

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI ZWIĄZANYCH Z WYKORZYSTANIEM AUTOBUSÓW ZEROEMISYJNYCH

dla:

GMINY WAŁBRZYCH

28.12.2018 r.

Wersja po konsultacjach społecznych

Spis treści

Wykaz skrótów i definicji	5
Streszczenie dokumentu	7
1. Wstęp	9
1.1. Cele prowadzonych prac	9
1.2. Podstawa realizacji analizy	9
1.3. Zespół realizatorski	9
1.4. Wykaz dokumentów wykorzystanych do analizy	9
1.5. Metodyka prowadzonych prac.....	11
1.6. Podsumowanie	11
2. Miasto Wałbrzych – analiza otoczenia transportu miejskiego	12
2.1. Analiza uwarunkowań regulacyjnych i środowiskowych.....	12
2.2. Podsumowanie	20
3. Przegląd technologii i eksploatacji autobusów elektrycznych w transporcie publicznym	21
3.1. Opis technologii.....	21
3.2. Zasilanie.....	24
4. Wyniki przeprowadzonych analiz	30
4.1. Analiza stanu obecnego	30
4.2. Kierunki rozwoju floty na lata 2019 -2028.....	43
4.3. Analiza finansowo-ekonomiczna oraz analiza nakładów inwestycyjnych	56
4.4. Analiza społeczno-ekonomiczna	67
5. Podsumowanie	73
6. Spis rysunków	75
7. Spis wykresów	76
8. Spis tabel	77

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
SKA	Śląskie Konsorcjum Autobusowe, operator świadczący usługi publicznego transportu zbiorowego dla gminy Wałbrzych
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
ZDKiUM	Zarząd Dróg, Komunikacji i Utrzymania Miasta w Wałbrzych

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

² Źródło: <https://sjp.pl>

Streszczenie dokumentu

Poniższa analiza kosztów i korzyści powstała w związku z realizacją przez Gminę Wałbrzych 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 Wałbrzychu 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 została na okres 15 lat (od 2018 do 2032r.). Celem jej było przedstawienie kosztów oraz wskaźników finansowych dla poszczególnych wariantów.
- społeczno-ekonomiczna - sporządzona została 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 Wałbrzychu.

³ Art. 37 Ustawy o elektromobilności

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 cieplarnianych (art. 37. Ust. 1). Pierwszą taką analizę należy sporządzić do dnia 31 grudnia 2018r.

1.2. Podstawa realizacji analizy

Poniższy dokument został sporządzony na podstawie umowy nr ZDKiUM/U-WB,141-W/2018 z 13 listopada 2018r. zawartej pomiędzy Gminą Wałbrzych, pl. Magistracki 1, 58-300 Wałbrzych – Zarządem Dróg, Komunikacji i Utrzymania Miasta w Wałbrzychu, 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

Imię i nazwisko	Funkcja/rola w projekcie
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
Katarzyna Piórkowska	konsultant w zakresie redakcyjnym
Michał Sikora	kontroler jakości prac przy projekcie

W celu sporządzenia dokumentu oraz uzyskania niezbędnych informacji przeprowadzone zostały spotkania z przedstawicielami Gminy Wałbrzych i operatora:

- Zarządu Dróg, Komunikacji i Utrzymania Miasta w Wałbrzychu,
- Śląskiego Konsorcjum Autobusowego,
- Urząd Miejskiego w Wałbrzychu.

1.4. Wykaz dokumentów wykorzystanych do analizy

W ramach prac wykonawczych, przeanalizowano następujące dokumenty:

Udostępnione przez ZDKiUM

1. Skład floty obejmujący zestawienie wszystkich dostępnych pojazdów:

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

- kategoria pojazdu,
 - 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,
 10. Informacja o braku 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 w Wałbrzychu i Szczawnie-Zdroju,
2. Plan gospodarki niskoemisyjnej na lata 2014-2020 z perspektywą do 2030 r. dla 15 gmin Aglomeracji Wałbrzyskiej.

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 22.11.2018 roku.

1.6. Podsumowanie

Dokument został sporządzony zgodnie z wymaganiami Ustawy o elektromobilności przez zespół realizatorski Audytel S.A. na zlecenie Miasta Wałbrzych. W celu przygotowania materiału wyjściowego do analiz przeprowadzono spotkania oraz zebrano niezbędne dane od przedstawicieli Zarządu Dróg, Komunikacji i Utrzymania Miasta w Wałbrzychu, Śląskiego Konsorcjum Autobusowego oraz Urzędu Miejskiego w Wałbrzychu. Analiza kosztów i korzyści została sporządzona zgodnie z wymaganiami zawartymi w dokumentach wskazanych jako wytyczne przez organ ustawodawczy.

2. Miasto Wałbrzych – 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^{4,5}. 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 Wałbrzych 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 w Wałbrzychu i Szczawnie-Zdroju,
- Plan gospodarki niskoemisyjnej na lata 2014-2020 z perspektywą do 2030 r. dla 15 gmin Aglomeracji Wałbrzyskiej.

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

⁴<http://www.tworzymyatmosfera.pl/zanieczyszczenia-powietrza-a-transport-samochodowy>

⁵„Zielona Księga W sprawie nowej kultury mobilności w mieście”, Komisja Wspólnot Europejskich, KOM(2007)551, Bruksela, 25.9.2017 s. 3.

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

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 gminy Wałbrzych. Zawartość takich pojazdów w całkowitej liczbie pojazdów powinien wynosić:

- **5%** od 31.12.2020 r.,
- **10%** od 31.12.2022 r.,
- **20%** od 31.12.2024 r.,
- **30%** od 31.12.2027 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, KGPS, 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 dnia 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 Planie na lata 2019-2020 (drugiej fazie) zaplanowano 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 I oraz wdrożenie nowych modeli biznesowych upowszechnienia pojazdów elektrycznych.
- W okresie 2020-2025 zakłada się, że rynek elektromobilności osiągnie dojrzałość, co umożliwi stopniowe wycofywanie instrumentów wsparcia. Ma wtedy zapanować trend na ekologiczny transport, który wzmoże wykorzystanie samochodów elektrycznych przez administrację publiczną, która ma także udostępnić infrastrukturę ładowania obywatelom.

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”.⁶

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.⁷

2.1.2. Dokumenty o zasięgu regionalnym

Plan zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego w Wałbrzychu i Szczawnie-Zdroju

„Plan zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego w Wałbrzychu i Szczawnie-Zdroju” został przyjęty przez Radę Miasta Wałbrzych uchwałą nr XXXV/283/2012 z 10 lipca 2012 r. oraz przez Radę Miejską w Szczawnie-Zdroju uchwałą nr XXI/41/12 z 20 sierpnia 2012 r.. Według dokumentu transport publiczny na obszarze miasta Wałbrzych i Szczawna-Zdrój ma za zadanie zapewnić dużą dostępność obszarów okolicy (bez wykluczania obszarów mniej zurbanizowanych), w tym dla osób niepełnosprawnych i o obniżonej sprawności ruchowej. Kwestia poprawy mobilności mieszkańców jest również bardzo istotna, co wiąże się z ułatwieniem dojazdu do pracy i szkół oraz dobrym skomunikowaniem z ośrodkami znajdującymi się poza

⁶ <https://www.gov.pl/energia/rzad-przyjal-krajowe-ramy-polityki-rozwoju-infrastruktury-paliw-alternatywnych-3>

⁷ <https://www.gov.pl/energia/fundusz-niskoemisyjnego-transportu>

obszarem miasta. Wspieranie transportu publicznego jest również jednym z najważniejszych elementów polityki zrównoważonego rozwoju. W myśl planu, publiczny transport zbiorowy ma stanowić atrakcyjną alternatywę dla używania prywatnych samochodów, szczególnie w codziennych podróżach związanych z pracą, nauką, czy rozrywką.

Polityka zrównoważonego rozwoju zawarta w planie transportowym określa jak rozwijać transport miejski tak aby minimalizować jego negatywny wpływ na środowisko życia mieszkańców. Skuteczne wdrażanie zrównoważonego rozwoju polega na wspieraniu działań ograniczających zapotrzebowanie na transport poprzez odpowiednią politykę przestrzenną, rozwój nowych technologii komunikacji z wykorzystaniem załatwiania spraw drogą elektroniczną oraz politykę transportową promującą wykorzystanie publicznego transportu zbiorowego w podróżach miejskich, tak aby jego udział w zmotoryzowanym ruchu miejskim był wyższy niż 50 %.

Zalecane w niniejszym planie kierunki działań promujące transport zbiorowy w stosunku do indywidualnego wynikające z polityki zrównoważonego rozwoju to:

- ograniczenia ruchu pojazdów indywidualnych w ścisłym centrum w postaci: stref ruchu uspokojonego oraz nowych ciągów pieszych na drogach wyłączonych z ruchu pojazdów silnikowych,
- ograniczanie liczby miejsc parkingowych w ścisłym centrum wraz z rozszerzaniem stref płatnego parkowania,
- wprowadzanie przywilejów w ruchu dla autobusów komunikacji miejskiej w stosunku do pozostałych pojazdów.

Kierunki rozwoju transportu publicznego w Wałbrzychu przedstawione w dokumencie to m.in.:

- systemowe uporządkowanie rynku przewozów pasażerskich w Wałbrzychu i Szczawnie-Zdroju,
- propozycje zmian w taryfie opłat za komunikację miejską Wałbrzycha,
- zwiększenie funkcjonalności i atrakcyjności systemu biletu elektronicznego,
- zwiększenie stopnia wykorzystania kolei w realizacji podróży w regionie,
- kształtowanie dogodnych węzłów przesiadkowych komunikacja miejska – kolej,
- dostosowanie infrastruktury przystankowej do potrzeb osób niepełnosprawnych,
- przyśpieszenie linii komunikacji miejskiej.

Plan gospodarki niskoemisyjnej na lata 2014-2020 z perspektywą do 2030 r. dla Gminy Wałbrzych z uwzględnieniem zapisów części wspólnej Planu dla Aglomeracji Wałbrzyskiej

„Plan gospodarki niskoemisyjnej na lata 2014-2020 z perspektywą do 2030 r. dla Gminy Wałbrzych z uwzględnieniem zapisów części wspólnej Planu dla Aglomeracji Wałbrzyskiej” przyjęty przez radę Miasta Wałbrzych uchwałą Nr X/139/2015 z 27 sierpnia 2015 r.(PGN) jest dokumentem strategicznym wyznaczającym główne cele i kierunki działań w zakresie poprawy efektywności energetycznej, ochrony powietrza, ograniczenia emisji zanieczyszczeń, w tym także gazów cieplarnianych. Ma na celu poprawę standardów jakości powietrza w perspektywie lat 2015-2030.

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

Zakres planu odnosi się do działań jakie należy podjąć w sektorze budownictwa publicznego, mieszkalnictwa indywidualnego, zaopatrzenia w ciepło i energię, a także transportu prywatnego i publicznego. Priorytetowymi celami dokumentu jest ograniczenie emisji substancji zanieczyszczających powietrze oraz emisji dwutlenku węgla. Zaproponowane w dokumencie działania powinny przynosić efekt ekologiczny w postaci ograniczenia emisji substancji do powietrza oraz redukcji zużycia energii.

Stan jakości powietrza należy do jednego z najbardziej istotnych zagadnień, na którym w głównej mierze opiera się cały dokument. w zakresie tym zostały poruszone kwestie diagnozy stanu jakości powietrza w oparciu o obserwacje i badania prowadzone przez Wojewódzkiego Inspektora Ochrony Środowiska. W dokumencie przedstawiono wyniki analizy substancji zanieczyszczających powietrze ze względu na dany sektor gospodarki. W głównej mierze skupiono się na emisji CO₂, która łącznie na terenie Wałbrzycha wynosi 468 227,8 Mg/rok. Zbiorcza emisja dwutlenku węgla ze środków transportu wynosi 72 775,9 Mg/rok.,⁸ co stanowi około 16% całkowitej emisji CO₂ w mieście. Komunikacja miejska natomiast generuje 3 778,6 Mg/rok dwutlenku węgla. To z kolei odpowiada za 0,8% całkowitej emisji.

W PGN skupiono się również m.in. na opisie strategicznych działań kierunkowych zmierzających do przywrócenia standardów jakości powietrza. W jego ramach zastosowano podział na: energetykę, przemysł, transport (ze szczególnym uwzględnieniem transportu publicznego), infrastrukturę użyteczności publicznej oraz gospodarstwa domowe. Przedstawiono także harmonogram rzeczowo-finansowy działań naprawczych – krótkookresowych, średnio i długoterminowych. Harmonogram zawiera rezultaty ekologiczne z przewidywanym wymiarem redukcji emisji substancji [Mg/rok].

Cele strategiczne miasta uwzględniają zapisy określone w pakiecie klimatyczno-energetycznym do roku 2020, tj.:

- redukcję emisji gazów cieplarnianych,
- zwiększenie udziału energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych,
- redukcję zużycia energii, co ma zostać zrealizowane poprzez podniesienie efektywności energetycznej,

a także poprawę jakości powietrza dla Miasta Wałbrzycha, w których stwierdzone zostały ponadnormatywne poziomy substancji w powietrzu.

Opis celów strategicznych i szczegółowych zamieszczono w tabeli Tabela 2.

⁸„Plan gospodarki niskoemisyjnej na lata 2014-2020 z perspektywą do 2030 r. dla Gminy Wałbrzych z uwzględnieniem zapisów części wspólnej Planu dla Aglomeracji Wałbrzyskiej”, Atmoterm, Wałbrzych 2015, str. 192.

Tabela 2. Cele strategiczne i szczegółowe Wałbrzycha

Cele strategiczne	Cele szczegółowe
1. Dążenie do utrzymania niskoemisyjnego wzrostu gospodarczego i zaspokajania potrzeb społeczeństwa, tj. rozwoju gospodarczo-społecznego Aglomeracji Wałbrzyskiej do 2030 roku następującego bez wzrostu zapotrzebowania na energię pierwotną i finalną	1.1. Realizacja idei wzorcowej roli sektora publicznego w zakresie oszczędnego gospodarowania energią
	1.2. Zwiększenie efektywności wykorzystania energii i paliw w budynkach z uwzględnieniem aspektów rewitalizacji obszarów zdegradowanych oraz utylizacji azbestu
2. Wdrożenie wizji Aglomeracji Wałbrzyskiej jako obszaru zarządzanego w sposób zrównoważony i ekologiczny, stanowiącego przykład zarówno dla gmin regionu jak i kraju	2.1. Postrzeganie przez mieszkańców systemów miejskich jako przyjazne
	3.1. Zmniejszenie emisji pyłów i gazów cieplarnianych
3. Ograniczenie emisji pyłów i gazów cieplarnianych z instalacji wykorzystywanych na terenie Aglomeracji Wałbrzyskiej, a także emisji pochodzącej z transportu mające na celu spełnienie norm w zakresie jakości powietrza	3.2. Zwiększenie świadomości wśród mieszkańców dotyczącej ich wpływu na lokalną gospodarkę ekoenergetyczną oraz jakość powietrza
	3.3. Promocja i realizacja wizji zrównoważonego transportu – z uwzględnieniem transportu publicznego, indywidualnego, jak również rowerowego
	3.4. Poprawa parametrów technicznych dróg i zapewnienie szybkiego bezpośredniego połączenia Aglomeracji Wałbrzyskiej z jej otoczeniem
4. Zwiększenie efektywności wykorzystania/wytwarzania energii oraz wykorzystywanie odnawialnych źródeł energii	4.1. Zwiększenie wykorzystania odnawialnych źródeł energii wykorzystywanych na terenie miasta
	5.1. Wspieranie zrównoważonej gospodarki materiałami i surowcami mineralnymi, w tym energetycznymi w Aglomeracji Wałbrzyskiej
5. Rozwój innowacyjnej gospodarki lokalnej opartej o wiedzę oraz nowoczesne technologie	5.2. Promocja i wdrażanie idei budownictwa energooszczędnego
	5.3. Promocja efektywnego energetycznie oświetlenia
	5.4. Promocja rozwoju innowacyjnej gospodarki
	6.1. Poprawa efektywności energetycznej budynków
6. Poprawa ładu przestrzennego, rozwój zrównoważonej przestrzeni publicznej, a także rewitalizacja zdegradowanych obszarów.	6.2. Poprawa estetyki przestrzeni publicznych
	6.3. Poprawa stanu technicznego urządzeń infrastruktury publicznej

Źródło: „Plan gospodarki niskoemisyjnej na lata 2014-2020 z perspektywą do 2030 r. dla Gminy Wałbrzych z uwzględnieniem zapisów części wspólnej Planu dla Aglomeracji Wałbrzyskiej”, *Atmoterm, Wałbrzych 2015, str. 161-162.*

2.2. Podsumowanie

Dokumenty o zasięgu krajowym oraz regionalnym dla Miasta Wałbrzycha 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 w Wałbrzychu i Szczawnie-Zdroju” przedstawione zostały postulaty zwiększające atrakcyjność komunikacji miejskiej oraz usprawniające jej funkcjonowanie, m. in.: systemowe uporządkowanie rynku przewozów pasażerskich w Wałbrzychu i Szczawnie-Zdroju, propozycje zmian w taryfie opłat za komunikację miejską-, przyśpieszenie linii komunikacji miejskiej, zwiększenie funkcjonalności i atrakcyjności systemu biletu elektronicznego. Według „Planu gospodarki niskoemisyjnej na lata 2014-2020 z perspektywą do 2030 r. dla Gminy Wałbrzych z uwzględnieniem zapisów części wspólnej Planu dla Aglomeracji Wałbrzyskiej” priorytetem dla rozwoju transportu miejskiego jest ograniczenie szkodliwych emisji. Wynikiem tych działań będzie skuteczna poprawa jakości powietrza w mieście.

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 Europejskiej⁹. Transport miejski przyczynia się natomiast do powstania 25% emisji CO₂ w transporcie ogółem¹⁰. 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, jak również autobusy do realizacji publicznej komunikacji zbiorowej. 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.

⁹ „Paliwa alternatywne w komunikacji miejskiej”, Polski Kongres Paliw Alternatywnych, 2018, str. 5

¹⁰<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 kW¹¹. 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/km¹².Większość producentów autobusów podaje średnie zużycie w zakresie od 1 kWh/km do 1,4 kWh/km¹³ 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

¹¹ „Napędy alternatywne”, Solaris, Katalog produktowy 2018

¹² „Autobus elektryczny z punktu widzenia sprzedaży”, Solaris

¹³E-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.¹⁴

¹⁴ „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 jest 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 kilkukrotność 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 3 Porównanie kosztów inwestycyjnych autobusów na paliwa alternatywne, względem ON

Podział kosztów		SCANIA CITYWIDE 12 LF	SCANIA CITYWIDE 12LF CNG	SOLARIS URBINO12 ELECTRIC (NMC 160 kWh)
Inwestycja	Cena	990 000 ¹⁵	1 000 000 ¹⁶	2 500 000
Eksploatacja	Koszty wymiany baterii	0	0	500 000 ¹⁷
	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 niskoemisyjnych, opracowanych przez MZA w Warszawie, MPK w Tarnowie ¹⁸ i MPK

¹⁵Cena ostateczna pojazdu uzależniona jest od wymogów dotyczących parametrów technicznych, wyposażenia, technologii ładowania, przyznanych rabatów, czy liczby pojazdów zamówionych przez odbiorcę.

¹⁶Cena ostateczna pojazdu uzależniona jest od wymogów dotyczących parametrów technicznych, wyposażenia, technologii ładowania, przyznanych rabatów, czy liczby pojazdów zamówionych przez odbiorcę.

¹⁷Koszt przybliżony, zależny od rodzaju zastosowanej baterii i intensywności eksploatacji.

¹⁸ „Alternatywne napędy autobusów miejskich”, MPK Tarnów, 2017 r.

w Krakowie¹⁹ 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).²⁰

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 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

¹⁹ „Autobusy elektryczne, koszty zakupu i eksploatacji”, MPK Kraków, 2017 r.

²⁰ „Paliwa alternatywne w komunikacji miejskiej”, Polski Kongres Paliw Alternatywnych, 2018, str. 12

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

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 4 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 4. 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
Indukcyjnie	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 5 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 5. 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 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

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

użytkowania, 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.²¹ w przypadku gdy zostanie podjęta decyzja o powstaniu nowego przyłączy, miejsce jego usytuowania jest uzgadniane przez OSD z inwestorem. Dzięki temu zapewnia się optymalne umiejscowienie przyłączy.

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.

²¹ 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 Wałbrzych

Miasto Wałbrzych to miasto na prawach powiatu, usytuowane w województwie dolnośląskim. Zamieszkiwane jest przez 113,1 tys. mieszkańców (stan na 30.06.2018 r.)²², 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).

Wałbrzych graniczy z czterema miastami:

- Boguszków-Gorce,
- Szczawno-Zdrój,
- Jedlina-Zdrój,
- Świebodzice.

Oraz czterema gminami:

- Mieroszów,
- Walim,
- Stare Bogaczowice,
- Świdnica.

Rysunek 1. Wałbrzych i miasta oraz gminy z nim sąsiadujące



Źródło: Prognoza oddziaływania na środowisko „Aktualizacji programu ochrony środowiska dla miasta Wałbrzych na lata 2010-2014 z perspektywą do roku 2018”

Miasto usytuowane jest na Pogórzu Zachodniosudeckim i Sudetach Środkowych. Najwyższy punkt w Wałbrzychu to Borowa, która usytuowana jest na wysokości 853 m n.p.m., natomiast najniższy to dolina Pełcznicy położona na wysokości 315 m n.p.m.

²²<https://www.um.walbrzych.pl/pl/page/wa%C5%82brzych-w-statystyce>

4.1.2. Transport publiczny w Wałbrzychu

Organizator oraz przewoźnicy realizujący transport publiczny

Zadanie organizatora publicznego transportu zbiorowego dla miasta Wałbrzych oraz gmin ościennych, z którymi zostały zawarte porozumienia międzygminne, realizuje Zarząd Dróg, Komunikacji i Utrzymania Miasta. Operatorem publicznego transportu zbiorowego jest Śląskie Konsorcjum Autobusowe. Przewozy realizowane są 58 autobusami. Ponadto na terenie miasta Wałbrzych i gminach sąsiadujących przewozy wykonują przewoźnicy, posiadający zezwolenia na wykonywanie regularnych przewozów osób w krajowym transporcie drogowym. Ich nazwy, linie które obsługują oraz trasy na których kursują, przedstawione zostały w tabelach poniżej, z podziałem na obszar ich funkcjonowania (miejskie, międzypowiatowe, pozamiejskie).

Tabela 6. Linie komunikacyjne miejskie realizowane przez przewoźników

przewoźnik	linia	trasa
Stowarzyszenie Prywatnych Przewoźników Komunikacji Miejskiej "KONTRA"	10	Glinik Stary - Konradów
	102	plac Grunwaldzki - Nowe Miasto - plac Grunwaldzki
	103	plac Grunwaldzki - plac Gedymina
	6	Wałbrzych (Dworzec Główny PKP - Biały Kamień) - Szczawno-Zdrój (ul. Solicka)
	8	Wałbrzych (Książ - Piaskowa Góra - Biały Kamień) - Szczawno-Zdrój (ul. Solicka)
Przewozy Pasażerskie Mariusz Tatuśko sp.j.	C	Podzamcze - plac Grunwaldzki
Usługi Transportowe Piotr Borek Trasa Wałbrzych - Szczawno-Zdrój	7	Wałbrzych (Plac Grunwaldzki - Piaskowa Góra) - Szczawno-Zdrój (Plac Wolności)
„NICOLE” Sławomir Dąbrowski	18 bis	Wałbrzych (WSSE /Podzamcze) - Szczawno-Zdrój - Wałbrzych (Sobięcín)
Przedsiębiorstwo Wielobranżowe "MAXPOL" Zuzanna Białas	GV	z placu Grunwaldzkiego do Galerii Victoria

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych znajdujących się na stronie <http://zdkium.walbrzych.pl>

Tabela 7. Linie komunikacyjne międzypowiatowe realizowane przez przewoźników

przewoźnik	linia	trasa
DEX-TRANS Sp. z o.o. Przedsiębiorstwo Komunikacyjne w Wałbrzychu	30	Wałbrzych - Świebodzice
	31	Wałbrzych - Świebodzice - Świdnica
	31BIS	Wałbrzych - Świebodzice - Świdnica

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

Usługi Transportowe „TRANS-EXPRES” s.c. Bożena Kondracka i Tomasz Kondracki	31	Wałbrzych - Świebodzice - Świdnica
P.W.H.D. Przedsiębiorstwo Wielobranżowe Bartosz Dyrda	31	Wałbrzych - Świebodzice - Świdnica
Usługi Transportowe Grzegorz Rydza	31	Wałbrzych - Świebodzice - Świdnica
Usługi Transportowe Marek Kowalczyk	31	Wałbrzych - Świebodzice - Świdnica

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych znajdujących się na stronie <http://zdkium.walbrzych.pl>

Tabela 8. Linie komunikacji pozamiejskiej realizowane przez przewoźników

przewoźnik	linia
Usługi Transportowe – Małgorzata Rosiak	Wałbrzych – Boguszów-Gorce
Stowarzyszenie Przedsiębiorców Gospodarczych „MIKRUS”	Wałbrzych – Boguszów-Gorce
Przedsiębiorstwo Transportowe „Travelworld”	Wałbrzych – Niedźwiedzica – Michałkowa – Zagórze – Glinno
PT FRESH TRAVEL Anna Ostrowska	Wałbrzych – Niedźwiedzica – Michałkowa – Zagórze – Glinno
Centrum Nieruchomości i Transportu Beata Żołnieruk	Wałbrzych – Jedlina Zdrój – Głuszycza
Przedsiębiorstwo Produkcyjno-Handlowo-Usługowe IMPORT – EXPORT Jerzy Styrbicki	Wałbrzych – Jedlina Zdrój – Głuszycza
PTHU "Kolumb" Marek Bisek	Wałbrzych – Jedlina Zdrój – Głuszycza
Usługi Transportowe i Handel Obwoźny Jan Kołakowski	Wałbrzych – Szczawno-Zdrój – Struga - Stare Bogaczowice - Gostków
Zbigniew Kubiszyn, Aneta Kubiszyn "MABO" s.c.	Wałbrzych – Boguszów Gorce – Czarny Bór - Grzędy Górne
„Mieroszów-Trans” Bochenek i Wspólnicy, Spółka Jawna	Wałbrzych – Unisław – Kowalowa – Mieroszów – Golińsk – Łączna
Usługi Transportowe Rafał Gołda	Wałbrzych – Jedlina Zdrój – Głuszycza – Kolce – Sierpnica
Usługi Transportowe Robert Frankowski	Wałbrzych - Kuźnice – Stary Lesieniec

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych znajdujących się na stronie <http://zdkium.walbrzych.pl>

Porozumienia międzygminne

Gmina Wałbrzych zawarła pięć porozumień międzygminnych (obecnie obowiązujących) w zakresie lokalnego transportu zbiorowego, z Gminami:

- Boguszów-Gorce,
- Jedlina-Zdrój,
- Mieroszów,
- Stare Bogaczowice,
- Szczawno-Zdrój,
- Walim,
- Głuszycza

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

W tabeli poniżej przedstawiono jakie linie funkcjonują na terenach powyższych gmin oraz liczbę kursów realizowanych na ich terenie w ramach porozumień międzygminnych. Na jej podstawie widać, że największa liczba kursów realizowana jest na terenie Gminy Szczawno-Zdrój.

Tabela 9. Linie, trasy oraz ilość kursów realizowanych w ramach porozumień międzygminnych

Gmina	linia nr	trasa na terenie gminy	ilość kursów
Boguszów-Gorce	2	granica administracyjna Gminy Wałbrzych-pętla przy ul. Romualda Traugutta oraz pętla przy ulicy Żeromskiego w Boguszowie-Gorcach	do pętli przy ulicy Traugutta: dni robocze 22 soboty 10 niedziele i święta 8 do pętli przy ulicy Żeromskiego: dni robocze 11,5 soboty 7 niedziele i święta 4
Jedlina-Zdrój	5	granica administracyjna Gminy Wałbrzych-pl. Zwycięstwa w Jedlinie-Zdroju i ul. Wałbrzyska oraz ul. Noworudzką w Jedlinie-Zdroju	dni robocze min. 7 soboty, niedziele i święta min. 8
Mieroszów	12	ostatni przystanek w granicach administracyjnych Gminy Wałbrzych – Rybnica Leśna-Andrzejówka	dni robocze , soboty, niedziele i święta 5
	15	ostatni przystanek w granicach administracyjnych Gminy Wałbrzych – Mieroszów-Golińsk	dni robocze , soboty, niedziele i święta 6
Stare Bogaczowice	8	przystanek Szczawno-Zdrój-Solicka – przystanek Stare Bogaczowice, ul. Gółwna	dni robocze 4 (trasa: Szczawno-Zdrój-Solicka-Struga-Szczawno-Zdrój, Solicka) soboty, niedziele i święta 8 (trasa: Szczawno-Zdrój-Solicka-Struga-Stare Bogaczowice – Struga Szczawno-Zdrój, Solicka)
Szczawno-Zdrój	5	pierwszy - ostatni przystanek w granicach administracyjnych Gminy Szczawno Zdrój	dni robocze 9 soboty 5 niedziele i święta 3,5
	18	w kierunku dzielnicy Sobięcin pierwszy - ostatni przystanek w granicach administracyjnych Gminy Szczawno Zdrój	dni robocze 39,5 soboty 36 niedziele i święta 28
Walim	5	ostatni przystanek w granicach Gminy Wałbrzych – Bystrzycka - Rusinowa i Głuszycka - Noworudzka	Na trasie: Wałbrzych (Bystrzycka – Rusinowa) – Walim (Dzieńmorowice) – 14 kursów w dni robocze, 6 kursów w sobotę, 5 kursów w niedzielę i święta; na

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

			trasie: Wałbrzych (Głuszycka – Noworudzka) – Walim (ul. Wyszyńskiego) – 8 kursów w dni robocze, 1 kurs w sobotę; na trasie: Wałbrzych (Głuszycka – Noworudzka) – Walim (Rzecka) – 5 kursów w dni robocze, 4 kursy w sobotę, 4 kursy w niedzielę i święta
	11	ostatni przystanek w granicach Gminy Wałbrzych – Strzegomska - Kozice	Na trasie: Wałbrzych (Strzegomska - Kozice) – Walim (Stary Julianów) – 4kursy w dni robocze

Źródło: opracowanie własne na podstawie porozumień międzygminnych

Poza porozumieniami międzygminnymi Gmina Wałbrzych zawarła również dwie umowy z:

- Auchan Polska Sp. z o.o. (zawarta dn. 28 stycznia 2016r.)
- GUAVA Sp. z o.o. (zawarta dn. 16 grudnia 2015r.)

Umowy określały zasady współfinansowania przez spółki kosztów przewozów realizowanych w ramach publicznego transportu zbiorowego na czterech liniach.

Spółka Auchan Polska Sp. z o.o. współfinansuje koszty przewozów realizowanych na liniach komunikacyjnych miejskich A i C – na odcinku o długości 0,84km od zjazdu z drogi wojewódzkiej nr 376 na drogę wewnętrzną pod market Auchan do zjazdu z drogi wewnętrznej do drogi wojewódzkiej nr 376.

Spółka GUAVA współfinansuje koszty przewozów realizowanych na liniach komunikacji miejskiej "2" na odcinku o długości 0,32km (różnica pomiędzy długością trasy podstawowej linii nr "2" a długością trasy biegnącej przez drogę wewnętrzną Galerii Victoria) oraz linii "C" na odcinku o długości 2,85km od Placu na Rozdrożu do Galerii Victoria.

Obie umowy obowiązują do 31 grudnia 2018 r.

Charakterystyka funkcjonowania sieci i systemu komunikacji

Sieć komunikacyjną miasta Wałbrzych tworzy 13 linii autobusowych. Ich relacje zostały przedstawione w tabeli, natomiast trasy oraz przystanki na rysunku poniżej.

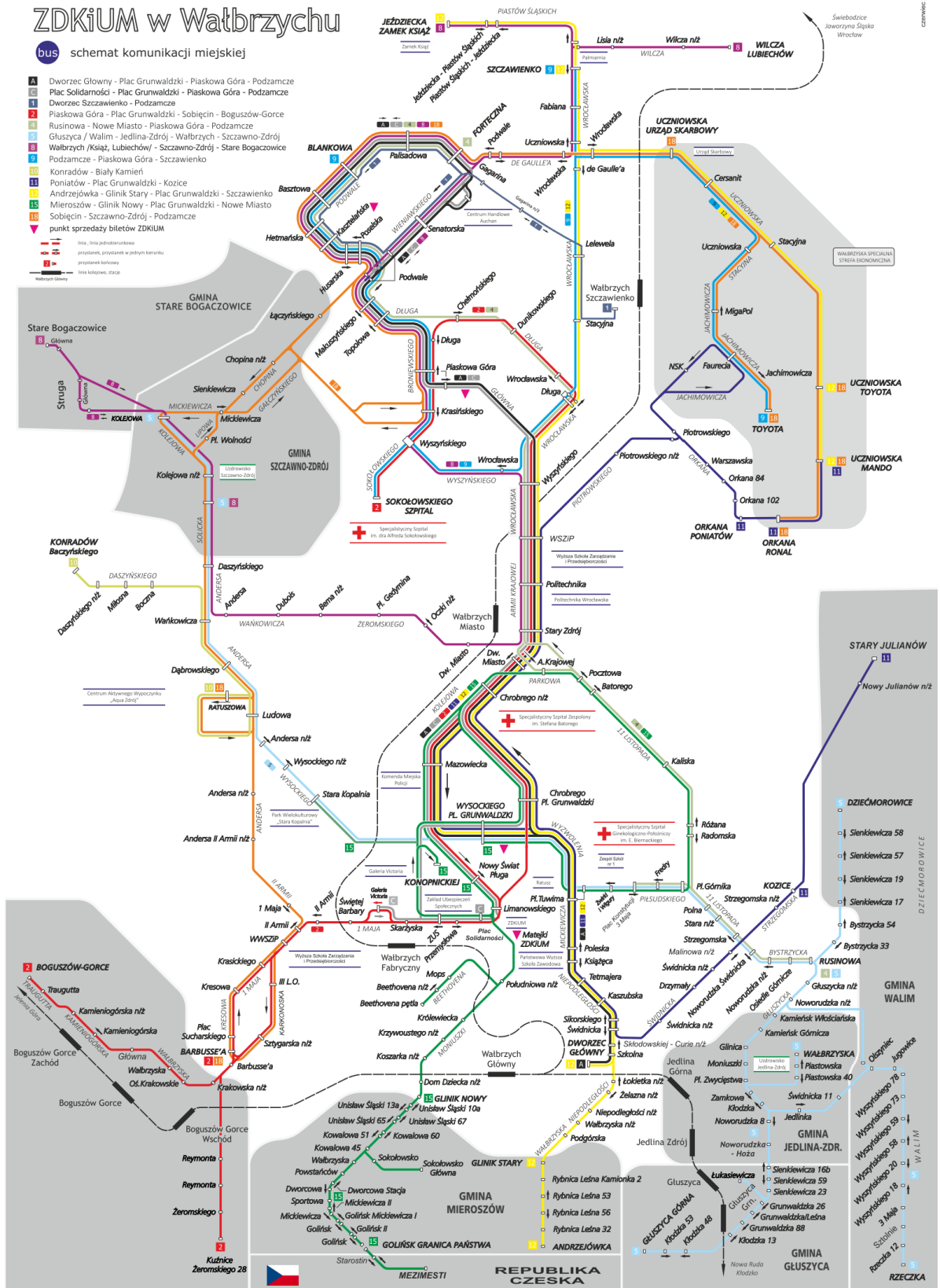
Tabela 10. Linie, na których realizowany jest zbiorowy transport publiczny na zlecenie ZDKiUM

numer linii	relacja
1	Dworzec Szczawienko - Podzamcze
2	Piaskowa Góra- Plac Grunwaldzki - Sobięcin -Boguszów-Gorce
4	Rusinowa-Nowe Miasto-Piaskowa Góra-Podzamcze
5	Głuszyca/Walim-Jedlina-Zdrój-Wałbrzych-Szczawno-Zdrój
8	Wałbrzych/Książ, Lubiechów/-Szczawno-Zdrój-Stare Bogaczowice
9	Podzamcze-Piaskowa Góra-Szczawienko
10	Konradów-Biały Kamień
11	Poniatów-Plac Grunwaldzki-Kozice
12	Andrzejówka-Glink Stary-Plac Grundwaldzki-Szczawienko
15	Mieroszów-Glinki Nowy-Plac Grunwaldzki-Nowe Miasto
18	Sobięcin-Szczawno-Zdrój-Podzamcze
A	Dworzec Główny-Plac Grunwaldzki-Piaskowa Góra-Podzamcze
C	Plac Solidarności-Plac Grunwaldzki-Piaskowa Góra-Podzamcze

Źródło: Opracowanie własne na podstawie schematu komunikacji miejskiej

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

Rysunek 2. Schemat komunikacji miejskiej



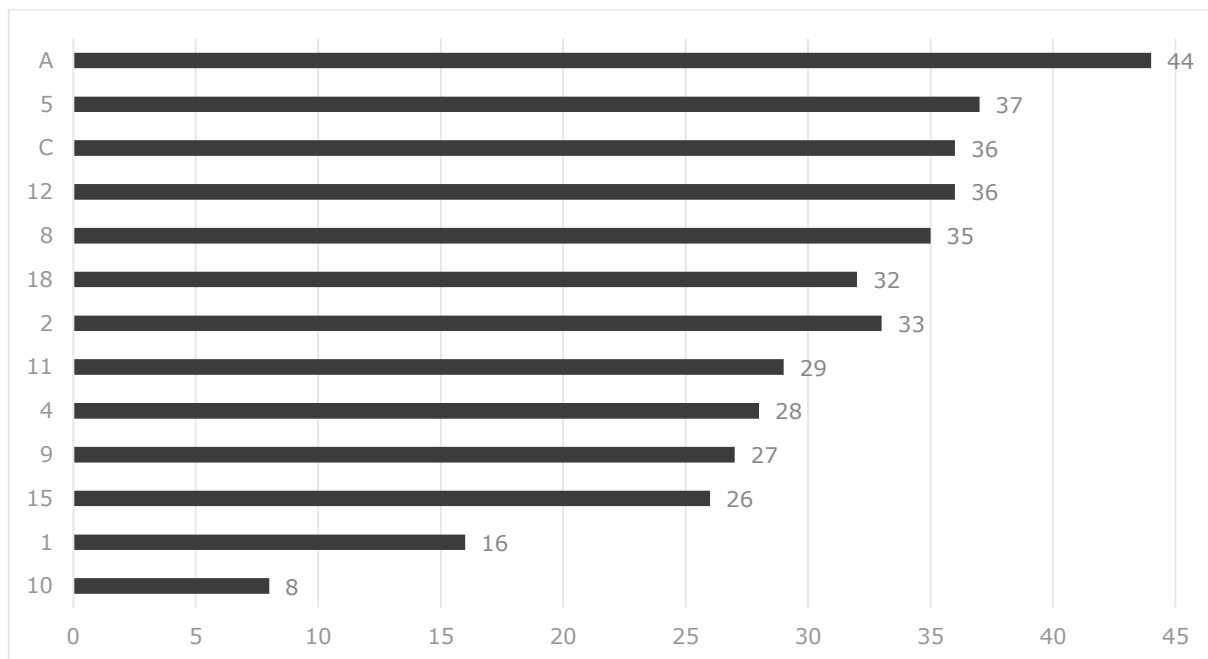
Linie i realizacja rozkładów jazdy

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

Operator obsługuje 13 linii autobusowych, w tym:

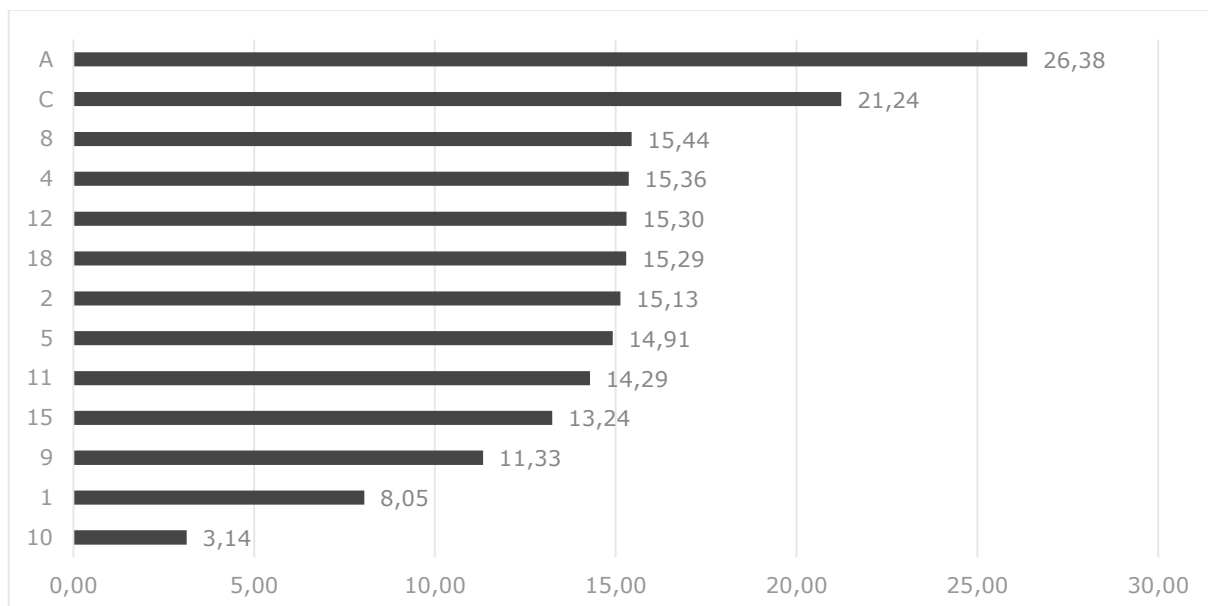
- 11 linii, na których przewozy wykonuje się we wszystkie dni tygodnia (84,62 %),
- 1 linia, na których przewozy wykonuje się w dni robocze oraz soboty (7,69 %),
- 1 linia, na których przewozy wykonuje się jedynie w dni robocze (7,69 %).

Wykres 1. Maksymalna liczba przystanków na liniach autobusowych



Źródło: Opracowanie własne na podstawie „<http://rozklad.zdkium.walbrzych.pl/>”

Wykres 2. Średnia długość linii autobusowych [km]



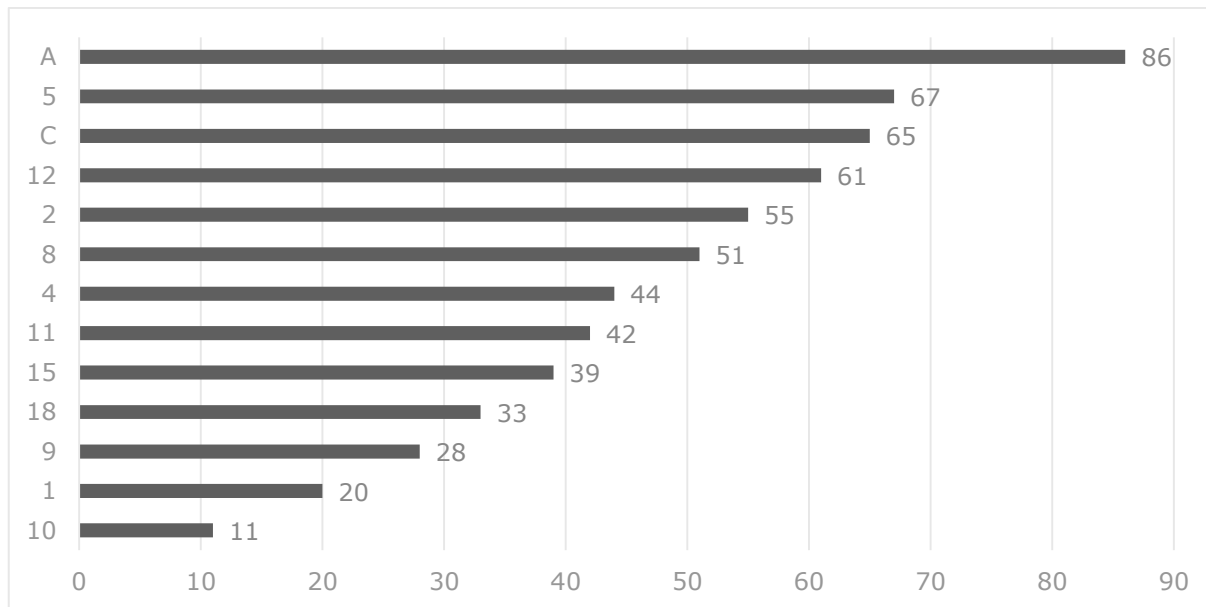
Źródło: Opracowanie własne na podstawie „*dane do analizy.doc*”

Długości linii autobusowych zostały obliczone poprzez podzielenie dziennej liczbą przejechanych kilometrów przez liczbę kursów dla tej linii. Czynność ta została wykonana zarówno dla dni roboczych, sobót oraz niedziel i dni świątecznych, a następnie wzięto pod uwagę

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

maksymalną wartość otrzymaną z obliczeń dla danej linii. Obliczenia dla większości linii zostały wykonane na podstawie danych na dzień 01.01.2017, natomiast linia numer 1 została uruchomiona w późniejszym terminie, dlatego też dane dla tej linii zostały pobrane z innego źródła.

Wykres 3. Maksymalny czas przejazdu na linii autobusowej [min]



Źródło: Opracowanie własne na podstawie „<http://rozklad.zdkium.walbrzych.pl/>”

Analiza linii autobusowych

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 [min],

LP – liczba przystanków na linii.

Tabela 11. Wskaźnik czasu przejazdu dla linii

Nr linii	Czas przejazdu - CP [min]	Liczba przystanków - LP	Wskaźnik czasu przejazdu - WCP [min]
----------	---------------------------	-------------------------	--------------------------------------

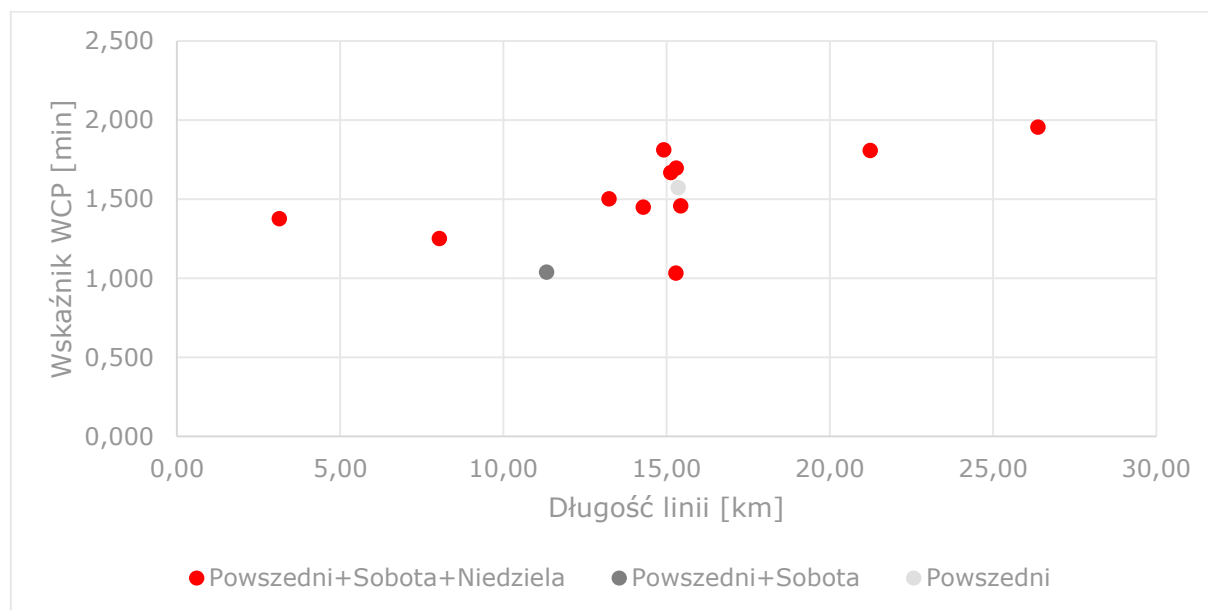
ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

Nr linii	Czas przejazdu - CP [min]	Liczba przystanków - LP	Wskaźnik czasu przejazdu - WCP [min]
A	86	44	1,955
5	67	37	1,811
C	65	36	1,806
12	61	36	1,694
2	55	33	1,667
4	44	28	1,571
15	39	26	1,500
8	51	35	1,457
11	42	29	1,448
10	11	8	1,375
1	20	16	1,250
9	28	27	1,037
18	33	32	1,031

Źródło: Opracowanie własne na podstawie „<http://rozkład.zdkium.walbrzych.pl/>”

Dla 50% linii wskaźnik czasu przejazdu jest niższy niż lub równy 1,500.

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



Źródło: Opracowanie własne na podstawie „<http://rozkład.zdkium.walbrzych.pl/>” i danych przekazanych przez Zamawiającego

Praca przewozowa

Tabela 12. Liczba pasażerów i wozokilometrów dla autobusów w roku 2016 i 2017

Rok	Liczba przewiezionych pasażerów	Liczba wozokilometrów	Liczba pasażerów na wozokilometr
2016	16 375 000	4 495 000	3,64
2017	15 713 000	4 472 000	3,51

Źródło: Dane przekazane przez Zamawiającego.

Liczba przewiezionych pasażerów, liczba pasażerów na wozokilometr i praca przewozowa spadła rok do roku. Porównując wyniki 2017 z 2016:

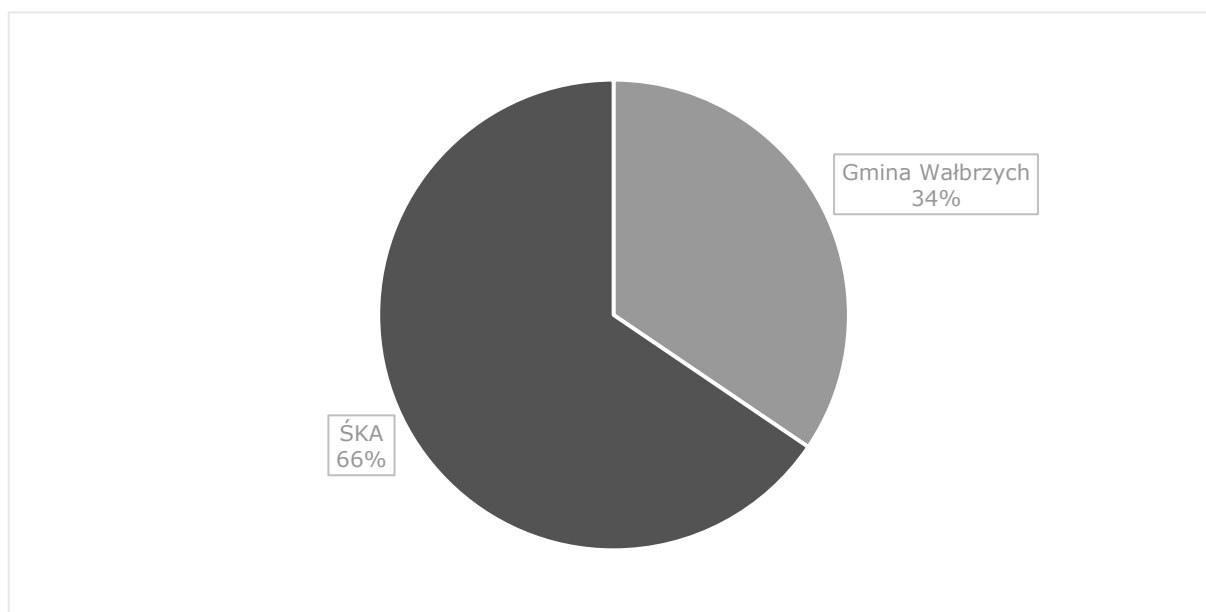
- roczna liczba pasażerów spadła o 4,04%,
- roczna liczba wykonywanych wozokilometrów spadła o 0,51%,
- liczba pasażerów na wozokilometr spadła o 3,57%.

Tabor autobusowy

Tabor autobusowy według typów i marek

Do realizacji zadań przewozowych wykorzystywany jest tabor, składający się z 58 autobusów.

Wykres 5. Struktura własności autobusów



Źródło: Dane przekazane przez Zamawiającego

Gmina Wałbrzych jest właścicielem 34% pojazdów, natomiast 66% autobusów należy do Śląskiego Konsorcjum Autobusowego.

Tabela 13. Tabor autobusowy (rok 2017)

Marka, Typ	Liczba	Rok produkcji	Rodzaj silnika
Solaris u 8,9	3	2013	Diesel
Solaris u 12	47	2012-2013	Diesel
Solaris u 18	8	2012-2013	Diesel
Suma	58	-	-

Źródło: Dane przekazane przez Zamawiającego

Tabela 14. Tabor autobusowy według norm emisji spalin (rok 2017)

Norma emisji spalin	Liczba	Rok produkcji
EURO 2	0	0
EURO 3	0	0
EURO 4	0	0
EURO 5	58	2012-2013
EURO 6	0	0
Suma	58	-

Źródło: Dane przekazane przez Zamawiającego

Wszystkie pojazdy we flocie posiadają normę spalania EURO 5.

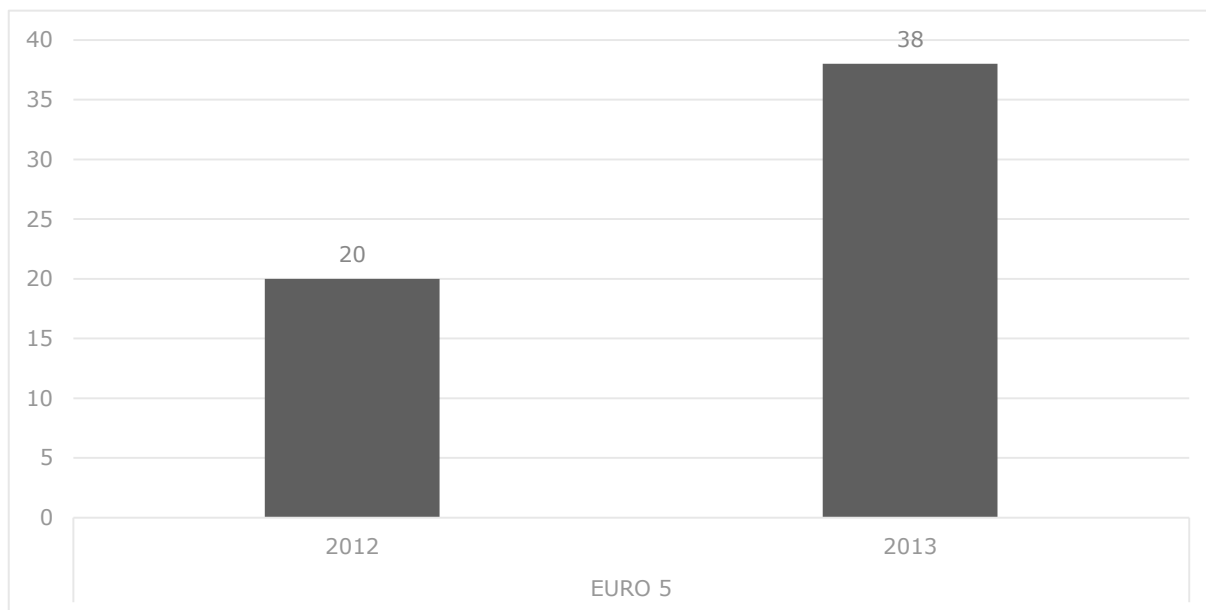
Tabela 15. Tabor autobusowy według roku produkcji (stan na grudzień 2017 r.)

Rok produkcji	Liczba sztuk
2012	20
2013	38
Suma	58

Źródło: Dane przekazane przez Zamawiającego

Wskaźnik wieku taboru wynosi 5,34 lat. Autobusy starsze niż 5 lat stanowią 35,48% taboru autobusowego.

Wykres 6. Struktura taboru autobusowego wg rocznika i norm spalania(rok 2017)



Źródło: Dane przekazane przez Zamawiającego

Zarówno autobusy o roku produkcji 2012, jak i 2013 posiadają normę spalania EURO 5.

Tabela 16. Norma emisji spalin, a zużycie paliwa w 2017 roku

Norma emisji spalin	Zużycie paliwa, litry
EURO 6	0
EURO 5	1 675 000
EURO 4	0
EURO 3	0
EURO 2	0
Suma	1 675 000

Źródło: Dane przekazane przez Zamawiającego

Autobusy z normą emisji spalin EURO 5 (58 szt.), zużyły w 2017 roku 1 675 000 l (100 %) paliwa.

Tabela 17. Podsumowanie parametrów eksploatacyjnych

Liczba pojazdów	Wozokilometry	Zużycie paliwa (litry)	Średnie zużycie litry na 100 km
58	4 472 000	1 675 000	37,46

Źródło: Dane przekazane przez Zamawiającego

Finansowanie

Publiczny transport zbiorowy w Wałbrzychu generuje przychody z dwóch źródeł, jest to:

- Sprzedaż biletów,
- Porozumienia międzygminne oraz umowy z Galerią Victoria i Hipermarketem Auchan.

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

Łączne przychody z organizacji publicznego transportu zbiorowego wynoszą 14 mln zł. Na podstawie poniższej tabeli widać, że przychody ze sprzedaży biletów, w ciągu ostatnich trzech lat utrzymały się na stosunkowo stałym poziomie – ok. 13 mln zł i stanowiły zdecydowaną większość (ponad 90%) przychodów związanych z publicznym transportem zbiorowym.

Tabela 18. Zestawienie przychodów

	2016	2017	I-X.2018
Sprzedaż biletów	12 701 624 zł	12 786 809 zł	11 687 900 zł
Porozumienia międzygminne oraz z umowy z Galerią Victoria i Hipermarketem Auchan	1 159 999 zł	1 247 471 zł	1 110 919 zł

4.1.3. Podsumowanie

Zadania organizatora komunikacji miejskiej na terenie Wałbrzycha realizuje Zarząd Dróg, Komunikacji i Utrzymania Miasta. Operatorem świadczącym usługi publicznego transportu zbiorowego dla gminy Wałbrzych jest Śląskie Konsorcjum Autobusowe. Komunikacja miejska obejmuje 13 linii autobusowych obsługiwanych przez 58 autobusów. Wszystkie z nich zostały wyprodukowane w latach 2012-2013 i posiadają normę emisji EURO 5. Współczynnik wieku taboru 5,34 lat oraz wysoka norma emisji spełniana przez całą flotę wskazują na dobry stan techniczny taboru.

Rok 2020 będzie strategiczny dla Gminy, ze względu na przygotowania do podpisania nowej umowy przewozowej. Ze względu na zmiany legislacyjne będzie ona wymagała przygotowanie do realizacji celów związanych z elektromobilnością. Oznacza to, że do końca trwania obowiązującej umowy, gmina nie ma obowiązku spełnienia w 2020 r. 5% udziału pojazdów elektrycznych we flocie pojazdów świadczących usługi transportu publicznego. Wymaganie to będzie obowiązkowe dopiero od 2022 r. Istnieją dwa rozwiązania pozwalające na spełnienie obowiązku ustawowego – zakup autobusów elektrycznych ze środków gminy lub podpisanie umowy na świadczenie usług zbiorowego transportu publicznego uwzględniających wymagania nałożone przez ustawodawcę.

4.2. Kierunki rozwoju floty na lata 2019 -2028

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

- 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 Wałbrzychu (58 sztuk) wymagania przedstawiają się następująco:

- 6 autobusów elektrycznych do dnia 31.12.2022 r.,

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

- 12 autobusów elektrycznych do dnia 31.12.2024 r.,
- 18 autobusów elektrycznych do dnia 31.12.2027 r.

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

Tabela 19. Harmonogram wymiany floty – autobusy elektryczne

Przedział czasu	2020	2022	2024	2027	Suma
Liczba wymienianych pojazdów	3	3	6	6	18
Rzeczywisty procent określony w ustawie o elektromobilności	5,17%	10,34%	20,69%	31,03%	

Źródło: Opracowanie własne

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

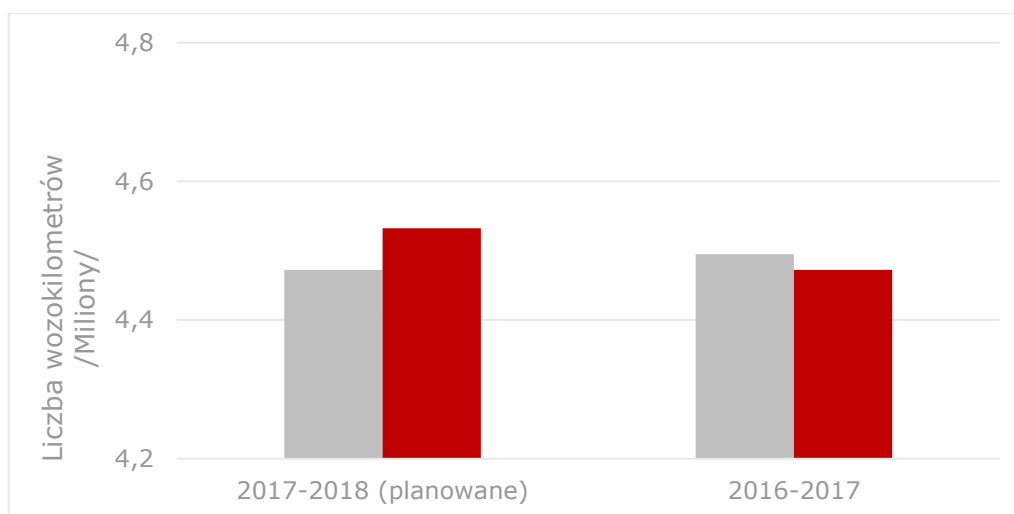
- Wariant 0 – utrzymanie stanu obecnego floty (autobusy konwencjonalne)
- Wariant 1 – wykorzystanie pojazdów elektrycznych

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

4.2.1. Wariant 0 – utrzymanie stanu obecnego floty

W wariantcie 0 przeanalizowano wzrost liczby wozokilometrów a tym samym wzrost zużycia paliwa przez flotę autobusową. Jest to wariant bazowy dla rozważań wdrożenia do systemu komunikacji miejskiej autobusów elektrycznych.

Wykres 7. Dynamika wzrostu liczby wozokilometrów rok do roku zrealizowanych na terenie Wałbrzycha i gmin, z którymi zawarto porozumienie



Źródło: Opracowanie własne „Wałbrzych.xlsx” na podstawie danych przekazanych przez Zamawiającego

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

Do dalszych analiz przyjmujemy, że wzrost liczby wozokilometrów (rok do roku) będzie wynosił 0,93%.

Tabela 20. Prognoza liczby wozokilometrów w latach 2019 - 2023

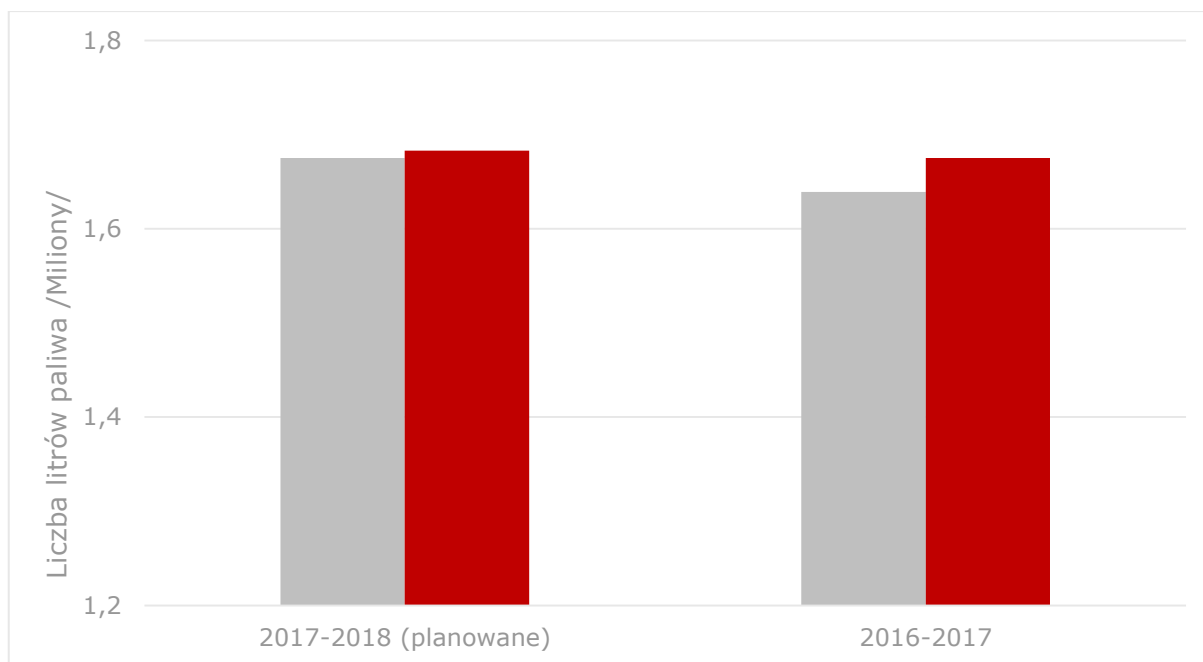
Baza	wozokilometry
Rok bazowy (2018)* /	4532000
2019	4 574148
2020	4616687
2021	4 659622
2022	4702957
2023	4 746694

* / prognoza na podstawie „dane do analizy.doc”

Źródło: Opracowanie własne „Wałbrzych.xlsx” na podstawie danych przekazanych przez Zamawiającego

Prognozowane zużycie paliwa

Wykres 8. Dynamika wzrostu liczby litrów zużytego paliwa rok do roku



Źródło: Opracowanie własne „Wałbrzych.xlsx” na podstawie danych przekazanych przez Zamawiającego

Do dalszych analiz przyjmujemy, że wzrost liczby litrów (rok do roku) będzie wynosił 1,34%.

Tabela 21. Prognoza liczby litrów zużytego paliwa w latach 2019 - 2023

Baza	litry
Rok bazowy (2018)*'	1 683 000
2019	1 698652
2020	1714449
2021	1 730394
2022	1746486
2023	1 762729

*'/ prognoza na podstawie „dane do analizy.doc”

Źródło: Opracowanie własne „Wałbrzych.xlsx” na podstawie danych przekazanych przez Zamawiającego

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

Infrastruktura elektroenergetyczna w Wałbrzychu

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, stosowana 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.

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,

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

Wytwarzanie

Na dzień 31 grudnia 2017 r. w Polsce była zainstalowana moc 43 612 MW_{el}. 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 Aglomeracji Wałbrzyskiej jest firma Bio Term z Grupy Calor. Moc zainstalowana w Elektrociepłowni Świebodzice wynosi 5,5 MW, zaś łączna moc cieplna 15 MW.

Ponadto w odległości ok. 50 km w linii prostej zlokalizowana jest elektrownia PGE Górnictwo i Energetyka Konwencjonalna Oddział Elektrownia Turów z zainstalowaną mocą elektryczną 1499 MW. z kolei w odległości ok. 100 km w linii prostej, znajduje się elektrownia PGE Górnictwo i Energetyka Konwencjonalna Oddział Elektrownia Opole z mocą zainstalowaną 1492 MW.

Rozwój odnawialnych źródeł energii w regionie Aglomeracji Wałbrzyskiej jest stosunkowo utrudniony, ze względu na występowanie licznych obszarów chronionych, ze względu na ich wartość przyrodniczą i kulturową.

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. w tabeli **Tabela 22** zestawiono linie przesyłowe, znajdujące się na terenie gminy Wałbrzych oraz w jej otoczeniu.

Tabela 22. Zestawienie linii znajdujących się na terenie gminy Wałbrzych oraz w jej otoczeniu.

L.p.	Relacja	Napięcie	Typ przewód	Maksymalne obciążenie linii [MVA]	
		[kV]		Zima	Lato
1.	Cieplice - Boguszów	220	3 x AFL 8-525 mm ²	155	130
2.	Boguszów - Świebodzice	220	3 x AFL 8-525 mm ²	150	150
3.	Mikułowa - Świebodzice	2x220	2 x 3 x AFL 8-402 mm ²	220	220
4.	Wrocław - Świebodzice	400	3 x 3 x AFL 8-350 mm ²	150	150

Źródło: Plan gospodarki niskoemisyjnej dla miasta Wałbrzych na lata 2014-2020 z perspektywą do 2030 r.

Linie te obsługiwane są przez 2 stacje elektroenergetyczne. w tabeli Tabela 23 zestawiono dane dotyczące stacji elektroenergetycznych obsługujących ww. linie.

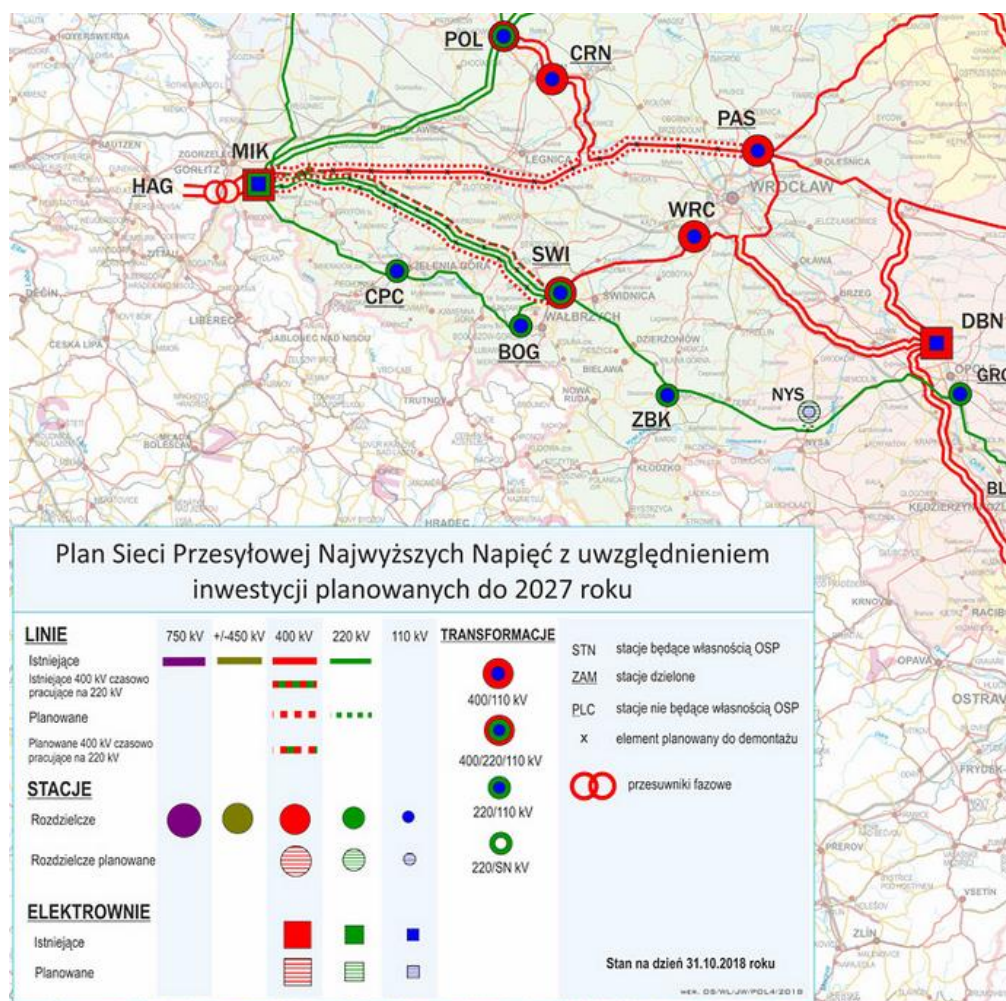
Tabela 23. Zestawienie stacji elektroenergetycznych znajdujących się w otoczeniu gminy Wałbrzych, obsługiwanych przez operatora sieci przesyłkowej

L.p.	Stacja elektroenergetyczna	Poziomy napięcie [kV]	Przyłączone linie, wg poziomu napięcia		Transformatory			
					Moc [MVA]	Napięcie [kV]	Obciążenie (na każdy transformator)	
			220 kV	400 kV			Zima [MVA]	Lato [MVA]
1.	Boguszów	220/110	Boguszów – Cieplice, Boguszów – Świebodzice	-	2 x 160	230/120/15,75	85	75
2.	Świebodzice	400/220/110	Boguszów – Świebodzice, Ząbkowice – Świebodzice, Klecina – Świebodzice, 2 linie Mikułowa – Świebodzice	Wrocław – Świebodzice	2 x 160	230/120/10,5	110	100

Źródło: Plan gospodarki niskoemisyjnej dla miasta Wałbrzych na lata 2014-2020 z perspektywą do 2030 r.

Powyższe dane, dotyczące linii oraz stacji elektroenergetycznych, zostały przedstawione na rysunku 3.

Rysunek 3. Plan sieci przesyłowej najwyższych napięć w okolicy Wałbrzycha



Źródło: Plan sieci elektroenergetycznej najwyższych napięć, <https://www.pse.pl/obszary-dzialalnosci/krajowy-system-elektroenergetyczny/plan-sieci-elektroenergetycznej-najwyzszych-napiec>, data dostępu: 23.11.2018 r.

Sieć dystrybucyjna

Sieci rozdzielcze są wykorzystywane do rozdziału energii pomiędzy odbiorców. Miejskie sieci elektroenergetyczne obejmują sieci niskiego napięcia, średniego napięcia oraz sieć 110 kV.

Szacuje się do 2024 r., na terenie gminy Wałbrzych, zostanie zakończony proces modernizacji miejskiej sieci dystrybucyjnej do 2024 r., polegający na wymianie kabli zasilających miejskie stacje transformatorowe oraz zmianie napięcia z 10 kV na 20 kV²³.

Inwestycje w infrastrukturę elektroenergetyczną

Inwestycje z zakresu elektroenergetyki na terenie gminy Wałbrzych przewidziane są Planem Gospodarki Niskoemisyjnej. Obejmują one działania inwestycyjne, modernizacyjne, oszczędnościowe oraz efektywnościowe.

²³ Na podstawie Planu Gospodarki Niskoemisyjnej Miasta Wałbrzycha na lata 2014-2020 z perspektywą do 2030 r.

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

Kolejnym działaniem prowadzącym do realizacji podniesienia efektywności energetycznej jest rozwój układów kogeneracyjnych oraz wprowadzenia inteligentnych sieci oraz systemów pomiarowych. w tabeli Tabela 24 zestawione zostały planowane inwestycje elektroenergetycznego na lata 2018-2022 na terenie gminy Wałbrzych oraz w jej okolicy.

Tabela 24. Zestawienie planowanych inwestycji na terenie gminy Wałbrzych oraz w jej okolicy na lata 2018-2022

L.p.	Nazwa inwestycji	Jednostka realizująca	Termin realizacji	Szacunkowe nakłady finansowe [tyś. zł]	Przewidywane źródło finansowania
1.	Budowa układu kogeneracyjnego o mocy elektrycznej 3 MW i mocy cieplnej 8 MW, zasilanej paliwem RDF	PEC S.A. Wałbrzych	2018 - 2022	40 000	Środki własne, kredyt
2.	Zakup nowego kotła o mocy ok. 25 MW, pracującego w standardzie zgodnym z wymogami UE, wyposażonego w układy odsiarczania, odazotowania oraz odpylania spalin zgodnie z normami emisyjnymi	PEC S.A. Wałbrzych	2018 - 2022	27 000	Środki własne, kredyt
3.	Budowa całkowicie nowej linii 2 x 400 kV po trasie (lub obok równolegle) istniejącej linii 2 x 220 kV relacji Mikulowa – Świebodzice	Polskie Sieci Elektroenergetyczne S.A.	2020	brak danych	Środki własne, środki unijne

Źródło: Plan gospodarki niskoemisyjnej dla miasta Wałbrzych na lata 2014-2020 z perspektywą do 2030 r.

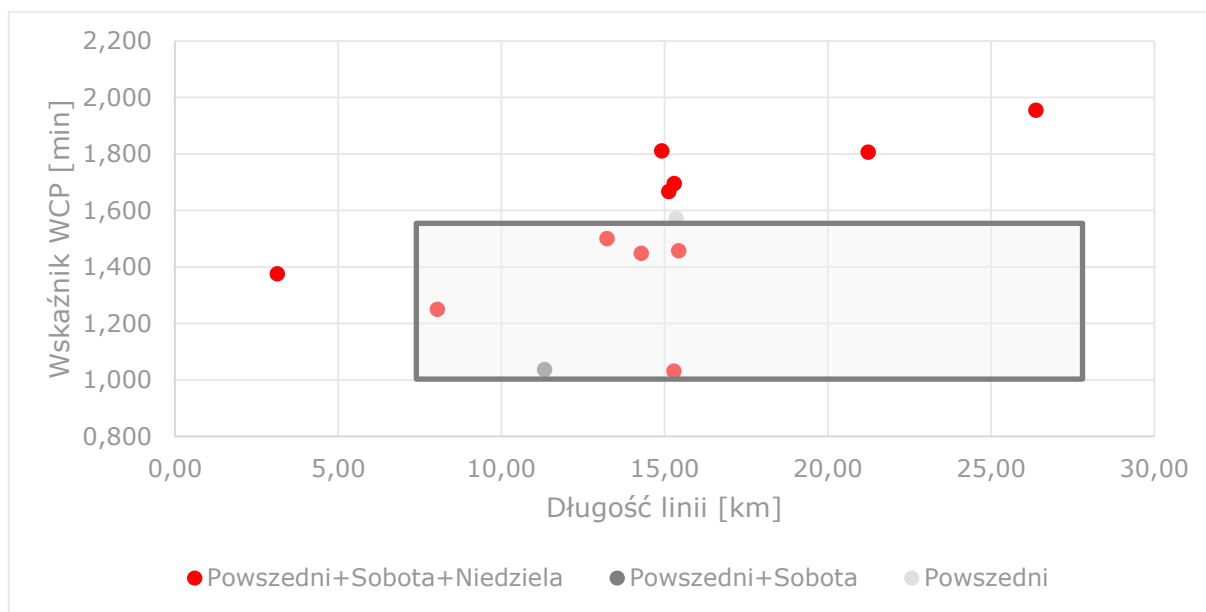
Linie wykorzystujące pojazdy elektryczne

Wybór linii, na których mają być wykorzystywane pojazdy elektryczne odbywa się iteracyjnie.

W kroku nr 1 wyznaczamy linie o następujących parametrach:

- minimalna długość linii wynosi 10 km,
- wskaźnik czasu przejazdu WCP zawiera się w przedziale od 1,000 do 1,500 (mediana wskaźnika WCP dla analizowanych linii).

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



Źródło: Opracowanie własne „Wałbrzych.xlsx” na podstawie „<http://rozklad.zdkium.walbrzych.pl/>” i „dane do analizy.doc”

Zestawienie wyznaczonych w kroku nr 1 linii autobusowych przedstawiono poniżej.

Tabela 25. Zestawienie linii autobusowych wg parametru WCP, a długość linii

Nr linii	Długość linii [km]	WCP [min]
8	15,44	1,457
9	11,33	1,037
11	14,29	1,448
15	13,24	1,500
18	15,29	1,031

Źródło: Opracowanie własne „Wałbrzych.xlsx” na podstawie danych przekazanych przez Zamawiającego

W kroku nr 2 wyznaczamy linie na których poza szczytem liczba autobusów jest większa od 0.

Tabela 26. Zestawienie linii autobusowych wg parametru liczby autobusów poza szczytem

Linia	Liczba autobusów poza szczytem
2	9
5	9
A	6
C	5
8	4
12	4
18	4
15	3
11	2
1	1
9	1
10	1
4	0

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych przekazanych przez Zamawiającego z dnia 22.11.2018

W kroku nr 3 wskazano linie, które spełniają oba warunki.

Tabela 27. Linie mogące zostać potencjalnie w przyszłości obsłużone przez autobusy elektryczne

		Krok 1				
		linia	8	9	11	15
Krok 2	A					
	C					
	1					
	2					
	5					
	8					
	9					
	10					
	11					
	12					
	15					
	18					

Źródło: Opracowanie własne

Linie 8, 9, 11, 15, 18 zostały wytypowane wg kryterium dotyczącego: długości tras, zgęszczenia przystanków, czasu przejazdu oraz liczby pojazdów na linii poza szczytem.

Według Ustawy o elektromobilności Miasto Wałbrzych powinno do 2021 r. wprowadzić do eksploatacji 3 autobusy elektryczne. Uwzględniając uwarunkowania związane z możliwością instalacji stacji ładowania **autobusy elektryczne mogą obsługiwać wyłącznie linie 9 i 11.** Wynika to głównie z następujących czynników:

- linia nr 15 obsługuje kurs poza granice kraju. Wprowadzenie autobusów elektrycznych wymagałoby podpisania porozumienia z podmiotem zagranicznym,
- obecność infrastruktury uniemożliwiającej przejazd wysokiego taboru (wiadukty),
- brak możliwości budowy punktów ładowania - obecność obiektów chronionych (teren parku krajobrazowego, położenie ostatniego przystanku w centrum miasta).

Działania i inwestycje wymagane do realizacji zadania

Do zapewnienia ciągłości świadczenia usług przewozowych na trasach obsługiwanych przez elektrobusy niezbędne będą stacje ładowania, dedykowane dla 3 autobusów elektrycznych. w takim wypadku do działań i inwestycji niezbędnych do realizacji zadania będą należeć m. in.:

- Zakup taboru zeroemisyjnego w liczbie 3 sztuk. Przyjęto, że nowo zakupione elektrobusy zastąpią dotychczas eksploatowane autobusy spalinowe charakteryzujące się największą emisyjnością, a także najstarsze spośród nich.
- Zakup, montaż i przyłączenie do sieci dystrybucyjnej stacji wolnego ładowania typu plug-in w zajezdni SKA przy ul. Ludowej 1D. w celu efektywnego ładowania pojazdów wymagane jest posiadanie zwykle jednej ładowarki na pojazd (dla urządzeń jednostanowiskowych) lub jednej na dwa pojazdy (dla urządzeń dwustanowiskowych). Stosując ładowarki typu plug-in, bez doładowywania autobusów na trasie, istnieje duże prawdopodobieństwo, że liczba elektrobusów potrzebnych do obsłużenia zaplanowanych tras będzie większa niż analogiczna liczba pojazdów spalinowych, ponieważ elektrobusy musiałyby zjeżdżać do zajezdni po wykonaniu około 150 km na kilkugodzinne ładowanie.
- Zakup, montaż i przyłączenie do sieci dystrybucyjnej stacji szybkiego ładowania pantografowego na pętli linii obsługiwanej przez elektrobus. Zastosowanie ładowarek pantografowych na trasie linii obsługiwanych taborzem elektrycznym przyczynia się do znaczącego zwiększenia pokonywanych kilometrów, przez co ogranicza się ryzyko zjazdu autobusu do zajezdni z powodu rozładowanych akumulatorów przed całodzienną realizacją zadania. Dodatkowym atutem jest możliwość zastosowania mniejszej liczby akumulatorów, co przekłada się na niższą masę pojazdów, większą pojemność autobusu, a także prowadzi do wolniejszej degradacji nawierzchni dróg i przystanków.
- Przystosowanie warsztatu do obsługi autobusów elektrycznych w zajezdni SKA przy ulicy Ludowej 1D.

Harmonogram wymiany floty

Autobusy elektryczne

Tabela 28. Harmonogram wymiany floty – autobusy elektryczne, zgodnie z założeniami Ustawy o Elektromobilności

2020	2022	2024	2027	Suma
3	3	6	6	18
5,17%	10,34%	20,69%	31,03%	-

Źródło: Opracowanie własne

Legenda:

- „%” - procent spełnienia wymogów ustawy, biorąc pod uwagę liczbę autobusów równą 58

Do dalszych analiz uwzględniono zakup z roku 2020 i 2022, spełniający pierwszy i drugi krok wskazany w ustawie.

Założono, że w 2020 roku zostaną wymienione: dwa autobusy Solaris U18 oraz jeden Solaris U12 na linii 18.

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

Natomiast w roku 2022 wymianie będą podlegały: dwa autobusy Solaris U12 na linii 18 oraz jeden pojazd Solaris U12 na linii 15.

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 Wałbrzych (77 350 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 29. Szacowane zużycie energii w danym okresie

Rok	Roczny przejechany dystans przez tabor zeroemisyjny [km]	Roczne zużycie energii [kWh]
od 2021	232050	324870,00
od 2023	464100	649740,00
od 2025	928200	1299480,00
od 2028	1392300	1949220,00

Źródło: Opracowanie własne.

Struktura zapotrzebowania na paliwa

Ze względu na brak informacji o dokładnym zużyciu paliwa na pojazd, struktura zapotrzebowania na paliwo została wyliczona na podstawie proporcjonalnych odległości pokonywanej przez pojazdy danej linii, do całkowitej ilości pokonywanych kilometrów oraz na podstawie stosunków masy poszczególnych rodzajów pojazdów.

Tabela 30. Prognoza zużycia paliwa w latach 2019 – 2023

Rok	Typ autobusu	Zużycie paliwa, w litrach	Łączne zużycie paliwa w roku, w litrach
2019	Solaris u 8,9	126 060	1 698 653
	Solaris u 12	1 219 626	
	Solaris U18	352 967	
2020	Solaris u 8,9	127 232	1 596 760
	Solaris u 12	1 202 341	
	Solaris U18	267 187	
2021	Solaris u 8,9	128 415	1 611 610
	Solaris u 12	1 213 523	
	Solaris U18	269 672	
2022	Solaris u 8,9	129 609	1 539 111
	Solaris u 12	1 137 322	
	Solaris U18	272 180	
2023	Solaris u 8,9	130 815	1 553 426
	Solaris u 12	1 147 900	
	Solaris U18	274 711	

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych przekazanych przez Zamawiającego

4.2.3. Podsumowanie

Wariant bazowy – zakłada utrzymanie stanu obecnego floty pojazdów komunikacji w Wałbrzychu. Na podstawie danych udostępnionych przez ŚLA przewiduje się wzrost pracy przewozowej autobusów komunikacji miejskiej o blisko 215 tys. wozokilometrów oraz wzrost zużycia paliwa o 80 tys. litrów na przestrzeni lat 2018-2023.

Analiza możliwości wdrożenia elektromobilności do komunikacji miejskiej na terenie miasta Wałbrzycha wykazała, iż nie istnieją przeciwwskazania uniemożliwiające na przyłączenie infrastruktury ładowania autobusów elektrycznych do sieci elektroenergetycznej. Inwestycją konieczną do zrealizowania przez organizatora transportu publicznego jest zakup, montaż i przyłączenie do sieci dystrybucyjnej stacji wolnego ładowania typu plug-in w zajezdni SKA przy ul. Ludowej 1D oraz stacji szybkiego ładowania pantografowego na pętli linii obsługiwanej przez elektrobusey. Kolejnym krokiem w celu spełniania wymagań Ustawy o elektromobilności jest zakup autobusów zeroemisyjnych w ilości 3 sztuk do 2021 roku. Wytypowane linie komunikacji, na których autobusy elektryczne będą wykazywać się największą efektywnością to linie: 8, 9, 11, 15 oraz 18. Uwzględniając jednak możliwości instalacji stacji ładowania, możliwość efektywnego wprowadzenia autobusów elektrycznych ogranicza się do linii 9 i 11. Przy założeniu wymiany taboru na elektryczny zgodnie z harmonogramem z Wariantu 1 zużycie paliwa konwencjonalnego w 2023 będzie mniejsze o 130 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 operatora, który będzie świadczył usługi przewozowe w analizowanym okresie. Warianty analizy opisano poniżej.

W analizie finansowo-ekonomicznej uwzględniono zmiany w strukturze kosztów ponoszonych przez operatora w wałbrzyskim systemie komunikacji miejskiej - w zależności od kierunków rozwoju floty. Wymiany taboru prowadzone przez innych przewoźników przyjęto jako niezależne i pokrywane z ich własnego budżetu. 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. Oznacza to, iż każdy przewoźnik świadczący usługi komunikacji miejskiej w Wałbrzychu powinien we własnym zakresie zapewnić we własnej flocie udział autobusów zeroemisyjnych zgodnie z wymogami Ustawy.

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 31. 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,

W związku z powyższym przeanalizowano scenariusz finansowy 12 lat od roku wdrożenia pierwszych autobusów elektrycznych – do roku 2034 r.
4. Koszt autobusu (w 2018r.)
 - konwencjonalnego – 995,5 tys. zł
 - elektrycznego – 2,5 mln zł
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 Wałbrzych oznacza to wprowadzenie 3 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 i porozumień międzygminnych.
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) – 1

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

r – finansowa stopa dyskonta

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

W celu przeprowadzenia analizy finansowej wykorzystano następujące dane:

- Informacje od SKA oraz ZDKiUM dotyczące wydatków oraz przychodów w 2017r.,
- 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.

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

Nakłady inwestycyjne

Z uwagi na fakt, że pojazdy Śląskiego Konsorcjum Autobusowego są leasingowane nie występują bezpośrednio nakłady inwestycyjne. Koszty te są rozłożone w sposób ciągły, na poszczególne miesiące. Założono, że na ratę leasingu wpływa jedynie wskaźnik inflacji.

20 pojazdów, którymi dysponuje operator transportu publicznego w Wałbrzychu jest własnością Gminy. Pojazdy te zostały zakupione w 2012r. w celu zapewnienia odpowiedniej jakości usług przewozowych zaproponowano następujący harmonogram wymiany floty autobusów należących do Gminy (tabela poniżej).

Tabela 32. Harmonogram wymiany autobusów konwencjonalnych należących do Gminy Wałbrzych

Rok	Liczba kupionych autobusów [szt.]	Koszty [mln zł]
2017	0	0
2018	0	0
2019	0	0
2020	0	0
2021	8	8,76
2022	6	6,69
2023	6	6,81
2024	0	0
2025	0	0
2026	0	0
2027	0	0
2028	0	0
2029	0	0
2030	8	10,29
2031	6	7,86
2032	6	8

Źródło: Opracowanie własne

Na przestrzeni analizowanych 15 lat koszty związane z zakupem nowego taboru przez Gminę Wałbrzych wyniosą 48,4 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, którymi będzie dysponowało SKA utrzyma się na stałym poziomie – 58 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.

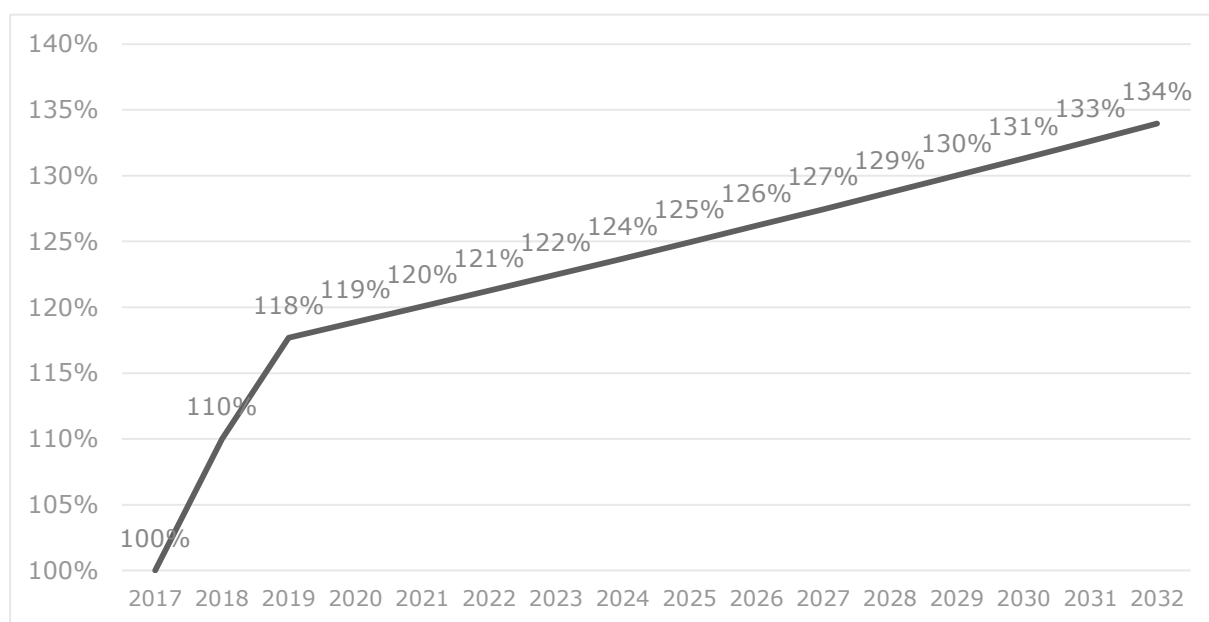
Tabela 33. Zmienność cen paliwa

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 zmienność kosztów związanych z zakupem paliwa w odniesieniu do roku bazowego (2017). Na jego podstawie widać wyraźny wzrost cen paliwa w kolejnych latach. W 2034 r. wzrosną one o 37% w porównaniu do roku 2017.

Wykres 9. Zmienność kosztów zakupu paliwa w odniesieniu do roku 2017



Źródło: opracowanie własne

Infrastruktura zasilania

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

Części zamienne

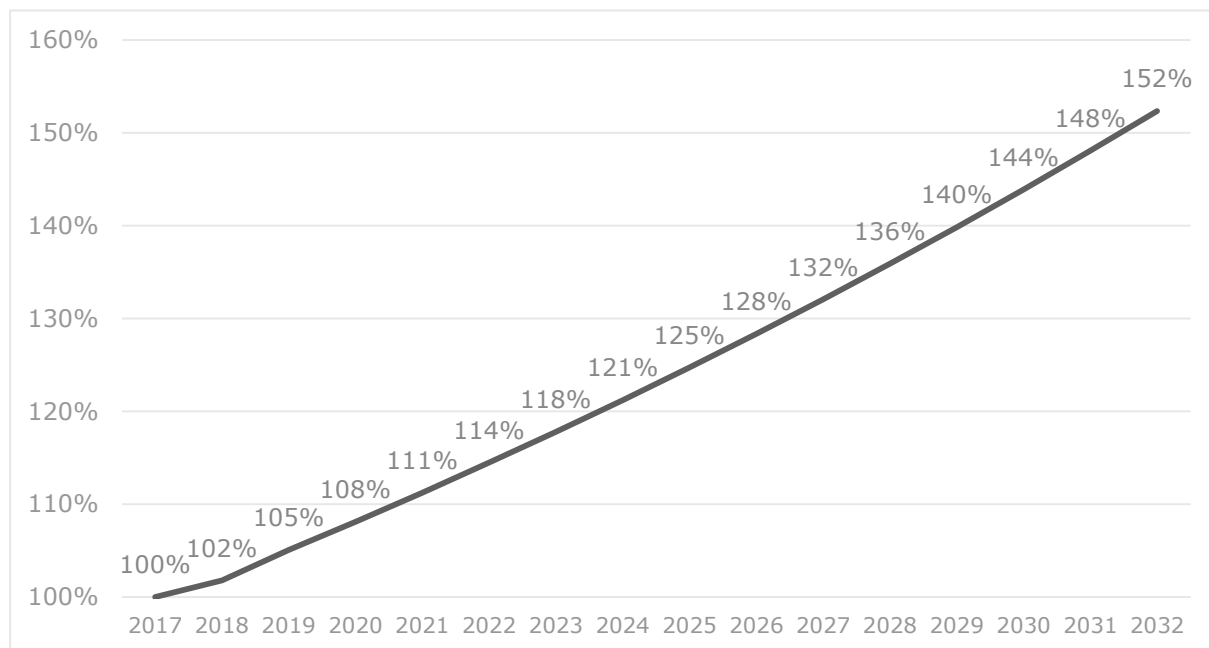
Zakładając, że struktura wieku eksploatowanych autobusów będzie w kolejnych latach taka sama, jedynym czynnikiem wpływającym na koszty związane z utrzymaniem taboru na odpowiednim poziomie użytkowania jest inflacja. Tabela 34 przedstawia zmianę kosztów związanych z zakupem części zamiennych dla jednego pojazdu, w odniesieniu do roku 2017.

Tabela 34. Koszty związane z zakupem części zamiennych przypadające na jeden autobus odniesione do roku 2017

Rok	części zamienne/ 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 10. Koszty osobowe odniesione do 2017r.



Źródło: opracowanie własne

Wykres 10 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 Gminę Wałbrzych został przedstawiony w tabeli Tabela 35 spośród wszystkich kosztów rodzajowych (poza inne), widać, że największą część ponoszonych nakładów stanowią koszty osobowe oraz koszty związane z zakupem nowego taboru (o ile występują w danym roku). Wysoką część wydatków stanowią również koszty leasingu oraz koszty związane z zakupem paliwa – stanowią one od 23 do 37% łącznie.

Tabela 35. Udział poszczególnych kosztów w zestawieniu wydatków Gminy Wałbrzych-ZDKiUM

Rok	Koszty osobowe	Ubezpieczenia	Części zamienne	Paliwa	Leasing	Inne koszty	Koszty inwestycyjne Gminy Wałbrzych-ZDKiUM
2017	25,74%	0,94%	2,62%	16,84%	19,24%	34,63%	0,00%
2018	25,40%	0,92%	2,58%	17,95%	18,98%	34,16%	0,00%
2019	25,25%	0,92%	2,57%	18,51%	18,88%	33,87%	0,00%
2020	25,34%	0,92%	2,58%	18,23%	18,94%	33,99%	0,00%
2021	15,92%	0,58%	1,62%	11,24%	11,90%	40,05%	18,69%
2022	17,66%	0,64%	1,80%	12,24%	13,20%	39,07%	15,38%
2023	17,76%	0,65%	1,81%	12,08%	13,27%	39,13%	15,31%
2024	25,68%	0,93%	2,61%	17,14%	19,19%	34,44%	0,00%
2025	25,76%	0,94%	2,62%	16,88%	19,25%	34,55%	0,00%
2026	25,84%	0,94%	2,63%	16,62%	19,31%	34,66%	0,00%
2027	25,92%	0,94%	2,64%	16,36%	19,37%	34,76%	0,00%
2028	26,00%	0,94%	2,65%	16,11%	19,43%	34,87%	0,00%
2029	26,08%	0,95%	2,65%	15,86%	19,49%	34,97%	0,00%
2030	16,79%	0,61%	1,71%	10,03%	12,55%	40,42%	17,90%
2031	18,54%	0,67%	1,89%	10,86%	13,86%	39,52%	14,66%
2032	21,81%	0,79%	2,22%	12,55%	16,30%	46,32%	0,00%

Źródło: opracowanie własne

W celu wyznaczenia rentowności wariantu należy określić współczynnik FNPV - Finansową wartość bieżąca netto inwestycji. w omawianym wariantcie współczynnik ten osiągnął wartość równą **-242 890 550 zł**. Ujemna wartość tego wskaźnika świadczy o nierentowności podejmowanych działań.

4.3.2. Wariant 1 – wykorzystanie pojazdów elektrycznych przez ŚKA w ilości pozwalającej na spełnienie wymogów ustawy

Zestawienie kosztów

Do analizy finansowej przyjęto realizację zadania zakupu taboru zeroemisyjnego w liczbie 3 sztuk w 2020 i 2022 roku oraz kolejnych 6 sztuk w 2024 i 2027 roku. Pozostałe zadania wymiany

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

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. Założono, że koszt autobusu zasilanego silnikiem spalinowym wynosił w 2018r. 995,5 tys. zł, natomiast autobusu elektrycznego 2,5 mln zł (analiza uwzględnia wzrost tych cen wraz z inflacją). Przy zakupie 3 elektrobusów (w 2020 roku) szacowany łączny koszt zakupu nowego taboru wyniesie ok. 13 mln zł.

Tabela 36. Harmonogram wymiany autobusów konwencjonalnych oraz zakupu autobusów elektrycznych w ramach działalności ZDKiUM

Rok	Liczba wymienionych autobusów konwencjonalnych [szt]	Liczba kupionych autobusów elektrycznych [szt]	Koszty wymiany taborowej [mln PLN]
2017	0		0,0
2018	0		0,0
2019	0		0,0
2020	0	3	7,86
2021	2		2,14
2022	0	3	8,26
2023	0		0,0
2024	0	6	17,36
2025	0		0,0
2026	0		0,0
2027	0	6	18,7
2028	0		0,0
2029	0		0,0
2030	8		10,69
2031	6		8,22
2032	6		8,42

Źródło: Opracowanie własne

Infrastruktura zasilania

Nakłady inwestycyjne związane z zakupem oraz instalacją stacji ładowania typu plug-in to około 150 tys. zł. Zakładając, że zajezdnia zostanie wyposażona (w 2020 roku) w 3 punktów wolnego ładowania nakłady inwestycyjne osiągną wartość 450 tys. 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 tys. PLN, czyli

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

koszt zakupu jednej ładowarki i zamontowanie jej na pętli autobusowej. w 2022 roku będzie wymagana rozbudowa sieci ładowania o dodatkowe 3 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:

- **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.²⁴

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 Tabela 31. Kwoty te zostały oszacowane na stan z 29.11.2018r. wraz z rozwojem rynku pojazdów elektrycznych i infrastruktury ładowania kwoty te mogą ulec zmianie.

²⁴ Źródło: <https://kb.pl/porady/ile-kosztuje-przylacze-energetyczne-jakie-formalnosci-musisz-splnic/>

Tabela 37. 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	3	7 864 310,00
Ładowarki typu plug-in	150 000,00	3	461 250,00
Ładowarki pantografowe	500 000,00	1	512 500,00
Szkolenie kierowców w zakresie ładowania i eksploatacji elektrobusów	500,00	9	4 500,00
Suma	-	-	8 842 560,00

Źródło: Opracowanie własne.

Nakłady finansowe na rzecz elektromobilności w 2022r. będą niższe w porównaniu do roku 2020, z uwagi na brak konieczności zakupu ładowarki pantografowej. Zgodnie z założeniami ustawy o elektromobilności, w 2022 r. koniecznym będzie zakup takiej samej liczby autobusów elektrycznych. Autobusy te będą wymagały takiej samej infrastruktury ładowania typu plug-in, a także takiej samej liczby obsługujących je pracowników.

Całkowity nakład inwestycyjny w tym wariantcie na przestrzeni analizowanych 15 lat (uwzględniając planowe wymiany taborowe, zakup autobusów elektrycznych w 2020 i 2022 r. oraz pozostałe inwestycje wymienione w tabeli Tabela 37) wyniesie 182,33 mln zł.

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 38. Wzrost cen energii w okresie objętym analizą

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

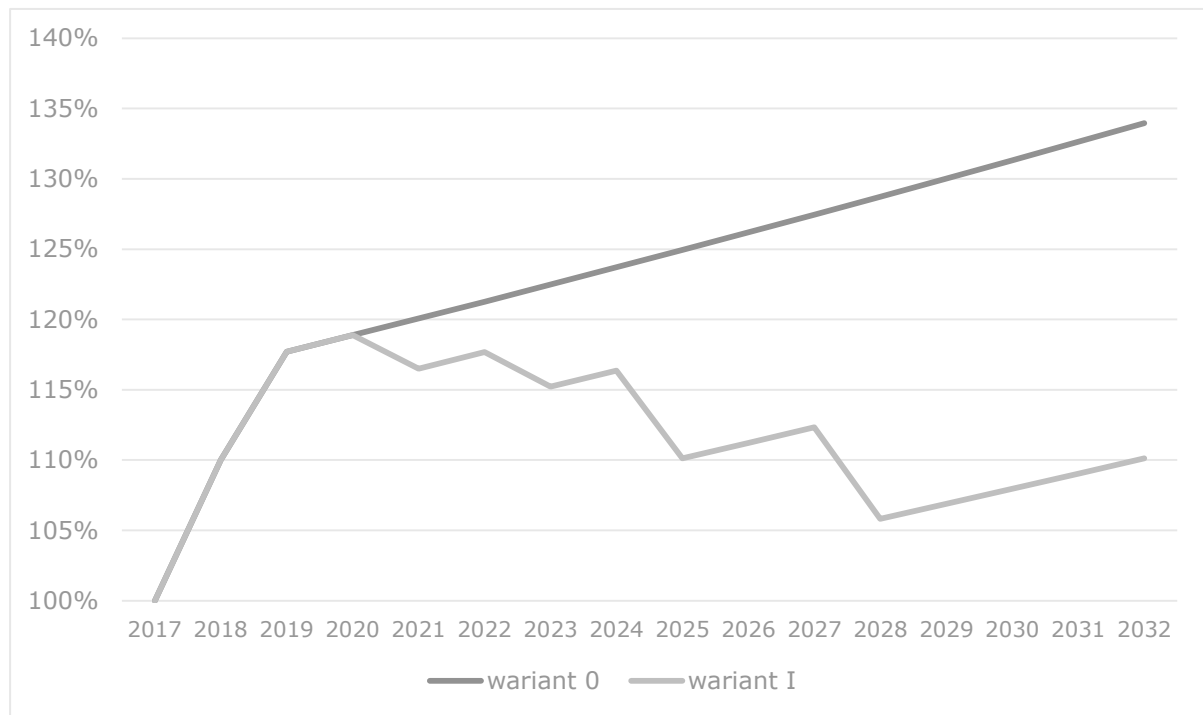
Źródło: Opracowanie własne

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 wariantcie 0 w kolejnych latach. W wariantcie 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 2032r. dla wariantu 0 koszty zakupu paliwa wzrosną o 34%, w stosunku do roku 2017, natomiast dla wariantu 1 koszty te będą wyższe o ok. 10% w porównaniu do roku bazowego. W roku 2021 koszt przejechania jednego wozokilometra będzie niższy w przypadku wariantu 1 o ok. 11gr i z każdym kolejnym rokiem w którym zostanie

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

wprowadzany tabor zeroemisyjny różnica ta będzie coraz większa. W ostatnim roku dla którego zostaje przeprowadzona analiza -2032, różnica między kosztami zakupu paliwa dla wariantu 0 oraz 1 wyniesie ok. 72gr./wkm.

Wykres 11. Zmienność kosztów zakupu paliwa w odniesieniu do roku 2017



Źródło: Opracowanie własne

Tabela 39. Porównanie kosztów zakupu paliwa na 1 wkm w wariantach 0 i 1.

Rok	[zł/wkm]	
	W0	W1
2017	3,04	3,04
2018	3,34	3,34
2019	3,58	3,58
2020	3,61	3,61
2021	3,65	3,54
2022	3,69	3,58
2023	3,72	3,50
2024	3,76	3,54
2025	3,80	3,35
2026	3,84	3,38
2027	3,88	3,42
2028	3,91	3,22
2029	3,95	3,25
2030	3,99	3,28
2031	4,03	3,32
2032	4,07	3,35

Źródło: Opracowanie własne

Ubezpieczenia

Koszty związane z ubezpieczeniami będą wyższe w przypadku wariantu 1, z uwagi na wyższą wartość ubezpieczenia AC dla autobusów elektrycznych. Natomiast wartość ubezpieczenia OC jest niezależna od rodzaju pojazdu (kosztu jego zakupu).

Pozostałe koszty

Przyjęto, że koszty osobowa, 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 1, w całkowitych wydatkach ponoszonych przez Gminę Wałbrzych, został przedstawiony w poniższej tabeli. Spośród wszystkich kosztów rodzajowych (poza kosztami wyszczególnionymi w ostatniej kolumnie), widać, że największą część ponoszonych nakładów stanowią koszty osobowe oraz nakłady inwestycyjne (o ile takie występują w danym roku). Wysoką część wydatków stanowią również koszty związane z zakupem paliwa oraz raty leasingowe autobusów – stanowią one od 22 do 37 % łącznie.

Tabela 40. Udział poszczególnych kosztów w zestawieniu wydatków Gminy Wałbrzych-ZDKiUM – wariant 1

rok	koszty osobowe	koszty ubezpieczenia	koszty serwisowe	paliwa	leasing	pojazdy i infrastruktura	inne
-----	----------------	----------------------	------------------	--------	---------	--------------------------	------

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

2017	25,74%	0,94%	2,62%	16,84%	19,24%	0,00%	34,63%
2018	25,40%	0,92%	2,58%	17,95%	18,98%	0,00%	34,16%
2019	25,25%	0,92%	2,57%	18,51%	18,88%	0,00%	33,87%
2020	19,33%	0,88%	1,97%	13,90%	14,44%	23,54%	25,92%
2021	23,77%	1,06%	2,42%	16,29%	17,77%	6,81%	31,88%
2022	19,79%	1,02%	2,01%	13,31%	14,79%	22,53%	26,54%
2023	25,78%	1,27%	2,62%	16,49%	19,26%	0,00%	34,57%
2024	16,10%	1,02%	1,64%	10,11%	12,03%	37,49%	21,59%
2025	26,12%	1,56%	2,66%	15,09%	19,53%	0,00%	35,04%
2026	26,22%	1,47%	2,67%	14,87%	19,60%	0,00%	35,17%
2027	16,58%	0,83%	1,69%	9,23%	12,39%	37,03%	22,24%
2028	26,57%	1,69%	2,70%	13,54%	19,86%	0,00%	35,64%
2029	26,67%	1,56%	2,71%	13,34%	19,94%	0,00%	35,78%
2030	20,65%	1,11%	2,10%	10,14%	15,44%	22,86%	27,70%
2031	21,98%	1,09%	2,24%	10,59%	16,43%	18,18%	29,49%
2032	22,06%	1,00%	2,25%	10,43%	16,49%	18,18%	29,59%

Źródło: Opracowanie własne

W celu wyznaczenia rentowności wariantu należy określić współczynnik FNPV - finansowa wartość bieżąca netto inwestycji. dla wariantu 1 wynosi on: - **266 878 612 PLN**. Wartość tą obliczono na podstawie skorygowanych przepływów pieniężnych (przychodów ze sprzedaży biletów i porozumień międzygminnych oraz wydatków m.in. związanych z prowadzeniem działalności przez operatorów), a następnie zdyskontowano. Na podstawie uzyskanej ujemnej FNPV można wnioskować, że inwestycja w zakup autobusów elektrycznych na przestrzeni analizowanego okresu będzie nieopłacalna.

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: - 242 890 550 PLN

W1: - 266 878 612 PLN.

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

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

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/NMVOC, 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 elektrobusesów 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 elektrobusesów 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 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 elektrobusesy 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.

Tabela 41. 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		1184,400	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 elektrobusesów lokalnie dla Wałbrzycha 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 elektrobusesami, w całości uległaby zmniejszeniu do zera na terenie miasta Wałbrzych.

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 Wałbrzych (77 350 km). Przedstawiono także koszty tych emisji i zysk środowiskowy.

Tabela 42. 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	115,050	137,420	25,82	30,84	-5,02
SO₂	0,000	0,137	0,00	14,70	-14,70
NMHC/NMVOC	0,197	0,001	2,46	0,01	2,45
NO_x	0,859	0,138	85,69	13,78	71,91
PM	0,009	0,009	14,13	14,43	-0,31
Suma	-	-	128,10	73,76	54,34

Źródło: Opracowanie własne

Wskaźniki ekonomiczne

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

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

- 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 43 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. 3 autobusy spalinowe od 2021, 6 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.

Tabela 43. 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	11044,837	2374,102
SO ₂	0,000	0,000
NMHC/NMVOc	18,958	226,079
NO _x	82,424	7869,476
PM	0,824	1297,257
SUMA	-	11766,914

Źródło: Opracowanie własne

W trakcie eksploatacji autobusów spalinowych dwutlenek węgla jest wytwarzany w największej ilości (11 045 t). Największe opłaty środowiskowe wynikają z emisji NO_x. Dla okresu objętego analizą będzie to 7,869 mln PLN. W przypadku silników spalinowych nie występuje emisja

* 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.

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

SO₂. Sumaryczne opłaty środowiskowe z tytułu eksploatacji taboru spalinowego wyniosą 11,767 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 44 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 44. Emisja gazów cieplarnianych i szkodliwych substancji na wybranych liniach autobusowych 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	13192,321	2835,706
SO ₂	13,161	1350,194
NMHC/NMVOC	0,079	0,937
NO _x	13,255	1265,497
PM	0,842	1325,306
SUMA	-	6777,639

Źródło: Opracowanie własne

W tabeli 70 zestawiono wyniki z tabeli 69 z emisją i kosztami środowiskowymi jakie generują pojazdy spalinowe po czym uzyskano zmniejszenie emisji oraz zysk środowiskowy.

Tabela 45. 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	-2147,484	-461,604
SO ₂	-13,161	-1350,194
NMHC/NMVOC	18,879	225,142
NO _x	69,169	6603,979
PM	-0,018	-28,049
SUMA	-	4989,274

Źródło: Opracowanie własne

Wprowadzenie do eksploatacji autobusów elektrycznych przyniesie około 5 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 (69 ton). Przyniesie to około 6,604 mln PLN zysku środowiskowego. Koszty emisji niemetanowych lotnych związków organicznych NMHC/NMVOC zostaną ograniczone o około 0,225 mln PLN. Zwiększy się natomiast

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

wytwarzanie CO₂, SO₂ i cząstek stałych PM. 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, SO₂ i cząstek stałych PM za pośrednictwem elektrobusów wyniosą 1,840 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 i hałasu. 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 46. Zestawienie wskaźników ekonomicznych dla wariantu 1.

Wskaźnik	Wartość
ENPV [mln PLN]	-234,29
B/C	0,384

Źródło: Opracowanie własne

Na podstawie przeprowadzonej analizy można stwierdzić, że inwestycja w autobusy elektryczne w wariantcie 1 jest nieefektywna ze społecznego punktu widzenia, ponieważ wskaźnik ENPV osiągnął wartość ujemną (-234,29 mln PLN), a relacja korzyści do kosztów jest mniejsza od 1 (0,384).

4.4.4. Podsumowanie

Wprowadzenie do komunikacji miejskiej autobusów zasilanych energią elektryczną skutkuje przeniesieniem generowanych zanieczyszczeń z obszaru miasta do miejsc wytwarzania energii. Całkowity koszt środowiskowy wynikający z eksploatacji floty autobusów po wprowadzeniu Wariantu 1 zmniejszy się o 5 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 Wałbrzych zobowiązane jest zapewnić we flocie autobusów obsługujących komunikację miejską pojazdy elektryczne w ilościach odpowiednio:

- 6 autobusów elektrycznych do dnia 31.12.2022 r.
- 12 autobusów elektrycznych do dnia 31.12.2024 r.
- 18 autobusów elektrycznych do dnia 31.12.2027 r.

Jak opisano w rozdziale 4.1.3. rok 2020 r. będzie strategicznym z punktu widzenia z punktu widzenia Gminy. Nałożony obowiązek ustawowy, spełnianie udziału pojazdów elektrycznych we flocie świadczącej usługi dla zbiorowego transportu publicznego, będzie obligował gminę Wałbrzych, od 2022 r. do zapewnienia 6 autobusów elektrycznych na terenie gminy. Możliwe są dwa rozwiązania gwarantujące spełnienie obowiązku ustawowego. Zakup autobusów elektrycznych ze środków gminy lub podpisanie umowy na świadczenie usług zbiorowego transportu publicznego uwzględniających wymagania nałożone przez ustawodawcę.

Rozwój transportu publicznego w Wałbrzychu prowadzony jest zgodnie z założeniami polityki zrównoważonego rozwoju. Prowadzone inwestycje w zakresie zakupu nowoczesnych autobusów niskoemisyjnych wskazują priorytety w rozwoju wałbrzyskiej komunikacji miejskiej: niezawodność, wykorzystanie ekologicznych technologii oraz atrakcyjność dla mieszkańców. Prowadzone są w mieście działania mające na celu zmniejszenie emisji zanieczyszczeń z transportu: ograniczenie ruchu pojazdów kołowych w centrum miasta, zakup niskoemisyjnego taboru autobusów oraz promowanie wśród mieszkańców korzystania z komunikacji zbiorowej.

Wykorzystywane w mieście autobusy stanowią własność Miasta (20 sztuk) oraz Śląskiego Konsorcjum Autobusowego (38 sztuk). Wszystkie spełniają wysoką normę emisji spalin EURO 5 i zostały zakupione w latach 2012-2013. w najbliższych latach ZDKiUM nie planuje zwiększenia taboru lub jego wymiany, jednak przewidywany jest stopniowy wzrost wielkości pracy przewozowej. Obecnie roczna praca przewozowa pojazdów komunikacji miejskiej w Wałbrzychu wynosi 4,532 mln wozokilometrów.

Analiza technicznych możliwości wdrożenia elektromobilności do systemu transportu publicznego w Wałbrzychu 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: linie 8, 9, 11, 15 lub 18. Wskazano konieczność przygotowania stacji wolnego ładowania (typu Plug-in) w Zajezdni SKA przy ul. Ludowej 1D oraz stacji szybkiego ładowania (pantografowych) na pętlach wybranych linii autobusowych. Inwestycje te łącznie z zakupem 3 autobusów elektrycznych do roku 2021 generują koszt rzędu 8 843 000 zł. Uwzględniając te wydatki w całkowitym przepływie finansów dla ZDKiUM wyznaczone zostały wartości wskaźnika NPV dla Wariantu 0 (utrzymanie stanu obecnego taboru) oraz Wariantu 1 (wykorzystanie pojazdów elektrycznych). Na przestrzeni lat 2017-2032 wyniosą one odpowiednio:

- 242 890 550 PLN
- 266 878 612 PLN.

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

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. Warty 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 5 mln złotych na przestrzeni lat 2021-2032.

Wdrożenie pojazdów elektrycznych do systemu komunikacji miejskiej miasta Wałbrzych 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 Wałbrzycha.

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 (por. 4.3.2.) te zależności w przeprowadzonym rachunku ekonomicznym. W ciągu najbliższych lat można spodziewać się:

1. Rosnącej popularyzacji elektromobilności w transporcie publicznym w Polsce i na Świecie,
2. Intensywnego rozwoju infrastruktury dystrybucyjnej i stacji ładowania pojazdów elektrycznych,
3. Dynamicznego spadku wysokości wymaganych nakładów inwestycyjnych - zarówno w przypadku taboru, jak i stacji ładowania pojazdów elektrycznych,
4. 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. Wałbrzych i miasta oraz gminy z nim sąsiadujące	30
Rysunek 2. Schemat komunikacji miejskiej.....	36
Rysunek 3. Plan sieci przesyłowej najwyższych napięć w okolicy Wałbrzycha	49

7. Spis wykresów

Wykres 1. Maksymalna liczba przystanków na liniach autobusowych.....	37
Wykres 2. Średnia długość linii autobusowych [km].....	37
Wykres 3. Maksymalny czas przejazdu na linii autobusowej [min]	38
Wykres 4. Wskaźnik czasu przejazdu dla linii, a długość linii	39
Wykres 5. Struktura własności autobusów	40
Wykres 6. Struktura taboru autobusowego wg rocznika i norm spalania(rok 2017)	42
Wykres 7. Dynamika wzrostu liczby wozokilometrów rok do roku zrealizowanych na terenie Wałbrzycha i gmin, z którymi zawarto porozumienie	44
Wykres 8. Dynamika wzrostu liczby litrów zużytego paliwa rok do roku	45
Wykres 9. Zmienność kosztów zakupu paliwa w odniesieniu do roku 2017	59
Wykres 10. Koszty osobowe odniesione do 2017r.	60
Wykres 11. Zmienność kosztów zakupu paliwa w odniesieniu do roku 2017	65

8. Spis tabel

Tabela 1. Zespół realizatorski Audytel	9
Tabela 2. Cele strategiczne i szczegółowe Wałbrzycha	19
Tabela 3. Porównanie kosztów inwestycyjnych autobusów na paliwa alternatywne, względem ON ..	26
Tabela 4. Porównanie parametrów stacji szybkiego ładowania elektrobusów.	28
Tabela 5. Przykłady systemu ładowania zajezdniowego typu plug-in.	28
Tabela 6. Linie komunikacyjne miejskie realizowane przez przewoźników	31
Tabela 7. Linie komunikacyjne międzypowiatowe realizowane przez przewoźników	31
Tabela 8. Linie komunikacji pozamiejskiej realizowane przez przewoźników	32
Tabela 9. Linie, trasy oraz ilość kursów realizowanych w ramach porozumień międzygminnych	33
Tabela 10. Linie, na których realizowany jest zbiorowy transport publiczny na zlecenie ZDKiUM ...	35
Tabela 11. Wskaźnik czasu przejazdu dla linii.....	38
Tabela 12. Liczba pasażerów i wozokilometrów dla autobusów w roku 2016 i 2017.....	40
Tabela 13. Tabor autobusowy (rok 2017)	41
Tabela 14. Tabor autobusowy według norm emisji spalin (rok 2017).....	41
Tabela 15. Tabor autobusowy według roku produkcji (stan na grudzień 2017 r.)	41
Tabela 16. Norma emisji spalin, a zużycie paliwa w 2017 roku	42
Tabela 17. Podsumowanie parametrów eksploatacyjnych	42
Tabela 18. Zestawienie przychodów	43
Tabela 19. Harmonogram wymiany floty – autobusy elektryczne	44
Tabela 20. Prognoza liczby wozokilometrów w latach 2019 - 2023.....	45
Tabela 21. Prognoza liczby litrów zużytego paliwa w latach 2019 - 2023	46
Tabela 22. Zestawienie linii znajdujących się na terenie gminy Wałbrzych oraz w jej otoczeniu.	47
Tabela 23. Zestawienie stacji elektroenergetycznych znajdujących się w otoczeniu gminy Wałbrzych, obsługiwanych przez operatora sieci przesyłkowej	48
Tabela 24. Zestawienie planowanych inwestycji na terenie gminy Wałbrzych oraz w jej okolicy na lata 2018-2022	50
Tabela 25. Zestawienie linii autobusowych wg parametru WCP, a długość linii.....	51
Tabela 26. Zestawienie linii autobusowych wg parametru liczby autobusów poza szczytem	52
Tabela 27. Linie mogące zostać potencjalnie w przyszłości obsłużone przez autobusy elektryczne	53

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

Tabela 28. Harmonogram wymiany floty – autobusy elektryczne, zgodnie z założeniami Ustawy o Elektromobilności	54
Tabela 29. Szacowane zużycie energii w danym okresie	55
Tabela 30. Prognoza zużycia paliwa w latach 2019 – 2023.....	55
Tabela 31. Prognozowana inflacja.....	57
Tabela 32. Harmonogram wymiany autobusów konwencjonalnych należących do Gminy Wałbrzych	58
Tabela 33. Zmienność cen paliwa	59
Tabela 34. Koszty związane z zakupem części zamiennych przypadające na jeden autobus odniesione do roku 2017.....	60
Tabela 35. Udział poszczególnych kosztów w zestawieniu wydatków Gminę Wałbrzych-ZDKiUM ...	61
Tabela 36. Harmonogram wymiany autobusów konwencjonalnych oraz zakupu autobusów elektrycznych w ramach działalności ZDKiUM.....	62
Tabela 37. Zestawienie nakładów inwestycyjnych w 2020 roku.	64
Tabela 38. Wzrost cen energii w okresie objętym analizą.....	64
Tabela 39. Porównanie kosztów zakupu paliwa na 1 wkm w wariantach 0 i 1.	66
Tabela 40. Udział poszczególnych kosztów w zestawieniu wydatków Gminy Wałbrzych-ZDKiUM– wariant 1	66
Tabela 41. Wartości wskaźników emisyjności wykorzystanych w analizie społeczno-ekonomicznej.	69
Tabela 42. Roczna emisja gazów cieplarnianych i szkodliwych substancji wytwarzana przez autobus spalinowy i elektryczny oraz opłaty z tym związane.	69
Tabela 43. Emisja gazów cieplarnianych i szkodliwych substancji przy wykorzystaniu taboru spalinowego oraz opłaty z tym związane.	70
Tabela 44. Emisja gazów cieplarnianych i szkodliwych substancji na wybranych liniach autobusowych przy wykorzystaniu taboru zeroemisyjnego oraz opłaty z tym związane.....	71
Tabela 45. Zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych i szkodliwych substancji po wprowadzeniu taboru zeroemisyjnego oraz zysk środowiskowy z tym związany.	71
Tabela 46. Zestawienie wskaźników ekonomicznych dla wariantu 1.	72

