sposób zostały wzięte pod uwagę i w jakim zakresie zostały uwzględnione uwagi i wnioski zgłoszone w związku z udziałem społeczeństwa, stanowi Załącznik nr 2 do analizy kosztów i korzyści. Uwagi i wnioski uznane za zasadne przyjęto odpowiednio korygując projekt analizy skierowany do udziału społeczeństwa.

## Spis tabel

Tab. 1. Liczba ludności, powierzchnia i gęstość zaludnienia miasta Ełk w latach 2011-2020.....	20
Tab. 2. Podstawowe parametry charakteryzujące ełcką komunikację miejską w latach 2018-2020 oraz plan na 2021 r.....	24
Tab. 3. Struktura taboru użytkowanego przez MZK sp. z o.o. – stan na 20 sierpnia 2021 r.....	27
Tab. 4. Struktura taboru ełckiej komunikacji miejskiej w podziale na normy emisji spalin – stan na 20 września 2021 r. ....	28
Tab. 5. Harmonogram wymiany taboru ełckiej komunikacji miejskiej w latach 2021-2036 w wariantcie konwencjonalnym.....	53
Tab. 6. Harmonogram wymiany taboru ełckiej komunikacji miejskiej w latach 2021-2036 w wariantcie elektrycznym 1 .....	54
Tab. 7. Harmonogram wymiany taboru ełckiej komunikacji miejskiej w latach 2021-2036 w wariantcie elektrycznym 2 .....	55
Tab. 8. Parametry i wskaźniki dotyczące ludności i powierzchni Ełku na tle kraju i miast w kraju – stan na 31 grudnia 2020 r. ....	56
Tab. 9. Szacunek wymaganej pojemności baterii autobusów elektrycznych w celu obsługi linii wybranych do elektryfikacji.....	70
Tab. 10. Planowane nakłady inwestycyjne i odtworzeniowe dla poszczególnych wariantów inwestycji taborowych w latach 2021-2036 .....	75
Tab. 11. Roczne koszty eksploatacji w komunikacji miejskiej poniesione przez MZK sp. z o.o. w 2020 r. ....	78
Tab. 12. Wskaźniki kosztów eksploatacyjnych przyjęte do analizy .....	79
Tab. 13. Emisja GHG przy produkcji energii elektrycznej w Polsce – dane dla krajowego miksu energetycznego .....	82
Tab. 14. Emisja zanieczyszczeń przy produkcji energii elektrycznej w Polsce – dane dla krajowego miksu energetycznego .....	83
Tab. 15. Wskaźniki efektywności finansowej porównywanych wariantów.....	84
Tab. 16. Emisja zanieczyszczeń i jej koszt w poszczególnych wariantach w latach 2022-2036.....	85
Tab. 17. Podsumowanie wyników finansowo-ekonomicznych poszczególnych wariantów w stosunku do scenariusza bazowego w latach 2021-2036.....	87
Tab. 18. Budżet Miasta Ełku w latach 2018-2020 i plan na 2021 r. ....	89
Tab. 19. Rachunek zysków i strat MZK sp. z o.o. – wykonanie w latach 2018-2020 .....	90

Tab. 20. Bilans MZK sp. z o.o. – aktywa, wykonanie w latach 2018-2020 .....	91
Tab. 21. Bilans MZK sp. z o.o. – pasywa, wykonanie w latach 2018-2020.....	91
Tab. 22. Wskaźniki finansowe MZK sp. z o.o. w latach 2018-2020 .....	92
Tab. 23. Zmiany efektywności finansowej wariantów elektrycznych w wyniku zmniejszenia kosztu jednostkowego nabywanego taboru .....	95
Tab. 24. Wynikowa ocena ryzyka w okresie analizy .....	96
Tab. 25. Wysokość luki w finansowaniu dla poszczególnych wariantów w okresie analizy – lata 2022-2036.....	99

## **Załącznik nr 1**

### **Model finansowy**

Załącznik stanowi rozbudowany plik obliczeniowy w arkuszu kalkulacyjnym.

## **Załącznik nr 2**

### **Uzasadnienie**

Uzasadnienie zawierające informacje o udziale społeczeństwa w postępowaniu oraz o tym, w jaki sposób zostały wzięte pod uwagę i w jakim zakresie zostały uwzględnione uwagi i wnioski zgłoszone w związku z udziałem społeczeństwa powstanie po zakończeniu tych działań.