

# **ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI**

## **ZWIĄZANYCH Z WYKORZYSTANIEM PRZY ŚWIADCZENIU USŁUG KOMUNIKACJI MIEJSKIEJ AUTOBUSÓW ZEROEMISYJNYCH**

**ORAZ INNYCH ŚRODKÓW TRANSPORTU, W KTÓRYCH DO NAPĘDU  
WYKORZYSTYWANE SĄ WYŁĄCZNIE SILNIKI, KTÓRYCH CYKL PRACY  
NIE POWODUJE EMISJI GAZÓW CIEPLARNIANYCH, O KTÓRYCH MOWA  
W USTAWIE Z DNIA 17 LIPCA 2009 R. O SYSTEMIE ZARZĄDZANIA  
EMISJAMI GAZÓW CIEPLARNIANYCH I INNYCH SUBSTANCJI  
DLA MIASTA TOMASZOWA MAZOWIECKIEGO**

Wersja z dn. 3.10.2021 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 komunikacji miejskiej w Tomaszowie Mazowieckim.....	19
5. Tabor tomaszowskiej komunikacji miejskiej.....	27
5.1. Aktualny stan taboru.....	27
5.2. Planowane zamierzenia inwestycyjne.....	29
6. Identyfikacja wariantów.....	31
6.1. Problematyka rodzaju taboru w opracowaniach strategicznych Tomaszowa Mazowieckiego.....	31
6.2. Wybór rodzaju napędu .....	39
6.3. Rozwiązania sposobów ładowania autobusów zeroemisyjnych .....	44
6.4. Proponowane warianty.....	52
6.5. Wybór linii do obsługi taboru zeroemisyjnym oraz optymalnej pojemności baterii do autobusów .....	57
6.6. Planowane nakłady inwestycyjne .....	71
7. Analiza kosztów i korzyści .....	76
7.1. Przyjęte założenia analizy kosztów i korzyści .....	76
7.2. Wyniki analizy kosztów i korzyści .....	83
7.3. Trwałość finansowa .....	86
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
Załącznik nr 1 Model finansowy .....	105
Załącznik nr 2 Raport z konsultacji społecznych .....	106

## 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 miejską 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 (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 Tomaszów Mazowiecki jest jednostką samorządu terytorialnego, której liczba mieszkańców – według danych GUS – w latach 2015-2020 wynosiła ponad 85 tys. i tym samym przekraczała przywołany limit demograficzny wynikający z art. 36 ust. 1 ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych. Miasto Tomaszów Mazowiecki 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 wykonano w grudniu 2018 r. Wynik tej analizy nie wykazał przewagi korzyści nad kosztami z tytułu wprowadzenia do eksploatacji autobusów zeroemisyjnych. Miasto Tomaszów Mazowiecki zwolnione więc zostało z obowiązku osiągnięcia

wymaganego udziału autobusów zeroemisyjnych w okresie do trzech lat od daty jej sporządzenia, tj. do końca 2021 r. Miasto Tomaszów Mazowiecki 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 tomaszowskiej 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 (tekst jednolity 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 (tekst jednolity Dz. U. z 2020 r., poz. 1077, ze zm.);
  - ustawę z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym (tekst jednolity 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: 12.08.2021 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-analizy-kosztow-i-korzysci/vademecum-beneficjenta](http://www.cupt.gov.pl/wdrazenie-projektow/analiza-kosztow-i-korzysci/metodyka-analizy-kosztow-i-korzysci/vademecum-beneficjenta), dostęp: 12.08.2021 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: 12.08.2021 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-analizy-kosztow-i-korzysci/podreczniki-akk](http://www.cupt.gov.pl/wdrazenie-projektow/analiza-kosztow-i-korzysci/metodyka-analizy-kosztow-i-korzysci/podreczniki-akk), dostęp: 12.08.2021 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: 12.08.2021 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 12 sierpnia 2021 r.

## 2.2. Definicje i określenia

Używane w opracowaniu wyrażenia, uszeregowane poniżej w kolejności alfabetycznej, zostały zdefiniowane w ustawie 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 Tomaszów Mazowiecki;
- **NFOŚiGW** – Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, ul. Konstruktorska 3a, 02-673 Warszawa;
- **MZK sp. z o.o.** – Miejski Zakład Komunikacyjny w Tomaszowie Mazowieckim spółka z ograniczoną odpowiedzialnością, z siedzibą przy ul. Warszawskiej 109/111, 97-200 Tomaszów Mazowiecki, 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 ogniwami paliwowymi lub autobusem elektrycznym zasilanym z ogni paliwowych;
- **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;

- **publiczny transport zbiorowy** – powszechnie dostępny regularny przewóz osób wykonywany w określonych odstępach czasu i po określonej linii komunikacyjnej, liniach komunikacyjnych lub sieci komunikacyjnej;
- **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 wykonawcza** – umowa nr WDG.272.1.3.2013 z dnia 31 grudnia 2013 r., regulująca warunki realizacji zobowiązania publicznego w zakresie publicznego transportu zbiorowego powierzonego przez Gminę Miasto Tomaszów Mazowiecki Miejskiemu Zakładowi Komunikacyjnemu w Tomaszowie Mazowieckim spółce z o.o., zawarta pomiędzy Miastem jako organizatorem a MZK sp. z o.o. jako operatorem, na okres do dnia 31 grudnia 2028 r.;
- **ustawa o elektromobilności** – ustawa z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (Dz. U. z 2021 r., poz. 110, ze zm.);
- **ustawa o ptz** – ustawa z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym (tekst jednolity Dz. U. z 2021 r., poz. 1371);
- **ZDiUM** – Zarząd Dróg i Utrzymania Miasta w Tomaszowie Mazowieckim, ul. Warszawska 119, 97-200 Tomaszów Mazowiecki, wykonujący zadania organizatora publicznego transportu zbiorowego na obszarze właściwości Gminy Miasto Tomaszów Mazowiecki.

### 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, 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 tomaszowskiej 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 Tomaszów Mazowiecki przekracza wynikający z przywołanych wcześniej przepisów próg 50 000 mieszkańców. Należy jednak 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 tys., 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 z 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 I 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 z 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 tomaszowskiej 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 ujmuje 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 z Unii Europejskiej wykonuje się co do zasady analizę ilościową – jeśli wskaźniki ERR lub ENPV są wymagane, poza projektami dotyczącymi 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 nie zaliczanych do dużych została przeprowadzona w sposób uproszczony i opierała się na oszacowaniu ilościowych i jakościowych skutków realizacji projektu. Zaleca się jedynie, 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 wskaźni-

---

<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.

ków efektywności projektu wraz z obliczeniem wartości progowych zmiennych – w celu określenia, jaka zmiana procentowa zmiennych krytycznych zrównałaby NPV<sup>7</sup> (ekonomiczną lub finansową) z zerem.

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.

---

<sup>7</sup> NPV – wartość bieżąca netto.

## 4. Charakterystyka komunikacji miejskiej w Tomaszowie Mazowieckim

Miasto Tomaszów Mazowiecki położone jest w centralnej Polsce, w południowo-wschodniej części województwa łódzkiego w odległości ok. 50 km od Łodzi, na obu brzegach rzeki Pilicy. W pobliżu miasta zlokalizowany jest stopień wodny na Pilicy, tworzący sztuczny zbiornik nazywany Zalewem Sulejowskim. Miasto jest ośrodkiem o charakterze regionalnym.

Tomaszów Mazowiecki jest siedzibą władz miejskich, gminy wiejskiej Tomaszów Mazowiecki oraz powiatu tomaszowskiego. Obszar miasta jest z trzech stron otoczony obszarem gminy wiejskiej Tomaszów Mazowiecki, jedynie od strony północnej miasto graniczy z gminą Lubochnia.

Większość obszaru miasta zlokalizowana jest na lewym brzegu Pilicy. Równoleżnikowo przez miasto przepływa niewielki dopływ Pilicy – rzeka Wolbórka. Zabudowa miejska Tomaszowa Mazowieckiego ma charakter koncentryczny, z punktem centralnym w okolicy Placu Kościuszki – historycznego centrum miasta. Obszary zabudowy wielorodzinnej zlokalizowane są w centrum, w południowej części Tomaszowa Mazowieckiego – osiedla: Hubala, Tysiąclecia, Strzelecka i Wyzwolenia oraz w jego części północnej – osiedle Obrońców Tomaszowa z 1939 r. z wielokondygnacyjnymi blokami mieszkaniowymi. Północną część miasta zajmują tereny przemysłowo-składowe.

Obszar miasta przecina dolina Pilicy z położonym w granicach miasta rezerwatem przyrody Niebieskie Źródła. Na prawym brzegu Pilicy zlokalizowanych jest kilka rozproszonych osiedli zabudowy jednorodzinnej i zagrodowej oraz tereny łąk i upraw rolnych.

Rejon południowy lewobrzeżnej części Tomaszowa Mazowieckiego to kompleks leśny i tereny upraw rolnych.

Wzdłuż północno-zachodniej granicy miasta prowadzi droga ekspresowa S8.

Tomaszów Mazowiecki położony jest na przecięciu dwóch dróg krajowych – drogi ekspresowej S8 przebiegającej wzdłuż północno-zachodniej granicy miasta z węzłem Tomaszów Mazowiecki Centrum oraz drogi krajowej nr 48, przebiegającej wzdłuż północnej granicy miasta. W mieście zaczyna ponadto swój bieg droga wojewódzka nr 713 w relacji Łódź – Tomaszów Mazowiecki – Opoczno. Trasa tej drogi poprowadzona jest ulicami miejskimi i przez centrum Tomaszowa Mazowieckiego – ul. Ujezdzką, Warszawską, św. Antoniego, Mościckiego, Mireckiego, Białobrzeską, Radomską i Opoczyńską. Ulice te pełnią także ważną rolę w ruchu miejskim i podmiejskim.

Według Banku Danych Lokalnych GUS, w dniu 31 grudnia 2020 r. liczba ludności miasta Tomaszowa Mazowieckiego wynosiła 61 338 osób, co oznacza przekroczenie progu 50 000

mieszkańców, obligującego do sporządzenia analizy kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych w komunikacji miejskiej.

W ostatniej dekadzie liczba ludności miasta systematycznie malała (wg GUS o 7,31% w latach 2011-2020), co jest zjawiskiem typowym w skali kraju. Spadek ten wynika z ujemnego salda migracji, stanowiącego efekt procesów suburbanizacji oraz z ujemnej stopy przyrostu naturalnego, czego efektem jest również niewielki spadek średniej gęstości zaludnienia. Liczbę mieszkańców, powierzchnię i gęstość zaludnienia Tomaszowa Mazowieckiego i gmin objętych tomaszowską komunikacją miejską w latach 2011-2020 – według Banku Danych Lokalnych GUS – zaprezentowano w tabeli 1.

**Tab. 1. Liczba ludności, powierzchnia i gęstość zaludnienia Tomaszowa Maz. i gmin obsługiwanych komunikacją miejską w latach 2011-2020**

Wyszczególnienie	Jedn.	Rok									
		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Gmina – Miasto Tomaszów Mazowiecki</b>											
Liczba mieszkańców	[osób]	65 834	65 454	64 893	64 513	63 960	63 601	63 238	62 649	61 960	61 338
Powierzchnia ogółem	[ha]	4 130	4 130	4 130	4 130	4 130	4 130	4 130	4 130	4 130	4 130
Gęstość zaludnienia	[osób/km <sup>2</sup> ]	1 594	1 585	1 571	1 562	1 549	1 540	1 531	1 517	1 500	1 485
<b>Razem miasto Tomaszów Mazowiecki oraz gminy: Inowódz, Lubochnia, Tomaszów Mazowiecki (wiejska), Ujazd, Wolbórz</b>											
Liczba mieszkańców	[osób]	95 678	95 203	94 683	94 263	93 751	93 382	93 070	92 559	91 929	91 237

Źródło: Bank Danych Lokalnych GUS.

Według stanu na dzień 31 grudnia 2020 r., miasto Tomaszów Mazowiecki zajmowało 68. miejsce w kraju pod względem liczby ludności oraz dopiero 103. miejsce wśród miast pod względem zajmowanej powierzchni. Z racji zdecydowanie mniejszej powierzchni niż charakteryzująca większość miast o podobnej liczbie ludności, gęstość zaludnienia Tomaszowa Mazowieckiego jest dość wysoka – o około połowę większa od średniej krajowej dla miast.

Organizatorem tomaszowskiej komunikacji miejskiej jest Prezydent Miasta Tomaszowa Mazowieckiego. Zadania organizatora wypełnia wyspecjalizowana jednostka budżetowa Miasta – Zarząd Dróg i Utrzymania Miasta, ul. Warszawska 119, 97-200 Tomaszów Mazowiecki. Statut ZDiUM określa zadania m.in. w zakresie organizacji publicznego transportu zbiorowego, w tym w szczególności zawieranie umów o świadczenie usług w zakresie publicznego transportu zbiorowego oraz ocenę i kontrolę realizacji tych usług przez operatora. Komórką organizacyjną

w ZDiUM zajmującą się publicznym transportem zbiorowym jest Dział Komunikacji i Targowisk Miejskich, do którego zadań należy m.in.:

- badanie potrzeb przewozowych, analiza zaspokajania potrzeb przewozowych;
- realizacja oraz aktualizacja planu transportowego oraz planu zrównoważonej mobilności miejskiej;
- ustalanie zadań przewozowych o charakterze użyteczności publicznej na obszarze właściwości Miasta, dokonywanie zmian w przebiegu linii;
- wybór operatorów i zawieranie umów;
- przygotowywanie projektów systemów taryfowych dla komunikacji miejskiej, organizowanie dystrybucji biletów wraz z kontrolą i windykacją należności za przejazd;
- lokalizacja oraz budowa przystanków komunikacyjnych i wiat usytuowanych w pasach drogowych, których właścicielem lub zarządzającym jest Miasto, ustalanie zasad i warunków korzystania z przystanków i dworców;
- administrowanie systemem informacji pasażerskiej;
- prowadzenie spraw dotyczących zezwoleń na wykonywanie regularnych przewozów osób w krajowym transporcie drogowym.

Linie komunikacji miejskiej obsługują, poza miastem Tomaszowem Mazowieckim, na podstawie zawartych porozumień komunalnych, także gminę miejsko-wiejską Wolbórz w powiecie piotrkowskim oraz gminy wiejskie Inowłódz, Lubochnia, Tomaszów Mazowiecki i Ujazd w powiecie tomaszowskim.

Na koniec 2020 r. w gminach objętych tomaszowską komunikacją miejską, według Banku Danych Lokalnych GUS, zamieszkiwało łącznie ponad 91 tys. osób.

Wg stanu na dzień 12 sierpnia 2021 r. Miasto wykorzystywało do realizacji usług przewozowych jednego operatora – MZK sp. z o.o. – będącego podmiotem wewnętrznym i realizującego przewozy na podstawie umowy wykonawczej nr WGD.272.1.3.2013, zawartej w dniu 31 grudnia 2013 r. na okres 10 lat, tj. do 31 grudnia 2023 r. przedłużonej następnie Anekssem nr 9 do 31 grudnia 2028 r.

Według stanu na dzień 12 sierpnia 2021 r., sieć połączeń tomaszowskiej komunikacji miejskiej tworzyło 19 całorocznych linii autobusowych (bez wliczania linii dedykowanych obsłudze szkół). Wszystkie linie całoroczne funkcjonowały całotygodniowo, a ich trasy obejmowały swoim zasięgiem miasto Tomaszów Mazowiecki. Rozkład jazdy jednej z nich – linii 37 – przewidywał kursy tylko poza miastem Tomaszów Mazowiecki, ale każdy z nich był połączony z jednym z kursów linii 38 (bez konieczności opuszczania pojazdu przez pasażerów), tworząc

wspólne połączenie z miastem. Siedem linii – 1, 4, 6, 7, 8, 9 i 12 – swoimi trasami nie przekraczało granic miasta, obsługując jedynie obszar Tomaszowa Mazowieckiego (linia 1 korzystała z pętli położonej tuż przy granicy miasta).

Poza liniami całorocznymi w okresie obowiązywania roku szkolnego uruchamiane były linie funkcjonujące tylko w dni powszednie nauki szkolnej: 31, 32 i S1 – dedykowane obsłudze szkół.

W tabeli 2 przedstawiono liczbę wykonanych i planowanych do wykonania wozokilometrów w podziale na wielkość taboru, średnią liczbę autobusów w ruchu, szacunkową liczbę pasażerów oraz osiągnięte i przewidywane przychody z biletów w tomaszowskiej komunikacji miejskiej w latach 2018-2020 oraz plan na 2021 r.

**Tab. 2. Parametry tomaszowskiej komunikacji miejskiej w latach 2018-2020 oraz plan na 2021 r.**

Wyszczególnienie	Jedn.	Rok			
		2018	2019	2020	2021 plan
Liczba wozokilometrów		2 287,5	2 130,6	1 735,0	1 490,2
- w tym pojazdami hybrydowymi	tys. km	1 800,3	1 826,7	1 620,7	b.d.
- w tym pojazdami pozostałymi		487,2	303,8	114,2	b.d.
Średnia liczba pojazdów w ruchu	szt.	30	27	23	24
Średnia liczba pojazdów we flocie:		43	41	37	37
- autobusy hybrydowe	szt.	25	25	25	25
- autobusy pozostałe		18	16	12	12
Udział w pracy eksploatacyjnej:					
- autobusy hybrydowe	%	78,7	85,7	93,4	b.d.
- autobusy pozostałe		21,3	14,3	6,6	
Liczba pasażerów	tys. osób	4 144,6	5 997,9	2 930,	b.d.
Przychody z biletów	tys. zł	906,2	928,8	422,5	b.d.

Źródło: dane ZDiUM.

Jak wynika z tabeli 2, w latach 2018-2019 wielkość oferty przewozowej, wyrażonej liczbą wykonanych wozokilometrów, była na zbliżonym poziomie. Względnie stała liczba wozokilometrów była rezultatem braku większych zmian w zakresie obsługi obszarów gmin ościennych tomaszowską komunikacją miejską. Malą natomiast liczbą pojazdów we flocie oraz wykorzystywanych w codziennym ruchu. Stan rezerwy taborowej utrzymywany był jednak na stosunkowo wysokim poziomie.

W dniu 28 września 2017 r. Rada Miejska Tomaszowa Mazowieckiego podjęła uchwałę nr LI/455/2017 w sprawie ustalenia cen i opłat za usługi przewozowe w publicznym transporcie zbiorowym w Tomaszowie Mazowieckim, w której nadała uprawnienie do bezpłatnych przejazdów w granicach administracyjnych Gminy Miasto Tomaszów Mazowiecki mieszkańcom Tomaszowa Mazowieckiego, którzy legitymują się „Tomaszowską Kartą Mieszkańca”. Kartę taką może otrzymać każdy mieszkaniec Miasta, który rozlicza podatek dochodowy od osób fizycznych w Urzędzie Skarbowym w Tomaszowie Mazowieckim i deklaruje w swoim zeznaniu podatkowym, że jego miejscem zamieszkania jest miasto Tomaszów Mazowiecki – bez względu na to, czy osiąga dochód – a także niepełnoletni członkowie jego rodziny w wieku powyżej 7. roku życia. Dzieci w wieku do 7 lat korzystają ze zwolnień na podstawie Karty rodzica lub opiekuna prawnego.

W tej samej uchwale prawo do bezpłatnych przejazdów tomaszowską komunikacją miejską przyznano mieszkańcom Gminy Tomaszów Mazowiecki (otaczającej miasto gminy wiejskiej) – na podstawie Tomaszowskiej Karty Komunikacyjnej.

Sprzedaż biletów prowadzona była tylko dla pasażerów nie mogących się legitymować powyższymi Kartami.

Oczekując wzrostu wielkości popytu z powyższego tytułu, Miasto wprowadziło z dniem 15 stycznia 2018 r. nowy rozkład jazdy, zakładający duży wzrost intensywności obsługi komunikacyjnej obszarów miasta – co spowodowało zwiększenie pracy eksploatacyjnej w latach 2018-2019.

Wprowadzona z dniem 15 stycznia 2018 r. nowa oferta przewozowa, zakładała funkcjonowanie ośmiu linii (oznaczonych numerami: 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8 i 9), ze stałymi 30-minutowymi taktami funkcjonowania wszystkich linii w dni powszednie w godzinach 5-17 oraz co 60 minut w pozostałych godzinach dnia powszedniego oraz całodziennie w soboty, niedziele i święta (aczkolwiek niektóre linie w ograniczonym zakresie godzinowym). Rytmicznie funkcjonujące linie zostały wówczas ze sobą skoordynowane, tworząc w większości wysoką, przynajmniej 15-minutową częstotliwość kursowania pomiędzy większością miejsc w mieście i centrum miasta.

W 2018 r. występowała duża zmienność miesięcznej pracy eksploatacyjnej – z jej kumulacją w okresie II i III kwartału, kiedy to korzystano nawet z usług podwykonawców. W 2019 r. wprowadzono optymalizację rozkładów jazdy – wykorzystując wskazania wynikające z przeprowadzonych wiosną 2018 r. badań marketingowych popytu i ograniczono nieco wielkość pracy eksploatacyjnej o ok. 7%.

W 2020 r. względem 2019 r. nastąpił nagły spadek liczby pasażerów oraz przychodów ze sprzedaży biletów, wynikający z wprowadzonych ograniczeń w mobilności mieszkańców,



zawieszenia zajęć w szkołach oraz wzrostu popularności pracy zdalnej, spowodowanych ogłoszeniem stanu pandemii. Z uwagi na spadek popytu, znacznie ograniczona została także podaż wyrażona liczbą wykonywanych wozokilometrów.

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.

Zmniejszenie liczby pasażerów wskutek pandemii, przy znacznym spadku przychodów i utrzymaniu bezpłatnych przejazdów na podstawie Karty Tomaszowianina i Tomaszowskiej Karty Miejskiej, spowodowały trudną sytuację budżetową tomaszowskiej komunikacji miejskiej. W efekcie wprowadzone zostały dość drastyczne ograniczenia kursowania poszczególnych linii, bez zachowania koordynacji odjazdów pomiędzy nimi. Następstwem wprowadzonych zmian jest sytuacja, w której żadna linia nie funkcjonuje z częstotliwością o stałym, powtarzalnym takcie kursowania. Wcześniejsze funkcjonowanie sieci linii o w miarę stałych taktach częstotliwości kursów, było dla pasażerów podróżujących w granicach miasta niewątpliwym walem tomaszowskiej komunikacji miejskiej.

Według stanu na 12 sierpnia 2021 r. wśród linii tworzących sieć komunikacyjną można wyróżnić następujące kategorie połączeń:

- jedynie dwie linie podstawowe – z liczbą ok. 60 kursów w dniu roboczym lub więcej – linie: 4 i 8 (podczas gdy w rozkładach jazdy wprowadzonych w 2018 r. takich linii było czterokrotnie więcej);
- linie uzupełniające – z liczbą co najmniej 28 kursów w dniu powszednim – sześć linii: 1, 2, 3, 5, 7 i 38, podczas gdy w rozkładach jazdy z 2018 r. większość z tych linii zaliczano do linii podstawowych;
- linie zindywidualizowane – pozostałe linie: 6, 9, 12, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 39, 40 i 45.

Na ośmiu liniach ze zindywidualizowanymi częstotliwościami kursowania – 12, 31, 32, 33, 34, 35, 36 i 39 – z uwagi na ich specyficzną rolę w systemie komunikacyjnym Tomaszowa Mazowieckiego (obsługa zakładów pracy w systemie zmianowym oraz słabo zaludnionych obszarów podmiejskich), wykonuje się tylko kilka par kursów w ciągu doby. Dwie z linii zindywidualizowanych – 6 i 9 – jeszcze w 2018 r. zaliczane były do linii podstawowych, z 30-minutową częstotliwością kursowania przez większą część dnia powszedniego. Obecnie na obu tych liniach wykonuje się jedynie odpowiednio 20 i 14 kursów w ciągu całego dnia powszedniego.

Linie miejskie, oznaczone są numerami od 1 do 9 i 12. W grupie tej linie: 2, 3 i 5 wybranymi kursami docierają do pobliskich miejscowości, położonych w gminie Tomaszów Mazowiecki.



Wśród połączeń miejskich linie: 4, 6 i 12 posiadają tylko po jednym wariantcie trasy w każdym z kierunków. Pozostałe linie miejskie oraz wszystkie linie podmiejskie charakteryzują się większą liczbą wariantów tras w każdym kierunku.

Cechą charakterystyczną tomaszowskiej komunikacji miejskiej jest wytrasowanie większości linii przez obszar ścisłego centrum, z wykorzystaniem przynajmniej jednego z przystanków:

- Plac Kościuszki;
- Prez. Mościckiego – Urząd Miasta/Urząd Gminy;
- św. Antoniego – PSS Społem.

Z pl. Kościuszki odjeżdża także większość autobusów linii podmiejskich.

Połączenia wschodniego i zachodniego brzegu Pilicy wytrasowano dwoma mostami: w ul. Modrzejewskiego (linie miejskie 8 i 9 oraz podmiejskie 38 i 40) oraz w ul. Białobrzeskiej, w ciągu drogi wojewódzkiej nr 713 (linie miejskie 3 i 12 oraz podmiejskie 36 i 37).

Część pętli autobusowych tomaszowskiej komunikacji miejskiej skupia po kilka linii:

- położony w centralnej części miasta Plac Kościuszki – siedem linii podmiejskich: 33, 35, 36, 37, 38, 39 i 45 oraz pięć linii miejskich z pojedynczymi kursami: 1, 2, 3, 5 i 8;
- Dworzec PKS/PKP – jedną linię podmiejską 40 oraz cztery linie miejskie: 1, 9 oraz większość kursów linii 2 i 7;
- Dąbrowska – Gen. Bema – dwie linie miejskie jedynie wybranymi kursami: 1 i 5;
- Dąbrowa pętla – dwie linie miejskie, wybranymi kursami: 1 i 5;
- Białobrzegi pętla – dwie linie miejskie, wybranymi kursami: 8 i 9;
- Ludwików Jana – cztery linie miejskie: 3 większością kursów oraz wybranymi kursami 8, 9 i 12;
- Zawadzka pętla – dwie linie miejskie: 3 wybranymi kursami i 6.

Jest to okoliczność umożliwiająca nie tylko wprowadzenie nowoczesnych technik zarządzania ofertą przewozową – zmian w przypisaniu pojazdów do linii w ciągu dnia, przeprowadzanych w celu zoptymalizowania liczby użytkowanych w ruchu autobusów, ale i ułatwiająca ewentualną eksploatację autobusów zeroemisyjnych – elektrycznych z zasilaniem bateryjnym.

W kolejnych latach planowana jest polityka stabilizacji wielkości pracy eksploatacyjnej na poziomie zbliżonym do wykonania w 2020 r. Dokonywane będą jedynie korekty części rozkładów jazdy – w celu dostosowywania oferty przewozowej do bieżących potrzeb mieszkańców miasta Tomaszowa Mazowieckiego i okolicznych miejscowości.

Miasto w porozumieniu z obsługiwanyymi gminami zamierza w kolejnych latach prowadzić politykę kontrolowanych korekt wielkości pracy eksploatacyjnej, bez wprowadzania istotnych

zmian. W najbliższej przyszłości planowane jest systematyczne dostosowywanie siatki połączeń, czyli oferty przewozowej do bieżących i dających się przewidzieć w najbliższej przyszłości, potrzeb mieszkańców miasta Tomaszowa Mazowieckiego i okolicznych miejscowości.

Bardzo pożądanym działaniem byłby jednak powrót do koncepcji skoordynowanych rozkładów jazdy tomaszowskiej komunikacji miejskiej, niezależnie od poziomu jej podaży. Skoordynowane rozkłady jazdy będą zawsze korzystniejsze dla pasażerów, niezależnie od zaofertowanego modułu częstotliwości (czy będzie to 15, 20, 30 czy nawet 60 minut). Przy braku koordynacji, nawet w ścisłym szczycie przewozowym zdarzają się długotrwałe przerwy pomiędzy kursami poszczególnych linii nie tylko na obszarach peryferyjnych, ale także w miejscach obsługiwanych przez kilka linii (pętla Dworzec PKS/PKP albo przystanki przy ulicy Warszawskiej). Rytmiczne rozkłady jazdy znacznie ułatwiłyby wprowadzenie pojazdów elektrycznych, gdyż umożliwiłyby zaplanowanie cyklicznych, stałych przerw przewidzianych na doładowanie pojazdu.

## 5. Tabor tomaszowskiej komunikacji miejskiej

### 5.1. Aktualny stan taboru

Linie komunikacji miejskiej organizowanej przez Miasto Tomaszów Mazowiecki obsługiwane są w większości autobusami niskopodłogowymi. Całą flotą pojazdów dysponuje podmiot wewnętrzny – Miejski Zakład Komunikacyjny w Tomaszowie Mazowieckim spółka z ograniczoną odpowiedzialnością, z siedzibą przy ul. Warszawskiej 109/111, 97-200 Tomaszów Mazowiecki.

Według stanu na dzień 12 sierpnia 2021 r., park taborowy Spółki składał się z 37 autobusów, wykorzystywanych wyłącznie do świadczenia przewozów na sieci tomaszowskiej komunikacji miejskiej. Wszystkie eksploatowane przez MZK sp. z o.o. autobusy wyposażone zostały w silniki spalinowe zasilane olejem napędowym. W strukturze taboru komunikacji miejskiej dominowały autobusy standardowe (klasy maxi), które stanowiły 94,6% stanu taboru MZK sp. z o.o. (35 szt.). Autobusy klasy pojemnościowej midi stanowiły 5,4% (2 szt.) parku taborowego Spółki.

W tabeli 3 przedstawiono strukturę użytkowanego przez MZK sp. z o.o. taboru wykorzystywanego do realizacji przewozów w komunikacji miejskiej – stan na dzień 12 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.

**Tab. 3. Struktura taboru użytkowanego przez MZK sp. z o.o. wg określonych kryteriów – stan na 12 sierpnia 2021 r.**

Lp.	Typ taboru	Liczba sztuk	Długość [m]	Rok produkcji	Wiek [lat]	Miejsc ogółem	Rodzaj paliwa	Norma czystości spalin
1	DAB 12-1200B	2	12,0	1995	26	37-82	ON	EURO II
2	DAB 12-1200B	2	12,0	1996	25	82	ON	EURO II
3	MAN A10 NL 222	2	11,5	1998	23	99	ON	EURO II
4	K4016 (Neoplan Polska)	1	12,0	1999	22	105	ON	EURO II
5	Neoplan N4411	2	10,2	2003	18	102	ON	EURO III
6	MAN A21	1	12,0	1999	22	70	ON	EURO II
7	MAN A78	2	11,5	2006	15	82	ON	EURO IV
8	Solaris Urbino 12 hybrid	25	12,0	2017	4	90	ON	EURO VI
<b>9</b>	<b>Ogółem</b>	<b>37</b>	<b>10,2-12,0</b>	<b>1995-2017</b>	<b>4-26</b>	<b>37-105</b>	<b>ON</b>	<b>EURO II-VI</b>

Źródło: dane MZK sp. z o.o.

Polityka odtwarzania taboru wykorzystywanego do przewozów w komunikacji miejskiej realizowana była przez MZK sp. z o.o. od czasu utworzenia Spółki poprzez zakup pojazdów używanych. Radykalna zmiana nastąpiła w 2016 r. kiedy to Miasto wspólnie z MZK sp. z o.o. zakupiły autobusy marki Solaris Urbino 12 hybrid, wycofując najstarsze, bardzo już wyeksploatowane pojazdy. Zakupy związane były z realizacją dwóch projektów ze wsparciem środkami pomocowymi Unii Europejskiej w ramach regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Łódzkiego na lata 2014-2020:

- „Zakup niskoemisyjnego taboru publicznego transportu zbiorowego w Tomaszowie Mazowieckim wraz z infrastrukturą towarzyszącą”, którego beneficjentem było Miasto;
- „Niskoemisyjne autobusy hybrydowe wraz z zapleczem technicznym do ich obsługi elementami nowoczesnego systemu transportu zbiorowego w Tomaszowie Mazowieckim”, do którego przystąpiło MZK sp. z o.o.

Pomimo dokonanej wymiany większości jednostek taborowych nadal 32% posiadanych przez MZK sp. z o.o. autobusów ma już 15 lat lub więcej, a 22% pojazdów operatora przekroczyło nawet wiek 20 lat.

Nie wszystkie pojazdy spełniały też oczekiwania pasażerów – niemal 1/5 jednostek taborowych nie była dostosowana do potrzeb osób niepełnosprawnych (miejsce na wózek, rampa), a ponad 10% nie było pojazdami niskopodłogowymi. Około 1/3 floty autobusów nie posiadała klimatyzacji, wyświetlaczy wewnętrznych, zapowiedzi głosowych i dostępu do internetu.

Pomimo dużej liczby eksploatowanych stosunkowo nowych pojazdów hybrydowych średni wiek pojazdów MZK sp. z o.o. był dość wysoki – wg stanu na 12 sierpnia 2021 r. wynosił 9,7 lat.

Strukturę taboru tomaszowskiej komunikacji miejskiej w podziale na normy emisji spalin, wg stanu na dzień 12 sierpnia 2021 r., przedstawiono w tabeli 4.

**Tab. 4. Struktura taboru tomaszowskiej komunikacji miejskiej w podziale na normy emisji spalin – stan na 12 sierpnia 2021 r.**

Wyszczególnienie	Jedn.	Norma czystości spalin EURO					Razem
		II	III	IV	V	VI	
Liczba pojazdów	szt.	8	2	2	0	25	37
Struktura	%	21,6	5,4	5,4	0,0	67,6	100,0

Źródło: dane MZK sp. z o.o.

W ostatnich latach przed wybuchem pandemii średnia liczba pojazdów w ruchu wahała się w granicach 27-30 szt. Liczba pojazdów w ruchu w 2020 r. zmalała do 23 szt., by w 2021 r. nieco wzrosnąć, do poziomu 24 szt. W okresie analizy przyjęto powrót do większej liczby autobusów będących jednocześnie w ruchu.

Do niniejszej analizy przyjęto stan ilościowy taboru tomaszowskiej komunikacji miejskiej planowany przez MZK sp. z o.o. do osiągnięcia na koniec 2021 r. – w liczbie 36 autobusów. Przy realizacji zakupu taboru elektrycznego przyjęto – zgodnie z założeniami MZK sp. z o.o. – zasadę zastępowania jednego pojazdu spalinowego w ruchu jednym autobusem zeroemisyjnym – z uwagi na korzystne uwarunkowania rozkładów jazdy, nie wymagające planowania dodatkowych postojów na pętlach w celu doładowania pojazdów.

## **5.2. Planowane zamierzenia inwestycyjne**

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

MZK sp. z o.o. jako operator, zobowiązany jest umową wykonawczą, do wykonywania przewozów autobusami z napędami spełniającymi normę czystości spalin co najmniej EURO V, dostosowanymi do obsługi osób niepełnosprawnych oraz wyposażonymi w elektroniczne systemy informacji i obsługi pasażerów (elektroniczne tablice informacyjne, zapowiedzi głosowe, monitoring wizyjny). Operator zobowiązany jest ponadto do ponoszenia niezbędnych nakładów na odtworzenie pozostałego posiadanego majątku – w celu utrzymania jego stałej sprawności i technologicznej przydatności.

Nabywane pojazdy będą wyposażone w całkowicie niską podłogę z rampą wjazdową i miejscem na wózek, przyklek, systemy antypoślizgowe, klimatyzację wnętrza pojazdu monitoring, system GPS, system informacji pasażerskiej z zapowiedziami głosowymi oraz systemami poboru opłat i dystrybucji biletów. Autobusy będą wymalowane w jednolite barwy miejskie.

MZK sp. z o.o. i Miasto Tomaszów Mazowiecki rozważają 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 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 zakupią dla potrzeb obsługi sieci komunikacji miejskiej, wyprzedzająco odpowiednią liczbę autobusów zeroemisyjnych wyposażonych w baterie trakcyjne z dodatkowym ładowaniem pantografowym, jeśli będzie to możliwe do realizacji w krótkim czasie wymaganym na ich uruchomienie.

## 6. Identyfikacja wariantów

### 6.1. Problematyka rodzaju taboru w opracowaniach strategicznych

#### Tomaszowa Mazowieckiego

Przedmiotem niniejszej analizy jest identyfikacja kosztów i korzyści powstałych w wyniku zapewnienia przez Miasto Tomaszów Mazowiecki 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 Tomaszowa Mazowieckiego i szerzej – jego obszaru funkcjonalnego.

Stan taboru użytkowanego przez MZK sp. z o.o. wg stanu na dzień 12 sierpnia 2021 r. przedstawiono w tabeli 3 w rozdziale 5.

Problematyka odnowy taboru tomaszowskiej komunikacji miejskiej zawarta została w różnych dokumentach strategicznych miasta i szerzej – Miejskiego Obszaru Funkcjonalnego Tomaszowa Mazowieckiego.

„Strategia Rozwoju Obszaru Funkcjonalnego Dolina Rzeki Pilicy w powiecie tomaszowskim”<sup>8</sup> określa wizję i misję oraz pięć domen strategicznych rozwoju Obszaru Funkcjonalnego. W każdej z domen zdefiniowano cele strategiczne.

Domena nr 3 – „Zintegrowana infrastruktura transportowa, komunikacyjna i komunalna w obrębie Obszaru Funkcjonalnego” zawiera trzy cele strategiczne, w tym cel nr 1 – „Rozwój funkcjonalnej sieci transportowej Obszaru Funkcjonalnego oraz zwiększenie dostępności komunikacyjnej w obrębie obszaru” i cel nr 2 – „Poprawa systemu transportu publicznego po terenie OF”. W ramach pierwszego z celów kierunki projektów i zadań dotyczą budowy obwodnicy wschodniej Tomaszowa Mazowieckiego oraz budowy dróg i infrastruktury rowerowej. Drugi z celów zawiera natomiast następujące kierunki projektów/zadań:

- realizacja badań potrzeb i natężenia ruchu pasażerskiego w Obszarze Funkcjonalnym oraz dostosowanie rozkładów jazdy komunikacji publicznej do potrzeb mieszkańców i turystów;
- wdrożenie pilotażowego, badawczego projektu diagnozującego możliwość i rentowność uruchomienia nowych połączeń komunikacji publicznej na terenie OF;
- rozwój połączeń komunikacji publicznej pomiędzy poszczególnymi jednostkami samorządu terytorialnego wchodzącymi w skład Obszaru Funkcjonalnego i Tomaszowem Mazowieckim.

<sup>8</sup> [www.powiat-tomaszowski.pl/239-dokumenty-strategiczne.html](http://www.powiat-tomaszowski.pl/239-dokumenty-strategiczne.html), dostęp: 12.08.2021 r.

„Studium ruchowe poprawy dostępności transportowej projektowanego obszaru funkcjonalnego w ramach realizacji projektu pn. Partnerstwo na rzecz rozwoju obszaru funkcjonalnego Dolina Rzeki Pilicy w powiecie tomaszowskim”<sup>9</sup>, będące opracowaniem wykonawczym opisanej wyżej Strategii Rozwoju Obszaru Funkcjonalnego, zawiera diagnozę stanu i wielowariantowe prognozy ruchu – w zależności od przyjętych rozwiązań: modernizacji dróg w Tomaszowie Mazowieckim lub budowy wschodniej obwodnicy miasta. Dokument zawiera także skróconą koncepcję systemu ruchu rowerowego w Obszarze Funkcjonalnym oraz zrównoważony plan poprawy dostępności transportowej w zakresie modernizacji i budowy dróg. Opracowanie nie odnosi się do problematyki publicznego transportu zbiorowego.

„Strategia Rozwoju Powiatu Tomaszowskiego na lata 2015-2020”<sup>10</sup> określa cztery domeny rozwoju Powiatu, w tym Domeny: 3. Wysoki poziom bezpieczeństwa publicznego, zdrowotnego, integrująca polityka społeczna i dbałość o ochronę środowiska oraz 4. Funkcjonalny system powiązań transportowych, komunikacyjnych i informatycznych.

W ramach domeny 3 jednym z celów strategicznych jest cel III. Poprawa jakości powietrza i stanu wód na terenie powiatu, a w nim wśród celów operacyjnych wymieniono 3.1 Prowadzenie działań na rzecz poprawy jakości powietrza. W tym celu operacyjnym jako 5 określono działanie pn. Realizacja programów wspierających ograniczanie niskiej emisji.

W ramach domeny 4 celem strategicznym II jest „Utworzenie i koordynacja efektywnej komunikacji publicznej na terenie powiatu”, a w nim celem operacyjnym 2.1 Dopasowanie komunikacji publicznej do potrzeb mieszkańców i turystów. Proponowanymi zadaniami są: wykorzystanie badań ruchu oraz przepływów potoków pasażerskich do optymalizacji działań przewoźników i samorządów w zakresie komunikacji publicznej oraz opracowanie programu publicznych przewozów do miejsc pracy, edukacji i atrakcji turystycznych.

„Program ochrony powietrza i plan działań krótkoterminowych dla strefy łódzkiej”<sup>11</sup> wskazuje działania naprawcze, które pomogą poprawić jakość powietrza w strefie łódzkiej – obejmującej obszar województwa łódzkiego bez miasta Łodzi oraz przyległych do niego miast: Aleksandrów Łódzki, Konstantynów Łódzki, Pabianice i Zgierz – w związku z odnotowanymi przekroczeniami norm jakości powietrza, w szczególności poziomów dopuszczalnych dla pyłu zawieszonego PM10 i PM2,5 oraz poziomu docelowego benzo(a)pirenu i ozonu. Obszar przekroczeń stężeń pyłu zawieszonego i benzo(a)pirenu dotyczy także terenów Tomaszowa Mazowieckiego.

<sup>9</sup> [www.powiat-tomaszowski.pl/239-dokumenty-strategiczne.html](http://www.powiat-tomaszowski.pl/239-dokumenty-strategiczne.html), dostęp: 12.08.2021 r.

<sup>10</sup> Strategia przyjęta uchwałą Rady Powiatu w Tomaszowie Mazowieckim nr XIII/105/2015, z dnia 24 września 2015 r.

<sup>11</sup> Program przyjęty uchwałą Sejmiku Województwa Łódzkiego nr XX/303/20, z dnia 15 września 2020 r.



Program określa jako kierunek działań naprawczych m.in. ograniczenie wpływu emisji z transportu drogowego. Jako działania w tym zakresie wskazano w dokumencie w szczególności:

- poprawę płynności ruchu poprzez wykorzystanie inteligentnych systemów sterowania ruchem;
- wprowadzanie dodatkowych mechanizmów zmniejszających uciążliwość ruchu samochodowego takich jak buspasy;
- wprowadzenie stref płatnego parkowania na nowych obszarach;
- rozwój komunikacji publicznej – wymianę taboru na pojazdy ekologicznie czyste, zasilane gazem LPG, LNG lub CNG bądź hybrydowe lub elektryczne;
- uwzględnianie w warunkach specyfikacji zamówień publicznych wytycznych na temat efektywności energetycznej, np. zakup energooszczędnych tramwajów, pojazdów ekologicznych spełniających najwyższe dostępne normy jakości spalin (np. obecnie EURO 5 lub EURO 6).

Z zadaniem wiąże się również:

- zachęcanie mieszkańców do korzystania z komunikacji zbiorowej poprzez jej uatrakcyjnienie (częste kursy, niezatłoczone pojazdy, dobre skomunikowanie, czyste i klimatyzowane pojazdy, przystanki z systemami informacji o komunikacji zbiorowej);
- tworzenie systemu punktów przesiadkowych oraz parkingów Park&Ride, w celu zwiększenia wykorzystania komunikacji publicznej i ograniczenia natężenia ruchu samochodowego w centrach miast;
- tworzenie zintegrowanego transportu publicznego na terenie całych powiatów, w szczególności miast i terenów podmiejskich;
- modernizacja infrastruktury komunikacji miejskiej w celu jej uatrakcyjnienia.

„Strategia Rozwoju Społeczno-Gospodarczego Miasta Tomaszów Mazowiecki 2008-2022”<sup>12</sup>, definiuje cztery cele strategiczne rozwoju miasta:

- C 01 – Tomaszów Mazowiecki miejscem przyjaznym dla mieszkańców i gości;
- C 02 – Tomaszów Mazowiecki wspiera ludzi aktywnych i kreatywnych;
- C 03 – Tomaszów Mazowiecki miastem funkcjonalnym;
- C 04 – Tomaszów Mazowiecki miastem świadomych obywateli.

---

<sup>12</sup> Strategia przyjęta uchwałą Rady Miejskiej Tomaszowa Mazowieckiego nr XXV/194/08, z dnia 2 kwietnia 2008 r.

Cel C 01 koncentruje się na rozwiązywaniu problemów społecznych, zwiększaniu aktywności fizycznej oraz upowszechnianiu kultury i oświaty. Cel C 02 dotyczy rozwoju przedsiębiorczości i lokalizacji inwestycji oraz poprawy stanu infrastruktury drogowej i komunalnej. Cel C 03 dotyczy promocji Miasta, wspierania ludzi przedsiębiorczych i innowacyjnych oraz oferty inwestycyjnej Miasta, obejmującej tereny i powierzchnie biurowe. Cel C 04 koncentruje się na realizacji WPF na lata 2007-2013 oraz przekształceniu centrum Miasta w przestrzeń przyjazną dla mieszkańców i gości.

Dokument prezentuje także wizję miasta za 10 lat, czyli w 2018 r., w której w obszarze sfery funkcjonalno-przestrzennej wymienia się m.in.: ekologiczną komunikację miejską, wybudowane ścieżki pieszo-rowerowe, łączące kluczowe punkty miasta oraz wybudowane parkingi na obrzeżach miasta.

„Strategia adaptacji do zmian klimatu miasta Tomaszowa Mazowieckiego do roku 2025 z perspektywą do 2030 r. Projekt”<sup>13</sup> nie odnosi się do problematyki elektromobilności oraz publicznego transportu zbiorowego.

„Strategia rozwoju elektromobilności dla miasta Tomaszowa Mazowieckiego”<sup>14</sup> .” określa wizję miasta jako: „Tomaszów Mazowiecki miastem, w którym transport zbiorowy pełni podstawową rolę w przemieszczaniu się po mieście, a jego uzupełnieniem jest rozbudowany system rowerowy i pojazdów elektrycznych. Tomaszów Mazowiecki pionierem elektromobilności w województwie łódzkim”. Dla realizacji wizji rozwoju elektromobilności określono cztery cele strategiczne:

- 1. Rozwój zero- i niskoemisyjnej komunikacji miejskiej;
- 2. Wzrost wykorzystania rowerów w codziennych przejazdach;
- 3. Elektromobilne służby miejskie;
- 4. Elektromobilny i świadomy Tomaszowianin.

Dla realizacji celów strategicznych wymieniono w dokumencie cele operacyjne oraz w ramach nich zadania do wykonania.

W ramach celu strategicznego 1 zdefiniowano w Strategii cele operacyjne:

- 1.1. Wyeliminowanie niespełniającego oczekiwań pasażerów taboru komunikacji miejskiej, a w nim działania dotyczące taboru komunikacji miejskiej:
  - 1.1.1. Zakup 4 fabrycznie nowych autobusów hybrydowych spełniających normę emisji spalin EURO VI,

<sup>13</sup> bip.tomaszow.miasta.pl, dostęp: 12.08.2021 r.

<sup>14</sup> Strategia przyjęta uchwałą Rady Miejskiej Tomaszowa Mazowieckiego nr XXXIII/247/2020, z dnia 23 września 2020 r.

- 1.1.2. Zakup 13 autobusów zeroemisyjnych zapewniających realizację wymogów określonych ustawą o elektromobilności,
- 1.1.3. Budowa infrastruktury zasilającej autobusy zeroemisyjne na wybranych pętlach,
- 1.1.4. Dostosowanie zajezdni autobusowej do potrzeb eksploatacji taboru zeroemisyjnego i jej wyposażenie w ładowarki,
- 1.1.5. Wymiana wyeksploatowanego taboru na spełniającego oczekiwania pasażerów;
- 1.2. Utrzymanie wysokiego poziomu jakości przewozów, a w nim działanie dotyczące taboru komunikacji miejskiej:
  - 1.2.1. Realizacja ciągłego procesu odnowy taboru autobusowego;
- 1.3. Wprowadzenie uprzywilejowania dla pojazdów komunikacji miejskiej;
- 1.4. Zwiększenie dostępności komunikacji miejskiej.

Według dokumentu realizacja celu operacyjnego 1 pozwoli na dokonanie wymiany przestarzałych, wyeksploatowanych autobusów komunikacji miejskiej – zastąpienie ich nisko- i zeroemisyjnymi nowoczesnymi, niskopodłogowymi, klimatyzowanymi, dostosowanymi do potrzeb osób niepełnosprawnych i w pełni wyposażonymi w informację pasażerską fabrycznie nowymi autobusami. Jednocześnie, na wybranych pętlach zostaną zainstalowane pantografowe stacje szybkiego ładowania, a w zajezdni operatora – stacje wolnego ładowania nocnego. Takie rozwiązanie umożliwi autobusom zeroemisyjnym przewożenie pasażerów w przekroju całego dnia, bez ograniczeń ich zasięgu.

Zgodnie ze Strategią wymiana całości taboru komunikacji miejskiej na autobusy niskopodłogowe, klimatyzowane i z pełną informacją pasażerską, poprawi komfort podróży i wpłynie na dalsze zwiększenie popytu na przewozy publicznym transportem zbiorowym, zmniejszając jednocześnie liczbę samochodów osobowych poruszających się po mieście. Istotną rolę będą tu odgrywały proekologiczne autobusy zeroemisyjne.

Według dokumentu zakup taboru zeroemisyjnego pozwoli na wypełnienie przez Miasto wymogów odnośnie struktury taboru komunikacji miejskiej, określonych w ustawie o elektromobilności.

„Strategia adaptacji do zmian klimatu miasta Tomaszowa Mazowieckiego do roku 2025 z perspektywą do 2030 r. Projekt”<sup>15</sup> nie odnosi się do problematyki elektromobilności oraz publicznego transportu zbiorowego. Celem tej Strategii jest poprawa bezpieczeństwa mieszkańców w zmieniających się warunkach klimatycznych – poprzez zrównoważony rozwój, integrację przestrzenną oraz wzmocnienie świadomości i odpowiedzialności obywatelskiej.

---

<sup>15</sup> bip.tomaszow.miasta.pl/public, dostęp: 12.08.2021 r.

„Program rewitalizacji miasta Tomaszowa Mazowieckiego na lata 2016-2020 z perspektywą do 2023 r.”<sup>16</sup> obejmuje swym zasięgiem określone obszary Śródmieścia, Niebrowa i Michałówka. Określone w programie cele i projekty nie odnoszą się do publicznego transportu zbiorowego, dotyczą rewitalizacji głównie przestrzeni publicznych i budynków, modernizacji miejsc rekreacji i terenów zielonych oraz działań społecznych.

„Plan zrównoważonej mobilności miejskiej dla Miasta Tomaszów Mazowiecki. Założenia na lata 2015-2020”<sup>17</sup> wskazuje pożądane kierunki interwencji, określa obszary problemowe, definiuje cel główny oraz cele szczegółowe, a także proponuje pakiet działań i zadań w kontekście zarządzania mobilnością miejską.

Jako jeden z kierunków działań Plan wskazuje systematyczną wymianę taboru autobusowego. Zgodnie z dokumentem nowe autobusy powinny spełniać normy środowiskowe oraz stanowić dla mieszkańców gwarancję podróży w komfortowych warunkach, w tym dla osób o ograniczonej sprawności ruchowej.

Innymi, wymienionymi w dokumencie kierunkami zmian są: integracja różnych form przemieszczania się, w szczególności w zakresie utworzenia spójnego systemu parkingów Park&Ride oraz Bike&Ride, priorytetyzacja w zakresie obsługi transportem zbiorowym kluczowych dla miasta przestrzeni publicznych, analiza możliwości wprowadzenia systemów zarządzania ruchem drogowym (ITS) w celu wdrożenia przywilejów dla autobusów komunikacji miejskiej, wdrożenie zaawansowanych, dynamicznych systemów informacji pasażerskiej, dostosowanie komunikacji zbiorowej do potrzeb osób o ograniczonej sprawności oraz wdrożenie planu utrzymania wysokiej jakości infrastruktury transportu zbiorowego.

Wśród określonych w Planie celów szczegółowych istotne są: 2. „Zwiększenie udziału transportu zbiorowego w podziale modalnym podróży miejskich jako fundamentu zrównoważonej mobilności miejskiej”, 7. „Poprawa jakości i niskoemisyjności transportu zbiorowego” oraz 9. „Ograniczanie negatywnego oddziaływania transportu zmotoryzowanego na warunki życia mieszkańców i środowisko naturalne”.

W ramach listy zadań priorytetowych dokument wymienia na pozycji nr 1.1 – „Zakup niskoemisyjnego taboru do obsługi transportu zbiorowego w Tomaszowie Mazowieckim”, z szacunkowymi kosztami w wysokości 32,0 mln zł i okresem realizacji do 2020 r.

<sup>16</sup> Program przyjęty uchwałą Rady Miejskiej Tomaszowa Mazowieckiego nr XXXVII/337/2016, z dnia 7 grudnia 2016 r.

<sup>17</sup> Plan przyjęty uchwałą Rady Miejskiej Tomaszowa Mazowieckiego nr XXII/230/2016, z dnia 21 stycznia 2016 r.

„Plan zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego w Tomaszowie Mazowieckim”<sup>18</sup> określa wizję transportu publicznego jako funkcjonowanie oraz rozwój masowego i proekologicznego transportu zbiorowego spełniającego oczekiwania pasażerów – w sposób tworzący z niego alternatywę dla podróży realizowanych transportem indywidualnym, dostępnego także dla osób o ograniczonej zdolności ruchowej.

Plan określa linie komunikacyjne, które powinny być przeznaczone do obsługi taborem zeroemisyjnym po jego wprowadzeniu do eksploatacji. W Planie uwzględniono opracowaną w 2018 r. Analizę kosztów i korzyści, jednak jako przeznaczone do elektryfikacji wymieniono w pierwszej kolejności linie 7 i 9, z ładowarkami szybkimi przy pętli Dworzec PKS/PKP, a w następnej kolejności linie 4 i 1, z dodatkową ładowarką na pętli Zawadzka.

Uchwalony w 2020 r. plan transportowy określa ponadto wymagane standardy pojazdów komunikacji miejskiej jako:

- niską podłogę przynajmniej w części pojazdu, bez żadnych stopni poprzecznych wewnątrz, pokryta wykładziną antypoślizgową;
- miejsce na wózek inwalidzki lub dziecięcy z dedykowanym miejscem do siedzenia, wraz z platformą wjazdową obsługiwaną przez kierowcę;
- system przyklęku prawej strony pojazdu;
- klimatyzację przestrzeni pasażerskiej;
- elektroniczną wewnętrzną i zewnętrzną informację pasażerską wraz z zapowiedziami głosowymi o zbliżających się przystankach;
- wyraźne oznakowanie miejsc siedzących przeznaczonych dla osób o ograniczonej mobilności ruchowej;
- oświetlenie wnętrza pojazdu, w tym w szczególności wszystkich miejsc, w których znajdują się przeszkody dla pasażerów, umożliwiające odczytanie wszelkich informacji umieszczonych wewnątrz dla pasażerów;
- monitoring przestrzeni pasażerskiej oraz zewnętrzny wraz z rejestracją obrazu;
- dostęp do internetu i ładowarki USB;
- jednolite barwy miejskie.

W dokumencie przewidziano systematyczną wymianę pojazdów komunikacji miejskiej o wieku obecnie wyższym niż 15 lat na pojazdy w standardzie wyposażenia do posiadanych autobusów hybrydowych, do całkowitego ich zastąpienia. Za stan pożądany Plan uznaje średni wiek pojazdów od 6 do 8 lat, lecz nie więcej niż 15 lat (z wyjątkiem autobusów elektrycznych,

---

<sup>18</sup> Plan transportowy przyjęty uchwałą Rady Miejskiej Tomaszowa Mazowieckiego nr XXXVI/261/2020, z dnia 26 listopada 2020 r.

gdzie dokument dopuszcza wiek do 20 lat). Za minimalny standard czystości spalin autobusów wprowadzonych ruchu Plan uznaje normę EURO V.

Plan zakłada ponadto stworzenie dla transportu zbiorowego preferencji w ruchu ulicznym.

„Plan Gospodarki Niskoemisyjnej dla miasta Tomaszowa Mazowieckiego. Aktualizacja”<sup>19</sup> jako jeden z celów szczegółowych wymienia oszczędne gospodarowanie energią dzięki wiodącej roli sektora publicznego.

W ramach działań inwestycyjnych dokument wymienia projekty dotyczące pojazdów transportu miejskiego:

- poz. 80 – „Zakup niskoemisyjnego taboru publicznego transportu zbiorowego wraz z infrastrukturą towarzyszącą w Tomaszowie Mazowieckim”, czyli zakup 20 autobusów hybrydowych z przeznaczeniem dla MZK sp. z o.o. (założony okres realizacji – lata 2015-2017);
- poz. 81 – „Niskoemisyjne autobusy hybrydowe wraz z zapleczem technicznym do ich obsługi elementami nowoczesnego systemu transportu zbiorowego w Tomaszowie Mazowieckim”, czyli zakup przez MZK sp. z o.o. 5 autobusów hybrydowych;
- poz. 101 – „Wymiana taboru samochodowego na samochody o napędzie hybrydowym lub elektrycznym” – projekt Zakładu Gospodarki Wodno-Kanalizacyjnej w Tomaszowie Mazowieckim sp. z o.o.;
- poz. 106 – „Rozwój publicznego transportu zbiorowego poprzez zakup nowych autobusów elektrycznych wraz z infrastrukturą ładowania oraz infrastrukturą towarzyszącą lub autobusów spełniających normy emisji spalin EURO 6”, realizowany w latach 2020-2023 przez MZK sp. z o.o. oraz Gminę Miasto Tomaszów Mazowiecki, przy czym wybór rodzaju środków transportu uzależnia się od możliwości pozyskania dofinansowania ze źródeł zewnętrznych (autobusy elektryczne, hybrydowe, klasyczne Diesla z EURO VI);
- poz. 111 – „Zakup niskoemisyjnego taboru publicznego transportu zbiorowego wraz z infrastrukturą towarzyszącą w Tomaszowie Mazowieckim”, w ramach projektu planuje się zakup przez Miasto 7 autobusów hybrydowych przeznaczonych do regularnej komunikacji miejskiej wraz z niezbędną infrastrukturą towarzyszącą.

„Aktualizacja Programu ochrony środowiska dla miasta Tomaszowa Mazowieckiego na lata 2016-2019 z perspektywą na lata 2020-2023”<sup>20</sup> w obszarze ochrony powietrza jako jeden z problemów wskazuje, z uwagi na przekroczenia dopuszczalnego poziomu pyłu zawieszonego

<sup>19</sup> Według treści Planu przyjętej przez Radę Miejską Tomaszowa Mazowieckiego uchwałą nr XVI/136/2019 z dnia 26 września 2019 r., zmienionej uchwałą nr XXXVI/262/2020, z dnia 26 listopada 2020 r.

<sup>20</sup> Aktualizacja przyjęta uchwałą Rady Miejskiej Tomaszowa Mazowieckiego nr XIX/180/2015, z dnia 26 listopada 2015 r.

PM10 i PM2,5 oraz benzo(a)pirenu, wzrost emisji zanieczyszczeń komunikacyjnych związany z rozwojem transportu samochodowego, wzrastającą liczbą pojazdów samochodowych – często o przestarzałej technologii spalania oraz zbyt małą płynność ruchu drogowego.

Kierunkiem działań wymienionym w dokumencie, także w obszarze ochrony przed hałasem – do realizacji do 2023 r., jest m.in. wymiana taboru w MZK sp. z o.o. na niskoemisyjny, przyjazny środowisku i energooszczędny.

„Aktualizacja projektu założeń do planu zaopatrzenia w ciepło, energię elektryczną i paliwa gazowe dla Miasta Tomaszowa Mazowieckiego do roku 2033”<sup>21</sup> nie odnosi się do problematyki publicznego transportu zbiorowego, przywołując jedynie wymienione powyżej, inne opracowania strategiczne.

## 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”.

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

---

<sup>21</sup> Aktualizacja przyjęta uchwałą Rady Miejskiej Tomaszowa Mazowieckiego nr XIII/96/2019, z dnia 16 maja 2019 r.



kosztów zakupu energii elektrycznej niż oleju napędowego, możliwe są do osiągnięcia oszczędności wynikające z codziennej eksploatacji tego typu pojazdów.

Z kolei nakłady finansowe na uruchomienie przewozów autobusami elektrycznymi z wodorowymi ogniwami paliwowymi związane są z bardzo wysokim kosztem zakupu pojazdów stosujących tą nowatorską technologię oraz z brakiem dostępu do stacji tankowania wodoru w Polsce. Koszt uruchomienia dedykowanej stacji tankowania wodoru jest bowiem wciąż kilkukrotnie 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 bardzo 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 PGNiG SA.

Przy eksploatacji taboru zasilanego CNG istotne jest także to, że właścicielem infrastruktury do tankowania autobusów gazowych nie jest operator przewozów, lecz Grupa 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 jednak ich utworzenia przy drogach sieci TEN-T.

Istotną kwestią, przy podejmowaniu decyzji o eksploatacji taboru zasilanego CNG, jest brak stacji tankowania CNG w Tomaszowie Mazowieckim. Najbliższa taka stacja funkcjonuje



w Radomiu, na terenie zajezdni MPK sp. z o.o., przy ul. Wjazdowej 4, w odległości ok. 90 km od zajezdni MZK sp. z o.o. Brak stacji do tankowania CNG, przy bardzo wysokich kosztach jej budowy, w zasadzie wyklucza możliwość zastosowania takiego napędu w autobusach towarzyszącej komunikacji miejskiej. Z wprowadzeniem do eksploatacji taboru zasilanego CNG wiąże się ponadto dodatkowy koszt dostosowania obiektów zajezdni do eliminacji zagrożeń związanych z tworzeniem przez gaz ziemny mieszanin wybuchowych. 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>22</sup>.

Eksploatowane autobusy hybrydowe są pojazdami zasilanymi olejem napędowym, wyposażonymi w dodatkowe systemy silników elektrycznych z rekuperacją energii oraz baterie trakcyjne. 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 albo nie występują w ogóle. Pomimo niższego zużycia paliwa, a zatem i mniejszej emisji zanieczyszczeń CO<sub>2</sub>, autobusy hybrydowe nie są jednak uznawane przez ustawę o elektromobilności za autobusy zeroemisyjne.

W świetle obecnie obowiązujących przepisów za zeroemisyjny uważa się trolejbus, baterijny autobus elektryczny lub autobus, którego silnik nie emituje gazów cieplarnianych i innych substancji objętych systemem zarządzania emisjami gazów cieplarnianych. Elektryczne autobusy bateryjne oraz trolejbusy z ogrzewaniem zasilanym olejem napędowym lub paliwem gazowym, pomimo iż pojazd taki emituje jednak pewne zanieczyszczenia, uznawane są za autobusy zeroemisyjne.

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

---

<sup>22</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

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.

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 plątaniny 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 pantografovych.

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. supertrolejbusy, 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. Supertrolejbusy 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 analizie strategicznej opracowanej w 2018 r. Analizy Kosztów i Korzyści dla Tomaszowa Mazowieckiego, wyeliminowano trolejbusy jako pojazdy zeroemisyjne. Powodem był i jest bardzo wysoki koszt budowy sieci zasilającej wzdłuż trasy linii oraz koszt przebudowy zajezdni. Tak wysoki poziom dodatkowych nakładów inwestycyjnych przekracza możliwości budżetowe miasta. Ponadto, koszty bieżącej eksploatacji trolejbusów są wyższe niż autobusów elektrycznych – o niemałe koszty utrzymania sieci i jej zasilania.

W studium wykonalności realizowanego przez MZK sp. z o.o. projektu inwestycyjnego: „Niskoemisyjne autobusy hybrydowe wraz z zapleczem technicznym do ich obsługi elementami

nowoczesnego systemu transportu zbiorowego w Tomaszowie Mazowieckim” przeanalizowano różne opcje technologiczne związane z zakupem taboru. Pod uwagę brano zakup autobusów:

- zasilanych olejem napędowym, z napędami klasycznymi, spełniającymi wymogi normy EURO VI;
- zasilanych olejem napędowym, z napędami hybrydowymi, spełniającymi wymogi normy EURO VI;
- o napędzie elektrycznym.

W przywołanym dokumencie 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>23</sup>.

Pomimo wynikającego z już kilkuletniej eksploatacji mniejszego zużycia paliwa w warunkach Tomaszowa Mazowieckiego, autobusy hybrydowe nie są jednak w myśl przepisów prawa autobusami zeroemisyjnymi.

W celu spełnienia wymogów ustawy o elektromobilności, Miasto Tomaszów Mazowiecki może więc rozważyć zastosowanie jedynie dwóch typów napędów autobusów, które stanowią odpowiednio elektryczne silniki napędowe zasilane bateryjnie – z okresowym doładowywaniem baterii na pętli lub zajezdni 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,

---

<sup>23</sup> Analiza dynamicznego kosztu jednostkowego.

w związku z wykorzystywaniem autobusów hybrydowych do obsługi linii tomaszowskiej 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 nowoprowadzanych 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-ołowiowe, potem niklowo-kadmowe (NiCd), a obecnie: niklowo-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-niklowo-kobaltowo-aluminiowe czy litowo-niklowo-kobaltowo-manganowe. 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 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 50-80%) – 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 (przypadek samolotu Dreamliner), 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 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 supertrolejbusy, 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 nocnego w zajezdni powinna mieć zastosowanie przede wszystkim w przypadku używania ogrzewania paliwowego, a także przy przeznaczaniu autobusów elektrycznych do obsługi krótkich (szczytowych) zadań przewozowych. Z uwagi na bardzo wysokie koszty zakupu autobusów elektrycznych, pojazdy takie nie powinny być jednak alokowane do obsługi takich 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 electric 12 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 bardzo 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 umożliwia 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 – In Motion Charging) 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 wodorowymi 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 i w Warszawie zapowiada także inwestor prywatny (plan zakłada uruchomienie pierwszej z nich jesienią 2021 r.)

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 oraz Grupa PGNiG, metodą elektrolizy ZE PAK SA (Zespół Elektrowni Pątnów-Adamów-Konin), a w przyszłości – inne koncerny energetyczne.

Budowa takiej stacji nie jest natomiast planowana z okolicach Tomaszowa Mazowieckiego.

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 wariant zastosowania autobusów zeroemisyjnych z doładowaniem na pętlach – uznając to za rozwiązanie o większej pewności poprawnego funkcjonowania przewozów także w trudnych warunkach eksploatacyjnych.

#### 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 Tomaszów Mazowiecki” przeanalizowano dwa warianty inwestycyjne:

- wariant 1 – konwencjonalny – w którym założono realizację polityki sukcesywnej wymiany taboru na nowe pojazdy zasilane olejem napędowym;
- wariant 2 – elektryczny – w którym założono sukcesywne wprowadzanie taboru z bateryjnym zasilaniem elektrycznym, w celu spełnienia wymogów określonych ustawą o elektromobilności.

W ramach wariantu 2 przewidziano wprowadzenie autobusów o napędzie elektrycznym do floty użytkowanych pojazdów w tomaszowskiej komunikacji miejskiej, doładowywanych na pętlach poprzez ładowarki pantografowe.

Warianty te porównano ze scenariuszem bazowym, w którym założono wymianę taboru na pojazdy używane z klasycznymi silnikami Diesla.

W rezultacie przeprowadzonej w poprzednich podrozdziałach wstępnej analizy, w niniejszej analizie zidentyfikowano dwa warianty możliwych zmian wyposażenia taborowego tomaszowskiej komunikacji miejskiej:

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

Przy kolejnych zakupach autobusów elektrycznych założono jednoczesny zakup ładowarek zajezdniowych, po jednym stanowisku na każdy autobus oraz zakup i budowę stacji ładowania na pętlach – po jednej dla każdej dostarczonej kolejnej partii trzech autobusów elektrycznych.

Plan wymiany taboru w wariantcie elektrycznym przyjęto według harmonogramu zapewniającego wypełnienie wymogów ustawy o elektromobilności.

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

Jako podstawowe założenie przyjęto, że autobusy hybrydowe z silnikami zasilanymi olejem napędowym, będą sukcesywnie wymieniane w okresie trzech lat na fabrycznie nowe po upływie 15-letniego okresu eksploatacji.

W stosunku do bateryjnych autobusów elektrycznych przyjęto, że ich wymiana nie nastąpi wcześniej niż po 15-letnim okresie eksploatacji. Przy wymianie autobusów spalinowych na bateryjne elektryczne z doładowywaniem na pętlach, z uwagi na ich możliwość całodziennej pracy bez dodatkowego zjeżdżania do zajezdni, przyjęto brak wzrostu stanu floty.

W wariantcie konwencjonalnym przyjęto sukcesywne odnawianie stanu floty, poprzez zakup przeciętnie dwóch pojazdów rocznie.

Poza opisanymi wyżej dwoma wariantami inwestycyjnymi, utworzono scenariusz bazowy, o charakterze wyłącznie porównawczym, w którym wymianę autobusów przyjęto bez zmiany rodzaju napędu – na pojazdy nowe dla autobusów hybrydowych oraz na pojazdy używane w przeciętnym wieku 8 lat dla pozostałych autobusów. W scenariuszu tym przyjęto, że pojazdy używane eksploatowane będą przez okres co najmniej 10 lat.

We wszystkich wariantach analizy w całym jej okresie przyjęto zakres pracy eksploatacyjnej, wyrażonej liczbą wozokilometrów, na poziomie wielkości pracy eksploatacyjnej wykonanej w 2020 r. – w liczbie 1 735 tys. km rocznie.

Pracę eksploatacyjną pojazdów hybrydowych w wariantcie konwencjonalnym oraz w scenariuszu bazowym przyjęto w latach analizy na poziomie 55 tys. km rocznie na jeden pojazd (na poziomie planowanego wykonania w 2021 r.). Uznano, że podobnie jak obecnie autobusy z klasycznym napędem Diesla będą wykorzystywane jako uzupełniające. W wariantcie elektrycznym pracę eksploatacyjną dla tych autobusów przyjęto w wysokości 25 tys. km rocznie na jeden pojazd. Pracę eksploatacyjną autobusów hybrydowych oraz elektrycznych wyliczono w wariantcie elektrycznym wynikowo.

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

W każdym wariantcie inwestycyjnym założono, że nabywane pojazdy będą fabrycznie nowe, niskopodłogowe w kolorystyce miejskiej, a ich wyposażenie będzie obejmować co najmniej klimatyzację całopojazdową, przyklęk, rampę i miejsce na wózek, system informacji pasażerskiej z zapowiedziami głosowymi przystanków, Wi-Fi i ładowarki USB.

Liczbę pasażerów oraz przychody z biletów przyjętych we wszystkich wariantach oszacowano na podstawie danych MZK sp. z o.o. z lat 2018-2020 oraz prognozy na 2021 r.,

z uwzględnieniem skutków ograniczeń wprowadzonych w związku z ogłoszeniem stanu epidemii oraz niekorzystnych prognoz demograficznych GUS, zakładających spadek liczby mieszkańców miasta w perspektywie do 2035 r. Na liczbę przewożonych pasażerów duży wpływ miało zmniejszenie zakresu wykonywanej pracy przewozowej, mają nadal funkcjonujące ograniczenia w korzystaniu ze środków transportu publicznego w miastach oraz zmiana zachowań komunikacyjnych mieszkańców – spowodowane stanem epidemii COVID-19.

W Tomaszowie Mazowieckim tabor komunikacji miejskiej jest w zróżnicowanym wieku, ponad połowa jednostek taborowych jest stosunkowo nowa, z licznymi udogodnieniami dla pasażerów. Należy więc przypuszczać, że zamiana autobusów z silnikami Diesla na pojazdy elektryczne, nie będzie w najbliższych latach skutkowała efektem w postaci zwiększonego zainteresowania mieszkańców podróżami 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 tomaszowską komunikacją miejską. Średnia gęstość zaludnienia miasta Tomaszowa Mazowieckiego – wg stanu na koniec 2020 r. – wynosiła 1 485 osób/km<sup>2</sup>. Średnia gęstość zaludnienia na koniec 2020 r. wynosiła według GUS w Polsce 123 osoby/km<sup>2</sup>, a w miastach – 1 038 osób/km<sup>2</sup>. Średnia gęstość zaludnienia w województwie łódzkim wynosiła 134 osoby/km<sup>2</sup>.

**Tab. 5. Harmonogram wymiany taboru tomaszowskiej komunikacji miejskiej w latach 2021-2036 w wariacie 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 hybrydowe</b>																	
1a	Zakup/wycofanie	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	8/8	8/8	9/9	-/-	-/-
1b	Stan na koniec roku	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
<b>2</b>	<b>Autobusy pozostałe ON</b>																	
2a	Zakup/wycofanie	-/1	3/3	2/2	2/2	2/2	2/2	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
2b	Stan na koniec roku	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
<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	0
<b>4</b>	<b>Ogółem stan taboru na koniec roku</b>																	
5	Razem emisyjne	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
6	Zeroemisyjne	0	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	0,0
7	Średni wiek floty [lat]	9,7	10,2	9,0	8,6	8,3	8,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	10,6	8,1	4,8	5,8	5,8

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



**Tab. 6. Harmonogram wymiany taboru tomaszowskiej komunikacji miejskiej w latach 2021-2036 w wariacie elektrycznym**

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 hybrydowe</b>																	
1a	Zakup/wycofanie	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	8/8	8/8	9/9	-/-	-/-
1b	Stan na koniec roku	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
<b>2</b>	<b>Autobusy pozostałe ON</b>																	
2a	Zakup/wycofanie	-/1	-/4	-/-	-/4	-/-	-/-	-/3	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
2b	Stan na koniec roku	11	7	7	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>3</b>	<b>Autobusy elektryczne</b>																	
3a	Zakup/wycofanie	-/-	4/-	-/-	4/-	-/-	-/-	3/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
3b	Stan na koniec roku	0	4	4	8	8	8	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
<b>4</b>	<b>Ogółem stan taboru na koniec roku</b>																	
5	Razem emisyjne	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
6	Zeroemisyjne	0	4	4	8	8	8	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
6a	Udział we flocie[%]	0,0	11,1	11,1	22,2	22,2	22,2	30,6	30,6	30,6	30,6	30,6	30,6	30,6	30,6	30,6	30,6	30,6
7	Średni wiek floty [lat]	9,7	10,2	8,4	9,4	7,7	8,7	9,7	8,8	9,8	10,8	11,8	12,8	10,5	7,9	4,7	5,7	5,7

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

W tabeli 7 przedstawiono wskaźniki krotności – o ile razy większa jest gęstość zaludnienia w obszarze obsługiwanym liniami miejskimi tomaszowskiej 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. 7. Parametry i wskaźniki dotyczące ludności i powierzchni Tomaszowa Maz. na tle kraju i miast w kraju – stan na 31 grudnia 2020 r.**

Parametry charakteryzujące Tomaszów Mazowiecki			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	
61,34	41,30	1 485	1,45	12,2	44,5

Źródło: dane Banku Danych Lokalnych GUS.

Dane zaprezentowane w tabeli 7 wskazują, że gęstość zaludnienia Tomaszowa Mazowieckiego jest znacznie wyższa niż przeciętna dla kraju (12-krotnie) i miast w kraju (1,5-krotnie), a więc liczba mieszkańców narażonych na tzw. niską emisję, w tym pochodzącą z zanieczyszczeń ze środków transportu, jest także w Tomaszowie Mazowieckim proporcjonalnie większa.

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 (prestiz, 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 mieszkaniowe 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.

Wrz 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 „E-bus” 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:

- obsługuje 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 tomaszowskiej komunikacji miejskiej.

Celem, jaki Miasto zamierza osiągnąć określonym wyborem linii, jest ograniczenie wykorzystania autobusów z napędem spalinowym w centralnej części Tomaszowa Mazowieckiego oraz w największych osiedlach mieszkaniowych. Liniami komunikacyjnymi, które byłyby odpowiednie do obsługi taboru 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 dla miasta Tomaszów Mazowiecki” do obsługi taboru zeroemisyjnym wskazano określone linie.

Przy wyborze kierowano się następującymi podstawowymi założeniami:

- w pierwszej kolejności do obsługi taborem zeroemisyjnym przeznaczono linie podstawowe;
- ograniczenie wykorzystania autobusów spalinowych w ścisłym centrum miasta oraz w rejonie największych osiedli o gęstej zabudowie mieszkaniowej – Hubala, Obrońców Tomaszowa z 1939 r., Wyzwolenia, Zielone;
- obsługa liniami rejonu dworców autobusowego i kolejowego;
- trasy linii przeznaczonych do elektryfikacji nie powinny być zbyt długie;
- znaczna liczba przewożonych pasażerów;
- preferowane do elektryfikacji linie powinny korzystać ze wspólnych pętli.

W wyniku przeprowadzonej analizy zaproponowano następujące linie do obsługi taborem zeroemisyjnym:

- w pierwszej kolejności – linie 8 i 9, z podstawową stacją ładowania szybkiego na pętli Dworzec PKS/PKP oraz uzupełniającą na terenie zajezdni MZK sp. z o.o.;
- w drugiej kolejności – linia 7, z ewentualnym dodatkowym stanowiskiem ładowania szybkiego na pętli Dworzec PKS/PKP;
- w trzeciej kolejności – linia 4, z dodatkowym stanowiskiem ładowania na pętli Zawadzka;
- w czwartej kolejności – linia 1, korzystająca z już wybudowanych stacji ładowania na pętlach Dworzec PKS/PKP i Zawadzka.

Trasy żadnej z linii wyznaczonych w Analizie kosztów i korzyści z 2018 r. do obsługi taborem zeroemisyjnym nie przekraczały granic miasta Tomaszowa Mazowieckiego.

Jak przedstawiono w rozdziale 4, po wprowadzeniu ograniczeń w podaży w tomaszowskiej komunikacji miejskiej wyróżnia się tylko dwie linie podstawowe – 4 i 8 oraz sześć linii uzupełniających – 1, 2, 3, 5, 7 i 38.

Linia 4 łączy ul. Zawadzka z centrum i z osiedlem Hubala. Jest to jedyna linia, która posiada tylko po jednym wariantcie trasy w każdym kierunku. Przebieg trasy tej linii rozpoczyna się na pętli Zawadzka, następnie prowadzi ulicami: Zawadzka, Dzieci Polskich i Warszawską do centralnie położonego pl. Kościuszki, skąd dalej ulicami: Joselewicza (z powrotem ul. Grunwaldzką) i Jana Pawła II do osiedla Hubala, które penetruje głównymi ulicami – Wandy Panfil i św. Antoniego – i następnie do pętli Brzustówka. Jest to również jedyna linia, na której pozostała częstotliwość kursowania zbliżona do 30-minutowej w dni powszednie w godzinach pomiędzy 5 a 19, oraz zbliżona do 60-minutowej w godzinach wieczornych oraz całodziennie w soboty, niedziele i święta. W miarę rytmiczne odjazdy pozwoliłyby na obsługę tej linii taborem elektrycznym, które doładowywałyby się na stanowisku ładowania przy pętli Zawadzka.

Trasa linii 8 charakteryzuje się wielowariantowością. Linia 8 łączy prawobrzeżne rejony miasta z centrum oraz z północnymi dzielnicami mieszkaniowymi i północno-wschodnim rejonem przemysłowym. Podstawowy wariant trasy linii 8 prowadzi z pętli Białostrzegi ulicami Opczyńską, Radomską, Ludwikowską i Robotniczą do pętli Modrzewskiego – Niebieskie Źródła, z której po przekroczeniu Pilicy prowadzi dalej ulicami: św. Antoniego, Głowackiego i Mościckiego do centrum i ulicą Warszawską do pętli ZBiEDiM. Na południowym odcinku trasy część kursów skrócona jest do pętli Ludwików Jana, z kolei od północnej strony, część kursów wykonywana jest do zajezdni MZK sp. z o.o., a część kursów kierowana jest do przystanków Wysoka-CHIPITA, Roldrob, pl. Kościuszki.

Pomimo zaliczenia linii 8 do linii podstawowych, nawet w dni powszednie występują długotrwałe przerwy w odjazdach, wynoszące nawet prawie 90 minut. Ponadto, skrócenie wybranymi kursami linii do pętli Ludwików Jana, a także drastyczne ograniczenie liczby kursów linii 9, na której miały być wykonywane naprzemiennie kolejne kursy, bardzo mocno utrudnia, a może nawet uniemożliwia skierowanie na linię 8 pojazdów elektrycznych. W poprzednim opracowaniu planowano bowiem wspólny obieg taboru na liniach 8 i 9, przy zmianie oznaczenia każdorazowo na pętli Białostrzegi. W obecnym rozkładzie jazdy linii 8, przy takiej wielowariantowości, trudno byłoby wyznaczyć miejsca, gdzie możliwe byłoby ładowanie autobusów elektrycznych.

Trasa linii 1 wybranymi kursami prowadzi z pętli Dworzec PKS/PKP przy dworcach kolejowym i autobusowym, przez wschodnią część miasta ulicami: Dworcową, Spalską, Szczęśliwą, Mireckiego, Proszą i Niską, dalej przez obszar zabudowy jednorodzinnej i intensywnie zabudowane osiedle Wyzwolenia II ulicami: Piękną, Jałowcową i Mazowiecką do ul. św. Antoniego. Następnie trasa linii biegnie przez pl. Kościuszki i w kierunku południowym ulicami: Grunwaldzką (z powrotem: Joselewicza), Jana Pawła II do Osiedla Zielona. Następny odcinek trasy prowadzi przez południowo-zachodnią część miasta ulicami: Podleśną, Legionów i Zieloną do ul. Dąbrowskiej (pętla Dąbrowska – Bema, gdzie kończy się część kursów) lub do peryferyjnej pętli Dąbrowa przy granicy miasta.

Linia 2 ma charakter linii podmiejskiej i łączy dworce kolejowy i autobusowy przez centrum miasta ze Swolszewicami Małymi – Borki II. Trasa linii rozpoczyna się na pętli Dworzec PKS/PKP i prowadzi ulicami: Popiełuszki, Konstytucji 3 Maja i Warszawską do pl. Kościuszki. Następnie trasa biegnie w kierunku południowym ulicami: Krzyżową, Słowackiego, Jana Pawła II, Pod Grotami i Nagórzycką do granicy miasta i dalej przez teren leśny do krańcówki na skrzyżowaniu ulic Mostowej i Leśnej w Swolszewicach Małych. Część kursów, zarówno z pętli Dworzec PKS/PKP jak i z krańcówki w Swolszewicach Małych kończy się na pl. Kościuszki.



Linia 3 łączy prawobrzeżne osiedle Ludwików z Rolandówką (pętla przy ul. Mostowej), a dwie pary kursów w dzień powszedni są wydłużone do miejscowości Niebrów, położonej bezpośrednio przy granicy miasta, w sąsiedztwie drogi ekspresowej S8. Podstawowy wariant trasy linii 3 prowadzi z pętli przy ul. Jana w Ludwikowie – ulicami: Ludwikowską, Białobrzeską, Mireckiego, Proszą, Niską, Jałowcową, Mazowiecką i św. Antoniego do pl. Kościuszki, skąd następnie al. Piłsudskiego oraz ulicami Legionów i Hallera do pętli Mostowa przy tej ulicy – tuż za rzeką Wolbórką.

Linia 5 łączy południowe rejony Tomaszowa Mazowieckiego, rozpoczynając swoją trasę na pętli Dąbrowa oraz prowadząc ulicami: Dąbrowską, Zieloną, Legionów, Piłsudskiego, przez pl. Kościuszki i dalej ulicami: Warszawską i Ujezdzką z północną częścią Tomaszowa Mazowieckiego i z miejscowością podmiejską Zaborów. Część kursów linii 5 kończy się na pętli Ujezdzka Szkoła, przy granicy miasta, a część na pl. Kościuszki.

Linia 7 łączy osiedla Hubala i Zielone z centrum i z dworcami kolejowym i autobusowym. Jej trasa rozpoczyna się na pętli Smugowa, następnie okrąża os. Hubala ulicami: Graniczną i Wandy Panfil, po czym ul. Legionów i al. Piłsudskiego prowadzi do pl. Kościuszki. Dalszy odcinek trasy linii 7 prowadzi ulicami Warszawską i Główną – do pętli przy zespole dworców, gdzie kończy się podstawowy wariant trasy. Kilka par kursów w okresach szczytów komunikacyjnych zostało przedłużone do pętli Wilanów na terenie byłych zakładów Wistom – z przekroczeniem linii kolejowej przejazdem w ciągu ul. Spalskiej.

Linia 38 ma charakter linii podmiejskiej, łączy Tomaszów Mazowiecki z miejscowością Wąwał oraz kilkoma kursami z miejscowościami Sługocice i Brzustów. Podstawowy wariant trasy linii rozpoczyna się od pl. Kościuszki i przebiega ulicami: św. Antoniego, Frycza-Modrzewskiego, Szymanówek, Kwarcową przekraczając granicę miasta, a następnie ul. Tomaszowską do pętli Wąwał. Trasa wybranych kursów z pętli Wąwał prowadzi dalej ul. Cegielnianą do granicy miasta, a następnie ulicami Wąwalską i Opoczyńską w Tomaszowie Mazowieckim, po czym znów przekraczając granicę miasta przez Sługocice do Brzustowa.

Na opisanych powyżej liniach uzupełniających nie wykonuje się jednak dużej liczby kursów – ich częstotliwość jest zbliżona do godzinnej lub nawet niższa, poza tym częstotliwość na żadnej z nich nie jest rytmiczna. Linia 3 w wybranych kursach, oraz linia 38 funkcjonują jako podmiejskie, a część kursów ma mocno zwiększoną długość trasy, wskutek czego linia nie nadaje się do obsługi taborem zeroemisyjnym w pierwszym etapie jego wprowadzania.

Opisane w rozdziale 4 ograniczenia w podaży, bardzo utrudniają wprowadzenie do ruchu autobusów elektrycznych ładowanych na pętlach, w obecnym kształcie oferty przewozowej tomaszowskiej komunikacji miejskiej.

W Analizie kosztów i korzyści z 2018 r. do elektryfikacji w pierwszej kolejności zaplanowano linie autobusowe 8 i 9. Tymczasem linia 9 wykonuje obecnie (stan sierpień 2021 r.) jedynie pięć par kursów w dniu powszednim oraz do 10 par kursów w każdym z dni w weekendy. Trasa tej linii przebiega z pętli Dworzec PKS/PKP do pętli Ludwików – Jana, albo do pętli Białostrzegi. Trasa prowadzi ulicami: Chopina, Skłodowskiej-Curie, Popiełuszki, gen. Grota Roweckiego, Szeroką, Barlickiego i Warszawską, następnie obok pl. Kościuszki i dalej ulicą św. Antoniego, Mazowiecką, Jałowcową, Piękną, Niska, Proszą, Mireckiego i Białostrzeską.

W obecnym układzie sieci linia ta mogłaby być obsługiwana autobusami zeroemisyjnymi z doładowaniem na pętli Dworzec PKS/PKP, ale autobusy te powinny również wykonywać kursy na innych liniach, których trasa rozpoczyna się z tej pętli, a więc liniach: 1, 2, 7 i 40.

Oznacza to, że obecne rozkłady jazdy uniemożliwiają zaplanowanie ruchu pojazdów elektrycznych w sposób przewidziany w opracowaniu z 2018 roku. Zmniejszenie liczby kursów na poszczególnych liniach oznacza, że w obecnych rozkładach jazdy trzeba byłoby zrezygnować z przypisania autobusów do określonych linii, ale planować je na określone zadania. Jednak może to się okazać trudne, z uwagi na przejścia pojazdów na linie, gdzie nie byłoby możliwości doładowania pojazdu.

W planowaniu linii przeznaczonych do obsługi autobusami elektrycznymi należy uwzględnić także realizowane bardzo często zmiany w przypisaniu pojazdów do linii w skali dnia. W celu optymalizacji postojów oraz czasu pracy w ramach poszczególnych zadań przewozowych realizowane są też przejazdy techniczne pomiędzy różnymi pętlami autobusowymi. Wszystkie te działania sprowadzają się do tego, aby ułożone zadania były optymalne pod kątem długości przerw dla kierowców.

Wybór linii do obsługi przez autobusy elektryczne determinuje lokalizację stanowisk do ładowania szybkiego. Wraz z przeznaczeniem do obsługi taborem zeroemisyjnym określonych linii niezbędna byłaby realizacja inwestycji budowy stacji ładowania szybkiego na wybranych krańcach.

Miasto i MZK sp. z o.o. podczas opracowywania Analizy kosztów i korzyści w 2018 r. przewidywały montaż ładowarek pantografowych na pętli przy dworcach kolejowym i autobusowym oraz w zajezdni MZK. Stanowisko do ładowania na pętli Dworzec PKS/PKP jest dobrą lokalizacją i mogłoby obsługiwać nawet kilka linii: miejskie 1, 2, 7, 9 oraz podmiejską 40. Konieczne jednak byłoby zaplanowanie odpowiednich przerw po niemal każdym kursie na doładowanie pojazdu.

Stanowisko do ładowania na terenie zajezdni MZK sp. z o.o. miałoby w obecnym układzie sieci charakter jedynie pomocniczy.

Dla linii 8 dobrym rozwiązaniem byłaby lokalizacja stacji ładowania szybkiego na pętli Białostrzegi, ale inwestycja ta wymagałaby jednocześnie docelowego zagospodarowania obszaru pętli.

Dla linii 4 stacja ładowania szybkiego mogłaby być zlokalizowana na pętli Brzustówka, pętla ta jest zorganizowana na fragmencie wybrukowanego parkingu, instalacja urządzeń nie kolidowałaby więc z istniejącą zabudową. W przypadku braku możliwości lokalizacji stacji ładowania szybkiego na tej pętli, stacja taka mogłaby być zlokalizowana na pobliskiej pętli Modrzewskiego – Niebieskie Źródła, wraz z niewielkim wydłużeniem linii. Krańcówka przy ul. Zawadzkiej zlokalizowana jest w pobliżu obiektów handlowych, obszar pętli wymagałby jej nowego, docelowego wyznaczenia.

Wśród linii podmiejskich zdecydowana ich większość rozpoczyna swoją trasę na pl. Kościuszki (przystanki Plac Kościuszki – Arkady oraz Plac Kościuszki – Centrum).

Na innych pętlach autobusowych liczba kursów autobusów jest zdecydowanie mniejsza, co zmniejsza celowość zapewniania możliwości ładowania w tych miejscach.

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 – linia podstawowa 8, ze stacją ładowania na pętli Białostrzegi, po jej urządzeniu, jednak wskazane byłoby w tym przypadku wydłużenie wszystkich kursów do tej pętli, aby umożliwić doładowanie każdego pojazdu (im częściej autobus pojawi się na pętli z ładowarką, tym przerwa na ładowanie może być krótsza);
- w drugiej kolejności – linie uzupełniające 1, 7 i 9, ze stacją ładowania szybkiego na pętli przy Dworcu PKS/PKP, w miarę potrzeb z dwoma stanowiskami do ładowania autobusów, konieczne byłoby jednak w tym przypadku wprowadzenie rytmicznych rozkładów jazdy na każdej z wymienionych linii, aby czas ładowania po każdym z kursów był zbliżony i bardziej przewidywalny;

- w trzeciej kolejności – linia 4, korzystająca z dedykowanej stacji ładowania, zainstalowanej na jednej z pętli: Zawadzka, Brzustówka albo Modrzewskiego – Niebieskie Źródła, w zależności od możliwości instalacji urządzeń;
- w następnej kolejności – w miarę potrzeb kolejne linie oraz dodatkowe stanowiska lub stacje ładowania szybkiego, w zależności od przyszłego układu sieci linii oraz częstotliwości kursowania.

W przypadku elektryfikacji linii podmiejskich niezbędne byłoby urządzenie stacji ładowania szybkiego przy pl. Kościuszki, z jednym lub więcej stanowiskami do ładowania.

Przy założeniu dalszego stosowania zasady częstych zmian w przypisaniu pojazdów do linii w skali dnia – zapewniającej wymierne korzyści eksploatacyjne – konieczne byłoby takie przeprojektowanie rozkładu jazdy, aby każdy autobus co maksymalnie dwa lub trzy pełne kółka (w zależności od długości trasy linii) znalazł się na pętli z ładowarką.

Zaleca się również modyfikację rozkładów jazdy wprowadzając bardziej rytmiczne kursowanie autobusów, niezależnie od skali oferowanej podaży usług przewozowych. Takie działanie nie tylko ułatwi przemieszczenie się pasażerów po terenie miasta Tomaszów Mazowiecki, ale też zdecydowanie ułatwi zaplanowanie doładowania pojazdów elektrycznych na poszczególnych pętlach.

Wraz z wyborem linii do obsługi taborem 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 podczas postoju na terenie 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 240 kWh, co przekłada się na ciężar baterii rzędu 2,4 tony. 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 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 na pętlach, 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 byłoby występowanie silnych mrozów, upałów albo 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.

Powyższe autobusy, z uwagi na duży ciężar baterii, posiadają znacznie wyższą masę własną od pojazdów standardowych z napędem Diesla, 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 przyjęto zakup autobusów zeroemisyjnych z szybkim doładowaniem na pętli, jako rozwiązanie o większej pewności poprawnego funkcjonowania w trudnych warunkach eksploatacyjnych.

Zużycie energii przez przeciętny autobus elektryczny oraz trolejbus zależy 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 tomaszowskiej komunikacji miejskiej wyposażeniu autobusu, bez ogrzewania elektrycznego i bez elektrycznej klimatyzacji, przy obsłudze obszarów o gęstej sieci ulic i w relatywnie trudnych warunkach ruchowych, zużycie energii wyniesie ok. 1,15 kWh/km. Dla autobusu klasy midi, o długości ok. 10 m i mniejszej pojemności pasażerskiej przyjęto zużycie energii na nieco mniejszym poziomie – 1,05 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 tomaszowskich 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 8 przedstawiono szacunkowe wyliczenia niezbędnej pojemności baterii dla autobusów dla poszczególnych linii tomaszowskiej komunikacji miejskiej. Z uwagi na często zmieniające się rozkłady jazdy i wprowadzanie wariantów przebiegu trasy linii zgodnie ze zmieniającym się zapotrzebowaniem pasażerów, uwzględniono długość trasy linii podaną przez Miasto. W rzeczywistości tak skrajne warunki wystąpią dość rzadko, z uwagi na zdecydowanie krótszą



długość trasy znacznej części wariantów trasy linii. Obliczona pojemność baterii zapewni obsługę linii w skrajnych przypadkach, a czas ładowania w rzeczywistych warunkach będzie najczęściej znacznie krótszy. Nie bez znaczenia jest także stosowana praktyka przydziału dla pojazdów zadań obejmujących wiele linii, pozwalająca na efektywniejsze wykorzystanie taboru.

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%).

**Tab. 8. Szacunek wymaganej pojemności baterii autobusów elektrycznych w celu obsługi linii tomaszowskiej komunikacji miejskiej**

Linia	Przeciętna długość dwóch par kursów	Zużycie energii		Czas ładowania		Pojemność baterii	
		lato	zima	lato	zima	obliczona lato/zima	proponowana*
	[km]	[kWh]	[kWh]	[min]	[min]	[kWh]	[kWh]
<b>Linie podstawowe</b>							
4	26,1	30,0	49,5	5,0	8,3	43/70	60
8	71,8	82,6	136,4	13,8	22,7	117/193	120
<b>Linie uzupełniające</b>							
1	49,6	57,1	94,3	9,5	15,7	81/133	90
2	41,1	47,2	78,0	7,9	13,0	67/110	90
3	47,2	54,3	89,7	9,1	15,0	77/127	90
5	43,3	49,8	82,2	8,3	13,7	43/70	60
7	41,0	47,1	77,8	7,9	13,0	67/110	90
38	70,9	81,5	134,6	13,4	22,4	115/190	120
<b>Pozostałe linie</b>							
6	30,2	34,8	57,4	5,8	9,6	49/81	60
9	43,2	49,6	82,0	8,3	13,7	70/116	90
12	44,4	51,1	84,4	8,5	14,1	72/119	90
31	68,6	78,7	130,1	13,1	21,7	111/184	120
32	72,8	83,7	138,3	14,0	23,1	118/195	120
33	40,7	46,8	77,3	7,8	12,9	66/109	90
34	45,9	52,7	87,1	8,8	14,5	75/123	90
35	61,4	70,6	116,7	11,8	19,5	100/165	120
36	70,8	81,5	134,6	13,6	22,4	115/190	120
37	38,0	43,7	72,2	7,3	12,0	62/102	90



Linia	Przeciętna długość dwóch par kursów	Zużycie energii		Czas ładowania		Pojemność baterii	
		lato	zima	lato	zima	obliczona lato/zima	proponowana*
	[km]	[kWh]	[kWh]	[min]	[min]	[kWh]	[kWh]
39	114,4	131,5	217,3	21,9	36,2	186/307	spalinowy
40	102,9	118,3	195,5	19,7	32,6	167/276	spalinowy
45	45,4	52,3	86,3	8,7	14,4	74/122	90

\* – przy zastosowaniu ogrzewania paliwowego.

Źródło: opracowanie własne, długość trasy linii podana przez Miasto.

Zestawienie zawarte w tabeli 8 ma jednak charakter przede wszystkim pogładowy, gdyż przy proponowanym zachowaniu obecnych częstych zmian w przypisaniu pojazdów do linii, kolejne kursy realizowane byłyby na różnych parach linii zestawionych spośród wymienionych w tabeli oraz o różnej długości wariantów tras.

Obsługę dwóch par kursów na liniach podstawowych i uzupełniających w lecie umożliwiłyby autobusy z bateriami o mniejszej pojemności – 90 kWh. Pojemność ta może być jednak niewystarczająca w okresie wzmożonego zapotrzebowania w pojeździe na energię, generowanego przez urządzenia klimatyzacyjno-wentylacyjne. Pojemność ta byłaby także niewystarczająca dla linii 8 oraz 38. 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.

Pojemność baterii 120 kWh byłaby wystarczająca 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.

W okresie zimowym, przy zastosowaniu ogrzewania elektrycznego wymagane są znacznie większe pojemności baterii autobusu, do 200 kWh dla linii 8 i 38. Wówczas jednak czas doładowania wyczerpanych baterii o dużej pojemności wydłuża się nawet do 22 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.

W przypadku pozostałych linii podmiejskich pojemność baterii 120 kWh, poza liniami 39 i 40, byłaby także w okresie letnim wystarczająca. Dla okresu zimowego, przy ogrzewaniu elektrycznym, niezbędne byłyby autobusy o pojemności baterii ok. 200 kWh.

Dla efektywnej i możliwie oszczędnej obsługi tomaszowskiej sieci komunikacji miejskiej wykorzystanie pojazdów elektrycznych powinno się więc ograniczyć do linii miejskich (od 1 do 12). Na liniach podmiejskich z powodzeniem mogłyby być wykorzystywane eksploatowane obecnie pojazdy hybrydowe.

Optymalnym rozwiązaniem jest jednak zastosowanie w bateryjnych autobusach elektrycznych zestawu baterii o pojemności przynajmniej rzędu 120 kWh.

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

Wykorzystanie pojazdów elektrycznych można zwiększyć, stosując cykliczne zmiany w przypisaniu autobusów do obsługiwanych linii, odbywające się w obrębie pętli integrujących grupy linii i powodujące skrócenie czasu oczekiwania na pętlach na rozpoczęcie kolejnego kursu, a w konsekwencji – zmniejszające liczbę ekspediowanych na trasy autobusów. Linie przeznaczone do obsługi taborem zeroemisyjnym mogą też być w określonych porach dnia obsługiwane pojazdami z tradycyjnym napędem Diesla, w tym autobusami hybrydowymi. Analogicznie, autobusy zeroemisyjne mogą być wykorzystywane na innych liniach, których trasy kończą się na pętlach ze stacją ładowania szybkiego.

Miasto Tomaszów Mazowiecki 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 wyników rozstrzygniętych postępowań przetargowych w latach 2019-2021, w wysokości odpowiednio za jeden fabrycznie nowy autobus (netto):

- 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;
- 1,47 mln zł z silnikiem na olej napędowy z napędem hybrydowym – klasy mega;
- 2,18 mln zł z silnikiem elektrycznym, ładowany za pomocą pantografu i plug-in – klasy midi;
- 2,40 mln zł z silnikiem elektrycznym, ładowany za pomocą pantografu i plug-in – klasy maxi.

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 kablowe 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. Przesławianie pojazdów w okresie postoju nocnego wymagałoby dodatkowej pracy kierowcy w porze nocnej i obciążone 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 przyjmuje się rozpoczęcie eksploatacji taboru zeroemisyjnego baterijnymi autobusami elektrycznymi, z zapewnieniem ładowarek zajezdniowych o mocy 50 kW na jeden autobus, co wymaga dla docelowej użytkowanej w wariantcie elektrycznym liczby 11 autobusów zeroemisyjnych, mocy przyłączeniowej rzędu 500 kW. Niezbędna byłaby szybka rozbudowa rozdzielni z wymianą stacji transformatorowej w celu umożliwienia dostarczenia takiej mocy do instalacji ładowania.

W wariantcie elektrycznym rozbudowa byłaby konieczna już w pierwszym etapie – przed wprowadzeniem do ruchu pierwszych autobusów zeroemisyjnych. Poniesienia kosztów adaptacyjnych wymagałyby także obiekty hal garażowo-serwisowych. Koszt takiej inwestycji dla potrzeb zasilania autobusów elektrycznych przyjęto w wysokości 1,20 mln zł.

Ryczałtowy koszt instalacji do wolnego ładowania (ładowarki z przyłączami do rozdzielni i adaptacją placu manewrowego) na terenie zajezdni operatora dla kolejnych autobusów elektrycznych przyjęto w analizie na uśrednionym poziomie 75 tys. zł na autobus.

Osiągane w przetargach w latach 2019-2020 ceny za jedną szybką ładowarkę pantografową 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 500 tys. zł na jedno stanowisko ładowania.

W wariantcie elektrycznym przyjęto poniesienie następujących nakładów infrastrukturalnych (netto):

- 1,20 mln zł – na budowę nowego przyłącza energetycznego, stacji transformatorowej i rozdzielni na terenie zajezdni MZK sp. z o.o. oraz adaptacji stanowisk serwisowo-naprawczych;
- 0,075 mln zł na autobus – za ładowarki zajezdniowe wolnego ładowania;
- 0,50 mln zł – za stacje ładowania szybkiego na pętlach;
- 0,055 mln zł za wymianę baterii o pojemności rzędu 120 kWh po 8 latach eksploatacji baterijnego autobusu elektrycznego, z uwzględnieniem odsprzedaży.

W przypadku instalacji ładowarki na pętli zwykle konieczne jest także kompleksowe dostosowanie układu dróg i placów – wraz z umożliwieniem omijania się pojazdów podczas ładowania, 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 9. Nakłady na infrastrukturę uwzględniają także konieczność wymiany baterii w pojazdach elektrycznych (żywołność tych baterii przewidziano na 8 lat).

**Tab. 9. 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 hybrydowe	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,76	11,76	13,23	0,00	0,00
1.2	Autobusy pozostałe ON	0,00	2,94	1,96	1,96	1,80	1,96	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>0,00</b>	<b>2,94</b>	<b>1,96</b>	<b>1,96</b>	<b>1,80</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>0,00</b>	<b>11,76</b>	<b>11,76</b>	<b>13,23</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
<b>1.5</b>	<b>Razem wydatki</b>	<b>47,37</b>																
<b>2</b>	<b>Wariant elektryczny</b>																	
2.1	Autobusy hybrydowe	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,76	11,76	13,23	0,00	0,00
2.2	Autobusy pozostałe ON	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	0,00
2.3	Autobusy elektryczne	0,00	9,48	0,00	9,29	0,00	0,00	6,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.4	Infrastruktura ładowania, wymiana baterii	0,00	2,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,65	0,00	0,00	0,22	0,00	0,22	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00
<b>2.5</b>	<b>Ogółem</b>	<b>0,00</b>	<b>11,48</b>	<b>0,00</b>	<b>9,79</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>7,57</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,22</b>	<b>3,60</b>	<b>11,98</b>	<b>11,76</b>	<b>13,23</b>	<b>0,17</b>	<b>0,00</b>	
<b>2.6</b>	<b>Razem wydatki</b>	<b>66,20</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 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 (bateryjne i wodorowe) jako „pozostały okres żywotności autobusów”.

Koszty utrzymania taboru zostały w analizie finansowej zaprognozowane na podstawie wykonania kosztów działalności powierzonej wykonanej w 2020 r., na podstawie danych MZK sp. z o.o. przedstawionych do rozliczenia rekompensaty. Poziom kosztów wykonany w 2020 r. został zindeksowany o prognozowany przez NBP współczynnik inflacji (CPI<sup>24</sup>) w 2021 r.

Roczne koszty eksploatacji poniesione przez MZK sp. z o.o. przedstawiono w tabeli 10. Na podstawie powyższych danych obliczono następnie wskaźniki jednostkowe kosztów (zł/km).

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.

---

<sup>24</sup> CPI – Wskaźnik cen towarów i usług konsumpcyjnych.



Do obliczeń przyjęto koszt jednostkowy kilowatogodziny – na podstawie danych MZK sp. z o.o. – w wysokości 0,86 zł netto, poniesiony w I półroczu 2021 r.

**Tab. 10. Koszty eksploatacji MZK sp. z o.o. poniesione w 2020 r. na liniach komunikacji miejskiej [tys. zł]**

Kategoria kosztu	Wartość [tys. zł]
Amortyzacja	5 832,2
Zużycie paliwa	1 618,8
Ogumienie	863
Części zamienne	54,4
Pozostałe materiały	30,7
Pozostałe usługi obce	465,8
Wynagrodzenia	4 074,5
Narzuty na wynagrodzenia	1 113,7
Podatki i opłaty	56,3
Ubezpieczenie	403,7
<b>Razem koszty eksploatacji</b>	<b>13 651,0</b>
Koszty wydziałowe i ogólne	4 193,1
<b>Razem koszty przewozów w komunikacji miejskiej</b>	<b>17 844,1</b>
<b>Razem koszty przewozów w komunikacji miejskiej bez amortyzacji</b>	<b>12 011,9</b>

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

W tabeli 11 przedstawiono podstawowe wskaźniki eksploatacyjne przyjęte do obliczeń dla autobusów z napędem Diesla oraz 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. 11. Wskaźniki kosztów eksploatacyjnych przyjęte do analizy**

Kategoria	Jednostka	Podstawa	Wartość
Średnioroczne spalanie autobusu z silnikiem ON: – EURO II – EURO III – EURO IV – EURO VI – standard – EURO VI – hybryda	dm <sup>3</sup> /100 km	dane MZK sp. z o.o.	35,0 37,0 36,5 36,0 27,5
Średnia cena oleju napędowego	zł/dm <sup>3</sup>	dane MZK sp. z o.o.	3,63
Cena energii elektrycznej	zł/kWh	dane MZK sp. z o.o.	0,859
Koszty eksploatacji autobusów – zużycie materiałów	zł/km	dane MZK sp. z o.o.	0,06
Koszty eksploatacji autobusów – naprawy i usługi obce	zł/km	dane MZK sp. z o.o.	0,31
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 10 m	kWh/km	dane operatorów	1,05
Średnie zużycie energii przez autobus elektryczny o długości 12 m	kWh/km	dane operatorów	1,15

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 odchyleń 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 Tomaszowa Mazowieckiego, w szczególności wyeliminowano ich wzajemne rozliczenia, w tym 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 30 kwietnia 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 ze zwiększenia liczby pasażerów – z uwagi na przyjęte założenie jednakowych zmian liczby pasażerów dla każdego z wariantów.

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 uniknąć 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/index.php?option=com\\_content&view=article&id=692&Itemid=411](http://www.cupt.gov.pl/index.php?option=com_content&view=article&id=692&Itemid=411), dostęp: 1.08.2021 r.).

Kalkulacja ilości emisji CO<sub>2</sub> dla autobusów elektrycznych została oparta o zużycie energii elektrycznej oraz o wskaźnik emisyjności dla mixu energetycznego Polski. Z uwagi na zmiany mixu 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 12 przedstawiono emisję gazów cieplarnianych (GHG) przy produkcji energii elektrycznej w Polsce – dane dla krajowego mixu energetycznego.

**Tab. 12. Emisja GHG przy produkcji energii elektrycznej w Polsce [gCO<sub>2</sub>/kWh] – dane dla krajowego mixu 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 mix 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 13.

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 rozprasa się z kolei na bardzo dużym obszarze, przez co jej oddziaływanie na stan zdrowotności mieszkańców miast jest mniejsze. 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. 13. Emisja zanieczyszczeń przy produkcji energii elektrycznej w Polsce [g/KWh] – dane dla krajowego miksu energetycznego**

Substancja zanieczyszczająca atmosferę	Wielkość emisji w roku [g/kWh]			
	2021	2025	2030	2035
NMHC/NMVOC	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 Tomaszowa Mazowieckiego w stosunku do przeciętnej gęstości zaludnienia w miastach w Polsce, przedstawionego w tabeli 7 w rozdziale 6.4 – oraz udziału emisji zanieczyszczeń z ciężkich pojazdów drogowych i autobusów w ogólnej emisji zanieczyszczeń transportu drogowego w Polsce<sup>25</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>25</sup> <http://www.kobize.pl/pl/fileCategory/id/16/krajowa-inwentaryzacja-emisji>, dostęp: 12.08.2021 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 i elektrycznego.

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 14 przedstawiono wskaźniki oceny opłacalności efektywności finansowej porównywanych wariantów: konwencjonalnego i elektrycznego – w stosunku do scenariusza bazowego.

**Tab. 14. Wskaźniki efektywności finansowej porównywanych wariantów**

Wyszczególnienie	Jednostka	Wariant	
		konwencjonalny	elektryczny
Finansowa bieżąca wartość netto inwestycji ( <b>FNPV/c</b> )	tys. zł	365,8	-20 138,6
Finansowa wewnętrzna stopa zwrotu z inwestycji ( <b>FRR/c</b> )	%	niepoliczalna	-19,26

Źródło: opracowanie własne.

Dodatnia wysokość FNPV/c w wariantcie konwencjonalnym wynika ze znacznie mniejszych nakładów finansowych, jakie byłyby niezbędne do poniesienia przy zakupie taboru używanego w scenariuszu bazowym.

Różnica pomiędzy efektami finansowymi wariantów elektrycznego a konwencjonalnego jest bardzo duża. Wynika to przede wszystkim z przeznaczenia do wymiany jedynie 11 pozostałych jednostek taborowych, z uwagi na eksploatację we flocie tomaszowskiej komunikacji miejskiej aż 25 niemal jeszcze nowych autobusów hybrydowych.



W tabeli 15 przedstawiono wyniki podsumowania analizy dla wariantów konwencjonalnego i elektrycznego w zakresie emisji zanieczyszczeń, a w tabeli 16 – efekty ekonomiczne tej analizy.

**Tab. 15. Emisja zanieczyszczeń i jej koszt w poszczególnych wariantach w latach 2021-2035**

Lp.	Czas badania	Jednostka	Wielkość i koszt emisji			
			CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	NM VOC	PM
<b>Wariant konwencjonalny</b>						
2.1	Średniorocznie	tona	1 345,4	3,0	1,0	0,07
2.2		tys. zł	304,7	269,9	11,9	107,7
2.3	Cały okres analizy	tona	21 526,4	47,4	16,8	1,14
2.4		tys. zł	4 875,9	4 319,0	190,9	1 722,5
<b>Wariant elektryczny</b>						
3.1	Średniorocznie	tona	553,9	2,7	0,9	0,07
3.2		tys. zł	121,2	247,3	9,6	100,3
3.3	Cały okres analizy	tona	8 863,0	43,6	13,7	1,07
3.4		tys. zł	1 939,6	3 956,8	153,6	1 604,1
<b>Różnica wysokości emisji i jej kosztów – wariant elektryczny 1 versus wariant konwencjonalny</b>						
4.1	Średniorocznie	tona	-791,5	-0,2	-0,2	0,00
4.2		tys. zł	-183,5	-22,6	-2,3	-7,4
4.3	Cały okres analizy	tona	-12 663,4	-3,8	-3,1	0,08
4.4		tys. zł	-2 936,3	-362,3	-37,3	-118,4
<b>Ograniczenie emisji w wariantcie elektrycznym 1 w porównaniu do wariantu konwencjonalnego [%]</b>						
5.1	Średniorocznie	tona	-58,8	-8,1	-18,4	-6,7
5.2		tys. zł	-60,2	-8,4	-19,5	-6,9
5.3	Cały okres analizy	tona	-58,8	-8,1	-18,4	-6,7
5.4		tys. zł	-60,2	-8,4	-19,5	-6,9

Źródło: opracowanie własne.

W wariantcie z taborem zeroemisyjnym wartość ENPV przyjęła wielkość ujemną. 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.

**Analizując dwa warianty inwestycyjne, związane z wymianą taboru tomaszowskiej komunikacji miejskiej, korzystniejszą wartość ENPV osiągnięto dla wariantu konwencjonalnego.**

Z uwagi na znaczące różnice w wartości nakładów inwestycyjnych ocenianych wariantów, ENPV nie jest na pewno jedyną determinantą, która powinna być uwzględniona w ocenie. Należy odnieść się do efektywności ekonomicznej wariantów. Wskaźnikami, które informują o efektywności ekonomicznej, są ERR oraz BCR. Wskaźnik ERR wykazuje wyższą wartość dla wariantu elektrycznego niż konwencjonalnego, lecz z uwagi na wyjątkowo niski poziom inwestycji przyjęty w scenariuszu bazowym, nie jest wskaźnikiem najwłaściwszym. Wskaźnik BCR wykazuje natomiast wyraźnie wyższą wartość dla wariantu elektrycznego wobec wariantu konwencjonalnego.

**Tab. 16. Podsumowanie wyników finansowo-ekonomicznych poszczególnych wariantów w stosunku do scenariusza bazowego w latach 2021-2035**

Wyszczególnienie	Jednostka	Wariant	
		konwencjonalny	elektryczny
<b>Koszty inwestycyjne</b>	<b>tys. zł</b>	<b>4 820,0</b>	<b>23 040,0</b>
Infrastruktura i pozostałe koszty	tys. zł	0,0	3 150,0
Autobusy z wyposażeniem	tys. zł	4 820,0	19 890,0
Zmiany kosztów eksploatacyjnych	tys. zł/rok	-30,2	-114,2
Zdyskontowane efekty zewnętrzne	tys. zł	0,0	3 911,6
Emisja lokalna zanieczyszczeń – wartość zdyskontowana	tys. zł	0,0	533,2
Emisja CO <sub>2</sub> – wartość zdyskontowana	tys. zł	0,0	2 007,7
Redukcja hałasu	tys. zł	0,0	1 370,7
<b>Ekonomiczna bieżąca wartość netto (ENPV)</b>	<b>tys. zł</b>	<b>4 120,9</b>	<b>-11 073,9</b>
Ekonomiczna stopa zwrotu (ERR)	%	-9,63	-5,18
<b>Wskaźnik przychód/koszty (BCR)</b>	<b>-</b>	<b>0,06</b>	<b>0,40</b>

Źródło: opracowanie własne.

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

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 uwzględnianiu jako miernika ENPV – brak osiągniętych korzyści z tytułu zastosowania w tomaszowskiej komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych.**

Przy zastosowaniu jako miernika BCR występuje korzyść z zastosowania wariantu elektrycznego.

### 7.3. Trwałość finansowa

MZK sp. z o.o. jako operator – podmiot wewnętrzny, posiada wieloletnią umowę wykonawczą nr WDG.272.1.3.2013, regulującą warunki realizacji zobowiązania publicznego w zakresie publicznego transportu zbiorowego powierzonego przez Gminę Miasto Tomaszów Mazowiecki MZK sp. z o.o., zawartą w dniu 31 grudnia 2013 r. i obowiązującą do dnia 31 grudnia 2028 r.

Organizatorem tomaszowskiej komunikacji miejskiej jest Prezydent Miasta Tomaszowa Mazowieckiego.

W tabeli 17 przedstawiono wykonanie budżetu Miasta Tomaszowa Mazowieckiego w latach 2018-2020 oraz plan na 2021 r. – według stanu na dzień 12 sierpnia 2021 r.

Miasto Tomaszów Mazowiecki w latach 2018-2020 osiągało stale dodatni wynik budżetu operacyjnego, pomimo okresu największych ograniczeń spowodowanych pandemią. Budżet Tomaszowa Mazowieckiego był w stanie pokryć rosnące wydatki bieżące. Jednak wysokość rekompensaty dla MZK sp. z o.o. pozostawała na zbliżonym poziomie, co przy występującej znacznej inflacji oznacza rzeczywiste ograniczenia wydatków. Znalazło to odzwierciedlenie w znacznie malejącej liczbie zleczanych wozokilometrów. Budżet zaplanowany na 2021 r. wykazuje mniejszą nadwyżkę operacyjną niż w latach poprzednich, plan przygotowany jest w wersji dość oszczędnościowej i podobnie jak w latach poprzednich będzie korygowany w miarę zmian sytuacji finansowej miasta. Zaplanowane wydatki nie odbiegają jednak istotnie od poziomu w latach poprzednich.

Sytuacja finansowa Miasta jest dość dobra, charakteryzuje się zamiennie występowaniem nadwyżki i deficytu budżetowego, co jest zjawiskiem pozytywnym. Występuje natomiast

stała nadwyżka przychodów, w większości wynikających z pozyskiwania zewnętrznego finansowania, w stosunku do ponoszonych wydatków. Stwarza to pewne ograniczenia finansowania rozwoju lokalnego transportu zbiorowego w kolejnych latach.

Wysokość nadwyżki (deficytu) operacyjnej 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 też sytuacja występuje w Tomaszowie Mazowieckim, choć zaplanowana w 2021 r. wysokość tej nadwyżki jest niewielka.

**Tab. 17. Budżet Miasta Tomaszowa Mazowieckiego w latach 2018-2020 i plan na 2021 r. [mln zł]**

Lp.	Wyszczególnienie	Wykonanie w latach [mln zł]			Plan na 2021 r. [mln zł]
		2018	2019	2020	
<b>1</b>	<b>Dochody</b>	<b>284,36</b>	<b>301,60</b>	<b>313,47</b>	<b>305,59</b>
1a	– dochody bieżące	258,06	275,20	293,58	297,42
1aa	– w tym lokalny transport zbiorowy	2,32	2,27	2,14	2,61
1b	– dochody majątkowe	26,30	26,40	19,88	8,18
1ba	– w tym lokalny transport zbiorowy	4,96	4,25	0,0	0,0
<b>2</b>	<b>Wydatki</b>	<b>275,39</b>	<b>308,41</b>	<b>308,68</b>	<b>309,92</b>
2a	– wydatki bieżące	233,78	257,84	274,28	287,25
2aa	– w tym lokalny transport zbiorowy	12,70	11,94	12,07	11,01
2b	– wydatki majątkowe	41,61	50,57	34,40	22,67
2bb	– w tym lokalny transport zbiorowy	0,50	0,03	0,00	0,00
<b>3</b>	<b>Deficyt/nadwyżka</b>	<b>8,97</b>	<b>-6,81</b>	<b>4,79</b>	<b>-4,32</b>
4	Deficyt/nadwyżka operacyjna	24,28	17,36	19,30	10,17
5	Finansowanie	11,20	22,42	18,63	4,32
5a	– w tym przychody	28,68	39,97	30,32	14,38
5b	– w tym rozchody	17,47	17,54	11,69	10,06

Źródło: bip.tomaszo.miasta.pl, dostęp: 12.08.2021 r.

Realizowane i planowane wydatki na lokalny transport zbiorowy determinowane są także prowadzonymi i przewidywanymi inwestycjami taborowymi. W 2021 r. MZK sp. z o.o. oraz Miasto nie przewidują poniesienia znaczących wydatków inwestycyjnych.

Wielkość realizowanych średniorocznie wydatków majątkowych Miasta wskazuje na zdolność do zrealizowania programu odnowy taboru – zarówno w wariantcie konwencjonalnym, jak i (szczególnie) w wariantcie elektrycznym. Wydatki z budżetu Miasta oraz operatorów można zmniejszyć poprzez skorzystanie ze środków pomocowych, ograniczając je do wysokości udziału własnego w kosztach zakupu i budowy. W wariantcie elektrycznym pełna odnowa taboru bez wsparcia środkami pomocowymi może być utrudniona.

Jedynym operatorem wykonującym przewozy w tomaszowskiej komunikacji miejskiej jest MZK sp. z o.o. – świadcząca przewozy na podstawie umowy powierzenia nr WDG.272.1.3.2013 z dnia 31 grudnia 2013 r. Zgodnie z tą umową elementem wynagrodzenia jest rekompensata wyliczana zgodnie z postanowieniami Rozporządzenia 1370/2007, jako iloczyn wykonanej liczby wozokilometrów i stawki jednostkowej zależnej od klasy taboru, rozliczana w okresach rocznych. Rekompensata jest księgowana w MZK sp. z o.o. jako dotacja. W ramach umowy powierzenia MZK sp. z o.o. prowadzi także sprzedaż biletów komunikacji miejskiej, jako dystrybutor Miasta.

MZK sp. z o.o. poza działalnością przewozową w komunikacji miejskiej zarządza strefą płatnego parkowania oraz świadczy w Okręgowej Stacji Kontroli Pojazdów usługi diagnostyczne, mycia pojazdów, ozonowania, warsztatowe, reklamowe, parkingowe i inne.

W tabeli 18 przedstawiono rachunek zysków i strat MZK sp. z o.o. – wykonanie w latach 2018-2020. W tabelach 19 i 20 przedstawiono bilans, a w tabeli 21 – przepływy pieniężne MZK sp. z o.o. – wykonanie w latach 2018-2020.

MZK sp. z o.o. otrzymała w grudniu 2017 r. od Miasta, w zamian za nowe udziały, aport rzeczowy w postaci 20 autobusów Solaris Urbino 12 hybrid. Pojazdy te zostały nabyte przez Miasto w ramach realizacji projektu inwestycyjnego „Zakup niskoemisyjnego taboru publicznego transportu zbiorowego wraz z infrastrukturą towarzyszącą w Tomaszowie Mazowieckim”. Jednocześnie MZK sp. z o.o. zrealizowała własny projekt inwestycyjny „Niskoemisyjne autobusy hybrydowe wraz z zapleczem technicznym do ich obsługi elementami nowoczesnego systemu transportu zbiorowego w Tomaszowie Mazowieckim”, w ramach którego zakupiła 5 autobusów Solaris Urbino 12 hybrid. Projekty te zrealizowane były ze wsparciem finansowym środkami europejskimi w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Łódzkiego na lata 2014-2020.

**Tab. 18. 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>1 294,0</b>	<b>1 404,2</b>	<b>928,3</b>
1a	– w tym przychody ze sprzedaży produktów	1 246,5	1 418,9	959,6
1b	– w tym zmiana stanu produktów	-29,5	-23,5	-37,0
1c	– w tym przychody ze sprzedaży towarów i mat.	77,0	8,9	5,6
<b>2</b>	<b>Koszty działalności operacyjnej</b>	<b>19 700,7</b>	<b>19 039,6</b>	<b>17 659,0</b>
<b>3</b>	<b>Zysk ze sprzedaży</b>	<b>-18 406,7</b>	<b>-17 635,3</b>	<b>-16 730,8</b>
4	Pozostałe przychody operacyjne	13 998,9	14 281,2	13 611,0
4a	– w tym dotacje	13 558,3	13 607,2	12 782,1
5	Pozostałe koszty operacyjne	357,2	515,0	898,9
<b>6</b>	<b>Zysk z działalności operacyjnej</b>	<b>-4 765,0</b>	<b>-3 869,1</b>	<b>-4 018,7</b>
7	Saldo przychodów i kosztów finansowych	-273,8	-338,8	-231,4
<b>8</b>	<b>Zysk brutto</b>	<b>-5 038,8</b>	<b>-4 207,9</b>	<b>-4 250,1</b>
9	Podatek dochodowy i inne obciążenia	-1,5	-3,8	-8,1
<b>10</b>	<b>Zysk netto</b>	<b>-5 037,4</b>	<b>-4 204,1</b>	<b>-4 242,0</b>

Źródło: dane: MZK sp. z o.o. oraz eks.ms.gov.pl, dostęp: 12.08.2021 r.

Z uwagi na sfinansowanie nabytych przez Spółkę oraz przekazanych przez Miasto jednostek taborowych środkami pomocowymi, ich amortyzacja, w części wartości pokrytej tymi środkami, nie jest uwzględniana w wyliczeniu rekompensaty. Skutkuje to generowaniem w MZK sp. z o.o. wysokiej straty netto.

Łączne obniżenie wysokości rekompensaty w 2020 r. z tytułu sfinansowania majątku trwałego zewnętrznymi środkami pomocowymi wyniosło 5 429,7 tys. zł.

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 Spółka zwrócić jej nadpłatę. Uwzględniając pomniejszenia amortyzacji z tytułu przekazania aportem środków trwałych sfinansowanych ze źródeł pomocowych, audyt rekompensaty przeprowadzony w MZK sp. z o.o. za 2020 r., wykazał jej niedopłatę w wysokości 419,0 tys. zł.

**Tab. 19. 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>50 940,0</b>	<b>44 801,1</b>	<b>41 784,9</b>
<b>I</b>	<b>Wartości niematerialne i prawne</b>	<b>29,6</b>	<b>0,0</b>	<b>13,0</b>
<b>II</b>	<b>Rzeczowe aktywa trwałe</b>	<b>50 805,5</b>	<b>44 692,4</b>	<b>41 665,1</b>
1	Środki trwałe	50 805,5	26 370,6	24 581,3
2	Środki trwałe w budowie	0,0	22,9	28,8
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>4 428,5</b>	<b>4 745,7</b>	<b>3 774,8</b>
<b>I</b>	<b>Zapasy</b>	<b>35,3</b>	<b>16,1</b>	<b>248,3</b>
<b>II</b>	<b>Należności krótkoterminowe</b>	<b>664,3</b>	<b>1 312,9</b>	<b>966,3</b>
<b>III</b>	<b>Inwestycje krótkoterminowe</b>	<b>3 722,5</b>	<b>3 413,7</b>	<b>2 551,3</b>
<b>IV</b>	<b>Krótkoterminowe rozliczenia międzyokresowe</b>	<b>6,5</b>	<b>3,0</b>	<b>8,8</b>
-	<b>Aktywa razem</b>	<b>55 368,5</b>	<b>49 546,7</b>	<b>45 559,6</b>

Źródło: dane: MZK sp. z o.o. oraz eks.ms.gov.pl, dostęp: 12.08.2021 r.

**Tab. 20. 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>31 976,4</b>	<b>27 772,3</b>	<b>25 530,3</b>
I	Kapitał podstawowy	36 951,0	37 451,0	37 451,0
II	Kapitał zapasowy	0,4	0,4	0,4
III	Kapitał z aktualizacji wyceny	0,0	0,0	0,0
IV	Pozostałe kapitały rezerwowe	500,0	0,0	0,0
V	Zysk z lat ubiegłych	-437,6	-5 475,0	-9 679,1
VI	Zysk/strata netto	-5 037,4	-4 204,1	-4 242,0
<b>B</b>	<b>Zobowiązania i rezerwy na zobowiązania</b>	<b>23 392,1</b>	<b>21 774,5</b>	<b>22 029,3</b>
<b>I</b>	<b>Rezerwy na zobowiązania</b>	<b>551,8</b>	<b>571,8</b>	<b>614,6</b>
<b>II</b>	<b>Zobowiązania długoterminowe</b>	<b>14 035,3</b>	<b>12 825,9</b>	<b>11 604,4</b>
<b>III</b>	<b>Zobowiązania krótkoterminowe</b>	<b>2 147,3</b>	<b>2 680,4</b>	<b>5 075,4</b>
<b>IV</b>	<b>Rozliczenia międzyokresowe</b>	<b>6 657,8</b>	<b>5 696,4</b>	<b>4 735,0</b>
-	<b>Pasywa razem</b>	<b>55 368,5</b>	<b>49 546,7</b>	<b>45 559,6</b>

Źródło: MZK sp. z o.o. oraz eks.ms.gov.pl, dostęp: 12.08.2021 r.



**Tab. 21. Rachunek przepływów pieniężnych MZK sp. z o.o.**  
– wykonanie w latach 2018-2020 [tys. zł]

Lp.	Wyszczególnienie	Wykonanie w latach [tys. zł]		
		2018	2019	2020
<b>A</b>	<b>Przepływy środków pieniężnych z działalności operacyjnej</b>			
<b>I</b>	<b>Zysk netto</b>	<b>-5 037,4</b>	<b>-4 204,1</b>	<b>-4 242,0</b>
<b>II</b>	<b>Korekty razem</b>	<b>-6 412,3</b>	<b>-7 724,0</b>	<b>-3 395,6</b>
<i>IIa</i>	<i>– w tym amortyzacja</i>	<i>5 997,8</i>	<i>6 160,8</i>	<i>6 145,2</i>
<b>III</b>	<b>Przepływy pieniężne z działalności operacyjnej</b>	<b>-11 449,7</b>	<b>-11 928,1</b>	<b>-7 637,6</b>
<b>B</b>	<b>Przepływy środków pieniężnych z działalności inwestycyjnej</b>			
<b>I</b>	<b>Wpływy</b>	<b>79,3</b>	<b>0,0</b>	<b>23,1</b>
<i>Ia</i>	<i>– w tym zbycie aktywów trwałych</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>3,5</i>
<b>II</b>	<b>Wydatki</b>	<b>6 771,4</b>	<b>18,1</b>	<b>3 153,5</b>
<i>IIa</i>	<i>– w tym nabycie aktywów trwałych</i>	<i>6 771,4</i>	<i>18,1</i>	<i>3 153,5</i>
<b>III</b>	<b>Przepływy pieniężne netto z działalności inwestycyjnej</b>	<b>-6 692,1</b>	<b>-18,1</b>	<b>-3 130,4</b>
<b>C</b>	<b>Przepływy środków pieniężnych z działalności finansowej</b>			
<b>I</b>	<b>Wpływy</b>	<b>55 295,2</b>	<b>12 645,8</b>	<b>11 378,1</b>
<i>Ia</i>	<i>– w tym zaciągnięcie kredytów</i>	<i>40 092,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>
<i>Ib</i>	<i>– w tym inne wpływy (zawiera dotacje)</i>	<i>14 703,3</i>	<i>12 645,8</i>	<i>11 378,1</i>
<b>II</b>	<b>Wydatki</b>	<b>34 805,0</b>	<b>1 008,5</b>	<b>1 472,5</b>
<i>IIa</i>	<i>– w tym spłata kredytów</i>	<i>34 509,4</i>	<i>613,2</i>	<i>1 221,5</i>
<b>III</b>	<b>Przepływy pieniężne netto z działalności finansowej</b>	<b>20 490,2</b>	<b>11 637,4</b>	<b>9 905,6</b>
<b>D</b>	<b>Przepływy pieniężne netto</b>	<b>2 348,4</b>	<b>-308,7</b>	<b>-862,4</b>
<b>E</b>	<b>Środki pieniężne na początek okresu</b>	<b>1 374,1</b>	<b>3 722,5</b>	<b>3 413,7</b>
<b>F</b>	<b>Środki pieniężne na koniec okresu</b>	<b>3 722,5</b>	<b>3 413,7</b>	<b>2 551,3</b>

Źródło: dane: eks.ms.gov.pl, dostęp: 12.08.2021 r.

Brak uwzględniania całości amortyzacji w wyliczeniach rekompensaty powoduje generowanie przez Spółkę wysokich strat, do czasu pełnego umorzenia przekazanych aportem środków trwałych. W latach 2018-2019 poziom amortyzacji uwzględnianej w wyliczeniach rekompensaty pozwalał na generowanie nadwyżki finansowej o wartości ponad 2 mln zł rocznie. W 2020 r. sytuacja finansowa Spółki uległa pewnemu pogorszeniu, w znacznej części wynikającemu ze zmniejszenia zakresu wykonywanej pracy eksploatacyjnej w okresie ograniczeń spo-

wodowanych pandemią. Sytuację tę należy jednak traktować jako przejściową, a stan finansowy Spółki ulegnie systematycznej poprawie po uchyleniu obostrzeń wynikających ze stanu epidemii.

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	2,06	1,77	0,74
2	Wskaźnik płynności szybkiej	2,04	1,76	0,69
3	Wskaźnik ogólnego zadłużenia	0,42	0,44	0,48
4	EBITDA [tys. zł]	1 232,7	2 291,6	2 126,5
5	ROE [%]	-15,8	-15,1	-18,0
6	ROA [%]	-9,9	-9,4	-10,2
7	Cykl regulowania należności [dni]	12,3	25,2	20,0
8	Cykl regulowania zobowiązań [dni]	52,8	65,2	135,1
9	Cykl rotacji zapasów [dni]	0,65	0,31	5,13
10	Rotacja aktywów	0,27	0,30	0,30
11	Rotacja środków trwałych	0,29	0,34	0,33

Źródło: opracowanie własne.

Sytuację finansową MZK sp. z o.o. w latach 2018-2020 należy uznać za przeciętną. Spółka generuje stałą nadwyżkę finansową, lecz ponosi jednocześnie wysokie straty netto.

Generowana nadwyżka umożliwi realizację procesu odnowy taboru w wariantcie konwencjonalnym. W wariantcie elektrycznym dla pełnej realizacji zadań inwestycyjnych MZK sp. z o.o. zmuszona byłaby do pozyskania zewnętrznego wsparcia, albo zakup części jednostek taborowych musiałby być zrealizowany ze środków Miasta.

Spółka zrealizowała inwestycję budowy nowej samoobsługowej stacji paliw, na terenie zajezdni autobusowej (wartość zadania 3,87 mln zł brutto), służącej także do tankowania pojazdów komunikacji miejskiej.

Wartość amortyzacji w MZK sp. z o.o. jest znacząca, lecz jej większość nie jest uwzględniana w wyliczeniach rekompensaty, nie jest więc pokrywana wynagrodzeniem za świadczone usługi przewozowe w komunikacji miejskiej. Realizacja inwestycji przewidzianych w każdym z wariantów jest możliwa w części z wykorzystaniem środków własnych MZK sp. z o.o. Wykonanie całego programu inwestycyjnego przedstawionego w analizie wymagałoby pozyskania

przez Spółkę zewnętrznego finansowania, dodatkowego wsparcia ze strony Miasta, lub też pozyskania zewnętrznych środków pomocowych.

Zrealizowanie inwestycji przewidzianych w wariantcie elektrycznym, nawet z aplikowaniem o dodatkowe środki pomocowe, wymaga zaangażowania się finansowego Miasta, np. poprzez zrealizowanie przez Miasto inwestycji infrastrukturalno-drogowych. Miasto powinno 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.

Zgodnie z przedstawionym przez niezależnego audytora raportem za 2020 r., koszty działalności przewozowej MZK sp. z o.o. w komunikacji miejskiej wyniosły 18 298,0 tys. zł, co przy zakontraktowanej wielkości pracy eksploatacyjnej w wysokości 1 735,0 tys. wozokilometrów, odpowiada stawce 10,54 zł za wozokilometr. Dla przedsiębiorstwa komunikacji miejskiej tej wielkości co MZK sp. z o.o. stawkę tę należy uznać za relatywnie wysoką. Wynika ona jednak z wysokiej amortyzacji spowodowanej poniesionymi w ostatnich latach znaczącymi nakładami inwestycyjnymi. Po odjęciu części amortyzacji nie uwzględnianej w wyliczeniach rekompensaty wartość ta spada do 7,42 zł za wozokilometr, co należy uznać za wartość przeciętną.

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 ze środków Unii Europejskiej – Spółka 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 Tomaszowskiej komunikacji miejskiej. Zastosowanie autobusów elektrycznych z napędem bateryjnym pozwala wprawdzie 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 konkursów programów krajowych oraz

programów pomocowych Unii Europejskiej. W efekcie flota autobusów zeroemisyjnych w tomaszowskiej 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 Tomaszowie Mazowieckim, wymaganego na 1 stycznia 2028 r., będzie dość trudne.

**Zakup autobusów zeroemisyjnych wiąże się z poniesieniem ponad 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.**

**Wysokie wydatki na zakup taboru zeroemisyjnego ponoszone w całości ze środków własnych operatora są mało realne do zrealizowania. Takie wydatki ze środków własnych jednostki samorządu terytorialnego, wymagałyby rezygnacji przez Miasto z wielu innych przedsięwzięć inwestycyjnych. Uznaje się więc, że decyzja o wdrożeniu wariantu elektrycznego, 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, szczególnie w wariantcie elektrycznym. 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 20, 30 i 40%.

**Tab. 23. Zmiany efektywności finansowej wariantu elektrycznego w wyniku zmniejszenia kosztu jednostkowego nabywanego taboru**

Lp.	Wyszczególnienie	Jednostka	Zmniejszenie ceny autobusu zeroemisyjnego		
			o 20%	o 30%	o 40%
1	Finansowa bieżąca wartość netto inwestycji ( <b>FNPV/c</b> )	tys. zł	-16 302,1	-14 383,9	-12 465,7
2	Ekonomiczna bieżąca wartość netto ( <b>ENPV</b> )	tys. zł	-7 778,0	-6 130,1	-4 482,1
3	Różnica <b>ENPV</b> wobec wariantu – konwencjonalnego	tys. zł	-3 657,1	-2 009,2	-361,2

Źródło: opracowanie własne.

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 Tomaszowa Mazowieckiego w wariantcie elektrycznym kwota 1 370,1 tys. zł (o co najmniej 42,19% niższa od przyjętej do analizy).**

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

Osiągnięcie wartości ENPV wyższej dla wariantu elektrycznego w porównaniu do wariantu konwencjonalnego dopiero przy tak niskiej cenie autobusu zeroemisyjnego, jest spowodowane eksploatacją w tomaszowskiej komunikacji miejskiej 25 niskoemisyjnych autobusów hybrydowych, a zatem i niższymi niż przeciętnie efektami redukcji zanieczyszczeń.

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 komunikacji miejskiej	D	III	wysoki	różnorodne działania Miasta promujące korzystanie z komunikacji miejskiej
Brak środków własnych MZK sp. z o.o. na odnowę taboru	D	III	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, wykorzystanie leasingów
Opóźnienia w dostawach taboru	A	III	niski	wyprzedzające ogłaszanie przetargów
Wyższe lub zbyt wysokie ceny taboru	B	III	umiarkowany	wyprzedzające ogłaszanie przetargów, zmiany kompletacji, wykorzystanie leasingu
Wyższe ceny oleju napędowego	B	III	umiarkowany	dywersyfikacja napędów autobusów
Wyższe ceny energii elektrycznej	C	I	niski	wspólne zamówienia
<b>Wariant elektryczny</b>				
Długotrwałe utrzymywanie się niskiego popytu na przewozy w komunikacji miejskiej	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

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

Źródło: opracowanie własne.

Bardzo wysokim ryzykiem jest ograniczona możliwość sfinansowania zakupów taboru przez MZK sp. z o.o. Program zakupu taboru przy wysokich cenach pojazdów elektrycznych jest dużym wyzwaniem dla finansów Spółki. Akumulacja środków finansowych w MZK sp. z o.o., pomimo dość wysokiej amortyzacji, jest niewystarczająca dla pełnej realizacji programu, a ponoszenie strat przez Spółkę znacząco ogranicza możliwości pozyskania zewnętrznego finansowania. MZK sp. z o.o. będzie wspomagać się korzystaniem ze środków pomocowych, jeśli to tylko będzie możliwe.

Wysokim ryzykiem jest brak możliwości zaangażowania finansowego Miasta Tomaszów Mazowiecki w niezbędnej wysokości w zakup taboru zeroemisyjnego w wariantcie elektrycznym. 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 pozyskania zewnętrznego finansowania i bez zaangażowania finansowego Miasta, odnowa taboru w wariantcie elektrycznym będzie bardzo trudna.

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 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 Tomaszowa Mazowieckiego 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 wspólnych, 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 zmniejszanie 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 25.

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 występuje w wyższej wysokości dla wariantu elektrycznego niż dla wariantu konwencjonalnego, różnice nie są jednak duże. W przypadku decyzji o realizacji wariantu elektrycznego wysokość wkładu własnego byłaby wyższa o ok. 27% (2,0 mln zł) niż dla wariantu konwencjonalnego.

**Tab. 25. Wysokość luki w finansowaniu dla poszczególnych wariantów w okresie analizy – lata 2021-2035**

Wyszczególnienie	Jednostka	Wariant	
		konwencjonalny	elektryczny
Suma zdyskontowanych nakładów inwestycyjnych ( <b>DIC</b> )	tys. zł	32 461,06	40 561,0
Razem zdyskontowane dochody i wartość rezydualna ( <b>DNR</b> )	tys. zł	365,8	912,2
Wskaźnik luki w finansowaniu ( <b>R</b> )	%	98,87	97,75
Całkowite nakłady inwestycyjne	tys. zł	47 370,0	56 590,4
Koszty kwalifikowane skorygowane	tys. zł	46 836,2	55 317,8
Wysokość maksymalnej dotacji przy stopie współfinansowania 85%	tys. zł	39 810,8	47 020,1
Udział własny (dla 85%)	tys. zł	7 559,2	9 570,3

Źródło: opracowanie własne.

## 8. Podsumowanie

Miasto Tomaszów Mazowiecki 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 12 sierpnia 2021 r., sieć połączeń tomaszowskiej komunikacji miejskiej tworzyło 19 całorocznych linii autobusowych (bez wliczania linii dedykowanych obsłudze szkół). Wszystkie linie całoroczne funkcjonowały całotygodniowo, a ich trasy obejmowały swoim zasięgiem miasto Tomaszów Mazowiecki. Rozkład jazdy jednej z nich – linii 37 – przewidywał kursy tylko poza miastem Tomaszów Mazowiecki, ale każdy z nich był połączony z jednym z kursów linii 38 (bez konieczności opuszczania pojazdu przez pasażerów), tworząc wspólne połączenie z miastem. Siedem linii – 1, 4, 6, 7, 8, 9 i 12 – swoimi trasami nie przekraczało granic miasta, obsługując jedynie obszar Tomaszowa Mazowieckiego (linia 1 korzystała z pętli położonej tuż przy granicy miasta).

Poza liniami całorocznymi w okresie obowiązywania roku szkolnego uruchamiane były linie funkcjonujące tylko w dni powszednie nauki szkolnej: 31, 32 i S1 – dedykowane obsłudze szkół.

Organizatorem autobusowej komunikacji miejskiej w Tomaszowie Mazowieckim jest Prezydent Miasta Tomaszowa Mazowieckiego, którego zadania wykonuje Zarząd Dróg i Utrzymywania Miasta w Tomaszowie Mazowieckim. Jedynym operatorem tomaszowskiej komunikacji miejskiej – w segmencie połączeń organizowanych przez miasto Tomaszów Mazowiecki – a jednocześnie podmiotem wewnętrznym, jest Miejski Zakład Komunikacyjny w Tomaszowie Mazowieckim sp. z o.o. Operator w 2020 r. wykonał w ramach komunikacji miejskiej ok. 1,7 mln wozokilometrów rocznie i posiadał flotę 37 pojazdów komunikacji miejskiej, w tym 25 z napędem hybrydowym.

Autobusy eksploatowane przez MZK sp. z o.o., według stanu na dzień 12 sierpnia 2021 r., posiadały jedynie napędy spalinowe (na olej napędowy): klasyczne oraz hybrydowe. Średni wiek taboru wynosił 9,7 lat, a niemal jedna trzecia wszystkich autobusów miała 15 lub więcej lat.

Tabor MZK sp. z o.o. w 2016 r. w znacznym stopniu został odnowiony – wprowadzono do ruchu 25 fabrycznie nowych autobusów hybrydowych Solaris Urbino 12 hybrid, w tym 5 zakupionych przez Spółkę oraz 20 przekazanych Spółce w drodze aportu przez Miasto. Pojazdy te zostały nabyte w ramach dwóch projektów inwestycyjnych, dofinansowanych środkami pomocowymi Unii Europejskiej w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Łódzkiego na lata 2014-2020.

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 dwa warianty zmian wyposażenia taborowego tomaszowskiej komunikacji miejskiej, organizowanej przez Prezydenta Miasta Tomaszowa Mazowieckiego:

- wariant 1 – konwencjonalny – w którym założono realizację polityki sukcesywnej wymiany taboru na nowe pojazdy zasilane olejem napędowym;
- wariant 2 – elektryczny – w którym założono sukcesywne wprowadzanie taboru z bateryjnym zasilaniem elektrycznym, w celu spełnienia wymogów określonych ustawą o elektromobilności.

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 – linia podstawowa 8, ze stacją ładowania na pętli Białobrzegi, po jej urządzeniu i modyfikacji rozkładów jazdy;
- w drugiej kolejności – linie uzupełniające 1, 7 i 9, ze stacją ładowania szybkiego na pętli Dworzec PKS/PKP, w miarę potrzeb z dwoma stanowiskami do ładowania autobusów, z wprowadzeniem rytmicznych odjazdów z pętli;
- w trzeciej kolejności – linia 4, korzystająca z dedykowanej stacji ładowania, zainstalowanej na jednej z pętli: Zawadzka, Brzustówka albo Modrzewskiego – Niebieskie Źródła, w zależności od możliwości instalacji urządzeń;
- w następnej kolejności – w miarę potrzeb kolejne linie oraz dodatkowe stanowiska lub stacje ładowania szybkiego, w zależności od przyszłego układu sieci linii oraz częstotliwości kursowania.

W przypadku elektryfikacji linii podmiejskich niezbędne byłoby urządzenie stacji ładowania szybkiego przy pl. Kościuszki, z jednym lub więcej stanowiskami do ładowania.

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 ENPV są ujemne dla obydwu wariantów. W porównaniu do scenariusza bazowego korzystniej 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 autobusów elektrycznych.

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 Tomaszowa Mazowieckiego dla wariantu elektrycznego, 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 1 370 tys. zł (o 42% niższa od przyjętej 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. lub/i Miasto Tomaszów Mazowiecki 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 elektrycznego, wpływa pozytywnie na zmniejszenie emisji zanieczyszczeń emitowanych do atmosfery w obszarze funkcjonowania tomaszowskiej komunikacji miejskiej. Analiza kosztów i korzyści nie podlega więc obowiązkowi przeprowadzenia strategicznej oceny oddziaływania na środowisko.

## 9. Informacja

### o udziale społeczeństwa w postępowaniu (projekt)

Konsultacje społeczne niniejszego projektu dokumentu przeprowadzono zgodnie z Zarządzeniem Prezydenta Miasta Tomaszowa Mazowieckiego, wydanym 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 (Dz. U. z 2021 r., poz. 110, ze zm.).

Celem konsultacji było zebranie opinii, propozycji i uwag mieszkańców miasta Tomaszowa Mazowieckiego i okolicznych gmin na temat zapisów ww. analizy.

Konsultacje społeczne przeprowadzono w terminie od ... 2021 r. do ... 2021 r., w formie zbierania formularzy konsultacyjnych.

Z treścią dokumentu zapoznać można się było:

- 1) na stronie internetowej [bip.tomaszow.miasta.pl](http://bip.tomaszow.miasta.pl);
- 2) na stronie internetowej Urzędu Miasta w Tomaszowie Mazowieckim: [www.tomaszow-maz.pl](http://www.tomaszow-maz.pl);
- 3) na stronie internetowej Zarządu Dróg i Utrzymania Miasta w Tomaszowie Mazowieckim: <https://www.tomaszow-maz.pl/zdium> ;
- 4) w budynku Zarządu Dróg i Utrzymania Miasta w Tomaszowie Mazowieckim, pok. ..., ul. Warszawska 119, 97-200 Tomaszów Mazowiecki – w godzinach pracy Zarządu.

Opinie do projektu dokumentu można było składać na „formularzu konsultacyjnym”:

- 1) drogą elektroniczną (skan) – przesyłając je na adres e-mailowy: ... i wpisując w tytule wiadomości „Konsultacje społeczne Analizy Kosztów i Korzyści”;
- 2) drogą bezpośrednią lub korespondencyjną na adres Zarządu Dróg i Utrzymania Miasta w Tomaszowie Mazowieckim, ul. Warszawska 119, 97-200 Tomaszów Mazowiecki, z dopiskiem „Konsultacje społeczne Analizy Kosztów i Korzyści” – w terminie do dnia .... (liczyła się data wpływu)

Raport z konsultacji społecznych stanowi Załącznik nr 2 do analizy kosztów i korzyści. Uwagi uznane za zasadne przyjęto odpowiednio korygując projekt analizy skierowany do konsultacji.



## **Załącznik nr 1**

### **Model finansowy**

Załącznik stanowi rozbudowany plik obliczeniowy w arkuszu kalkulacyjnym.

## **Załącznik nr 2**

### **Raport z konsultacji społecznych**

Tekst zostanie opracowany po konsultacjach społecznych.