

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI ZWIĄZANYCH Z WYKORZYSTANIEM AUTOBUSÓW ZEROEMISYJNYCH

dla:

MIASTA BIAŁYSTOK

Wersja do konsultacji społecznych

10.12.2018 r.

Spis treści

Wykaz skrótów i definicji.....	4
Streszczenie dokumentu	5
1. Wstęp	6
1.1. Cele prowadzonych prac.....	6
1.2. Podstawa realizacji analizy.....	6
1.3. Zespół realizatorski.....	6
1.4. Wykaz dokumentów wykorzystanych do analizy	6
1.5. Metodyka prowadzonych prac	8
1.6. Podsumowanie	8
2. Miasto Białystok – analiza otoczenia transportu miejskiego.....	9
2.1. Analiza uwarunkowań regulacyjnych i środowiskowych.....	9
2.2. Podsumowanie	16
3. Przegląd technologii i eksploatacji autobusów elektrycznych w transporcie publicznym.....	17
3.1. Opis technologii.....	17
3.2. Zasilanie	20
4. Wyniki przeprowadzonych analiz	26
4.1. Analiza stanu obecnego.....	26
4.2. Kierunki rozwoju floty na lata 2019 -2028	54
4.3. Analiza finansowo-ekonomiczna oraz analiza nakładów inwestycyjnych	69
4.4. Analiza społeczno-ekonomiczna.....	82
5. Podsumowanie.....	88
6. Spis rysunków	90

7. Spis wykresów	91
8. Spis tabel	92

Wykaz skrótów i definicji

Autobus zeroemisyjny	Autobus, 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 i innych substancji, oraz trolejbus ¹
B/C	Stosunek zdyskontowanych przychodów z projektu do zdyskontowanych wydatków
ENPV	Ekonomiczna wartość bieżąca netto
FNPV	Finansowa wartość bieżąca netto, metoda oceny efektywności ekonomicznej inwestycji rzeczowej
kVA	Kilowoltamper, jednostka miary mocy pozornej, używana do określania mocy znamionowej
Niska emisja	emisja produktów spalania paliw stałych, ciekłych i gazowych do atmosfery ze źródeł emisji (emiterów) znajdujących się na wysokości nie większej niż 40 m
nn	sieć elektroenergetyczna niskiego napięcia, w której napięcie znamionowe nie przekracza 1 kV
SN	sieć elektroenergetyczna średniego napięcia, w której napięcie znamionowe zawiera się w przedziale od 1 kV do 60 kV
Wkm	jednostka obliczeniowa stosowana w transporcie kołowym, równa jednemu kilometrowi drogi wykonanej przez środki transportu w określonym czasie ²
ZBKM	Zarząd Białostockiej Komunikacji Miejskiej

¹ Dz. U. 2018 poz. 317 Ustawa z dnia 11 stycznia 2018r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych – Art. 2 ust. 1

² Źródło: <https://sjp.pl>

Streszczenie dokumentu

Poniższa analiza kosztów i korzyści powstała w związku z realizacją przez Urząd Miejski w Białymstoku założeń ustawy o elektromobilności, które wskazują:

“[Jednostka samorządu terytorialnego] sporządza, co 36 miesięcy, analizę kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem, przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej, autobusów zeroemisyjnych oraz innych [nieemitujących gazów cieplarnianych] środków transportu”³.

Dokument ten zawiera informacje o otoczeniu regulacyjnym transportu publicznego w mieście, prezentuje planowane i możliwe kierunki rozwoju transportu. By właściwie ocenić możliwości wdrożenia zeroemisyjnych środków transportu do komunikacji miejskiej w Białymstoku wykonano przegląd technologii i wskazano najistotniejsze cechy eksploatacyjne.

W celu przedstawienia pełnego spektrum działań na rzecz zmniejszenia emisji powstałej z transportu publicznego w mieście analizie poddano następujące scenariusze:

- Wariant 0 (bazowy) - aktualny harmonogram wymiany autobusów, zakładający inwestycję w pojazdy napędzane niskoemisyjnymi silnikami Diesla,
- Wariant 1 - uwzględnienie w harmonogramie wymian taboru zakupu autobusów elektrycznych zgodnie z obowiązkiem związanym z ustawą o elektromobilności.

Dla powyższych przypadków wskazano konieczne inwestycje, zmiany w strukturze zużycia paliwa oraz dla Wariantu 1 rozważono możliwości zastosowania autobusów elektrycznych na poszczególnych trasach. Zgodnie z ustawą przygotowana została również:

- analiza finansowo-ekonomiczna – sporządzona na okres 15 lat (od 2018 do 2032r.). Celem jej było przedstawienie kosztów oraz wskaźników finansowych dla poszczególnych wariantów,
- społeczno-ekonomiczna - sporządzona na okres 12 lat (od 2021 do 2032r.). Celem jej było przedstawienie emisji szkodliwych substancji (CO₂, SO₂, PM, NO_x, NMHC/NMVOC), hałasu oraz wskaźników ekonomicznych dla poszczególnych wariantów. Ponadto oszacowany został efekt środowiskowy związany z emisją szkodliwych substancji dla środowiska naturalnego i zdrowia ludzi.

W ramach podsumowania zestawiono ze sobą wskaźniki finansowe oraz ekonomiczno-społeczne dla Wariantu 0 i Wariantu 1. Sformułowane zostały wnioski wskazujące najbardziej korzystny kierunek dalszego rozwoju komunikacji miejskiej w Białymstoku.

³ Dz. U. 2018 poz. 317 Ustawa z dnia 11 stycznia 2018r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych – Art. 37

1. Wstęp

1.1. Cele prowadzonych prac

Na podstawie ustawy z dnia 11 stycznia 2018r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych Jednostki Samorządu Terytorialnego o liczbie mieszkańców powyżej 50 000, mają obowiązek sporządzić co 36 miesięcy analizę kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem, przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej, autobusów zeroemisyjnych oraz innych środków transportu, w których do napędu wykorzystywane są wyłącznie silniki, których cykl pracy nie powoduje emisji gazów cieplarnianych lub innych substancji objętych systemem zarządzania emisjami gazów cieplarnianych⁴. Pierwszą taką analizę należy sporządzić do 31 grudnia 2018 r.

1.2. Podstawa realizacji analizy

Poniższy dokument został sporządzony na podstawie umowy nr BKM-I.272.22.2018 z 20 listopada 2018r. zawartej pomiędzy Miastem Białystok, a firmą Audytel S.A.

1.3. Zespół realizatorski

Po stronie Wykonawcy powołano zespół realizatorski pod kierownictwem Marcina Raclawa. w tabeli *Tabela 1* przedstawiono zestawienie członków zespołu.

Tabela 1. Zespół realizatorski Audytel

Marcin Raclaw	kierownik projektu po stronie Audytel
Filip Brański	konsultant w zakresie napędów elektrycznych i analizy społeczno-ekonomicznej
Anna Dębska	konsultant w zakresie analizy finansowej
Maria Suszek	konsultant w zakresie logistyki
Marta Wyżykowska	konsultant w zakresie redakcyjnym
Michał Sikora	kontroler jakości prac przy projekcie

W celu sporządzenia dokumentu oraz uzyskania niezbędnych informacji przeprowadzone zostały konsultacje i spotkania z przedstawicielami Miasta Białystok w następujących jednostkach:

- Zarząd Białostockiej Komunikacji Miejskiej,
- Urząd Miejski w Białymstoku.

1.4. Wykaz dokumentów wykorzystanych do analizy

W ramach prac wykonawczych, przeanalizowano następujące dokumenty:

Udostępnione przez ZBKM

1. Skład floty obejmujący zestawienie wszystkich dostępnych pojazdów:
 - kategoria pojazdu,

⁴ Dz. U. 2018 poz. 317 Ustawa z dnia 11 stycznia 2018r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych – Art. 37, ust. 1

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

- własność,
 - wiek,
 - rodzaj paliwa ,
 - wielkość silnika,
 - ocena emisji,
 - maks. liczba pasażerów,
 - inne dostępne dane np. wyposażenie w rejestratory, liczniki poboru energii).
2. Dane dotyczące wykorzystania środków transportu (efektywny czas pracy, przebieg, ilość przewiezionego ładunku, pasażerów),
 3. Przebieg każdego pojazdu za 2017 i rok bieżący,
 4. Budżet w zakresie kosztów paliw,
 5. Raporty dot. zużycia paliwa lub innych nośników energii za 2017 i rok bieżący (na pojazd, na linię),
 6. Inne dostępne raporty dotyczące wykorzystania środków transportu,
 7. Raporty i zapisy dotyczące monitorowania sprawności i dostępności taboru,
 8. Czas pracy pojazdów w ciągu ostatniego roku,
 9. Plan zakupu lub wymiany floty transportowej wraz ze specyfikacjami pojazdów (Opis Przedmiotu Zamówienia),
 10. Informacja o toczących się postępowaniach zakupowych dotyczące taboru,
 11. Zapisy dotyczące planowania i zamawiania tras,
 12. Raporty dot. zamawiania tras za poszczególne lata wraz z prognozą,
 13. Raporty i zapisy dotyczące realizacji zadań transportowych,
 14. Kryteria planowania zadań operacji transportowych,
 15. Planowany i wykonany rozkład jazdy, w tym opóźnienia,
 16. Opis wykonywanych tras i polityka planowania,
 17. Dane dotyczące liczby pasażerów,
 18. Dane dotyczące liczby zatrudnionych kierowców,
 19. Kryteria wymiany floty,
 20. Plan sytuacyjny zajezdni (usytuowanie budynków i placów).

Dane finansowe

1. Umowy dotyczące porozumień międzygminnych związanych z organizacją publicznego transportu zbiorowego,
2. Dane finansowe dotyczące przychodów za lata 2016-2018 obejmujące:
 - Ze sprzedaży biletów,
 - Porozumień międzygminnych,
 - Innych źródeł finansowania publicznego transportu zbiorowego.
3. Dane finansowe dotyczące wydatków operatora za lata 2016-2018 obejmujące:
 - Koszty osobowe,
 - Koszty paliwa,
 - Koszt zakupu części zamienne,
 - Koszty ubezpieczenia,

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

- Koszt leasingu autobusów,
- Płatności organizatora publicznego transportu zbiorowego na rzecz operatora za okres 2016, 2017 z planem na 2018 r., z podziałem na poszczególne miesiące.

Dokumenty planistyczne miasta:

1. Plan Zrównoważonego Rozwoju Publicznego Transportu Zbiorowego na lata 2015 – 2022 dla Miasta Białegostoku i Gmin ościennych, które zawarły z Miastem Białystok porozumienie w sprawie wspólnej organizacji transportu publicznego oraz pozostałych gmin wchodzących w skład obszaru funkcjonalnego
2. Plan gospodarki niskoemisyjnej dla miasta Białegostoku i gmin Choroszcz, Czarna Białostocka, Dobrzyniewo Duże, Juchnowiec Kościelny, Łapy, Supraśl, Wasilków, Zabłudów do roku 2020

1.5. Metodyka prowadzonych prac

Analiza została sporządzona na podstawie udostępnionych przez Zamawiającego danych oraz ogólnodostępnych dokumentów, zgodnie z wytycznymi znajdującymi się w:

- „Zasady opracowywania kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych – wymaganej ustawą o elektromobilności – Praktyczny przewodnik dla samorządów” (Izba Gospodarcza Komunikacji Miejskiej, 2018),
- „Niebieska Księga, Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach” (nowa edycja, Jaspers, 2015),
- „Przewodnik po analizie kosztów i korzyści projektów inwestycyjnych. Narzędzie analizy ekonomicznej polityki spójności 2014-2020” (Komisja Europejska, 2014),
- Doświadczeń z rynku energii oraz analiz rynku transportu publicznego.

Do analiz wykorzystano dane pozyskane w fazie wstępnej projektu, tj. do 30.11.2018 roku.

1.6. Podsumowanie

Dokument został sporządzony zgodnie z wymaganiami Ustawy o elektromobilności przez zespół realizatorski Audytel S.A. na zlecenie Miasta Białystok. w celu przygotowania materiału wyjściowego do analiz przeprowadzono spotkania oraz zebrano niezbędne dane od przedstawicieli Zarządu Białostockiej Komunikacji Miejskiej oraz Urzędu Miejskiego w Białymstoku. Analiza kosztów i korzyści została sporządzona zgodnie z wymaganiami zawartymi w dokumentach wskazanych jako wytyczne przez organ ustawodawczy.

2. Miasto Białystok – analiza otoczenia transportu miejskiego

2.1. Analiza uwarunkowań regulacyjnych i środowiskowych

Transport samochodowy w Polsce odpowiada za ok. 5% wszystkich krajowych zanieczyszczeń. Ruch w miastach odpowiada za 40% emisji CO₂ i 70% emisji pozostałych zanieczyszczeń powodowanych przez transport drogowy, oparty na paliwach naftowych^{5,6}. Jednym z najważniejszych czynników determinujących rozwój miast jest transport. Jednocześnie jego negatywne oddziaływanie na środowisko naturalne stanowi widoczną uciążliwość życia mieszkańców miast. Utrzymanie wysokiego udziału transportu zbiorowego w liczbie podróży zmotoryzowanych w mieście jest najważniejszym zadaniem władz samorządowych. w dużym stopniu wpływa on na ograniczenie zanieczyszczeń emitowanych do środowiska przez ruch pojazdów. Jeden autobus, który zastępuje 50 samochodów w miejskim ruchu ulicznym jest najbardziej efektywnym działaniem ochrony środowiska miejskiego. Zatem najważniejszym działaniem władz miejskich powinno być wprowadzanie różnego rodzaju zachęt, priorytetów i ograniczeń, aby jak największa liczba podróżnych decydowała się na korzystanie z miejskiego transportu zbiorowego.

Rozwój systemów transportowych stanowi jeden z kluczowych elementów zawartych w dokumentach planistycznych i strategicznych na szczeblu krajowym, regionalnym i lokalnym, mających na celu kontrolę emisji i umożliwienie zrównoważonego rozwoju obszarów miejskich. w przeprowadzonej analizie kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych dla miasta Białystok przeanalizowano dokumenty, których wpływ na rozwój transportu publicznego opisano w kolejnych paragrafach. Są to zarówno dokumenty o zasięgu krajowym jak i regionalnym. Wśród nich można wyróżnić:

- Ustawa o elektromobilności i paliwach alternatywnych,
- Plan Rozwoju Elektromobilności "Energia do przyszłości",
- Krajowe ramy polityki rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych,
- Fundusz Niskoemisyjnego Transportu,
- Plan zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego na lata 2015-2022 dla Miasta Białegostoku i gmin ościennych, które zawarły z Miastem Białystok porozumienie w sprawie wspólnej organizacji transportu publicznego oraz pozostałych gmin wchodzących w skład obszaru funkcjonalnego,
- Plan gospodarki niskoemisyjnej dla Miasta Białegostoku do roku 2020.

⁵<http://www.tworzymyatmosfera.pl/zanieczyszczenia-powietrza-a-transport-samochodowy>

⁶„Zielona Księga W sprawie nowej kultury mobilności w mieście”, Komisja Wspólnot Europejskich, KOM(2007)551,Bruksela, 25.9.2017 s. 3.

2.1.1. Dokumenty o zasięgu krajowym

Ustawa o elektromobilności i paliwach alternatywnych

Ustawa o elektromobilności i paliwach alternatywnych jest pierwszym dokumentem zawierającym zasady rozwoju i funkcjonowania infrastruktury paliw alternatywnych, a także rozwoju sieci punktów ładowania pojazdów elektrycznych i funkcjonowania usług ładowania. Celem ustawy, przygotowanej przez Ministerstwo Energii, jest stymulowanie rozwoju elektromobilności i stosowania paliw alternatywnych w transporcie.

Analiza kosztów i korzyści wynika z części ustawy odnoszącej się do transportu publicznego. Podmioty odpowiedzialne za transport publiczny na terenie Jednostek Samorządu Terytorialnego (JST) zawierających ponad 50 tys. mieszkańców mają obowiązek wprowadzenia do swojej floty zeroemisyjnego taboru autobusowego – obowiązek ten dotyczy miasta Białystok. Udział takich pojazdów w całkowitej liczbie pojazdów powinien wynosić:

- **5%** od 1.01.2021 r.,
- **10%** od 1.01.2023 r.,
- **20%** od 1.01.2028 r.,
- **30%** od 1.01.2038 r.

Dodatkowo podmioty odpowiedzialne za transport publiczny na terenie JST objętych ustawą mają obowiązek sporządzenia **co trzy lata analizy kosztów i korzyści** prowadzenia działań związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych lub innych środków transportu, których praca nie powoduje emisji gazów cieplarnianych lub innych substancji objętych systemem zarządzania emisjami gazów cieplarnianych. Instytucje te są również zobowiązane do przekazania **co roku** ministrowi do spraw energii, **informacji o liczbie i udziale procentowym** pojazdów elektrycznych lub napędzanych gazem ziemnym w użytkowanej flocie pojazdów.

Według ustawy udział pojazdów elektrycznych we flocie pojazdów użytkowanych przez naczelne i centralne organy administracji państwowej (w tym podmioty zewnętrzne zapewniające obsługę organu w zakresie transportu) powinien zawierać:

- 10% liczby użytkowanych pojazdów w zakresie transportu osób od 01.01.2020 r.,
- 20% liczby użytkowanych pojazdów w zakresie transportu osób od 01.01.2023 r.,
- 50% liczby użytkowanych pojazdów w zakresie transportu osób od 01.01.2025 r..

Wyjątek stanowią instytucje takie jak: MSZ, SW, KGP, ITD, ABW, KGSP, AW, KAS, CBA, SWW, SKW, GDDKiA, Służba Ochrony Państwa.

Udział pojazdów elektrycznych we flocie pojazdów użytkowanych przez dane JST w łącznej liczbie pojazdów, a także udział pojazdów elektrycznych i napędzanych CNG lub LNG we flocie pojazdów użytkowanych przez wykonawców określonych zadań publicznych (MPO, Policja, Pogotowie Ratunkowe itp.) powinien wynosić:

- 10% od 01.01.2020 r.,
- 30% od 01.01.2025 r.

Dokument określa m.in. zasady budowy sieci infrastruktury dla dystrybucji paliw alternatywnych, tak aby ułatwić jej powstawanie. Rozbudowa tej sieci przyczyni się do swobodnego

przemieszczania się na terenie kraju samochodów o napędzie opartym na paliwach alternatywnych. w dokumencie wskazano zasady funkcjonowania tej infrastruktury oraz podmioty odpowiedzialne za budowę i zarządzanie stacjami ładowania i stacjami gazu ziemnego.

Według ustawy minimalna liczba punktów ładowania zainstalowanych do 31 grudnia 2020 r. w ogólnodostępnych stacjach ładowania, zlokalizowanych w gminach powinna wynosić:

- 1000 – w gminach o liczbie mieszkańców wyższej niż 1 000 000, w których zostało zarejestrowanych co najmniej 600 000 pojazdów samochodowych i na 1000 mieszkańców przypada co najmniej 700 pojazdów samochodowych,
- 210 – w gminach o liczbie mieszkańców wyższej niż 300 000, w których zostało zarejestrowanych co najmniej 200 000 pojazdów samochodowych i na 1000 mieszkańców przypada co najmniej 500 pojazdów samochodowych,
- 100 – w gminach o liczbie mieszkańców wyższej niż 150 000, w których zostało zarejestrowanych co najmniej 95 000 pojazdów samochodowych i na 1000 mieszkańców przypada co najmniej 400 pojazdów samochodowych,
- 60 – w gminach o liczbie mieszkańców wyższej niż 100 000, w których zostało zarejestrowanych co najmniej 60 000 pojazdów samochodowych i na 1000 mieszkańców przypada co najmniej 400 pojazdów samochodowych.

Ponadto minimalna liczba punktów tankowania sprężonego gazu ziemnego (CNG) zlokalizowanych w gminach do dnia 31 grudnia 2020 r. powinna wynosić co najmniej:

- 6 – w gminach o liczbie mieszkańców wyższej niż 1 000 000, w których zostało zarejestrowanych co najmniej 60 000 pojazdów samochodowych i na 1000 mieszkańców przypada co najmniej 700 pojazdów samochodowych,
- 2 – w gminach o liczbie mieszkańców wyższej niż 100 000, w których zostało zarejestrowanych co najmniej 60 000 pojazdów samochodowych i na 1000 mieszkańców przypada co najmniej 400 pojazdów samochodowych.

Regulacja zakłada również możliwość powstawania w miastach stref czystego transportu, po których będą mogły poruszać się pojazdy napędzane paliwami alternatywnymi – energią elektryczną, gazem ziemnym lub wodorem. Jednocześnie projekt ustawy przewiduje szereg korzyści dla użytkowników pojazdów elektrycznych. Są to m.in. zwolnienie z akcyzy przy zakupie samochodu elektrycznego (co ma spowodować obniżenie ceny pojazdu), korzystniejsza stawka amortyzacji, możliwość poruszania się po buspasach, darmowy postój w strefach płatnego parkowania.

Ustawa stanowi drugi etap wdrażania przepisów dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/94/UE z dnia 22 października 2014 r. w sprawie rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych do polskiego porządku prawnego. Przyjęcie ustawy stanowi kluczowy element rozwoju rynku paliw alternatywnych w Polsce.

Plan Rozwoju Elektromobilności „Energia do przyszłości”

Plan Rozwoju Elektromobilności jest jednym z trzech elementów opracowanego w Ministerstwie Energii Pakietu na Rzecz Czystego Transportu, na który składają się również

Krajowe ramy polityki infrastruktury paliw alternatywnych oraz Fundusz Niskoemisyjnego Transportu.

Celem Planu jest stworzenie warunków dla rozwoju elektromobilności, rozwój przemysłu związanego z tym nowym sektorem oraz stabilizacja sieci elektroenergetycznej. Określono w nim korzyści związane z upowszechnieniem stosowania pojazdów elektrycznych w Polsce oraz zidentyfikowano potencjał gospodarczy i przemysłowy tego obszaru. Zgodnie z Planem rozwój elektromobilności powinien następować w trzech fazach:

- pierwsza faza ma charakter przygotowawczy i trwała do 2018 roku. w jej ramach zaplanowano stworzenie warunków rozwoju elektromobilności po stronie regulacyjnej oraz ukierunkowano finansowanie publiczne,
- w drugiej fazie, planowanej na lata 2019-2020, przewidziano zbudowanie w wybranych aglomeracjach infrastruktury przeznaczonej do ładowania zarówno energią elektryczną, jak i CNG. Założono zintensyfikowanie zachęt do zakupu pojazdów elektrycznych. W planie uwzględniono także rozwój car-sharingu oraz uruchomienie krótkiej serii polskich samochodów elektrycznych. W ramach tej fazy oczekiwana jest komercjalizacja wyników badań z obszaru elektromobilności rozpoczętych w fazie oraz wdrożenie nowych modeli biznesowych upowszechnienia pojazdów elektrycznych.
- W okresie 2020-2025 zakłada się, że rynek elektromobilności osiągnie dojrzałość. Powszechność ekologicznego transportu, wsparta przez wykorzystanie samochodów elektrycznych w administracji publicznej, umożliwi stopniowe wycofywanie instrumentów wsparcia.

Krajowe ramy polityki rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych

Krajowe ramy polityki rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych to dokument kluczowy dla wsparcia rozwoju rynku i infrastruktury w odniesieniu do energii elektrycznej i gazu ziemnego w postaci CNG i LNG stosowanych w transporcie drogowym oraz transporcie wodnym. Należy podkreślić, że przewidziano wsparcie dla gazu ziemnego (LNG, CNG), natomiast nie uwzględniono wsparcia dla gazu LPG. Ramy te zawierają m. in.:

- ocenę aktualnego stanu i możliwości przyszłego rozwoju rynku w odniesieniu do paliw alternatywnych w sektorze transportu,
- krajowe cele ogólne i szczegółowe dotyczące rozbudowy infrastruktury do ładowania pojazdów elektrycznych i do tankowania gazu ziemnego w postaci CNG i LNG oraz rynku pojazdów napędzanych tymi paliwami,
- instrumenty wspierające osiągnięcie ww. celów oraz niezbędne do wdrożenia Planu Rozwoju Elektromobilności,
- listę aglomeracji miejskich i obszarów gęsto zaludnionych, w których mają powstać publicznie dostępne punkty ładowania pojazdów elektrycznych i punkty tankowania CNG.

Zgodnie z zapisami Krajowych ram polityki w roku 2020 w 32 wybranych aglomeracjach ma być rozmieszczonych ok. 6 tys. punktów o normalnej mocy ładowania oraz 400 punktów o dużej mocy ładowania, które będą wykorzystywane przez przynajmniej 50 tys. pojazdów elektrycznych. Jednocześnie w wybranych aglomeracjach ma powstać 70 punktów tankowania

sprężonego gazu ziemnego (CNG) dla szacowanej liczby 3 tys. pojazdów napędzanych tym paliwem.

Natomiast do roku 2025 zostaną wybudowane 32 ogólnodostępne punkty tankowania sprężonego gazu ziemnego (CNG) i 14 punktów tankowania skroplonego gazu ziemnego (LNG) wzdłuż drogowej sieci bazowej TEN-T oraz instalacje do bunkrowania statków skroplonym gazem ziemnym LNG w portach: Gdańsk, Gdynia, Szczecin, Świnoujście. Realizacja celów Krajowych ram polityki pozwoli na rozwój innowacyjnego i ekologicznego transportu na terenie Polski, a sam program jest spójny z „Planem rozwoju elektromobilności”.⁷

Fundusz Niskoemisyjnego Transportu

Zadaniem Funduszu jest finansowanie projektów związanych z rozwojem elektromobilności oraz transportem opartym na paliwach alternatywnych. Dokument został podpisany przez Prezydenta Andrzeja Dudę 10 lipca 2018 r.

Wsparcie w ramach Funduszu mogą otrzymać zarówno inicjatywy związane z rozwojem elektromobilności, jak i transportem opartym na paliwach alternatywnych m.in. CNG, LNG. Dzięki FNT finansowane będą projekty wymienione m.in. w Planie Rozwoju Elektromobilności w Polsce, Krajowych Ramach Polityki Rozwoju Infrastruktury Paliw Alternatywnych oraz Ustawie o elektromobilności i paliwach alternatywnych. Objęci wsparciem mogą zostać m.in. producenci środków transportu, samorządy inwestujące w czysty transport publiczny, wytwórcy biokomponentów, jak i podmioty chcące zakupić nowe pojazdy. Fundusz wspiera także promocję i edukację w zakresie wykorzystania paliw alternatywnych w transporcie.

Planowane korzyści związane z uruchomieniem finansowania z Funduszu to:

- rozwój infrastruktury do tankowania gazu ziemnego, biopaliw ciekłych i innych paliw alternatywnych oraz do ładowania pojazdów elektrycznych,
- możliwość wprowadzenia nowych modeli biznesowych opartych na paliwach alternatywnych i ich infrastrukturze,
- rozwój flot pojazdów niskoemisyjnych oraz niskoemisyjnego transportu publicznego,
- możliwy spadek kosztów użytkowania pojazdów opartych na paliwach alternatywnych dla obywateli,
- poprawa jakości powietrza wynikająca ze zmniejszenia emisji szkodliwych substancji przez pojazdy drogowe - szczególnie w dużych aglomeracjach.⁸

2.1.2. Dokumenty o zasięgu regionalnym

Plan zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego na lata 2015-2022 dla Miasta Białegostoku i gmin ościennych, które zawarły z Miastem Białystok porozumienie w sprawie wspólnej organizacji transportu publicznego oraz pozostałych gmin wchodzących w skład obszaru funkcjonalnego

⁷ <https://www.gov.pl/energia/rzad-przyjal-krajowe-ramy-polityki-rozwoju-infrastruktury-paliw-alternatywnych-3>

⁸ <https://www.gov.pl/energia/fundusz-niskoemisyjnego-transportu>

„Plan zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego na lata 2015-2022 dla Miasta Białegostoku i gmin ościennych, które zawarły z Miastem Białystok porozumienie w sprawie wspólnej organizacji transportu publicznego oraz pozostałych gmin wchodzących w skład obszaru funkcjonalnego” (plan transportowy) został przyjęty przez Radę Miasta Białystok uchwałą nr XVI/240/15 z 14 grudnia 2015 r. Głównym jego celem jest zaplanowanie na lata 2015-2022 usług przewozowych w przewozach o charakterze użyteczności publicznej, realizowanych na obszarze miasta Białegostoku i gmin, które zawarły z miastem Białystok porozumienia komunalne w sprawie organizacji publicznego transportu zbiorowego. Plan transportowy został przygotowany zgodnie z tezą, która uznaje istotne znaczenie mobilności dla rozwoju społeczno-gospodarczego i dążenie do ograniczenia negatywnych następstw rozwoju motoryzacji indywidualnej. W ramach przyjętej w planie strategii zrównoważonego rozwoju, podstawowe znaczenie ma dążenie do zapewnienia racjonalnego zakresu usług świadczonych przez transport zbiorowy na obszarze miasta Białegostoku i gmin ościennych. Racjonalność tę determinuje:

- dostosowanie ilości i jakości usług świadczonych przez transport zbiorowy do preferencji i oczekiwań pasażerów, w tym w zakresie dostępności dla osób niepełnosprawnych,
- zapewnienie wysokiej jakości usług transportu zbiorowego, tworzących realną alternatywę dla podróży własnym samochodem osobowym,
- koordynacja planu rozwoju transportu lokalnego z planami rozwoju transportu w regionie i w kraju oraz z miejscowymi planami rozwoju przestrzennego,
- redukcja negatywnego oddziaływania transportu na środowisko,
- efektywność ekonomiczno-finansowa określonych rozwiązań w zakresie kształtowania oferty przewozowej i infrastruktury transportowej.

Cele szczegółowe planu transportowego obejmują:

- zaplanowanie sieci komunikacyjnej, na której będą realizowane przewozy o charakterze użyteczności publicznej;
- zidentyfikowanie potrzeb przewozowych;
- określenie zasad finansowania usług przewozowych;
- określenie preferencji dotyczących wyboru rodzaju środków transportu;
- ustalenie zasad organizacji rynku przewozów;
- określenie standardów usług przewozowych w przewozach o charakterze użyteczności publicznej;
- organizację systemu informacji dla pasażerów.⁹

Zalecane zadania, wynikające z polityki zrównoważonego rozwoju, to podjęcie działań promujących utrzymanie obecnego poziomu i rozwój transportu zbiorowego – poprzez

⁹ „Plan zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego na lata 2015-2022 dla Miasta Białegostoku i gmin ościennych, które zawarły z Miastem Białystok porozumienie w sprawie wspólnej organizacji transportu publicznego oraz pozostałych gmin wchodzących w skład obszaru funkcjonalnego,, Reda – Białystok, czerwiec 2015 r., str. 4-5

wprowadzenie przywilejów w ruchu dla komunikacji zbiorowej (miejskiej) oraz rozważne ograniczenie ruchu pojazdów indywidualnych, zwłaszcza w ścisłym centrum miasta.

W Białymstoku i okolicznych gminach będzie popularyzowana komunikacja miejska oraz komunikacja rowerowa, jako alternatywa dla komunikacji zbiorowej i samochodowej komunikacji indywidualnej. Istotnym kierunkiem rozwoju Białostockiej Komunikacji Miejskiej będzie jej integracja w ramach całego systemu transportu publicznego (obejmującego również przewozy kolejowe i inne niż komunikacja miejska przewozy drogowe) na obszarze miasta i okolicznych gmin. Integracja systemów transportowych obejmie:

- poziom infrastruktury – poprzez koncentrację przystanków w ramach funkcjonalnych węzłów, pozwalających na szybką i wygodną przesiadkę,
- poziom rozkładów jazdy – poprzez wzajemną koordynację połączeń przesiadkowych oraz poprzez koordynację taryfową.¹⁰

Plan gospodarki niskoemisyjnej dla Miasta Białegostoku do roku 2020

„Plan gospodarki niskoemisyjnej dla Miasta Białegostoku do roku 2020” ma na celu poprawę efektywności energetycznej i redukcję zużycia energii, zwiększenie udziału wykorzystania OZE oraz poprawę jakości powietrza w mieście. Dokument prezentuje także pod względem ekonomicznym oraz ekologicznym przedsięwzięcia, których realizacja nastąpi w perspektywie finansowej UE na lata 2014 – 2020. Wdrożenie i realizacja PGN pozwala na zwiększenie efektywności energetycznej, redukcji energochłonności, zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych, a tym samym poprawę jakości powietrza atmosferycznego z wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii przy jednoczesnym zapewnieniu zrównoważonego rozwoju. W dokumencie opisano charakterystykę stanu obecnego Miasta, przeanalizowano jakość powietrza, zmiany w infrastrukturze ciepłno-energetycznej, demograficznej, gospodarczej, wodno-kanalizacyjnej oraz transportowej. Zwrócono uwagę na cele szczegółowe i strategiczne, a także dokonano aktualizacji planowanych przedsięwzięć oraz zawarto nowe inwestycje.

Do celów szczegółowych przyjęto m.in.:

- wdrożenie wizji miasta Białystok jako obszaru zarządzanego w sposób zrównoważony i ekologiczny, stanowiącego przykład zarówno dla gmin regionu jak i kraju,
- ograniczenie emisji CO₂ oraz emisji zanieczyszczeń z instalacji wykorzystywanych na terenie miasta, a także emisji pochodzącej z transportu, spełnienie norm w zakresie jakości powietrza,
- zwiększenie wykorzystania energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych w budynkach użyteczności publicznej, mieszkalnych oraz komercyjnych,
- zwiększenie efektywności wykorzystania/wytwarzania/dostarczenia energii do odbiorców zlokalizowanych na terenie miasta,

¹⁰ „Plan zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego na lata 2015-2022 dla Miasta Białegostoku i gmin ościennych, które zawarły z Miastem Białystok porozumienie w sprawie wspólnej organizacji transportu publicznego oraz pozostałych gmin wchodzących w skład obszaru funkcjonalnego,, Reda – Białystok, czerwiec 2015 r., str. 199

- rozwój systemów zaopatrzenia w energię zmniejszających występowanie niskiej emisji zanieczyszczeń (w tym emisji pyłów),
- promocję budownictwa energooszczędnego i pasywnego,
- poprawę ładu przestrzennego, rozwój zrównoważonej przestrzeni publicznej,
- realizację idei wzorcowej roli sektora publicznego w zakresie oszczędnego gospodarowania energią,
- zwiększenie świadomości mieszkańców dotyczącej ich wpływu na lokalną gospodarkę energetyczną oraz jakość powietrza,
- promocję i realizacja wizji zrównoważonego transportu – z uwzględnieniem transportu publicznego, indywidualnego oraz rowerowego,
- promocję efektywnego energetycznie oświetlenia, wykorzystanie niskoemisyjnych technologii w gospodarce odpadami oraz wodno-ściekowej.¹¹

Zakres dokumentu jest zgodny z wytycznymi NFOŚiGW. Zawiera ponadto elementy wyróżniające PGN spośród innych dokumentów planistycznych funkcjonujących w regionie, a w szczególności:

- inwentaryzację emisji CO₂ związaną z wykorzystaniem energii na terenie gminy,
- określa stan istniejący w zakresie racjonalnej gospodarki energetycznej,
- wyznacza efekt w postaci redukcji emisji możliwej do osiągnięcia w roku 2020,
- wyznacza poszczególne działania pozwalające na osiągnięcie zakładanego celu oraz ich efektów środowiskowych i społecznych,
- proponuje system monitoringu efektów wdrażania przedsięwzięć.¹²

2.2. Podsumowanie

Dokumenty o zasięgu krajowym oraz regionalnym dla Miasta Białystok dotyczące transportu zbiorowego wykazują zbieżne perspektywy i kierunki rozwoju w zakresie ograniczenia emisji substancji szkodliwych dla życia i zdrowia ludzkiego pochodzących z transportu. Głównym założeniem dla rozwoju komunikacji miejskiej w mieście jest prowadzona wielopłaszczyznowo polityka zrównoważonego rozwoju zawarta w planie transportowym. W dokumencie „Plan zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego na lata 2015-2022 dla Miasta Białegostoku i gmin ościennych, które zawarły z Miastem Białystok porozumienie w sprawie wspólnej organizacji transportu publicznego oraz pozostałych gmin wchodzących w skład obszaru funkcjonalnego” przedstawione zostały postulaty zwiększające atrakcyjność komunikacji miejskiej oraz usprawniające jej funkcjonowanie, m. in.: zidentyfikowanie potrzeb przewozowych, określenie zasad finansowania usług przewozowych, organizację systemu informacji dla pasażerów, ustalenie zasad organizacji rynku przewozów. Według „Plan gospodarki niskoemisyjnej dla Miasta Białegostoku do roku 2020” priorytetem dla rozwoju transportu miejskiego jest ograniczenie szkodliwych emisji. Wynikiem tych działań będzie skuteczna poprawa jakości powietrza w mieście.

¹¹ Plan gospodarki niskoemisyjnej dla Miasta Białegostoku do roku 2020, Białystok, luty 2017, str. 83

¹² Plan gospodarki niskoemisyjnej dla Miasta Białegostoku do roku 2020, Białystok, luty 2017, str. 17

3. Przegląd technologii i eksploatacji autobusów elektrycznych w transporcie publicznym

3.1. Opis technologii

Unia Europejska prowadząc politykę klimatyczną, mającą na celu ograniczenie zmian klimatu, silnie oddziałuje na branżę transportową. Głównym celem jej działań jest redukcja emisji gazów cieplarnianych. Według szacunków Europejskiej Agencji Środowiska, branża transportowa, w tym transport miejski i usługi komunalne, odpowiadała w 2015 r. za ponad 25% emisji gazów cieplarnianych w całej Unii Europejskiej¹³. Transport miejski przyczynia się natomiast do powstania 25% emisji CO₂ w transporcie ogółem¹⁴. Biała Księga Transportu z 2011 r. będąca jedną z unijnych wytycznych dotyczących wpływu na redukcję zanieczyszczeń i poprawę efektywności w transporcie, koncentruje się na zwiększeniu znaczenia komunikacji zbiorowej i na ograniczeniu roli paliw ropopochodnych na rzecz paliw alternatywnych. Według przyjętych ustaleń w zakresie polityki transportowej, do 2030 r. powinno dojść do ograniczenia emisji gazów cieplarnianych do poziomu 20% względem 2008 r. oraz zmniejszenia emisji dwutlenku węgla o ok. 60% wobec danych z 1990 r. Osiągnięciu tego celu powinno sprzyjać zmniejszenie liczby konwencjonalnych pojazdów w transporcie miejskim i ich eliminacja w perspektywie do 2050 r.

Obecnie najszybciej zyskującą popularność alternatywą dla konwencjonalnych paliw w transporcie jest napęd elektryczny. Technologia zasilania pojazdów energią elektryczną, choć już od wielu lat znajduje zastosowanie w transporcie, to jednak wciąż znajduje się na etapie rozwoju, udoskonalania i postrzegana jest jako perspektywiczna. Popularność zyskują obecnie głównie pojazdy elektryczne osobowe. Segment pojazdów wykorzystywanych w publicznej komunikacji zbiorowej, także wprowadza do sprzedaży swoje modele elektryczne. W rozwój i popularyzację autobusów elektrycznych, zaangażowani są praktycznie wszyscy wiodący producenci pojazdów komunikacji zbiorowej, stale poszerzając swoją ofertę. Wzrost popularności autobusów elektrycznych pomimo ich wyższej ceny w stosunku do autobusów z silnikami spalinowymi, związany jest przede wszystkim ze znacząco niższymi kosztami paliwa. Autobusy elektryczne wykorzystują do napędu energię elektryczną zgromadzoną w zainstalowanych w nich akumulatorach, które ładowane są po podłączeniu do sieci elektrycznej. Pozbawione silników spalinowych pojazdy uważane są za najczystszy ekologicznie silnikowy środek transportu, gdyż charakteryzuje się zerową lokalną emisją z układu napędowego (dwutlenek węgla, tlenki azotu, pyły zawieszane PM), a równocześnie jego użytkowaniu towarzyszy zdecydowanie niższy poziom hałasu.

¹³ „Paliwa alternatywne w komunikacji miejskiej”, Polski Kongres Paliw Alternatywnych, 2018, str. 5

¹⁴ <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=celex:52011DC0144>

Budowa i zasada działania autobusów elektrycznych

Autobusy elektryczne to autobusy zasilane energią elektryczną. Wykorzystując baterie akumulatorów magazynują one energię, a następnie przekazują do silników elektrycznych. W większości przypadków napędzane są za pomocą asynchronicznego centralnego silnika trakcyjnego o mocy ok. 200 kW¹⁵. Coraz częściej pojawiają się pojazdy z silnikami elektrycznymi zintegrowanymi w piastach kół. Autobusy elektryczne wyposażone są dodatkowo w funkcję hamowania elektrodynamicznego z odzyskiem energii elektrycznej tzw. rekuperację energii. Podczas hamowania silniki elektryczne działają jak prądnice. Wytworzony przez nie prąd elektryczny wykorzystywany jest do ładowania zasobników energii, zwiększając zasięg i poprawiając efektywność energetyczną pojazdu. W odróżnieniu od pojazdów napędzanych przez silniki spalinowe częste hamowania zwiększa ekonomiczność eksploatacji pojazdów elektrycznych. Prędkość pojazdu nie gra tutaj tak znaczącej roli jak tryb jazdy i samego hamowania. Rekuperacja przy spokojnej jeździe, daje najlepsze efekty i pozwala odzyskać najwięcej energii. Hamowanie w takim wypadku powinno odbywać się płynnie i kilkustopniowo. Przy takich właściwościach autobusów elektrycznych pożądane jest wykorzystanie ich na liniach o gęstym rozmieszczeniu infrastruktury przystankowej na trasie przejazdu. Wpłynie to na zwiększenie częstotliwości zatrzymań, a w efekcie dodatkowego odzysku energii i podładowania baterii.

Rynek autobusów elektrycznych ulega ciągłemu rozwojowi. Z dnia na dzień producenci autobusów elektrycznych oferują coraz to nowsze modele wyposażone w innowacyjną technologię w branży transportowej. Przykładem może być wiodący producent z branży samochodowej. Dzięki energooszczędnej pompie ciepła, która przejmuje funkcję ogrzewania przedziału pasażerskiego, zmniejsza zapotrzebowanie na energię związane z ogrzewaniem. Posiada on także akumulatory najnowszej generacji niklowo-manganowo-kobaltowe (NMC) o pojemności 243 kWh, co pozwala na przejechanie 250 km. Konstrukcja niektórych modeli autobusów elektrycznych umożliwia także szybka wymianę baterii, dzięki czemu może być ona ładowana niezależnie od eksploatacji konkretnych autobusów. Ten rodzaj eksploatacji nie jest jednak jeszcze rozpowszechniony w Europie.

Zasięg autobusów elektrycznych

Na zasięg autobusu elektrycznego wpływa szereg czynników, począwszy od pojemności baterii, przez warunki eksploatacji, a także czynniki atmosferyczne, czy natężenie ruchu. Wpływa to na zużycie energii w zakresie od 1 do 2,5 kWh/km¹⁶. Większość producentów autobusów podaje średnie zużycie w zakresie od 1 kWh/km do 1,4 kWh/km¹⁷ dla autobusów 12 metrowych (o masie około 18 ton) oraz do 1,8 kWh/km dla autobusów 18 metrowych (o masie około 28 ton). Bardzo energochłonne w autobusach elektrycznych są ogrzewanie i klimatyzacja. W związku z tym w stosuje się w nich system podgrzewania baterii, który jest zasilany przez samą baterię lub przez ładowarkę. Przekłada się to na obniżony zasięg jazdy przy jednym ładowaniu. Zasięg autobusu

¹⁵ „Napędy alternatywne”, Solaris, Katalog produktowy 2018

¹⁶ „Autobus elektryczny z punktu widzenia sprzedaży”, Solaris

¹⁷ E-mobilność w komunikacji publicznej. Doświadczenia i kierunki rozwoju. Solaris

elektrycznego wynosi obecnie 120–250 km. Ograniczony zasięg autobusów zasilanych z baterii akumulatorów sprawia, że do przewiezienia tej samej liczby pasażerów należy zakupić około 35% więcej autobusów elektrycznych niż autobusów z innym napędem. W autobusach o większym zasięgu stosuje się baterie akumulatorów o większej pojemności, zaś w autobusach ładowanych w trakcie wykonywanych dziennych zadań przewozowych, autobus ładowany jest za pomocą złącza plug-in lub za pomocą pantografu. Stosuje się wówczas tańsze i lżejsze baterie o mniejszej pojemności. Wiąże się to jednak z koniecznością zakupu energii w godzinach szczytu oraz z koniecznością budowy dedykowanej infrastruktury ładowania.

Podział autobusów elektrycznych

Autobusy elektryczne w głównej mierze można podzielić ze względu na rodzaj stosowanych baterii akumulatorowych. Wśród nich można wyróżnić akumulatory litowo-jonowe zawierające:

- glin (oznaczenie NCA),
- tytan (LTO),
- kobalt (LCO),
- mangan (LMO),
- mangan i kobalt (LMC),
- nikiel, mangan i kobalt (NMC),
- żelazo i fosfor (LFP).

Wykorzystanie różnych rodzajów materiałów pozwala optymalizować parametry akumulatorów do rozmaitych zastosowań. Ponadto wpływają one na kryteria uwzględniane w trakcie doboru technologii bateryjnych. Należą do nich zagadnienia takie jak bezpieczeństwo, trwałość, wydajność, zdolność do magazynowania i oddawania energii oraz czas ładowania. Najczęściej wykorzystywane baterie to LFP, a coraz większą popularność zyskują także NMC.

Dodatkowo wśród autobusów elektrycznych można wyróżnić te, przyporządkowane odpowiednim producentom. Do największych z nich należą:

- Solaris Bus & Coach S.A.,
- Mercedes,
- BYD/ADL,
- VDL Bus & Coach,
- Volvo,
- URSUS,
- MAN,
- Autosan,
- Scania.

Obecnie autobusy elektryczne w Polsce produkuje Solaris Bus & Coach S.A., Scania, Autosan, Ursus i Volvo. Seryjną produkcję autobusów elektrycznych MAN rozpocznie w Starachowicach w 2019 r.¹⁸

¹⁸ „Paliwa alternatywne w komunikacji miejskiej”, Polski Kongres Paliw Alternatywnych, 2018, str. 13

3.2. Zasilanie

Autobusy zasilane energią elektryczną dzielą się na te wykorzystujące energię elektryczną zmagazynowaną w bateriach akumulatorowych oraz na te, które pobierają ją z zewnątrz z sieci trakcyjnej za pomocą pantografu (trolejbusy). Trolejbusy charakteryzują się małą elastycznością stosowania ze względu na ograniczoną dostępność do sieci trakcyjnej na miejskich trasach przejazdu. To wpływa na znacznie wolniejszy rozwój technologii i wykorzystania tychże pojazdów. W przeciwieństwie do trolejbusów, akumulatorowe autobusy elektryczne znajdują coraz większe zastosowanie w wykonywaniu zadań komunikacji miejskiej. Nie są one uzależnione od ciągłego połączenia z siecią, ale wymagają ładowania. Zasięg pojazdu jest w głównej mierze uzależniony od pojemności baterii. Obecnie dostępne technologie akumulatorów umożliwiają osiągnięcie zasięgu elektrobusu na poziomie nawet do 250 km. Odległość ta w niektórych przypadkach może nie być wystarczająca do przejazdu na całodziennych liniach komunikacji miejskiej. Konieczne jest więc doładowywanie baterii w ciągu zmiany roboczej, np. na przystankach, bądź na pętli autobusowej. Dodatkową wadą takiego rozwiązania jest wielkość baterii, która zmniejsza pojemność pasażerską pojazdu. Zagadnienie to opisano w podrozdziale 1.1. Do obsługi zadań całodziennych konieczne jest wykorzystanie możliwości doładowywania baterii na przystankach końcowych, ewentualnie na wybranych przystankach na trasie przejazdu. Dzięki doładowywaniu baterii możliwe jest ograniczenie jej pojemności nawet o 20%, co przekłada się na zwiększenie pojemności pasażerskiej pojazdu. Ładowanie autobusu elektrycznego za pomocą szybkiego ładowania wymaga jednak wyłączenia pojazdu z ruchu na okres około 10 min. Skutkuje to koniecznością uwzględnienia czasu ładowania w rozkładzie jazdy i odpowiedniego wydłużenia postoju na pętlach końcowych lub przystankach pośrednich. By zatem móc obsłużyć linie, wymagana jest większa liczba autobusów elektrycznych w stosunku do klasycznych autobusów.

Technologie ładowania elektrobusów

Najważniejszym elementem związanym z wprowadzeniem do komunikacji miejskiej autobusów elektrycznych jest zapewnienie odpowiedniej infrastruktury umożliwiającej ładowanie różnych typów autobusów za pomocą tej samej infrastruktury. Istotna jest zatem kompatybilność systemu: autobusów elektrycznych i pasujących do niego zewnętrznych, zamontowanych na stałe ładowarek. Obecnie stosowane są trzy główne sposoby ładowania akumulatorów oraz ich kombinacje:

- plug-in,
- ładowane z pętli indukcyjnych,
- ładowanie akumulatorów za pomocą rozkładanego pantografu.

Ładowarki typu Plug – in

Pierwszą z omawianych metod jest ładowanie typu plug-in. Do zasilania wykorzystywane są zewnętrzne ładowarki. Jest to najtańsze z rozwiązań stosowanych w pojazdach elektrycznych. Autobus ładowany jest za pomocą gniazda elektrycznego podobnego do tych wykorzystywanych powszechnie w gospodarstwach domowych. Rozmieszczenie stacji ładowania zależy od dostępnej infrastruktury oraz potrzeb autobusu. Najczęściej wykorzystywane są poza trasą w zajezdniach autobusowych, skąd ich częste określenie „zajezdniowe”. Moce tych ładowarek

zawierają się w przedziale od kilkunastu do nawet 450kW. Tego typu ładowanie realizowane jest jednak w praktyce z mocą nie większą niż 150kW. W zależności od mocy ładowarki oraz pojemności baterii autobusowej czas ładowania może wynosić od niecałej godziny do 10 godzin.

Ładowarki indukcyjne

Ładowanie indukcyjne polega na bezkontaktowym pobieraniu energii z ładowarek, znajdujących się w obrębie infrastruktury przystankowej pod jezdnią. Konstrukcyjnie realizuje się to przez montaż pod podwoziem autobusu małych akumulatorów. W celu kontynuowania jazdy należy ładować pojazd przez kilka minut. Główną zaletą tego systemu jest fakt, że cała infrastruktura jest niewidoczna i nie ingeruje w plan zagospodarowania przestrzeni miejskiej. System ten ma sporą ilość ograniczeń. Należą do nich między innymi: konieczność bardzo wysokiej precyzji przy parkowaniu autobusu przed rozpoczęciem ładowania oraz niska sprawność przesyłu energii. Istotną przeszkodą w powszechnym stosowaniu ładowarek indukcyjnych jest wysoka cena, stanowiąca nawet kilkakrotność ceny innych systemów ładowania autobusów elektrycznych. W warunkach polskich, wobec ograniczeń zarówno klimatycznych, jak i budżetowych, technologia ładowania indukcyjnego byłaby trudna do wdrożenia. Przedstawiony system ładowania sprawia, że autobus może pozostawać na trasie przez 18 godzin na dobę i pokonać prawie 290 km, zanim wymagane będzie skorzystanie z tradycyjnej ładowarki plug-in. Moce ładowarek indukcyjnych osiągają około 200kW.

Ładowarki pantografowe

Ładowanie pantografowe zakłada wykorzystanie bezobsługowego systemu kontaktowego ładowania. Umieszczona na dachu wielostykowa głowica złącza dachowego automatycznie podłącza się do nośnika energii poprzez elektrycznie sterowane ramię oraz platformę zasilającą zawieszoną na dowolnym elemencie konstrukcyjnym. Krótkie doładowanie baterii za pomocą tej technologii, np. na pętli lub na przystanku, pozwala ruszyć w dalszą trasę. Dzięki takiemu rozwiązaniu kierowca, tak jak w przypadku ładowania indukcyjnego, nie musi opuszczać stanowiska pracy. Wymiary platformy zasilającej, pod którą kierowca musi zaparkować autobus dobierane są w taki sposób, aby zapewnić pełen zakres tolerancji zatrzymania pojazdu. Po dociśnięciu odpowiednio wyprofilowanych szyn stykowych platformy zasilającej, głowica złącza dachowego zostaje unieruchomiona, co powoduje pewny styk podczas przepływu prądu o dużym natężeniu. Czas całkowitego ładowania ładowarką pantografową nie powinien przekraczać 10 minut w zależności od napięcia. Ich moce osiągają od 150 do nawet 750kW, jednak najczęściej stosowane komunikacji miejskiej urządzenia mają moc około 200kW.

W celu wybrania najlepszej metody ładowania możliwej do wprowadzenia do eksploatacji autobusów elektrycznych konieczne jest przeanalizowanie rozwiązań pod kilkoma względami:

- kosztów inwestycji infrastrukturalnych,
- koszt zakupu autobusu,
- możliwości techniczne doładowania autobusu na trasie i w czasie postoju na pętli,
- czas ładowania autobusu.

Koszty

W tabeli poniżej zestawiono koszty inwestycyjne i eksploatacyjne autobusów zasilanych w różne rodzaje paliw, produkowanych przez przykładowych producentów.

Tabela 2 Porównanie kosztów inwestycyjnych autobusów na paliwa alternatywne, względem ON

Podział kosztów		SCANIA CITIWIDE 12 LF	SCANIA CITYWIDE 12LF CNG	SOLARIS URBINO12 ELECTRIC (NMC 160 kWh)
Inwestycja	Cena	990 000 ¹⁹	1 000 000 ²⁰	2 500 000
Eksploatacja	Koszty wymiany baterii	0	0	500 000 ²¹
	Łączny koszt paliwa	1 296 000	1 170 000	675 000
	Koszty serwisowe (w tym wymiana falowników)	221 000	238 000	190 500
Razem (zakup + 15 lat obsługi)		2 417 000	2 408 000	3 965 500

Źródło: „Paliwa alternatywne w komunikacji miejskiej”, Polski Kongres Paliw Alternatywnych, 2018, str. 11

Koszt zakupu autobusu

Najtańszym z rozwiązań jest autobus elektryczny zasilany poprzez złącze plug-in. Jego cena może wynosić około 2 mln PLN netto. Droższy jest autobus wykorzystujący zasilanie za pomocą pantografu. Z uwagi na wymagania techniczne dotyczące bezpieczeństwa konieczne jest zastosowanie technologii wykorzystującej odpowiednie zabezpieczenia. Najdroższe są natomiast autobusy ładowane indukcyjnie. Akumulatory umieszczone są pod podwoziem, co obniża środek ciężkości autobusu i nie obciąża konstrukcji tak, jak robią to np. butle CNG czy elementy ogniw paliwowych, montowane zazwyczaj na dachu pojazdu. Jednak takie umieszczenie i skompresowanie akumulatorów wiąże się z wysokim kosztem produkcji pojazdu.

Z danych Miejskich Zakładów Autobusowych w Warszawie (MZA), można wnioskować, że koszt zakupu 12-metrowego autobusu elektrycznego to ok. 2,15 mln PLN netto. Wartości te potwierdzają wyniki przetargów rozstrzygniętych w innych miastach, m.in. w Krakowie, Inowrocławiu czy Rzeszowie. Koszt autobusu 18-metrowego to już ok. 2,5 mln PLN netto, co potwierdzają dane krakowskiego MPK. Z porównania danych dotyczących kosztu zakupu autobusów

¹⁹ Cena ostateczna pojazdu uzależniona jest od wymogów dotyczących parametrów technicznych, wyposażenia, technologii ładowania, przyznanych rabatów, czy liczby pojazdów zamówionych przez odbiorcę.

²⁰ Cena ostateczna pojazdu uzależniona jest od wymogów dotyczących parametrów technicznych, wyposażenia, technologii ładowania, przyznanych rabatów, czy liczby pojazdów zamówionych przez odbiorcę.

²¹ Koszt przybliżony, zależny od rodzaju zastosowanej baterii i intensywności eksploatacji.

niskoemisyjnych, opracowanych przez MZA w Warszawie, MPK w Tarnowie²² i MPK w Krakowie²³ wynika, że średni koszt zakupu autobusu elektrycznego wynosi ok. 2,3 mln PLN netto (230% ceny autobusu ON, 135% ceny autobusu hybrydowego oraz 192% ceny autobusu CNG).²⁴

Koszt inwestycji w infrastrukturę

Najkosztowniejszym rozwiązaniem jest obecnie zasilanie indukcyjne. Wymaga ono przystosowania przystanków do nowych rozwiązań, co wiąże się z dużym kosztem. Autobusy ładowane indukcyjnie wyposażone są w stosunkowo małe akumulatory. Pozwala to na krótkie doładowywanie, ale niesie za sobą konieczność stworzenia wielu punktów ładowania. Drugim rozwiązaniem pod względem kosztów jest zasilanie pantografowe. Do wykorzystania sieci pantografowej konieczne jest zastosowanie zewnętrznych ładowarek. Przeniesienie napięcia z linii do ładowarek może być połączone z utworzeniem stacji ładowania samochodów osobowych co może znacznie podnieść innowacyjność miasta. Najtańszym rozwiązaniem jest ładowanie autobusu za pomocą wtyczek plug-in. Nie wymaga ono znaczących zmian w infrastrukturze istniejących linii. Ładowarki można rozlokować w zajezdniach i na pętlach. Możliwe jest ich wykorzystywanie do wielu pojazdów elektrycznych, także osobowych. Dodatkowo, możliwe jest rozmieszczenie stacji ładowania z uwzględnieniem istniejącej infrastruktury elektroenergetycznej. Istnieje wiele typów ładowarek stosowanych w takim rozwiązaniu. Możliwy jest wybór tańszych, ale wolniej ładujących jednostek, lub tzw. ładowarek szybkich, co jednak wiąże się z relatywnie wyższym kosztem.

Eksploatacja

Istotnym parametrem jest możliwość ładowania autobusu w czasie pracy w ciągu dnia. Poza ładowaniem w nocy w zajezdni istnieją dwie metody uzupełniania akumulatorów baterii w ciągu eksploatacji. Do strategii tych zalicza się ładowanie na przystankach oraz na pętlach. Pierwsza z opcji zakłada szybkie ładowanie w czasie wymiany pasażerów. Trwa to, w zależności od natężenia ruchu, do 10 minut. Druga opcja zakłada doładowanie akumulatorów podczas postoju na pętli. w tym przypadku autobus może być ładowany przez ok. 10 - 30 min. Ładowanie indukcyjne wykorzystywane jest w strategii pierwszej, a więc przy nieznacznym doładowywaniu na przystankach dostosowanych do tego trybu. Ładowanie za pomocą stacji ładowania plug-in wymaga obsługi, co oznacza konieczność opuszczenia pojazdu przez kierowcę. Ładowanie to, ze względów bezpieczeństwa, możliwe jest tylko w przypadku ładowania na pętli bądź zajezdni. Zasilanie akumulatorów z sieci pantografowej możliwe jest zarówno na poszczególnych przystankach (ładowanie krótkie) jak i na pętli (ładowanie dłuższe).

Czas ładowania akumulatorów

Zależny jest on przede wszystkim od rodzaju akumulatorów i ładowarki. Istotnym elementem w eksploatacji autobusów elektrycznych jest czas potrzebny do pełnego naładowania akumulatorów. Na podstawie wcześniej zamieszczonych informacji można stwierdzić, że najwięcej czasu potrzebują stacjonarne zajezdniowe ładowarki, których czas ładowania może osiągać kilka

²² „Alternatywne napędy autobusów miejskich”, MPK Tarnów, 2017 r.

²³ „Autobusy elektryczne, koszty zakupu i eksploatacji”, MPK Kraków, 2017 r.

²⁴ „Paliwa alternatywne w komunikacji miejskiej”, Polski Kongres Paliw Alternatywnych, 2018, str. 12

godzin. Inaczej ma się sprawa w przypadku ładowarek miejskich (wykorzystywanych na pętlach lub niektórych przystankach). Tu przede wszystkim istotny jest czas, który nie powinien przekraczać 10 minut. Z punktu widzenia eksploatacji autobusu miejskiego najkorzystniejszym jest rozwiązanie zakładające ładowarkę wolnego ładowania na zajezdni – ładującą akumulatory w nocy, gdy autobusy nie są wykorzystywane, oraz ładowarki pantografowej znajdującej się na trasie przejazdu autobusu elektrycznego pozwalających na uzupełnienie energii w trakcie dziennej eksploatacji.

W tabeli Tabela 3 przedstawiono porównanie kilku wybranych systemów szybkiego ładowania autobusów elektrycznych w zależności od mocy ładowarki, czasu ładowania oraz zasięgu jaki dodatkowo mógłby pokonać pojazd po doładowaniu.

Tabela 3. Porównanie parametrów stacji szybkiego ładowania elektrobusesów.

Typ ładowarki	Moc [kW]	Czas ładowania [min]	Zasięg [km]
Pantografowo	180	10	20
	200	10	23
	250	7	19
	200	10	23

Źródło: Opracowanie własne

Dane przedstawione w powyższej tabeli pokazują, że nawet kilkuminutowe doładowanie pojazdu elektrycznego może znacznie zwiększyć jego zasięg. Należy pamiętać, że w pełni naładowany autobus elektryczny może przejechać nawet 250 km.

W tabeli Tabela 4 przedstawiono przykłady systemu ładowania zajezdniowego typu plug-in w zależności od mocy ładowania, czasu ładowania oraz zasięgu jaki dodatkowo mógłby pokonać pojazd po doładowaniu.

Tabela 4. Przykłady systemu ładowania zajezdniowego typu plug-in.

Moc [kW]	Czas ładowania [h]	Zasięg [km]
22	10	140
36	8	172
44	6	143
88	3	143
120	2	145
200	1	100

Źródło: Opracowanie własne

Na podstawie danych zawartych w powyższej tabeli widać, że moc ładowarki typu plug-in w istotny sposób wpływa na czas ładowania autobusu elektrycznego. Należy jednak pamiętać, że wraz ze wzrostem mocy ładowarki, zwiększa się także jej koszt.

Wykorzystanie elektroenergetycznej sieci dystrybucyjnej

Przyłączenie punktów ładowania - wykorzystujących ładowarki plug-in, pantografowe i indukcyjne, do sieci dystrybucyjnej odbywa się w taki sam sposób jak przyłączenie punktów

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

poboru energii o dużej mocy. W takim wypadku instalacja przyłącza energetycznego powinna być dostosowana do wymaganej mocy ładowarek. Przyłączenie stacji ładowania autobusów elektrycznych do sieci musi spełniać wymagania norm i przepisów m.in. w zakresie bezpieczeństwa użytkownika, parametrów jakościowych, w tym nie wprowadzania zaburzeń do sieci elektroenergetycznych. Każdy punkt ładowania musi być wyposażony w odpowiedni układ pomiarowo-rozliczeniowy. Istotne jest także zapewnienie odpowiedniego miejsca na zainstalowanie tego układu wraz z niezbędnymi zabezpieczeniami. Miejsce to może być zlokalizowane np. w samym punkcie ładowania, osobnym nowym przyłączy wybudowanym przez OSD lub istniejącym przyłączy po jego modernizacji przez OSD. Uzależnione jest to m.in. od usytuowania punktu ładowania, uwarunkowań technicznych sieci, uwarunkowań przestrzennych itp.²⁵ w przypadku gdy zostanie podjęta decyzja o powstaniu nowego przyłącza, miejsce jego usytuowania jest uzgadniane przez OSD z inwestorem. Dzięki temu zapewnia się optymalne umiejscowienie przyłącza.

W przypadku przyłączania do sieci elektroenergetycznych punktów szybkiego ładowania lub zespołu stacji ładowania, wymagających większej mocy przyłączeniowej, możliwe jest również przyłączenie do sieci średniego napięcia poprzez stację transformatorową należącą do inwestora.

²⁵ Źródło: „Dobre praktyki Operatorów Systemów Dystrybucyjnych. Informacje dla inwestorów zainteresowanych przyłączeniem do sieci elektroenergetycznej punktów ładowania samochodów elektrycznych” PTPIREE

4. Wyniki przeprowadzonych analiz

4.1. Analiza stanu obecnego

4.1.1. Miasto Białystok

Miasto Białystok to miasto na prawach powiatu, usytuowane w województwie podlaskim. Zamieszkiwane jest przez 297,4 tys. mieszkańców (stan w dniu 30 czerwca 2018r. Wg Urzędu Statystycznego w Białymstoku), co nakłada na miasto obowiązek sporządzania co 36 miesięcy analizy kosztów i korzyści wynikających z ustawy o elektromobilności (Dz. U. 2018 poz 317, art. 37).

Białystok graniczy z sześcioma gminami:

- Dobrzyniewo Duże
- Wasilków
- Supraśl
- Zabłudów
- Juchnowiec Kościelny
- Choroszcz

Rysunek 1. Białystok oraz gminy w jego otoczeniu



Źródło: Białostocki Obszar Funkcjonalny w latach 2014-2016 - Urząd Statystyczny w Białymstoku

4.1.2. Transport publiczny w Białymstoku

Organizator oraz przewoźnicy realizujący transport publiczny

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

Organizatorem publicznego transportu zbiorowego dla miasta Białystok oraz gmin ościennych, z którymi zostały zawarte porozumienia międzygminne, jest Zarząd Białostockiej Komunikacji stanowiący departament w strukturach Urzędu Miejskiego w Białymstoku. Na zlecenie ZBKM funkcję operatora publicznego transportu zbiorowego pełnią trzy przedsiębiorstwa:

- Komunalny Zakład Komunikacyjny
- Komunalne Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej
- Komunalne Przedsiębiorstwo Komunikacyjne

Pomiędzy Miastem Gminą Białystok a powyższymi przedsiębiorstwami dnia 1 grudnia 2009r. zostały zawarte trzy umowy wykonawcze na świadczenie usług przewozu regularnego osób w krajowym transporcie drogowym w komunikacji miejskiej organizowanej na liniach komunikacyjnych powierzonych przewoźnikowi. Wszystkie umowy obowiązują do 30 listopada 2019r., jednak Miasto ogłosiło zamiar przedłużenia ich na kolejne 10 lat.

W umowach została określona liczba wozokilometrów realizowanych przez danego przewoźnika w 2010 r. (por. Tabela 5) Ustalono, że w kolejnym roku kalendarzowym w stosunku do roku poprzedniego liczba wozokilometrów może ulec:

- Zmniejszeniu w przypadku: niewywiązywania się z powierzonych zadań, wzrostu kosztów wykonania usług ponad stawki rynkowe, niespełniania parametrów jakościowych świadczenia usługi ustalonych w umowie, jak również w zależności od popytu i możliwości finansowych Miasta Białystok oraz ustaleń, z innymi jednostkami samorządu terytorialnego, w których granicach administracyjnych prowadzony jest lokalny transport zbiorowy
- Zwiększeniu o nie więcej niż 10%

Tabela 5 Liczba realizowanych wkm przez przewoźników

Przewoźnik	Liczba realizowanych wkm w 2010r.
Komunalny Zakład Komunikacyjny	3 780 000
Komunalne Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej	6 720 000
Komunalne Przedsiębiorstwo Komunikacyjne	6 780 000

Źródło: Opracowanie własne na podstawie umów

W roku 2010 zrealizowano ponad 17 mln wkm, głównie przez Komunalne Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej oraz Komunalne Przedsiębiorstwo Komunikacji. Komunalny Zakład Komunikacyjny wykonał prawie 4 mln wkm, co stanowiło ponad 20% całkowitej liczby zrealizowanych wozokilometrów w 2010r.

Porozumienia międzygminne

Miasto Gmina Białystok zawarło sześć porozumień międzygminnych w zakresie lokalnego transportu zbiorowego:

- **Choroszcz,**
- **Dobrzyniewo Duże,**
- **Juchnowiec Kościelny,**
- **Supraśl,**

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

- Wasilków,
- Zabłudów,

Na terenie wszystkich sześciu gmin, z którymi zostały zawarte porozumienia międzygminne, realizowane jest ok. 2,85 tys. wkm. Najwięcej - 50% realizowane jest na terenie gminy Juchowiec Kościelny.

Tabela 6 Liczba wozokilometrów realizowanych w ramach porozumienia międzygminnego z Gminą Choroszcz przez poszczególne linie

Nr linii	Liczba wozokilometrów		
	Dzień roboczy	Sobota	Niedziela i święta
103	661,34	465,98	425,46
107	46,40	46,40	27,84

Źródło: Opracowanie własne

Na podstawie porozumienia międzygminnego na terenie Gminy Choroszcz funkcjonują dwie linie autobusowe, o nr 103 oraz 107. W dzień roboczy na terenie Gminy realizowane jest ponad 700 wkm, głównie przez linię 103.

Tabela 7 Liczba wozokilometrów realizowanych w ramach porozumienia międzygminnego z Gminą Dobrzyniewo Duże przez poszczególne linie

Nr linii	Liczba wozokilometrów		
	Dzień roboczy	Sobota	Niedziela i święta
7	114,25	95,97	50,27
106	635,31	338,47	307,70

Źródło: Opracowanie własne

Na podstawie porozumienia międzygminnego na terenie Gminy Dobrzyniewo Duże funkcjonują dwie linie autobusowe, o nr 7 oraz 106. W dzień roboczy na terenie Gminy realizowane jest 750 wkm, głównie przez linię 106.

Tabela 8 Liczba wozokilometrów realizowanych w ramach porozumienia międzygminnego z Gminą Juchowiec Kościelny przez poszczególne linie

Nr linii	Liczba wozokilometrów		
	Dzień roboczy	Sobota	Niedziela i święta
7	120,00	60,00	60,00
10	243,10	132,60	66,30
22	237,42	158,28	131,90
104	339,90	185,94	186,27
200	137,25	0,00	0,00
201	107,95	0,00	0,00
202	203,42	0,00	0,00

Źródło: Opracowanie własne

Na podstawie porozumienia międzygminnego na terenie Gminy Juchowiec Kościelny funkcjonuje siedem linii autobusowych: 7, 10, 22, 104, 200, 201 oraz 202. W dzień roboczy na terenie Gminy realizowane jest 1,4 tys. wkm – najczęściej przez linię 104.

Poza porozumieniami międzygminnymi Miasto Gmina Białystok ma zawartą również umowę z centrum handlowym Auchan.

Charakterystyka funkcjonowania sieci i systemu komunikacji

Sieć komunikacyjną miasta Białystok tworzy 48 linii autobusowych. Sześć z nich to linie nocne, które kursują tylko w weekendy – w nocy z piątku na sobotę i z soboty na niedzielę.

Tabela 9 Podział linii z uwagi na rodzaj

Rodzaj	Numer linii
Linie dzienne – kursujące w I strefie	1, 2, 4, 5, 6, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 105, 107, 108
Linie dzienne – wyjeżdżające poza I strefą	3, 7, 10, 100, 101, 102, 103, 104, 106, 110, 200, 201, 202
Nocne	N1, N2, N3, N4, N5, N6

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych zamieszczonych na stronie <https://www.komunikacja.bialystok.pl>

Relacje na jakich funkcjonują poszczególne linie autobusowe zostały przedstawione w tabeli poniżej.

Tabela 10. Linie realizujące zbiorowy transport publiczny

Linia	relacja
1	Sikorskiego, Pętla – Grabówka, Pomnik Ofiar Zbrodni Hitlerowskiej Pętla
2	Dojlidy Górne, Pętla - św. Jerzego, Dubois
3	Nowodworce, Nowodworce – Zambrowska, Kleosin Pętla
4	Klepcka, Pętla – Kuronia, Myśliwska
5	Towarowa, Pętla – Gen. J. Hallera, Dziesięciny Pętla
6	Dolistowska, Osiedle Pieczurki – Octowa, Bażantarnia Pętla
7	Fasty, Pętla – Ołmonty, Wrzosowa
8	Szkolna, Starosielce PKP-Towarowa, Pętla
9	Produkcyjna, Pętla – Niemeńska, Wiślana
10	Kolejowa, Dworzec PKP – Koplany, Kolonia
11	Ciołkowskiego, Stadion Miejski – Zawady, Pętla
12	Pieczurki, Pętla – Szkolna, Starosielce PKP
13	Ciasne, Ciasne – Niedźwiedzia, Osiedle Dojlidy
14	Sienkiewicza, Białówny – Klepcka, Pętla
15	Halicka, Pętla – Andersa, Elektrociepłownia Pętla
16	Gajowa, Jarzębinowa – Dubois, Pawilon
17	Plażowa, Pętla – Herberta, Pętla
18	42. Pułku Piechoty, Warzywna – NSZ, Komisji Edukacji Narodowej
19	Gajowa, Jarzębinowa – Dojlidy Górne, Pętla
20	Boboli, Cmetarz – Andersa, Elektrociepłownia Pętla
21	Branickiego, Piastowska – Zielonogórska, Zielone Wzg. Pętla
22	Juchnowiec Kościelny, Juchnowiec Kościelny – B.M. Cassino, Dworzec PKS
23	Zielonogórska, Zielone Wzg. Pętla – Ciołkowskiego,

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

	Stadion Miejski
24	Kuronia, Myśliwska – Herberta, Pętla
25	Gen. Maczka, Świętokrzyska – Zielonogórska, Zielone Wzg. Pętla
26	Zagumienna, Zagumienna – Dubois, Pawilon
27	Andersa, Elektrociepłownia Pętla – Transportowa, Transportowa
28	Żyzna, Pętla- Sikorskiego, Pętla
29	Żyzna, Pętla – Gajowa, Jarzębinowa
100	Święta Woda, Święta Woda – B.M. Cassino, Dworzec PKS
101	Kuriany, Pętla – Sienkiewiczza, Rzeka Biała
102	Malmeda, Zamenhofa – Katrynka, Katrynka
103	Piłsudskiego, Pałacowa- Choroszcz, Cmentarz
104	Rostoły, Rostoły – Piłsudskiego, Pałacowa
105	Sienkiewiczza, Rzeka Biała – Sobolewo, Pętla
106	Piłsudskiego, Pałacowa – Borsukówka, Pętla
107	Klepacze, Pętla – B.M.Cassino, Dworzec PKS
108	Piłsudskiego, Pałacowa – Karakule Cmentarz, Karakule Cmentarz
200	Simuny, Simuny – Juchnowiec Kościelny, Juchnowiec Kościelny
201	Hermanówka, Hermanówka – Juchnowiec Kościelny, Juchnowiec Kościelny
202	Wojszki, Wojszki – Juchnowiec Kościelny, Juchnowiec Kościelny
N1	Sienkiewiczza, Rzeka Biała – Herberta, Pętla
N2	Sienkiewiczza, Rzeka Biała – Szkolna, Starosielce PKP
N3	Sienkiewiczza, Rzeka Biała – Dubois, Pawilon
N4	Sienkiewiczza, Rzeka Biała – Dojlidy Górne, Pętla
N5	Sienkiewiczza, Rzeka Biała – Niemeńska, Pętla

N6	Sienkiewicza, Rzeka Biała – Wasilków, Polna
-----------	---

Źródło: Opracowanie własne

Linie i realizacja rozkładów jazdy

Usługi lokalnego transportu zbiorowego w Białymstoku są realizowane przez trzy spółki:

- Komunalny Zakład Komunikacyjny Spółka z o.o. (zwany dalej KZK);
- Komunalne Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Spółka z o.o. (zwany dalej KPKM);
- Komunalne Przedsiębiorstwo Komunikacyjne Spółka z o.o. (zwany dalej KPK).

W niniejszym rozdziale zostaną przedstawione dane dotyczące linii autobusowych obsługiwanych przez KZK, KPKM oraz KPK:

- długość linii (jeśli linia jest realizowana w kilku wariantach, brano pod uwagę wariant najdłuższy);
- liczba przystanków (jeśli linia jest realizowana w kilku wariantach, brano pod uwagę wariant z największą liczbą przystanków);
- czas przejazdu (jeśli linia jest realizowana w kilku wariantach, brano pod uwagę wariant najdłuższy).

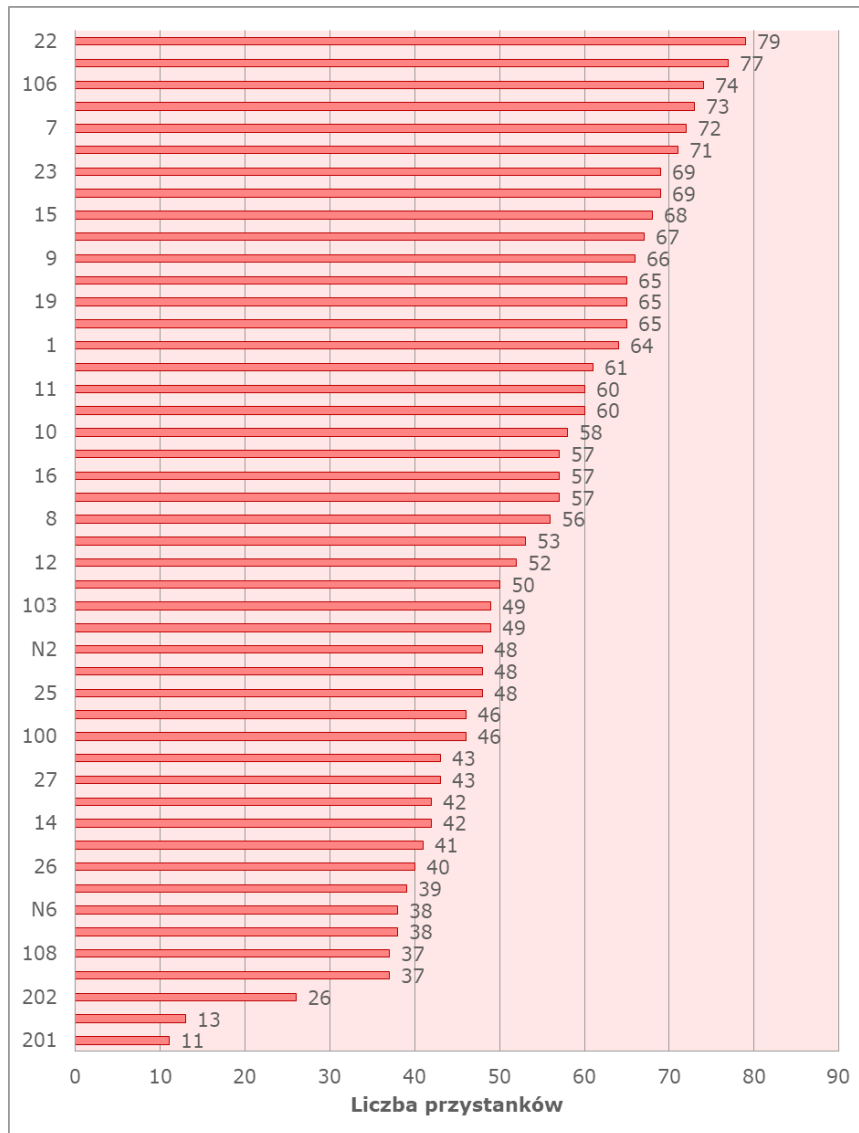
Wykaz relacji

W Białymstoku obsługiwanych jest 47 linii autobusowych.

Liczba przystanków

Poniżej przedstawiono liczbę przystanków na liniach autobusowych. Zestawienie przedstawia liczbę przystanków dla najdłuższych wariantów realizacji kursów na linii.

Wykres 1. Maksymalna liczba przystanków na liniach autobusowych w obu relacjach

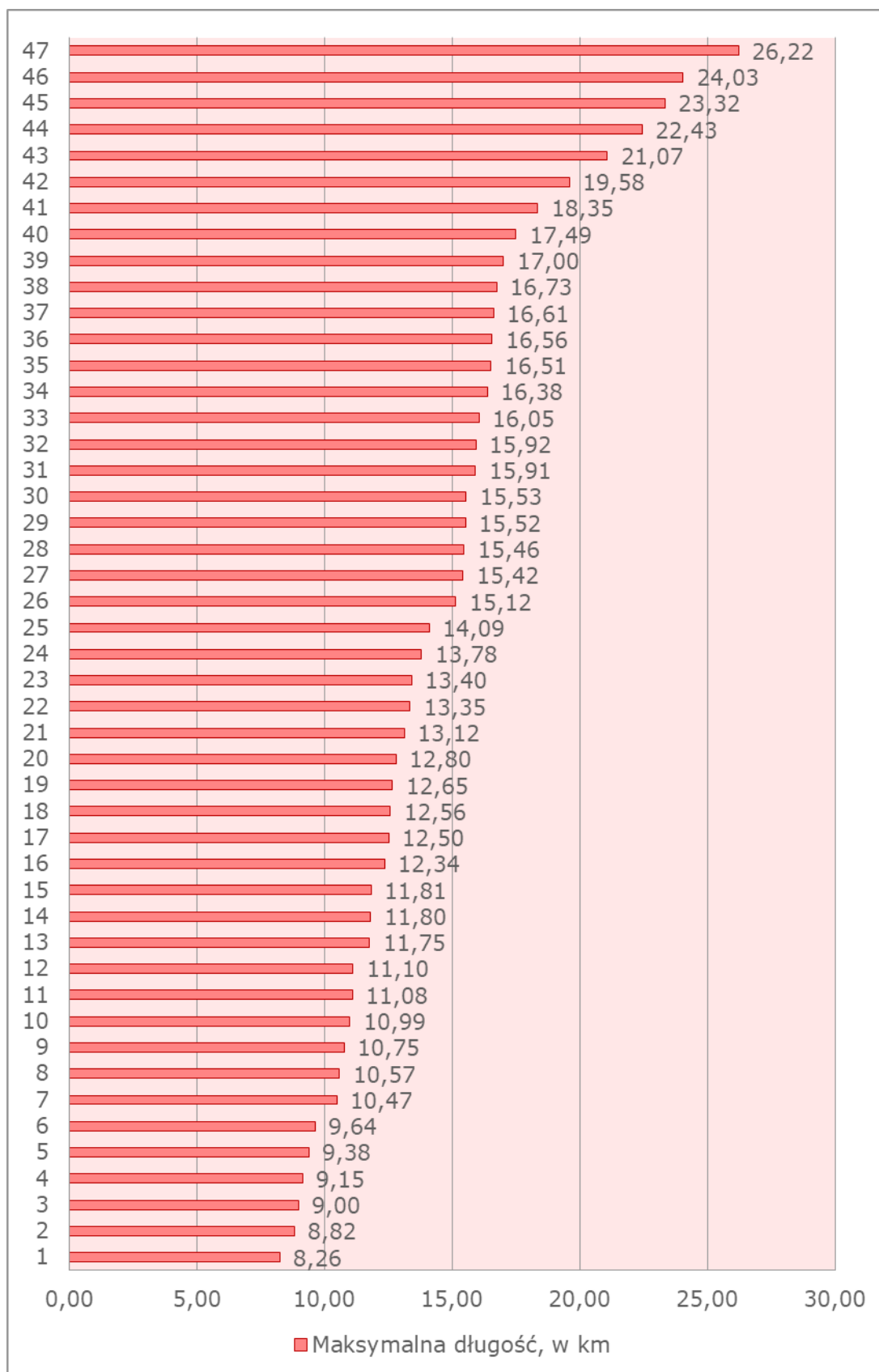


Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych dostarczonych przez Urząd Miejski w Białymstoku, stan na 29.11.2018 r. oraz źródła internetowe.

Długość linii

Poniżej przedstawiono długość linii autobusowych w Białymstoku.

Wykres 2. Długość linii autobusowych [km]

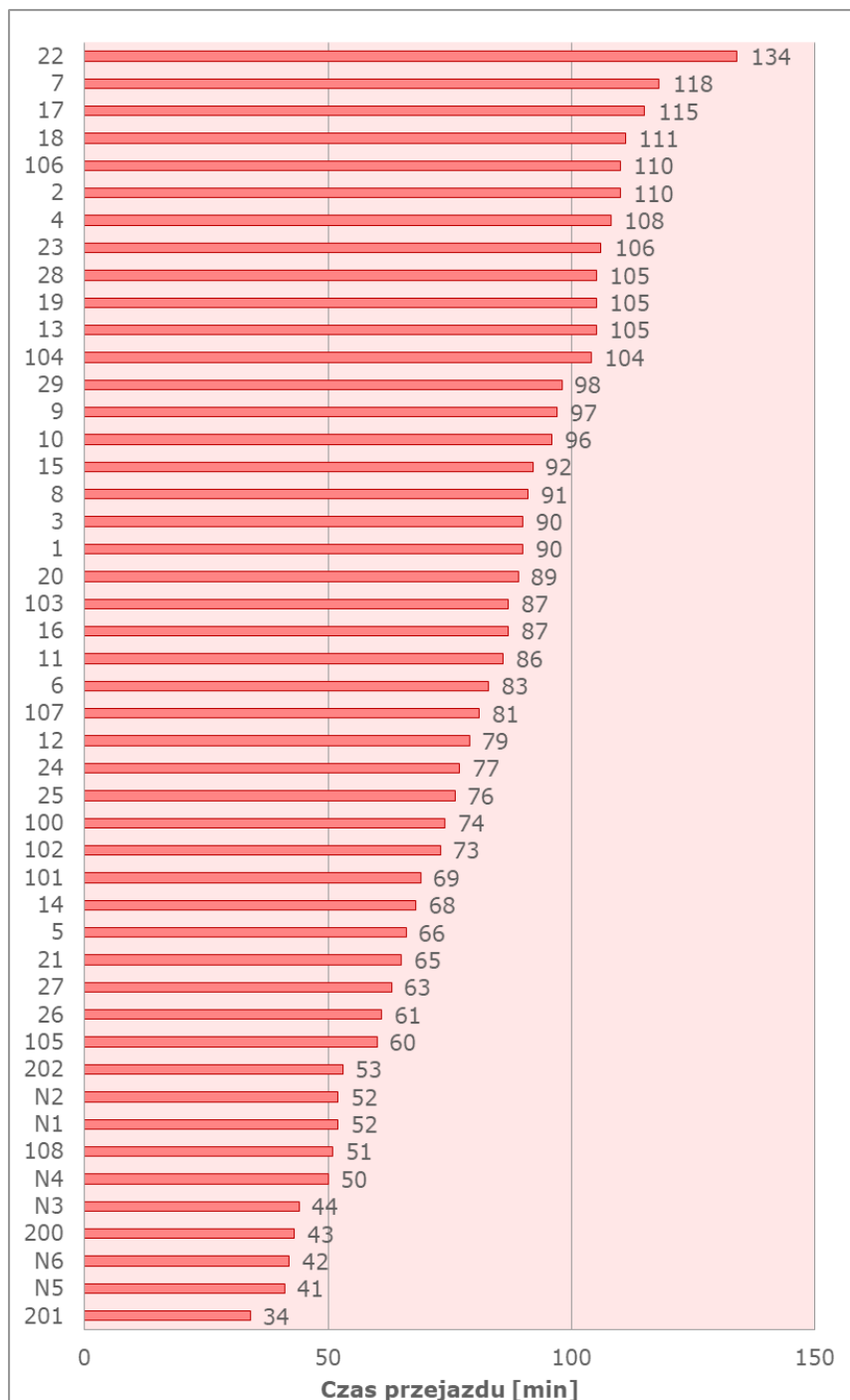


Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych dostarczonych przez Urząd Miejski w Białymstoku, stan na 29.11.2018 r. oraz źródła internetowe.

Czas przejazdu

Poniżej przedstawiono czas przejazdu na liniach autobusowych. Zestawienie przedstawia liczbę przystanków dla najdłuższych wariantów realizacji kursów na linii.

Wykres 3. Czas przejazdu na liniach autobusowych w obu relacjach [min]



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych dostarczonych przez Urząd Miejski w Białymstoku, stan na 29.11.2018 r. oraz źródła internetowe.

Analiza linii autobusowych

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

Dalszej analizie poddano linie autobusowe dzienne.

Do celów analizy wprowadzono pojęcie „wskaźnik czasu przejazdu dla linii”

$$WCP = \frac{CP}{LP}$$

Gdzie: WCP – wskaźnik czasu przejazdu dla linii [min],

CP – czas przejazdu w obu kierunkach na linii [min],

LP – liczba przystanków na linii.

Wskaźnik obrazuje czas przejazdu pomiędzy przystankami dla linii

Tabela 11. Wskaźnik czasu przejazdu dla linii

Nr linii	Czas przejazdu - CP [min]	Liczba przystanków - LP	Wskaźnik czasu przejazdu - WCP [min]
200	43	13	3,308
201	34	11	3,091
202	53	26	2,038
103	87	49	1,776
21	65	37	1,757
102	73	42	1,738
104	104	61	1,705
22	134	79	1,696
5	66	39	1,692
4	108	65	1,662
10	96	58	1,655
7	118	72	1,639
8	91	56	1,625
14	68	42	1,619
19	105	65	1,615
100	74	46	1,609
2	110	69	1,594
25	76	48	1,583
17	115	73	1,575
24	77	49	1,571
13	105	67	1,567
20	89	57	1,561
23	106	69	1,536
107	81	53	1,528
16	87	57	1,526
26	61	40	1,525
12	79	52	1,519
29	98	65	1,508
3	90	60	1,500
106	110	74	1,486

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

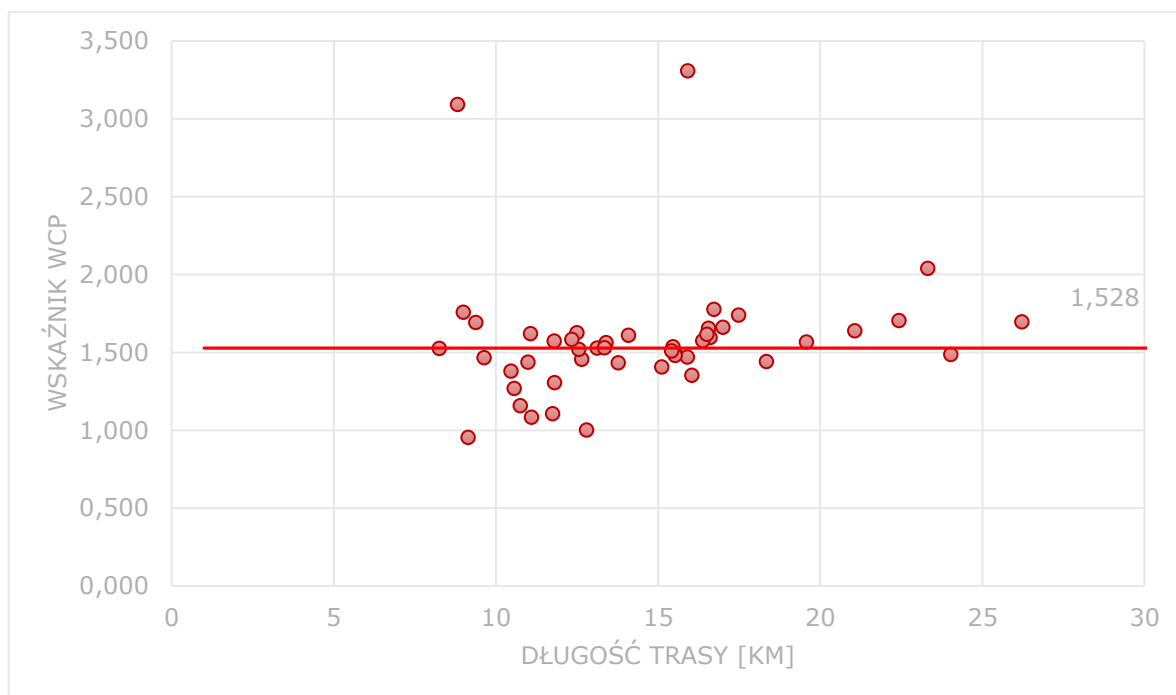
28	105	71	1,479
9	97	66	1,470
27	63	43	1,465
6	83	57	1,456
18	111	77	1,442
101	69	48	1,438
11	86	60	1,433
1	90	64	1,406
108	51	37	1,378
15	92	68	1,353
105	60	46	1,304
N1	52	41	1,268
N3	44	38	1,158
N6	42	38	1,105
N2	52	48	1,083
N4	50	50	1,000
N5	41	43	0,953

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych dostarczonych przez Urząd Miejski w Białymstoku, stan na 29.11.2018 r. oraz źródła internetowe.

Dla 50% linii wskaźnik czasu przejazdu jest niższy niż 1.528 min.

Poniżej przedstawiono relację długości trasy do wskaźnika WCP. Linią poziomą zaznaczono medianę wskaźnika WCP.

Wykres 4. Wskaźnik czasu przejazdu dla linii, a długość linii



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych dostarczonych przez Urząd Miejski w Białymstoku, stan na 29.11.2018 r. oraz źródła internetowe.

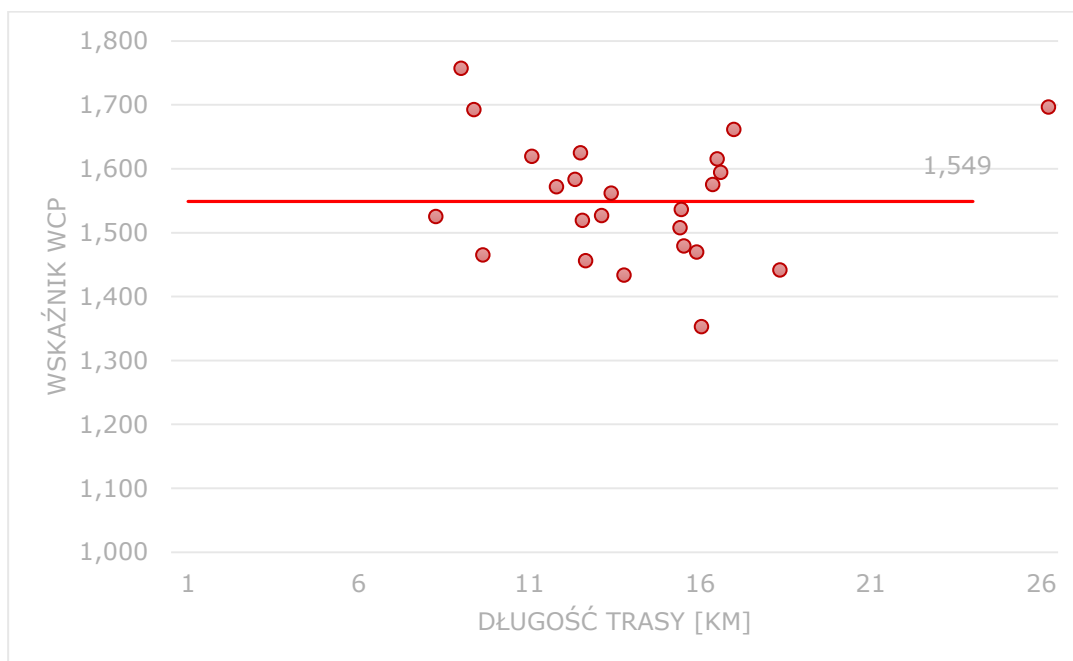
Z uwagi na to, iż:

- koszt energii w taryfach nocnych jest niższy niż w taryfach dziennych,
- efekt zmniejszenia emisji w miejskiej sieci transportowej w godzinach nocnych jest niższy niż w godzinach dziennych z uwagi na mniejsze natężenie ruchu;
- linie nocne są mniej „atrakcyjne” wizerunkowo od linii dziennych;
- poziom ryzyka uszkodzeń taboru na liniach nocnych jest wyższy niż na liniach dziennych;
- zasięg autobusów elektrycznych pozwala na stosowanie ich na trasach umiarkowanie długich.

Do dalszych analiz przyjmuje się wyłącznie miejskie linie dzienne. Z analiz wyklucza się linie: 3, 10, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 200, 201, 202 oraz linie nocne N1-N6.

Poniżej przedstawiono relację długości trasy do wskaźnika WCP wyłącznie dla miejskich linii dziennych. Linia poziomą zaznaczono medianę wskaźnika WCP.

Wykres 5. Wskaźnik czasu przejazdu, a długość dla linii dziennych



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych dostarczonych przez Urząd Miejski w Białymstoku, stan na 29.11.2018 r. oraz źródła internetowe.

Praca przewozowa

Poniżej przedstawiono wykonanie pracy przewozowej przez wszystkie spółki komunikacyjne w Białymstoku w 2017 r.

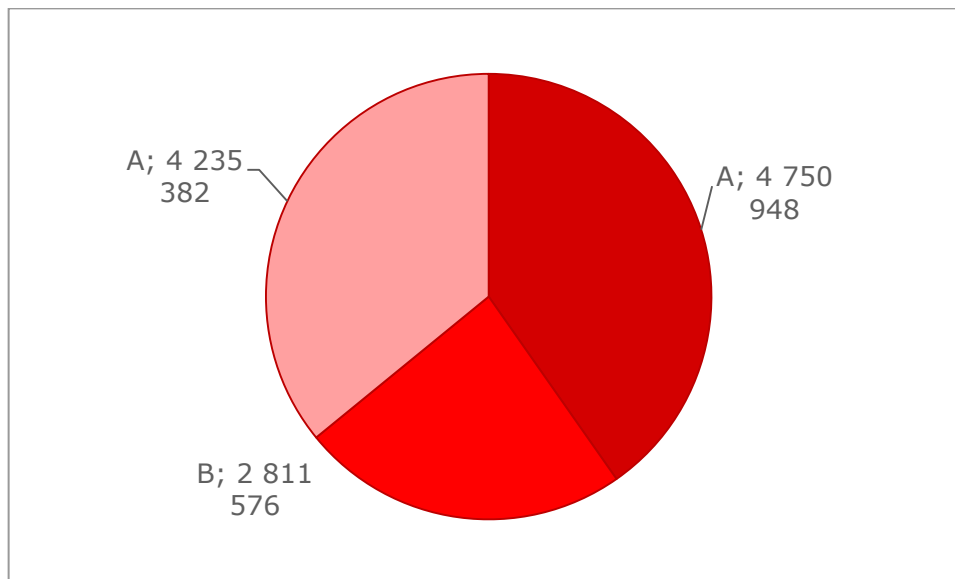
Tabela 12. Wykonanie wozokilometrów według spółek przewozowych w 2017 roku

KPKM	5,61
KPK	6,38
KZK	4,27
Suma	16,26

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych dostarczonych przez Urząd Miejski w Białymstoku, stan na 29.11.2018 r.

Poniżej przedstawiono strukturę wykonania pracy przewozowej przez wszystkie spółki komunikacyjne w Białymstoku w 2017 r.

Wykres 6. Struktura wykonania wozokilometrów przez Spółki przewozowe w 2017 roku



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych dostarczonych przez Urząd Miejski w Białymstoku, stan na 29.11.2018 r.

Liczba pasażerów

Ogółem w 2017 roku przewieziono 99 275 000 pasażerów.

Tabor autobusowy

Do realizacji zadań przewozowych wykorzystywany jest tabor, składający się z 266 autobusów.

Poniżej przedstawiono liczbę autobusów należących do spółek komunikacyjnych w Białymstoku.

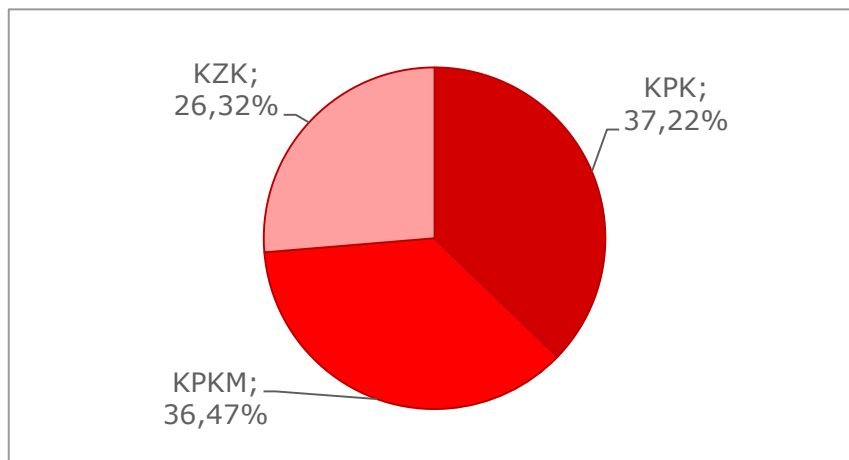
Tabela 13. Tabor autobusowy (stan na 01.11.2018) według spółek

Spółka	Liczba autobusów
KPK	99
KPKM	97
KZK	70
Suma	266

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych dostarczonych przez Urząd Miejski w Białymstoku, stan na 29.11.2018 r.

Poniżej przedstawiono strukturę posiadania taboru.

Wykres 7. Struktura posiadania taboru autobusowego przez Spółki (stan na 01.11.2018 r.)



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych dostarczonych przez Urząd Miejski w Białymstoku, stan na 29.11.2018 r.

Parametry eksploatacyjne

Poniżej przedstawiono liczbę, rok produkcji i rodzaj silnika autobusów dla każdej ze spółek.

Tabela 14. Tabor autobusowy (stan na 01.11.2018)

Marka, Typ	Liczba	Rok produkcji	Rodzaj silnika
KPK - 99 sztuk taboru			
MAN A 23	5	2006	Diesel
Man A21 Lion's City	9	2015 - 2016	Diesel
MAN A21	12	2006 - 2007	Diesel
MAN Lion's City Hybrid	1	2011	Diesel
MAN NG 312	1	1998	Diesel
MAN NL253 Lion's City Hybrid	1	2010	Diesel
Mercedes Benz 628 03 Citaro G	5	2015	Diesel
Mercedes Benz 628B02 Conecto G	1	2015	Diesel
Mercedes O 530 G Citaro	8	2010	Diesel
Mercedes-Benz 628 Conecto LF	2	2008	Diesel
Mercedes-Benz 628 03 Citaro G	3	2013	Diesel
Mercedes-Benz 628 B01 Conecto	1	2016	Diesel
Mercedes-Benz Citaro	1	2013	Diesel
Mercedes-Benz	6	2018	Diesel
Solaris U 12	9	2010-2012	Diesel
Solaris U 18	28	2010-2012	Diesel
Solaris Urbino 12	6	2003-2004	Diesel
KPKM - 97 sztuk taboru			
Jelcz 120 MM/2	1	1998	Diesel

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

Kapena Iveco 72C Urby	2	2015	Diesel
MAN A78	1	2005	Diesel
MAN A 23	6	2006	Diesel
MAN A21	11	2006-2007	Diesel
MAN NG 312	11	1999-2000	Diesel
MAZ 105065	4	2007-2009	Diesel
Mercedes Benz 0671	2	2005	Diesel
Mercedes-Benz	9	2018	Diesel
Solaris U 12	24	2010-2012	Diesel
Solaris U 18	22	2004-2012	Diesel
Solaris Urbino 18	4	2016	Diesel
KZK – 70 sztuk taboru			
Jelcz 120MM/2	7	1999	Diesel
Jelcz PR110M	1	1985	Diesel
MAN A21 UNIJNY	9	2006-2007	Diesel
MAN A78	1	2005	Diesel
MAN NG 312	5	2000	Diesel
Mercedes-Benz	3	2018	Diesel
Solaris U 12	31	2010-2012	Diesel
Solaris U 18	3	2015	Diesel
Solaris U 18	6	2015	Diesel
Solaris Urbino 12	2	2004	Diesel
VOLVO B4SC (7900)	2	2018	Diesel

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych dostarczonych przez Urząd Miejski w Białymstoku, stan na 29.11.2018 r.

W spółce KPK największy udział stanowią autobusy Solaris U18 wyprodukowane w latach 2010 – 2012, w spółce KPKM Solaris U12 wyprodukowany w latach 2010 – 2012, w spółce KZK Solaris U12 wyprodukowany w latach 2010 – 2012.

Poniżej przedstawiono tabor spółek według norm emisji spalin. Oznaczenie pojazdu z normą EEV oznacza Enhanced Environmental Friendly Vehicle.

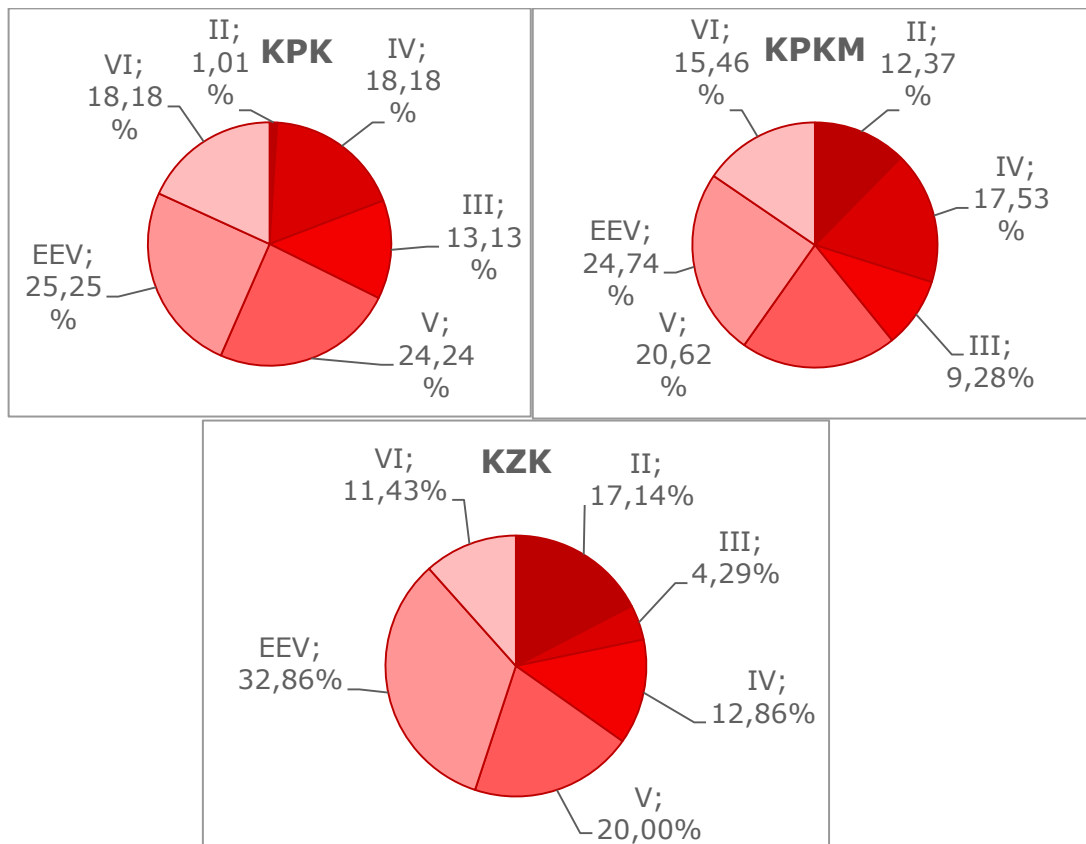
Tabela 15. Tabor autobusowy według norm emisji spalin (stan na 30.06.2017)

Norma emisji spalin	Liczba	Rok produkcji
KPK - 99 sztuk taboru		
II	1	1988
III	13	2003-2006
IV	18	2006-2009
V	24	2008-2010
EEV	25	2010-2012
VI	18	2013-2018
KPKM - 97 sztuk taboru		
II	12	1998
III	9	2004-2009
IV	17	2006-2007
V	20	2010
EEV	24	2011-2012
VI	15	2015-2018
KZK - 70 sztuk taboru		
0	1	1985
II	12	1999-2000
III	3	2004-2005
IV	9	2006-2007
V	14	2010
EEV	23	2011-2012
VI	8	2015-2018

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych dostarczonych przez Urząd Miejski w Białymstoku, stan na 29.11.2018 r.

Poniżej przedstawiono udział pojazdów według norm emisji spalin dla każdej ze spółek.

Wykres 8. Udział pojazdów według norm emisji w taborze autobusowym (stan na 01.11.2018)



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych dostarczonych przez Urząd Miejski w Białymstoku, stan na 29.11.2018 r.

Autobusy o normie spalania niższej niż EURO 5, stanowią:

- w KPK 32.32% taboru.
- w KPKM 39.11% taboru.
- w KZK 35.71% taboru.

Poniżej przedstawiono liczbę autobusów względem roku produkcji dla każdej ze spółek.

Tabela 16. Tabor autobusowy według roku produkcji (stan na 01.11.2018)

Rok produkcji	Liczba sztuk
KPK – 99 sztuk	
1998	1
2003	2
2004	4
2005	6
2006	12
2007	6
2008	2
2009	1
2010	23
2011	7
2012	17
2013	4
2015	6
2016	2
2018	6
KPKM – 97 sztuk	
1998	1
1999	4
2000	7
2004	2
2005	3
2006	13
2007	6
2009	2
2010	20
2011	16
2012	8
2015	2
2016	4
2018	9
KZK – 70 sztuk	
1985	1
1999	7
2000	5
2004	2
2005	1
2006	6

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

2007	3
2010	14
2011	13
2012	10
2015	3
2018	5
Suma	266

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych dostarczonych przez Urząd Miejski w Białymstoku, stan na 29.11.2018 r.

Wskaźnik wieku taboru wynosi:

- w KPK – 8,08 lat (autobusy starsze niż 6 lat stanowią 64.77% taboru autobusowego)
- w KPKM – 8,90 lat (autobusy starsze niż 6 lat stanowią 76.29% taboru autobusowego)
- w KZK – 9,63 lat (autobusy starsze niż 6 lat stanowią 74.29% taboru autobusowego)

Poniżej przedstawiono analizę zużycia paliwa i wykonanych wozokilometrów dla spółek KPKM, KPK i KZK.

Tabela 17. Rok produkcji autobusu, a wozokilometry

Rok produkcji	KPKM Wozokilometry 01.11.2017– 31.10.2018	KPK Wozokilometry 01.01.2018- 25.11.2018	KZK Wozokilometry 01.10.2017- 31.10.2018
1998	8 302,00	21 915,00	-
1999	151 269,00	-	91 963,00
2000	325 333,00	-	202 486,00
2003	-	64 749,00	-
2004	61 447,00	210 675,00	103 690,00
2005	132 763,00	339 065,00	35 247,00
2006	877 533,90	723 565,00	528 778,00
2007	382 597,00	410 193,00	250 083,00
2008	-	101 940,00	-
2009	76 597,00	71 865,00	-
2010	1 508 702,80	1 424 147,85	1 205 677,00
2011	1 348 646,00	429 711,00	1 207 116,00
2012	649 416,00	1 167 088,00	984 630,00
2013	-	250 625,00	-
2015	139 994,00	419 411,00	225 883,00
2016	298 227,00	71 319,00	-
2018	1 959,00	-	9 299,00
Suma końcowa	5 962 786,70	5 706 268,85	4 844 852,00

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych dostarczonych przez Urząd Miejski w Białymstoku, stan na 29.11.2018 r.

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

Autobusy starsze niż 6 lat wykonały:

- w KPKM 81,73% przebiegów,
- w KPK 66,56% przebiegów,
- w KZK 74,82% przebiegów.

Poniżej przedstawiono wykonanie wozokilometrów dla każdej ze spółek względem normy emisji spalin.

Tabela 18. Norma emisji spalin, a wozokilometry

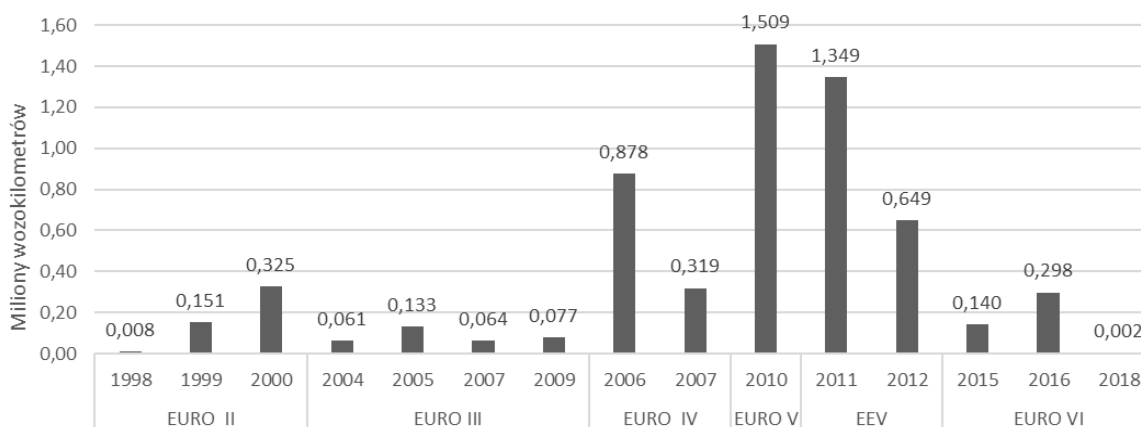
Norma emisji spalin	KPKM Wozokilometry 01.11.2017– 31.10.2018	KPK Wozokilometry 01.01.2018- 25.11.2018	KZK Wozokilometry 01.10.2017- 31.10.2018
EURO II	484 904,00	21 915,00	294 449,00
EURO III	334 338,00	670 121,00	138 937,00
EURO IV	1 196 599,90	1 149 991,00	778 861,00
EURO V	1 508 702,80	1 465 539,85	1 205 677,00
EEV	1 998 062,00	1 657 347,00	2 191 746,00
EURO VI	440 180,00	741 355,00	235 182,00
Suma końcowa	5 962 786,70	5 706 268,85	4 844 852,00

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych dostarczonych przez Urząd Miejski w Białymstoku, stan na 29.11.2018 r.

Autobusy z normą emisji spalin mniejszą niż EURO 5, realizują:

- w KPKM 33,81% przebiegów,
- w KPK 32,28% przebiegów,
- w KZK 25,02% przebiegów.

Wykres 9. Liczba wozokilometrów taboru autobusowego wg rocznika i norm spalania – spółka KPKM

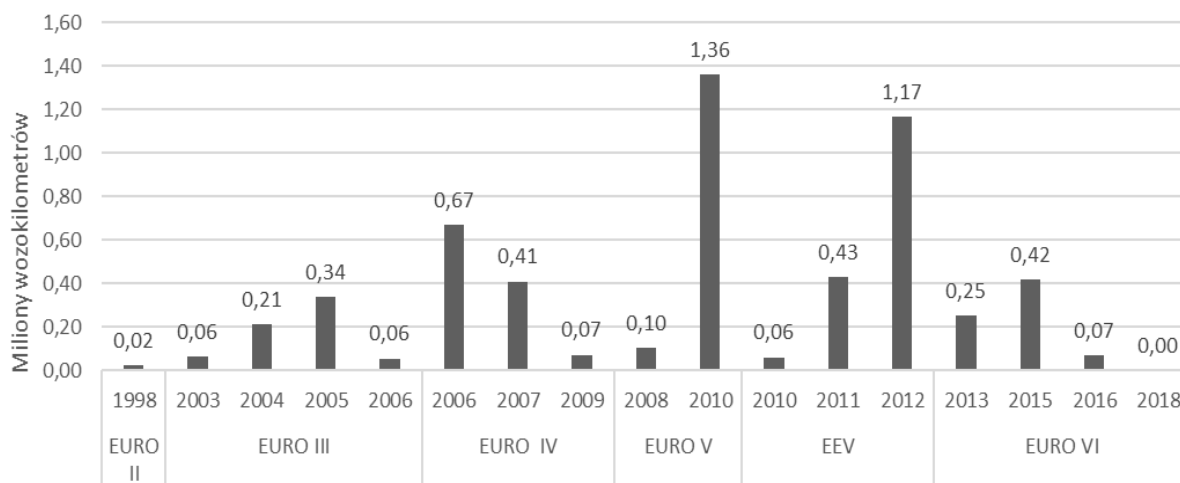


ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych dostarczonych przez Urząd Miejski w Białymstoku, stan na 29.11.2018 r.

Autobusy, których okres eksploatacji jest dłuższy niż 6 lat i posiadają normę spalania niższą niż EURO 5 wykonały 81.73% pracy przewozowej (wozokilometry).

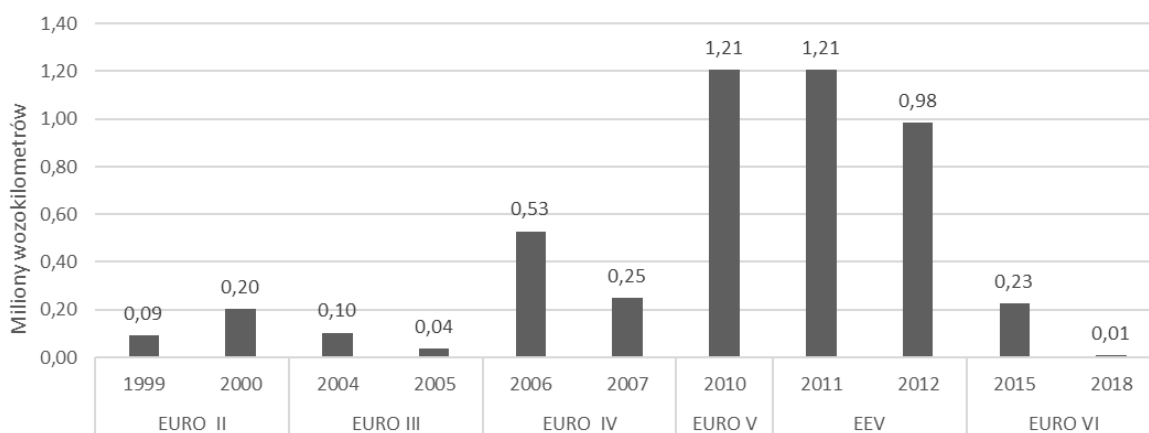
Wykres 10. Liczba wozokilometrów taboru autobusowego wg rocznika i norm spalania – spółka KPK



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych dostarczonych przez Urząd Miejski w Białymstoku, stan na 29.11.2018 r.

Autobusy, których okres eksploatacji jest dłuższy niż 6 lat i posiadają normę spalania niższą niż EURO 5 wykonały 66.56% pracy przewozowej (wozokilometry).

Wykres 11. Liczba wozokilometrów taboru autobusowego wg rocznika i norm spalania – spółka KZK



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych dostarczonych przez Urząd Miejski w Białymstoku, stan na 29.11.2018 r.

Autobusy, których okres eksploatacji jest dłuższy niż 6 lat i posiadają normę spalania niższą niż EURO 5 wykonały 74.82% pracy przewozowej (wozokilometry).

Poniżej przedstawiono zużycie paliwa względem roku produkcji autobusu dla każdej ze spółek.

Tabela 19. Rok produkcji autobusu, a zużycie paliwa

Rok produkcji	KPKM Zużycie paliwa w litrach 01.11.2017 – 31.10.2018	KPK Zużycie paliwa w litrach 01.01.2018- 25.11.2018	KZK Zużycie paliwa w litrach 01.10.2017- 31.10.2018
1998	3 011,34	13 886,91	-
1999	81 063,57	-	34 925,19
2000	171 008,32	-	105 913,45
2003	-	27 684,45	-
2004	32 835,38	86 322,71	42 213,52
2005	68 189,83	135 736,59	13 577,91
2006	389 420,16	333 251,03	208 590,85
2007	156 547,49	174 170,91	98 198,20
2008	-	39 132,49	-
2009	42 067,87	34 436,44	-
2010	603 492,74	657 058,83	482 723,07
2011	575 039,20	216 620,97	499 986,18

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

2012	287 387,83	563 837,00	374 881,73
2013	-	118 812,29	-
2015	17 890,48	197 876,44	113 358,18
2016	147 041,14	24 261,45	-
2018	1 026,19	0,00	3 269,69
Suma końcowa	2 576 021,54	2 623 088,51	1 977 637,97

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych dostarczonych przez Urząd Miejski w Białymstoku, stan na 29.11.2018 r.

Autobusy starsze niż 6 lat zużyły:

- w KPK 65.51% całkowitego zużycia,
- w KPKM 82.40% całkowitego zużycia,
- w KZK 75.15% całkowitego zużycia.

Tabela 20. Norma emisji spalin, a zużycie paliwa

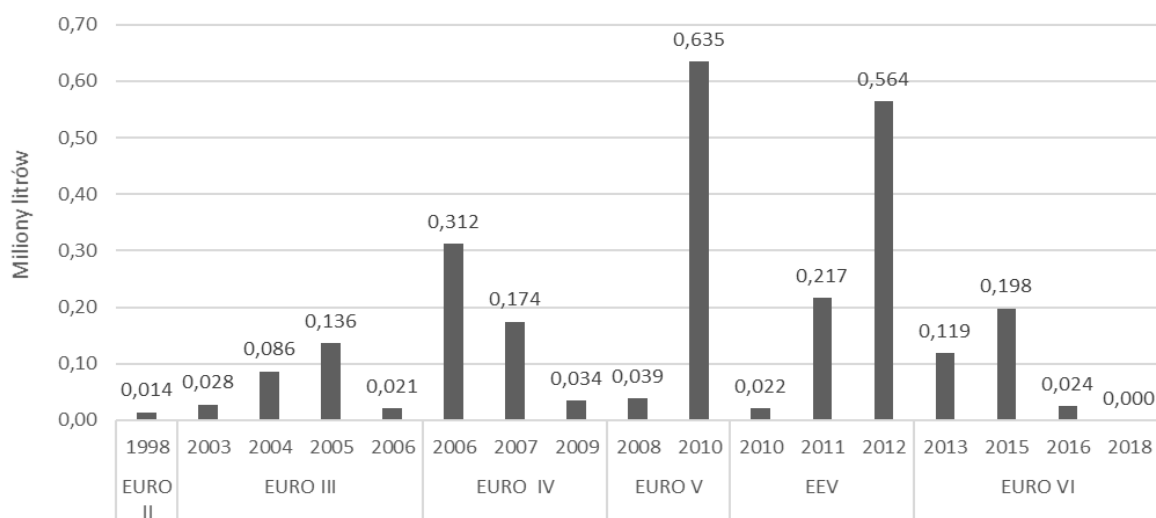
Rok produkcji	KPKM Zużycie paliwa w litrach 01.11.2017 – 31.10.2018	KPK Zużycie paliwa w litrach 01.01.2018- 25.11.2018	KZK Zużycie paliwa w litrach 01.10.2017- 31.10.2018
EURO II	255 083,23	13 886,91	140 838,64
EURO III	176 004,94	271 243,11	55 791,43
EURO IV	513 055,79	520 359,02	306 789,05
EURO V	603 492,74	674 567,34	482 723,07
EURO EEV	862 427,03	802 081,95	874 867,91
EURO VI	165 957,81	340 950,18	116 627,87
Suma końcowa	2 576 021,54	2 623 088,51	1 977 637,97

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych dostarczonych przez Urząd Miejski w Białymstoku, stan na 29.11.2018 r.

Autobusy z normą emisji spalin mniejszą niż EURO 5, zużyły:

- w KPK 30.71% całkowitego zużycia,
- w KPKM 36.65% całkowitego zużycia,
- w KZK 25.46% całkowitego zużycia.

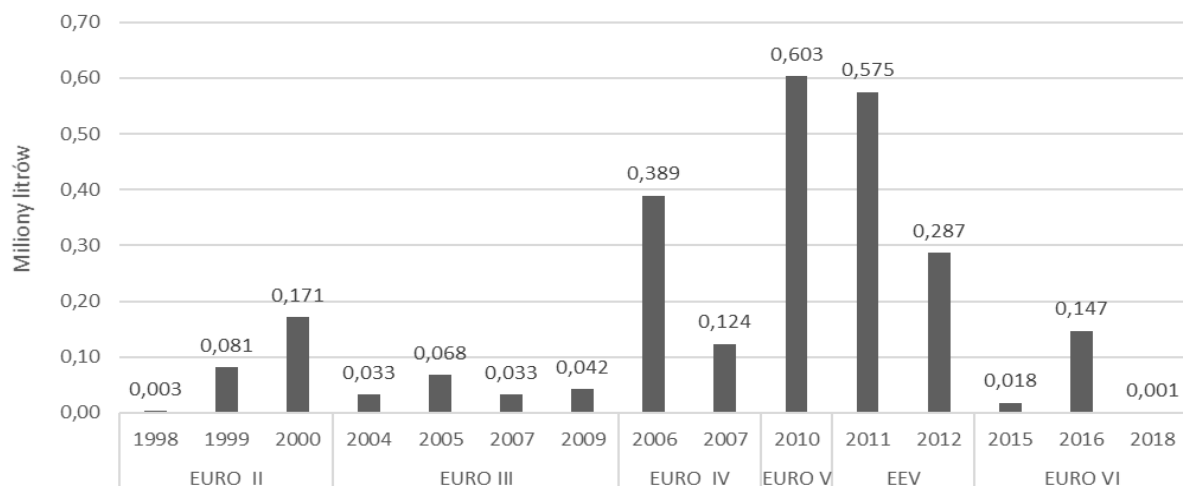
Wykres 12. Zużycie paliwa przez tabor autobusowy wg rocznika i norm spalania – KPK



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych dostarczonych przez Urząd Miejski w Białymstoku, stan na 29.11.2018 r.

Autobusy, których okres eksploatacji jest dłuższy niż 6 lat i posiadają normę spalania niższą niż EURO 5 zużyły w 2017 roku 65,51% paliwa.

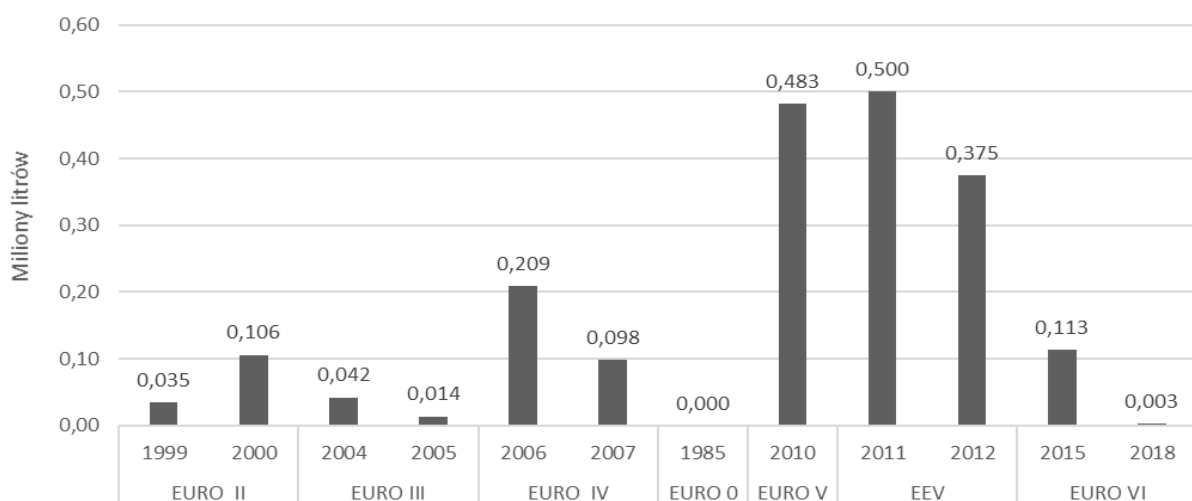
Wykres 13. Zużycie paliwa przez tabor autobusowy wg rocznika i norm spalania – KPKM



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych dostarczonych przez Urząd Miejski w Białymstoku, stan na 29.11.2018 r.

Autobusy, których okres eksploatacji jest dłuższy niż 6 lat i posiadają normę spalania niższą niż EURO 5 zużyły w 2017 roku 82,40% paliwa.

Wykres 14. Zużycie paliwa przez tabor autobusowy wg rocznika i norm spalania – KZK



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych dostarczonych przez Urząd Miejski w Białymstoku, stan na 29.11.2018 r.

Autobusy, których okres eksploatacji jest dłuższy niż 6 lat i posiadają normę spalania niższą niż EURO 5 zużyły w 2017 roku 75,15% paliwa.

Podsumowanie parametrów eksploatacyjnych

Poniżej przedstawiono podsumowanie parametrów eksploatacyjnych, dla taboru autobusowego w grupach eksploatacyjnych.

Tabela 21. Podsumowanie parametrów eksploatacyjnych

Grupa pojazdów	Liczba pojazdów	Wozokilometry	Zużycie paliwa, w litrach	Średnie zużycie litry na 100 km
KPK				
A	64	3 797 825,85	1 718 301,33	45,24
B	35	1 908 443,00	904 787,18	47,41
A	74	4 873 190,70	2 122 675,90	43,56
B	23	1 089 596,00	453 345,64	41,61
KZK				
A	52	3 625 040,00	1 486 128,37	41,00
B	18	1 219 812,00	491 509,60	40,29

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych dostarczonych przez Urząd Miejski w Białymstoku, stan na 29.11.2018 r.

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

Legenda:

Grupa A – pojazdy o normie emisji spalin EURO 2, EURO 3 i EURO 4 oraz okresie eksploatacji dłuższym niż 6 lat

Grupa B – pojazdy o normie emisji spalin EURO 5, EEV i EURO 6 oraz okresie eksploatacji krótszym niż 7 lat

Harmonogram wymiany floty

Poniżej przedstawiono harmonogram wymiany floty autobusowej w Białymstoku.

Tabela 22. Harmonogram wymiany floty

Tytuł projektu	Nazwa zadania	Termin zakończenia dostaw (data faktyczna lub planowana)
Rozwój infrastruktury transportu miejskiego w Białymstoku	Zakup niskoemisyjnego taboru	na 2 autobusy hybrydowe - 04.05.2019 r. na 18 szt. autobusów diesel - 13.10.2019
Poprawa dostępności centrum Białegostoku dla komunikacji miejskiej	Zakup 20 szt. niskoemisyjnego taboru	Pierwsze postępowanie: 01.10.2018 r.; Drugie postępowanie: 29.10.2018 r.
Intermodalny węzeł komunikacyjny w Białymstoku	Zakup nowego zeroemisyjnego taboru o napędzie elektrycznym - 25 szt. autobusów jednoczłonowych	30.06.2021
Projekt partnerski - Rozwój transportu miejskiego i rowerowego w BOF	Zakup niskoemisyjnego taboru - 12 szt.	2020

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych dostarczonych przez Urząd Miejski w Białymstoku, stan na 29.11.2018 r.

Finansowanie

Przychody na organizację publicznego transportu zbiorowego w Białymstoku pochodzą z następujących źródeł:

- Sprzedaż biletów
- Umowy dzierżawy autobusów
- Opłaty za korzystanie z przystanków komunikacji miejskiej
- Porozumienia międzygminne
- Kary umowne
- Umowa z C.H. Auchan
- Odsetki od opłaty dodatkowej
- Opłaty dodatkowe i windykacja
- Dochody z tytułu dotacji celowej na dofinansowanie projektu „Rozwój infrastruktury transportu miejskiego w Białymstoku” w ramach Programu Operacyjnego Polska Wschodnia 2014-2020

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

W 2017 roku łączne przychody na organizację publicznego transportu zbiorowego w Białymstoku wynosiły 75 mln zł. Zgodnie z danymi dotyczącymi pierwszej połowy 2018r. szacuje się że wartość ta za cały bieżący rok pozostanie utrzymana na podobnym poziomie. Najwięcej, bo ponad 52 mln zł (70% całości) to przychody ze sprzedaży biletów. W 2017r. Miasto Białystok uzyskało dofinansowanie z tytułu dotacji celowej na dofinansowanie projektu „Rozwój infrastruktury transportu miejskiego w Białymstoku” w ramach Programu Operacyjnego Polska Wschodnia 2014-2020.

Tabela 23. Zestawienie przychodów brutto

	2016	2017	I półrocze 2018
Sprzedaż biletów	54 422 000,00	52 196 291,58	25 114 282,33
Umowy dzierżawy autobusów	13 839 000,00	14 052 365,37	7 129 959,81
Opłaty za korzystanie z przystanków komunikacji miejskiej	brak	274 745,50	102 693,50
Porozumienia międzygminne	4 583 300,00	5 337 876,26	2 687 537,34
Kary umowne	47 900,00	48 920,00	51 545,94
Umowa z C.H. Auchan		252 167,35	147 469,55
Odsetki od opłaty dodatkowej	385 900,00	336 803,56	
Opłaty dodatkowe i windykacja	2 617 900,00	2 104 741,89	1 654 186,55
Dochody z tytułu dotacji celowej na dofinansowanie projektu „Rozwój infrastruktury transportu miejskiego w Białymstoku” w ramach Programu Operacyjnego Polska Wschodnia 2014-2020	brak	202 723,79	brak

Źródło: Opracowanie własne na podstawie udostępnionych danych

4.2. Kierunki rozwoju floty na lata 2019 -2028

W celu zapewnienia zgodności z wymogami Ustawy konieczne jest spełnienie następujących procentowych wartości pojazdów elektrycznych we flocie przewoźników na terenie Miasta Białystok:

- 5 % do dnia 31.12.2020 r.,
- 10 % do dnia 31.12.2022 r.,
- 20 % do dnia 31.12.2024 r.,
- 30% do dnia 31.12.2027 r.

W odniesieniu do całkowitej liczby autobusów obsługujących komunikację miejską w Białymstoku (266 sztuk) wymagania przedstawiają się następująco:

- 14 autobusów elektrycznych do dnia 31.12.2020 r.,
- 27 autobusów elektrycznych do dnia 31.12.2022 r.,

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

- 54 autobusów elektrycznych do dnia 31.12.2024 r.,
- 81 autobusów elektrycznych do dnia 31.12.2027 r.

W poniższej tabeli odniesiono wymagania ustawowe w kolejnych latach do wymiany liczby autobusów na elektryczne.

Tabela 24. Harmonogram wymiany floty – autobusy elektryczne

Przedział czasu	2020	2022	2024	2027	Suma
Liczba wymienianych pojazdów	14	13	27	27	81
Rzeczywisty procent określony w ustawie o elektromobilności	5,26%	10,15%	20,30%	30,45%	

Źródło: Opracowanie własne

W kolejnych rozdziałach przeanalizowano warianty rozwoju floty obsługującej linie komunikacji miejskiej Białegostoku w latach 2019-2028 przy wykorzystaniu różnych typów pojazdów:

- Wariant 0 – utrzymanie stanu obecnego floty (autobusy konwencjonalne)
- Wariant 1 – wykorzystanie pojazdów elektrycznych

W wariacie 1 dobrano również optymalne linie autobusowe do zastosowania pojazdów zeroemisyjnych.

4.2.1. Wariant 0 – utrzymanie stanu obecnego floty konwencjonalnej

Założenia

Założenie 1.

Do 2028 r. w Białymstoku będzie eksploatowana wyłącznie flota autobusów konwencjonalnych z normą emisji spalin co najmniej EURO 5.

Założenie 2.

Wszystkie zakupione w tym okresie pojazdy będą zastępować wyeksploatowany tabor.

Założenie 3.

Na podstawie „Planu zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego na lata 2015 -2022” prognozowany wzrost liczby wozokilometrów pomiędzy rokiem 2015, a 2020 wynosi 4.14%. Zakładamy więc, roczny wzrost liczby wozokilometrów (rok do roku) o 1.035%.

Założenie 4.

Zużycie paliwa w grupach eksploatacyjnych stanowi maksymalne zużycie w spółkach:

- Grupa A – 45.24 l/100 km;
- Grupa B – 47.41 l/100 km.

Prognoza liczby wozokilometrów

Poniżej przedstawiono prognozę liczby wozokilometrów dla Białegostoku.

Tabela 25. Prognoza liczby wozokilometrów w latach 2018 - 2028

Rok	tys. km
Rok bazowy (2017)* /	16 264
2018	16 432
2019	16 602
2020	16 774
2021	16 948
2022	17 123
2023	17 300
2025	17 479
2025	17 660
2026	17 843
2027	18 028
2028	18 214

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych dostarczonych przez Urząd Miejski w Białymstoku, stan na 29.11.2018 r.

Prognozowane zużycie paliwa

Poniżej przedstawiono prognozę zużycia paliwa dla taboru konwencjonalnego.

Tabela 26. Prognoza zużycia paliwa w latach 2018 – 2028

Rok	Typ autobusu	Zużycie paliwa, w litrach
2018	A	4 750 948
	B	2 811 576
2019	A	4 235 382
	B	3 432 469
2020	A	3 936 920
	B	3 826 792
2021	A	3 257 150
	B	4 621 662
2022	A	3 290 783
	B	4 669 384
2023	A	3 324 799
	B	4 717 651
2024	A	3 359 200
	B	4 766 464
2025	A	3 393 986

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

	B	4 815 822
2026	A	3 429 156
	B	4 865 725
2027	A	3 464 710
	B	4 916 174
2028	A	3 500 456
	B	4 966 896

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych dostarczonych przez Urząd Miejski w Białymstoku, stan na 29.11.2018 r.

Legenda:

Grupa A – pojazdy o normie emisji spalin EURO 2, EURO 3 i EURO 4 oraz okresie eksploatacji dłuższym niż 6 lat

Grupa B – pojazdy o normie emisji spalin EURO 5, EEV i EURO 6 oraz okresie eksploatacji krótszym niż 7 lat

4.2.2. Wariant 1 – wykorzystanie pojazdów elektrycznych w liczbie pozwalającej na spełnienie wymogów ustawy o elektromobilności

Infrastruktura elektroenergetyczna w Białymstoku

W Polsce, na przestrzeni ostatnich 10 lat, można zaobserwować stałą tendencję wzrostową w zakresie zużycia energii elektrycznej. Związane jest to głównie ze wzrostem wykorzystania urządzeń elektronicznych w gospodarstwach domowych. Dodatkowo, wykorzystanie pojazdów elektrycznych wpłynie w istotny sposób na funkcjonowanie systemu elektroenergetycznego. w krajowym systemie elektroenergetyczny wyróżnia się 3 podsystemy:

- Wytwarzanie,
- Sieć przesyłową,
- Sieć dystrybucyjną.

W zależności od dystansu, energia elektryczna jest przesyłana na różnych poziomach napięć. Wyróżnia się:

- Sieć przesyłową najwyższego napięcia – pracującą w zakresie od 220 kV do 400 kV, stosowaną w przypadku przesyłu na duże odległości,
- Sieć przesyłową i dystrybucyjną wysokiego napięcia – pracującą na napięciu 110 kV, stosowaną do przesyłu do kilkudziesięciu kilometrów,
- Sieć dystrybucyjną średniego napięcia, pracującą na napięciu od 6 kV do 30 kV, wykorzystywaną przy dystrybucji energii elektrycznej,
- Sieć dystrybucyjną niskiego napięcia, dostarczającą napięcie o wartości 230/400 V, stosowaną do dystrybucji energii elektrycznej do końcowego odbiorcy.

Powszechność wykorzystania energii elektrycznej związana jest przede wszystkim z łatwością jej transportu, rozdziałem i możliwościami regulacji. Dodatkowo, dzięki wyśrubowanym normom emisji spalin oraz zwiększeniu świadomości wśród odbiorców, wzrosły wymagania dotyczące wpływu środowiskowego, spowodowane produkcją energii elektrycznej.

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

Problematyczne okazuje się być jeden akumulowanie energii elektrycznej. Powszechnie stosowane akumulatory są stosunkowo małej pojemności, są ciężkie oraz mało wydajne. Dzięki rozwojowi elektromobilności, prowadzone są prace nad stworzeniem nowoczesnych akumulatorów, które pozwoliłyby na poszerzenie spektrum zastosowania energii elektrycznej,

Wytwarzanie

Na dzień 31 grudnia 2017 r. w Polsce była zainstalowana moc elektryczna 43 612 MW. Udział elektrowni zawodowych ciepłych wynosił 73% (z dominującym udziałem elektrowni zasilanych paliwami węglowymi). Wyprodukowana w nich energia w 2016 r. wynosiła 166 597GWh, zaś w 2017 r. już 170 335 GWh, co stanowi 102% w stosunku do poprzedniego roku.

Producentem energii elektrycznej zlokalizowanym na terenie Miasta Białystok jest Elektrociepłownia Białystok. Osiągalna moc kotłów energetycznych wynosi 530 MW.

Ponadto na terenie miasta zlokalizowana jest spalarnia odpadów. Moc elektryczna osiągalna przez spalarnię wynosi 7,15 MW.

Sieć przesyłowa

Operatorem sieci przesyłowej w Polsce jest spółka PSE S.A. Działalność spółki obejmuje przede wszystkim przesył energii elektrycznej, eksploatację sieci przesyłowej oraz krajowy i zagraniczny obrót energią elektryczną. Ponadto PSE jest właścicielem sieci najwyższych napięć. Miasto Białystok jest połączone z Krajowym Systemem Przesyłowym poprzez stację 400/110 kV GPZ „Narew”. Plan sieci przesyłowej najwyższych napięć przedstawiający obszar Miasta Białystok oraz okolic przedstawiono na rysunku *Rysunek 2*.

Rysunek 2. Plan sieci przesyłowej najwyższych napięć miasta Białystok i okolic



Źródło: Plan sieci elektroenergetycznej najwyższych napięć, <https://www.pse.pl/obszary-dzialalnosci/krajowy-system-elektroenergetyczny/plan-sieci-elektroenergetycznej-najwyzszych-napiec>, data dostępu: 04.12.2018 r.

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

Sieć dystrybucyjna

Operatorem sieci dystrybucyjnej na terenie miasta Białystok jest PGE Dystrybucja S.A. Oddział Białystok. Sieć dystrybucyjna połączona jest z systemem miejskim za pomocą linii 110 kV.

Na terenie miasta znajduje się 10 stacji elektroenergetycznych oraz dwie rozdzielnie 15 kV. Zestawienie stacji i rozdzielni przedstawiono w tabeli *Tabela 27*.

Tabela 27. Zestawienie stacji i rozdzielni znajdujących się na terenie miasta

Lp.	Nazwa stacji	Lokalizacja	Rok budowy	Typ stacji			Liczba i moc transformatorów	Komentarz
				15 kV	110 kV	220 kV		
1.	220/110/15 kV GPZ-1 Białystok	ul. Narewska	1952 r.	wewnętrzna	napowietrzna	napowietrzna	3 x 16 MVA	W trakcie modernizacji
2.	110/15 kV RPZ-3 (BI3)	ul. Elektryczna 13	2002 r.	wewnętrzna	wewnętrzna	-	2 x 25 MVA	-
3.	110/15 kV RPZ-4 (BI4)	ul. Plażowa	1978 r.	wewnętrzna	napowietrzna	-	2 x 16 MVA	Zmodernizowana
4.	110/15 kV RPZ-5 (BI5)	ul. Transportowa	1978 r.	wewnętrzna	napowietrzna	-	2 x 25 MVA	Przewidziana do modernizacji
5.	110/15 kV RPZ-6 (BI6)	ul. Jana Pawła II	2014 r.	wewnętrzna	napowietrzna	-	2 x 25 MVA	-
6.	110/15 kV RPZ-8 (BI8)	ul. Marczukowska i Skrajna	1986 r.	wewnętrzna	napowietrzna	-	2 x 25 MVA	-
7.	110/15 kV RPZ-9 (BI9)	ul. Zacisze	1972 r.	wewnętrzna	napowietrzna	-	2 x 16 MVA	Przewidziana do modernizacji
8.	110/15 kV RPZ-11 (BI11)	ul. Karpińskiego	2014 r.	wewnętrzna	napowietrzna	-	2 x 25 MVA	-
9.	110/15/6 kV RPZ Fasty (FAS)	ul. Przędzalniaka 8	2008 r.	wewnętrzna	napowietrzna	-	10 + 16 MVA	Zmodernizowana
10.	110/15 kV ECB (BI2)	ul. Andersa	-	wewnętrzna	napowietrzna	-	2 x 25 MVA	Zmodernizowana
11.	R7	-	-	Brak informacji	-	-	Nie dotyczy	-
12.	R10	-	-	Brak informacji	-	-	Nie dotyczy	-

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

Obciążenie wyżej wskazanych stacji przedstawiono w tabeli *Tabela 28*. Należy zwrócić uwagę, że w każdym z przypadków obciążenie stacji nie przekracza 50% łącznej mocy transformatorów. Daje to pełną redundancję w przypadku awarii któregoś z transformatorów.

Tabela 28. Zestawienie obciążenia stacji na terenie miasta Białystok

Lp.	Nazwa stacji	Suma mocy transformatorów	Suma zapotrzebowania mocy w stacji			Obciążenie stacji
		[MVA]	P [MW]	Q [Mvar]	S [MVA]	[%]
1.	EC2 Białystok	25 + 25	4,1	0,9	4,2	8,2
2.	RPZ3 Białystok	25 + 25	23,8	2,4	23,92	47,6
3.	RPZ4 Białystok	16 + 16	12,49	0,45	12,5	39,03
4.	RPZ5 Białystok	25 + 25	21,33	0,07	21,33	42,66
5.	RPZ6 Białystok	25 + 25	6,8	0	6,8	13,6
6.	RPZ8 Białystok	25 + 25	21,61	0,64	21,62	43,22
7.	RPZ9 Białystok	16 + 16	11,6	0,8	11,63	36,25
8.	RPZ11 Białystok	25 + 25	7,1	1,5	7,26	14,2
9.	GPZ1 Białystok	16 + 16	14,11	0,33	14,11	44,09
10.	Fasty	16 + 16	11,97	0,4	11,98	37,4

Wyżej wymienione stacje obsługują przede wszystkim linie 110 kV. Zestawienie linii znajdujących się na terenie miasta zamieszczono w tabeli *Tabela 29*.

Tabela 29. Zestawienie linii znajdujących się na terenie miasta Białystok

Lp.	Nazwa linii 110 kV	Rok budowy	Przekroje przewodów [mm ²]	Długość [m]
1.	Linia kablowa ziemna 110 kV RPZ11 – RPZ4 st. 57	2014	1000	1734,0
2.	Linia kablowa ziemna 110 kV RPZ6 Białystok - Narew	2014	630	53,0
3.	Linia kablowa ziemna 110 kV RPZ6 Białystok – GPZ1 Białystok	2014	630	53,0
4.	Linia kablowa ziemna 110 kV w ciągu GPZ1 Białystok - Jeżewo	2013	630	210,0
5.	Linia kablowa ziemna 110 kV w ciągu GPZ1 Białystok - Jeżewo ciągu BI9 – BI3	2002	800	965,0
6.	Linia kablowa ziemna 110 kV w ciągu BI3 – NAR	2002	800	949,0
7.	Linia kablowa ziemna 110 kV RPZ11 – Narew st. 57	2014	1000	1725,0
8.	Linia napowietrzna 110 kV RPZ4 – RPZ11 – st. 57	1993	240	1683,2
9.	Linia napowietrzna 110 kV GPZ1 – RPZ6/FAS – dwutorowa – st. 76	1980	185	2136,1

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

10.	Linia napowietrzna 110 kV GPZ1 – FAS/RPZ8 - FAS – dwutorowa – st. 10/7 – 10/11	1980	240	575,1
11.	Linia napowietrzna 110 kV GPZ1 – RPZ6/RPZ8 – FAS – dwutorowa – st. 74/17 – 68/23	1980	240	1612,9
12.	Linia napowietrzna 110 kV GPZ1 Białystok – RPZ6 Białystok – st. 76 - 74/17, 68/23 - 59	1977	240	1838,1
13.	Linia napowietrzna 110 kV GPZ1 Białystok – ECB Białystok	1974	240	2595,0
14.	Linia napowietrzna 110 kV ECB Białystok – Michałowo	1987	240	2303,9
15.	Linia napowietrzna 110 kV ECB Białystok – RPZ9 Białystok	1977	240	6749,4
16.	Linia napowietrzna 110 kV ECB Białystok – Wasilków	1990	240	1352,0
17.	Linia napowietrzna 110 kV GPZ1 Białystok – Czarna B. (CZB/WAS)	1993	240	1523,5
18.	Linia napowietrzna 110 kV GPZ1 Białystok – Jeżewo	1979	240	5078,2
19.	Linia napowietrzna 110 kV GPZ1 Białystok – Knyszyn	1977	240	3560,2
20.	Linia napowietrzna 110 kV GPZ1 Białystok – Fasty (76 – 10/6, 6/11 –15)	1973	240	2094,6
21.	Linia napowietrzna 110 kV RPZ5 Białystok – Narew	1984	240	1468,3
22.	Linia napowietrzna 110 kV GPZ1 Białystok – RPZ4 Białystok	1993	240	4301,5
23.	Linia napowietrzna 110 kV RPZ5 Białystok – RPZ8 Białystok	1978	240	3360,4
24.	Linia napowietrzna 110 kV Fasty – RPZ8 (Fasty – 6/11, 10/7 – 74/17, 68/23 – B18)	1973	240	4724,8
25.	Linia napowietrzna 110 kV RPZ9 Białystok – RPZ3 Białystok	1984	240	2109,5
26.	Linia napowietrzna 110 kV RPZ3 Białystok – Narew	1984	240	5640,3
27.	Linia napowietrzna 110 kV ECB Białystok – Michałowo/Wasilków dwutorowa st. 13	1986	240	2843,3
28.	Linia napowietrzna 110 kV GPZ1 – Czarna B./RPZ4 – dwutorowa 21A	1993	240	4805,0
29.	Linia napowietrzna 110 kV Narew – RPZ3./RPZ11 – dwutorowa st. 50	1993	240	1110,5
30.	Linia napowietrzna 110 kV RPZ3 – Narew/RPZ9 – dwutorowa st. 77 – 78	1993	240	179,7

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

31.	Linia napowietrzna 110 kV Narew – RPZ11 st. 57	1993	240	1759,4
-----	---	------	-----	--------

Źródło: Aktualizacja projektu założeń do planu zaopatrzenia w ciepło, energię elektryczną i paliwa gazowe dla Miasta Białegostoku na lata 2012-2030

Wg informacji przedstawionych w Aktualizacji projektu założeń do planu zaopatrzenia w ciepło, energię elektryczną i paliwa gazowe dla Miasta Białegostoku na lata 2012-2030, stan techniczny linii ocenia się jako dobry. W tabeli Tabela 30 przedstawiono zestawienie stopnia obciążenia ww. linii.

Tabela 30. Charakterystyka obciążenia linii 110 kV na terenie miasta Białystok

Lp.	Nazwa ciągu WN	Zaprojektowany I_{\max} ciągu [A]	Obciążenie linii[%]
1.	RPZ11 – RPZ4	625	14
2.	RPZ11 – Narew	625	14
3.	EC Białystok – RPZ9	625	17
4.	EC Białystok – GPZ Białystok	625	54
5.	EC Białystok – Michałowo	625	13
6.	EC Białystok – Wasilków	625	6
7.	RPZ3 – RPZ9	625	8
8.	RPZ3 – Narew	625	10
9.	RPZ4 - GPZ Białystok	625	2
10.	RPZ5 – RPZ8	625	16
11.	RPZ5 – Narew	625	45
12.	RPZ6 – GPZ Białystok	540	9
13.	RPZ6 – Narew	540	15
14.	RPZ8 – RPZ Fasty	540	10
15.	GPZ Białystok – RPZ Fasty	540	21
16.	GPZ Białystok – Jeżewo	625	4
17.	GPZ Białystok – RPZ Knyszyn	625	9
18.	GPZ Białystok – RPZ Polanka	405	27

Inwestycje w infrastrukturę elektroenergetyczną

W Planie Gospodarki Niskoemisyjnej dla miasta Białystok do roku 2020, na podstawie danych udostępnionych przez PGE Dystrybucja S.A. Oddział Białystok, przygotowano zestawienie inwestycji infrastrukturalnych z zakresu elektroenergetyki do 2019 r. Zestawienie to zostało przedstawione w tabeli Tabela 31.

Tabela 31. Zestawienie planowanych inwestycji na miasta Białystok do 2019 r.

L.p.	Zakres inwestycji
1.	Modernizacja linii 110 kV GPZ Białystok – Polanka Modernizacja stacji 110/15 kV RPZ9, RPZ5, modernizacja stacji 220/110/15 kV GPZ 1 Białystok
2.	Rozbudowa istniejącej sieci SN i nn: wyposażenie pola SN w stacji WN/SN – 2 szt., budowa złącza SN – 4 szt., budowa stacji SN/nn: 62 szt., budowa linii 15 kV – 90,1 km, budowa linii nn – 61,45 km, budowa przyłączy nn – 2390 szt.
3.	Modernizacja istniejącej sieci SN i nn: modernizacja stacji SN/nn: 56 szt., modernizacja linii 15 kV – 114,23 km, modernizacja linii nn – 88 km, modernizacja przyłączy nn – 2292 szt.

Źródło: Plan gospodarki niskoemisyjnej dla miasta Białystok do roku 2020

Linie wykorzystujące pojazdy elektryczne

Założenia

Założenie 1.

W tym wariantcie zakładamy, że do 2028 r. w Białymstoku będzie eksploatowana flota autobusów konwencjonalnych z normą emisji spalin co najmniej EURO 5 oraz flota autobusów elektrycznych.

Założenie 2.

Zakładamy, że zakupione pojazdy konwencjonalne zastąpią tabor konwencjonalny oraz, że zakupione pojazdy elektryczne zastąpią tabor konwencjonalny.

Założenie 3.

Na podstawie „Planu zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego na lata 2015 -2022” (dokument: „Plan_transportowy_XVI_240_15”, wariant rozwojowy - tabela 30) prognozowany wzrost liczby wozokilometrów pomiędzy rokiem 2015 a 2020 wynosi 4.14%. Zakładamy więc roczny wzrost liczby wozokilometrów (rok do roku) o 1.035%.

Założenie 4.

Zużycie paliwa w grupach eksploatacyjnych stanowi maksymalne zużycie w spółkach:

- Grupa A – 45.24 l/100 km
- Grupa B – 47.41 l/100 km

Założenie 5.

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

Analizujemy wyłącznie linie dzienne.

Założenie 6.

Maksymalna liczba autobusów na linii to maksymalna liczba autobusów w dobie roboczej na linii według udostępnionych danych.

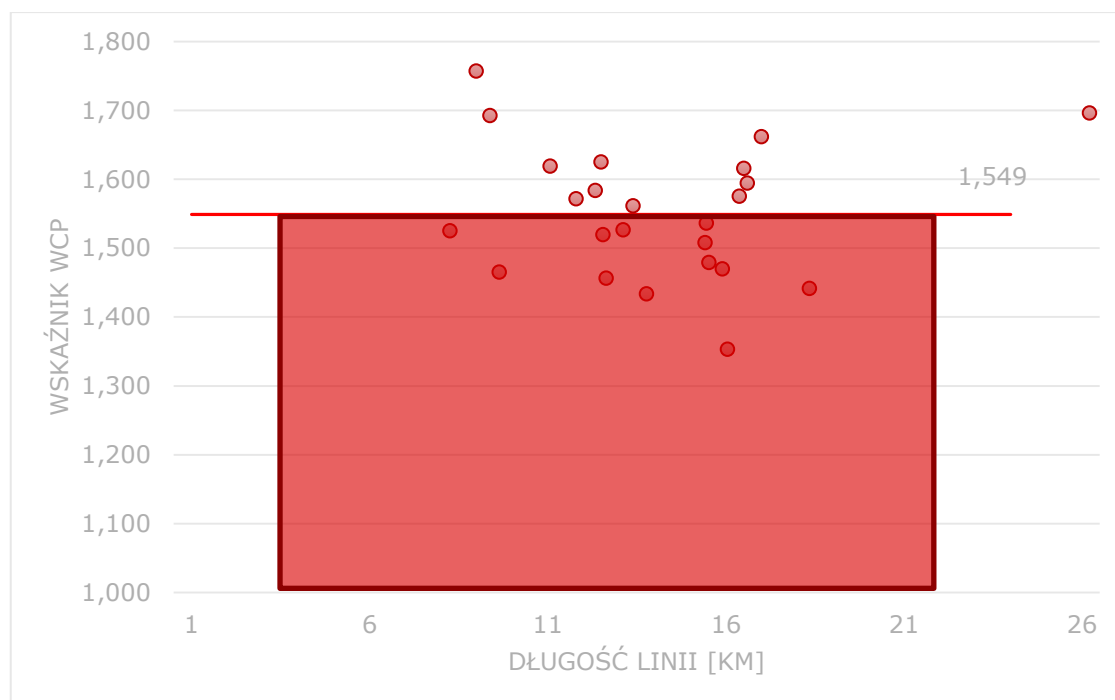
Wybór linii wykorzystujących pojazdy elektryczne odbywa się iteracyjnie.

W kroku nr 1 wyznaczamy linie o następujących parametrach:

- minimalna długość linii wynosi 6 km,
- wskaźnik czasu przejazdu WCP mniejszy niż 1.549 (mediana wskaźnika WCP dla analizowanych linii).

Zbiór warunków przedstawiono na poniższym wykresie.

Rysunek 12. Wskaźnik czasu przejazdu dla linii, a długość linii



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych dostarczonych przez Urząd Miejski w Białymstoku, stan na 29.11.2018 r.

W kroku 2 dla wybranych linii sprawdzamy maksymalną liczbę autobusów na linii. Wynik przedstawiono w poniższej tabeli.

Tabela 32. Zestawienie linii autobusowych do obsługi przez autobusy elektryczne w wariantcie 1

Nr linii	Długość linii	WCP	Maksymalna liczba autobusów na linii
6	12,65	1,456	5
9	15,91	1,470	8

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

11	13,78	1,433	6
12	12,56	1,519	7
15	16,05	1,353	3
16	13,12	1,526	10
18	18,35	1,442	6
23	15,46	1,536	3
26	8,26	1,525	5
27	9,64	1,465	4
28	15,53	1,479	6
29	15,42	1,508	5

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych dostarczonych przez Urząd Miejski w Białymstoku, stan na 29.11.2018 r.

Linie 6, 9, 11, 12, 15, 16, 18, 23, 26, 27, 28, 29 zostały wytypowane wg kryterium dotyczącego: długości tras, zgęszczenia przystanków, czasu przejazdu oraz liczby pojazdów na linii poza szczytem. Według Ustawy o elektromobilności Miasto Białystok powinno do 2021 r. wprowadzić do eksploatacji 14 autobusów elektrycznych.

Działania i inwestycje wymagane do realizacji zadania

Na tym etapie analiz należy wspomnieć o kwestiach o znaczeniu zasadniczym dla Białegostoku. Obecnie prowadzone działania mające na celu obniżenie zużycia energii w transporcie, mają sprzyjać jednoczesnemu obniżeniu kosztów operacyjnych – paliw i obsługi taboru. Jak opisano we wcześniejszych częściach raportu, tabor nisko i zero-emisyjny cechuje się wyższą efektywnością energetyczną od tradycyjnego, zasilanego olejem napędowym. Dodatkowo koszty zużycia energii elektrycznej w ujęciu rocznym (przy uwzględnieniu stałego wzrostu cen, mając na uwadze tegoroczne negatywne trendy rynkowe) będą i tak niższe od tradycyjnych autobusów z silnikami ZS. Należy jednak mieć na uwadze, iż realizacja przedsięwzięć zakładających włączenie tego typu pojazdów do floty realizującej obowiązki przewozowe w ramach komunikacji miejskiej Białegostoku wymaga przeprowadzenia szeregu strategicznych przedsięwzięć przygotowawczych. Niniejsza analiza kosztów i korzyści (AKK), swoim zakresem nie obejmuje obszarów, które można uznać za kluczowe. Analizując przekazane dane, można na te chwile **wskazuje się i rekomenduje** potrzebę wykonania działań w zakresie:

1. Optymalizacji wykorzystania taboru autobusowego na liniach

Uzasadnienie:

Przekazane dane wskazują na nieefektywne, nieoptymalne wykorzystanie taboru w pewnych obszarach i specyficznych okresach czasowych. Wskazuje się, iż wykonanie działań optymalizacyjnych może przyczynić się do efektywnego wykorzystania taboru zeroemisyjnego na liniach, który przecież nie posiada tak dużego zasięgu, jak tradycyjny i/lub niskoemisyjny (CNG/LNG/hybryda),

2. Przygotowanie strategii rozwoju elektromobilności w Białymstoku,

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

Uzasadnienie:

Analiza kosztów i korzyści (AKK) wskazuje jedynie proste wskaźniki opłacalności, jak również najważniejsze kwestie techniczne uwzględniając metodykę wskaźnikową JASPERS. Wyniki przeprowadzonych analiz stanowią pogląd i podstawę do planowania dalszych, szerszych działań w zakresie elektromobilności i mobilności niskoemisyjnej. W ramach tego typu opracowania należałoby wykonać analizę potencjalnego ograniczenia emisji zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego wynikającą z przewidywanych działań. W zakresie analiz należy również zawrzeć techniczną analizą możliwości przyłączenia stacji ładowania do sieci, w miejscach przewidywanych lokalizacji stacji ładowania w perspektywie wieloletniej. Wyniki analiz zamieszczonych w „Strategii (...)” będą stanowić swoiste przygotowanie i bazę niezbędnej wiedzy, której wykorzystanie umożliwi odpowiednim decydom sporządzanie właściwej dokumentacji SIWZ na zakup pojazdów i stacji ładowania autobusów zeroemisyjnych – o parametrach odpowiednich dla realizacji komunikacji miejskiej w Białymstoku.

3. Opracowanie aktualizacji planu transportowego

Uzasadnienie:

Plan transportowy jako dokument strategiczny dla funkcjonowania komunikacji miejskiej dla całego obszaru Miasta stanowi jeden z dokumentów kluczowych, który po opracowaniu koncepcji strategii długoterminowych działań w zakresie zastosowania nowoczesnych technologii nisko i zero-emisyjnych musi zostać zaktualizowany o te kwestie.

W kolejnej części przedstawiono harmonogram wymiany floty uwzględniający autobusy elektryczne, zgodnie z założeniami Ustawy o Elektromobilności.

Harmonogram wymiany floty

Autobusy elektryczne

Tabela 33. Harmonogram wymiany floty w spółce KPK – autobusy elektryczne, zgodnie z założeniami Ustawy o Elektromobilności

2020	2022	2024	2027	Suma
5	5	10	10	30
5,05%	10,10%	20,20%	30,30%	-

Źródło: Opracowanie własne

Legenda:

„%” - procent spełnienia wymogów ustawy, biorąc pod uwagę liczbę autobusów równą 99

Tabela 34. Harmonogram wymiany floty w spółce KPKM – autobusy elektryczne, zgodnie z założeniami Ustawy o Elektromobilności

2020	2022	2024	2027	Suma
5	5	10	10	30
5,15%	10,31%	20,62%	30,93%	-

Źródło: Opracowanie własne

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

Legenda:

„%” - procent spełnienia wymogów ustawy, biorąc pod uwagę liczbę autobusów równą 97

Tabela 35. Harmonogram wymiany floty w spółce KZK – autobusy elektryczne, zgodnie z założeniami Ustawy o Elektromobilności

2020	2022	2024	2027	Suma
4	3	7	7	21
5,71%	10,00%	20,00%	30,00%	-

Źródło: Opracowanie własne

Legenda:

„%” - procent spełnienia wymogów ustawy, biorąc pod uwagę liczbę autobusów równą 70

Tabela 36. Harmonogram wymiany floty dla komunikacji miejskiej w Białymstoku uwzględniające wszystkie spółki – autobusy elektryczne, zgodnie z założeniami Ustawy o Elektromobilności

2020	2022	2024	2027	Suma
14	13	27	27	81
5,26%	10,15%	20,30%	30,45%	-

Źródło: Opracowanie własne

Legenda:

„%” - procent spełnienia wymogów ustawy, biorąc pod uwagę liczbę autobusów równą 266

Do dalszych analiz uwzględniono zakup z roku 2020, spełniający pierwszy krok wskazany w ustawie, tj. **5%**

Szacowane zużycie energii

W analizie przyjęto, że autobusy elektryczne zużywają średnio 1,4 kWh/km. Na podstawie zebranych danych przyjęto uśredniony roczny przebieg pojazdów eksploatowanych na liniach komunikacji miejskiej miasta Białystok (62 310 km). Zestawiono to z wymogami ustawy o elektromobilności i harmonogramem wymiany taboru. Następnie wyznaczono roczne zużycie energii w zależności od liczby wykorzystywanych pojazdów elektrycznych zgodnie z ustawą.

Tabela 37. Szacowane zużycie energii w danym okresie

Rok	Roczny przejechany dystans przez tabor zeroemisyjny [km]	Roczne zużycie energii [kWh]
od 2021	872 346	1 221 284,07
od 2023	1 682 381	2 355 333,57
od 2025	3 364 762	4 710 667,14
od 2028	5 047 143	7 066 000,70

Źródło: Opracowanie własne.

Prognozowane zużycie paliwa

Poniżej przedstawiono prognozę zużycia paliwa dla taboru konwencjonalnego przy założeniu realizacji części pracy przewozowej przez tabor elektryczny.

Tabela 38. Prognoza zużycia paliwa w latach 2018 – 2028

Rok	Typ autobusu	Zużycie paliwa, w litrach
2018	A	4 750 948
	B	2 225 831
2019	A	4 235 382
	B	2 840 664
2020	A	3 936 920
	B	2 870 094
2021	A	3 257 150
	B	2 899 866
2022	A	3 290 783
	B	2 929 809
2023	A	3 324 799
	B	2 960 095
2024	A	3 359 200
	B	2 990 722
2025	A	3 393 986
	B	3 021 692
2026	A	3 429 156
	B	3 053 004
2027	A	3 464 710
	B	3 084 658
2028	A	3 500 456
	B	3 116 483

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych dostarczonych przez Urząd Miejski w Białymstoku, stan na 29.11.2018 r.

Legenda:

Grupa A – pojazdy o normie emisji spalin EURO 2, EURO 3 i EURO 4 oraz okresie eksploatacji dłuższym niż 6 lat

Grupa B – pojazdy o normie emisji spalin EURO 5, EEV i EURO 6 oraz okresie eksploatacji krótszym niż 7 lat

4.2.3. Podsumowanie

Wariant bazowy zakłada eksploatację wyłącznie floty autobusów konwencjonalnych z normą emisji spalin co najmniej EURO 5. Na podstawie udostępnionych danych przewiduje się wzrost pracy przewozowej autobusów komunikacji miejskiej o blisko 1,95 mln wozokilometrów oraz wzrost zużycia paliwa o 904 tys. litrów na przestrzeni lat 2019-2028.

Podsumowując wariant I:

- I. Na podstawie przeprowadzonych analiz, można wskazać iż najbardziej preferencyjne pod kątem zastosowania autobusów zeroemisyjnych są linie 6, 9, 11, 12, 15, 16, 18, 23, 26, 27, 28, 29 (por. Tabela 32),
- II. Uwzględniając planowany harmonogram wymiany floty i progi % wymagane w Ustawie o elektromobilności, wymianie będzie podlegało odpowiednio **14 autobusów** do 2020 r. (por. tabela 33) – w celu spełnienia progów minimalnych,
- III. Szacowane zużycie energii elektrycznej wynikające z obsługi autobusów elektrycznych wyniesie **1 221 284,07 kWh**, od 2021 roku i **7 066 000,70 kWh**, w ostatnim roku analizy – 2028
- IV. Ograniczenie zużycia paliwa w wyniku włączenia autobusów zeroemisyjnych do eksploatacji wyniesie odpowiednio od **1 850 413 litrów** (37,25%) względem roku bazowego, uwzględniając założone powyżej ilości pracy przewozowej.

W wariantcie 1 wytypowane linie komunikacji, na których autobusy elektryczne będą wykazywać się największą efektywnością to linie: 6, 9, 11, 12, 15, 16, 18, 23, 26, 27, 28, 29. Przy założeniu wymiany taboru na elektryczny zgodnie z harmonogramem zużycie paliwa konwencjonalnego w 2028 będzie mniejsze o 946 tys. litrów w stosunku do roku 2018.

4.3. Analiza finansowo-ekonomiczna oraz analiza nakładów inwestycyjnych

Analiza finansowa została sporządzona dla całości systemu komunikacyjnego. Warianty w analizie rozpatrzono w zależności od inwestycji Miasta Białystok w zakresie autobusów zeroemisyjnych.

W analizie finansowo-ekonomicznej uwzględniono zmiany w strukturze kosztów ponoszonych przez operatora w białostockim systemie komunikacji miejskiej w zależności od kierunków rozwoju floty. Działania mające na celu spełnienie wymogów art. 36 ustawy z dn. 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych leżą po stronie podmiotów świadczących usługi komunikacji miejskiej.

Poniższa analiza finansowa została sporządzona na okres 17 lat – od 2018 do 2034r.

W celu jej przeprowadzenia zostały zastosowane następujące założenia:

1. Inflacja w poszczególnych latach osiąga wartości przedstawione w tabeli 49.

Tabela 39. Prognozowana inflacja

2018	2019	2020-...
1,80%	3,20%	2,90%

Źródło: https://www.nbp.pl/home.aspx?f=/polityka_pieniezna/dokumenty/projekcja_inflacji.html, stan na 13 listopada 2018r.

2. Stopa dyskonta równa 4%.
3. Przyjęty czas eksploatacji autobusu:
 - konwencjonalnego - 10 lat,
 - elektrycznego – 12 lat, **lub tyle ile żywotność 2 baterii,**
W związku z powyższym przeanalizowano scenariusz finansowy 12 lat od roku wdrożenia pierwszych autobusów elektrycznych – do roku 2034 r.
4. Koszt autobusu (w 2018r.) przegubowego:
 - konwencjonalnego – 1,31 mln zł
 - elektrycznego – 2,5 mln. zł
 - hybrydowego 1,53 mln. zł

Czynnikiem powodującym wzrost kosztów związanych z zakupem autobusów jest stopa inflacji. W przypadku autobusów elektrycznych oraz hybrydowych ich wartość będzie osiągać niższe wartości w wyniku rozwoju nowej technologii. W obliczeniach przyjęto, że cena autobusu elektrycznego będzie spadać o ok. 11,5%, natomiast autobusu hybrydowego o 6,0% co dwa lata. W wyniku tych zjawisk cena autobusu konwencjonalnego i elektrycznego osiągną zbliżone wartości w 2030r.
5. Założono, że realizacja transportu zeroemisyjnego rozpocznie się zgodnie z założeniem ustawodawcy tj. 5% taboru w roku 2021 będzie stanowić tabor tego typu. W mieście Białystok oznacza to wprowadzenie 14 nowych pojazdów. Nie rozważano dalszych zobowiązań gminy w zakresie transportu publicznego wynikających z ustawy.
6. Jako rok bazowy analizy finansowej przyjęto 2017r.
7. W analizie pokazano istotne koszty rodzajowe: paliw, serwisu oraz osobowe.
8. Uwzględniono przychody ze:
 - sprzedaży biletów
 - porozumień międzygminnych
 - opłaty za korzystanie z przystanków komunikacji miejskiej
 - umów dzierżawy autobusów
 - kar umowne
 - umów z C.H. Auchan
 - odsetek od opłat dodatkowej
 - opłat dodatkowe i windykacja
 - dotacji w ramach Programu Operacyjnego Polska Wschodnia
9. Współczynnik FNPV wyznaczano na podstawie wzoru:

$$FNPV = \sum_{t=0}^n \frac{S_n^C}{(1+r)^n}$$

n – okres od niesienia (liczba lat) – 17

S_n^C – salda przepływów pieniężnych generowanych przez projekt w poszczególnych latach okresu odniesienia analizy

r – finansowa stopa dyskonta

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

Gdy współczynnik ten osiągnie wartość mniejszą od 0, świadczy to o nierentowności danej inwestycji.

W celu przeprowadzenia analizy finansowej wykorzystano następujące dane:

- informacje od operatorów - Komunalnego Zakładu Komunikacyjnego, Komunalnego Przedsiębiorstwa Komunikacji Miejskiej, Komunalnego Przedsiębiorstwa Komunikacyjnego oraz Zarządu Białostockiej Komunikacji Miejskiej, dotyczące wydatków oraz przychodów w 2017r. oraz 2018r.
- porozumienia międzygminne.

4.3.1. Wariant 0 – utrzymanie stanu obecnego floty

Zestawienie kosztów

Wariant 0 zakłada utrzymanie stanu obecnego floty, co wiązało się będzie z dalszym ponoszeniem kosztów ich eksploatacji, utrzymania oraz zakupu nowych pojazdów.

Nakłady inwestycyjne

W Tabeli 40 przedstawiony został harmonogram wymiany autobusów zasilanych olejem napędowym do roku 2032. Przy założeniach, że koszt tego typu autobusów wynosił w 2018r. 1,31 mln zł oraz że pojazdy te należy odtwarzać co 10 lat, zostały wyznaczone koszty inwestycyjne związane z zakupem nowego taboru.

Tabela 40. Harmonogram wymiany autobusów konwencjonalnych realizujących publiczny transport zbiorowy na zlecenie Miasta Białostok

rok	liczba autobusów	koszt
2017	0	0
2018	20	26,2
2019	20	27,04
2020	20	27,82
2021	20	28,63
2022	20	29,46
2023	20	30,31
2024	20	31,19
2025	20	32,1
2026	20	33,03
2027	20	33,99
2028	20	34,97
2029	20	35,99
2030	20	37,03
2031	20	38,1
2032	20	39,21

Źródło: Opracowanie własne

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

Na przestrzeni analizowanych 15 lat koszty związane z zakupem nowego taboru przez Gminę Białystok wyniosą 285 mln zł.

Koszty eksploatacyjne

Głównymi czynnikami wpływającymi na wartość kosztów związanych z eksploatacją autobusów zasilanych olejem napędowym są: koszty związane z zatrudnieniem pracowników oraz koszty paliwa. Zakładając, że w kolejnych latach liczba autobusów realizujących publiczny transport zbiorowy w Białymstoku utrzyma się na stałym poziomie – 266 sztuk, wyznaczono koszty zakupu paliwa oraz koszty osobowe.

Z uwagi na powyższe założenie wartość kosztów osobowych w kolejnych latach utrzymana będzie na takim samym poziomie, uwzględniając jedynie zjawisko inflacji. Natomiast na kwotę przeznaczaną na zakup paliwa wpływać będzie zmienność cen paliwa w kolejnych latach przedstawiona w poniższej tabeli.

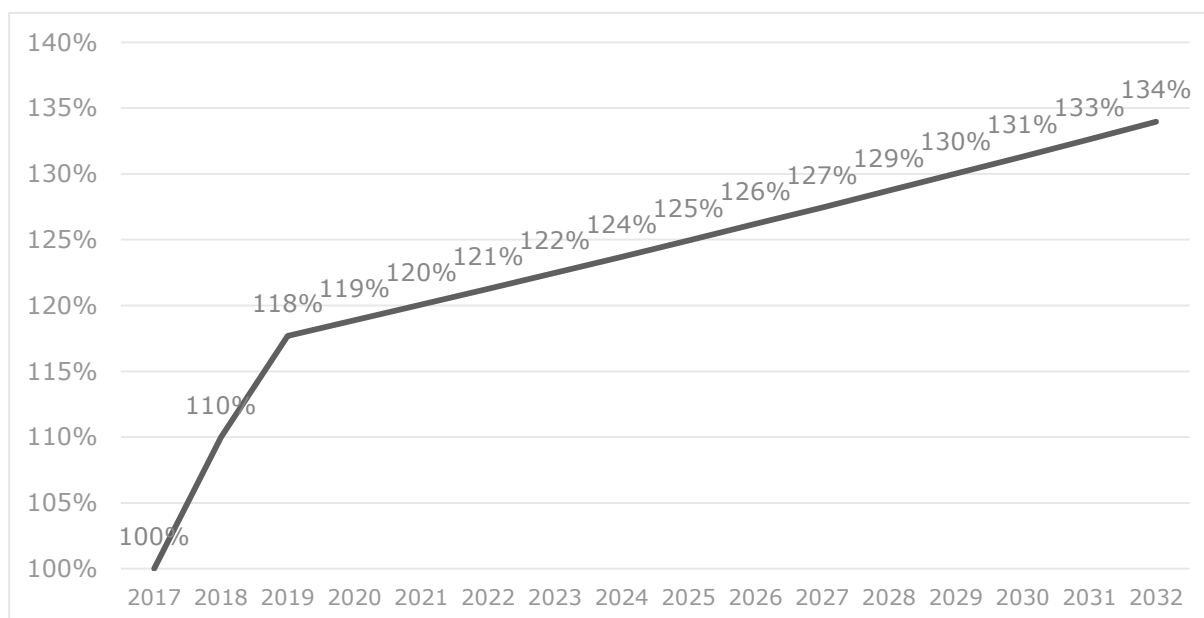
Tabela 41. Zmienność cen paliwa

2018	2019	2020-...
10.00%	7.00%	1.00%

Źródło: średnia roczna cena EKO diesel wg PKN Orlen. Szacunek na podstawie lat 2014-2017

Na wykresie 31 została przedstawiona wzrost kosztów związanych z zakupem paliwa w odniesieniu do roku bazowego (2017). Na jego podstawie widać wyraźny wzrost cen paliwa w kolejnych latach. W 2032 r. wzrosną one o 34% w porównaniu do roku 2017.

Wykres 15. Wzrost kosztów zakupu paliwa w odniesieniu do roku 2017



Źródło: opracowanie własne

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

Infrastruktura zasilania

Z uwagi na fakt, że wariant 0 zakłada utrzymanie stanu obecnego floty – tj. zakup autobusów zasilanych olejem napędowym, poniższa analiza nie uwzględnia kosztów związanych z zakupem infrastruktury ładowania, przebudowy sieci dystrybuującej paliwa itp.

Części zamiennie

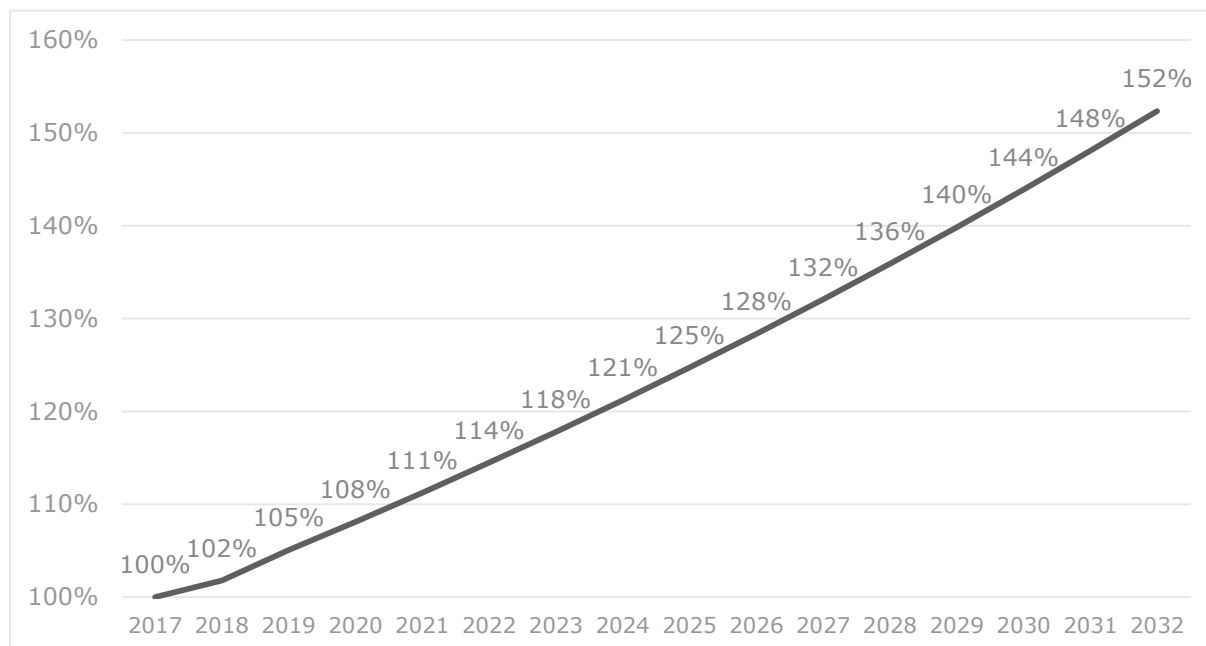
Zakładając, że struktura wieku eksploatowanych autobusów będzie w kolejnych latach taka sama, jedynym czynnikiem wpływającym na koszty związane z utrzymaniem taboru na odpowiednim poziomie użytkowania jest inflacja. Tabela 42 przedstawia zmianę kosztów związanych z zakupem części zamiennych dla jednego pojazdu, w odniesieniu do roku 2017.

Tabela 42. Koszty związane z zakupem części zamiennych przypadające na jeden autobus odniesione do roku 2017

Rok	części zamiennie/ l. autobusów odniesione do 2017
2017	100,0%
2018	101,8%
2019	105,1%
2020	108,1%
2021	111,2%
2022	114,5%
2023	117,8%
2024	121,2%
2025	124,7%
2026	128,3%
2027	132,1%
2028	135,9%
2029	139,8%
2030	143,9%
2031	148,1%
2032	152,3%

Źródło: opracowanie własne

Wykres 16. Koszty osobowe odniesione do 2017r.



Źródło: opracowanie własne

Wykres 16 przedstawia zmienność kosztów osobowych odniesionych do 2017r. na jego podstawie widać, że do 2034 r. koszty te wzrosną o połowę w porównaniu do roku bazowego.

Wskaźniki ekonomiczne

Udział poszczególnych składowych kosztów w całkowitych wydatkach ponoszonych przez Miasto Białystok został przedstawiony w Tabeli 43 spośród wszystkich kosztów rodzajowych (poza inne), widać, że największą część ponoszonych nakładów stanowią koszty osobowe, które stanowią ok 35% całkowitych wydatków. Wysoką część wydatków stanowią również koszty związane z amortyzacją oraz koszty zakupu paliwa – stanowią one łącznie od 29 do 37% całkowitych wydatków.

Tabela 43. Udział poszczególnych kosztów w całkowitych wydatkach przedsiębiorstw komunikacyjnych

	Koszty osobowe	Części zamienne	Paliwa	Usługi obce	Inne koszty	Amortyzacja
2017	40,33%	6,73%	21,10%	14,05%	13,19%	4,59%
2018	38,36%	6,40%	21,69%	13,37%	12,54%	7,63%
2019	36,61%	6,11%	21,46%	12,76%	11,97%	11,09%
2020	36,16%	6,03%	20,81%	12,60%	11,82%	12,57%
2021	35,41%	5,91%	20,00%	12,34%	11,58%	14,77%
2022	34,36%	5,73%	19,05%	11,97%	11,24%	17,65%
2023	34,48%	5,75%	18,76%	12,01%	11,27%	17,72%
2024	34,62%	5,78%	18,49%	12,06%	11,32%	17,74%
2025	34,74%	5,80%	18,21%	12,10%	11,36%	17,80%
2026	34,85%	5,82%	17,93%	12,14%	11,40%	17,86%
2027	36,31%	6,06%	18,33%	12,65%	11,87%	14,78%
2028	36,39%	6,07%	18,04%	12,68%	11,90%	14,92%
2029	36,47%	6,09%	17,74%	12,71%	11,93%	15,06%
2030	36,56%	6,10%	17,46%	12,74%	11,95%	15,19%
2031	35,42%	5,91%	16,60%	12,34%	11,58%	18,15%
2032	35,53%	5,93%	16,34%	12,38%	11,62%	18,20%

Źródło: opracowanie własne

W celu wyznaczenia rentowności wariantu należy określić współczynnik FNPV - Finansową wartość bieżąca netto inwestycji. w omawianym wariantcie współczynnik ten osiągną wartość równą – **827 787 650 zł**. Ujemna wartość tego wskaźnika świadczy o nierentowności podejmowanych działań.

4.3.2. Wariant 1 – wykorzystanie pojazdów elektrycznych w ilości umożliwiającej spełnienie wymogów ustawy

Zestawienie kosztów

Do analizy finansowej przyjęto realizację zadania zakupu taboru zeroemisyjnego w liczbie 14 sztuk w 2020 roku, 13 - w 2022 roku oraz kolejnych 27 sztuk w 2024 i 2027 roku. Pozostałe zadania wymiany taboru to zadania obowiązujące z Wariantu 0. W przedstawionym rozdziale przeanalizowano nakłady inwestycyjne jakie należy ponieść w kolejnych latach aby spełnić postanowienia ustawy o elektromobilności i zestawiono je z planowanymi inwestycjami zakupu autobusów spalinowych.

Nakłady inwestycyjne

Wymiana taboru

W poniższej tabeli przedstawiony został harmonogram wymiany autobusów konwencjonalnych oraz zakupu elektrobusów. Przy zakupie 14 elektrobusów (w 2020 roku) szacowany łączny koszt zakupu nowego taboru wyniesie ok. 41,24 mln. zł.

Tabela 44. Harmonogram wymiany autobusów konwencjonalnych oraz zakupu autobusów elektrycznych w ramach działalności ZBKM

Rok	Liczba wymienionych autobusów konwencjonalnych [szt]	Liczba kupionych autobusów elektrycznych [szt]	Koszty wymiany taborowej [mln PLN]
2017	0		0,00
2018	20		26,20
2019	20		27,04
2020	6	14	41,24
2021	20		28,63
2022	7	13	38,93
2023	13	7	35,56
2024	0	20	41,26
2025	20		32,10
2026	13	7	35,00
2027	0	20	39,79
2028	20		34,97
2029	20		35,99
2030	20		37,03
2031	20		38,10
2032	20		39,21

Źródło: Opracowanie własne

Infrastruktura zasilania

Nakłady inwestycyjne związane z zakupem oraz instalacją stacji ładowania typu plug-in to około 150 tys. PLN. Zakładając, że zajezdnia zostanie wyposażona (w 2020 roku) w 14 punktów wolnego ładowania nakłady inwestycyjne osiągną wartość 2,152 mln zł. Nakłady inwestycyjne związane z modernizacją sieci dystrybucyjnej pod punkty ładowania wymagają określenia przez operatora sieci dystrybucyjnej warunków przyłączenia. Należy uwzględnić także koszty zakupu i montażu stacji szybkiego ładowania pantografowego. Wydatek na ten cel to 500 mln zł, czyli koszt zakupu jednej ładowarki i zamontowanie jej na pętli autobusowej. W 2022 roku będzie wymagana rozbudowa sieci ładowania o dodatkowe 13 sztuki ładowarek typu plug-in w obrębie zajezdni, a także o punkt ładowania pantografowego na pętli autobusowej.

Koszt przyłącza elektrycznego

Cena wykonania przyłącza elektrycznego zależy od kilku czynników. Są to m. in.:

- rodzaj przyłącza (kablowe przyłącza elektryczne, przyłącza napowietrzne),
- długość przyłącza (standardowe posiadają do 200 m długości),
- moc przyłączeniowa.

Za standardowe przyłącze elektroenergetyczne o długości do 200 m można zapłacić odpowiednio:

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

- za kablowe przyłącze energii elektrycznej – pomiędzy 150, a 200 zł za każdy 1 kW mocy przyłączeniowej,
- za napowietrzne przyłącze energetyczne – cena przyłącza waha się pomiędzy 100, a 140 zł za każdy 1 kW mocy przyłączeniowej.

Montaż przyłącza o ponadstandardowej długości (powyżej 200 m) wiąże się z dodatkowymi opłatami. w zależności od cen Operatora może to być 50 – 80 zł za każdy kolejny metr bieżący przyłącza. Ponadto należy uwzględnić koszty za układ pomiarowo-rozliczeniowy w przypadku przyłącza SN. Opłaty te zależą od indywidualnych warunków przyłączenia do sieci i ilości potrzebnych podzespołów elektrycznych.²⁶

Szkolenie kierowców

W kosztach inwestycyjnych uwzględniono także potrzebę przeszkolenia pracowników w zakresie obsługi i eksploatacji elektrobusesów, których koszt może wynieść 500 PLN/os.

Całkowita wysokość nakładów finansowych, którą należy ponieść do 2021 r., aby spełnić postanowienia ustawy o elektromobilności, przedstawiono w tabeli poniżej. W kosztach całkowitych (poza kosztami związanymi ze szkoleniem kierowców) zostało uwzględnione zjawisko inflacji, zgodnie z tabelą. Kwoty te zostały oszacowane na stan z 29.11.2018 r. wraz z rozwojem rynku pojazdów elektrycznych i infrastruktury ładowania kwoty te mogą ulec zmianie.

Tabela 45. Zestawienie nakładów inwestycyjnych w 2020 roku.

Rodzaj inwestycji	Koszt jednostkowy w 2018r. [PLN]	Liczba	Koszt całkowity w 2020r. [PLN]
Autobusy elektryczne	2 500 000,00	14	32 893 219,80
Ładowarki typu plug-in	150 000,00	14	2 152 500,00
Ładowarki pantografowe	500 000,00	1	512 500,00
Szkolenie kierowców w zakresie ładowania i eksploatacji elektrobusesów	500,00	42	21 000,00
Suma	-	-	35 579 219,80

Źródło: Opracowanie własne.

Nakłady finansowe na rzecz elektromobilności w 2022 r. będą porównywalne do roku 2020, z uwagi na konieczność zakupu podobnej liczby autobusów elektrycznych (13) oraz infrastruktury towarzyszącej uwzględniającej ładowarki typu plug-in i pantografowe.

Całkowity nakład inwestycyjny w tym wariantcie na przestrzeni analizowanych 15 lat (uwzględniając planowe wymiany taborowe, zakup autobusów elektrycznych w 2020, 2022, 2024 i 2027 r. wyniesie 547,14 mln zł.

²⁶ Źródło: <https://kb.pl/porady/ile-kosztuje-przylacze-energetyczne-jakie-formalnosci-musisz-splenic/>

Koszty eksploatacyjne

Różnicą w stosunku do wariantu 0 jest zmiana struktury kosztów paliwa od momentu wprowadzenia taboru zeroemisyjnego w 2020 roku. Część kosztów zakupu oleju napędowego, zostanie zastąpiona przez koszty związane z zakupem energii elektrycznej. Założono, że ceny energii będą się zmieniały w stosunku do roku poprzedniego, tak jak przedstawia tabela poniżej. Przyjęto także cenę energii w 2018 roku równą 280 zł/MWh.

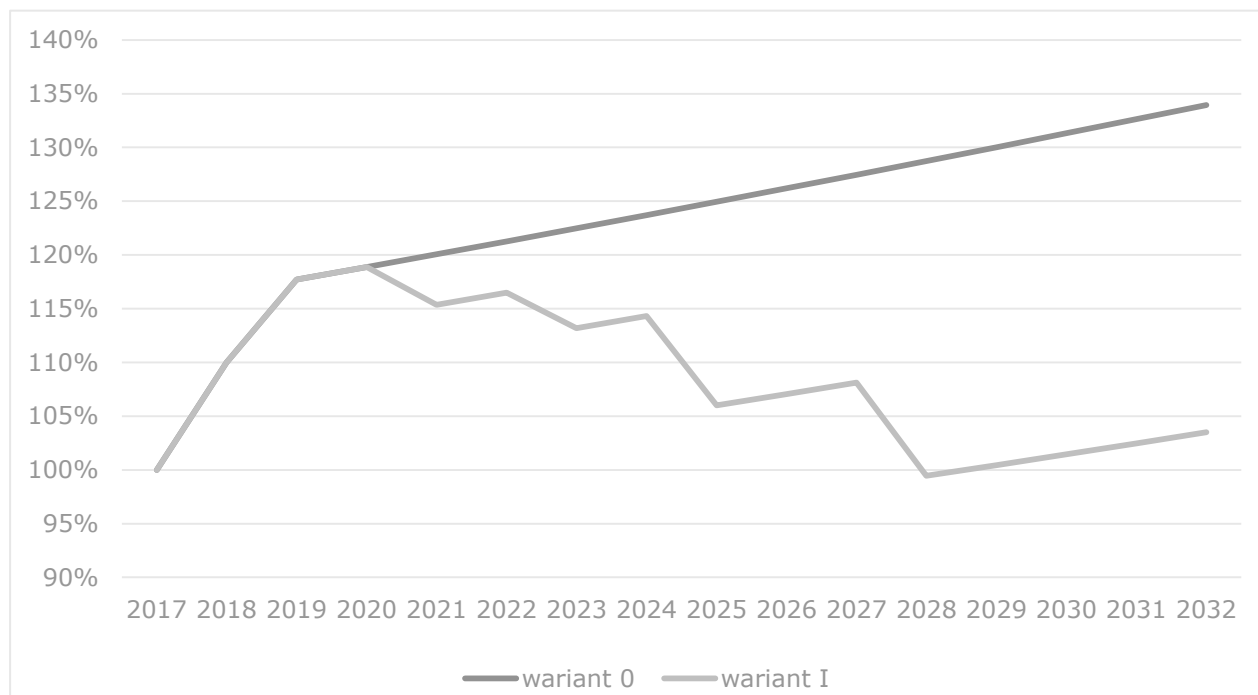
Tabela 46. Wzrost cen energii w okresie objętym analizą

2018	2019	2020	2021	2022-...
początek analizy (280 zł/MWh)	7%	7%	3%	1%

Źródło: Opracowanie własne

Na wykresie została przedstawiona zmienność kosztów związanych z zakupem oleju napędowego paliwa w odniesieniu do roku bazowego (2017). Na jego podstawie widać wyraźny wzrost kosztów potrzebnych na zakup paliwa w wariantach 0 w kolejnych latach. W wariantach 1 w kolejnych latach, gdy wprowadzany będzie tabor zeroemisyjny zaobserwować można znaczące spadki kosztów eksploatacyjnych związanych z zakupem energii elektrycznej zamiast oleju napędowego. Przewiduje się, że do 2032 r. dla wariantu 0 koszty zakupu paliwa wzrosną o 34%, w stosunku do roku 2017, natomiast dla wariantu 1 koszty te będą wyższe o ok. 3% w porównaniu do roku bazowego. W roku 2021 koszt przejechania jednego wozokilometra będzie niższy w przypadku wariantu 1 o ok. 7gr i z każdym kolejnym rokiem, w którym zostanie wprowadzany tabor zeroemisyjny różnica ta będzie coraz większa. W ostatnim roku, dla którego jest przeprowadzana analiza (2032), różnica między kosztami zakupu paliwa dla wariantu 0 oraz 1 wyniesie ok. 46gr./wkm.

Wykres 17. Zmienność kosztów zakupu paliwa w odniesieniu do roku 2017



Źródło: Opracowanie własne

Tabela 47. Porównanie kosztów zakupu paliwa na 1 wkm w wariantach 0 i 1.

Rok	[zł/wkm]	
	W0	W1
2017	1,50	1,50
2018	1,65	1,65
2019	1,77	1,77
2020	1,79	1,79
2021	1,81	1,74
2022	1,82	1,75
2023	1,84	1,70
2024	1,86	1,72
2025	1,88	1,59
2026	1,90	1,61
2027	1,92	1,63
2028	1,94	1,50
2029	1,96	1,51
2030	1,98	1,53
2031	2,00	1,54
2032	2,02	1,56

Źródło: Opracowanie własne

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

Pozostałe koszty

Przyjęto, że koszty osobowe, części zamiennych oraz pozostałe składowe wydatków (m.in. koszty ogólnozakładowe) będą zmieniały się w czasie tak samo jak w przypadku wariantu 0.

Wskaźniki ekonomiczne

Udział poszczególnych składowych kosztów wariantu I, w całkowitych wydatkach ponoszonych przez Miasto Białystok, został przedstawiony w poniższej tabeli. Spośród wszystkich kosztów rodzajowych, widać że największą część ponoszonych nakładów stanowią koszty osobowe. Wysoką część wydatków stanowią również koszty związane z zakupem paliwa oraz amortyzacją autobusów.

Tabela 48. Udział poszczególnych kosztów w zestawieniu wydatków ZBKM – wariant I

Rok	Koszty osobowe	Części zamienne	Paliwa	Usługi obce	Amortyzacja	Inwestycje	Inne koszty
2017	40,33%	6,73%	21,10%	14,05%	4,59%	0,00%	13,19%
2018	38,36%	6,40%	21,69%	13,37%	7,63%	0,00%	12,54%
2019	36,61%	6,11%	21,46%	12,76%	11,09%	0,00%	11,97%
2020	34,84%	5,81%	20,05%	12,14%	13,94%	1,81%	11,39%
2021	35,05%	5,85%	19,02%	12,21%	16,40%	0,00%	11,46%
2022	32,74%	5,46%	17,44%	11,41%	20,64%	1,59%	10,71%
2023	33,19%	5,54%	16,69%	11,57%	21,45%	0,70%	10,85%
2024	32,46%	5,42%	16,02%	11,31%	21,94%	2,23%	10,61%
2025	34,37%	5,73%	15,28%	11,97%	21,41%	0,00%	11,24%
2026	33,67%	5,62%	14,70%	11,73%	22,57%	0,70%	11,01%
2027	33,72%	5,63%	14,45%	11,75%	21,11%	2,29%	11,03%
2028	35,31%	5,89%	13,52%	12,30%	21,42%	0,00%	11,55%
2029	34,29%	5,72%	12,89%	11,95%	23,93%	0,00%	11,21%
2030	34,76%	5,80%	12,82%	12,11%	23,14%	0,00%	11,37%
2031	34,83%	5,81%	12,61%	12,14%	23,22%	0,00%	11,39%
2032	35,42%	5,91%	12,59%	12,34%	22,16%	0,00%	11,58%

Źródło: Opracowanie własne

W celu wyznaczenia rentowności wariantu należy określić współczynnik FNPV - finansowa wartość bieżąca netto inwestycji. Dla wariantu I wynosi on: - **889 467 275 zł**. Wartość tę obliczono na podstawie skorygowanych przepływów pieniężnych a następnie zdyskontowano. Ujemna wartość wskaźnika FNPV świadczy o tym, że zakup autobusów elektrycznych na przestrzeni danego okresu będzie nieopłacalny.

Źródła finansowania

Rozwój transportu zeroemisyjnego wymaga wysokich nakładów infrastrukturalnych, zarówno w zakresie zakupu autobusów elektrycznych, jak i stacji ładowania. Pomocą dla Jednostek Samorządu Terytorialnego w realizacji zakupów związanych z wprowadzeniem elektromobilności. Programy oraz możliwości pozyskania dofinansowania zostały zestawione w Tabeli 49

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

Tabela 49. Zestawienie źródeł finansowania zakupu autobusów elektrycznych dla Jednostek Samorządu Terytorialnego

L.p.	Nazwa programu	Zakres dofinansowania	Ogólna pula dofinansowań	Termin rozpoczęcia przyjmowania wniosków	Termin składania wniosków	Komentarz
1.	Regionalnym Programem Operacyjnym Województwa Podlaskiego na lata 2014-2020 Poddziałanie 5.4.1 Strategie niskoemisyjne z wyłączeniem BOF ²⁷	Zakup i modernizacja transportu niskoemisyjnego	40 000 000 zł	28.12.2018 r.	31.01.2019 r., g. 15:30	-
2.	Program Infrastruktura i Środowisko Działanie 6.1 Rozwój publicznego transportu zbiorowego w miastach ²⁸	Zakup nowych autobusów elektrycznych wraz z niezbędną infrastrukturą ładowania (...)	300 000 000 zł	14.12.2018 r.	31.01.2019 r.	-
3.	Fundusz Niskoemisyjnego Transportu ²⁹	Wsparcie finansowe dla JST w zakresie wprowadzenia transportu niskoemisyjnego	-	-	-	Fundusz rozpocznie działalność 01.01.2019 r. ³⁰

Kluczową datą dla Miasta Białystok w perspektywie krótkoterminowej będzie **31.01.2019 r.** Zakończony zostanie wówczas nabór wniosków do programów pozwalających na zakup pojazdów nisko i zeroemisyjnych.

4.3.3. Podsumowanie

Analiza finansowa wykazała mniejszą opłacalność inwestycji w autobusy elektryczne niż utrzymanie stanu obecnego floty. Wskaźniki NPV dla Wariantu 0 i Wariantu 1 na przestrzeni lat 2017-2032 wyniosą odpowiednio:

W0: – 827 787 650 zł.

²⁷ https://rpo.wrotapodlasia.pl/pl/jak_skorzystac_z_programu/zobacz_ogloszenia_i_wyniki_na_1/poddzialanie-541-strategie-niskoemisyjne-z-wylaczeniem-bof-1.html#_4ns0s1

²⁸ <https://www.cupt.gov.pl/os-priorytetowa-vi-rozwoj-niskoemisyjnego-transportu-zbiorowego-w-miastach/dzialanie-6-1-rozwoj-publicznego-transportu-zbiorowego-w-miastach/nabor-wnioskow/93-nabor-wnioskow-os-vi/1177-dzialanie-6-1-rozwoj-publicznego-transportu-zbiorowego-w-miastach>

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

³⁰ Art. 7 pkt 1 i 2, pkt 4 lit. b i pkt 5 lit. c oraz d ustawy o zmianie ustawy o biokomponentach i biopaliwach ciekłych oraz niektórych innych ustaw wchodzi w życie od 1 stycznia 2019 r.

W1: - 889 467 275 zł

4.4. Analiza społeczno-ekonomiczna

4.4.1. Szacowanie efektów środowiskowych

Emisje

Emisja szkodliwych dla środowiska substancji zależy głównie, w przypadku transportu, od rodzaju napędu. Jednym z istotnych aspektów realizacji inwestycji jest obniżenie emisji zanieczyszczeń w niższych warstwach atmosfery poprzez wykorzystanie jak największej liczby pojazdów zeroemisyjnych. Do analizy efektów środowiskowych związanych z emisją szkodliwych substancji wykorzystano współczynniki emisji wytwarzanej przez autobusy spalinowe i elektryczne. Wartości te zostały uzyskane zgodnie z danymi opublikowanymi przez Centrum Unijnych Projektów Transportowych (dalej CUPT) w Kalkulatorze emisji zanieczyszczeń i kosztów klimatu dla środków transportu publicznego.

Dane te uwzględniają:

- wielkości emisji gazów cieplarnianych CO₂ emitowanych przez autobusy spalinowe, a które przy eksploatacji autobusów elektrycznych nie są emitowane bezpośrednio w miejscu ich eksploatacji tylko globalnie podczas produkcji energii elektrycznej,
- wielkości emisji (no_x, NHMC/NMVO, PM_{2,5}) emitowanych przez autobusy spalinowe do niższych warstw atmosfery, a które przy eksploatacji autobusów elektrycznych nie są emitowane bezpośrednio w miejscu ich eksploatacji tylko globalnie podczas produkcji energii elektrycznej poza strefami zamieszkałymi,
- wielkości emisji dla dwutlenku siarki SO₂, przewidywanych tylko dla autobusów elektrycznych, które są wytwarzane podczas produkcji energii elektrycznej w elektrowniach poza strefami zamieszkałymi.

Wskaźniki emisyjności CO₂ przedstawione w kalkulatorze emisji CUPT dla elektrobusów bazują na wskaźnikach pochodzących z opracowania EIB Carbon Footprint z 2012 r. Wykorzystano przy tym zaktualizowane dane, pozwalające na dokładniejsze zamodelowanie emisji: zgodnie z treścią opracowania KOBIZE pn. „WSKAŹNIKI EMISYJNOŚCI CO₂, SO₂, no_x, CO i pyłu całkowitego dla energii elektrycznej na podstawie informacji zawartych w Krajowej bazie o emisjach gazów cieplarnianych i innych substancji za 2016 rok”, wskaźnik emisyjności CO₂ w Polsce zmienił się do czasu powstania opracowania. W związku z tym na potrzeby niniejszego opracowania uwzględniono wartość emisji przy produkcji energii elektrycznej właśnie z tego opracowania. Wskaźniki emisyjności gazów innych niż cieplarniane wyznaczone w kalkulatorze emisji CUPT dla elektrobusów bazują na wskaźnikach opublikowanych w opracowaniu RCARDO-AEA z 2014 r. Podobnie, zgodnie z treścią opracowania KOBIZE pn. „WSKAŹNIKI EMISYJNOŚCI CO₂, SO₂, no_x, CO i pyłu całkowitego dla energii elektrycznej na podstawie informacji zawartych w Krajowej bazie o emisjach gazów cieplarnianych i innych substancji za 2016 rok”, wskaźniki emisyjności SO₂, no_x, PM_{2,5} w Polsce uległy zmianie do roku 2016. W tym przypadku również zmieniono źródło pozyskania danych wartości emisji przy produkcji energii elektrycznej. Współczynniki emisji generowanej przez autobusy spalinowe uzyskano na podstawie Rozporządzeń

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

określających wartości emisji poszczególnych substancji w zależności od normy EURO, którą dany tabor spełnia. W kolejnym etapie poszczególne współczynniki emisji przemnożono przez prognozowaną pracę przewozową danego typu taboru, a następnie przeanalizowano dla okresu eksploatacji autobusów. Przyjęto, że elektrobusey eksploatowane są przez 12 lat. W związku z tym okres analizy rozpoczęto od momentu wprowadzenia taboru zeroemisyjnego w 2021 roku do 2032 roku kiedy skończy się czas eksploatacji pojazdów. W tabeli 63 przedstawiono wartości wskaźników emisyjności wykorzystanych w analizie społeczno-ekonomicznej. Na podstawie danych do obliczeń emisyjnych przyjęto, że autobus kursujący na liniach komunikacji miejskiej w Białymstoku posiada normę emisji spalin EURO V.

Tabela 50. Wartości wskaźników emisyjności wykorzystanych w analizie społeczno-ekonomicznej.

Rodzaj pojazdu		Jednostkowa emisja zanieczyszczeń [g/km]				
		CO ₂	SO ₂	NMHC/NMVOC	NO _x	PM
Autobus Diesel	EURO V	991,600	0,000	1,702	7,400	0,074
Autobus elektryczny		1 184,400	1,182	0,007	1,190	0,076

Źródło: Opracowanie własne na podstawie „Kalkulator emisji zanieczyszczeń i kosztów klimatu dla środków transportu publicznego”, Centrum Unijnych Projektów Transportowych oraz „WSKAŹNIKI EMISYJNOŚCI CO₂, SO₂, NO_x, CO i pyłu całkowitego dla energii elektrycznej na podstawie informacji zawartych w Krajowej bazie o emisjach gazów cieplarnianych i innych substancji za 2016 rok”.

Autobusy elektryczne odpowiadają za emisje gazów cieplarnianych i szkodliwych substancji w ilości zgodnej z tabelą powyżej. W takim wypadku na wielkość emisji wpływa jedynie liczba przejechanych kilometrów w jednostce czasu. Nie generują one jednak spalin i zanieczyszczeń bezpośrednio w miejscu eksploatacji, ale efekt ich pracy przeniesiony jest w miejsca produkcji energii elektrycznej, czyli do elektrowni lub elektrociepłowni znajdujących się poza strefami zamieszkałymi. Oznacza to, że wprowadzenie elektrobusew lokalnie dla Białegostoku spowoduje przeniesienie emisji poza obszar miasta do jednostek wytwórczych energii elektrycznej znajdujących się na terenie kraju. Można zatem przyjąć, że emisja jaką generowałyby autobusy konwencjonalne zastąpione elektrobusem, w całości uległaby zmniejszeniu do zera na terenie miasta Białystok.

W tabeli 29 przedstawiono roczną (globalną) emisję gazów cieplarnianych i szkodliwych substancji generowanych przez jeden autobus spalinowy i elektryczny, który przejeżdża rocznie średnią liczbę kilometrów wykonywaną przez obecny pojazd komunikacji miejskiej miasta Białystok (62 310 km). Przedstawiono także koszty tych emisji i zysk środowiskowy.

Tabela 51. Roczna emisja gazów cieplarnianych i szkodliwych substancji wytwarzana przez autobus spalinowy i elektryczny oraz opłaty z tym związane.

Związek chemiczny	Roczna emisja zanieczyszczeń [t]		Koszty emisyjne [tys. PLN]		Zysk [tys. PLN]
	Diesel	Elektryczny	Diesel	Elektryczny	
CO₂	514,335	516,603	115,42	115,93	-0,51
SO₂	0,000	0,515	0,00	55,27	-55,27

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

NMHC/NMVOC	0,883	0,003	11,01	0,04	10,97
NOx	3,838	0,519	383,09	51,80	331,29
PM	0,038	0,033	63,15	54,25	8,90
Suma	-	-	572,67	277,30	295,37

Źródło: Opracowanie własne

Wskaźniki ekonomiczne

Analizę przeprowadzono w oparciu o „Niebieską Księgę - Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach”. Dokonując analizy ekonomicznej, a zarazem porównując warianty brane pod uwagę przyjęto następujące założenia:

- wskaźniki efektywności ekonomicznej wyliczono metodą różnicową,
- społeczna stopa dyskontowa wynosi 4,5%,
- analiza została przeprowadzona w latach 2021-2032,
- wyceny kosztów i korzyści dokonano w cenach netto.

W celu dokonania oceny ekonomicznej analizowanych wariantów wymiany taboru obliczono ekonomiczne wskaźniki efektywności:

- ekonomiczną wartością bieżącą netto (ENPV),
- relację korzyści do kosztów (B/C).

W obliczeniu wskaźników ekonomicznych uwzględniono następujące elementy:

- skorygowane nakłady inwestycyjne oraz odtworzeniowe,
- skorygowane koszty eksploatacyjne,
- koszty ekonomiczne,
- korzyści ekonomiczne.

4.4.2. Wariant 0 – utrzymanie stanu obecnego floty

Oszacowanie finansowej wartości efektu środowiskowego

W tabeli Tabela 52 przedstawiono całkowitą emisję gazów cieplarnianych i szkodliwych substancji generowanych przez tabor spalinowy w liczbie odpowiadającej wymianie taborowej zgodnej z ustawą o elektromobilności dla okresu objętego analizą (tj. 14 autobusy spalinowe od 2021, 27 od 2023 itd.)*. Umieszczono w niej także opłaty z tytułu wytwarzanych zanieczyszczeń. Obliczenia wykonano wymnażając jednostkowe emisje zanieczyszczeń pojazdów spalinowych z ilością przejechanych wozokilometrów w okresie objętym analizą. Dzięki temu uzyskano emisje w danym okresie. Następnie wymnożono emisje ze współczynnikami kosztowymi z kalkulatora wielkości emisji dzięki czemu uzyskano koszt środowiskowy.

* Efekt środowiskowy obliczono jako różnicę emisji gazów cieplarnianych i szkodliwych substancji wytwarzanych przez autobusy elektryczne wprowadzone do eksploatacji zgodnie z zapisami ustawy i przez autobusy spalinowe jakie w dalszym ciągu wykonywałyby określone zadania w przypadku nie wdrażania ustawy w życie.

Tabela 52. Emisja gazów cieplarnianych i szkodliwych substancji przy wykorzystaniu taboru spalinowego oraz opłaty z tym związane.

Związek chemiczny	Emisja w latach 2021-2032 [t]	Opłaty emisyjne w latach 2021-2032 [tys. PLN]
CO ₂	47 686,208	10 247,791
SO ₂	0,000	0,000
NMHC/NMVOC	81,849	975,864
NO _x	355,867	33 968,392
PM	3,559	5 599,576
SUMA	-	50 791,623

Źródło: Opracowanie własne

W trakcie eksploatacji autobusów spalinowych dwutlenek węgla jest wytwarzany w największej ilości (47 686 t). Największe opłaty środowiskowe wynikają z emisji NO_x. Dla okresu objętego analizą będzie to 33,968 mln PLN. W przypadku silników spalinowych nie występuje emisja SO₂. Sumaryczne opłaty środowiskowe z tytułu eksploatacji taboru spalinowego wyniosą 50,792 mln PLN.

4.4.3. Wariant 1 – wykorzystanie pojazdów elektrycznych w liczbie pozwalającej na spełnienie wymogów ustawy

Oszacowanie finansowej wartości efektu środowiskowego

W tabeli Tabela 53 przedstawiono całkowitą emisję gazów cieplarnianych i szkodliwych substancji generowanych przez tabor zeroemisyjny dla okresu objętego analizą. Umieszczono w niej także opłaty z tytułu wytwarzanych zanieczyszczeń. Obliczenia wykonano wymnażając jednostkowe emisje zanieczyszczeń pojazdów elektrycznych z ilością przejechanych wozokilometrów w okresie objętym analizą. Dzięki temu uzyskano emisje w danym okresie. Następnie wymnożono emisje ze współczynnikami kosztowymi z kalkulatora wielkości emisji dzięki czemu uzyskano koszt środowiskowy.

Tabela 53. Emisja gazów cieplarnianych i szkodliwych substancji przy wykorzystaniu taboru zeroemisyjnego oraz opłaty z tym związane.

Związek chemiczny	Emisja w latach 2021-2032 [t]	Opłaty emisyjne w latach 2021-2032 [tys. PLN]
CO ₂	47 896,493	10 292,981
SO ₂	47,783	4 900,882
NMHC/NMVOC	0,285	3,402
NO _x	48,123	4 593,453
PM	3,057	4 810,545
SUMA	-	24 601,263

Źródło: Opracowanie własne

W tabeli 52 zestawiono wyniki z tabeli 51 z emisją i kosztami środowiskowymi jakie generują pojazdy spalinowe po czym uzyskano zmniejszenie emisji oraz zysk środowiskowy.

Tabela 54. Zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych i szkodliwych substancji po wprowadzeniu taboru zeroemisyjnego oraz zysk środowiskowy z tym związany.

Związek chemiczny	Zmniejszenie emisji w latach 2021-2032 po wprowadzeniu wariantu I [t]	Zysk kosztowy po wprowadzeniu wariantu I [tys. PLN]
CO ₂	-210,285	-45,190
SO ₂	-47,783	-4 900,882
NMHC/NMVOC	81,564	972,462
NO _x	307,744	29 374,939
PM	0,501	789,031
SUMA	-	26 190,360

Źródło: Opracowanie własne

Wprowadzenie do eksploatacji autobusów elektrycznych przyniesie ponad 26 mln PLN zysku wynikającego ze zmniejszenia kosztów środowiskowych. W głównej mierze przyczyni się do tego ograniczenie emisji NO_x, które zostanie ograniczone w największej ilości (307,7 ton). Przyniesie to około 29,375 mln PLN zysku środowiskowego. Koszty emisji niemetanowych lotnych związków organicznych NHMC/NMVOC zostaną ograniczone o około 0,972 mln PLN. Zwiększy się natomiast wytwarzanie CO₂ i SO₂. Należy tu podkreślić iż według wskaźników emisji elektrobusy także są odpowiedzialne za emisje, jednakże odbywa się to w miejscach produkcji energii elektrycznej (w elektrowniach lub elektrociepłowniach). Łączne dodatkowe koszty związane z emisją CO₂ i SO₂ za pośrednictwem elektrobusów wyniosą 4,946 mln PLN.

Wskaźniki ekonomiczne

Wskaźniki obliczono na podstawie skorygowanych przepływów pieniężnych i zdyskontowano. Ekonomiczną wartość bieżącą netto wyliczono na podstawie finansowej wartości bieżącej netto skorygowanej o zyski środowiskowe związane ze zmniejszeniem emisji. Relację korzyści do kosztów uzyskano natomiast na podstawie zestawienia wszystkich przychodów związanych z prowadzeniem działalności z uwzględnieniem korzyści środowiskowych z sumą kosztów jakie są ponoszone.

Tabela 55. Zestawienie wskaźników ekonomicznych dla wariantu 1.

Wskaźnik	Wartość
ENPV [mln PLN]	-675,79
B/C	0,595

Źródło: Opracowanie własne

Na podstawie przeprowadzonej analizy można stwierdzić, że inwestycja w autobusy elektryczne w wariantie 1 jest nieefektywna ze społecznego punktu widzenia, ponieważ wskaźnik ENPV osiągnął wartość ujemną (-675,79 mln PLN), a relacja korzyści do kosztów jest mniejsza od 1 (0,595).

4.4.4. Podsumowanie

Wprowadzenie do komunikacji miejskiej autobusów zasilanych energią elektryczną skutkuje przeniesieniem generowanych zanieczyszczeń z obszaru miasta do miejsc wytwarzania energii.

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

Całkowity koszt środowiskowy wynikający z eksploatacji floty autobusów po wprowadzeniu Wariantu I zmniejszy się o 26,2 mln złotych. Przyczyni się do tego w głównej mierze ograniczenie emisji NO_x (mniejsza emisja w przypadku wytwarzania energii elektrycznej w zawodowych elektrowniach niż podczas spalania paliw ciekłych w silnikach spalinowych). Ograniczona zostanie również emisja niemetanowych lotnych związków organicznych NHMC/NMVOC. Istotnym aspektem społecznym jest zmniejszenie ilości cząstek stałych PM generowanych przez transport publiczny na terenie miejskim będących główną przyczyną pogarszania jakości powietrza w mieście.

5. Podsumowanie

Zgodnie z wymogami Ustawy o elektromobilności miasto Białystok zobowiązane jest zapewnić we flocie autobusów obsługujących komunikację miejską pojazdy elektryczne w ilościach odpowiednio:

- 14 autobusów elektrycznych do dnia 31.12.2020 r.,
- 13 autobusów elektrycznych do dnia 31.12.2020 r.,
- 27 autobusów elektrycznych do dnia 31.12.2024 r.,
- 27 autobusów elektrycznych do dnia 31.12.2027 r.,

co łącznie daje 81 szt. autobusów do 2027 r.

Jak opisano w opracowaniu, system transportowy w Białymstoku stoi obecnie przed wieloma wyzwaniem. Jako jeden z nich można wskazać konieczność wymiany i/lub modernizacji dużej części floty obsługującej linie – m.in. ze względu na starzejący się tabor.

Nałożony obowiązek ustawowy, spełnianie udziału pojazdów elektrycznych we flocie świadczącej usługi zbiorowego transportu publicznego, obliguje do zapewnienia 14 autobusów elektrycznych począwszy od 2020 r. Wymagania nałożone przez ustawodawcę stanowią transpozycję wymagań polityki zrównoważonego rozwoju.

Wszystkie wykorzystywane w mieście autobusy (266 sztuk) stanowią własność operatorów. Pojazdy charakteryzują się bardzo zróżnicowaną normą emisji spalin, jak wynika z danych przekazanych do realizacji niniejszej Analizy, które omówiono w poprzednich rozdziałach. Obecnie roczna praca przewozowa pojazdów komunikacji miejskiej w Białymstoku wynosi 16,26 mln wozokilometrów.

Analiza technicznych możliwości wdrożenia elektromobilności do systemu transportu publicznego w Białymstoku wskazała na dostępność wymaganych parametrów sieci elektroenergetycznej wymaganych do przyłączenia infrastruktury ładowania autobusów elektrycznych. Wytypowane zostały również linie komunikacji, na których zastosowanie pojazdów elektrycznych będzie najbardziej efektywne są to linie: 6,9,11,12,15,16,18,23,26,27,28 oraz 29. Inwestycje te łącznie z zakupem 14 autobusów elektrycznych do roku 2021 generują koszt rzędu 35,6 mln zł. Uwzględniając te wydatki w całkowitym przepływie finansów dla Zarządu Białostockiej Komunikacji Miejskiej wyznaczone zostały wartości wskaźnika FNPV dla Wariantu 0 (utrzymanie stanu obecnego taboru) oraz Wariantu 1 (wykorzystanie pojazdów elektrycznych). Na przestrzeni lat 2017-2032 wyniosą one odpowiednio:

- 827 787 650 PLN
- 889 467 275 PLN.

Na podstawie powyższych wartości stwierdza się mniejszą opłacalność inwestycji w zakresie zakupu autobusów elektrycznych niż konwencjonalnych. Zakup autobusów elektrycznych mimo małego stopnia opłacalności niesie za sobą znaczne korzyści środowiskowe i społeczne. Skutkiem wprowadzenia pojazdów zeroemisyjnych zgodnie z wymaganiami Ustawy będzie ograniczenie emisji NOx oraz niemetanowych lotnych związków organicznych NHMC/NMVOC. Wartym

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

podkreślenia jest fakt przeniesienia miejsca generowanych zanieczyszczeń z transportu miejskiego takich jak dwutlenek węgla oraz cząstki stałych PM poza teren miejski. Koszt środowiskowy wynikający z emisji szkodliwych substancji przez eksploatowaną flotę autobusów po wprowadzeniu Wariantu 1 zmniejszy się o 26,19 mln złotych na przestrzeni lat 2021-2032.

Wdrożenie pojazdów elektrycznych do systemu komunikacji miejskiej miasta Białegostoku wymaga przygotowania zaplecza technicznego i rozważnego zaplanowania tras, na które autobusy te zostaną skierowane. Nie mniej jednak inwestycja ta, nie jest uzasadniona ekonomicznie w przypadku zakupu pojazdów z funduszy Miasta.

Należy wyraźnie zaznaczyć, że elektromobilność jest wyraźnie innowacyjnym kierunkiem rozwoju transportu publicznego, ze względu na szereg zalet w stosunku do konwencjonalnych, dotychczas stosowanych technik i technologii napędu pojazdów - opartych na spalinowych silnikach, głównie diesela. Do tych niepodważalnych zalet można zaliczyć m.in. niższą emisję gazów cieplarnianych, zmniejszenie natężenia emitowanego hałasu do otoczenia oraz obniżenie niskiej emisji w ujęciu lokalnym (głównie pyłu). Jednakże, jak przedstawiono w powyższej analizie, trudno obecnie jednoznacznie wskazać zasadność realizowania inwestycji w elektromobilność z budżetu własnego JST, w obliczu bardzo wysokich nakładów inwestycyjnych. Wskazujemy, że tego typu działania znajdują obecnie uzasadnienie ekonomiczne jedynie w przypadku uzyskania wysokiego dofinansowania bezzwrotnego (lub bardzo niskooprocentowanej pożyczki), które odciążą inwestora w początkowych fazach wdrażania zeroemisyjnego transportu publicznego. W powyższym opracowaniu wykazano te zależności w przeprowadzonym rachunku ekonomicznym. W ciągu najbliższych lat można spodziewać się:

- Rosnącej popularyzacji elektromobilności w transporcie publicznym w Polsce i na Świecie,
- Intensywnego rozwoju infrastruktury dystrybucyjnej i stacji ładowania pojazdów elektrycznych,
- Dynamicznego spadku wysokości wymaganych nakładów inwestycyjnych - zarówno w przypadku taboru, jak i stacji ładowania pojazdów elektrycznych,
- Stałego rozszerzania oferty taborowej producentów, którzy będą ofertowali tabor efektywny energetycznie, o stale zwiększającym się zasięgu przejazdu między ładowaniami i charakteryzujący się coraz lepszym dopasowaniem do warunków krajowych, w tym lokalnych JST.,

Mając na uwadze powyższe rekomenduje się stałe monitorowanie sytuacji rynkowej i uwzględnienie dynamicznych zmian aktualizacji analizy kosztów i korzyści, która musi zostać wykonana w okresie dwóch lat od przeprowadzenia niniejszego opracowania.

6. Spis rysunków

Rysunek 1. Białystok oraz gminy w jego otoczeniu.....	26
Rysunek 2. Plan sieci przesyłowej najwyższych napięć miasta Białystok i okolic.....	58

7. Spis wykresów

Wykres 1. Maksymalna liczba przystanków na liniach autobusowych w obu relacjach	33
Wykres 2. Długość linii autobusowych [km]	34
Wykres 3. Czas przejazdu na liniach autobusowych w obu relacjach [min]	35
Wykres 4. Wskaźnik czasu przejazdu dla linii, a długość linii	38
Wykres 5. Wskaźnik czasu przejazdu, a długość dla linii dziennych	39
Wykres 6. Struktura wykonania wozokilometrów przez Spółki przewoźowe w 2017 roku.....	40
Wykres 7. Struktura posiadania taboru autobusowego przez Spółki (stan na 01.11.2018 r.)	41
Wykres 8. Udział pojazdów według norm emisji w taborze autobusowym (stan na 01.11.2018)	44
Wykres 9. Liczba wozokilometrów taboru autobusowego wg rocznika i norm spalania – spółka KPKM.....	47
Wykres 10. Liczba wozokilometrów taboru autobusowego wg rocznika i norm spalania – spółka KPK	48
Wykres 11. Liczba wozokilometrów taboru autobusowego wg rocznika i norm spalania – spółka KZK	49
Wykres 12. Zużycie paliwa przez tabor autobusowy wg rocznika i norm spalania – KPK.....	51
Wykres 13. Zużycie paliwa przez tabor autobusowy wg rocznika i norm spalania – KPKM ...	51
Wykres 14. Zużycie paliwa przez tabor autobusowy wg rocznika i norm spalania – KZK.....	52
Wykres 15. Wzrost kosztów zakupu paliwa w odniesieniu do roku 2017.....	72
Wykres 16. Koszty osobowe odniesione do 2017r.	74
Wykres 17. Zmienność kosztów zakupu paliwa w odniesieniu do roku 2017	79

8. Spis tabel

Tabela 1. Zespół realizatorski Audytel	6
Tabela 2 Porównanie kosztów inwestycyjnych autobusów na paliwa alternatywne, względem ON	22
Tabela 3. Porównanie parametrów stacji szybkiego ładowania elektrobusów.	24
Tabela 4. Przykłady systemu ładowania zajezdniowego typu plug-in.	24
Tabela 5 Liczba realizowanych wkm przez przewoźników	27
Tabela 6 Liczba wozokilometrów realizowanych w ramach porozumienia międzygminnego z Gminą Choroszcz przez poszczególne linie	28
Tabela 7 Liczba wozokilometrów realizowanych w ramach porozumienia międzygminnego z Gminą Dobrzyniewo Duże przez poszczególne linie	28
Tabela 8 Liczba wozokilometrów realizowanych w ramach porozumienia międzygminnego z Gminą Juchowiec Kościelny przez poszczególne linie	29
Tabela 9 Podział linii z uwagi na rodzaj	29
Tabela 10. Linie realizujące zbiorowy transport publiczny	30
Tabela 11. Wskaźnik czasu przejazdu dla linii	36
Tabela 12. Wykonanie wozokilometrów według spółek przewozowych w 2017 roku	39
Tabela 13. Tabor autobusowy (stan na 01.11.2018) według spółek	40
Tabela 14. Tabor autobusowy (stan na 01.11.2018)	41
Tabela 15. Tabor autobusowy według norm emisji spalin (stan na 30.06.2017)	43
Tabela 16. Tabor autobusowy według roku produkcji (stan na 01.11.2018)	45
Tabela 17. Rok produkcji autobusu, a wozokilometry	46
Tabela 18. Norma emisji spalin, a wozokilometry	47
Tabela 19. Rok produkcji autobusu, a zużycie paliwa	49
Tabela 20. Norma emisji spalin, a zużycie paliwa	50
Tabela 21. Podsumowanie parametrów eksploatacyjnych	52
Tabela 22. Harmonogram wymiany floty	53
Tabela 23. Zestawienie przychodów brutto	54
Tabela 24. Harmonogram wymiany floty – autobusy elektryczne	55
Tabela 25. Prognoza liczby wozokilometrów w latach 2018 - 2028	56
Tabela 26. Prognoza zużycia paliwa w latach 2018 – 2028	56

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

Tabela 27. Zestawienie stacji i rozdzielni znajdujących się na terenie miasta.....	59
Tabela 28. Zestawienie obciążenia stacji na terenie miasta Białystok.....	60
Tabela 29. Zestawienie linii znajdujących się na terenie miasta Białystok.....	60
Tabela 30. Charakterystyka obciążenia linii 110 kV na terenie miasta Białystok	62
Tabela 31. Zestawienie planowanych inwestycji na miasta Białystok do 2019 r.....	63
Tabela 32. Zestawienie linii autobusowych do obsługi przez autobusy elektryczne w wariantach 1.....	64
Tabela 33. Harmonogram wymiany floty w spółce KPK – autobusy elektryczne, zgodnie z założeniami Ustawy o Elektromobilności.....	66
Tabela 34. Harmonogram wymiany floty w spółce KPKM – autobusy elektryczne, zgodnie z założeniami Ustawy o Elektromobilności.....	66
Tabela 35. Harmonogram wymiany floty w spółce KZK – autobusy elektryczne, zgodnie z założeniami Ustawy o Elektromobilności.....	67
Tabela 36. Harmonogram wymiany floty dla komunikacji miejskiej w Białymstoku uwzględniające wszystkie spółki – autobusy elektryczne, zgodnie z założeniami Ustawy o Elektromobilności	67
Tabela 37. Szacowane zużycie energii w danym okresie	67
Tabela 38. Prognoza zużycia paliwa w latach 2018 – 2028.....	68
Tabela 39. Prognozowana inflacja	69
Tabela 40. Harmonogram wymiany autobusów konwencjonalnych realizujących publiczny transport zbiorowy na zlecenie Miasta Białystok	71
Tabela 41. Zmienność cen paliwa	72
Tabela 42. Koszty związane z zakupem części zamiennych przypadające na jeden autobus odniesione do roku 2017	73
Tabela 43. Udział poszczególnych kosztów w całkowitych wydatkach przedsiębiorstw komunikacyjnych	75
Tabela 44. Harmonogram wymiany autobusów konwencjonalnych oraz zakupu autobusów elektrycznych w ramach działalności ZBKM.....	76
Tabela 45. Zestawienie nakładów inwestycyjnych w 2020 roku.....	77
Tabela 46. Wzrost cen energii w okresie objętym analizą.....	78
Tabela 47. Porównanie kosztów zakupu paliwa na 1 wkm w wariantach 0 i 1.....	79
Tabela 48. Udział poszczególnych kosztów w zestawieniu wydatków ZBKM – wariant I	80
Tabela 49. Zestawienie źródeł finansowania zakupu autobusów elektrycznych dla Jednostek Samorządu Terytorialnego.....	81

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

Tabela 50. Wartości wskaźników emisyjności wykorzystanych w analizie społeczno-ekonomicznej.83

Tabela 51. Roczna emisja gazów cieplarnianych i szkodliwych substancji wytwarzana przez autobus spalinowy i elektryczny oraz opłaty z tym związane.....83

Tabela 52. Emisja gazów cieplarnianych i szkodliwych substancji przy wykorzystaniu taboru spalinowego oraz opłaty z tym związane.85

Tabela 53. Emisja gazów cieplarnianych i szkodliwych substancji przy wykorzystaniu taboru zeroemisyjnego oraz opłaty z tym związane.....85

Tabela 54. Zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych i szkodliwych substancji po wprowadzeniu taboru zeroemisyjnego oraz zysk środowiskowy z tym związany.86

Tabela 55. Zestawienie wskaźników ekonomicznych dla wariantu 1.....86

