

**Analiza kosztów i korzyści związanych
z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych,
w celu świadczenia usług komunikacji miejskiej na
terenie aglomeracji krakowskiej**

Spis treści

I.	Cel analizy i źródło potrzeby planowanej inwestycji w tabor zeroemisyjny	3
II.	Dokumenty strategiczne	4
III.	Identyfikacja stanu aktualnego i scenariuszy rozwoju	5
1.	Istniejący system transportu miejskiego.....	5
2.	Charakterystyka eksploatowanych pojazdów w MPK S.A. w Krakowie.....	7
3.	Cele strategiczne MPK S.A. w Krakowie w zakresie taboru	13
4.	Zidentyfikowane problemy środowiskowe i komunikacyjne	16
IV.	Scenariusze rozwoju, dane wejściowe do analizy kosztów i korzyści.....	19
1.	Realizacja obowiązku wynikającego z ustawy o elektromobilności.....	19
2.	Metoda obliczenia efektów ekologicznych.....	20
V.	Analiza wariantowa.....	22
1.	Analiza strategiczna	22
2.	Ocena zidentyfikowanych wariantów technicznych	26
VI.	Wykorzystanie autobusów elektrycznych do pracy przewozowej.....	30
VII.	Analiza finansowa.....	33
1.	Opis sposobu finansowania przewozów	33
2.	Założenia dla modelu finansowego.....	35
6.	Założenia dla wariantu zerowego.....	36
7.	Założenia dla wariantu zeroemisyjnego	36
8.	Podsumowanie wyników analizy finansowej	38
VIII.	Analiza społeczno - ekonomiczna.....	38
IX.	Analiza wrażliwości.....	40
X.	Analiza ryzyka	42
1.	Identyfikacja ryzyka	42
2.	Analiza jakościowa ryzyka.....	45
3.	Określenie działań zaradczych i monitoringu	47
4.	Prezentacja wyników analizy	48
XI.	Analiza instytucjonalna	67
XII.	Wnioski.....	68
	Spis tabel	69
	Spis rysunków	70
	Spis fotografii.....	70

I. Cel analizy i źródło potrzeby planowanej inwestycji w tabor zeroemisyjny

Kraków to największe miasto województwa małopolskiego zajmujące obszar blisko 327 km², które zamieszkuje niemal 800 tys. mieszkańców. Jako duży ośrodek aglomeracyjny Miasto stoi przed istotnymi wyzwaniami rozwojowymi, związanymi między innymi z ochroną środowiska, poprawą jakości powietrza, zmniejszeniem emisji hałasu do otoczenia.

Głównymi problemami w zakresie gospodarki niskoemisyjnej w Gminie Miejskiej Kraków są:

- wysoka emisja gazów cieplarnianych będąca skutkiem nieefektywnego wykorzystania energii (w budownictwie oraz transporcie) i niewielkiego udziału energii ze źródeł odnawialnych,
- zła jakość powietrza, będąca skutkiem dużej emisji zanieczyszczeń ze źródeł przemysłowych, sektora bytowo-komunalnego (niska emisja) oraz liniowych (transport), a także emisji napływowej z otaczających gmin.

Redukcja emisji gazów cieplarnianych i innych zanieczyszczeń w obszarze transportu zbiorowego możliwa jest do osiągnięcia:

- metodami nietechnicznymi rozumianymi jako racjonalizacja potrzeb podróżowania i poprawa efektywności funkcjonowania transportu,
- oraz metodami technicznymi rozumianymi jako zastosowanie niskoemisyjnych autobusów (niskoemisyjne konwencjonalne silniki, spełniające określone normy emisji spalin EURO, hybrydowe, elektryczne) i energooszczędnych elektrycznych pojazdów szynowych (m.in. z odzyskiem energii).

Jednym z działań mających na celu poprawę jakości życia lokalnej społeczności są inwestycje w komunikację miejską, mające dać alternatywę dla podróżnych, zachęcić do pozostawiania samochodów na obrzeżach Krakowa i korzystania z szerokiej oferty przewozowej. Miasto systematycznie pozyskuje nowoczesny, ekologiczny i komfortowy tabor komunikacji miejskiej, efektem czego ma być ograniczenie emisji szkodliwych związków do atmosfery, takich jak: tlenek węgla, węglowodory, tlenki azotu, oraz zmniejszenie propagacji hałasu.

W latach 2015 - 2018 Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne S.A. w Krakowie, główny przewoźnik świadczący usługi komunikacji miejskiej, zakupiło 36 nowoczesnych niskopodłogowych tramwajów, 340 nowoczesnych, ekologicznych autobusów, w tym 26 autobusów elektrycznych z urządzeniami ładującymi typu plug-in. Ponadto, dla potrzeb optymalnej eksploatacji autobusów elektrycznych podjęto budowę siedmiu stanowisk ładowania pantografowego, zlokalizowanych na trasach linii autobusowych obsługiwanych przez ten tabor.

W 2017 roku polski rząd przyjął Plan Rozwoju Elektromobilności, co miało stworzyć warunki do rozwoju elektromobilności między innymi w przedsiębiorstwach komunikacji miejskiej. Miasto Kraków w czerwcu 2017 roku podpisało Porozumienie z Narodowym Centrum Badań i Rozwoju (NCBiR) o współpracy przy opracowaniu i zakupie nowoczesnych i innowacyjnych autobusów elektrycznych. Przedstawiciele Miasta brali również czynny udział w opiniowaniu ustawy o elektromobilności, która stała się podstawą do wprowadzenia autobusów elektrycznych do eksploatacji. Ustawa ta nakłada na jednostki samorządu terytorialnego, z wyłączeniem gmin i powiatów, których liczba mieszkańców nie przekracza 50 000,

obowiązek wzrostu udziału autobusów zeroemisyjnych we flocie pojazdów użytkowanych w celu świadczenia usługi komunikacji miejskiej do poziomu 30%. Zakłada się, że wskaźnik ten zostanie osiągnięty w następujący sposób:

1. 5% - od dnia 1 stycznia 2021 roku
2. 10% - od dnia 1 stycznia 2023 roku
3. 20% - od dnia 1 stycznia 2025 roku
4. 30% - od dnia 1 stycznia 2028 roku.

Decyzja dotycząca wprowadzenia pojazdów zeroemisyjnych do floty komunikacji miejskiej i zakres tej inwestycji mają wynikać z rezultatów analizy kosztów i korzyści, o której mowa w art. 37 ustawy o elektromobilności.

Analiza zasadności inwestycji, polegającej na zakupie autobusów zeroemisyjnych (elektrycznych) w celu obsługi autobusowych linii komunikacyjnych na terenie Krakowa, ma zostać przeprowadzona w oparciu o kryteria finansowo - ekonomiczne, środowiskowe oraz społeczno – ekonomiczne, z uwzględnieniem możliwości współfinansowania zakupu ze środków Unii Europejskiej. **Rezultaty analizy mają pokazać kierunki i zakres wdrożenia zeroemisyjnego taboru autobusowego do obsługi publicznego transportu zbiorowego na terenie aglomeracji krakowskiej.**

II. Dokumenty strategiczne

Kierunki rozwoju miejskiego transportu zbiorowego, mające na celu ograniczenie negatywnego wpływu transportu publicznego na stan powietrza w Gminie Miejskiej Kraków oraz wzrost zainteresowania usługami przewozowymi organizowanymi przez GMK wynikają z niżej wymienionych regulacji prawnych i dokumentów strategicznych na poziomie krajowym, regionalnym i lokalnym. Dokumenty te stanowią podstawę do przyjęcia głównych celów rozwojowych i inwestycyjnych.

1. Ustawa o elektromobilności i paliwach alternatywnych (Dz.U. 2018 r. poz. 317);
2. Ustawa o systemie zarządzania emisjami gazów cieplarnianych i innych substancji (Dz.U. 2017 r.poz. 286 z późn. zm.);
3. Uchwała NR XXXII/451/17 SEJMIKU WOJEWÓDZTWA MAŁOPOLSKIEGO z dnia 23 stycznia 2017r. w sprawie zmiany uchwały Nr XXXIX/612/09 Sejmiku Województwa Małopolskiego z dnia 21 grudnia 2009 r. w sprawie „Programu ochrony powietrza dla województwa małopolskiego” zmienionej uchwałą Nr VI/70/11 z dnia 28 lutego 2011 r. oraz uchwałą Nr XLII/662/13 z dnia 30 września 2013 r.;
4. PLAN GOSPODARKI NISKOEMISYJNEJ DLA GMINY MIEJSKIEJ KRAKÓW (UCHWAŁA NR XXVI/426/15 RADY MIASTA KRAKOWA z dnia 7 października 2015r.), z późniejszą aktualizacją;
5. Program Ochrony Środowiska dla miasta Krakowa na lata 2012-2015 z uwzględnieniem zadań zrealizowanych w 2011 roku oraz perspektywą na lata 2016-2019 (Uchwała Nr LXI/863/12 Rady Miasta Krakowa z dnia 21 listopada 2012 r.);
6. Strategia Zintegrowanych Inwestycji Terytorialnych dla Krakowskiego Obszaru Funkcjonalnego, Kraków, sierpień 2015, z późniejszymi zmianami;

7. Strategia Rozwoju Krakowa. Tu chcę żyć. Kraków 2030 (UCHWAŁA NR XCIV/2449/18 RADY MIASTA KRAKOWA z dnia 7 lutego 2018 r.);
8. Polityka Transportowa dla Miasta Krakowa na lata 2016 – 2025 (UCHWAŁA NR XLVII/848/16 RADY MIASTA KRAKOWA z dnia 8 czerwca 2016 r.);
9. UCHWAŁA NR LXXX/1220/13 RADY MIASTA KRAKOWA z dnia 28 sierpnia 2013 r. w sprawie przyjęcia Planu zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego dla Gminy Miejskiej Kraków oraz gmin sąsiadujących, z którymi Gmina Miejska Kraków zawarła porozumienie w zakresie organizacji publicznego transportu zbiorowego.
10. Wieloletnia Prognoza Finansowa Miasta Krakowa” (uchwała Nr LIX/1292/16 Rady Miasta Krakowa z dnia 7 grudnia 2016 roku w sprawie zmiany uchwały Nr LXX/1013/13 Rady Miasta Krakowa z dnia 27 marca 2013 roku w sprawie Wieloletniej Prognozy Finansowej Miasta Krakowa (z późn. zm.);
11. Plan wieloletni Miejskiego Przedsiębiorstwa Komunikacyjnego S.A w Krakowie na lata 2017 – 2022.

III. Identyfikacja stanu aktualnego i scenariuszy rozwoju

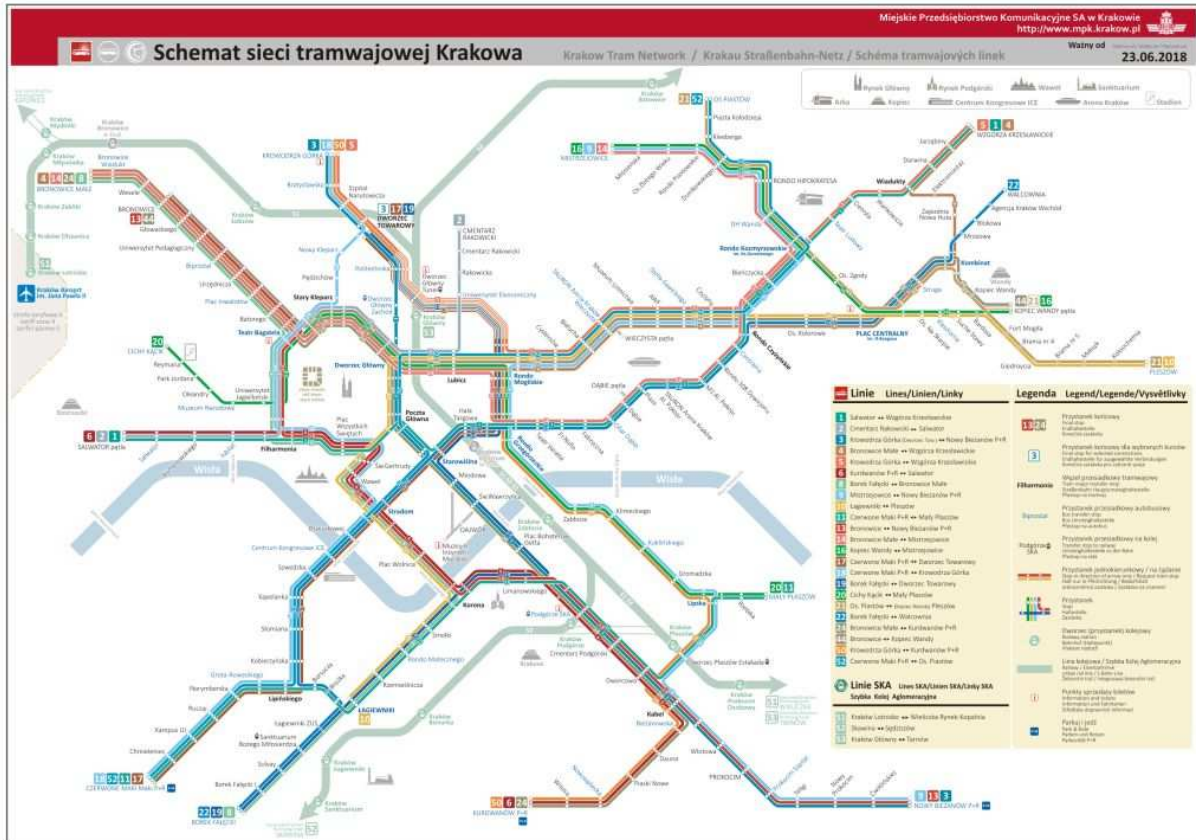
1. Istniejący system transportu miejskiego

System przewozów Komunikacji Miejskiej w Krakowie oparty jest o funkcjonującą sieć komunikacji tramwajowej i autobusowej. Sieć tramwajowa w całości znajduje się na terenie miasta Krakowa i wszystkie przewozy na niej realizuje Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne S.A. w Krakowie, tzw. podmiot wewnętrzny – spółka komunalna Gminy Miejskiej Kraków.

Natomiast sieć autobusowa funkcjonuje nie tylko na terenie Gminy Miejskiej Kraków (GMK) lecz również na terenie 17 gmin ościennych. Podstawą do realizacji tych rozszerzonych terytorialnie przewozów są porozumienia międzygminne podpisane przez GMK z poszczególnymi gminami. W ramach porozumień jednostką wiodącą jest GMK, która koordynuje wszystkie działania przewozowe. GMK poprzez swoją jednostkę – Zarząd Infrastruktury Komunalnej i Transportu w Krakowie pełni rolę organizatora komunikacji, tzn. decyduje o trasach linii, częstotliwościach kursowania linii, typie taboru, a także o czasie kursowania linii. Zgodnie z Uchwałą NR CVIII/2809/18 RADY MIASTA KRAKOWA z dnia 29 sierpnia 2018 r. w sprawie reorganizacji jednostki budżetowej Zarząd Infrastruktury Komunalnej i Transportu w Krakowie z dniem 1 listopada 2018 r. jednostka ta otrzymała nazwę Zarząd Dróg Miasta Krakowa¹.

¹Zgodnie z Uchwałą NR CVIII/2809/18 RADY MIASTA KRAKOWA z dnia 29 sierpnia 2018 r. Zarząd Dróg Miasta Krakowa w okresie od dnia 1 listopada 2018 r. do dnia 31 grudnia 2018 r. wykonuje dotychczasowe zadania określone w § 3 ust. 2 statutu Zarządu Infrastruktury Komunalnej i Transportu w Krakowie, stanowiącego załącznik do uchwały Nr XLVIII/594/08 Rady Miasta Krakowa z dnia 9 lipca 2008 r. w sprawie reorganizacji jednostki budżetowej Krakowski Zarząd Komunalny w Krakowie, zmiany jej nazwy i nadania statutu oraz upoważnienia Dyrektora Zarządu Infrastruktury Komunalnej i Transportu w Krakowie do załatwiania indywidualnych spraw z zakresu administracji publicznej (Dz. Urz. Woj. Małop. z 2017 r. poz. 3020), do czasu przejęcia tych zadań przez inne komórki organizacyjne Magistratu, miejskie jednostki organizacyjne lub miejskie osoby prawne.. Zadania określone w § 3 ust. 2 statutu Zarządu Infrastruktury Komunalnej i Transportu w Krakowie to m.in. organizowanie, nadzorowanie i prowadzenie wszystkich spraw związanych transportem w Gminie Miejskiej Kraków.

Rysunek 1 Schemat sieci tramwajowej Krakowa, stan na 23.06.2018r.



Zadania przewozowe w trakcji autobusowej realizowane są przez dwóch operatorów, tj. przez Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne S.A. w Krakowie oraz firmę Mobilis Sp. z o.o. Działalność Miejskiego Przedsiębiorstwa Komunikacyjnego S.A. w Krakowie koncentruje się na realizacji tramwajowych i autobusowych usług przewozowych lokalnego transportu zbiorowego w systemie Komunikacji Miejskiej w Krakowie, a także na utrzymaniu infrastruktury przystankowej na terenie Gminy Miejskiej Kraków (GMK) oraz szeroko rozumianej dystrybucji biletów Komunikacji Miejskiej w Krakowie. Przedsiębiorstwo posiada w swoich zasobach pięć stacji obsługi pojazdów, w tym dwie stacje tramwajowe i trzy stacje autobusowe, które zajmują się bieżącym utrzymaniem blisko tysiąca pojazdów, a także warsztat obsługi i remontów, w którym prowadzone są zaawansowane prace remontowe taboru.

Ilość linii autobusowych kursujących na terenie Krakowa ciągle się zmienia i oscyluje na poziomie 170, z czego niemal połowa to linie wyjeżdżające poza teren Miasta Krakowa (linie podmiejskie). MPK SA w Krakowie obsługuje 90% linii.

Liczba kilometrów na liniach obsługiwanych przez MPK S.A. w Krakowie na przestrzeni ostatnich 3 lat miała wyraźną tendencję wzrostową:

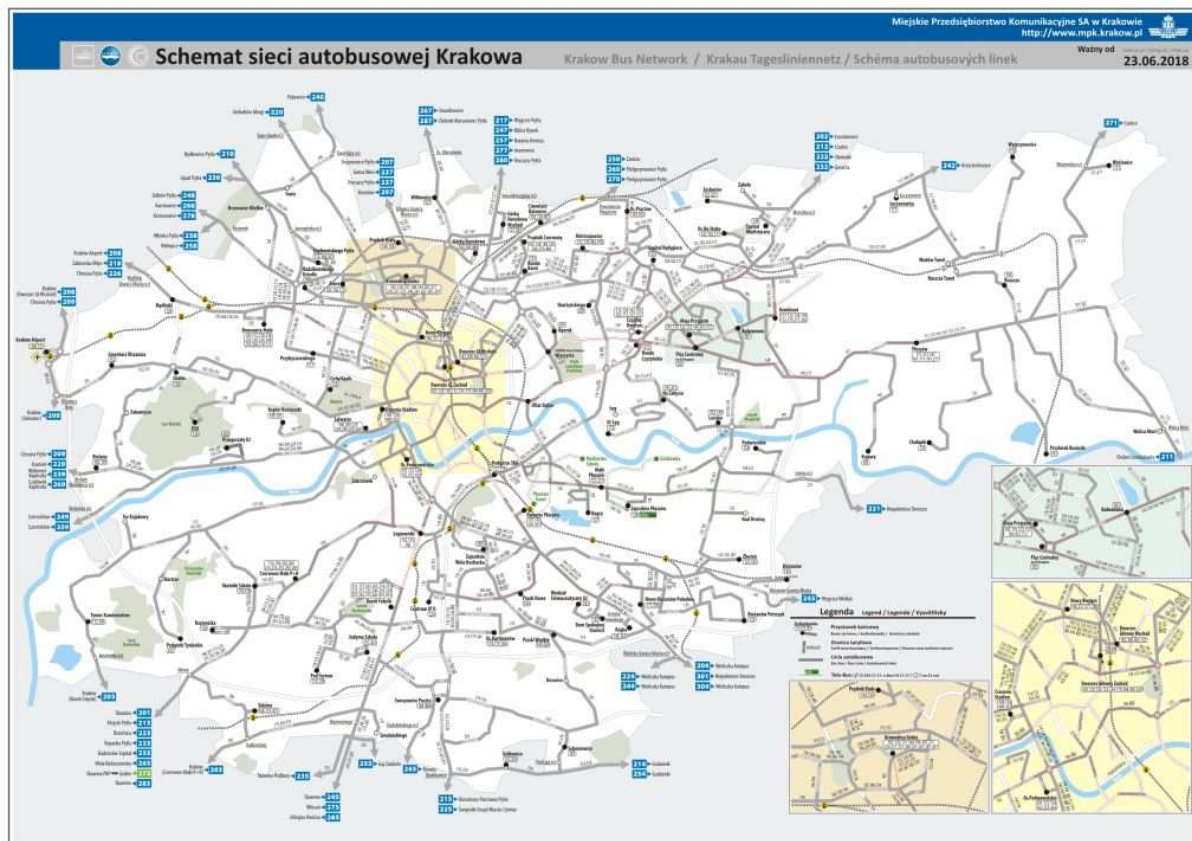
- 2015 rok – 32,25 mln km
- 2016 rok – 32,55 mln km
- 2017 rok – 33,98 mln km

Konsekwencją wzrastającej liczby kilometrów była również rosnąca liczba przewiezionych pasażerów w komunikacji autobusowej i tramwajowej. Dla obu operatorów

łącznie kształtowała się następująco (wg danych zgromadzonych przez Zarząd Infrastruktury Komunalnej i Transportu w Krakowie):

- 2015 rok – 358 mln pasażerów
- 2016 rok – 375 mln pasażerów
- 2017 rok – 402 mln pasażerów.

Rysunek 2 Schemat sieci autobusowej Krakowa, stan na 23.06.2018r.



Utrzymująca się tendencja ciągłego wzrostu pracy przewozowej i ilości przewożonych osób, stanowi o potrzebie ciągłego rozwoju komunikacji miejskiej, zarówno w ujęciu ilościowym jak i jakościowym. Rozwój ten musi jednak następować z uwzględnieniem uwarunkowań środowiskowych, a w szczególności ograniczenia zanieczyszczenia powietrza, którego jednym ze źródeł jest transport publiczny. Dlatego w perspektywie kolejnych lat należy szukać rozwiązań alternatywnych, które pozwolą z jednej strony rozwijać komunikację zbiorową, a z drugiej strony spełniać coraz ostrzejsze normy środowiskowe.

Możliwości takie dają autobusy zeroemisyjne. Potrzeba korzystania z takiego właśnie taboru wynika również z dążenia do ochrony historycznego centrum Krakowa, przez które, lub przez obszar z nim styczny, przebiega znaczna część tras linii miejskich.

2. Charakterystyka eksploatowanych pojazdów.

Trakcja autobusowa

Parametry techniczne i struktura taboru autobusowego podporządkowane są realizacji umowy na „Świadczenie autobusowych usług przewozowych w publicznym transporcie zbiorowym w ramach systemu Komunikacji Miejskiej w Krakowie (KMK)” zawartej w dniu 7 sierpnia 2014 roku na okres do 31 grudnia 2024 roku. Zgodnie z przedmiotową umową,

świadczenie usług przewozowych ma być realizowane taborem o określonych wymaganiach techniczno-użytkowych obejmujących parametry użytkowe, ukształtowanie podłogi, identyfikację wizualną, organizację przestrzeni pasażerskiej, sterowanie drzwiami pasażerskimi, ogrzewanie i klimatyzację, informację pasażerską, kasowniki, automat biletowy, nagłośnienie i monitoring. Ponadto, średni wiek posiadanego taboru nie powinien przekroczyć 10 lat.

Łączna liczba autobusów w MPK S.A. w Krakowie na koniec grudnia 2018 r. będzie wynosić 567 pojazdów, w tym 26 szt. autobusów o zerowej emisji spalin (autobusy elektryczne). Autobusy przystosowane są konstrukcyjnie do przewozu miejskiego pasażerów na miejscach siedzących i stojących. MPK S.A. w Krakowie w swoich zasobach posiada autobusy przegubowe o długości 18 metrów, autobusy standardowe o długości 12 metrów i autobusy midi o długości od 8 do 9 metrów.

Tabela 1 Stan ilościowy autobusów w MPK S.A. w Krakowie (stan na 31.12.2018 r.)

Lp.	Typ	ilość	uwagi
1	Solaris Urbino 12	187	standardowy
2	Solaris Urbino 18	156	przegubowy
3	Solaris Urbino 18Hybrid	13	przegubowy
4	Solaris Urbino 12.9 hybrid	9	standardowy
5	Mercedes O 530 G Citaro	31	przegubowy
6	Mercedes O 530 G Conecto	2	przegubowy
7	Mercedes O 530 Citaro	94	standardowy
8	Mercedes O 530 Conecto	1	standardowy
9	VOLVO 7900 HYBRID	12	przegubowy
10	Autosan M09LE	33	midi
11	Mercedes/Automet	3	midi
12	Solaris Urbino 12E	19	standardowy
13	Solaris Urbino 18E	3	przegubowy
14	Solaris Urbino 8.9E	4	midi
RAZEM		567	

Oprócz wymienionych autobusów, eksploatowanych jest 11 sztuk pojazdów (6 sztuk MAN, 5 sztuk Solaris U12) w oparciu o krótkoterminową umowę najmu.

Utrzymaniem taboru autobusowego w MPK S.A. w Krakowie zajmują się trzy stacje obsługi:

- a) Stacja Obsługi Autobusów Bieńczyce –182 autobusy,
- b) Stacja Obsługi Autobusów Płaszów –144 autobusy,

c) Stacja Obsługi Autobusów Wola Duchacka –241 autobusów.

Średni wiek autobusów, według stanu na koniec 2018 r., będzie wynosić 3,7, który mieści się w wymogach sprecyzowanych w umowie na świadczenie autobusowych usług przewozowych zawartej z Miastem.

Tabela 2 Średni wiek autobusów w MPK S.A. w Krakowie (stan na 31.12.2018 r.)

Wiek autobusów w latach 30.11.2018 r.			
1	Autosan	M 09 LE.01.1	9,12
2	Autosan	M 09 LE.V01-G02	2,03
3	Solaris	Urbino 18	2,48
4	Solaris	Urbino 18 HYBRYD	2,22
5	Solaris	Urbino 12,9 HYBRYD	4,38
6	Solaris	Urbino 12	5,81
7	Mercedes	O 530 Citaro	7,82
8	Mercedes	Citaro C3 S3	0,31
9	Mercedes	O530G Citaro	9,07
10	Mercedes	CONNECTO	0,53
11	Mercedes	CONNECTO G	1,37
12	Solaris	Urbino 12 E	1,54
13	Solaris	Urbino 8.9 E	2,33
14	Solaris	Urbino 18 E	1,42
15	Solaris	U18 METROSTYLE	4,33
16	VOLVO	7900 BASC HYBRID	0,24
17	Mercedes	Automet- Sprinter	0,21

Tabela 3 Lata produkcji autobusów posiadanych przez MPK S.A. w Krakowie

Producent	Typ	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	SUMA
Autosan	M 09 LE.01.1	0	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
Autosan	M 09 LE.V01-G02	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	10	0	25
Solaris	Urbino 18	0	5	0	14	10	4	0	0	0	77	38	0	148
Solaris	Urbino 18 HYBRYD	0	0	0	1	0	0	0	0	12	0	0	0	13
Solaris	Urbino 12,9HYBRYD	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	9
Solaris	Urbino 12	35	18	0	0	20	26	28	0	60	0	0	0	187
Mercedes	O 530 Citaro	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	8
Mercedes	Citaro C3 S3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	86	0	86
Mercedes	O530G Citaro	10	12	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	31
Mercedes	CONNECTO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Mercedes	CONNECTO G	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2
Solaris	Urbino 12 E	0	0	0	0	1	0	1	0	0	17	0	0	19
Solaris	Urbino 8.9 E	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	4
Solaris	Urbino 18 E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3
Solaris	U 18 METROSTYLE	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	8
VOLVO	7900 BASC HYBRID	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	12
Mercedes	Automet- Sprinter	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3
RAZEM		45	42	1	32	31	30	46	0	92	97	151	0	567

Eksploatowane autobusy wyposażone są w niską podłogę, klimatyzację, monitoring, automaty biletowe, głosowe zapowiadanie przystanków, platformę dla wózków inwalidzkich.

Tabela 4 Udział procentowy wyposażenia autobusów

<i>Wyposażenie autobusu</i>	<i>Odsetek taboru</i>
Niska podłoga	100,0%
Klimatyzacja	100,0%
Monitoring	100,0%
Automaty biletowe	100,0%
Głosowe zapowiadanie przystanków	58,0%
Platforma dla wózków inwalidzkich	100,0%

Nowy tabor autobusowy będzie konstrukcyjnie przystosowany do przewozu osób niepełnosprawnych oraz osób starszych z ograniczoną mobilnością.

Standardem dla autobusów komunikacji miejskiej w Krakowie, stają się kolejne wdrożone ułatwienia, wśród których można wymienić:

- przyklęk prawej strony autobusu,
- blokada hamulcowa uniemożliwiająca ruszenie autobusu z otwartymi drzwiami,
- niska podłoga w autobusie,
- podświetlenie led stopnia wejściowego,
- wydzielona kolorem żółtym strefa szczególnej ostrożności przy drzwiach,
- rampa wjazdowa dla wózka inwalidzkiego,
- przyciski zewnętrzne na wysokości umożliwiającej korzystanie przez osoby na wózku inwalidzkim,
- duże czytelne piktogramy zewnętrzne oznaczające: wejście dla inwalidy, przyciski,
- szerokie drzwi umożliwiające korzystanie przez osoby na wózku inwalidzkim,
- brak poręczy w drzwiach ograniczających korzystanie przez osoby na wózku inwalidzkim,
- podłoga antypoślizgowa ułatwiająca przemieszczanie się osób niepełnosprawnych wewnątrz autobusu,
- jasna kolorystyka wnętrza autobusu ułatwiająca orientację przestrzenną osób słabowidzących,
- jasne kolory poręczy wyposażone w punkty świetlne led ułatwiające orientację przestrzenną osób słabowidzących,
- dedykowane miejsce dla osób na wózkach inwalidzkich,
- przyciski wewnątrz autobusu o działaniu skokowym, ułatwiające identyfikację stanu,
- podświetlone przyciski wewnątrz autobusu ułatwiające korzystanie przez osoby niepełnosprawne,

- przyciski wewnątrz autobusu umieszczone na wysokości ułatwiającej korzystanie przez osoby niepełnosprawne,
- napisy Braille'a na przyciskach,
- dedykowane miejsca dla osób o obniżonej sprawności ruchowej (dostępne z niskiej podłogi, wyposażone w podłokietnik),
- duże czytelne oznakowanie liniowe zewnętrznie i wewnętrznie,
- dynamiczne oznakowanie liniowe na tablicy wewnątrz autobusu,
- zapowiedzi przestankowe wewnątrz autobusu,
- zapowiedzi zewnętrzne na przystanku,
- duża ilość kasowników wewnątrz autobusu ułatwiająca kasowanie,
- siedzenia mocowane do ściany bocznej ułatwiające przewóz psa przewodnika (pod siedzeniem),
- duża ilość drzwi (co najmniej troje drzwi w autobusie standardowym, czworo w przegubowym) ułatwiające łatwą wymianę pasażerów, w tym osób niepełnosprawnych,
- komfortowa praca zawieszenia autobusu,
- przyciemniane szyby boczne,
- monitoring zapewniający bezpieczeństwo przejazdu.

Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne S.A. w Krakowie posiada w swoich zasobach (stan na 31.12.2018 r.) 100% autobusów spełniających co najmniej normę spalin EURO5. Autobusy elektryczne stanowią prawie 5% stanu inwentarzowego. Wszystkie autobusy z normami emisji spalin poniżej Euro 5 zostały wycofane z eksploatacji. Autobusy spełniające poszczególne normy spalin pokazuje poniższa tabela.

Tabela 5 Norma spalin według EURO autobusów MPK S.A. w Krakowie (stan na 31.12.2018 r.)

Lp.	Typ	EURO 5	EEV	EURO6	EE	Razem
1	Solaris Urbino 12	35	63	89		187
2	Solaris Urbino 18	0	32	124		156
3	Solaris Urbino 18Hybrid			13		13
4	Solaris Urbino 12.9 hybrid			9		9
5	Mercedes O 530 G Citaro	22	9			31
6	Mercedes O 530 G Conecto			2		2
7	Mercedes O 530 Citaro	0	8	86		94
8	Mercedes O 530 Conecto			1		1
9	VOLVO 7900 HYBRID			12		12
10	Autosan M09LE	7	1	25		33
11	Mercedes/Automet			3		3
12	Solaris Urbino 12E				19	19
13	Solaris Urbino 18E				3	3
14	Solaris Urbino 8.9E				4	4
RAZEM		64	113	364	26	567

We wszystkich autobusach z silnikami Euro 5, EEV i Euro 6 zastosowany jest system dodatkowej obróbki spalin z wykorzystaniem dodatku AdBlue. Znajduje się on w oddzielnym

zbiorniku w każdym autobusie, skąd za pomocą specjalnej instalacji podawany jest do wtryskiwacza dozującego AdBlue do katalizatora SCR, w którym następuje redukcja tlenków azotu w nieszkodliwy azot i wodę. Sam dodatek AdBlue jest nazwą handlową wodnego roztworu mocznika (32,5%) o wysokiej czystości. Dla środowiska jest obojętny, niepalny, nie wybuchy i nie jest szkodliwy dla zdrowia.

Od 2008 roku na terenie Gminy funkcjonuje drugi operator transportu zbiorowego, firma Mobilis Sp z o.o. Najnowszy kontrakt został podpisany w roku 2014 i będzie obowiązywał przez 10 lat. Siedziba firmy znajduje się przy ulicy Na Załączu 1.

Spółka posiada obecnie 79 ekologicznych pojazdów spełniających restrykcyjną normę emisji spalin EURO 6. Flotę stanowi:

- 5 autobusów AMZ CS10LF City Smile o długości 10m (rok produkcji 2014),
- 24 autobusy AMZ CS12LF City Smile o długości 12m (rok produkcji 2014),
- 1 autobus Mercedes Conecto o długości 12m (rok produkcji 2016),
- 2 autobusy Autosan M12LF Sancity o długości 12m (rok produkcji 2016)
- 47 autobusów Mercedes Conecto G o długości 18m (38 szt z 2014r. i 9 szt z 2016 r.)

Wszystkie pojazdy zostały wyposażone w klimatyzację przestrzeni pasażerskiej oraz system informacji pasażerskiej, który ma ułatwić orientację podróżującym. Dodatkowo zainstalowano system monitorujący i rejestrujący obraz z wnętrza oraz otoczenia pojazdu.

3. Cele strategiczne w zakresie taboru

Cele strategiczne i operacyjne MPK S.A. w Krakowie wynikają z dwóch podstawowych dokumentów strategicznych, wytyczających kierunki rozwoju lokalnego transportu publicznego, tj. *Planu zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego dla Gminy Miejskiej Kraków i Gmin sąsiadujących, z którymi Gmina Miejska Kraków zawarła porozumienie w zakresie organizacji publicznego transportu zbiorowego oraz Polityki transportowej dla Miasta Krakowa na lata 2016-2025*. W dokumentach tych zostały wskazane następujące cele:

1. Funkcjonowanie transportu publicznego w sposób tworzący z tego podsystemu transportu miejskiego realną alternatywę dla realizacji podróży samochodami osobowymi – poprzez zapewnienie wysokiej jakości usług i uprzywilejowanie pojazdów transportu zbiorowego w ruchu drogowym;
2. Poprawa standardów podróży i poprawa warunków podróżowania w transporcie zbiorowym z uwzględnieniem osób o ograniczonej mobilności;
3. Integracja systemu transportu publicznego w Krakowie i w skali aglomeracji krakowskiej;
4. **Poprawa stanu środowiska naturalnego, zmniejszenie uciążliwości transportu dla mieszkańców oraz wzrost bezpieczeństwa;**
5. **Utrzymanie efektywności ekonomiczno-finansowej komunikacji miejskiej.**

Mając na uwadze powyższe Spółka dąży do zapewnienia klientom komfortu i bezpieczeństwa przejazdu, poprawy warunków oczekiwania na przystankach oraz dogodnego sposobu zakupu biletów. Jednocześnie, w swojej działalności gospodarczej

Spółka kieruje się troską o poszanowanie środowiska naturalnego i dbałością o zmniejszenie ilości zanieczyszczeń wprowadzanych do atmosfery. Zamierzenia te realizowane są między innymi poprzez:

1. Zakup nowoczesnych pojazdów o niskiej lub zerowej emisji spalin (w tym autobusów elektrycznych);
2. Zakup pojazdów o zmniejszonej emisji hałasu;
3. Zwiększenie dostępności komunikacji dla osób o ograniczonej mobilności;
4. Zwiększenie niezawodności;
5. Poprawę punktualności kursowania komunikacji miejskiej;
6. Zapewnienie pasażerom bezpiecznych warunków podróży i oczekiwania na pojazd.

Zgodnie z przedstawionymi informacjami, podstawowym nośnikiem energii dla autobusów są i w najbliższym czasie będą olej napędowy i energia elektryczna.

Uzupełnianie paliwa następuje na zakładowych stacjach paliw, które znajdują się na każdej stacji obsługi autobusów.

Tabela 6 Lokalizacja zbiorników paliwa

<i>Lokalizacja</i>	<i>Ilość zbiorników</i>	<i>Pojemność zbiorników(l)</i>
Stacja Obsługi Autobusów Bieńczyce	1	2x50 000
Stacja Obsługi Autobusów Wola Duchacka	3	50 000
Stacja Obsługi Autobusów Płaszów	2	50 000

Dodatkowo na stacjach paliw znajdują się pojemniki i dystrybutory przeznaczone do uzupełniania płynu AdBlue.

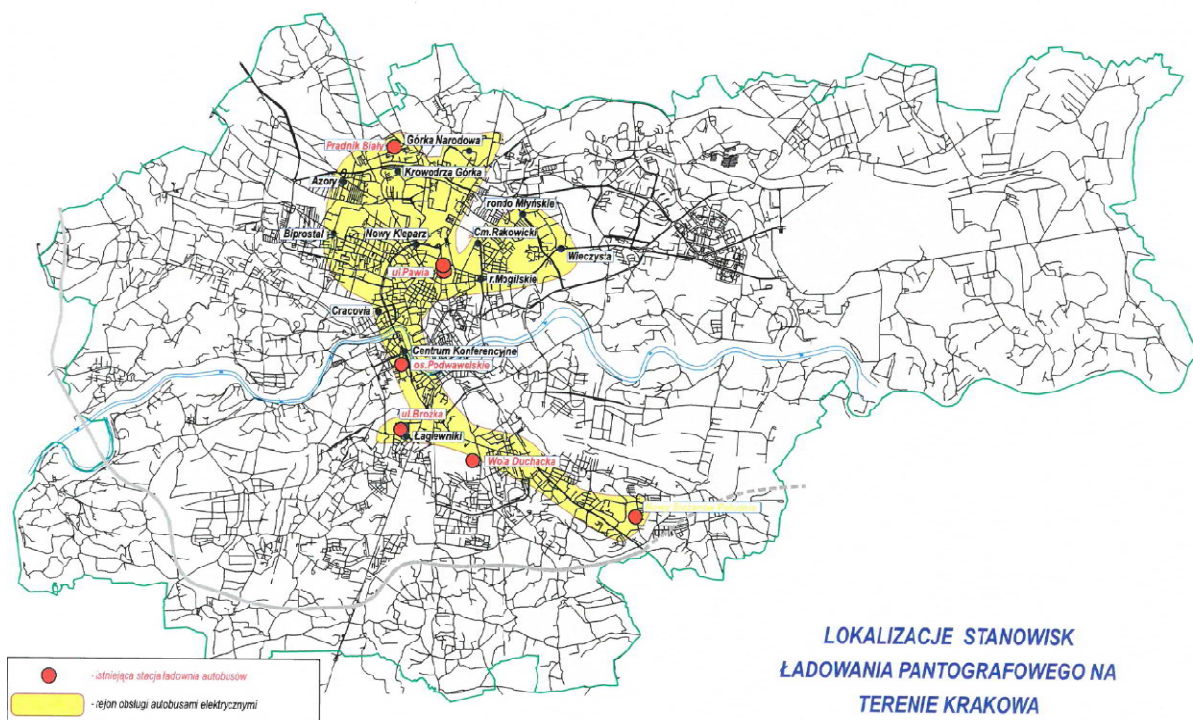
W przypadku autobusów elektrycznych, MPK S.A w Krakowie posiada własne punkty ładowania plug-in oraz stacje ładowania pantografowego. Stanowiska ładowania plug-in (28 stanowisk) zlokalizowane są na placu postojowym Stacji Obsługi Autobusów Wola Duchacka. W roku 2018 zakończono budowę sześciu stanowisk ładowania pantografowego dla autobusów elektrycznych zlokalizowanych w różnych rejonach Miasta. W efekcie komunikacja miejska w Krakowie będzie miała do dyspozycji siedem stanowisk ładowania pantografowego, których lokalizację prezentuje poniższa tabela oraz mapka.

Tabela 7 Lokalizacja stanowisk ładowania w Krakowie

l.p.	lokalizacje	Koordynaty GPS	
		N	E
1	ul. Walerego Sławka 10 - jedno stanowisko typu Schunk	50.0254742	19.9590317
2	ul. Konopnickiej - jedno stanowisko typu Schunk	50.0460564	19.9328986

3	Nowy Bieżanów Południe - jedno stanowisko typu Schunk	50.0126581	20.0156067
4	Prądnik Biały - jedno stanowisko typu Schunk	50.0963711	19.9304756
5	ul. J. Brożka - jedno stanowisko typu Schunk	50.0963711	19.9304756
6	ul. Pawia – dwa stanowiska typu Schunk	50.0677000	19.9454000

Rysunek 3 Lokalizacja funkcjonujących stacji ładowania pantografowego



Fot. 1 Stacja ładowania pantografowego na terenie SOA Wola Duchcka, ul. Walerego Sławka 10.



Ładowarka obsługuje autobusy kursujące na linii 169

Fot. 2 Panorama parkingu autobusów elektrycznych wraz z ładowarkami plug-in

Tabela 8 Zużycie paliwa/energii w użytkowanych autobusach będących przedmiotem analizy

Lp	Typ	ON	EE
		l/100 km	kWh/km
1.	Solaris Urbino 12	39,1	
2.	Solaris Urbino 18	54,6	
3.	Mercedes O 530 G Citaro	59,8	
4.	Mercedes O 530 Citaro	39,0	
5.	Autosan M09LE	31,8	
6.	Solaris Urbino 18Hybrid	48,4	
7.	Solaris Urbino 12E		1,4
8.	Solaris Urbino 18E		1,8
9.	Solaris Urbino 8.9E		1,2

4. Zidentyfikowane problemy środowiskowe i komunikacyjne

Zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego stanowi obecnie największy problem środowiskowy Gminy Miejskiej Kraków. W Krakowie notuje się średnio 394 przypadki

zachorowań na nowotwór płuca rocznie. Z tego jak szacuje organizacja HEAL Polska 25% tych przypadków w Krakowie spowodowanych jest zanieczyszczeniem powietrza.

Normy wskazywane przez WHO jako bezpieczne dla zdrowia w zakresie stężenia pyłu PM10 to wartość 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ stężenia średniorocznego oraz 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dla stężenia średniodobowego. Stężenia średniodobowe pyłu PM10 mogą przekraczać wartość 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ jedynie 35 dni w roku.

Zgodnie z danymi zawartymi w Programie Ochrony powietrza dla Województwa Małopolskiego (Załącznik nr 1 do uchwały Nr XXXII/451/17 Sejmiku Województwa Małopolskiego z dnia 23 stycznia 2017 r.), w strefach województwa małopolskiego na stacjach pomiarowych w 2015 roku wartości stężeń średniodobowych były przekraczane przez większą liczbę dni. Najwięcej dni ze średniodobowymi stężeniami pyłu PM10 powyżej 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ notowano w ostatnich latach między innymi w Krakowie.

Prowadzone pomiary stężeń pyłu PM 2,5 w powietrzu wskazują na przekroczenia wartości dopuszczalnej wynoszącej w 2015 r. 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Najwyższe stężenie pyłu PM 2,5 wystąpiło w Krakowie na stacji komunikacyjnej przy al. Krasińskiego.

W Krakowie na stacji komunikacyjnej corocznie od 2006 roku odnotowywane są przekroczenia dopuszczalnego stężenia średniorocznego dwutlenku azotu (40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Średnio przez poprzednie 5 lat stężenia średnioroczne były o około 69% wyższe aniżeli wskazuje norma, jednak od 2011 r. stężenie spadło o 14%. Za problem występowania przekroczeń stężeń średniorocznych dwutlenku azotu uważa się wzmożony ruch pojazdów.

Sektor transportu obejmujący podsektory: transport gminny (pojazdy gminne), transport publiczny (komunikacja miejska) oraz transport prywatny i komercyjny (pozostałe środki transportu) ma istotny udział w emisjach tlenków azotu, oraz pyłów, a także CO₂.

Źródła liniowe w skład których wchodzi zarówno główne drogi krajowe i wojewódzkie jak i lokalne drogi gminne i powiatowe odpowiedzialne są za 30% stężenia normy dla pyłu PM10. Ich oddziaływanie jest ściśle związane z lokalizacją ulic i dróg najbardziej obciążonych wysokim natężeniem ruchu pojazdów. W stężeniach mierzonych na stanowiskach pomiarowych tła miejskiego odpowiadają one za średnio 12% stężenia średniorocznego pyłu PM10, natomiast są one odpowiedzialne za wysokość stężeń średniorocznych dwutlenku azotu (średnio ponad 65% udziału w stężeniach).

Innym problemem środowiskowym, z jakim boryka się Gmina Miejska Kraków jest emisja hałasu. Głównymi źródłami hałasu w środowisku, dla których ustalono wartości dopuszczalne są: komunikacja, przemysł, obiekty działalności usługowo-rozrywkowej, rekreacyjno-sportowej, wentylatory oraz urządzenia klimatyzacyjne i agregaty chłodnicze (hałas komunalny) oraz hałas emitowany przez linie elektroenergetyczne.

Spośród wymienionych rodzajów hałasu, hałas komunikacyjny (w tym głównie drogowy) dotyka największą liczbę osób. Przez Kraków przebiegają drogi krajowe nr 4, 7, 44, 52, 75, 79 i 94, drogi wojewódzkie nr 776, 780 i 794, autostrada A4 oraz droga ekspresowa S7. Ponadto w granicach miasta jest zlokalizowanych około 180 ulic o statusie dróg powiatowych i około 1660 ulic o statusie dróg gminnych. Spory udział w kształtowaniu klimatu akustycznego mają drogi, których strukturę ruchu charakteryzuje duży udział pojazdów ciężkich, jakkolwiek w chwili obecnej większość ruchu tranzytowego przejęła obwodnica Krakowa. Drogi dojazdowe, głównie gminne, charakteryzuje natomiast duża zmienność natężenia ruchu w ciągu doby. Ruch samochodów jest największy podczas dnia, a w czasie

nocy znacząco się obniża. Drogi te charakteryzują się także mniejszym udziałem pojazdów ciężkich (z wyjątkiem pojazdów komunikacji miejskiej).

Największą grupę terenów narażonych na hałas stanowią tereny zabudowy mieszkaniowej (jednorodzinnej, wielorodzinnej, zagrodowej i mieszkaniowo-usługowej, a także tereny w strefie śródmiejskiej). W tej grupie dominują tereny zaklasyfikowane jako tereny zabudowy mieszkaniowej jednorodzinnej, które stanowią ponad 50% wszystkich terenów oraz tereny zabudowy mieszkaniowej wielorodzinnej stanowiące ponad 17%.

W ramach wykonanej „Mapy akustycznej Miasta Krakowa” dokonano analizy statystycznej liczby mieszkańców zagrożonych hałasem w podziale na poszczególne jego poziomy. Przekroczenia poziomów dopuszczalnych (tj. 65 dB w ciągu dnia oraz 56 dB w nocy) oscylują na poziomie 5-15 dB (i czasami więcej w nocy). Na najwyższe wartości hałasu (powyżej 70 dB) narażonych jest ok. 38 tys. osób (hałas pochodzący od ruchu drogowego oceniany wskaźnikiem LDWN). Świadczy to o znacznej ilości obszarów, na których przekroczone są wartości dopuszczalne poziomu dźwięku.

Zastosowanie cichych i niskoemisyjnych autobusów elektrycznych na terenie GMK w znacznym stopniu poprawi jakość powietrza oraz zmniejszy emisję hałasu.

Wizja transportu publicznego w Krakowie i w sąsiednich gminach, objętych obsługą organizatora transportu, zakłada funkcjonowanie oraz rozwój nowoczesnego i chroniącego środowisko naturalne publicznego transportu zbiorowego, spełniającego oczekiwania pasażerów w sposób tworzący z tego transportu realną alternatywę dla podróży realizowanych własnym samochodem osobowym.

W zatłoczonym i gęsto zabudowanym centrum miasta problemem jest również brak możliwości wyznaczania wydzielonych dla autobusów pasów ruchu, tzw. bus – pasów. Tego typu rozwiązania pozwalają na zwiększenie punktualności i regularności kursowania autobusów co przekłada się również na zainteresowanie podróżnych tego typu środkiem transportu.

Wśród zidentyfikowanych problemów komunikacyjnych na terenie GMK warto jeszcze wspomnieć o problemach autobusów kursujących do nowo wybudowanych osiedli. Zbyt wąskie uliczki, na których ze względu na brak osiedlowych parkingów zaparkowane są samochody, stwarzają ogromny problem dla kierowców autobusów chcących prawidłowo wykonać manewr mijania.

Na koniec należałoby jeszcze poruszyć wątek małej ilości obwodnic dla GMK. Tranzyt pojazdów w dużej mierze odbywa się jeszcze przez ścisłe centrum miasta głównie aleją Trzech Wieszców. Niedawno rozpoczęto budowę trasy Łagiewnickiej, która otworzy drogę do budowy zachodniego odcinka III obwodnicy Krakowa. Po jej oddaniu, przejęty zostanie ruch międz dzielnicowy z centrum, co w dużej mierze ograniczy emisję szkodliwych spalin i w znacznym stopniu poprawi stan jakości powietrza na terenie Gminy Miejskiej Kraków.

IV. Scenariusze rozwoju, dane wejściowe do analizy kosztów i korzyści

Przy opracowaniu analizy wzięto pod uwagę koszty zakupu pojazdów, koszty budowy infrastruktury ładowania pojazdów, koszty środowiskowe wynikające z emisji substancji szkodliwych do środowiska naturalnego a także koszty eksploatacji i utrzymania obecnie posiadanych autobusów (w tym autobusów elektrycznych).

Uwzględniając fakt, że dla organizatora komunikacji miejskiej w Krakowie, emisja lokalna jest nadrzędna w stosunku do emisji globalnej, w analizie pominięto fakt występowania tej ostatniej w przypadku autobusów elektrycznych.

1. Realizacja obowiązku wynikającego z ustawy o elektromobilności

Proces pozyskiwania autobusów elektrycznych

W celu zapewnienia odpowiedniego udziału autobusów zeroemisyjnych we flocie użytkowanych pojazdów, zgodnie z wymaganiami Ustawy o Elektromobilności, oraz przy zachowaniu wielkości floty autobusowej niezbędnej do wykonania zakontraktowanej pracy przewozowej wyrażonej w wozokilometrach, MPK S.A. w Krakowie zakłada stopniowy wzrost liczby pojazdów elektrycznych, który w latach 2021 – 2028 będzie kształtował się w następujący sposób:

- a) 5% – od 1 stycznia 2021 r. tj. 29 autobusów zeroemisyjnych dla ogólnego inwentarza 567 sztuk posiadanych autobusów,
- b) 10% - od 1 stycznia 2023 r. tj. 56 sztuk autobusów zeroemisyjnych dla ogólnego inwentarza 572 sztuk posiadanych autobusów,
- c) 20% - od 1 stycznia 2025 r. tj. 115 sztuk autobusów zeroemisyjnych dla ogólnego inwentarza 583 sztuk posiadanych autobusów,
- d) 30% - od 1 stycznia 2028 r. tj. 179 sztuk autobusów zeroemisyjnych dla ogólnego inwentarza 595 sztuk posiadanych autobusów,

Uwzględniając fakt, że MPK S.A w Krakowie posiada już 26 sztuk autobusów elektrycznych konieczny będzie dodatkowy zakup następującej liczby autobusów:

- a) do 1 stycznia 2021 roku jeszcze 3 autobusy zeroemisyjne,
- b) do 1 stycznia 2023 roku jeszcze 27 sztuk autobusów zeroemisyjnych,
- c) do 1 stycznia 2025 roku jeszcze 59 sztuk autobusów zeroemisyjnych,
- d) do 1 stycznia 2028 roku jeszcze 64 sztuk autobusów zeroemisyjnych.

Tabela 9 Zakładane terminy i ilości autobusów zakupionych i wycofanych

Termin	Dostawy autobusów zeroemisyjnych	Wycofania autobusów	Ilość EE	Inwentarz ogółem
31.12.2020 r.	Zakup: -3 sztuki przegubowych autobusów elektrycznych	Wycofanie: - 2 sztuki Solaris U 18 EEV	29	567
31.12.2022 r.	Zakup: - 27 sztuk przegubowych autobusów elektrycznych	Wycofanie: - 22 sztuk MB Citaro G Euro 5,	56	572
31.12.2024 r.	Zakup: - 59 sztuk (40 sztuk standardowych i 19 sztuk	Wycofanie: - 48 sztuk (33 sztuk Solaris U12 Euro 5, 15 sztuk Solaris U18 EEV)	115	583

	przegubowych) autobusów elektrycznych			
31.12.2027 r.	Zakup: - 64 sztuk przegubowych autobusów elektrycznych	Wycofanie: - 52 sztuk (15 sztuk Solaris U18 EEV, 9 sztuk MB Citaro G EEV, 28 sztuk Solaris U18 Euro 6)	179	595

Dla celów zapewnienia realizacji usługi przewozowej zgodnie z wymaganiami określonymi w umowie o świadczenie usługi komunikacji miejskiej zawartej z organizatorem transportu - GMK konieczne jest odpowiednie zróżnicowanie nabywanych autobusów elektrycznych ze względu na ich typ (pojemność). Z kolei dla potrzeb efektywnej eksploatacji tego taboru oraz zapewniania odpowiedniego poziomu ładowania baterii i możliwości jego uzupełnienia podczas realizacji pracy przewozowej wraz ze wzrostem liczby autobusów elektrycznych przewiduje się rozbudowę system ładowania pantografowego o kolejne stanowiska (stacje) zlokalizowane na terenie miasta (patrz tabela 10).

Tabela 10 Liczba stacji ładowania i liczba autobusów wg typu, lata 2018-2027

Rok	przewidywana liczba pantografowych stacji ładowania	liczba autobusów elektrycznych		
		<i>pn</i> [*]	<i>kn</i> ^{**}	<i>mn</i> ^{***}
2018	7	3	19	4
2020		3	0	0
2022	2	27	0	0
2024	4	19	40	0
2027	7	64	0	0

pn* – autobus przegubowy, *kn* – autobus standardowy, ****mn* – autobus midi

Przedstawione powyżej dane liczbowe są ilościami prawdopodobnymi, które mogą się zmienić w zależności od warunków ruchowych w danym okresie czasu. Podane wartości odnoszą się na koniec każdego roku.

Planuje się wytyczenie pewnych obszarów miasta, które w pierwszej kolejności będą obsługiwane pojazdami elektrycznymi. Rozważane jest nie tylko ścisłe centrum miasta, lecz również obszary przyległe do centrum, jak i rejonu pełniące rolę rekreacyjną. Infrastruktura drogowa w tych obszarach ma jednolity, płaski charakter, lecz są one w różnym stanie technicznym. Jedynie w niewielkiej części dróg, w szczególności na obszarach rekreacyjnych mogą pojawić się drogi z pewnymi utrudnieniami, tj. wzniesieniami czy też ograniczeniami szerokości.

Odnosząc się do aktualnego układu linii kursujących w rejonie centrum, można przyjąć, że średnia długość linii, które będą obsługiwane przez tabor elektryczny to 16 km, natomiast częstotliwość kursowania autobusów elektrycznych w dni powszednie, w godzinach szczytu przewozowego wahać się będzie w przedziale od 7,5 do 24 minut na godzinę. Powyższe parametry zostały przyjęte, jako założenia do przedmiotowej analizy.

2. Metoda obliczenia efektów ekologicznych

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 9 października 2015 r. w sprawie wymagań jakościowych dla paliw ciekłych, dopuszczalna zawartość siarki w oleju napędowym wynosi 10 mg/kg ON. Z reakcji utleniania siarki z paliwa wynika, że dla

maksymalnej zawartości siarki w paliwie emisja SO₂ z oleju napędowego wynosi – 0,02 g SO₂/kgON. Z reakcji utleniania atomów węgla w paliwie wynika, że z 1 litra oleju napędowego powstaje 2,68 kg dwutlenku węgla.

Poniższa tabela przedstawia wartości graniczne (dla testu dynamicznego) dla poszczególnych gazów

Tabela 11 Wartości graniczne dla testu dynamicznego

wyszczególnienie	(CO) g/kWh	(NMHC) g/kWh	(CH ₄) g/kWh	(NO _x) g/kWh	(PM) g/kWh
EURO 5	4,0	0,55	1,1	2,0	0,03
EEV	3,0	0,40	0,65	2,0	0,02
EURO 6	4,0	0,016	0,01	0,46	0,01

Dla energii elektrycznej wskaźniki emisyjności wg najnowszych danych KOBIZE z grudnia 2017 wynoszą odpowiednio:

- CO₂ – 781 kg/MWh (g/kWh)
- SO₂ – 0,818 kg/MWh (g/kWh)
- NO_x – 0,824 kg/MWh (g/kWh)
- CO – 0,252 kg/MWh (g/kWh)
- Pył – 0,052 kg/MWh (g/kWh).

Emisja spalin z autobusów zasilanych olejem napędowym **przewidzianych do wycofania** według wartości max emisji dopuszczalnych dla wskazanego poziomu EURO została przedstawiona w poniższych tabelach (źródło: obliczenia własne MPK S.A. w Krakowie).

Tabela 12 Emisja gazów w g/km dla poszczególnej normy Euro

typ autobusu	norma spalin	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km
		CO	HC	SO ₂	NO _x	PM	CO ₂
MB Citaro G	EURO 5	8,8770	1,2206	0,0100	4,4385	0,0666	1602,6
MB Citaro G	EEV	6,6577	0,8877	0,0100	4,4385	0,0444	1602,6
Solaris U12	EURO 5	5,8042	0,7981	0,0065	2,9021	0,0435	1047,9
Solaris U18	EEV	6,0788	0,8105	0,0091	4,0525	0,0405	1463,3
Solaris U18	EURO 6	8,1051	0,0324	0,0091	0,9321	0,0203	1463,3

Tabela 13 Roczne efekty wycofania autobusów z silnikiem Diesla przed datą 31.12.2020 r.

Roczne efekty wycofania autobusów diesla przed datą 31.12.2020 r.									
typ	ilość sztuk	norma spalin	przebieg	CO	NMHC/THC	SO ₂	NO _x	PM	CO ₂
			km/bus	kg	kg	kg	kg	kg	kg

Solaris U18	2	EEV	55000	669	89	1	446	4	160961
-------------	---	-----	-------	-----	----	---	-----	---	--------

Tabela 14 Roczne efekty wycofania autobusów diesla przed datą 31.12.2022 r.

Roczne efekty wycofania autobusów diesla przed datą 31.12.2022 r.									
typ	ilość sztuk	norma spalin	przebieg	CO	NMHC/THC	SO2	NOx	PM	CO2
			km/bus	kg	kg	kg	kg	kg	kg
MB Citaro G	22	Euro 5	55000	10741	1477	12	5371	81	1939194

Tabela 15 Roczne efekty wycofania autobusów diesla przed datą 31.12.2024 r.

Roczne efekty wycofania autobusów diesla przed datą 31.12.2024 r.									
typ	ilość sztuk	norma spalin	przebieg	CO	NMHC/THC	SO2	NOx	PM	CO2
			km/bus	kg	kg	kg	kg	kg	kg
Solaris U12	33	Euro 5	80000	15323	2107	17,2	7662	115	2766403
Solaris U18	15	EEV	55000	5015	669	8	3343	33	1207206
Razem	48			20338	2776	24,8	11005	148	3973609

Tabela 16 Roczne efekty wycofania autobusów diesla przed datą 31.12.2027 r.

Roczne efekty wycofania autobusów diesla przed datą 31.12.2027 r.									
typ	ilość sztuk	norma spalin	przebieg	CO	NMHC/THC	SO2	NOx	PM	CO2
			km/bus	kg	kg	kg	kg	kg	kg
Solaris U18	28	Euro 6	55000	12482	50	14	1435	31	2253451
MB Citaro G	9	EEV	55000	3296	439	5	2197	22	793307
Solaris U18	15	EEV	55000	5015	669	7,5	3343	33	1207206
Razem	52			20792	1158	26,5	6976	87	4253964

V. Analiza wariantowa

1. Analiza strategiczna

Jak wspomniano we wcześniejszych rozdziałach niniejszego opracowania, konieczność inwestycji w pojazdy zeroemisyjne a konkretnie autobusy elektryczne oraz rozmiar i czas jej realizacji wynikają wprost z Ustawy z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych, której zapisy stanowią: „**Art. 36. 1.** Jednostka samorządu terytorialnego, z wyłączeniem gmin i powiatów, których liczba mieszkańców nie przekracza 50 000, świadczy usługę lub zleca świadczenie usługi komunikacji miejskiej w rozumieniu ustawy z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym (Dz. U. z 2017 r. poz. 2136 i 2371 oraz z 2018 r. poz. 317) podmiotowi, którego udział autobusów zeroemisyjnych we flocie użytkowanych pojazdów na obszarze tej jednostki samorządu terytorialnego wynosi co najmniej 30%.” Zgodnie z Art. 86 ust. 4) art. 36 wchodzi w życie z dniem 1 stycznia 2028r. Dalej w Art. 68.4 jest mowa o tym, że „Jednostka samorządu terytorialnego, o której mowa w art. 36 ust. 1, zapewnia udział autobusów zeroemisyjnych w użytkowanej flocie co najmniej:

- 1) 5% – od dnia 1 stycznia 2021 r.;
- 2) 10% – od dnia 1 stycznia 2023 r.;
- 3) 20% – od dnia 1 stycznia 2025 r.”

Ponadto wykorzystanie autobusów elektrycznych do świadczenia usługi komunikacji miejskiej stanowi element polityki strategicznej Krakowa w zakresie gospodarki niskoemisyjnej i ograniczenia zanieczyszczenia powietrza, którego źródłem jest transport lokalny. W planach strategicznych Miasta, obok inwestycji w tabor nisko- i zero emisyjny, przewidziane są także inne działania zmierzające do szeroko pojętego rozwoju zrównoważonego transportu.

Potrzeba rozwoju zrównoważonego transportu poprzez wymianę taboru autobusowego na pojazdy niskoemisyjne na terenie aglomeracji krakowskiej została także ujęta w Strategii Zintegrowanych Inwestycji Terytorialnych, która odwołuje się w swoich założeniach do planów strategicznych na poziomie województwa i GMK, mówiących o konkretnych działaniach zmierzających do zmniejszenia zanieczyszczenia powietrza, tj. „Programu ochrony powietrza dla województwa małopolskiego” oraz „Plan Gospodarki Niskoemisyjnej dla Gminy Miejskiej Kraków”. Do działań tych, prowadzonych w sferze transportu należą m.in.: ograniczenie ruchu pojazdów w centrum miasta poprzez strefy ograniczonego ruchu i płatnego parkowania z równoczesnym udostępnieniem parkingów Parkuj i Jedź przy pętlach tramwajowych lub autobusowych, zapewnienie płynności ruchu, ograniczenie emisji wtórnej z dróg poprzez utrzymanie czystości i dobrego stanu dróg, rozwój przyjaznej dla pasażera komunikacji publicznej – w tym wykorzystanie ekologicznie czystych pojazdów zasilanych gazemLPG, LNG lub CNG bądź hybrydowych lub elektrycznych, uwzględnianie w warunkach specyfikacji zamówień publicznych wytycznych na temat efektywności energetycznej, np. zakup energooszczędnych tramwajów, pojazdów ekologicznych spełniających normy jakości spalin EURO 6.

W chwili obecnej MPK S.A. w Krakowie dysponuje 26 autobusami elektrycznymi, które realizują pracę przewozową na wybranych liniach autobusowych. System ładowania autobusów oparty jest na doładowywaniu energią elektryczną na 6stacjach szybkiego ładowania, zlokalizowanych na końcówkach linii autobusowych obsługiwanych taborom elektrycznym. Balansowanie akumulatorów prądem małej mocy z wykorzystaniem urządzeń typu plug-in ma miejsce w nocy, na stacji Wola Duchacka.

Dotychczasowe doświadczenie MPK S.A. w Krakowie w eksploatacji autobusów elektrycznych prowadzi do wniosku, że najistotniejszym elementem związanym z rozszerzeniem wykorzystania tego typu pojazdów jest wybór optymalnego rozwiązania w zakresie ładowania baterii. Wybór ten powinien uwzględniać zarówno elementy techniczno – operacyjne jak i kosztowe. Rozwiązanie docelowe powinno zapewnić realizację pracy przewozowej przy możliwie najkrótszych przerwach związanych z uzupełnianiem energii a poziom dojrzałości technologii zapewni właściwą trwałość i stosunkowo proste utrzymanie.

W wyniku analizy dostępnych na rynku rozwiązań zidentyfikowano 6 możliwych do wdrożenia wariantów. Rozważane opcje różniły się natomiast zastosowanym systemem ładowania pojazdów.

Wariant I

Zakup 185 autobusów z systemem ładowania opartym na stanowiskach ładowania typu plug-in zamontowanych na miejscach postojowych na terenie stacji obsługi autobusów (do każdego pojazdu jedno stanowisko).

Takie rozwiązanie polega na ładowaniu akumulatorów tylko na terenie obiektów warsztatowych za pomocą przewodów łączących ładowarkę z autobusem. Rozwiązanie wymaga posiadania tej samej liczby ładowarek co autobusów oraz akumulatorów w pojazdach o znacznej pojemności i dużej masie. Rozwiązanie wymaga długiego czasu podłączenia do pełnego naładowania akumulatorów. W niektórych przypadkach, w celu obniżenia wielkości pobieranej energii z sieci, mogą być zastosowane zasobniki energii elektrycznej.

Koszt ładowarek plug – in: 60.000 zł * 185

Razem: 9.180.000 zł

Z uwagi na dłuższy czas ładowania założono o 20% niższą pracę przewozową autobusów elektrycznych, i tym samym, w celu wykonania tej samej pracy co autobusy ON, założono zakup 185 autobusów elektrycznych.

Wariant II

Zakup 153 autobusów wraz z systemem ładowania rozproszonego na końcówkach linii, opartym na stanowiskach ładowania z kopułą współpracującą z pantografami zamontowanymi na autobusach (13 stanowisk)

Takie rozwiązanie polega na częstym uzupełnianiu energii akumulatorów w krótkim czasie, w okresie postoju autobusu na końcówce, w ilości wystarczającej na wykonanie przejazdu do następnego uzupełnienia. Rozwiązanie wymaga ładowarek dużej mocy oraz infrastruktury umożliwiającej przekazanie jej z sieci do pojazdu, przy małej pojemności baterii na pojeździe. Rozwiązanie jest sprawdzone w praktycznym działaniu w naszych warunkach klimatycznych, w tym również w Krakowie.

Jednakże ładowanie wyłącznie dużymi mocami, bez możliwości stabilizacji akumulatora skraca jego żywotność.

Orientacyjny koszt:

stacje ładowania z kopułą ładującą: 600.000 zł * 13

pantograf na autobusie: 70.000 zł * 153

Razem: 18.510.000 zł

Wariant III

Zakup 153 autobusów z systemem ładowania akumulatorów rozproszonym na końcówkach linii, opartym na stanowiskach ładowania z pantografem współpracującym z szynami kontaktowymi zamontowanymi na autobusach (10 stanowisk)

Takie rozwiązanie polega na częstym uzupełnianiu energii akumulatorów w krótkim czasie, w okresie postoju autobusu na końcówce, w ilości wystarczającej na wykonanie przejazdu do następnego uzupełnienia. Rozwiązanie wymaga ładowarek dużej mocy oraz infrastruktury umożliwiającej przekazanie jej z sieci do pojazdu, przy małej pojemności baterii na pojeździe. Ładowanie dużymi mocami bez możliwości stabilizacji akumulatora skraca jego żywotność.

Rozwiązanie to od wariantu nr 2 różni się tym, że pantograf jest na stałe zamontowany na urządzeniu ładującym. Stanowisko posiada ruchomy pantograf zmieniający swoją pozycję

przy każdym ładowaniu autobusu. Każda awaria pantografu uniemożliwia ładowanie na tym stanowisku. Główną zaletą tego rozwiązania ma być zmniejszenie masy autobusu o masę pantografu o około 45 kg.

Rozwiązanie z punktu widzenia teoretycznego posiada wiele zalet, jednak praktycznie nie zostało jeszcze sprawdzone w naszych warunkach klimatycznych, w szczególności w zimowych warunkach pogodowych.

Koszt wdrożenia:

stacje ładowania z pantografem: 650.000 zł *10

szyny ładujące na autobusie: 8.000 zł *153

Razem: 9.674.000 zł

Wariant IV

Zakup 153 autobusów z systemem ładowania akumulatorów rozproszonym na końcówkach linii, oparte na stanowiskach ładowania indukcyjnego (10 stanowisk)

Takie rozwiązanie polega na częstym uzupełnianiu energii akumulatorów w krótkim czasie, w okresie postoju autobusu na końcówce, w ilości wystarczającej na wykonanie przejazdu do następnego uzupełnienia. Rozwiązanie wymaga ładowarek dużej mocy oraz infrastruktury umożliwiającej przekazanie jej z sieci do pojazdu, przy małej pojemności baterii na pojeździe. Ładowanie dużymi mocami bez możliwości stabilizacji akumulatora skraca jego żywotność.

Taka forma ładowania jest jeszcze w fazie badawczej, jednak pierwsze prototypy już pracują. Główną zaletą ładowania indukcyjnego jest możliwość ładowania dużymi mocami w krótkim czasie.

Koszt wdrożenia:

stanowiska ładowania indukcyjnego: 8.000.000 zł*10

moduł w autobusie współpracujący ze stacją ładowania indukcyjnego: 600.000 zł *153

Razem: 195.800.000 zł

Wariant V

Zakup 153 autobusów wraz z systemem ładowania opartym na stanowiskach wolnego ładowania plug-in na stacjach obsługi i na stanowiskach szybkiego ładowania na końcówkach linii z kopułą współpracującą z pantografami zamontowanymi na autobusach (13 stanowisk)

To rozwiązanie jest połączeniem wariantów 1 oraz 2 i bazuje na połączeniu dwóch sposobów ładowania, tj. na końcówkach akumulatory ładowane są w krótkim czasie dużymi mocami, a na terenie stacji obsługi ładowane są małymi mocami w dłuższym czasie (najczęściej nocne ładowanie). Ładowanie na terenie warsztatu ma celu stabilizację parametrów akumulatora, a przez to wydłużenie jego trwałości.

Koszty wdrożenia:

ładowarki plug – in: 60.000 zł *153

stacje ładowania z kopułą ładującą: 600.000 zł *13

pantograf na autobusie: 70.000 zł*153

Razem: 27.690.000 zł

Wariant VI

Zakup 153 autobusów z systemem ładowania akumulatorów opartym na pracy ogniwa paliwowego umieszczonego na pojeździe

Rozwiązanie polega na umieszczeniu w autobusie ogniwa paliwowego, które zamienia energię wodoru na prąd elektryczny wykorzystywany do ładowania akumulatorów. Autobus tankowany jest wodorem w ilości wymaganej do wykonania oczekiwanej pracy przewozowej. Sposób magazynowania wodoru zależy od przejętej technologii. Obecnie na rynku funkcjonują wersje prototypowe. Dla kupowanej liczby pojazdu w tym rozwiązaniu konieczne jest wybudowanie dwóch stacji tankowania wodorem (na ternie Krakowa nie ma takiej stacji).

Koszty wdrożenia:

instalacja zasilania wodorem w autobusie: 2.000.000 zł *153

stacje ładowania wodorem: 7.000.000 zł *2

Razem: 320.000.000 zł

Z uwagi na niedojrzałość nowej technologii i bardzo wysokie koszty wdrożenia wariant ten został odrzucony na obecnym etapie analizy i nie będzie poddawany dalszej ocenie.

2. Ocena zidentyfikowanych wariantów technicznych

W kolejnym etapie zidentyfikowane 6 opcji poddano szczegółowej analizie wielokryterialnej. Wyodrębniono pięć grup kryteriów, którym przypisano wagi: I – wpływ systemu ładowania na pojazd (35%), II – eksploatacja stanowiska (35%), III – dojrzałość technologii (15%), IV aspekty środowiskowe (10%), V adaptacja do otoczenia (5%). Następnie w każdej grupie zidentyfikowano 3 bądź 4 kryteria (w sumie 16 kryteriów), którym również przypisano wagi. Dla każdego kryterium zastosowano odpowiednie zasady punktacji (możliwe punkty: 0 pkt., 3 pkt. lub 5pkt; szczegóły w tabeli *Zasady oceny wariantów w analizie wielokryterialnej*).

Tabela 17 Zasady oceny wariantów w analizie wielokryterialnej

Zasady oceny wariantów w analizie wielokryterialnej				
Nr	Kryterium	Opis kryteriów	waga (%)	zasady punktacji
I.1	Wpływ konstrukcji stanowiska na wysokość pojazdu	Ocenie będzie podlegała zależność konstrukcji od wysokości autobusu wg zasady: konstrukcja stanowiska nie zależy od wysokości autobusu, konstrukcja stanowiska zależy od wysokości autobusu.	10%	konstrukcja stanowiska nie zależy od wysokości autobusu - 5 pkt, konstrukcja stanowiska zależy od wysokości autobusu - 0 pkt
I.2	Wpływ konstrukcji stanowiska na masę pojazdu	Ocenie będzie podlegała zależność masy autobusu od konstrukcji stanowiska poprzez określenie dodatkowej masy urządzeń na autobusie koniecznych do realizacji procesu ładowania	10%	brak dodatkowych urządzeń na autobusie 5 pkt., masa urządzeń jest mniejsza od 5% masy własnej pojazdu - 3 pkt., masa urządzeń jest większa od 5% masy własnej pojazdu - 0 pkt.
I.3	Brak ograniczeń czasowych ładowania	Ocenie będą podlegały ograniczenia czasowe ładowania	80%	brak ograniczeń czasowych ładowania - 5 pkt., występowanie ograniczeń czasowych ładowania - 0 pkt.
II.1	Stopień zagrożenia bezpieczeństwa podczas eksploatacji, obsługi i napraw	Ocenie będzie podlegał stopień zagrożenia bezpieczeństwa podczas eksploatacji, obsługi i napraw.	20%	brak czynników zagrożenia bezpieczeństwa - 5 pkt, występowanie czynników porażenia prądem - 3 pkt., występowanie czynników zagrożenia wybuchem lub pożarem - 0 pkt.
II.2	Szacunkowy czas usunięcia awarii	Ocenie będzie podlegał szacunkowy czas usunięcia awarii związanej z brakiem zasilania.	20%	szacunkowy czas usunięcia awarii jest mniejszy niż 1 h - 5 pkt., szacunkowy czas usunięcia awarii wynosi 1 h lub więcej - 0 pkt.
II.3	Konieczne specjalistyczne uprawnienia do prac eksploatacyjnych, obsługowych, naprawczych,	Ocenie będzie podlegała konieczność posiadania specjalistycznych uprawnień do prac eksploatacyjnych, obsługowych, naprawczych.	30%	konieczność posiadania specjalistycznych uprawnień elektrycznych i gazowych do prac eksploatacyjnych, obsługowych, naprawczych - 0 pkt., konieczność posiadania specjalistycznych uprawnień elektrycznych do prac eksploatacyjnych, obsługowych, naprawczych 3 pkt., konieczność posiadania specjalistycznych uprawnień gazowych do prac eksploatacyjnych, obsługowych, naprawczych 2 pkt., brak konieczności posiadania specjalistycznych uprawnień do prac eksploatacyjnych, obsługowych, naprawczych - 5 pkt,
II.4	Łatwość utrzymania i obsługi	Ocenie będzie podlegała łatwość utrzymania i obsługi.	30%	uzupełnianie energii wymaga obsługi ręcznej pracownika - 0 pkt., uzupełnianie energii nie wymaga obsługi ręcznej pracownika - 5 pkt.
III.1	Niezawodność rozwiązania, technologii	Ocenie będzie podlegała niezawodność rozwiązania, technologii.	50%	występowanie części ruchomych na stanowisku łączących stanowisko z pojazdem - 0 pkt., brak części ruchomych na stanowisku łączących stanowisko z pojazdem - 5 pkt.
III.2	Okres funkcjonowania na rynku	Ocenie będzie podlegał okres funkcjonowania na rynku	20%	rozwiązanie w fazie prototypu - 0 pkt., rozwiązanie wdrożone w co najmniej pięciu miejscach Europy - 5 pkt.
III.3	Szacowany okres trwałości głównych komponentów stanowiska	Ocenie będzie podlegał szacowany okres trwałości głównych komponentów stanowiska.	30%	Deklarowany okres eksploatacji wynosi co najmniej 10 lat i użytkowanie rozwiązania zostało potwierdzone w praktyce w okresie o tej samej długości - 5 pkt., deklarowany okres eksploatacji wynosi co najmniej 10 lat, ale użytkowanie potwierdzone w praktyce jest dłuższe od 5 lat, ale krótsze niż 10 lat - 3 pkt., deklarowany okres eksploatacji wynosi co najmniej 10 lat, ale użytkowanie potwierdzone w praktyce jest krótsze niż 5 lat lub rozwiązanie jeszcze nie funkcjonuje - 0 pkt.
IV.1	Możliwość ciągłej pracy w niskich i wysokich temperaturach	Ocenie będzie podlegała możliwość ciągłej pracy w niskich i wysokich temperaturach.	40%	Występują zagrożenia ograniczające ciągłość pracy w niskich i wysokich temperaturach 0 pkt, Nie ma zagrożeń ograniczających ciągłość pracy w niskich i wysokich temperaturach - 5 pkt.
IV.2	Poziom emisji hałasu pochodzącego ze stanowiska	Ocenie będzie podlegała poziom emisji hałasu pochodzącego ze stanowiska.	20%	Szacowany poziom hałasu zewnętrznego podczas pracy wynosi mniej niż 77 dB - 5 pkt., Szacowany poziom hałasu zewnętrznego podczas pracy wynosi 77 dB lub więcej - 0 pkt.
IV.3	Stopień ingerencji w elementy środowiska	Ocenie będzie podlegała stopień ingerencji w elementy środowiska.	40%	Stanowisko ingeruje w elementy środowiska - 0 pkt., Stanowisko nie ingeruje w elementy środowiska 5 pkt.
V.1	Stopień ingerencji w istniejącą infrastrukturę	Ocenie będzie podlegała stopień ingerencji w istniejącą infrastrukturę.	45%	Stacja ingeruje w istniejącą infrastrukturę - 0 pkt., Stacja nie ingeruje w istniejącą infrastrukturę - 5 pkt.
V.2	Możliwość przystosowania do otoczenia, architektury	Ocenie będzie podlegała stopień przystosowania do otoczenia, architektury	30%	Architektura stanowiska może być wkomponowana do otoczenia - 5 pkt., Nie jest możliwe wkomponowanie architektury stanowiska do otoczenia. - 0 pkt.
V.3	Stopień zagrożenia dla odkryć archeologicznych	Ocenie będzie podlegała stopień zagrożenia dla odkryć archeologicznych.	25%	ingerencja w obszar badań archeologicznych - 0 pkt. Brak ingerencji w obszar badań archeologicznych - 5 pkt.

Tabela 18 Wyniki oceny wariantów

Ocena wariantów				W I		W II		W III		W IV		W V		W VI	
Nr	Kryterium	waga grupy	waga kryterium	Punkty	Ocena	Punkty	Ocena	Punkty	Ocena	Punkty	Ocena	Punkty	Ocena	Punkty	Ocena
I.1	Wpływ konstrukcji stanowiska na wysokość pojazdu		10%	5	0,50	0	0,00	0	0,00	5	0,50	0	0,00	5	0,50
I.2	Wpływ konstrukcji stanowiska na masę pojazdu		10%	5	0,50	5	0,50	5	0,50	0	0,00	5	0,50	5	0,50
I.3	Brak ograniczeń czasowych ładowania		80%	0	0,00	5	4,00	5	4,00	5	4,00	5	4,00	5	4,00
		35%	Grupa I		0,35		1,58		1,58		1,58		1,58		1,75
II.1	Stopień zagrożenia bezpieczeństwa podczas eksploatacji, obsługi i napraw		20%	3	0,60	5	1,00	5	1,00	5	1,00	5	1,00	0	0,00
II.2	Szacunkowy czas usunięcia awarii		20%	5	1,00	5	1,00	5	1,00	5	1,00	5	1,00	5	1,00
II.3	Konieczne specjalistyczne uprawnienia do prac eksploatacyjnych, obsługowych, naprawczych		30%	3	0,90	3	0,90	3	0,90	3	0,90	3	0,90	2	0,60
II.4	Łatwość utrzymania i obsługi		30%	0	0,00	5	1,50	5	1,50	5	1,50	5	1,50	0	0,00
		35%	Grupa II		0,88		1,54		1,54		1,54		1,54		0,56
III.1	Niezawodność rozwiązania, technologii		50%	5	2,50	5	2,50	0	0,00	0	0,00	5	2,50	5	2,50
III.2	Okres funkcjonowania na rynku		20%	5	1,00	5	1,00	5	1,00	0	0,00	5	1,00	0	0,00
III.3	Szacowany okres trwałości głównych komponentów stanowiska		30%	0	0,00	3	0,90	3	0,90	3	0,90	3	0,90	5	1,50
		15%	Grupa III		0,53		0,66		0,29		0,14		0,66		0,60
IV.1	Możliwość ciągłej pracy w niskich i wysokich temperaturach		40%	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
IV.2	Poziom emisji hałasu pochodzącego stanowiska		20%	5	1,00	5	1,00	5	1,00	5	1,00	5	1,00	5	1,00
IV.3	Stopień ingerencji w elementy środowiska		40%	5	2,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
		10%	Grupa IV		0,30		0,10		0,10		0,10		0,10		0,10
V.1	Stopień ingerencji w istniejącą infrastrukturę		45%	5	2,25	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
V.2	Możliwość przystosowania do otoczenia, architektury		30%	5	1,50	5	1,50	5	1,50	5	1,50	5	1,50	5	1,50
V.3	Stopień zagrożenia dla odkryć archeologicznych		25%	5	1,25	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
		5%	Grupa V		0,25		0,08		0,08		0,08		0,08		0,08
				W I	2,30	W II	3,95	W III	3,58	W IV	3,43	W V	3,95	W VI	3,09

W pierwszej grupie kryteriów związanych z wpływem systemu ładowania na pojazd najniższą ocenę uzyskał wariant I (0,35 pkt.), przede wszystkim z uwagi na ograniczenia związane z długim czasem ładowania na terenie stacji, co wiąże się z przestojami w wykonywaniu pracy na linii. Do czasu wynalezienia baterii o większej zdolności magazynowania energii wariant nie powinien być rozpatrywany jako podstawowa forma uzupełniania energii elektrycznej. Pozostałe warianty uzyskały zbliżone noty.

W kolejnej grupie kryteriów odnoszących się do eksploatacji stanowiska najniżej został oceniony wariant VI (0,56 pkt.), głównie ze względu na występowanie czynników zagrożenia wybuchem lub pożarem. Warianty II, III, IV oraz V uzyskały taką samą ocenę 1,54 pkt.

Po względem dojrzałości technologii najslabiej wypadły warianty IV (0,14 pkt.) oraz III (0,29 pkt.), głównie ze względu na słabą niezawodność, rozumianą jako występowanie części ruchomych na stanowisku, łączących stanowisko z pojazdem. Dodatkowo rozwiązanie w wariantcie IV zostało uznane za prototypowe, zatem mało stabilne ze względu na niewielkie doświadczenia praktyczne.

W zasadzie wszystkie warianty uzyskały stosunkowo niskie oceny w kryteriach związanych z aspektami środowiskowymi oraz adaptacją do otoczenia (grupa IV i grupa V). We wszystkich przypadkach uznano, że występują zagrożenia ograniczające ciągłość pracy w skrajnych temperaturach. Podobnie wszystkie warianty uzyskały maksymalną ocenę za niski szacowany poziom emisji hałasu oraz możliwość przystosowania do otoczenia, architektury. Jedynie w odniesieniu do wariantu I, który nie przewiduje budowy stacji ładowania / tankowania, w sposób naturalny, przyznano maksymalną liczbę punktów za brak ingerencji w elementy środowiska oraz w infrastrukturę, a także za niski stopień zagrożenia dla odkryć archeologicznych.

Podsumowując, pod względem techniczno – eksploatacyjnym najniższą łączną ocenę – 2,30 pkt. uzyskał wariant I, gdzie system ładowania oparty jest wyłącznie na ładowarkach typu plug – in, co wiąże się z koniecznością zakupu większej liczby pojazdów do wykonania tej samej pracy przewozowej. **Najlepszą ocenę łączną, na tym samym poziomie 3,95 pkt., zyskały warianty II oraz V.**

ANALIZA EFEKTYWNOŚCI KOSZTOWEJ WARIANTÓW

W kolejnym etapie przeprowadzono analizę efektywności kosztowej wariantów, w której uwzględniono nakłady inwestycyjne oraz koszty eksploatacji. Dla celów analizy przyjęto następujące założenia:

Koszt ładowarki plug-in	60 000
Koszt pantografu na autobusie	70 000
Koszt szyny ładującej na autobusie	8 000
Koszt stacji ładowania (szyna ładująca na autobusie)	650 000
Koszt stacji ładowania wodorem	7 000 000
Cena autobusu o napędzie elektrycznym	
<i>autobus przegubowy</i>	<i>2 600 000</i>
<i>autobus standardowy</i>	<i>2 100 000</i>
Cena autobusu o napędzie elektrycznym (tylko plug-in)	
<i>autobus przegubowy</i>	<i>2 530 000</i>
<i>autobus standardowy</i>	<i>2 030 000</i>

Cena autobusu o napędzie wodorowym*autobus przegubowy* 6 000 000*autobus standardowy* 4 000 000**Średnioroczna praca przewozowa autobusu o napędzie elektrycznym (w wzkm) oraz indukcyjnym***autobus przegubowy* 44 300*autobus standardowy* 66 000**Średnioroczna praca przewozowa autobusu o napędzie elektrycznym tylko plug-in (w wzkm)***autobus przegubowy* 35 440*autobus standardowy* 52 800**Średnioroczna praca przewozowa autobusu o napędzie wodorowym (w wzkm)***autobus przegubowy* 44 300*autobus standardowy* 66 000**Tabela 19** Efektywność kosztowa analizowanych wariantów

	Wariant I	Wariant II	Wariant III	Wariant IV	Wariant V	Wariant VI
Nakłady inwestycyjne	327 492 002	277 517 936	271 005 707	400 059 280	284 293 753	629 234 196
Koszty eksploatacji	179 429 321	181 977 997	181 977 997	195 539 453	181 977 997	2 256 266 349
Nakłady odtworzeniowe	0	0	0	0	0	0
Liczba autobusów	185	153	153	153	153	153
Jednostkowy koszt efektywności kosztowej	2 740 115	3 003 241	2 960 678	3 892 802	3 047 528	18 859 481
Łączny koszt efektywności kosztowej	506 921 324	459 495 933	452 983 704	595 598 733	466 271 749	2 885 500 545

Rezultaty analizy efektywności kosztowej pokazują, że wariant VI z wodorowym ogniwem paliwowym jest wyraźnie droższy i znacząco odbiega od pozostałych opcji. Łączny poziom efektywności kosztowej okazał się być zbliżony w przypadku wariantów II, III oraz V.

Z uwagi na niższą ocenę techniczno – eksploatacyjną wariantu III – 3,58 pkt., został on odrzucony. Spośród wariantów II oraz V, które uzyskały tę samą notę w ocenie technicznej – 3,95 pkt. zdecydowano się na ten ostatni.

Wariant V ze względu na dobry wynik kosztowy oraz z uwagi na równoległe zastosowanie dwóch systemów:

- ładowania opartego na stanowiskach wolnego ładowania plug-in,
- oraz ładowania na stanowiskach szybkiego ładowania na końcówkach linii, z kopułą współpracującą z pantografami zamontowanymi na autobusach,

charakteryzuje się większą niezawodnością i wpływa pozytywnie na trwałość baterii, i dlatego **został wybrany jako rozwiązanie docelowe**.

VI. Wykorzystanie autobusów elektrycznych do pracy przewozowej

Wielkość pracy przewozowej do zrealizowania zarówno w Krakowie jak i na terenie gmin ościennych jest określona przez organizatora transportu, który decyduje o trasach linii, częstotliwościach ich kursowania, a także o typie taboru jaki obsługiwać ma konkretne linie.

Praca przewozowa realizowana jest poprzez rozbudowaną i różnorodną sieć linii autobusowych, które dzielą się na dwie grupy:

- linie miejskie kursujące wyłącznie po terenie miasta Krakowa
- oraz na linie podmiejskie obsługujące również gminy ościenne.

Ilość funkcjonujących linii przez cały czas się zmienia. Obecnie to 170 linii autobusowych, z czego 93 to linie miejskie, a 77 to linie podmiejskie. Trasy linii są zróżnicowane i przebiegają zarówno przez obszary o zwartej zabudowie (centrum, osiedla, tzw. „sypialnie”), przez obszary o słabym zaludnieniu, a także przez tereny o charakterze rekreacyjnym.

Do obsługi tych linii kierowane są 3 typy taboru: autobusy przegubowe (18 m), autobusy standardowe (12 m) oraz autobusy typu midibus (do 10m). Przydział typu taboru do linii jest realizowany na podstawie występującego na linii popytu i każdorazowo uzgadniany jest z organizatorem komunikacji.

Częstotliwości kursowania linii są bardzo zróżnicowane. W całym wachlarzu funkcjonujących wartości częstotliwości są linie, które kursują co 7,5 minuty, ale również są takie, które wykonują jedynie kilka kursów w czasie dnia. Tak mała liczba kursów jest wynikiem dostosowania popytu do podaży. Oczywiście linie podmiejskie mają swoją własną charakterystykę. Potrzebę oraz wielkość usługi przewozowej realizowanej na liniach podmiejskich określa Gmina, na terenie której linia kursuje.

W poniższej tabeli przedstawiona jest praca przewozowa wykonywana w trakcji autobusowej przez 3 typy autobusów, w poszczególnych dniach tygodnia tj. dzień powszedni, sobota, święta.

Tabela 20 Praca przewozowa wykonywana w trakcji autobusowej przez MPK S.A. w Krakowie

W dniu powszednim		
Typ taboru	Ilość kursów	Ilość kilometrów
Przegubowy	2 631	36 587
Standardowy	4 487	63 708
Midibus	1 445	13 543
W soboty		
Typ taboru	Ilość kursów	Ilość kilometrów
Przegubowy	1 193	18 092
Standardowy	2 732	38 459
Midibus	1 411	13 282
W święta		
Typ taboru	Ilość kursów	Ilość kilometrów
Przegubowy	700	10 496
Standardowy	3 056	43 826
Midibus	1 319	12 199

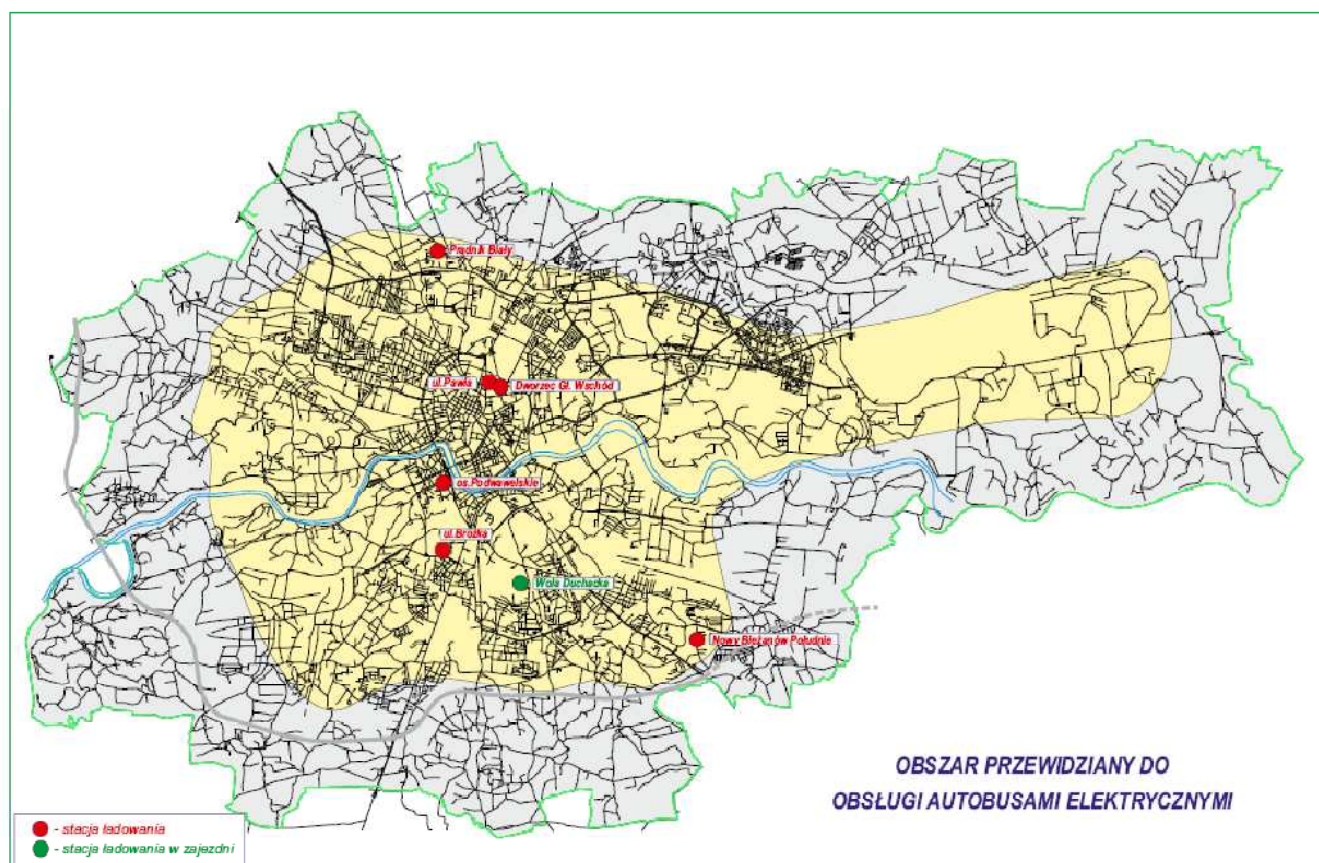
Strategia eksploatacji autobusów elektrycznych zakłada ich doładowywanie energią elektryczną na stacjach szybkiego ładowania zlokalizowanych na końcówkach linii. Ilość doładowanej energii elektrycznej ma wystarczyć na wykonanie pracy przewozowej, której zakończenie będzie się pokrywać z następną możliwością uzupełnienia energii. Celem nadrzędnym doboru parametrów infrastruktury jest takie uzupełnianie energii elektrycznej, aby autobusy były jak najdłużej w eksploatacji, a ich przestoje z powodu uzupełniania energii

były jak najkrótsze. Sposób uzupełniania zakłada, że na stacjach szybkiego ładowania nie będzie prowadzone balansowanie akumulatorów prądem małej mocy, które nastąpi na stacjach obsługi autobusów w porze nocnej (stanowiska plug – in).

Przyjęte w projekcie wybudowanie 13 dodatkowych stacji ładowania na terenie miasta jest kompromisem pojemności baterii w autobusach, zakładanych długości linii i czasu przestoju na stanowisku ładowania z powodu uzupełniania energii elektrycznej. Została ona określona metodą iteracyjną po oszacowaniu skutków ich ilości na ciągłość eksploatacji. Zakłada ona maksymalny czas uzupełniania energii nie dłuższy niż 15 minut, dla którego zostaną przygotowane rozkłady jazdy. Ponadto iteracja zakłada, że stacje ładowania będą dysponować mocą maksymalnie 250 kW, w autobusach standardowych będą znajdować się baterie o pojemności min 160 kWh, a w przegubowych 200 kWh. Na obszarze obsługi komunikacyjnej zostaną wyznaczone linie komunikacyjne, których przynajmniej jedna z końcówek pokrywa się z lokalizacjami stanowisk ładowania. Dla linii dłuższych, których przejazd wymaga energii większej od możliwego doładowania w ciągu 15 minut, zapewnione będzie uzupełnianie energii na obu końcówkach. Przyjęty model eksploatacji zakłada współczynnik jednoczesności ładowania na poziomie 56%, który pozwala zapewnić możliwość sprawnego ładowania energii bez oczekiwania w kolejce, nawet przy opóźnieniach do 6 minut. Wskazany poziom jednoczesności ładowania ograniczy możliwość przegrzewania się ładowarek w skrajnie niekorzystnych warunkach temperaturowych. Wskazana ilość stanowisk zapewnia możliwość ładowania autobusów elektrycznych dla średnich warunków eksploatacji przy założeniu, że rozszerzona niepewność zużycia energii nie przekroczy +/- 0,8 kWh/km. Stanowiska nie posiadają rezerw ukrytych możliwości zwiększenia ilości obsługiwanych pojazdów bez wpływu na jakość ich eksploatacji. Wszystkie stanowiska ładowania będą połączone w jedną sieć zarządzaną programem nadzorującym ich pracę.

Powyższe uwarunkowania techniczne eksploatacji autobusów elektrycznych umożliwią wykonanie średniorocznej pracy przewozowej przez autobus standardowy w ilości 66 000 wozokilometrów (82,5% pracy autobusu standardowego z silnikiem Diesla) oraz 44 300 wozokilometrów przez autobus przegubowy (80,5% pracy autobusu przegubowego z silnikiem Diesla). Różnica w średnich przebiegach pomiędzy autobusami elektrycznymi a „Dieslami” ma wpływ na możliwą do wycofania ilość sztuk autobusów z silnikiem Diesla zastępowanych przez autobusy elektryczne, przy konieczności zachowania stałej wykonywanej pracy przewozowej. Dlatego przyjęty w projekcie zakup 153 autobusów elektrycznych umożliwi wycofanie z ruchu 124 eksploatowanych autobusów z silnikiem Diesla.

Rysunek 4 Obszar przewidziany do obsługi przez autobusy elektryczne



VII. Analiza finansowa

1. Opis sposobu finansowania przewozów

Sposób finansowania przewozów w komunikacji miejskiej określony jest w umowach zawartych pomiędzy MPK S.A. w Krakowie a Gminą Miejską Kraków:

1. W zakresie przewozów tramwajowych – Umowa nr AZ/3.38.382/6112-VIII06 z dnia 21 lipca 2006 roku. Okres obowiązywania umowy upłynie w dniu 31.07.2020r.
2. W zakresie przewozów autobusowych – Umowa nr RP140064 z dnia 7 sierpnia 2014 roku. Umowa została zawarta na okres do dnia 31.12.2024r.
3. Umowa wykonawcza o świadczenie usług publicznych w zakresie utrzymania infrastruktury przystankowej na terenie Gminy Miejskiej Kraków, dystrybucji biletów Komunikacji Miejskiej w Krakowie wraz z określeniem zasad rozliczenia rekompensaty z dnia 30.12.2016 roku.

W przypadku przewozów tramwajowych do wyliczenia wynagrodzenia przyjmuje się pociągokilometry faktycznie wykonane na liniach komunikacyjnych. Podstawą wynagrodzenia jest iloczyn stawki za 1 pociągokilometr i liczby wykonanych pociągokilometrów w komunikacji tramwajowej. Bazowa stawka pociągokilometra w roku 2018 wynosi dla komunikacji tramwajowej 14,44 zł (słownie: czternaście złotych 44/100), powiększona o podatek od towarów i usług (VAT) za 1 pociągokilometr. Stawka wynagrodzenia przysługującego Operatorowi za jeden pociągokilometr podlega corocznej

waloryzacji. Waloryzacja stawki wynagrodzenia za jeden pociągokilometr następuje co roku we wrześniu, z mocą obowiązującą od pierwszego stycznia każdego następnego roku obowiązywania umowy.

W zakresie przewozów autobusowych wynagrodzenie ustalane jest podobnie jak w przypadku przewozów tramwajowych. Do wyliczenia wynagrodzenia przyjmuje się wozokilometry faktycznie wykonane na liniach komunikacyjnych. Podstawą wynagrodzenia jest iloczyn liczby wozokilometrów i obliczeniowej stawki za 1 wozokilometr. W roku 2018 obliczeniowe stawki jednostkowe za wykonanie 1 wozokilometra wynoszą:

- a) dla przewozów realizowanych na liniach miejskich - 7,77 zł netto (słownie: siedem złotych 77/100) za 1 wozokilometr, powiększona o podatek od towarów i usług (VAT),
- b) dla przewozów realizowanych na liniach aglomeracyjnych - 6,14 zł netto (słownie: sześć złotych 14/100) za 1 wozokilometr, powiększona o podatek od towarów i usług (VAT).

Stawka wynagrodzenia przysługującego Operatorowi za jeden wozokilometr podlega corocznej waloryzacji. Waloryzacja stawki wynagrodzenia za jeden wozokilometr następuje co roku we wrześniu, z mocą obowiązującą od pierwszego stycznia każdego następnego roku obowiązywania umowy.

Przyjmuje się następujący algorytm waloryzacji stawki bazowej:

- c) koszt energii zostaje zwaloryzowany wskaźnikiem wzrostu kosztów energii trakcyjnej (koszty wykazane z faktur za energię z podstacji trakcyjnych, poniesione od września roku poprzedzającego do sierpnia roku, w którym przeprowadzona jest waloryzacja w trakcji tramwajowej dzielona przez wielkość wykonanej pracy przewozowej trakcji tramwajowej w tym okresie w stosunku do poprzedniego identycznego okresu),
- d) koszt paliwa zostaje zwaloryzowany wskaźnikiem wzrostu cen paliw płynnych przyjętym na podstawie raportu uznanej krajowej instytucji (aktualnie Polska Izba Paliw Płynnych) monitorującej rynek paliw,
- e) koszty osobowe zostają zwaloryzowane wskaźnikiem wzrostu przeciętnego miesięcznego wynagrodzenia w sektorze przedsiębiorstw, publikowanym przez Główny Urząd Statystyczny,
- f) koszty pozostałe zostają zwaloryzowane wskaźnikiem wzrostu cen towarów i usług konsumpcyjnych (potocznie zwanego inflacją) publikowanym przez Główny Urząd Statystyczny.

W przypadku przewozów tramwajowych zakłada się przedłużenie umowy tramwajowej na okres co najmniej 20 lat. Nowa regulacja umowna uwzględni również koszty finansowe związane z obsługą zaciągniętego kredytu przez Spółkę na sfinansowanie zakupu taboru tramwajowego.

W przypadku przewozów autobusowych zakłada się zawarcie po roku 2024 nowej umowy autobusowej na dotychczasowych warunkach finansowania.

Wysokość należnej MPK S.A. rekompensaty z tytułu realizacji usług w publicznym transporcie zbiorowym, w ramach systemu Komunikacji Miejskiej w Krakowie, jest corocznie weryfikowana przez niezależnego audytora wybranego przez Miasto. W celu weryfikacji MPK S.A. w Krakowie przedstawia audytorowi kalkulację rekompensaty. W przypadku nadmiernej rekompensaty, gdy z raportu audytora wynika, że w zakończonym roku

rozliczeniowym osiągnięte przez Spółkę przychody są wyższe od poniesionych kosztów wraz z rozsądnym zyskiem, nie wyższym niż 6% kapitału własnego Spółki, to Spółka zobowiązana jest zwrócić Miastu nadwyżkę wynagrodzenia. W przypadku rekompensaty poniżej limitu, tj. gdy z raportu audytora wynika, że w zakończonym roku rozliczeniowym osiągnięte przez Spółkę przychody są niższe od poniesionych kosztów, to Spółka może ubiegać się od Miasta o wyrównanie kwoty równej różnicy wynikającej z raportu audytora.

W latach, dla których wykonywana jest analiza nie przewiduje się dopłat ze strony Miasta w wyniku rozliczenia rekompensaty.

2. Założenia dla modelu finansowego

Analiza finansowa została oparta na następujących ogólnych założeniach:

1. Projekcja przygotowana została w cenach stałych netto 2018 roku, który jest rokiem bazowym.
2. Przyjęto realną stopę dyskonta w wysokości 4%².
3. Praca przewozowa w całym okresie objętym analizą została przyjęta na poziomie planu na 2018 rok, przy założeniu średniorocznego przebiegu dla autobusów standardowych z silnikiem Diesla w wysokości 80 000 km, a dla autobusów przegubowych z silnikiem Diesla – 55 000 km. Średnioroczna praca przewozowa założona dla autobusów elektrycznych standardowych wynosi 66 000 km, a autobusów elektrycznych przegubowych 44 300 km. Wzrost w pozycji „amortyzacja” jest pochodną planowanych nakładów na inwestycje, przy założeniu 8-letniego okresu amortyzacji dla autobusów i 20-letniego dla tramwajów. Do kalkulacji kosztów materiałów pędnych i energii elektrycznej użytej przez autobusy przyjęto parametry z poniższej tabeli.

Tabela 21 Parametry przyjęte do kalkulacji kosztów materiałów pędnych i energii elektrycznej

Wyszczególnienie	Jedn.	Wartość
Koszt paliwa za 1 litr	zł	3,48
Norma zużycia ON		
Autobus przegubowy	l/100 km	55
Autobus standardowy	l/100 km	40
Średni koszt 1 kWh	zł	0,3370 ³
Norma zużycia energii elektrycznej dla autobusów elektrycznych		
Autobus przegubowy	kWh/km	1,8
Autobus standardowy		1,4

4. Przyjęto 12-sto letni cykl życia autobusów z silnikiem Diesla i 15-letni cykl życia autobusów elektrycznych oraz 15 letni cykl życia stacji ładowania.
5. Do obliczeń kosztów emisji zanieczyszczeń wykorzystano aktualne „Tablice kosztów jednostkowych do wykorzystania w analizach kosztów i korzyści” zamieszczonych na stronie internetowej CUPT pod adresem <https://www.cupt.gov.pl/wdrazanie-projektow/analiza-kosztow-i-korzysci/narzedzia/tablice-kosztow-jednostkowych-do-wykorzystania-w-analizach-kosztow-i-korzysci>.

² Stopa dyskontowa przyjęta została na podstawie wytycznych zawartych w opracowaniu „Zasady opracowywania analizy kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych – wymaganej ustawą o elektromobilności i paliwach alternatywnych. Praktyczny przewodnik dla samorządów”, autor: Marcin Gromadzki.

³ Wartość stanowi przewidywane wykonanie w MPK S.A. w Krakowie dla roku 2018.

6. Założenia dla wariantu zerowego

Wariant bazowy zakłada zakupy autobusów w ilości zapewniającej utrzymanie obecnego stanu inwentarzowego, w tym obecnych ilości autobusów zasilanych olejem napędowym i autobusów elektrycznych. Wycofywane autobusy zasilane olejem napędowym są zastępowane przez nowe autobusy zasilane olejem napędowym, natomiast wycofywane autobusy elektryczne są zastępowane przez nowe autobusy elektryczne.

Tabela 22 Zakupy inwestycyjne autobusów w wariantie zerowym

Rok zakupu	2018	2021	2023	2025	2028	2030	2031	2033
Zakupy autobusów w sztukach	68	2	22	48	52	6	20	27
Autobusy przegubowe- silnik Euro 6	38	2	22	15	52			
Autobusy standardowe - silnik Euro 6	30			33				
Zakup autobusów						6	20	27
Zakupy autobusów w tys. zł	89 540	2 797	30 766	61 016	72 719	12 000	40 000	40 500
Autobusy przegubowe- silnik Euro 6	53 141	2 797	30 766	20 977	72 719			
Autobusy standardowe - silnik Euro 6	36 399			40 039				
Zakup autobusów						12 000	40 000	40 500

Finansowanie zakupu wszystkich autobusów będzie odbywać się w formie 8-letniego leasingu finansowego.

Wariant bazowy zakłada również dokończenie budowy i utrzymanie 7 stacji ładowania autobusów elektrycznych, które będą funkcjonować w następujących lokalizacjach:

- ul. Pawia, 2 obiekty
- ul. Brożka
- ul. Konopnickiej
- ul. Piaszczysta
- ul. Walerego Sławka
- ul. Aleksandry.

Łączna wartość tej inwestycji to 2790 tys. zł

Zakłada się, że koszty przeglądów i obsługa technicznych dla autobusów przegubowych oraz standardowych zasilanych olejem napędowym są takie same. Koszty materiałów obsługi technicznych 1 autobusu zasilanego olejem napędowym przedstawia poniższa tabela.

Tabela 23 Koszty materiałów obsługi technicznych autobusu z silnikiem Diesla

Wyszczególnienie	1 rok	2 rok	3 rok	4 rok	5 rok	6 rok	7 rok	8 rok	9 rok	10 rok	11 rok	12 rok
Materiały (w zł)	2 054	25 627	4 196	5 411	22 708	6 609	2 668	27 485	2 162	5 079	24 742	5 409

7. Założenia dla wariantu zeroemisyjnego

Wariant zeroemisyjny zakłada zastępowanie wycofywanych autobusów zasilanych olejem napędowym przez autobusy elektryczne, tak aby spełnione zostały wymogi Ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych (Dz. U. z 2018 r., poz. 317) w zakresie udziału autobusów zeroemisyjnych we flocie użytkowanych pojazdów, który wynosi odpowiednio:

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

Tabela 24 Zakupy inwestycyjne autobusów w wariantcie zeroemisyjnym

Rok zakupu	2018	2021	2023	2025	2028	2030	2031	2033
Zakupy w sztukach	68	3	27	59	64	6	20	27
Autobusy elektryczne przegubowe		3	27	19	64			
Autobusy elektryczne standardowe				40				
Autobusy przegubowe Euro 6	38							
Autobusy standardowe Euro 6	30							
Zakup autobusów (leasing)						6	20	27
Zakupy w tys. zł	89 540	7 800	70 200	133 400	166 400	12 600	42 000	32 400
Autobusy elektryczne przegubowe		7 800	70 200	49 400	166 400			
Autobusy elektryczne standardowe				84 000				
Autobusy przegubowe Euro 6	53 141							
Autobusy standardowe Euro 6	36 399							
Zakup autobusów (leasing)						12 600	42 000	32 400

W latach 2021-2028 planowany jest zakup dodatkowych 153 autobusów elektrycznych, które przejmą w całości pracę przewozową wycofanych w tym okresie 124 sztuk autobusów zasilanych olejem napędowym.

Finansowanie zakupu dodatkowych autobusów elektrycznych zakłada uzyskanie dofinansowania z Unii Europejskiej lub innych programów pomocowych w wysokości minimum 63%. Pozostała część inwestycji finansowana będzie ze środków własnych Spółki.

Finansowanie zakupu pozostałych autobusów odbywać się będzie w formie 8-letniego leasingu finansowego.

Dla autobusów elektrycznych założono koszt regeneracji baterii w ósmym roku eksploatacji (autobus przegubowy 180 tys. zł, autobus standardowy 140 tys. zł) oraz wykonanie remontu bieżącego w dwunastym roku eksploatacji (autobus przegubowy 120 tys. zł, autobus standardowy 90 tys. zł).

Zakłada się, że koszty przeglądów i obsługi technicznych dla autobusów przegubowych i standardowych zasilanych energią elektryczną są takie same. Koszty materiałów i usług obsługi technicznych 1 autobusu elektrycznego przedstawia poniższa tabela.

Tabela 25 Koszty materiałów i usług obsługi technicznych autobusu elektrycznego

Wyszczególnienie	1 rok	2 rok	3 rok	4 rok	5 rok	6 rok	7 rok	
materiały (w zł)	2 947	2 947	2 947	2 947	2 947	2 947	2 947	
usługi obce (w zł)	0	5 000	0	9 000	0	15 000	61 000	
Wyszczególnienie	8 rok	9 rok	10 rok	11 rok	12 rok	13 rok	14 rok	15 rok
materiały (w zł)	622 147	2 947	2 947	2 947	102 947	2 947	2 947	2 947
usługi obce (w zł)	0	5 000	0	19 000	0	5 000	0	61 000

Zakup autobusów elektrycznych wymaga zapewnienia odpowiedniej ilości stacji ładowania. Zakłada się zbudowanie, poza istniejącymi 7 stacjami, dodatkowych 13 stacji ładowania. Termin realizacji i nakłady inwestycyjne w przypadku nowych stacji ładowania przedstawiają się następująco:

Rok	2022	2024	2027
Stacje ładowania w sztukach	2	4	7
Nakłady w tys. zł	1 200	2 400	4 200

Zakłada się również, że po okresie gwarancji (wynoszącym 5 lat) roczny koszt obsługi technicznej stanowiska pantografowego będzie kształtował się na poziomie 8 tys. zł.

8. Podsumowanie wyników analizy finansowej

Efekt przeprowadzonej analizy finansowej kosztów i korzyści projektu zakupu 153 autobusów elektrycznych i budowy kolejnych stacji ładowania w latach 2021-2028 dla piętnastoletniego przedziału czasowego prezentujemy poniżej:

Finansowa zaktualizowana wartość netto z inwestycji (FNPV)	Minus32 972 448 zł
---	---------------------------

Negatywny wynik ekonomiczny na projekcie został zniwelowany przez pozytywne oddziaływanie na środowisko i lokalną społeczność.

Zmonetyzowane efekty środowiskowe i ograniczenia hałasu przy założonej wymianie taboru oraz zastosowaniu stopy dyskonta w wysokości 4% kształtują się następująco:

Efekty środowiskowe (ograniczenie emisji gazów)	21 080 159 zł
Redukcja hałasu	13 002 513 zł

Uwzględnienie powyższych efektów w przeprowadzonej analizie prezentuje wskaźnik Ekonomicznej wartości bieżącej netto.

Ekonomiczna wartość bieżąca netto (ENPV)	1 110 224 zł
---	---------------------

Biorąc pod uwagę aspekty społeczno-ekonomiczne, przy zachowaniu przyjętych w modelu finansowym założeń projekt jest opłacalny.

Jego realizacja jest jednak możliwa przy uzyskaniu dofinansowania do zakupu autobusów elektrycznych na poziomie nie mniejszym niż 63%, co pozwala zachować płynność finansową Spółki oraz spełnić wskaźniki finansowe wymagane przez Europejski Bank Inwestycyjny w umowach kredytowych.

W przeprowadzonej analizie finansowej nie wyliczono luki finansowej, ponieważ projekt nie generuje dochodu i w tym przypadku wynosi ona zawsze 100%, a przyszłe dotacje UE wylicza się według maksymalnej stopy dofinansowania.

VIII. Analiza społeczno - ekonomiczna

Inwestycje w nowy tabor autobusowy charakteryzują się oddziaływaniem na otoczenie. W ramach analizy ekonomiczno-społecznej wycenione zostały w wartościach pieniężnych następujące korzyści społeczne, nie uwzględnione w analizie finansowej:

- spadek kosztów zanieczyszczenia powietrza i zmian klimatycznych,
- spadek kosztów hałasu.

1. Spadek kosztów zanieczyszczenia powietrza i zmian klimatycznych

Korzyścią społeczną wycofania wyeksploatowanego taboru autobusowego wyposażonego w silnik Diesla na rzecz ekologicznego napędu elektrycznego będzie ograniczenie poziomu emisji zanieczyszczeń i zmian klimatycznych. Do analizy przyjęto, że wycofane zostaną następujące typy autobusów: Solaris Urbino 12 (Euro 5), Solaris Urbino 18 (EEV i Euro 6) oraz Mercedes BenzCitaro G (EEV i Euro 5).

Roczny poziom zanieczyszczeń generowany przez wymienione powyżej marki pojazdów przedstawia poniższa tabela.

Tabela 26 Roczne efekty wycofania autobusów z silnikiem Diesla

Roczne efekty wycofania autobusów Diesla	Jedn.	CO	NMHC/THC	SO ₂	NOx	PM	CO ₂
Solaris U12 (Euro 5)	kg/szt.	464,33	63,85	0,52	232,18	3,48	83 830,39
Solaris U18 (EEV)	kg/szt.	334,50	44,50	0,50	223,00	2,00	80 480,50
Solaris U18 (Euro 6)	kg/szt.	445,79	1,79	0,50	51,25	1,11	80 480,39
MB Citaro G (EEV)	kg/szt.	366,22	48,78	0,56	244,11	2,44	88 145,22
MB Citaro G (Euro 5)	kg/szt.	488,23	67,14	0,55	244,14	3,68	88 145,18

2. Spadek kosztów hałasu

Hałas, zaraz po zanieczyszczeniu powietrza, należy do najbardziej dokuczliwych problemów środowiska związanych z rozwojem cywilizacji. Największa koncentracja źródeł hałasu występuje na terenie aglomeracji miejskich, a transport jest jedną z przyczyn jego powstawania.

Korzyścią społeczną zakupu autobusów elektrycznych jest przyczynienie się do ograniczenia hałasu komunikacyjnego w Krakowie poprzez wycofanie z ruchu wyeksploatowanych pojazdów na rzecz autobusów charakteryzujących się dużym komfortem jazdy dzięki bardzo cichej pracy silnika.

3. Podsumowanie wyników analizy ekonomicznej

Wycena efektów ekonomicznych została wyliczona przy zastosowaniu jednostkowych wartości w wysokościach rekomendowanych przez Centrum Unijnych Projektów Transportowych.

Rezultaty wyceny efektów ekonomicznych zostały zdyskontowane w czasie w celu wyliczenia Ekonomicznej Wartości Bieżącej Netto (ENPV). Stopę dyskontową przyjęto na poziomie 4%.

W efekcie przeprowadzonej analizy ekonomicznej zmonetyzowane i zdyskontowane korzyści ograniczenia poziomu emisji zanieczyszczeń jak i zmian klimatycznych oraz ograniczenia hałasu dla przyjętego 15-letniego okresu wyniosły 34 082 671,99 zł.

IX. Analiza wrażliwości

Analiza wrażliwości polega na ocenie wpływu zmiany kluczowych założeń dotyczących projektu na wartość wskaźników analizy finansowej i ekonomicznej efektywności.

W celu dokonania identyfikacji zmiennych krytycznych, analizowany jest wpływ 1% zmiany pojedynczych zmiennych na wartości wskaźników ekonomicznych. Za zmienne krytyczne uznaje się te, w przypadku których zmiana ich wartości o +/- 1% powoduje odpowiednią zmianę wartości bazowej FNPV lub ENPV o co najmniej +/- 1%.

1. Analiza wrażliwości wskaźników finansowej efektywności projektu

Przedmiotem analizy wrażliwości były następujące zmienne kluczowe dotyczące efektywności finansowej projektu:

- nakłady inwestycyjne,
- koszty operacyjne bez amortyzacji,
- koszty finansowe.

W analizie uwzględniono następujące scenariusze:

- nakłady inwestycyjne: -20%, -10%, 10%, 20%;
- koszty operacyjne bez amortyzacji: -20%, -10%, 10%, 20%;
- koszty finansowe: -20%, -10%, 10%, 20%.

Wyniki obliczeń przedstawia poniższa tabela.

Tabela 27 Analiza wrażliwości wskaźników finansowej efektywności projektu

Lp	Wyszczególnienie	Zmiana o	Wartość FNPV ¹ po zmianie	Zmiana % FNPV	Zmiana o 1%	Zmienna krytyczna
1	Nakłady inwestycyjne	-20%	4 314 339	113,1%	-5,7%	tak
		-10%	-14 329 055	56,5%		
		10%	-51 615 842	-56,5%		
		20%	-70 259 236	-113,1%		
2	Koszty operacyjne bez amortyzacji	-20%	-40 329 371	-22,3%	1,1%	tak
		-10%	-36 650 910	-11,2%		
		10%	-29 293 987	11,2%		
		20%	-25 615 525	22,3%		
3	Koszty finansowe	-20%	-37 713 418	-14,4%	0,7%	nie
		-10%	-35 342 933	-7,2%		
		10%	-30 601 963	7,2%		
		20%	-28 231 479	14,4%		

¹ Finansowa zaktualizowana wartość netto z inwestycji (FNPV)

Zgodnie z powyższą tabelą następujące zmienne uznano za krytyczne:

- nakłady inwestycyjne,
- koszty operacyjne bez amortyzacji.

2. Analiza wrażliwości wskaźników ekonomicznej efektywności projektu

Przedmiotem analizy wrażliwości były następujące zmienne kluczowe dotyczące efektywności ekonomicznej projektu:

- efekt ekologiczny,
- nakłady inwestycyjne,
- koszty operacyjne bez amortyzacji,
- koszty finansowe.

W analizie uwzględniono następujące scenariusze:

- efekt ekologiczny: -20%, -10%, 10%, 20%;
- nakłady inwestycyjne: -20%, -10%, 10%, 20%;
- koszty operacyjne bez amortyzacji: -20%, -10%, 10%, 20%;
- koszty finansowe: -20%, -10%, 10%, 20%.

Wyniki obliczeń przedstawia poniższa tabela.

Tabela 28 Analiza wrażliwości wskaźników ekonomicznej efektywności projektu

Lp	Wyszczególnienie	Zmiana o	Wartość ENPV po zmianie	Zmiana % ENPV ¹	Zmiana o 1%	Zmienna krytyczna
1	Efekt ekologiczny	-20%	-5 706 311	614,0%	-30,7%	tak
		-10%	-2 298 044	307,0%		
		10%	4 518 491	-307,0%		
		20%	7 926 758	-614,0%		
2	Nakłady inwestycyjne	-20%	38 397 011	-3358,5%	167,9%	tak
		-10%	19 753 617	-1679,2%		
		10%	-17 533 170	1679,2%		
		20%	-36 176 564	3358,5%		
3	Koszty operacyjne bez amortyzacji	-20%	-6 246 699	662,7%	-33,1%	tak
		-10%	-2 568 238	331,3%		
		10%	4 788 685	-331,3%		
		20%	8 467 147	-662,7%		
4	Koszty finansowe	-20%	-3 630 746	427,0%	-21,4%	tak
		-10%	-1 260 261	213,5%		
		10%	3 480 709	-213,5%		
		20%	5 851 193	-427,0%		

¹ Ekonomiczna zaktualizowana wartość netto z inwestycji (ENPV)

Zgodnie z powyższą tabelą następujące zmienne uznano za krytyczne:

- efekt ekologiczny,
- nakłady inwestycyjne,
- koszty operacyjne bez amortyzacji,
- koszty finansowe.

X. Analiza ryzyka

Zgodnie z *Niebieską Księgą dla Sektora Transportu Publicznego* (Niebieska Księga), analizę ryzyka przeprowadzono w następujących etapach: identyfikacja ryzyka, analiza jakościowa ryzyka, określenie działań zaradczych i monitoringu, prezentacja wyników analizy. Przeanalizowano wszystkie czynniki ryzyka wskazane w Niebieskiej Księdze.

1. Identyfikacja ryzyka

Analizując charakter wybranego przedsięwzięcia, zmierzającego do osiągnięcia 30% udziału autobusów elektrycznych w całkowitej flocie taboru autobusowego realizującego usługi transportu publicznego w ramach systemu Komunikacji Miejskiej w Krakowie, zidentyfikowano określone ryzyka, a następnie ustalono czy mogą one mieć wpływ na jego powodzenie (czy są aktywne). Zidentyfikowane ryzyka aktywne zostały wskazane w poniższej tabeli.

Tabela 29 Analiza jakościowa ryzyka – identyfikacja ryzyka

Lp.	Nazwa ryzyka	Status ryzyka	Jeśli nieaktywne, dlaczego:
1.	Ryzyka popytowe		
1.1.	Poziom ruchu niższy niż prognozowany (małe zainteresowanie potencjalnych pasażerów nowym taborom)	Nieaktywne	Zakłada się, że autobusy elektryczne przejmą pracę przewożową wykonywaną przez pojazdy z silnikami Diesla, która w trakcji autobusowej od lat utrzymuje się na zbliżonym poziomie.
2.	Ryzyka związane z projektowaniem		
2.1.	Niedostateczne wizje lokalne i inwentaryzacja	Nieaktywne	Zakres prac przewidzianych do wykonania przy budowie stacji ładowania pantografowego jest podobny dla każdej kolejnej lokalizacji. Miasto (MPK) ma doświadczenie w prowadzeniu tego typu inwestycji. Najczęściej obiekty te są zlokalizowane w pobliżu przystanków końcowych, na znanym terenie.
2.2.	Niedoszacowanie nakładów inwestycyjnych projektu	Aktywne	-
2.3.	Błędy w projektowaniu	Nieaktywne	Parametry techniczne autobusów i stacji ładowania będą opisane w specyfikacji technicznej, która stanowi integralny załącznik do specyfikacji istotnych warunków zamówienia. MPK ma doświadczenie w budowie stacji ładowania autobusów elektrycznych.
3.	Ryzyka administracyjne		
3.1.	Opóźnienia w uzyskiwaniu pozwoleń na realizację inwestycji	Aktywne	-

3.2	Opóźnienia związane z podłączeniem do sieci dystrybucyjnych	Aktywne	-
3.3.	Opóźnienia w uzyskiwaniu decyzji środowiskowych	Nieaktywne	Projekt swoim zakresem obejmuje zakup taboru autobusowego i budowę stacji ładowania autobusów elektrycznych. Analizowana inwestycja nie jest zaliczana do przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko, dla których wykonanie raportu o oddziaływaniu na środowisko może być wymagane.
3.4	Opóźnienia w usuwaniu kolizji z sieciami dystrybucyjnymi	Aktywne	-
4.	Ryzyka związane z nabyciem gruntów		
4.1.	Koszty gruntów wyższe, niż planowane	Nieaktywne	W ramach projektu nie przewiduje się wydatków na zakup gruntów. Zakłada się budowę stacji ładowania na terenach gminnych.
4.2.	Opóźnienia w uzyskiwaniu prawa do dysponowania nieruchomością	Nieaktywne	Zakłada się budowę stacji ładowania na terenach gminnych.
5.	Ryzyka związane z zamówieniami publicznymi		
5.1.	Opóźnienia związane przedłużającymi się procedurami przetargowymi	Aktywne	
5.2.	Brak zgodności projektu z przepisami związanymi z organizacją procedur przetargowych	Nieaktywne	Realizator przedsięwzięcia – MPK S.A w Krakowie przeprowadzi postępowania zgodnie z prawem zamówień publicznych. Będą one przygotowywane i ogłaszane zgodnie z procedurami przewidzianymi prawem zamówień publicznych oraz wewnętrznym regulaminem Spółki.
6.	Ryzyka operacyjne związane z realizacją kontraktów		
6.1.	Opóźnienia w stosunku do harmonogramu	Aktywne	-
6.2.	Wybór nierzetelnych wykonawców	Aktywne	-
7.	Ryzyka związane z wykonaniem robót		
7.1.	Ryzyka geologiczne (nieoczekiwane niekorzystne warunki gruntowe, osunięcia terenu, itp.)	Aktywne	-
7.2.	Ryzyka archeologiczne (wykopaliska)	Aktywne	-
8.	Ryzyka finansowe		
8.1.	Przekroczenie budżetu nakładów inwestycyjnych	Aktywne	-
8.2.	Brak dostępności środków na finansowanie nakładów	Aktywne	-

	inwestycyjnych		
8.3.	Brak dostępności środków na finansowanie kosztów operacyjnych	Aktywne	-
9.	Ryzyka klimatyczne		
9.1.	Gwałtowne ulewy i powodzie	Aktywne	-
9.2.	Nadzwyczajne upały	Aktywne	-
9.3.	Nadzwyczajne opady śniegu i mróz	Aktywne	-
9.4.	Silne wiatry	Aktywne	-
9.5.	Mgły	Aktywne	-
10.	Ryzyka środowiskowe		
10.1.	Wystąpienie negatywnego wpływu na środowisko w trakcie realizacji inwestycji	Nieaktywne	Autobusy elektryczne to pojazdy zeroemisyjne, zatem w miejscu realizacji usług przewozowych nie będzie miała miejsca emisja szkodliwych substancji do środowiska. Przedsięwzięcie polegające na zakupie autobusów elektrycznych i budowie stacji ładowania pantografowego nie jest objęte ani Załącznikiem I ani Załącznikiem II Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2011/92/UE z dnia 13 grudnia 2011 r. w sprawie oceny skutków wywieranych przez niektóre przedsięwzięcia publiczne i prywatne na środowisko. Nie wpisuje się także w progi określone w par. 3 ust. 1 pkt 60 rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2010 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko
11.	Ryzyka regulacyjne		
11.1.	Zmiany w przepisach prawnych dotyczących ochrony środowiska	Aktywne	-
11.2.	Wzrost cen energii elektrycznej	Aktywne	-
12.	Ryzyka zarządcze		
12.1.	Małe możliwości zarządzania	Nieaktywne	MPK S.A. w Krakowie, które będzie realizowało inwestycje, posiada wykwalifikowaną kadrę zarządczą i techniczną, posiadającą wieloletnie doświadczenie w realizacji tego typu inwestycji.
13.	Ryzyka polityczne		
13.1.	Protesty społeczne	Nieaktywne	Nie przewiduje się, że realizacja przedsięwzięcia zostanie źle odebrana przez mieszkańców Krakowa. Zakup nowoczesnego

			elektrycznego taboru przyjaznego dla środowiska o wysokim komforcie podróżowania jest pozytywnie odbierany przez lokalną społeczność. Stacje ładowania będą zlokalizowane na terenach gminnych w pobliżu miejsc funkcjonowania transportu publicznego (jak pętle autobusowe i przystanki końcowe) i zostaną odpowiednio wkomponowane w otoczenie.
13.2	Polityczne zmiany priorytetów inwestycyjnych	Aktywne	-
14.	Ryzyka techniczno – operacyjne		
14.1.	Niedostateczna jakość taboru	Aktywne	-
14.2.	Pożar baterii (z powodu przeładowania lub niedoładowania, dekompozycji elektrolitu, usterki działania systemu BMS, usterki czujnika temperatury, usterki czujnika napięcia, rozszczelnienia ogniwa, wewnętrznego zwarcia na separatorze, usterki systemu gaśniczego, ludzkiego błędu)	Aktywne	-
14.3.	Przyspieszone zużycie baterii	Aktywne	-
14.4.	Awarie stacji ładowania	Aktywne	-

2. Analiza jakościowa ryzyka

Analiza jakościowa dla aktywnych czynników ryzyka została przeprowadzona z wykorzystaniem metodyki opisanej w Niebieskiej Księdze. Dla każdego ze zidentyfikowanych czynników ryzyka, opisano i przeanalizowano następujące aspekty:

- **Przyczynę:** co powoduje, że ryzyko występuje?
- **Skutek:** jaki wpływ będzie miało ryzyko na koszty/ korzyści / czas realizacji przedsięwzięcia/ finansowanie i trwałość finansową przedsięwzięcia?
- **Podmiot zarządzający ryzykiem:** podmiotem takim jest podmiot, który ma uprawnienia do zarządzania określonym ryzykiem i jest odpowiedzialny za zarządzanie nim.
- **Fazę przedsięwzięcia/projektu, którego dotyczy ryzyko:** faza przygotowania (tak/nie), faza wdrażania (tak/nie), faza operacyjna (tak/nie).
- **Prawdopodobieństwo:** oceniono według skali od A do E, wskazanej w poniższej tabeli

Tabela 30. Analiza jakościowa ryzyka – skala prawdopodobieństwa

Skala prawdopodobieństwa	Zakres wartości prawdopodobieństwa	Wartość punktowa
Bardzo niskie	0% - 10%	A
Niskie	<10% - 33%	B
Średnie	<33% - 66%	C
Wysokie	<66% - 90%	D
Bardzo wysokie	<90% - 100%	E

Źródło: *Niebieska Księga – sektor transportu publicznego*

- **Siłę oddziaływania ryzyka:** oceniono według skali od I do V, wskazanej w poniższej tabeli

Tabela 31. Analiza jakościowa ryzyka – siła oddziaływania

Lp.	Znaczenie	Wartość
1.	Brak wpływu na dobrobyt społeczny, nawet bez podejmowania działań zaradczych	I
2.	Mały wpływ na dobrobyt społeczny, mały wpływ na efekty finansowe przedsięwzięcia, działania zaradcze i korygujące są jednak potrzebne.	II
3.	Umiarkowany wpływ na dobrobyt społeczny, głównie negatywne efekty finansowe nawet w średnim lub długim terminie.	III
4.	Poziom krytyczny: wysoka strata dla dobrobytu społecznego, wystąpienie zdarzenia powoduje niemożliwość realizacji podstawowego celu przedsięwzięcia, działania zaradcze bardzo intensywne mogą nie doprowadzić do uniknięcia wysokich strat.	IV
5.	Poziom katastroficzny: Fiasko przedsięwzięcia, zdarzenie może wywołać całkowity brak realizacji celu przedsięwzięcia, główne efekty przedsięwzięcia nie będą uzyskane w średnim i długim terminie.	V

Źródło: *Niebieska Księga – sektor transportu publicznego*

Następnie wykorzystując ocenę prawdopodobieństwa i skali oddziaływania ryzyka na przedsięwzięcie określono **poziom ryzyka**, który stanowi kombinację wartości prawdopodobieństwa wystąpienia danego zjawiska i stopnia jego wpływu na przedsięwzięcie. Możliwe poziomy ryzyka, od niskiego poprzez średni wysoki i bardzo wysoki zostały zobrazowane w poniższej tabeli.

Tabela 32. Analiza jakościowa ryzyka – poziom ryzyka

		Siła oddziaływania				
		I	II	III	IV	V
Prawdopodobieństwo	A	Niski	Niski	Niski	Niski	Średni
	B	Niski	Niski	Średni	Średni	Wysoki
	C	Niski	Średni	Średni	Wysoki	Wysoki
	D	Niski	Średni	Wysoki	Bardzo wysoki	Bardzo wysoki
	E	Średni	Wysoki	Bardzo wysoki	Bardzo wysoki	Bardzo wysoki

Źródło: *Niebieska Księga – sektor transportu publicznego*

3. Określenie działań zaradczych i monitoringu

W dalszej części analizy ryzyka określone rodzaje strategii reagowania na poszczególne ryzyka i wskazano konkretne działania, jakie zostaną podjęte w ramach tych strategii. Zgodnie z metodyką analizy ryzyka zawartą w Niebieskiej Księdze można wyodrębnić cztery główne strategie reagowania na ryzyka (w tym działania zaradcze), których zastosowanie zależy od poziomu ryzyka stanowiącego kombinację wartości prawdopodobieństwa wystąpienia i siły oddziaływania. Należą do nich:

- a) **zapobieganie ryzyku:** oznacza zmianę planu przedsięwzięcia w celu wyeliminowania zagrożenia lub wyeliminowania wpływu ryzyka na projekt;
- b) **ograniczanie:** oznacza redukcję prawdopodobieństwa wystąpienia ryzyka lub jego skutków poprzez wprowadzenie zmian do przedsięwzięcia;
- c) **przeniesienie ryzyka:** oznacza przeniesienie odpowiedzialności za ryzyko na stronę trzecią (inny podmiot) za określoną cenę (firmy ubezpieczeniowe są najbardziej oczywistym przykładem takiej strony trzeciej). Przeniesienie ryzyka ma sens tylko wtedy, jeśli strona przejmująca ryzyko jest w stanie (lepiej) kontrolować dane ryzyko, a także posiada środki na pokrycie skutków oddziaływania danego ryzyka, w przypadku, gdy ryzyko się zmaterializuje;
- d) **tolerowanie ryzyka:** jest strategią przyjmowaną w sytuacjach, w których nie można zapobiec ryzyku, ograniczyć go lub (ekonomicznie) przenieść. Jednakże to podejście wymaga opracowania planu awaryjnego na wypadek wystąpienia negatywnego zdarzenia, lecz nie wymaga wcześniejszych działań.

Strategie "Przeniesienie" i "Tolerowanie" dotyczą tylko niektórych wybranych czynników ryzyka. Dlatego najczęściej stosuje się zapobieganie lub ograniczanie, albo też obie te strategie łącznie, a podejście zależy od zidentyfikowanego poziomu ryzyka.

Tabela 33 Analiza jakościowa ryzyka – działania zaradcze

Siła wpływu/ Prawdopodobieństwo	I	II	III	IV	V
A					
B		Zapobieganie lub ograniczanie		Ograniczanie	
C					
D		Zapobieganie			
E			Zapobieganie i ograniczanie		

Źródło: Niebieska Księga - sektor transportu publicznego

Ostatnim elementem analizy było **określenie zasad monitorowania** każdego aktywnego ryzyka, aby w przyszłości możliwa była ocena prawidłowości przeprowadzonej oceny ryzyka i skuteczności podjętych działań zaradczych.

4. Prezentacja wyników analizy

Wyniki analizy poszczególnych czynników ryzyka zestawiono w poniższych tabelach (matrycach). Każda tabela prezentuje inną kategorię (grupę) ryzyka.

Tabela 34 Matryca – ryzyka związane z projektowaniem

Lp.	Wyszczególnienie	Opis
2.	Kategoria	Ryzyka związane z projektowaniem
2.2.	Nazwa ryzyka	Niedoszacowanie nakładów inwestycyjnych projektu
	Przyczyna:	Pomimo szczegółowego opracowania kosztorysu, może się zdarzyć, że nakłady inwestycyjne będą niedoszacowane. Może się to wiązać ze wzrostem ceny materiałów i komponentów do autobusów oraz stacji ładowania.
	Skutek	Jeżeli okaże się, że w rzeczywistości nakłady inwestycyjne są większe, może to spowodować niższą efektywność przedsięwzięcia i konieczność pozyskania dodatkowych źródeł finansowania
	Podmiot zarządzający ryzykiem	Realizator przedsięwzięcia
	Faza projektu, którego dotyczy ryzyko	<ul style="list-style-type: none"> faza przygotowania: TAK faza wdrażania: NIE faza operacyjna: NIE
	Prawdopodobieństwo	B
	Siła oddziaływania ryzyka	III
	Poziom ryzyka	Średni
	Działania zaradcze	Ograniczanie ryzyka Szacowanie kosztów inwestycji będzie oparte na doświadczeniu MPK S.A w Krakowie w realizacji zamówień polegających na zakupie taboru elektrycznego i budowie stacji ładowania tych pojazdów. Podczas procesu szacowania wartości zamówień będzie prowadzona analiza rynku dostawców i wykonawców oraz podobnych ofert złożonych w postępowaniach prowadzonych w innych miastach.
	Monitoring ryzyka	Monitoring ryzyka będzie prowadzony do czasu wyboru dostawcy taboru i wykonawcy stacji ładowania i oszacowania przez nich ostatecznych nakładów inwestycyjnych.

Tabela 35 Matryca – ryzyka administracyjne

Lp.	Wyszczególnienie	Opis
3.	Kategoria	Ryzyka administracyjne
3.1	Nazwa ryzyka	Opóźnienia w uzyskiwaniu pozwoleń na realizację inwestycji
	Przyczyna:	Nie zostało wypracowane jednolite podejście administracyjne (standard) co do rodzaju dokumentów, jakie są wymagane dla budowy stacji ładowania. Stąd trudno przewidzieć, czy w przypadku konkretnej lokalizacji obiektu wystąpi konieczność uzyskania pozwolenia czy też wystarczy zgłoszenie robót.
	Skutek	W wyniku konieczności dokonania uzupełnień wniosków przewidywany w harmonogramie czas na procedury administracyjne może ulec wydłużeniu, co w konsekwencji będzie miało wpływ na termin uzyskania ostatecznej decyzji i rozpoczęcia realizacji robót.
	Podmiot zarządzający ryzykiem	Realizator przedsięwzięcia
	Faza projektu, którego dotyczy ryzyko	<ul style="list-style-type: none"> faza przygotowania: TAK faza wdrażania: TAK faza operacyjna: NIE
	Prawdopodobieństwo	C
	Siła oddziaływania ryzyka	II
	Poziom ryzyka	Średni
	Działania zaradcze	Ograniczanie ryzyka Ograniczenie ryzyka może nastąpić poprzez uwzględnienie w harmonogramie odpowiednio dłuższego czasu na uzyskiwanie decyzji administracyjnych oraz poprzez wprowadzenie odpowiednich zapisów w umowach z wykonawcami dokumentacji projektowej, które pozwolą na terminową i rzetelną realizację prac projektowych.
	Monitoring ryzyka	Monitoring ryzyka będzie prowadzony do czasu uzyskania wymaganych pozwoleń.
3.2	Nazwa ryzyka	Opóźnienia związane z podłączeniem do sieci dystrybucyjnych
	Przyczyna:	Opóźnienia w podłączeniu do sieci dystrybucji mogą wynikać ze zmian wymagań po stronie dystrybutora energii.
	Skutek	Brak podłączenia do sieci dystrybucji skutkować może opóźnieniem odbioru robót, na który składa się przeprowadzenie prób ładowania autobusów.
	Podmiot zarządzający ryzykiem	Realizator przedsięwzięcia

Faza projektu, którego dotyczy ryzyko	<ul style="list-style-type: none"> faza przygotowania: TAK faza wdrażania: TAK faza operacyjna: NIE
Prawdopodobieństwo	B
Siła oddziaływania ryzyka	II
Poziom ryzyka	Niski
Działania zaradcze	Ograniczanie ryzyka Ograniczenie ryzyka może nastąpić poprzez uwzględnienie w harmonogramie odpowiednio dłuższego czasu na zgody ze strony dystrybutora.
Monitoring ryzyka	Monitoring ryzyka będzie prowadzony do czasu wykonania podłączeń dystrybucyjnych.

Tabela 36 Matryca – ryzyka związane z zamówieniami publicznymi

Lp.	Wyszczególnienie	Opis
5.	Kategoria	Ryzyka związane z zamówieniami publicznymi
5.1.	Nazwa ryzyka	Opóźnienia związane przedłużającymi się procedurami przetargowymi
	Przyczyna:	Opóźnienia przy procedurach przetargowych mogą wynikać z różnych przyczyn: <ul style="list-style-type: none"> – zależnych od zamawiającego (np. zbyt późne rozpoczęcie procedur, zbyt krótki czas na przeprowadzenie przetargu) – niezależnych od zamawiającego (np. zbyt duża liczba oferentów lub przeciwnie, brak spełnienia wymogów, a co za tym idzie konieczność powtórzenia danej procedury przetargowej).
	Skutek	Przekroczenie szacowanego terminu zakończenia procedur przetargowych związanych z wyborem dostawcy taboru będzie skutkowało późniejszym terminem osiągnięcia zakładanego udziału autobusów elektrycznych we flocie autobusowej miasta. Opóźnienie w wyborze wykonawcy stacji ładowania będzie skutkowało późniejszym wybudowaniem tych obiektów, co może mieć wpływ na ograniczone wykorzystanie nowego taboru elektrycznego, jeśli ten zostanie dostarczony przed oddaniem stacji ładowania do użytkowania. Opóźnienia w wyborze dostawcy i wykonawców nie zagrażają ukończeniu projektu. Opóźnienia przesuwają termin osiągnięcia zakładanych rezultatów i produktów. Nie będzie to wpływać jednak na jego trwałość finansową.

Podmiot zarządzający ryzykiem	Realizator przedsięwzięcia
Faza projektu, którego dotyczy ryzyko	<ul style="list-style-type: none"> faza przygotowania: TAK faza wdrażania: TAK faza operacyjna: NIE
Prawdopodobieństwo	C
Siła oddziaływania ryzyka	III
Poziom ryzyka	Średni
Działania zaradcze	<p>Zapobieganie lub ograniczanie ryzyka</p> <p>Jednostki odpowiedzialne za przeprowadzenie przetargów dysponują personelem o wysokich kwalifikacjach i doświadczeniu, który zapewni skuteczne przeprowadzenie procedury przetargowej. Działania związane z przeprowadzeniem procedur przetargowych zostaną podjęte z odpowiednim wyprzedzeniem i zaplanowane w sposób uwzględniający ewentualne wydłużenie procedur. Z drugiej strony nawet, jeżeli procedury przetargowe się wydłużą, co spowoduje dłuższy czas realizacji przedsięwzięcia, nie będzie to stanowiło poważnego zagrożenia dla osiągnięcia zakładanych rezultatów.</p>
Monitoring ryzyka	Ryzyko będzie monitorowane do czasu zakończenia wszystkich procedur przetargowych.

Tabela 37 Matryca – ryzyka operacyjne związane z realizacją kontraktów

Lp.	Wyszczególnienie	Opis
6.	Kategoria	Ryzyka operacyjne związane z realizacją kontraktów
6.1	Nazwa ryzyka	Opóźnienia w stosunku do harmonogramu
	Przyczyna:	<p>W odniesieniu do kontraktu na dostawy taboru mogą nastąpić opóźnienia w dostawach komponentów i części do pojazdu od poddostawców, co w konsekwencji negatywnie wpłynie na czas realizacji dostaw. Ponadto, może wydłużyć się proces odbiorowy związany z niespełnieniem wymagań technicznych określonych umową.</p> <p>W przypadku robót możliwą przyczyną opóźnień może być np. nieprawidłowa organizacja prac albo czynniki niezależne od wykonawcy takie, jak zdarzenia losowe i niespodziewane przeszkody podczas budowy.</p>
	Skutek	<p>W przypadku wystąpienia opóźnień w stosunku do przyjętych harmonogramów osiągnięcie zakładanych rezultatów i korzyści również przesunie się w czasie. W przypadku pozyskania dofinansowania 2020, choćby na część zakupów, ze środków UE w bieżącej perspektywie finansowej 2014-, dostawy zrealizowane</p>

		w terminie niepozwalającym na wydatkowanie do 31.12.2023 nie będą mogły zostać rozliczone, co wiązać się będzie z utratą dotacji. Wówczas konieczne będzie znalezienie innych źródeł finansowania.
	Podmiot zarządzający ryzykiem	Realizator przedsięwzięcia
	Faza projektu, którego dotyczy ryzyko	<ul style="list-style-type: none"> faza przygotowania: NIE faza wdrażania: TAK faza operacyjna: NIE
	Prawdopodobieństwo	B
	Siła oddziaływania ryzyka	III
	Poziom ryzyka	Średni
	Działania zaradcze	<p>Ograniczanie ryzyka</p> <p>W kontraktach przewidziane będą kary umowne za niedotrzymywanie terminów, co jest elementem motywującym dla dostawcy/wykonawcy.</p> <p>Jeszcze na etapie wyboru dostawcy/wykonawcy, nastąpi weryfikacja zdolności wytwórczych potencjalnego dostawcy związanych z zasobem ludzkim.</p> <p>Ponadto w umowie na dostawy taboru zostaną uwzględnione zapisy dające prawo nabywcy do kontroli procesu produkcyjnego w celu zapewnienia zgodności pojazd.</p> <p>W przypadku robót budowlanych ryzyko zostanie ograniczane poprzez ciągłą kontrolę przebiegu robót prac, by w ten sposób wyeliminować opóźnienia oraz zminimalizować utrudnienia w realizacji.</p>
	Monitoring ryzyka	Monitoring ryzyka, czyli kontrola dostawcy/ wykonawcy będzie prowadzony do czasu zakończenia realizacji dostaw i robót..
6.2	Nazwa ryzyka	Wybór nierzetelnych wykonawców
	Przyczyna:	Pomimo starannego wyboru wykonawcy może się zdarzyć, że w trakcie realizacji kontraktu przestanie on dysponować odpowiednimi zasobami (finansowymi, kadrowymi, materiałowymi), np. z uwagi na zaangażowanie w wykonanie innych zleceń, które w znaczącej części pochłoną te zasoby.
	Skutek	<p>Ryzyko to może spowodować opóźnienia w realizacji przedsięwzięcia, a w najgorszym wypadku, nawet zerwanie umowy i konieczność ponownego wyboru wykonawcy.</p> <p>Może ono również skutkować niewłaściwym wykonaniem robót lub niską jakością wykonanego taboru, czy niewłaściwą realizacją zobowiązań wynikających z gwarancji jakości.</p>

Podmiot zarządzający ryzykiem	Realizator przedsięwzięcia
Faza projektu, którego dotyczy ryzyko	<ul style="list-style-type: none"> faza przygotowania: TAK faza wdrażania: TAK faza operacyjna: TAK
Prawdopodobieństwo	B
Siła oddziaływania ryzyka	IV
Poziom ryzyka	Średni
Działania zaradcze	<p>Ograniczanie ryzyka</p> <p>Ryzyko będzie ograniczane już w momencie opracowania procedur przetargowych i kryteriów wyboru wykonawcy.</p> <p>W specyfikacji istotnych warunków zamówienia zapisane zostaną odpowiednie wymagania dotyczące doświadczenia wykonawców w podobnych projektach a także potencjału finansowego i kadrowego.</p> <p>Planowana jest współpraca, doświadczonymi wykonawcami, którzy posiadają wypracowane odpowiednie standardy zarządzania projektem i rzetelnie wykonują postanowienia umowy.</p> <p>W umowie zostaną przewidziane odpowiednie formy i odpowiednia wartość zabezpieczenia należytego wykonania umowy i realizacji zobowiązań wynikających z gwarancji jakości.</p>
Monitoring ryzyka	<p>Monitoring ryzyka, czyli kontrola wykonawcy będzie prowadzony do czasu zakończenia realizacji kontraktu</p> <p>Nad pracami sprawowany będzie odpowiedni nadzór ze strony zamawiającego (Realizatora przedsięwzięcia).</p>

Tabela 38 Matryca – ryzyka związane z wykonaniem robót

Lp.	Wyszczególnienie	Opis
7.	Kategoria	Ryzyka związane z wykonaniem robót
7.1	Nazwa ryzyka	Ryzyka geologiczne (nieoczekiwane niekorzystne warunki gruntowe, osunięcia terenu, itp.)
	Przyczyna:	Na terenie potencjalnych lokalizacji stacji ładowania nie występują osuwiska, ale może okazać się, że miejsce posadowienia obiektu jest usytuowane na terenie dawnych cieków wodnych. Dlatego ryzyko zostało ocenione jako niskie.
	Skutek	Wystąpienie nieoczekiwanych i niekorzystnych warunków gruntowych może skutkować koniecznością zmian projektowych, w zastosowania określonych wzmocnień. Będzie to miało wpływ zarówno na finanse, jak i na termin realizacji przedsięwzięcia.

	Podmiot zarządzający ryzykiem	Realizator przedsięwzięcia
	Faza projektu, którego dotyczy ryzyko	<ul style="list-style-type: none"> faza przygotowania: TAK faza wdrażania: TAK faza operacyjna: NIE
	Prawdopodobieństwo	A
	Siła oddziaływania ryzyka	III
	Poziom ryzyka	Niski
	Działania zaradcze	Zapobieganie lub ograniczanie ryzyka Na etapie prowadzenia prac projektowych w sposób odpowiedni zostanie rozpoznany teren, nawet z koniecznością przeprowadzenia badań gruntu.
	Monitoring ryzyka	Monitoring ryzyka będzie miał miejsce na etapie prac projektowych jak i podczas realizacji robót budowlanych.
7.2	Nazwa ryzyka	Ryzyka archeologiczne (wykopaliska)
	Przyczyna:	Kraków jest położony na terenie zabytkowym i choć roboty prowadzone będą na głębokości powyżej ewentualnych wykopalisk nie można ich pojawienia się.
	Skutek	Natrafienie na znaleziska archeologiczne może skutkować koniecznością zaprojektowania i wykonania odpowiednich zabezpieczeń wykopalisk. Wystąpienie ryzyka skutkować może dodatkowymi kosztami i wydłużeniem czas realizacji inwestycji.
	Podmiot zarządzający ryzykiem	Realizator przedsięwzięcia
	Faza projektu, którego dotyczy ryzyko	<ul style="list-style-type: none"> faza przygotowania: TAK faza wdrażania: TAK faza operacyjna: NIE
	Prawdopodobieństwo	A
	Siła oddziaływania ryzyka	II
	Poziom ryzyka	Niski
	Działania zaradcze	Ograniczanie ryzyka Czas wystąpienia ewentualnego ryzyka zostanie uwzględniony w harmonogramie realizacji robót.
	Monitoring ryzyka	Monitoring ryzyka będzie miał miejsce na etapie prac projektowych jak i podczas realizacji robót budowlanych.

Tabela 39 Matryca – ryzyka finansowe

Lp.	Wyszczególnienie	Opis
8.	Kategoria	Ryzyka finansowe
8.1	Nazwa ryzyka	Przekroczenie budżetu nakładów inwestycyjnych
	Przyczyna:	Przyczyną tego ryzyka jest niedoszacowanie cen taboru oraz kosztów robót budowlanych. Niedoszacowanie może być wynikiem zmian cen materiałów i urządzeń, a w przypadku robót może także wynikać z dodatkowych prac koniecznych do wykonania, których nie dało się przewidzieć na etapie przygotowania inwestycji.
	Skutek	Skutkiem wystąpienia takiego ryzyka będzie konieczność pozyskania dodatkowych środków na realizację przedsięwzięcia.
	Podmiot zarządzający ryzykiem	Realizator przedsięwzięcia
	Faza projektu, którego dotyczy ryzyko	<ul style="list-style-type: none"> faza przygotowania: NIE faza wdrażania: TAK faza operacyjna: NIE
	Prawdopodobieństwo	B
	Siła oddziaływania ryzyka	III
	Poziom ryzyka	Średni
	Działania zaradcze	<p>Ograniczanie ryzyka</p> <p>Nakłady szacowane będą na podstawie doświadczenia w realizacji podobnych inwestycji oraz w oparciu o analizę aktualnej sytuacji na rynku. Konstrukcja budżetu budowana będzie w oparciu o zasadę ostrożności w planowaniu, z zastosowaniem odpowiedniego buforu na nieprzewidziane wydatki. Możliwe zmiany ceny zostaną szczegółowo opisane w kontraktach.</p> <p>W przypadku robót budowlanych tam, gdzie to będzie zasadne stosowane zostanie rozliczenie ryczałtowe.</p>
	Monitoring ryzyka	<p>Monitoring ryzyka, prowadzony będzie do czasu zakończenia dostaw i robót.</p> <p>Nad dostawami i robotami sprawowany będzie odpowiedni nadzór przez Realizatora przedsięwzięcia (inwestora).</p>
8.2	Nazwa ryzyka	Brak dostępności środków na finansowanie nakładów inwestycyjnych
	Przyczyna:	Koszt inwestycji obejmującej zakup 153 autobusów i budowę kolejnych stacji ładowania jest znaczący i dla jego pokrycia konieczne jest pozyskanie dofinansowania unijnego w formie dotacji bezzwrotnej na określonym poziomie lub kredytu na dobrych

		warunkach. Może okazać się, że dostępne środki z zewnętrznych źródeł będą mniejsze niż te przewidziane w założeniach, albo też niemożliwe będzie ich pozyskanie.
	Skutek	Skutkiem niepozyskania środków ze źródeł zewnętrznych na oczekiwanym poziomie i oczekiwanych warunkach oraz w oczekiwanym czasie, będzie ograniczenie zakresu inwestycji, co przełoży się na mniejszy rezultat i korzyści. Możliwe jest też przesunięcie czasowe realizacji przedsięwzięcia do chwili pozyskania finansowania.
	Podmiot zarządzający ryzykiem	Realizator przedsięwzięcia
	Faza projektu, którego dotyczy ryzyko	<ul style="list-style-type: none"> • faza przygotowania: TAK • faza wdrażania: TAK • faza operacyjna: NIE
	Prawdopodobieństwo	D
	Siła oddziaływania ryzyka	IV
	Poziom ryzyka	Bardzo wysoki
	Działania zaradcze	<p>Ograniczanie ryzyka</p> <p>Miasto Kraków oraz MPK S.A w Krakowie podejmują działania zmierzające do uzyskania dofinansowania na zakup autobusów elektrycznych w ramach POIS 2014-2020 oraz RPO WM 2014-2020. Miasto poprzez MPK zaangażowane jest również w realizację Programu Transportu Bezemisyjnego (EBus), prowadzonego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. Dopuszcza się także finansowanie w postaci preferencyjnego kredytu bankowego.</p>
	Monitoring ryzyka	Monitoring ryzyka, prowadzony będzie w szczególności w fazie przygotowania przedsięwzięcia i trwać będzie do czasu jego zakończenia.
8.3	Nazwa ryzyka	Brak dostępności środków na finansowanie kosztów operacyjnych
	Przyczyna:	Koszty operacyjne, czyli koszty utrzymania taboru oraz stacji ładowania, będą finansowane przez MPK, w ramach przychodów z umowy na świadczenie usług przewozowych zwartej z Gminą Miejską Kraków. Brak środków na pokrycie kosztów operacyjnych może być wynikiem niezabezpieczenia odpowiednich środków w budżecie Miasta oraz wzrost cen energii elektrycznej.
	Skutek	Konieczne mogą być dodatkowe działania, mające na celu pozyskanie alternatywnych źródeł finansowania kosztów operacyjnych lub ograniczenie pracy przewozowej.
	Podmiot zarządzający ryzykiem	Realizator przedsięwzięcia

Faza projektu, którego dotyczy ryzyko	<ul style="list-style-type: none"> faza przygotowania: NIE faza wdrażania: NIE faza operacyjna: TAK
Prawdopodobieństwo	B
Siła oddziaływania ryzyka	II
Poziom ryzyka	Niski
Działania zaradcze	<p>Ograniczanie ryzyka Ograniczanie ryzyka nastąpi poprzez monitorowanie kosztów eksploatacji nowego taboru i stacji ładowania. MPK S.A ma wdrożony odpowiedni system finansowo-księgowy pozwalający na ciągłe monitorowanie kosztów związanych z działalnością podstawową.</p>
Monitoring ryzyka	Monitoring ryzyka prowadzony będzie przez całą fazę operacyjną (eksploatacyjną) projektu.

Tabela 40 Matryca – ryzyka klimatyczne

Lp.	Wyszczególnienie	Opis
9.	Kategoria	Ryzyka klimatyczne
9.1	Nazwa ryzyka	Gwałtowne ulewy i powodzie
	Przyczyna:	<p>Analiza przewidywanych zmian klimatu w Polsce w aspekcie funkcjonowania transportu wskazuje na to, że m.in. zwiększą się opady, wyrażone zarówno wzrostem maksymalnego opadu dobowego oraz liczbą dni z opadami ekstremalnymi.</p> <p>Sektor transportu jest wrażliwy na ten element zmian klimatu.</p> <p>Dla produkcji energii, którą zasilane są autobusy elektryczne kluczowe znaczenie ma dostępność wody dla potrzeb chłodzenia. Pobór wody dla tych celów stanowi 70 % całkowitych poborów wody w Polsce. W warunkach dużej zmienności opadów skrajne sytuacje (powodzie i susze) i wzrost niestacjonarności przepływów mogą zakłócić dostępność niezbędnych ilości wody, która wykorzystywana jest na cele chłodzenia.</p>
	Skutek	<p>Wyniki scenariuszy klimatycznych wskazują, że w perspektywie XXI w. największym zagrożeniem dla transportu mogą być ekstremalne opady deszczu. Silne ulewy i wywołane nimi powodzie i podtopienia dezorganizują funkcjonowanie transportu poprzez wyłączenie z ruchu tras, uszkodzenia infrastruktury, osunięcia ziemi, podtopienia terenu, awarie i uszkodzenia urządzeń odwadniających.</p> <p>Może także wystąpić obniżenie sprawności tradycyjnych elektrowni z chłodzeniem w obiegu</p>

		<p>otwartym oraz obniżenie ilości energii produkowanych przez te instalacje.</p> <p>Powyższe sytuacje mogą wpływać negatywnie na eksploatację taboru (autobusy są wrażliwe na przejazd przez rozlewiska) i stacji ładowania, powodując przerwy w funkcjonowaniu komunikacji i dyskomfort pasażerów. Ponadto gwałtowne ulewy mogą spowodować opóźnienia w realizacji robót budowlanych, a nawet konieczność wykonania dodatkowych zabezpieczeń gruntu.</p>
	Podmiot zarządzający ryzykiem	Realizator przedsięwzięcia
	Faza projektu, którego dotyczy ryzyko	<ul style="list-style-type: none"> • faza przygotowania: NIE • faza wdrażania: TAK • faza operacyjna: TAK
	Prawdopodobieństwo	B
	Siła oddziaływania ryzyka	III
	Poziom ryzyka	Średni
	Działania zaradcze	<p>Ograniczanie ryzyka</p> <p>Ograniczanie ryzyka nastąpi poprzez zawarcie odpowiednich zapisów w specyfikacji istotnych warunków zamówienia zarówno na tabor jak i stacje ładowania. Specyfikacja techniczne zawierać będą odpowiednie wymagania w zakresie wykorzystania wysokiej jakości materiałów, które będą odporne na wlanie się wody do wnętrza pojazdu czy zalanie stacji ładowania. W przypadku przerw w funkcjonowaniu stacji pantografowych będzie wykorzystywane ładowani plug-in, co choćby w części zaspokoi potrzeby w zakresie ładowania. W trakcie realizacji robót budowlanych przewiduje się śledzenie prognoz pogodowych oraz stosowanie odpowiednich zabezpieczenie na terenie robót.</p> <p>Kierowcy autobusów będą szkolenie w zakresie przejazdów przez rozlewiska.</p> <p>W przypadku wystąpienia ryzyka nieprzejezdności dróg przewoźnik w porozumieniu z organizatorem transportu będzie korzystał z alternatywnych tras objazdowych.</p>
	Monitoring ryzyka	Monitoring ryzyka prowadzony będzie w okresie realizacji robót a także w fazie operacyjnej (eksploatacyjnej).
9.2	Nazwa ryzyka	Nadzwyczajne upały
	Przyczyna:	<p>Analiza przewidywanych zmian klimatu w Polsce w aspekcie funkcjonowania transportu wskazuje na to, że m.in. nastąpi ocieplenie, wyrażone wzrostem średniej temperatury dobowej oraz zmniejszeniem liczby dni chłodnych.</p> <p>W związku z powyższym wystąpi ryzyko klimatyczne w</p>

		postaci wysokich temperatur.Przy zwiększonej temperaturze powietrza może zwiększyć się zapotrzebowanie na energię w celu chłodzenia budynków i urządzeń przemysłowych.Sektor transportu jest wrażliwy na ten element zmian klimatu.
	Skutek	Mogą wystąpić ograniczenia (w tym te wymagane rozporządzeniami) w poborze i zużyciu energii ekлекtycznej, którą są zasilane pojazdy. W konsekwencji mogą nastąpić przerwy w funkcjonowaniu komunikacji. Oddziaływanie wysokich temperatur, szczególnie długotrwałe jest dość niekorzystne dla eksploatacji projektu, ponieważ powoduje przegrzewanie się pojazdów i urządzeń technicznych. Ponadto podczas realizacji robót budowlanych mogą okazać się konieczne przerwy w pracy personelu, co wydłuży proces budowlany.
	Podmiot zarządzający ryzykiem	Realizator przedsięwzięcia
	Faza projektu, którego dotyczy ryzyko	<ul style="list-style-type: none"> • faza przygotowania: • faza wdrażania: TAK • faza operacyjna: TAK
	Prawdopodobieństwo	C
	Siła oddziaływania ryzyka	III
	Poziom ryzyka	Średni
	Działania zaradcze	Ograniczanie ryzyka Ograniczanie ryzyka nastąpi poprzez zawarcie odpowiednich zapisów w specyfikacji istotnych warunków zamówienia zarówno dla taboru jak i stacji ładowania..Dostawca taboru zobowiązany będzie do wykorzystania wysokiej jakości materiałów, które będą odporne na wysokie temperatury. Autobusy będą musiały spełniać wymagania opisane w specyfikacji technicznej charakteryzować się wystarczającą odpornością na warunki klimatyczne występujące w Polsce obecnie i prognozowane na wymagany okres ich eksploatacji. Wykonawca robót, budując harmonogram będzie musiał uwzględnić przestoje spowodowane warunkami pogodowymi.
	Monitoring ryzyka	Monitoring ryzyka prowadzony będzie w okresie przygotowania i realizacji robót oraz przez całą eksploatacji projektu.
9.3	Nazwa ryzyka	Nadzwyczajne opady śniegu i mróz
	Przyczyna:	Burze śnieżne czy szadź to zjawiska wpływające na ryzyko zniszczeń sieci przesyłowych i dystrybucyjnych energii elektrycznej. Analiza przewidywanych zmian klimatu w Polsce w

		<p>aspekcie funkcjonowania transportu wskazuje na możliwość występowania opadów śniegu i mrozu. Pozytywnym aspektem jest zmniejszenie się okresu zalegania pokrywy śnieżnej na gruncie.</p> <p>Sektor transportu jest wrażliwy na opady śniegu i zjawiska lodowe.</p>
	Skutek	<p>Opady śniegu a zwłaszcza mokrego oraz oblodzenie dróg stanowią poważne utrudnienie, powodując nieprzejezdność, wypadki drogowe, pogorszenie warunków jazdy, wzrost kosztów utrzymania przejezdności tras.</p> <p>Jednym z najbardziej dokuczliwych zjawisk są wahania temperatury, w okolicy 0°C w połączeniu z opadami lub topniejącym śniegiem. Sprzyjają one gołoledzi, a także intensyfikują korozyjne oddziaływanie wody (i soli) na infrastrukturę.</p> <p>Niskie temperatury sprzyjają zwiększeniu awaryjności sprzętu, zmniejszają sprawność działania środków transportu, zmniejszają komfort podróżowania, powodują uszkodzenia nawierzchni torowej.</p> <p>Może to wpływać negatywnie na eksploatację taboru, powodując dyskomfort pasażerów. Warunki te sprzyjają występowaniu kolizji.</p> <p>Wyżej opisane warunki pogodowe uniemożliwiają realizację robót budowlanych.</p>
	Podmiot zarządzający ryzykiem	Realizator przedsięwzięcia
	Faza projektu, którego dotyczy ryzyko	<ul style="list-style-type: none"> • faza przygotowania: NIE • faza wdrażania: TAK • faza operacyjna: TAK
	Prawdopodobieństwo	B
	Siła oddziaływania ryzyka	III
	Poziom ryzyka	Średni
	Działania zaradcze	<p>Ograniczanie ryzyka</p> <p>Ograniczanie ryzyka nastąpi poprzez zawarcie odpowiednich zapisów w specyfikacji istotnych warunków zamówienia zarówno dla taboru jak i stacji ładowania.. Dostawca taboru zobowiązany będzie do wykorzystania wysokiej jakości materiałów, które będą odporne na wysokie temperatury.</p> <p>Autobusy będą musiały spełniać wymagania opisane w specyfikacji technicznej charakteryzować się wystarczającą odpornością na warunki klimatyczne występujące w Polsce obecnie i prognozowane na wymagany okres ich eksploatacji.</p> <p>Wykonawca robót, budując harmonogram będzie musiał uwzględnić przestoje spowodowane warunkami pogodowymi.</p>

		Kierowcy są szkoleni w zakresie prowadzenia pojazdu i zachowania ostrożności w warunkach ekstremalnych zjawisk pogodowych.
	Monitoring ryzyka	Monitoring ryzyka prowadzony będzie w okresie przygotowania i realizacji robót oraz przez całą eksploatacji projektu.
9.4	Nazwa ryzyka	Silne wiatry
	Przyczyna:	Transport drogowy ze względu na przestrzenny charakter jest szczególnie wrażliwy na zmieniające się zjawiska klimatyczne. Silne wiatry powodujące m.in. tarasowanie dróg i zniszczenia infrastruktury drogowej i pojazdów mogą się w przyszłych latach nasilać. W polskim systemie elektroenergetycznym dominują sieci napowietrzne, które w przeciwieństwie do sieci kablowych są silnie narażone na awarie spowodowane silnymi wiatrami. Występowanie ekstremalnych zjawisk pogodowych typu huragany może doprowadzić do zwiększenia ryzyka uszkodzenia linii przesyłowych i dystrybucyjnych, a zatem ograniczenia w dostarczaniu energii elektrycznej do odbiorców.
	Skutek	Przerwy w funkcjonowaniu transportu spowodowane nieprzejezdnością dróg, uszkodzeniem pojazdów oraz przerwami w dostawie energii i brakiem możliwości ładowania autobusów.
	Podmiot zarządzający ryzykiem	Realizator przedsięwzięcia
	Faza projektu, którego dotyczy ryzyko	<ul style="list-style-type: none"> • faza przygotowania: NIE • faza wdrażania: TAK • faza operacyjna: TAK
	Prawdopodobieństwo	C
	Siła oddziaływania ryzyka	III
	Poziom ryzyka	Średni
	Działania zaradcze	Ograniczanie ryzyka W przypadku wystąpienia ryzyka nieprzejezdności dróg przewoźnik w porozumieniu z organizatorem transportu będzie korzystał z alternatywnych tras objazdowych.
	Monitoring ryzyka	Monitoring ryzyka prowadzony będzie w całym okresie eksploatacji projektu.
9.5	Nazwa ryzyka	Mgły
	Przyczyna:	W związku z częstszym występowaniem temperatur bliskich zera w porze zimowej, nasilać się będzie występowanie mgły, która poprzez ograniczenie widoczności wpłynie negatywnie na transport drogowy.

Skutek	Występowanie mgieł może powodować w opóźnienia w realizacji rozkładów jazdy oraz zwiększyć prawdopodobieństwa wystąpienia kolizji, potrąceń z uwagi na ograniczoną widoczność. Możliwe są także przerwy w funkcjonowaniu komunikacji.
Podmiot zarządzający ryzykiem	Realizator przedsięwzięcia
Faza projektu, którego dotyczy ryzyko	<ul style="list-style-type: none"> faza przygotowania: NIE faza wdrażania: NIE faza operacyjna: TAK
Prawdopodobieństwo	C
Siła oddziaływania ryzyka	III
Poziom ryzyka	Średni
Działania zaradcze	Ograniczanie ryzyka Autobusy będą wyposażone w specjalne oświetlenie ułatwiające prowadzenie pojazdu i sprawiające, że będzie on lepiej widoczny dla innych uczestników ruchu. Kierowcy są szkoleni w zakresie prowadzenia pojazdu i zachowania ostrożności w warunkach ekstremalnych zjawisk pogodowych.
Monitoring ryzyka	Monitoring ryzyka prowadzony będzie w całym okresie eksploatacji projektu.

Tabela 41 Matryca – ryzyka regulacyjne

Lp.	Wyszczególnienie	Opis
11.	Kategoria	Ryzyka regulacyjne
11.1	Nazwa ryzyka	Zmiany w przepisach prawnych dotyczących ochrony środowiska
	Przyczyna:	Mogą pojawić się nowe niekorzystne przepisy i wytyczne w zakresie procedur środowiskowych koniecznych do zastosowania dla robót budowlanych oraz eksploatacji stacji ładowania i pojazdów.
	Skutek	Zmiana tych przepisów może spowodować wydłużenie procesu uzyskiwania niezbędnych uzgodnień i decyzji lub problemy z oddaniem stacji do użytkowania i ich eksploatacją.
	Podmiot zarządzający ryzykiem	Realizator przedsięwzięcia
	Faza projektu, którego dotyczy ryzyko	<ul style="list-style-type: none"> faza przygotowania: TAK faza wdrażania: TAK faza operacyjna: TAK
	Prawdopodobieństwo	A
	Siła oddziaływania ryzyka	II

	Poziom ryzyka	Niski
	Działania zaradcze	Zapobieganie lub ograniczanie ryzyka Realizator przedsięwzięcia na bieżąco będzie śledził obowiązujące przepisy w zakresie ochrony środowiska i ewentualne zmiany uwzględni już na etapie ogłaszania postępowania o udzielenie zamówienia na opracowanie projektów i wykonanie robót. Wykonawcy poprzez odpowiednie zapisy znajdujące się w SIWZ i w umowach będą zobligowani do postępowania zgodnie z aktualnie obowiązującymi regulacjami prawnymi.
	Monitoring ryzyka	Monitoring ryzyka będzie prowadzony w okresie przygotowania dokumentacji projektowej oraz pozyskiwania decyzji a także fazy wdrażania i eksploatacji.
11.2	Nazwa ryzyka	Wzrost cen energii elektrycznej
	Przyczyna:	W roku 2019 planowany jest wzrost cen energii elektrycznej o ok. 60%. Nie można wykluczyć utrzymywania się tendencji wzrostowej w kolejnych latach, która jest powiązana z rosnącymi opłatami za emisję CO2 przy produkcji energii elektryczną, opartej na wykorzystaniu węgla.
	Skutek	Wzrost kosztów eksploatacji w komunikacji zbiorowej.
	Podmiot zarządzający ryzykiem	Realizator przedsięwzięcia
	Faza projektu, którego dotyczy ryzyko	<ul style="list-style-type: none"> • faza przygotowania: NIE • faza wdrażania: NIE • faza operacyjna: TAK
	Prawdopodobieństwo	D
	Siła oddziaływania ryzyka	III
	Poziom ryzyka	Wysoki
	Działania zaradcze	Ograniczanie ryzyka Ograniczenie ryzyka może nastąpić poprzez zawarcie wieloletnich umów na dostawy energii elektrycznej i prowadzenie przetargów w grupie zakupowej.
	Monitoring ryzyka	Monitoring ryzyka prowadzony będzie w całym okresie eksploatacji projektu.

Tabela 42 Matryca – ryzyka polityczne

Lp.	Wyszczególnienie	Opis
13.	Kategoria	Ryzyka polityczne
13.2	Nazwa ryzyka	Polityczne zmiany priorytetów inwestycyjnych
	Przyczyna:	Polityczne zmiany priorytetów inwestycyjnych mogą być spowodowane zmianami kierunków rozwoju na terenie lokalnym regionalnym i centralnym, które nadadzą pierwszeństwo innym dziedzinom gospodarki niż transport publiczny i przesunie środki finansowe na inwestycje z nimi związane.
	Skutek	Skutkiem wystąpienia tego ryzyka może być zmiana priorytetów rozwoju oraz brak środków, w tym unijnych, na współfinansowanie przedsięwzięcia.
	Podmiot zarządzający ryzykiem	Realizator przedsięwzięcia
	Faza projektu, którego dotyczy ryzyko	<ul style="list-style-type: none"> faza przygotowania: TAK faza wdrażania: TAK faza operacyjna: NIE
	Prawdopodobieństwo	B
	Siła oddziaływania ryzyka	II
	Poziom ryzyka	Niski
	Działania zaradcze	Ograniczanie ryzyka Planowane przedsięwzięcie zostanie umieszczone w planach inwestycyjnych realizatora – spółki oraz budżecie Miasta. Zostaną zintensyfikowane działania mające na celu jak najszybsze pozyskanie współfinansowania jeszcze w obecnej perspektywie finansowej 2014-2020.
	Monitoring ryzyka	Monitoring ryzyka prowadzony będzie przede wszystkim w okresie przygotowania przedsięwzięcia projektu, ale także w procesie wdrożenia.

Tabela 43 Matryca – ryzyka techniczno – operacyjne

Lp.	Wyszczególnienie	Opis
14	Kategoria	Ryzyka techniczno – operacyjne
14.1	Nazwa ryzyka	Niedostateczna jakość taboru
	Przyczyna:	MPK uczestniczy w projekcie prowadzonym przez NCBiR, w ramach którego stosowana jest dotychczas niesprawdzona formuła przetargowa – tryb partnerstwa innowacyjnego. W jednym postępowaniu bierze udział wielu zmwiających, z których każdy ma inne oczekiwania techniczne względem taboru, co może spowodować nieprecyzyjne określenie wymagań technicznych. Poza tym istnieje ryzyko realizacji

		zamówienia przez podmioty mało doświadczonych, które stawiają pierwsze kroki na rynku autobusów elektrycznych.
	Skutek	Skutkiem wystąpienia ryzyka może być awaryjność taboru i konieczność modyfikacji przyjętych rozwiązań w zakresie konstrukcji i wyposażenia.
	Podmiot zarządzający ryzykiem	Realizator przedsięwzięcia
	Faza projektu, którego dotyczy ryzyko	<ul style="list-style-type: none"> faza przygotowania: NIE faza wdrażania: NIE faza operacyjna: TAK
	Prawdopodobieństwo	C
	Siła oddziaływania ryzyka	III
	Poziom ryzyka	Średni
	Działania zaradcze	Ograniczanie ryzyka MPK w imieniu Miasta aktywnie uczestniczy w pracach NCBiR w zakresie przygotowania dokumentacji przetargowej. Przewiduje się wprowadzenie w umowach z dostawcami taboru zapisów dotyczących trybu usuwania awarii pojazdów i wykonywania napraw.
	Monitoring ryzyka	Monitoring ryzyka, prowadzony będzie w okresie przygotowania dokumentacji technicznej, monitorowania procesu produkcji taboru oraz w trakcie odbiorów i eksploatacji.
14.2	Nazwa ryzyka	Pożar baterii
	Przyczyna:	Istnieje wiele potencjalnych przyczyn wystąpienia pożaru baterii w autobusie elektrycznym, ale do najbardziej prawdopodobnych należą: wady materiałowe, wewnętrzne zwarcia, rozszczelnienie ogniwa, przeładowanie lub niedoładowanie oraz usterka działania systemu BMS (zarządzania procesem ładowania).
	Skutek	Skutkiem wystąpienia pożaru baterii jest całkowite zniszczenie pojazdu.
	Podmiot zarządzający ryzykiem	Realizator przedsięwzięcia
	Faza projektu, którego dotyczy ryzyko	<ul style="list-style-type: none"> faza przygotowania: NIE faza wdrażania: NIE faza operacyjna: TAK
	Prawdopodobieństwo	A
	Siła oddziaływania ryzyka	V
	Poziom ryzyka	Średni

	Działania zaradcze	Ograniczanie ryzyka Ograniczenie ryzyka nastąpi już na etapie przygotowania dokumentacji przetargowej, poprzez wprowadzenie wymagań w zakresie materiałów użytych do produkcji oraz zastosowania zaawansowanego systemu BMS, który przewidzi zagrożenie powstania pożaru i sam zainicjuje właściwe działania w pojeździe (np. wyłączenie napędu).
	Monitoring ryzyka	Monitoring ryzyka będzie prowadzony na etapie przygotowania dokumentacji przetargowej oraz podczas eksploatacji taboru.
14.3	Nazwa ryzyka	Przyspieszone zużycie baterii
	Przyczyna:	Przyczyną zbyt wczesnego zużycia baterii mogą być błędy w procesie ładowania (np. ładowanie dużymi mocami bez późniejszego balansowania baterii, skracanie procesu balansowania, usterki systemu BMS).
	Skutek	Konieczność częstszej wymiany baterii, a tym samym wzrost kosztów eksploatacyjnych.
	Podmiot zarządzający ryzykiem	Realizator przedsięwzięcia
	Faza projektu, którego dotyczy ryzyko	<ul style="list-style-type: none"> • faza przygotowania: NIE • faza wdrażania: NIE • faza operacyjna: TAK
	Prawdopodobieństwo	B
	Siła oddziaływania ryzyka	III
	Poziom ryzyka	Średni
	Działania zaradcze	Ograniczanie ryzyka Stosowanie zrównoważonego systemu ładowania pojazdów, wykorzystującego szybkie ładowanie dużymi mocami podczas pracy przewozowej oraz ładowania powolne (plug-in) w trakcie nocnego stacjonowania pojazdów na zajezdni. Prowadzenie systematycznej, okresowej oceny stanu żywotności baterii.
	Monitoring ryzyka	Monitoring ryzyka będzie prowadzony w całym okresie eksploatacji.
14.4	Nazwa ryzyka	Awaria stacji ładowania
	Przyczyna:	Przyczyną awarii stacji ładowania mogą być wady wbudowanych urządzeń lub usterka systemu zarządzania stacją.
	Skutek	W wyniku awarii stacji ładowania może nastąpić przerwa w komunikacji między stacją a pojazdem, skutkująca brakiem możliwości ładowania pojazdu.
	Podmiot zarządzający ryzykiem	Realizator przedsięwzięcia

Faza projektu, którego dotyczy ryzyko	<ul style="list-style-type: none"> faza przygotowania: NIE faza wdrażania: NIE faza operacyjna: TAK
Prawdopodobieństwo	C
Siła oddziaływania ryzyka	II
Poziom ryzyka	Średni
Działania zaradcze	<p>Ograniczanie ryzyka Ograniczanie ryzyka następować będzie poprzez okresowe przeglądy stanu urządzeń stacji ładowania. Zostaną wprowadzone procedury postępowania w przypadku wystąpienia drobnych usterek – jak zawieszanie się systemu zarządzania procesem ładowania.</p>
Monitoring ryzyka	Monitoring prowadzony będzie w sposób ciągły w całym okresie eksploatacji, również z udziałem wykonawcy stacji ładowania.

XI. Analiza instytucjonalna

Obowiązek zapewnienia odpowiedniego udziału autobusów elektrycznych we flocie użytkowanych pojazdów komunikacji miejskiej, zgodnie z Ustawą o elektromobilności, spoczywa na Gminie Miejskiej Kraków. Realizacja przyjętych zamierzeń inwestycyjnych zmierzających do osiągnięcia celów wynikających z Ustawy może zostać powierzona przez GMK innym podmiotom.

Mając na uwadze doświadczenie Miejskiego Przedsiębiorstwa Komunikacyjnego S.A. w Krakowie w eksploatacji autobusów elektrycznych i realizacji projektów w zakresie zakupu taboru komunikacji miejskiej, w tym współfinansowanych ze środków Unii Europejskiej, należy stwierdzić, że Spółka ta jest przygotowana organizacyjnie do przeprowadzenia zamierzeń inwestycyjnych zawartych w niniejszej analizie. Posiada odpowiednio wykwalifikowaną kadrę techniczną i zarządzającą, mającą doświadczenie w przygotowaniu i prowadzeniu procesu zakupowego, realizacji robót budowlanych oraz zapewnieniu właściwego utrzymania i eksploatacji taboru. MPK dysponuje także odpowiednim zapleczem technicznym, z perspektywą jego rozwoju i przystosowania do nowych potrzeb w zakresie obsługi i utrzymania taboru elektrycznego.

Zwiększanie floty autobusów elektrycznych będzie etapowane przez organizatora transportu, który wytyczy kolejne obszary przewidziane do obsługi przez pojazdy elektryczne i będzie sprawował nadzór nad optymalną realizacją przewozów.

Do zadań właściwych jednostek miejskich należeć będzie wspieranie MPK S.A. w Krakowie w działaniach mających na celu poszukiwanie i pozyskanie zewnętrznych źródeł finansowania nakładów inwestycyjnych. Miasto zapewni również w swoich wieloletnich planach finansowych środki na pokrycie kosztów funkcjonowania pojazdów i stacji ładowania

oraz innych niezbędnych kosztów związanych z realizacją celów wynikających z Ustawy o elektromobilności.

XII. Wnioski

Miasto jest gotowe pod względem technicznym i organizacyjnym do rozwoju elektromobilności w komunikacji miejskiej. Dodatkowym atutem Krakowa są doświadczenie i wiedza w zakresie zakupów i eksploatacji autobusów elektrycznych, posiadane przez Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne S.A. w Krakowie. Jednakże osiągnięcie udziału autobusów elektrycznych we flocie pojazdów komunikacji miejskiej w wielkości określonej w Ustawie o elektromobilności stanowi dla Miasta Krakowa duże wyzwanie finansowe.

Z przeprowadzonej analizy wynika, że Miasto ma doświadczenie i potencjał pozwalający na zakup kolejnych 153 autobusów elektrycznych i budowę 13 stacji ładowania pantografowego. Przedsięwzięcie to, przy uwzględnieniu przyjętych założeń kosztowych, technicznych i czasowych, staje się jednak ekonomicznie nieopłacalne, wręcz niemożliwe do realizacji, bez pozyskania bezzwrotnego finansowania zewnętrznego na poziomie minimum 63% nakładów inwestycyjnych netto, które szacuje się na 377,8 mln zł.

Projekt wdrożenia elektromobilności dla Miasta Krakowa charakteryzuje się wysoką wrażliwością na wzrost cen zakupu autobusu elektrycznego i kosztów operacyjnych, co w połączeniu z wysokim poziomem ryzyka wzrostu cen energii elektrycznej może sprawić, że w przypadku niepozyskania odpowiednich funduszy zewnętrznych osiągnięcie zakładanych celów i rezultatów stanie się mocno ograniczone.

Ponadto, mając na uwadze bardzo wysokie ryzyko związane z brakiem źródeł finansowania wdrożenie elektromobilności na poziomie wynikającym z Ustawy powinno mieć charakter etapowy, adekwatny do pojawiających się możliwości finansowania zewnętrznego i potencjału finansowego zarówno Spółki jak i Miasta.

Należy także nadmienić, że uwarunkowania zewnętrzne eksploatacji autobusów elektrycznych znajdują się wciąż na etapie tworzenia ram prawnych, a ich dalsze rozszerzanie może wpływać hamująco na rozwój rynku elektromobilności.

Spis tabel

Tabela 1 Stan ilościowy autobusów w MPK S.A. w Krakowie (stan na 31.12.2018 r.)	8
Tabela 2 Średni wiek autobusów w MPK S.A. w Krakowie (stan na 31.12.2018 r.)	9
Tabela 3 Lata produkcji autobusów posiadanych przez MPK S.A. w Krakowie	10
Tabela 4 Udział procentowy wyposażenia autobusów	11
Tabela 5 Norma spalin według EURO autobusów MPK S.A. w Krakowie (stan na 31.12.2018 r.)	12
Tabela 6 Lokalizacja zbiorników paliwa	14
Tabela 7 Lokalizacja stanowisk ładowania w Krakowie	14
Tabela 8 Zużycie paliwa/energii w użytkowanych autobusach będących przedmiotem analizy	16
Tabela 9 Zakładane terminy i ilości autobusów zakupionych i wycofanych	19
Tabela 10 Liczba stacji ładowania i liczba autobusów wg typu, lata 2018-2027	20
Tabela 11 Wartości graniczne dla testu dynamicznego	21
Tabela 12 Emisja gazów w g/km dla poszczególnej normy Euro	21
Tabela 13 Roczne efekty wycofania autobusów z silnikiem Diesla przed datą 31.12.2020 r.	21
Tabela 14 Roczne efekty wycofania autobusów diesla przed datą 31.12.2022 r.	22
Tabela 15 Roczne efekty wycofania autobusów diesla przed datą 31.12.2024 r.	22
Tabela 16 Roczne efekty wycofania autobusów diesla przed datą 31.12.2027 r.	22
Tabela 17 Zasady oceny wariantów w analizie wielokryterialnej	27
Tabela 18 Wyniki oceny wariantów	28
Tabela 19 Efektywność kosztowa analizowanych wariantów	30
Tabela 20 Praca przewozowa wykonywana w trakcji autobusowej przez MPK S.A. w Krakowie	31
Tabela 21 Parametry przyjęte do kalkulacji kosztów materiałów pędnych i energii elektrycznej	35
Tabela 22 Zakupy inwestycyjne autobusów w wariancie zerowym	36
Tabela 23 Koszty materiałów obsługi technicznych autobusu z silnikiem Diesla	36
Tabela 24 Zakupy inwestycyjne autobusów w wariancie zeroemisyjnym	37
Tabela 25 Koszty materiałów i usług obsługi technicznych autobusu elektrycznego	37
Tabela 26 Roczne efekty wycofania autobusów z silnikiem Diesla	39
Tabela 27 Analiza wrażliwości wskaźników finansowej efektywności projektu	40
Tabela 28 Analiza wrażliwości wskaźników ekonomicznej efektywności projektu	41
Tabela 29 Analiza jakościowa ryzyka – identyfikacja ryzyka	42
Tabela 30. Analiza jakościowa ryzyka – skala prawdopodobieństwa	46
Tabela 31. Analiza jakościowa ryzyka – siła oddziaływania	46
Tabela 32. Analiza jakościowa ryzyka – poziom ryzyka	46
Tabela 33 Analiza jakościowa ryzyka – działania zaradcze	47
Tabela 34 Matryca – ryzyka związane z projektowaniem	48
Tabela 35 Matryca – ryzyka administracyjne	49
Tabela 36 Matryca – ryzyka związane z zamówieniami publicznymi	50
Tabela 37 Matryca – ryzyka operacyjne związane z realizacją kontraktów	51
Tabela 38 Matryca – ryzyka związane z wykonaniem robót	53
Tabela 39 Matryca – ryzyka finansowe	55

Tabela 40 Matryca – ryzyka klimatyczne	57
Tabela 41 Matryca – ryzyka regulacyjne	62
Tabela 42 Matryca – ryzyka polityczne	64
Tabela 43 Matryca – ryzyka techniczno – operacyjne	64

Spis rysunków

Rysunek 1 Schemat sieci tramwajowej Krakowa, stan na 23.06.2018r.....	6
Rysunek 2 Schemat sieci autobusowej Krakowa, stan na 23.06.2018r.....	7
Rysunek 3 Lokalizacja funkcjonujących stacji ładowania pantografowego	15
Rysunek 4 Obszar przewidziany do obsługi przez autobusy elektryczne.....	33

Spis fotografii

Fot. 1 <i>Stacja ładowania pantografowego na terenie SOA Wola Duchcka, ul. Walerego Sławka 10.</i>	16
Fot. 2 <i>Panorama parkingu autobusów elektrycznych wraz z ładowarkami plug-in</i>	16