



WOLAŃSKI



Analiza rozwoju zeroemisyjnego, zbiorowego transportu drogowego (autobusy, trolejbusy, tramwaje) w Polsce wraz z rekomendacjami działań legislacyjnych i pozalegisacyjnych dla administracji publicznej i samorządowej, które będą dostosowane do krajowych warunków ekonomiczno-społecznych

Analiza

Październik 2023



dr hab. Michał Wolański

Mirosław Czerliński

Marcin Pinkosz

Wojciech Szłapacki

Michał Żerański

Paulina Kozłowska



Ministerstwo
Klimatu i Środowiska



Spis treści

Streszczenie.....	4
Summary	8
Słownik skrótów i akronimów	12
1. Wprowadzenie.....	14
1.1. Cel i zakres zadania.....	14
1.2. Struktura analizy.....	15
2. Syntetyczny opis metodyki wykonania dzieła	16
2.1. Generalna koncepcja.....	16
2.2. Pytania badawcze.....	18
3. Obszar I. Ustalenie stanu obecnego	21
3.1. Stan obecny	21
3.2. Wymagania i wytyczne kierunkowe UE	37
3.3. Dotychczasowe działania rządu i JST.....	42
3.4. Analiza SWOT	60
4. Obszar II. Wdrożenie i eksploatacja zeroemisyjnego transportu zbiorowego.....	69
4.1. Wyzwania techniczne i organizacyjne.....	69
4.2. Kluczowe czynniki sukcesu	82
5. Obszar III. Model ekonomiczno-finansowy, społeczny i ekologiczny.....	90
5.1. Koszty i korzyści ekonomiczne	90
5.2. Mierniki ekonomiczno-finansowe, społeczne i ekologiczne	96
5.3. Koszty i korzyści energii (w tym energii odnawialnej)	98
5.4. Kontraktowanie zielonej energii do przewozów	107
5.5. Opłacalność i wybór środka transportu zeroemisyjnego.....	109
5.6. Modele i źródła finansowania infrastruktury i taboru	122
5.7. Krytyczny poziom dofinansowania zewnętrznego.....	132
6. Obszar IV. Prognoza rozwoju zeroemisyjnego transportu zbiorowego	137
6.1. Rekomendowane cele rozwoju	137

ANALIZA ROZWOJU ZEROEMISYJNEGO, ZBIOROWEGO
TRANSPORTU DROGOWEGO W POLSCE
(AUTOBUSY, TROLEJBUSY, TRAMWAJE)

6.2.	Możliwe ścieżki rozwoju.....	140
6.3.	Rozwiązania legislacyjne i inne wspierające rozwój	149
6.4.	Działania JST a przyspieszenie wdrożenia	153
6.5.	Rozwiązania innowacyjne	158
6.6.	Jak osiągnąć wzrost liczby pasażerów transportu publicznego w Polsce?	165
7.	Wnioski i rekomendacje	168
7.1.	Główne wnioski i rekomendacje	168
7.2.	Pozostałe wnioski i rekomendacje	178
	Spis tabel	183
	Spis rysunków.....	185
	Załączniki.....	187

Streszczenie

Celem zadania było wypracowanie wielokryterialnej prognozy rozwoju zeroemisyjnego, zbiorowego transportu drogowego (autobusy, trolejbusy, tramwaje) w Polsce wraz z rekomendacjami działań legislacyjnych i poza-legislacyjnych dla administracji publicznej i samorządowej, które będą dostosowane do krajowych warunków ekonomiczno-społecznych. Do zadań Wykonawcy należy kwantyfikacja skutków i efektywności implementacji tych działań dla rozwoju i popularyzacji przewozów zbiorowych realizowanych zeroemisyjną flotą.

W polskich miastach w eksploatacji jest ok. 12 tys. autobusów miejskich, 3 tys. tramwajów oraz 200 trolejbusów. W kontekście wdrażania elektromobilności uznano, że największe wyzwanie dotyczy wymiany autobusów w miastach powyżej 100 tys. mieszkańców (2/3 taboru autobusów miejskich), ze względu na zapisy PEP 2040.

Do pojazdów zeroemisyjnych w ramach niniejszej Analizy zaliczono autobusy elektryczne (bateryjne), wodorowe, trolejbusy oraz tramwaje. Ich zeroemisyjność w Polsce jest jednak uzależniona od systemu energetycznego lub sposobu pozyskiwania wodoru. Pojazdy te zazwyczaj są jednak zeroemisyjne w miejscu wykonywania przewozu.

! Autobusy zeroemisyjne stanowią obecnie około 11% floty w miastach o liczbie ludności powyżej 100 tysięcy mieszkańców, liczbowo są to 661 autobusów elektrycznych, 1 autobus wodorowy oraz 223 trolejbusy. Do wymiany pozostaje 7363 autobusów spalinowych, w tym niskoemisyjnych. Aż 9 z 37 największych polskich miast nie posiadało jeszcze żadnego autobusu zeroemisyjnego w swojej flocie (stan na 30 czerwca 2023 r.).

Cele UE do osiągnięcia na poziomie całego kraju członkowskiego, względem Polski, są następujące:

- do 2025 r. co najmniej 32% nowych zamawianych autobusów lub tych wykonujących usługi PTZ powinno być ekologicznie czystych (Dyrektywa PE 2019/1161),
- od 2026 r. co najmniej 46% nowych zamawianych autobusów lub tych wykonujących usługi PTZ powinno być ekologicznie czystych (Dyrektywa 2019/1161),
- od 2030 r. wszystkie wyprodukowane nowe autobusy miejskie są zeroemisyjne, flota autobusowa redukuje emisje CO₂ o 43% (Propozycja rozporządzenia PE 2023/0042),
- od 2035 r. flota autobusowa redukuje emisje CO₂ o 64% (Propozycja 2023/0042),
- od 2040 r. flota autobusowa redukuje emisje CO₂ o 90% (Propozycja 2023/0042).

Wymagania rządowe przekładają unijne cele dla kraju na poszczególne samorządy (gminy i powiaty), a cele kierunkowe rządu dodatkowo je zaostwiają:

- od 2023 r. w JST powyżej 50 tys. mieszk. 10% floty stanowią autobusy zeroemisyjne lub napędzane biometanem (Ustawa o Elektromobilności),
- od 2025 r. w JST powyżej 50 tys. mieszk. 20% floty stanowią autobusy zeroemisyjne lub napędzane biometanem (UoE), w miastach powyżej 100 tys. mieszk. nowe autobusy muszą być zeroemisyjne (Polityka Energetyczna Polski 2040),
- od 2028 r. w JST powyżej 50 tys. mieszk. 30% floty stanowią autobusy zeroemisyjne lub napędzane biometanem (UoE),
- od 2030 r. wszystkie autobusy miejskie w miastach ponad 100 tys. mieszkańców są zeroemisyjne (PEP).

Autobusowy transport zeroemisyjny wdrażany jest dziś w 3 podstawowych modelach: OPP, ONC/R lub IMC. Model OPP opiera się na małych bateriach w pojazdach i ładowarkach pantografowych rozmieszczonych na terenie miasta. Model ONC opiera się na dużych bateriach w pojazdach i jednokrotnym ładowaniu wolnym na terenie zajezdni. Model ONR zakłada obsługę tankowanym autobusem wodorowym jeden raz w ciągu dnia. Model IMC to trolejbus bateryjny, którego baterie doładowywane są w czasie jazdy podpiętym do sieci trakcyjnej.

Głównym czynnikiem sukcesu wdrażania transportu zeroemisyjnego w Polsce jest dostępność wsparcia finansowego – krajowego i unijnego. Bez niego wiele JST i przewoźników nie mogłoby sobie pozwolić na zakup takiego taboru.

Dla autobusów 12-metrowych, najbardziej opłacalne są autobusy dieslowskie do rocznego przebiegu 90 000 km, natomiast powyżej tego przebiegu – autobus bateryjny OPP. Największe koszty wykazuje autobus wodorowy, wykluczając jego efektywność ekonomiczną.

Dla pojazdów 18-metrowych i dłuższych, najbardziej opłacalny jest autobus dieslowski 18-metrowy do rocznego przebiegu 75 000 km, natomiast powyżej tego przebiegu – autobus bateryjny OPP. Co ciekawe, tramwaj 20-metrowy wykazuje większą opłacalność od autobusu wodorowego już od przebiegu większego niż 45 000 km.

Uwzględniając koszty zewnętrzne (wycenę emisji zanieczyszczeń i hałasu), próg opłacalności autobusu bateryjnego OPP 12-metrowego rozpoczyna się od rocznej pracy eksploatacyjnej na poziomie 55 000 km, natomiast 18-metrowego od poziomu 50 000 km. Jednak korzyści wynikające z różnic w emisyjności nie są wykazywane w rachunku finansowym i operatorzy komunikacji miejskiej nie mają korzyści bezpośrednio z nich wynikających.

Optymalnym środkiem transportu zeroemisyjnego jest więc autobus bateryjny OPP, który w dzisiejszych uwarunkowaniach kosztowych ma szansę być bardziej efektywny nawet względem autobusu spalinowego zasilanego olejem napędowym.

Racjonalny poziom dofinansowania do zakupu autobusów elektrycznych (bateryjnych OPP) wraz z infrastrukturą wyznaczono na 35%.

Poziom kosztów autobusu bateryjnego OPP przecina wtedy koszty autobusu spalinowego przy rocznej pracy eksploatacyjnej na poziomie 60 000 km dla autobusu 12-metrowego oraz 45 000 km dla autobusu 18-metrowego.

Na podstawie przeprowadzonych prac sformułowano 6 głównych rekomendacji:

- 1) Rewizja postanowień PEP2040 oraz przejrzyste przepisy – rekomenduje się osiągnięcie 100% zeroemisyjnych flot w 2040 a nie 2030 roku - zmiana i ujednoczenie zapisów ustawy o elektromobilności i PEP2040: od 2025 r. nowe rejestrowane autobusy miejskie powinny być tylko zeroemisyjne, od 2040 r. wszystkie autobusy miejskie we flotach powinny być zeroemisyjne, we wszystkich JST.
 - 2) Finansowanie inwestycyjne nie może być ani efemeryczne, ani nadmierne - są różne zasady, konkursy, itd. Nadanie wyraźnej narracji dla JST, jakie będzie dostępne finansowanie z wyprzedzeniem na kilka lat. Samorządy – znając przepisy z Rekomendacji 1, przygotowują plan inwestycyjny, w oparciu o źródła dofinansowań, by w 2040 r. dojść do floty autobusowej całkowicie zeroemisyjnej.
 - 3) Tabor elektryczny musi dużo kursować – zarządzanie i walka o efektywność ekonomiczną przedsięwzięć - samorządy muszą lepiej zarządzać wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych na wzór Jaworzna. Rozwój kadry zarządzającej, regularne badanie i monitoring przewozów celem dostosowania do zapotrzebowania i aktywne kreowanie popytu na komunikację miejską na nowych obszarach zabudowy. Autobusy elektryczne jako podstawowy środek realizacji przewozów, a wodorowe jako uzupełniający, zapewniający rezerwę oraz obsługę długich kursów, których nie zrealizuje autobus elektryczny.
 - 4) Opracowanie podręcznika modelowego wdrożenia zeroemisyjnego transportu autobusowego - zawierającego dobre praktyki w zakresie eksploatacji autobusów elektrycznych, ukierunkowane na wzrost liczby pasażerów i maksymalizację rocznej pracy eksploatacyjnej autobusów.
 - 5) Transport zbiorowy potrzebuje stabilnego finansowania bieżącego, nie tylko inwestycyjnego - poszukiwanie alternatywnych źródeł dofinansowania zwiększania pracy eksploatacyjnej, zwłaszcza w krótkim okresie (pomostowo zasadna jest negocjacja środków z ETS2, NFOŚiGW itp. źródeł finansowania), ze względu na znaczny jej wpływ na efektywność działań inwestycyjnych i klimatycznych. Długofalowo – konieczne zwiększenie finansowania operacyjnego z budżetu państwa lub samorządów.
-

- 6) Nowa ustawa PTZ i ujednoczenie systemu ulg i dopłat (w tym FRPA) - opracowanie przepisów krajowych dotyczących transportu publicznego, które ujednoczą system ulg i dopłat, umożliwiając realną integrację systemów komunikacji miejskiej i regionalnej.

Pozostałe wnioski i rekomendacje obejmują:

- utrzymanie poziomu środków na komunikację tramwajową – tabor tramwajowy jest zacofany względem autobusowego, nadal w eksploatacji pozostają tramwaje wysokopodłogowe, a w komunikacji autobusowej standardem już są pojazdy niskopodłogowe,
 - walka o efektywność ekonomiczną transportu zeroemisyjnego - realizacja działań towarzyszących – przede wszystkim poprzez budowanie i wyznaczanie buspasów oraz wydzielonych korytarzy komunikacji autobusowej lub tramwajowej, ale też wdrażanie priorytetów w sygnalizacji świetlnej, to wszystko pozwala obsługiwać więcej kursów komunikacji miejskiej, dysponując mniejszą liczbą taboru,
 - stosowanie w rozliczeniach z przedsiębiorstwami transportu publicznego zmiennej stawki dziennej i nocnej za energię elektryczną – może pozwolić zwiększyć efektywność ekonomiczną przedsięwzięć transportu elektrycznego, mając na uwadze ładowanie floty pojazdów w okresie nocnym,
 - dopuszczenie do ruchu 25-metrowych autobusów i trolejbusów – należy uwolnić potencjał długich pojazdów zeroemisyjnych, skoro ich eksploatacja jest możliwa w innych krajach europejskich, a samorządy zarządzają infrastrukturą, którą mogą dostosować do ruchu dłuższych pojazdów niż to dziś jest dopuszczalne w Polsce (maksymalnie 18,75 m długości autobusu przegubowego),
 - dążenie do spadku emisyjności polskiego systemu energetycznego – usunięcie emisji krańcowej z łańcucha zasilania energią pojazdów elektrycznych,
 - rozwój potencjału transportu wodorowego – wsparcie poprzez dofinansowanie elektrolizerów, paneli fotowoltaicznych na dachach zajezdni, tak, aby produkowany na własne potrzeby prąd mógł być przetwarzany na wodór, w szczególności, gdy bardzo kosztowne jest budowanie magazynów energii, a nadwyżki prądu mogą być marnowane ze względu na masowe występowanie nadwyżek u prosumentów.
-



Summary

The aim of the task was to develop a multi-criteria forecast for the development of zero-emission, urban road public transport (buses, trolleybuses, trams; further described as PT) in Poland, along with recommendations for legislative and non-legislative activities for national and local government administration, which will be adapted to the national economic and social conditions. The Contractor's tasks include quantifying the effects and effectiveness of the implementation of these activities on the development and popularization of public transport using a zero-emission fleet.

In Polish cities in operation are approx. 12,000 city buses; 3,000 trams and 200 trolleybuses. In the context of implementing electromobility, it was considered that the biggest challenge concerns the replacement of buses in cities with more than 100,000 inhabitants (2/3 of the city bus fleet), due to the provisions of Polish Energy Policy 2040 (PEP2040).

Zero-emission vehicles in this Analysis include electric (battery) buses, hydrogen buses, trolleybuses and trams. However, their zero emission in Poland depends on the energy system or the method of obtaining hydrogen. However, these vehicles are usually zero-emission at the point of operation.

! Zero-emission buses currently constitute approximately 11% of the fleet in cities with a population of over 100,000 inhabitants, numerically there are 661 electric buses, 1 hydrogen bus and 223 trolleybuses. 7,363 combustion buses, including low-emission buses, remained to be replaced. As many as 9 of the 37 largest Polish cities did not yet have any zero-emission buses in their fleet (as of June 30, 2023).

The EU objectives to be achieved at the level of the entire member state, in relation to Poland, are as follows:

- by 2025, at least 32% of new buses ordered or those providing PT services should be ecologically clean (EP Directive 2019/1161),
- from 2026, at least 46% of new buses ordered or those providing PT services should be ecologically clean (EP Directive 2019/1161),
- from 2030, all new city buses produced are zero-emission, the bus fleet reduces CO₂ emissions by 43% (Proposed EP regulation 2023/0042),
- from 2035, the bus fleet reduces CO₂ emissions by 64% (EP Proposition 2023/0042),
- from 2040, the bus fleet reduces CO₂ emissions by 90% (EP Proposition 2023/0042).

The government's requirements answer on EU goals for the country, putting them on individual local governments (municipalities and counties), and the government's directional goals further tighten them:

- from 2023 in local government units over 50,000 inhabitant zero-emission buses or buses powered by biomethane should be 10% of the fleet (Polish Electromobility Act, later PEA),
- from 2025 in local government units over 50,000 inhabitant zero-emission buses or buses powered by biomethane should be 20% of the fleet (PEA), in cities with over 100,000 inhabitants new buses must be zero-emission (Polish Energy Policy 2040),
- from 2028 in local government units over 50,000 inhabitant zero-emission buses or buses powered by biomethane must be 30% of the fleet (PEA),
- from 2030, all city buses in cities over 100,000 inhabitants must be zero-emission (PEP).

Zero-emission bus transport is currently implemented in three basic models: OPP, ONC/R or IMC. The OPP (opportunity charging) model is based on small batteries in vehicles and pantograph chargers located throughout the city. The ONC (overnight charging) model is based on large batteries in vehicles and single-time slow charging at the depot. The ONR (overnight refuelling) model assumes refuelling a hydrogen-powered bus once a day. The IMC (in motion charging) model is a battery trolleybus whose batteries are recharged while driving connected to the traction network.

The main factor in the success of implementing zero-emission transport in Poland is the availability of financial support - national and EU. Without it, many local government units and carriers could not afford to purchase such rolling stock.

For 12-meters-long buses, the most profitable are diesel buses up to an annual mileage of 90,000 km and above this mileage - an OPP battery bus. The hydrogen bus has the highest costs, excluding its economic efficiency.

For vehicles 18-meters-long and longer, the most profitable is an 18-meters-long diesel bus up to an annual mileage of 75,000 km, and above this mileage - an OPP battery bus. Interestingly, the 20-meters-long tram is more profitable than a hydrogen bus from a mileage of more than 45,000 km.

Taking into account external costs (assessment of pollution and noise emissions), the profitability threshold for a 12-meters-long OPP battery bus starts with an annual operating transport supply of 55,000 km, while an 18-meters-long bus at 50,000 km. However, the benefits resulting from differences in carbon intensity are not included in the financial account and public transport operators do not benefit directly from them.

Therefore, the optimal mean of zero-emission transport is an OPP battery bus, which in today's cost conditions may be more effective even compared to a combustion bus powered by diesel oil.

Rational level of co-financing for the purchase of electric buses (battery OPP) with infrastructure was set at minimum 35%.

The cost level of an OPP battery bus then cross the costs of a combustion bus with an annual operating transport supply of 60,000 km for a 12-meters-long bus and 45,000 km for an 18-meters-long bus.

Based on the carried out Analysis, 6 main recommendations were formulated:

- 1) Revision of PEP2040 and transparent regulations - it is recommended to achieve 100% of zero-emission fleets in 2040, not 2030 - change and unification of the provisions of the Polish Electromobility Act and PEP2040: from 2025, new registered city buses should be only zero-emission, from 2040 all city buses in fleets should be zero-emission, in all local government units.
 - 2) Investment financing cannot be ephemeral or excessive - there are various rules, competitions, etc. Giving a clear narrative to local government units about what financing will be available in advance for several years. Local governments - knowing the provisions of Recommendation 1, prepare an investment plan, based on funding sources, to achieve a completely zero-emission bus fleet in 2040.
 - 3) Electric fleet must run a lot - management and fight for the economic efficiency of projects - local governments must better manage the use of zero-emission buses, following the example of Jaworzno. Development of management staff, regular research and monitoring of transport to adapt to demand and active creation of demand for public transport in new development areas. Electric buses as the basic means of transport, and hydrogen buses as a supplementary means of transport, providing a reserve and long journeys that cannot be covered by an electric bus.
 - 4) Development of a model manual for the implementation of zero-emission bus transport - containing good practices in the operation of electric buses, aimed at increasing the number of passengers and maximizing the annual operating life of buses.
 - 5) Public transport needs stable current financing, not only investment financing - searching for alternative sources of financing to increase operational work, especially in the short term (negotiation of funds from ETS2, National Fund for Environmental Protection and Water Management, etc. is justified as a bridge), due to its significant impact on the effectiveness of investment and climate activities. Long-term – it is necessary to increase operational financing from the state or local government budget.
 - 6) New Act on Public Mass Transit and unification of the system of reliefs and subsidies (including Fund for Bus Connections Development) - development of national
-

regulations regarding public transport, which will unify the system of reliefs and subsidies, enabling real integration of urban and regional transport systems.

Other conclusions and recommendations include:

- maintaining the level of funds for tram transport - the tram fleet is much older compared to the bus fleet, high-floor trams are still in operation, and low-floor vehicles are already a standard in bus transport,
 - fighting for the economic efficiency of zero-emission transport - implementation of accompanying activities - primarily by building and designating bus lanes and separate bus or tram transport corridors, but also implementing priorities in traffic lights, all this allows to provide public transport service with less rolling stock,
 - the use of variable daily and night rates for electricity in public transport companies - this may increase the economic efficiency of electric transport projects, taking into account the charging of the vehicle fleet at night,
 - allowing 25-meter buses and trolleybuses to operate - the potential of long zero-emission vehicles should be released, since their operation is possible in other European countries, and local governments manage infrastructure that can be adapted to the movement of longer vehicles than is currently permitted in Poland (maximum 18.75 m length of an articulated bus),
 - striving to reduce the emission intensity of the Polish energy system - removing marginal emissions from the energy supply chain of electric vehicles,
 - development of hydrogen transport potential - support through co-financing electrolyzers and photovoltaic panels on the roofs of depots, so that electricity produced for own needs can be converted into hydrogen, especially when building energy storage facilities is very expensive and surplus electricity may be wasted due to the mass occurrence of surpluses among prosumers in energy system.
-



Słownik skrótów i akronimów

AGR	Roczna stopa wzrostu (ang. <i>Annual growth rate</i>)
AKK	Analiza kosztów i korzyści
BEV	Autobus elektryczny bateryjny (ang. <i>Battery electric vehicle</i>)
CNG	Sprężony gaz ziemny (ang. <i>Compressed Natural Gas</i>)
CUPT	Centrum Unijnych Projektów Transportowych
EE	Energia elektryczna
Euro	Europejski standard emisji spalin (Euro I – Euro VI i planowana Euro VII od 2025 r.)
EV	Pojazd elektryczny (ang. <i>Electric vehicle</i>)
FCEV	Autobus elektryczny z ogniwami paliwowymi (ang. <i>Fuel cell electric vehicle</i>)
FGI	Zogniskowany wywiad grupowy (ang. <i>Focus Group Interview</i>)
FRPA	Fundusz rozwoju przewozów autobusowych
IDI	Pogłębiony wywiad indywidualny (ang. <i>In-depth Interview</i>)
IGKM	Izba Gospodarcza Komunikacji Miejskiej
IMC	Ładowanie pojazdu w ruchu (ang. <i>In motion charging</i>)
JST	Jednostka samorządu terytorialnego
LPG	Skroplony gaz petrochemiczny (ang. <i>Liquified Petroleum Gas</i>)
MFiPR	Ministerstwo Funduszy i Polityki Regionalnej
MOF	Miejski obszar funkcjonalny
NFOŚiGW	Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej
nn	Sieć niskiego napięcia do 1 kV
ON	Olej napędowy

ONC/R	Strategia ładowania pojazdu elektrycznego lub tankowania pojazdu wodorowego w nocy w zajezdni (ang. <i>Overnight charging/refueling</i>)
OPP	Strategia ładowania pojazdu elektrycznego przy okazji obecności infrastruktury ładowania szybkiego lub wolnego (ang. <i>Opportunity charging</i>)
OPZ	Opis Przedmiotu Zamówienia
OSD	Operator systemu dystrybucyjnego
OZE	Odnawialne źródło energii
PEP 2040	Polityka Energetyczna Polski do 2040 roku
PSE	Polskie Sieci Elektroenergetyczne SA
SCT	Strefa czystego transportu
SN	Sieć średniego napięcia od 1 do 60 kV
SRT 2030	Strategia Zrównoważonego Rozwoju Transportu do 2030 roku
SWOT	Analiza polegająca na przedstawieniu silnych stron (ang. <i>strengths</i>), słabych stron (<i>weaknesses</i>), szans (<i>opportunities</i>) i zagrożeń (<i>threats</i>)
SUMP	Plan zrównoważonej mobilności miejskiej (ang. <i>Sustainable Urban Mobility Plan</i>)
WE	Wspólnota Europejska
wzkm	wozokilometr
UE	Unia Europejska
URE	Urząd Regulacji Energetyki



1. Wprowadzenie

1.1. Cel i zakres zadania

Celem zadania było wypracowanie wielokryterialnej prognozy rozwoju zeroemisyjnego, zbiorowego transportu drogowego (autobusy, trolejbusy, tramwaje) w Polsce wraz z rekomendacjami działań legislacyjnych i poza-legislacyjnych dla administracji publicznej i samorządowej, które będą dostosowane do krajowych warunków ekonomiczno-społecznych. Do zadań Wykonawcy należała kwantyfikacja skutków i efektywności implementacji tych działań dla rozwoju i popularyzacji przewozów zbiorowych realizowanych zeroemisyjną flotą.

W celu wypracowania rekomendacji niezbędna była analiza dotychczasowych działań, a także wpływu legislacji na rozwój zeroemisyjnego, zbiorowego transportu drogowego. Niezbędna była również analiza działań i planów jednostek samorządu terytorialnego w zakresie rozwoju transportu zbiorowego, w tym modernizacji taboru autobusowego, trolejbusowego, tramwajowego oraz odpowiedniej infrastruktury.

Wykonawca przedstawił mierniki ekonomiczno-finansowe, społeczne oraz ekologiczne prognozowanych skutków transformacji publicznego transportu zbiorowego w kierunku napędów zeroemisyjnych w Polsce (np. wdrożenie transportu zeroemisyjnego, a uniknięte emisje gazów cieplarnianych i pyłów zawieszonych, wpływ na kształtowanie się negatywnego zjawiska wykluczenia transportowego).

Prace analityczno-prognostyczne związane z Działem koncentrowały się na pojazdach wykorzystujących energię elektryczną oraz wodór. Wzięto pod uwagę szereg kryteriów, które mają wpływ na rozwój zeroemisyjnego, zbiorowego transportu drogowego. W opracowaniu przedstawiona została prognoza scenariuszowa rozwoju publicznego zbiorowego transportu zeroemisyjnego. Przygotowana prognoza ma charakter wielokryterialny i uwzględnia np. opłacalność technologii napędowej (paliwa konwencjonalne vs napędy zeroemisyjne), wzrost/spadek cen komponentów, wzrost/spadek cen nośników energii, możliwości finansowe podmiotów odpowiedzialnych za organizację transportu publicznego, funkcjonowanie lub brak programów wsparcia, zmiany legislacyjne na poziomie UE, strategiczne kierunki zmian mające na celu zwiększenie udziału transportu zbiorowego w przewozach, a także wprowadzane przez samorzady instrumenty mające na celu poprawę jakości powietrza (strefa Tempo 30, Strefa czystego transportu (dalej: SCT), ograniczenia w ruchu), działania nastawione na zmiany nawyków użytkowników transportu.

Wykonawca zaprezentował możliwe ścieżki rozwoju zbiorowego transportu zeroemisyjnego, czyli transportu polegającego na zaspokajaniu potrzeb przewozowych na obszarze zurbanizowanym, zarówno w obrębie miasta, jak i stref podmiejskich.

Wykonawca przedstawia prognozę rozwoju usług zeroemisyjnego transportu zbiorowego metodą scenariuszową, którą można rozumieć w sposób następujący - scenariusz bazowy prezentuje rozwój floty pojazdów z napędem elektrycznym oraz wodorowym oraz komplementarnej infrastruktury do ich ładowania bądź tankowania uwzględniając status quo obecnego systemu wsparcia publicznego; inne scenariusze zakładają wdrożenie nowych, zaproponowanych przez Wykonawcę rozwiązań legislacyjnych i poza legislacyjnych lub inne, wybrane kryteria.

Dla każdego ze scenariuszy określone zostało prawdopodobieństwo jego zaistnienia. Przy wypracowaniu scenariuszy uwzględnione zostały dokumenty strategiczne oraz wytyczne kierunkowe UE.

1.2. Struktura analizy

Analiza ma strukturę opartą na wymogach Zamawiającego, określonych w Opisie Przedmiotu Zamówienia.

Rozdział 2 zawiera syntetyczny opis koncepcji metodycznej wykonania dzieła. Przywołano w nim generalną koncepcję badania oraz zestawiono wszystkie pytania badawcze, na które odpowiedział Wykonawca.

W rozdziałach 3-6 skupiono się na odpowiedzi na postawione pytania badawcze w podziale na 4 obszary zeroemisyjnego transportu zbiorowego: Ustalenie stanu obecnego, Wdrożenie i eksploatację, Model ekonomiczno-finansowy, społeczny i ekologiczny oraz Prognozę rozwoju zeroemisyjnego transportu zbiorowego.

Rozdział 7 zawiera wnioski i rekomendacje wynikające z Analizy. Główne rekomendacje przedstawiono w postaci tabelarycznej wraz z teorią zmiany. Następnie zawarto pozostałe wnioski.

Na samym końcu opracowania umieszczono spis tabel i rysunków oraz listę załączników.

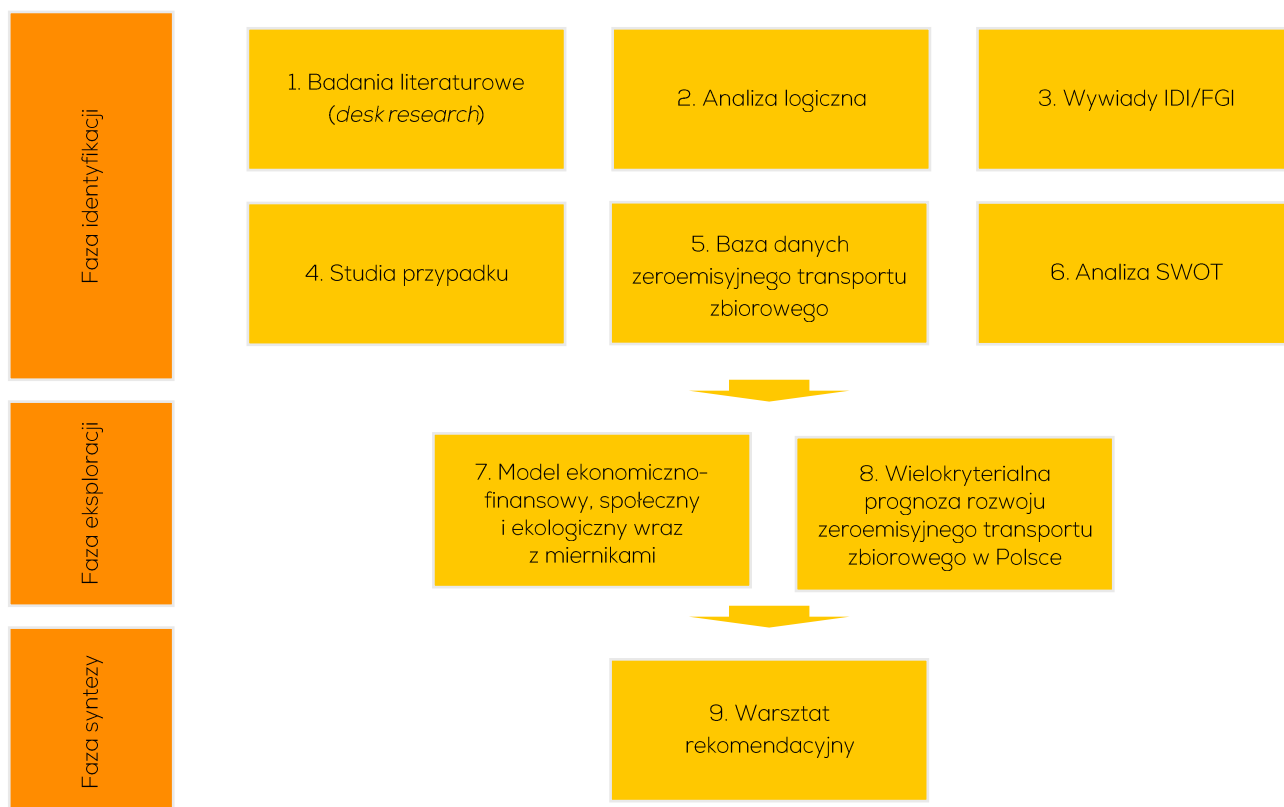
2. Syntetyczny opis metodyki wykonania dzieła

2.1. Generalna koncepcja

Prace rozpoczęły się od przygotowania Raportu metodycznego, zawierającego w szczególności informacje nt. identyfikacji i zdefiniowania problemów badawczych, metod badawczych, organizacji pracy badawczej, w tym opis podziału zadań i odpowiedzialności wszystkich członków Zespołu Badawczego. Przygotowane zostały też projekty narzędzi badawczych, m.in. ankiet czy scenariusz wywiadów IDI/FGI. Na końcu prac nad Analizą, metodykę uzupełniono o opis wykonania poszczególnych metod badawczych. Raport metodyczny stanowi Załącznik 1 do Analizy.

Ogólna koncepcja wykonania Analizy przewidywała podzielenie procesu na 3 fazy (por. Rysunek 1).

Rysunek 1. Ogólna koncepcja wykonania Analizy.



Źródło: opracowanie własne.

W pierwszej fazie – identyfikacji – przeprowadzone zostały:

- Badania literaturowe (*desk research*) - obejmujące analizy, badania i inne dokumenty dotyczące rozwoju zeroemisyjnego transportu zbiorowego. Przegląd obejmował m.in. akty prawne, dokumenty strategiczne, analizy/badania, wytyczne i pakiety narzędziowe. Metoda pozwoliła określić m.in. stan obecny zeroemisyjnego transportu zbiorowego oraz określiła wytyczne kierunkowe UE w zakresie dalszego jego rozwoju.

- Analiza logiczna – w formie schematu logicznego zaprezentowany został idealny, czyli zakładany dotychczas przebieg rozwoju zeroemisyjnego transportu zbiorowego w Polsce. Model logiczny składa się z następujących elementów: przesłanki, plan wdrażania, mechanizm i oczekiwana zmiana.
- Wywiady IDI/FGI – z jednostkami samorządu terytorialnego, w tym z operatorami transportu zbiorowego oraz przedstawicielami producentów rozwiązań (łącznie 7 wywiadów), na temat dotychczasowych doświadczeń z rozwoju i promocji zeroemisyjnego transportu zbiorowego. W czasie wywiadów poszukiwane były bariery i szanse dla jego dalszego rozwoju.
- Studia przypadku – przeprowadzone zostały w miastach osiągających ponadprzeciętne rezultaty przy wdrażaniu zeroemisyjnego transportu zbiorowego. Wybrano 4 miasta polskie – Jaworzno (autobusy elektryczne), Gdynię (autobusy elektryczne i trolejbusy), Toruń (tramwaj na JAR) i Warszawę (autobusy elektryczne i tramwaj na Winnicę oraz Wilanów) oraz 1 obszar zagraniczny – Hamburg. Studia ukierunkowane były m.in. na określenie kluczowych czynników sukcesu. Rozważane były kwestie techniczne, organizacyjne, promocyjne i ekonomiczne wdrożenia transportu zeroemisyjnego. Studia przypadku stanowią Załącznik 3 do Analizy.
- Baza danych zeroemisyjnego transportu zbiorowego – zbudowana została z dwóch elementów. Pierwszy z nich - ankieta do operatorów zeroemisyjnego transportu zbiorowego – ukierunkowana była na zebranie danych wejściowych do modeli realizowanych w fazie drugiej analizy, m.in. w zakresie analiz ekonomicznych, finansowych czy prognozy rozwoju floty taboru. Istotnym, oczekiwanym wsadem były rzeczywiste koszty stałe i zmienne eksploatacji taboru zeroemisyjnego (Załącznik 4 do Analizy). Ankieta rozesłana została do 28 operatorów eksploatujących tabor zeroemisyjny. Druga z nich – baza pojazdów w miastach powyżej 100 tys. mieszkańców – pozwoliła oszacować liczbę pojazdów zeroemisyjnych dostępnych dziś u operatorów w skali całości eksploatowanego taboru oraz wspomogła analizę dojścia do celu wyłącznie zeroemisyjnej floty autobusowej w tej grupie miast (Załącznik 5 do Analizy).
- Analiza SWOT – stanowi podsumowanie pierwszej fazy prac, wskazując silne strony (ang. *Strengths*), słabe strony (*weaknesses*), szanse (*opportunities*) i zagrożenia (*threats*) w rozwoju zeroemisyjnego transportu zbiorowego w Polsce.

W drugiej fazie – eksploracji – przygotowane zostały:

- Model ekonomiczno-finansowy, społeczny i ekologiczny wraz z miernikami (Załącznik 6 do Analizy) – zawierający m.in. koszt wymiany taboru oraz budowy odpowiedniej infrastruktury wraz z uwzględnieniem programów wsparcia, koszt energii elektrycznej/wodoru potrzebny do funkcjonowania tej gałęzi transportu w porównaniu z konwencjonalnymi paliwami, koszt szkoleń kierowców zatrudnionych w sektorze transportu publicznego, liczbę pasażerów korzystającą z danego środka transportu, wpływ rozwoju transportu publicznego zeroemisyjnego na emisje szkodliwych substancji etc. Celem modelu było m.in. wyznaczenie

warunków samofinansowania się przedsięwzięć w zakresie zeroemisyjnego transportu zbiorowego, a także określenie pożądanego poziomu wsparcia środkami zewnętrznymi, by osiągać oczekiwane rezultaty.

- Wielokryterialna prognoza rozwoju zeroemisyjnego transportu zbiorowego w Polsce (Załącznik 8 do Analizy) – wraz z oceną prawdopodobieństwa zdarzenia, zawiera 3 scenariusze rozwoju: status quo wynikający z obecnego systemu wsparcia rządowego i unijnego; scenariusz zgodny z SRT 2030, dla którego najważniejszym kryterium jest 30% wzrost liczby pasażerów transportu zbiorowego w Polsce oraz scenariusz pośredni. Dodatkowo w prognozie oszacowany został rok dojścia do wyłącznie zeroemisyjnej floty transportu zbiorowego w miastach powyżej 100 tys. mieszkańców.

W trzeciej fazie – syntezy – przeprowadzono warsztat rekomendacyjny. Wzięli w nim udział m.in. przedstawiciele Ministerstw powiązanych z wdrażaniem transportu zeroemisyjnego (Klimatu i Środowiska oraz Funduszy i Polityki Regionalnej), eksperci z dziedziny transportu oraz przedstawiciele organizatorów i operatorów transportu zbiorowego. Przed spotkaniem uczestnicy otrzymali do zapoznania się i weryfikacji opracowane w ramach analizy założenia dla modeli i prognozy. W czasie spotkania dyskusja skupiła się na dyskusji nad rezultatami analizy oraz proponowanymi rekomendacjami zmian. Warsztat przeprowadzono 10 października w formule online i wzięło w nim udział 14 osób, w tym 12 osób spoza zespołu Wykonawcy.

Równocześnie, w czasie realizacji poszczególnych faz, przygotowywane były produkty końcowe analizy: dzieło w zakresie Analizy rozwoju zeroemisyjnego, zbiorowego transportu drogowego w Polsce oraz Prezentacja multimedialna, przedstawiająca istotne elementy Dzieła w sposób graficzny (Załącznik 9). Zostały one dostarczone Zamawiającemu w terminie 13 tygodni od dnia zawarcia Umowy.

2.2. Pytania badawcze

Pytania badawcze miały na celu ustrukturyzować prace nad Analizą i wskazać priorytetowe problemy badawcze, które Wykonawca przed sobą postawił. Pytania poruszały tematykę rzeczywistych potrzeb i preferencji użytkowników, pozwoliły zrozumieć działania i procesy zachodzące w czasie rozwoju zeroemisyjnego transportu zbiorowego, a odpowiedzi na nie zidentyfikowały czynniki wpływające na występowanie badanych zjawisk. Były one kluczowe dla właściwego przeprowadzenia Analizy i pozyskania wartościowych informacji oraz pozwoliły wyciągnąć wnioski i wypracować rekomendacje. Analiza zawiera odpowiedzi na wszystkie niżej wymienione pytania badawcze.

Obszar 1. Ustalenie stanu obecnego

1. Jaki jest obecny stan zeroemisyjnego, drogowego transportu zbiorowego w Polsce?
2. W jakim stopniu obecnie rozwój zeroemisyjnego transportu zbiorowego w Polsce spełnia wymagania i wytyczne kierunkowe UE?

3. Jakie działania dotychczas podejmowały JST oraz rząd na rzecz rozwoju i promocji zeroemisyjnego, zbiorowego transportu drogowego oraz modernizacji taboru spalinowego na zeroemisyjny, wraz z budową odpowiedniej infrastruktury?
4. Jakie są mocne i słabe strony zeroemisyjnego transportu zbiorowego w Polsce oraz jakie są szanse i zagrożenia dla jego dalszego rozwoju?

Obszar 2. Wdrożenie i eksploatacja zeroemisyjnego transportu zbiorowego

5. Jakie wyzwania techniczne i organizacyjne stoją przed wdrożeniem i eksploatacją zeroemisyjnego transportu zbiorowego?
6. Jakie są kluczowe czynniki sukcesu wdrożenia i eksploatacji zeroemisyjnego transportu zbiorowego?

Obszar 3. Model ekonomiczno-finansowy, społeczny i ekologiczny

7. Jakie są koszty i korzyści ekonomiczne wdrożenia zeroemisyjnego transportu zbiorowego?
8. Pod jakimi warunkami i w jakich okolicznościach pojazdy zeroemisyjne są bardziej opłacalne od pojazdów konwencjonalnych?
9. Jaki jest bilans kosztów i korzyści energii, w tym energii odnawialnej?
10. Czy należy wymagać od beneficjentów realizacji przewozów zeroemisyjnym taborem przy użyciu zakontraktowanej zielonej energii?
11. Jakimi kryteriami powinny kierować się samorządy przy wyborze środka zeroemisyjnego transportu zbiorowego (autobus bateryjny lub wodorowy, trolejbus, tramwaj)?
12. Jakie modele i źródła finansowania są najskuteczniejsze dla inwestycji w infrastrukturę i tabor zeroemisyjnego transportu zbiorowego w Polsce?
13. Jaki jest krytyczny poziom dofinansowania zewnętrznego, by eksploatacja autobusu elektrycznego była efektywna ekonomicznie (dla społeczeństwa) i finansowo (dla operatora)?
14. Jakie powinny być mierniki ekonomiczno-finansowe, społeczne oraz ekologiczne prognozowanych skutków transformacji publicznego transportu zbiorowego w kierunku napędów zeroemisyjnych w Polsce?

Obszar 4. Wypracowanie rekomendacji na bazie prognozy rozwoju zeroemisyjnego transportu zbiorowego

15. Jakie powinny być cele rozwoju zeroemisyjnego transportu zbiorowego w Polsce?
16. Jakie są możliwe ścieżki rozwoju zeroemisyjnego transportu zbiorowego?
17. Jakie nowe rozwiązania legislacyjne lub inne należy wdrożyć by stworzyć korzystne warunki do rozwoju zeroemisyjnego transportu zbiorowego?
18. Jakie kroki powinny zostać podjęte przez samorządy lokalne, aby przyspieszyć wdrożenie zeroemisyjnego transportu zbiorowego?
19. Jakie innowacyjne rozwiązania mogą przyspieszyć rozwój zeroemisyjnego transportu zbiorowego w Polsce?



20. W jaki sposób rozwijać zeroemisyjny transport zbiorowy, tak by doprowadzić nie tylko do realizacji celów klimatycznych UE, ale też oczekiwanego wzrostu liczby pasażerów transportu publicznego w Polsce, zakładanego w SRT 2030?

3. Obszar I. Ustalenie stanu obecnego

3.1. Stan obecny

Odpowiedź na pytanie:

Pyt. 1. Jaki jest obecny stan zeroemisyjnego, drogowego transportu zbiorowego w Polsce?

DESK RESEARCH

W 2017 roku w polskich miastach było ok. 12 tys. autobusów miejskich, ok. 3 tys. tramwajów oraz ok. 200 trolejbusów. 502 autobusy posiadały napęd alternatywny (gazowy, hybrydowy lub elektryczny)¹. Wszystkie tramwaje i trolejbusy posiadały napęd elektryczny.

Na potrzeby niniejszej analizy jako **pojazdy zeroemisyjne** uznane zostały autobusy elektryczne (zamiennie określane też bateryjnymi), autobusy wodorowe, trolejbusy oraz tramwaje. Ich zeroemisyjność w Polsce jest jednak uzależniona od systemu energetycznego lub sposobu pozyskiwania wodoru, do czego odwołania przedstawione zostaną w kolejnych rozdziałach opracowania. Pojazdy te zazwyczaj są zeroemisyjne w miejscu wykonywania przewozu, z wyjątkiem okresu zimowego, kiedy znaczna część autobusów elektrycznych dogrzewana jest olejem napędowym spalonym w agregacie grzewczym.

Z kolei jako **pojazdy niskoemisyjne** uznane zostały wszelkie pozostałe pojazdy z napędami alternatywnymi – w Polsce są to autobusy spalinowe zasilane gazem LNG albo CNG oraz autobusy hybrydowe (z napędem spalinowo-elektrycznym). Dominującym rodzajem napędu w autobusach komunikacji miejskiej wciąż jest jednak silnik spalinowy zasilany olejem napędowym (ON), czyli **pojazd emisyjny**.

Autobusy zeroemisyjne w polskich miastach wdrażane są do eksploatacji od 2015 roku, czyli od 8 lat. Jako pierwsza 2 autobusy elektryczne zamówiła Ostrołęka, natomiast pierwszy dostarczony autobus elektryczny trafił do Jaworzna. Od tego momentu do polskich miast trafiło już ponad 600 autobusów elektrycznych, a największą flotą dysponuje Warszawa (160 pojazdów). Największy udział we flocie autobusów elektrycznych ma Jaworzno (50 e-busów na 70 pojazdów, czyli 70% floty). Między innymi te dwa miasta zostały wybrane do przeprowadzenia studiów przypadku.

Dotychczas wielu już operatorów komunikacji miejskiej w Polsce testowało autobusy wodorowe, jednak od niedawna realizowane są ich dzierżawy czy zakupy. W lipcu 2022 r. MZK Konin jako pierwszy w Polsce operator komunikacji miejskiej rozpoczął 4-letnią dzierżawę autobusu

¹ Załącznik do uchwały nr 105 Rady Ministrów z dnia 24 września 2019 r. – Strategia Zrównoważonego Rozwoju Transportu do 2030 roku (M.P. 2019, poz. 1054).

wodorowego², natomiast we wrześniu 2023 r. kursowanie rozpoczął pierwszy autobus wodorowy zakupiony przez polskiego operatora – MPK Lublin³, niedługo potem premiera eksploatacji autobusu wodorowego miała miejsce w MPK Poznań⁴. Dostawy pojazdów wodorowych trwają m.in. do Rybnika (zamówiono 20 sztuk)⁵ i Poznania (zamówiono 25 sztuk)⁶.

Trolejbusy są obecne w Polsce od wielu lat, do dziś zachowały się tylko 3 z 12 sieci tego środka transportu. Przewozy trolejbusami w Gdyni (od 1943 r.), Lublinie (od 1953 r.) i Tychach (od 1982 r.) są jednak dalej rozwijane. Rozwój technologii taboru zeroemisyjnego, zwiększył zasięg trolejbusów poprzez możliwość jazdy z wykorzystaniem zasilania bateryjnego, bez podłączenia do sieci trakcyjnej i doprowadził do uzyskania elastyczności w ruchu zbliżonej do autobusów. Istotną zaletą trolejbusów jest możliwość ładowania baterii pojazdu w czasie wykonywania kursu z napowietrznej sieci trakcyjnej. Nie zachęciło to jednak samorządów do uruchomienia żadnej nowej sieci trolejbusowej w Polsce.

Na krok elektryfikacji poprzez budowę sieci trolejbusowej zdecydowała się np. stolica Czech - Praga⁷. Obecnie trwa elektryfikacja linii do portu lotniczego, połowa jej trasy ma przebiegać wraz z siecią trakcyjną, a na pozostałych odcinkach trolejbusy będą kursować na zasilaniu bateryjnym. Do obsługi linii zakupiono 20 innowacyjnych i pojemnych dwuprzegubowych trolejbusów (o długości 24,7 m i pojemności 230 pasażerów) budowanych w konsorcjum firm Solaris i Skoda⁸. Od listopada 2023 r. pierwszy pojazd będzie testowany, a dostawy mają zakończyć się w lutym 2024 r. Sumarycznie,

² T. Klyta, Konin już z wodorowym autobusem. To pierwsze takie miasto w Polsce, <https://www.portalsamorzadowy.pl/gospodarka-komunalna/konin-juz-z-wodorowym-autobusem-to-pierwsze-takie-miasto-w-polsce,388817.html>, data artykułu: 4.07.2022 r., data dostępu: 25.09.2023 r.

³ Lublin: Autobus wodorowy już na ulicach miasta, <https://samorząd.pap.pl/klub-samorzadowy/lublin/kategoria/aktualnosci/lublin-autobus-wodorowy-juz-na-ulicach-miasta>, data artykułu: 06.09.2023 r., data dostępu: 25.09.2023 r.

⁴ Autobusy wodorowe wyjeżdżają na ulice Poznania, <https://www.poznan.pl/mim/info/news/autobusy-wodorowe-wyjezdzaja-na-ulice-poznania,213193.html>, data artykułu: 22.09.2023 r., data dostępu: 2.10.2023 r.

⁵ Rybnik odebrał już pierwsze miejskie autobusy wodorowe, <https://www.portalsamorzadowy.pl/gospodarka-komunalna/rybnik-odebral-juz-pierwsze-miejskie-autobusy-wodorowe,485433.html>, data artykułu: 30.08.2023 r., data dostępu: 25.09.2023 r.

⁶ J. Rösler, MPK Poznań ma pierwszy autobus wodorowy, <https://www.transport-publiczny.pl/wiadomosci/mpk-poznan-ma-pierwszy-autobus-wodorowy-79807.html>, data artykułu: 29.08.2023 r., data dostępu: 25.09.2023 r.

⁷ W. Urbanowicz, Praga rozpoczęła próbną eksploatację pierwszej pełnoprawnej linii trolejbusowej, <https://www.transport-publiczny.pl/wiadomosci/praga-rozpoznala-probna-eksploatacje-pierwszej-linii-trolejbusowej-75692.html>, data artykułu: 18.10.2022 r., data dostępu: 19.04.2023 r.

⁸ W. Urbanowicz, Praga rozpoczyna elektryfikację linii do lotniska dla dwuprzegubowych trolejbusów, <https://www.transport-publiczny.pl/wiadomosci/praga-rozpoznala-eksploatacje-linii-do-lotniska-dla-dwuprzegubowych-trolejbusow-77196.html>, data artykułu: 14.02.2023 r., data dostępu: 19.04.2023 r.

w latach 2023-2025, Praga planuje zamienić w linie trolejbusowe 4 ważne dla sieci połączenia autobusowe⁹.

Zeroemisyjny transport zbiorowy jest obecny w polskich miastach już od końca XIX wieku, kiedy to wprowadzono pierwsze tramwaje elektryczne, zastępując konne. Obecnie funkcjonuje w kraju 15 sieci tramwajowych – większość z nich nieprzerwanie od ponad wieku. Wyjątkiem są tylko sieci w Częstochowie i Olsztynie – pierwszą uruchomiono w 1959 r., a drugą ponownie uruchomiono w 2015 r., po zamknięciu w 1965 r. – ale już w nowym przebiegu odpowiadającym współczesnemu rozwojowi miasta¹⁰. W ciągu ostatnich 70 lat niektóre linie i sieci zostały zamknięte, ale otwierano również nowe, zwłaszcza do nowych, intensywnie zagospodarowanych osiedli bloków wielopiętrowych budowanych w latach 1960-1980. Sieci te borykają się z bolączkami ograniczeń parametrów z czasów ich uruchamiania, np. zbyt małej szerokości tramwajów, ograniczającej ich pojemność i liczbę miejsc siedzących. Ze względu na ogromne koszty wdrożenia komunikacji tramwajowej, nie przewiduje się dziś uruchamiania w Polsce kolejnych sieci w najbliższych latach. Przy okazji budowy nowych lub modernizacji istniejących torowisk dziś istotne jest ich zazielenianie. Wdrażanie zeroemisyjnego transportu ma więc również przynosić dodatni efekt ekologiczny za sprawą nowych powierzchni biologicznie czynnych w miastach (por. Rysunek 2).

Rysunek 2. Zielony tor obsiany rozchodnikiem na nowej trasie tramwajowej przez Popowice we Wrocławiu. Trasa zapewniła alternatywny, względem równoległego korytarza tramwajowego w ul. Legnickiej, dojazd z zachodnich osiedli wielopiętrowych bloków – Pilczyc i Kozanowa – do centrum.



Autor: Mirosław Czerliński.

⁹ W. Urbanowicz, Praga oczekuje na 24-metrowe trolejbusy i przygotowuje kolejne linie, <https://www.transport-publiczny.pl/wiadomosci/praga-oczekuje-na-24metrowe-trolejbusy-i-przygotowuje-kolejne-linie-80237.html>, data artykułu: 30.09.2023 r., data dostępu: 30.09.2023 r.

¹⁰ W. Górniewicz, Transport tramwajowy w Polsce – funkcjonowanie i organizacja, Urban Development Issues, 2020, nr 66.

Po przystąpieniu Polski do Unii Europejskiej w 2004 r. transport zbiorowy podlega intensywnej modernizacji, aby zapewnić nisko- lub zeroemisyjne dostępne rozwiązania w zakresie mobilności. Wymiana taboru autobusowego, tramwajowego i trolejbusowego oraz rozbudowa sieci metra, tramwajów i trolejbusów przyspieszyła po ponad dwóch dekadach stagnacji i spadku liczby pasażerów. Polska ma nadal stosunkowo wysoki udział podróży transportem publicznym w swoich miastach, zwłaszcza dużych, ze względu na gęstą urbanizację. W Warszawie ok. 55% podróży obowiązkowych odbywa się transportem zbiorowym¹¹. W mniejszych miastach udział transportu publicznego jest niższy i maleje, ale nadal pozostaje wysoki w porównaniu z innymi miastami Europy.

Przyjęta w 2013 r. rządowa Strategia Rozwoju Transportu do 2020 r. (z perspektywą do 2030 r.), jako cel strategiczny określała wzrost wartości wskaźnika „liczba przewozów pasażerskich w przeliczeniu na 1 mieszkańca obszarów miejskich w Polsce” z wartości 174,5 w roku bazowym 2008 do 226,8 w 2020 r., czyli o 30%¹². Wskaźnik ten został powtórzony w Programie Operacyjnym Infrastruktura i Środowisko 2014–2020, ale ze względu na nieco inne lata odniesienia wartość bazową określono na 167,1 (w 2011 r.), a docelową – na 206,0 (po realizacji programu, czyli zapewne w 2022 r.), czyli na poziomie ponad 23% wyższym¹³.

W przyjętej w 2019 r. Strategii Zrównoważonego Rozwoju Transportu do 2030 r. doprecyzowano nazwę wskaźnika jako „liczbę przewozów pasażerskich komunikacją miejską w przeliczeniu na 1 mieszkańca obszarów miejskich” i założono jako cel strategiczny wzrost tego wskaźnika ze 171 w 2016 r. do 220 w 2030 r., czyli o ponad 28,5%. Innymi słowy, chociaż jeszcze przed pandemią COVID-19 widać było, że w poprzedniej perspektywie finansowej nie osiągnięto zakładanego wzrostu liczby pasażerów o 30%, odnotowano bowiem wręcz lekki spadek, to nie przeanalizowano przyczyn tego stanu rzeczy, nie wyciągnięto wniosków i po prostu po raz kolejny, trzeci już, postawiono ambitny cel na przyszłość. Ponadto w Strategii założono wzrost udziału autobusów elektrycznych i gazowych we flotach komunikacji miejskiej z 4,2% w 2017 r. do 16% w 2030 r.¹⁴.

Wzrost cen surowców energetycznych i ograniczony dostęp do tych pochodzących z Rosji, o ile tendencje te pozostaną trwałe, przemawiają za budową konkurencyjności i rozbudową przepustowości transportu publicznego jako systemu bardziej zasobooszczędnego niż transport indywidualny. Konkurencyjny transport publiczny staje się elementem gospodarki odpornej na

¹¹ Raport nr 2 z Diagnozy zachowań transportowych mieszkańców do „Planu Zrównoważonej Mobilności Miejskiej dla Metropolii Warszawskiej”, Trako sp. j. i PBS sp. z o.o., lipiec 2022 r.

¹² Załącznik do uchwały nr 6 Rady Ministrów z dnia 22 stycznia 2013 r. – Strategia Rozwoju Transportu do 2020 roku (z perspektywą do 2030 roku) (M.P. 2013, poz. 75), s. 86.

¹³ Ministerstwo Funduszy i Polityki Regionalnej, *Program Operacyjny Infrastruktura i Środowisko na lata 2014–2020*, Warszawa 2021, s. 97, https://www.pois.gov.pl/media/99040/POLiS_ver_18_0_23022021.pdf, dostęp: 19.04.2023 r.

¹⁴ Załącznik do uchwały nr 105 Rady Ministrów z dnia 24 września 2019 r. – Strategia Zrównoważonego Rozwoju Transportu do 2030 roku (M.P. 2019, poz. 1054), s. 170.

kryzysy, zwłaszcza zaś energooszczędnej i mniej zależnej od nieodnawialnych zasobów energetycznych¹⁵.

BAZA DANYCH O TRANSPORCIE – AKTUALIZACJA 2023

Do opracowania dołączono bazę danych o transporcie w największych polskich miastach, zrealizowaną w ramach badania ewaluacyjnego VI osi POLiŚ 2014-2020 dla CUPT¹⁶ (Załącznik 2).

Baza ta stanowi źródło informacji o liczbie przewożonych pasażerów w polskich miastach i pozwala skonfrontować uzyskiwane rezultaty z przytoczonymi powyżej celami strategii i programów operacyjnych. Na jej podstawie wyznaczony został wskaźnik liczby pasażerów na 1 mieszkańca miejskich obszarów funkcjonalnych (MOF) oraz pracy eksploatacyjnej na 1 mieszkańca MOF, na których funkcjonuje komunikacja miejska (por. Tabela 1).

Tabela 1. Wskaźniki mobilności obywateli - liczby pasażerów na 1 mieszkańca MOF oraz pracy eksploatacyjnej na 1 mieszkańca MOF - w 2016 i 2022 roku oraz ich procentowa zmiana.

MIASTO / OBSZAR	LICZBA PAS. NA 1 MIESZK. MOF 2016 [PAS./OS.]	LICZBA PAS. NA 1 MIESZK. MOF 2022 [PAS./OS.]	ZMIANA 2016- 2022 [%]	PRACA EKSPL. NA 1 MIESZK. MOF 2016 [WZKM/OS.]	PRACA EKSPL. NA 1 MIESZK. MOF 2022 [WZKM/OS.]	ZMIANA 2016- 2022 [%]
KRAKÓW	357,4	305,3	-14,6	50,6	48,7	-3,8
WARSZAWA	412,8	288,9	-30,0	74,5	69,5	-6,7
POZNAŃ	238,2	206,0	-13,5	35,5	36,2	2,1
SZCZECIN	211	175,3	-16,9	37,7	35,9	-4,8
WROCŁAW	222,9	172,5	-22,6	40,5	48,1	18,7
BYDGOSZCZ	174,3	165,0	-5,4	35,3	34,8	-1,6
ŁÓDŹ	203,4	163,2	-19,8	50,0	45,9	-8,1
OMGGS	170,4	132,1	-22,4	b/d	b/d	b/d
TORUŃ	169	130,8	-22,6	38,5	31,0	-19,4
JAWORZNO	132,5	127,4	-3,9	b/d	b/d	b/d

¹⁵ M. Wolański, Skuteczność interwencji publicznej w zakresie mobilności miejskiej, SGH, Warszawa 2022 r.

¹⁶ M. Wolański, M. Czerliński i inni, Ocena wpływu działań podejmowanych w ramach VI osi POLiŚ 2014-2020 na poprawę płynności i bezpieczeństwa ruchu, integracji i wykorzystania transportu miejskiego, Wolański sp. z o.o. na zlecenie CUPT, 08.2023 r.

MIASTO / OBSZAR	LICZBA PAS. NA 1 MIESZK. MOF 2016 [PAS./OS.]	LICZBA PAS. NA 1 MIESZK. MOF 2022 [PAS./OS.]	ZMIANA 2016- 2022 [%]	PRACA EKSPL. NA 1 MIESZK. MOF 2016 [WZKM/OS.]	PRACA EKSPL. NA 1 MIESZK. MOF 2022 [WZKM/OS.]	ZMIANA 2016- 2022 [%]
GORZÓW WLKP.	138,6	126,7	-8,6	32,2	3,0	-6,9
ZIELONA GÓRA	112,4	107,7	-4,2	24,8	23,9	-3,5
GZM	107	104,8	-2,1	31,4	43,0	37,1
OPOLE	57,6	58,8	1,9	15,5	18,4	18,7
ŚREDNIO	165,8	139,1	-12,8	-	-	1,8

Źródło: opracowanie własne na podstawie badania VI osi POliŚ 2014-2020.

Średnio pasażerów w komunikacji miejskiej na 1 mieszkańca obszarów miejskich ubyło w badanych miastach o 13%, a wartość wskaźnika spadła z 165,8 do 139,1 – była ona dużo mniejsza niż cel POliŚ 2014-2020 (206,0). Praca eksploatacyjna w tym samym okresie wzrosła jednak średnio o prawie 2%. Spadek liczby pasażerów w 2022 roku jednak był wyjaśniany brakiem powrotu do sytuacji sprzed pandemii i upowszechnieniem pracy zdalnej.

Docelową wartość wskaźnika liczby przewozów pasażerskich w przeliczeniu na 1 mieszkańca obszarów miejskich, którą w ramach POliŚ 2014-2020 określono na 206,0; osiągnięto tylko w trzech obszarach miejskich – Krakowie (305,3), Warszawie (288,9) i Poznaniu (206,0). Pozostałe miasta odnotowały wartości wskaźnika dużo mniejsze od wartości docelowej. Względnie największy spadek liczby pasażerów w przeliczeniu na mieszkańca MOF odnotowała Warszawa (-30%), natomiast przyrost – Stargard (12%). Z grupy miast średnich największy przyrost uzyskało Opole (o 2%).

Dane z powyżej wspomnianego badania wykazały, że liczba pasażerów przewożonych w komunikacji miejskiej jest powiązana z pracą eksploatacyjną, wykonywaną w tej komunikacji. Ponadto, działania obserwacji potoków pasażerskich, dostosowania rozkładów jazdy do nich oraz integracji transportu miejskiego i regionalnego mogą przynosić nadzwyczajne efekty wzrostu liczby przewożonych pasażerów. Komunikacja miejska w Wejherowie była takim obszarem, na którym uzyskano nadzwyczajne efekty wzrostu liczby pasażerów (+103%), poprzez niewielki wzrost pracy eksploatacyjnej (+11%) w przeliczeniu na mieszkańca.

Zagadnienie to jest istotne w kontekście rozwoju transportu zeroemisyjnego i zwiększania efektywności ekonomicznej jego funkcjonowania.

BAZA DANYCH O POJAZDACH

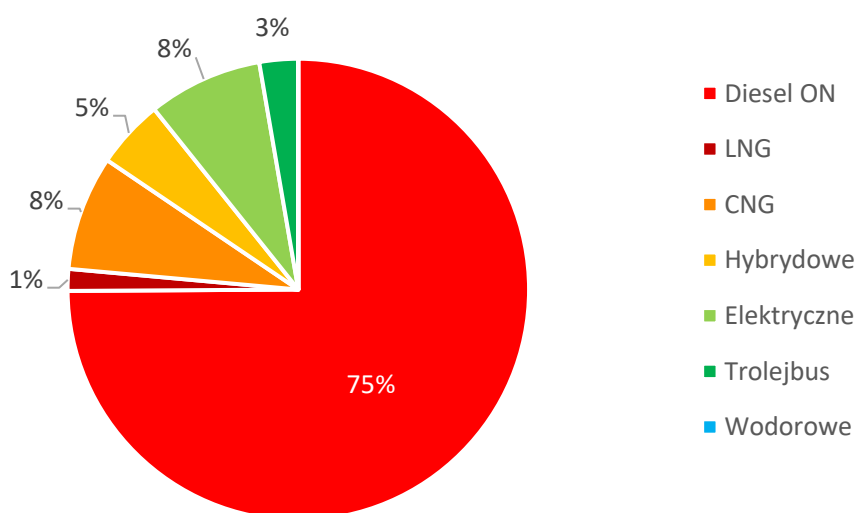
Około 2/3 autobusów komunikacji miejskiej eksploatowanych jest w miastach o ludności przekraczającej 100 tys. mieszkańców. Największe wyzwania wymiany taboru na zeroemisyjny przypisane zostały również tej grupie miast w ramach Polityki Energetycznej Polski do 2040 roku (por. rozdział 3.3). Z tego powodu szczegółowo przeanalizowano strukturę flot autobusów i trolejbusów eksploatowanych w tej grupie miast.

Na dzień 31 grudnia 2022 roku w Polsce było 37 miast, które miały ponad 100 tys. mieszkańców. Najmniejsze z nich to Wałbrzych (101 857 mieszkańców), a największe Warszawa (1 861 975 mieszkańców)¹⁷. Wśród 37 miast znalazło się 5, które nie posiadały własnego operatora komunikacji miejskiej – wszystkie były miastami Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii - a komunikacja na ich terenie organizowana była przez Zarząd Transportu Metropolitalnego i obsługiwana m.in. przez spółki PKM z Katowic, Sosnowca, Tychów lub Gliwic. W związku z tym analizę struktury taborowej przygotowano dla 32 miast.

Na dzień 30 czerwca 2023 roku w ogóle badanych miast w eksploatacji było 8248 autobusów i trolejbusów, z czego 75% stanowiły pojazdy z silnikiem diesla na olej napędowy, 14% niskoemisyjne oraz 11% - zeroemisyjne (por. Rysunek 3).

Na koniec czerwca 2023 r. eksploatowano 661 autobusów elektrycznych, 1 autobus wodorowy i 223 trolejbusy. Największy udział pojazdów zeroemisyjnych we flotach badanej grupy miast osiągnięto w Zielonej Górze (64,7%), Gdyni (41,2%) i Lublinie (35,7%).

Rysunek 3. Struktura napędowa taboru autobusowego i trolejbusowego komunikacji miejskiej w polskich miastach o ludności powyżej 100 tys. mieszkańców – stan na 30 czerwca 2023 r.



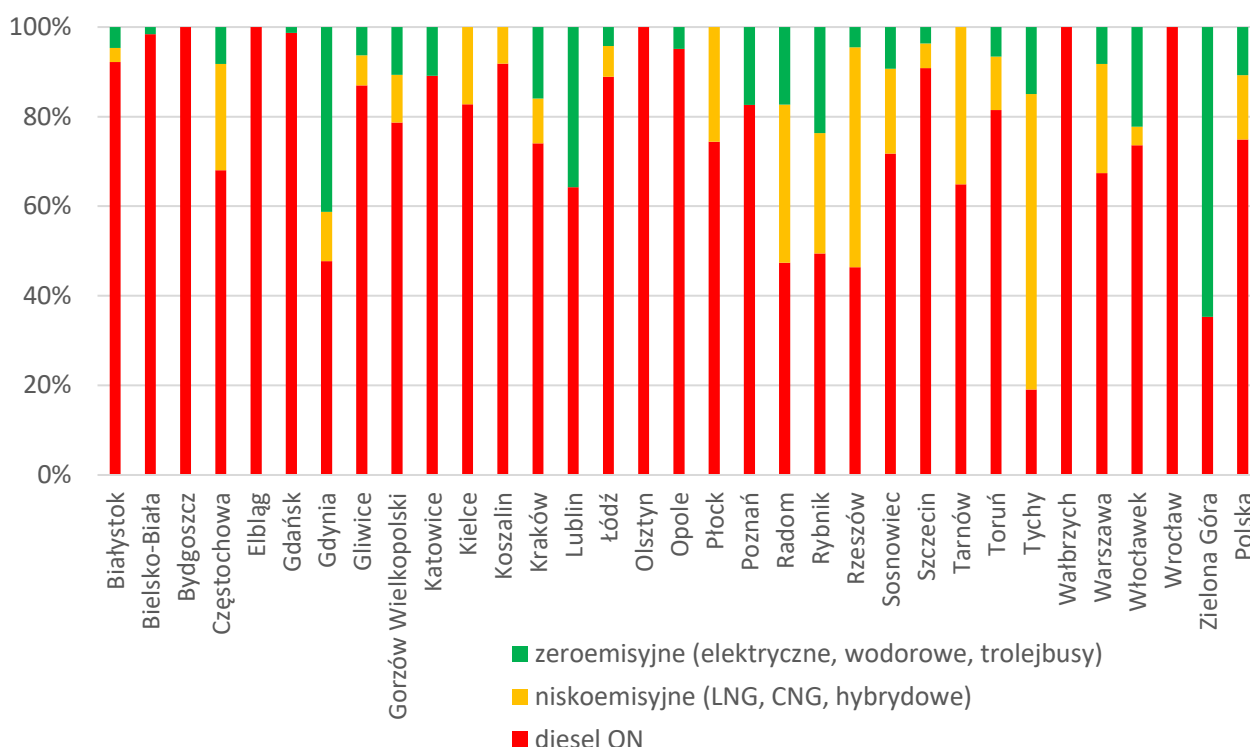
Źródło: opracowanie własne.

¹⁷ Bank Danych Lokalnych GUS, <https://bdl.stat.gov.pl/bdl/start>, data dostępu: 1.09.2023 r.

Należy też zauważyć, że część miast zdecydowanie postawiła na rozwój floty niskoemisyjnej, kupując autobusy zasilane gazem lub hybrydowe (Tychy – 66,0% taboru; Rzeszów – 49,1%; Radom – 35,3%; Tarnów – 35,1%).

Mimo udziału 14,4% autobusów niskoemisyjnych i 10,7% zeroemisyjnych w średniej dla wszystkich analizowanych podmiotów, w 5 miastach nie wprowadzono jeszcze do eksploatacji żadnego autobusu zero- czy niskoemisyjnego (Bydgoszcz, Elbląg, Olsztyn, Wałbrzych i Wrocław), a w kolejnych 4 miastach nie kursują jeszcze autobusy zeroemisyjne (Kielce, Koszalin, Płock i Tarnów) – por. Rysunek 4.

Rysunek 4. Udział pojazdów zero- i niskoemisyjnych oraz diesla ON w podziale na badane miasta.



Źródło: opracowanie własne.

Najwięcej elektrobusesów i trolejbusów w Polsce dostarczyła firma Solaris - odpowiednio 501 i 169 sztuk. Pozostałe występujące marki pojazdów zeroemisyjnych to: Ursus (54 elektrobusesów i 53 trolejbusy), Mercedes-Benz (28 elektrobusesów i 1 trolejbus), Volvo (28 elektrobusesów), Autosan (16 elektrobusesów), MAN (13 elektrobusesów), Yutong (13 elektrobusesów), K-Bus (5 elektrobusesów) i Karsan (3 elektrobusesy).

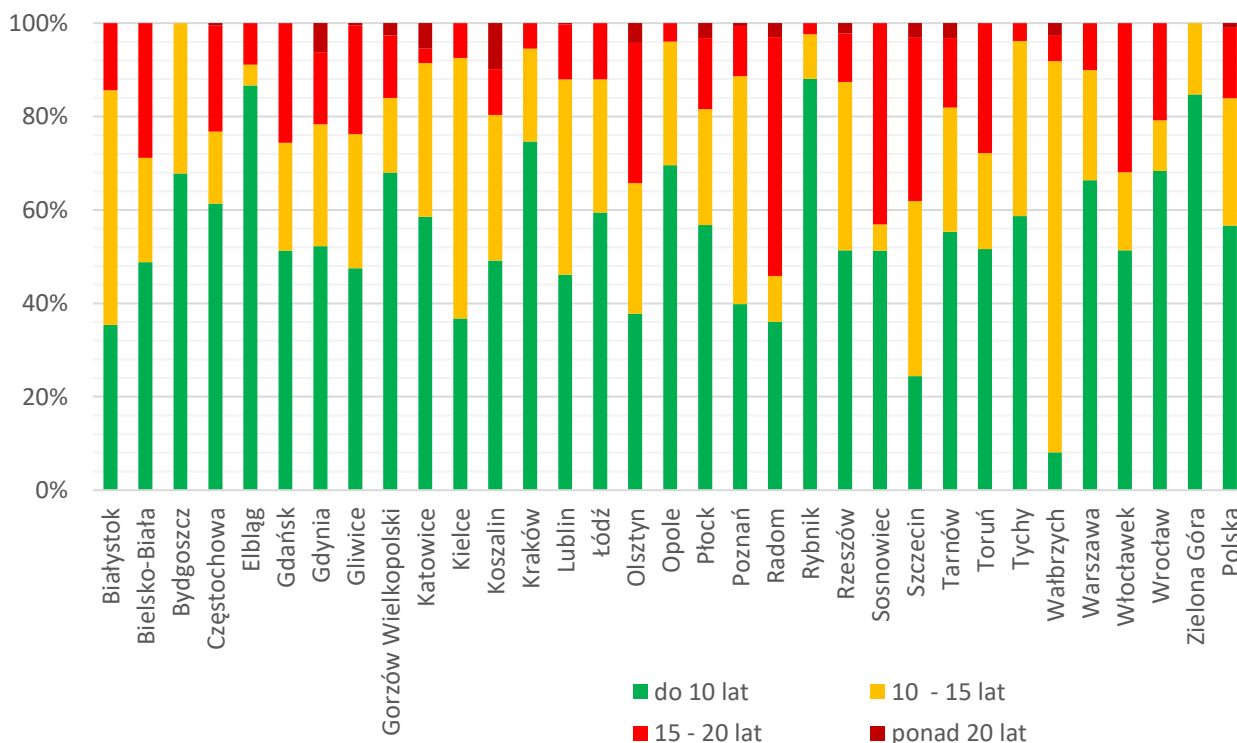
Najliczniej występujące w miastach powyżej 100 tys. mieszkańców modele autobusów elektrycznych to: Urbino 12 i Urbino 18 IV generacji (odpowiednio 246 i 249 pojazdów). Wśród trolejbusów zdecydowanie największą grupę pojazdów stanowi model Trollino 12 III generacji (127 trolejbusów).

Średnia wieku wszystkich autobusów i trolejbusów w miastach powyżej 100 tys. mieszkańców wyniosła natomiast 8,6 lat. Najstarsze były autobusy z silnikiem diesla (9,8 lat), następnie trolejbusy (8,8 lat) autobusy zasilane CNG i hybrydowe (odpowiednio 5,9 i 4,9 lat), później pojazdy elektryczne (2,6 lat), zasilane LNG (2,5 lat) i wodorowe (0 lat – jeden pojazd z 2023 roku). Niska średnia wieku autobusów zasilanych skroplonym gazem ziemnym (LNG) spowodowana jest małą popularnością takiego taboru w Polsce. Większość autobusów LNG (125 sztuk) została wyprodukowana dla Warszawy w latach 2014-15 i 2022-23. Autobusy wodorowe są nowym rozwiązaniem i są dopiero wprowadzane do eksploatacji liniowej w dużych miastach.

Najwyższą średnią wieku taboru posiadali przewoźnicy ze Szczecina – 12,4 lat; Radomia – 11,9 lat i Olsztyna – 11,4 lat. Najniższą średnią wieku autobusów komunikacji miejskiej odnotowano w Elblągu – 3,9 lat, Rybniku – 5,0 lat, Zielonej Górze – 5,5 lat i Opolu – 6,5 lat.

Najstarsze pojazdy nie przekraczały wieku 25 lat – por. Rysunek 5. Największy udział pojazdów starych (w wieku ponad 15 lat) odnotowano w Radomiu – 54%, Sosnowcu – 43% i w Szczecinie – 38%. Najwięcej nowych pojazdów (do 10 lat) było w Elblągu – 87%, Rybniku – 85%, Zielonej Górze – 85% oraz Krakowie – 75%. Średnio dla wszystkich miast 56% pojazdów zostało wyprodukowane po 2013 roku, a aż 84% nie przekraczało wieku 15 lat.

Rysunek 5. Udział pojazdów ze względu na wiek we flotach przewoźników w badanych miastach.



Źródło: opracowanie własne.

Analizie poddano również tabor tramwajowy w miastach. Na dzień 30 czerwca 2023 roku w Polsce istniało 15 systemów tramwajowych. Sieć istniejąca na terenie Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii funkcjonowała na obszarze kilku miast o ponad 100 tys. mieszkańców (a także mniejszych ośrodków). Ze względu na funkcjonowanie tam jednego przewoźnika (Tramwajów Śląskich), przygotowano zestawienie całego taboru bez podziału na obsługiwane miasta. W bazie danych zdecydowano się także uwzględnić sieć tramwajową w Grudziądzu. Jest to jedyne miasto w Polsce, którego liczba mieszkańców nie przekracza 100 tys. (92,6 tys. mieszkańców na 31 grudnia 2022), posiadające własny system tramwajowy.

Tramwaje podzielono na:

- wagony łączone w składy:
 - solowe – składy łączone z jednoprzestrzennych wagonów czteroosiowych (głównie pojazdy z rodziny 105N i wąskotorowe 805N),
 - dwuczłonowe – wagony z dwoma członami łączonymi przegubem, łączone w składy dwuwagonowe (np. 2×KT4Dt w Szczecinie) lub z doczepami solowymi (np. E1+c3 w Krakowie),
- wagony jednoprzestrzenne (wieloczłonowe pojazdy, które nie są łączone w składy w ruchu liniowym), które podzielono ze względu na długość:
 - do 28 m,
 - od 28 do 33 m,
 - ponad 33 m.

Tramwaje eksploatowane w polskich miastach wyprodukowane były w latach 1960–2023 (w ruchu liniowym na dzień 30 czerwca 2023 nie było starszych pojazdów). Pojazdom, które zostały zmodernizowane, w zależności od ingerencji w strukturę wagonu, jako rok produkcji przypisano rok modernizacji – tak było w przypadku pojazdów modernizowanych przez Modertrans Poznań i oznaczonych jako Moderus Alfa. Tak samo postąpiono z niektórymi modernizowanymi wąskotorowymi wagonami 805N/Na. Taką metodykę przyjęto w przypadku, gdy modernizacja obejmowała cały wagon.

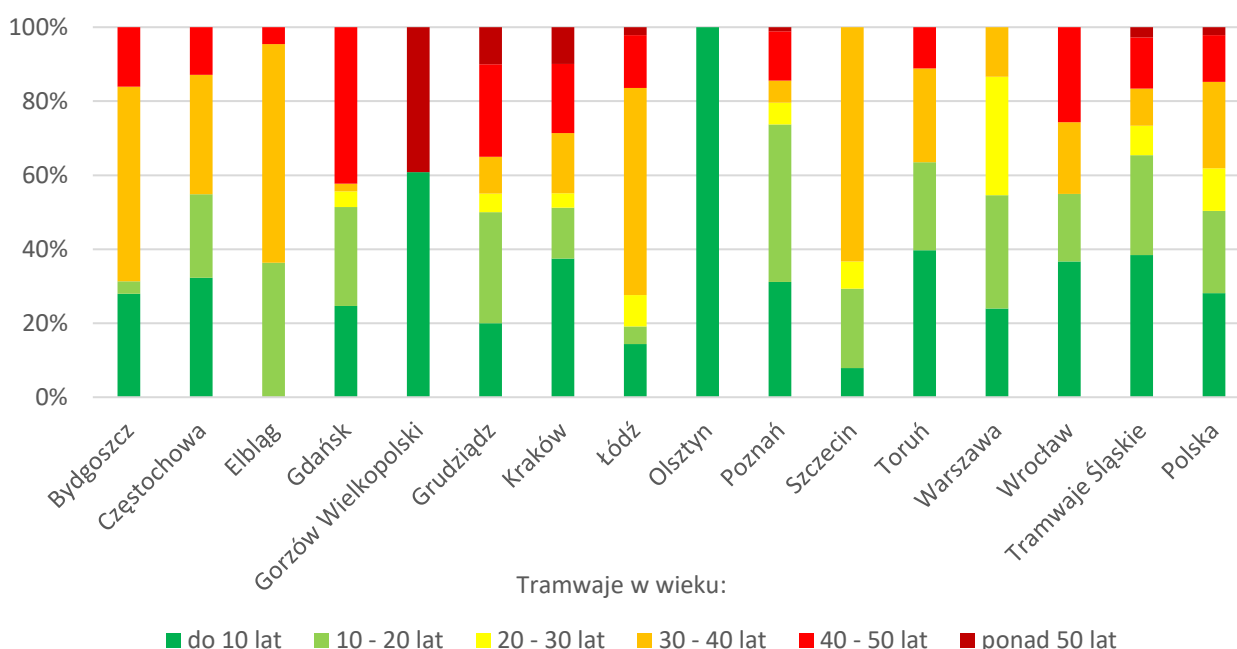
Tak jak w przypadku autobusów, tramwaje wyprodukowane w 2023 roku policzone zostały jako pojazdy w wieku 0 lat. Znacznie wyższym średnim wiekiem pojazdu charakteryzują się wagony łączone w składy (30,9 lat) – spowodowane jest to dużym udziałem w parkach taborowych wagonów z rodziny 105N/Na i 805N/Na w polskich miastach, które produkowane były w latach 70. i 80. XX wieku. Wagony jednoprzestrzenne charakteryzują się znacznie młodszym średnim wiekiem (13,99 lat), który zawyżany jest przez pojazdy o długości do 28 m – głównie ośmioosiowe pojazdy sprowadzone do Polski z Niemiec.

Ogólny średni wiek wagonu tramwajowego w Polsce wynosi 21,8 lat. Najmłodsze wagony kursują w Olsztynie (5,1 lat), ale należy wziąć pod uwagę, że tramwaje w stolicy Warmii i Mazur zostały uruchomione w 2015 roku (po uprzednim zamknięciu sieci w 1965 roku). Drugie

miejsce w tej klasyfikacji zajmuje Warszawa (17,2 lat), a trzecie Poznań (17,6 lat). Najwyższą średnią wieku mają pojazdy eksploatowane w Łodzi (29,0 lat), Bydgoszczy (28,8 lat) i Szczecinie (26,1 lat).

Najstarsze eksploatowane tramwaje miały w 2023 roku 52 lata. Wagony z rodzin 105N/Na i 805N/Na, będące obecnie w wieku 30–40 lat, stanowią 23% pojazdów w Polsce. Widać też znaczne inwestycje taborowe od czasu wstąpienia Polski do Unii Europejskiej – pojazdy w wieku do 20 lat stanowią prawie połowę pojazdów, a w wieku do 10 lat 27,5%. Największy udział ponad 50-letnich wagonów odnotowano w Gorzowie Wielkopolskim – 39% (9 sztuk), Krakowie – 10% (36 sztuk) i Grudziądzu – 10% (2 sztuki). Największy udział pojazdów w wieku do 10 lat, po Olsztynie, w którym wynosi on 100% jest ponownie w Gorzowie Wielkopolskim – 61% (14 sztuk) i Toruniu – 40% (25 sztuk) – por. Rysunek 6.

Rysunek 6. Udział tramwajów we flocie miast w podziale ze względu na wiek.



Źródło: opracowanie własne.

Szczegółowe zestawienia pojazdów zawiera Załącznik 5 do Analizy – Baza danych o taborze w miastach powyżej 100 tys. mieszkańców.

STUDIA PRZYPADKU

Warszawa (autobusy elektryczne)

Na ten moment w obsłudze linii komunikacji miejskiej Warszawy kursują 164 autobusy elektryczne marek Solaris, Ursus, Yutong i MAN, które stanowią 8% wszystkich warszawskich autobusów (w tym 2 autobusy elektryczne KM Łomianki oraz 2 testowe w taborze MZA Warszawa). Jest to obecnie największa flota autobusów elektrycznych w eksploatacji w Polsce, a 130 pojazdów stanowią

autobusy przegubowe (por. Rysunek 7). Tabor w większości wyposażony jest w baterie o niskiej energii 150-208 kWh, co pozwala mu na przejechanie 80-120 kilometrów na jednym ładowaniu.

Rysunek 7. Jeden z 130 autobusów bateryjnych Solaris Urbino 18 Electric, zakupionych w ramach projektu dofinansowanego z Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko 2014-2020.



Autor: Mirosław Czerliński.

Tabor elektryczny przeznaczony jest przede wszystkim do obsługi linii przejeżdżających Traktem Królewskim w Śródmieściu. Autobusy obsługują 13 linii autobusowych, w tym jedną nocną (oraz niektóre brygady linii 750 obsługiwane przez KM Łomianki). Ze względu na małą energię baterii, na terenie miasta rozmieszczono ładowarki sumarycznie na 9 pętlach oraz w 4 zajezdniach. Na pętli Wilanów znajduje się największa stacja ładowania autobusów elektrycznych poza zajezdnią. Znajduje się na niej 6 ładowarek pantografowych o mocy 400 kW każda.

Jaworzno (autobusy elektryczne)

Jaworzno jako jedno z pierwszych miast w Polsce, rozpoczęło eksploatację autobusu elektrycznego w 2015 r. Autobus ten w 2023 r. miał prawie 600 tys. kilometrów przebiegu, czyli w czasie 8 lat pracy średnio rocznie przejeżdżał 75 tys. km.

W taborze operatora liczącym 69 pojazdów jest 50 autobusów elektrycznych, co stanowi ponad 70% eksploatowanych pojazdów. Tabor elektryczny składa się z 49 autobusów Solaris w odmianach Urbino 8,9LE (9 sztuk), Urbino 12 (25 sztuk) i Urbino 18 (15 sztuk) oraz 1 autobusu Yutong ZK6128BEVG electric. Wszystkie autobusy elektryczne wykonały już ponad 16,5 mln wzkm.

Autobusy zeroemisyjne mają za zadanie przejeżdżać jak najwięcej kilometrów, więc 70% taboru realizuje ponad 80% wszystkich kursów w sieci komunikacyjnej. Również wszystkie kursy linii

nocnych obsługiwane są taborem elektrycznym. Rocznie w całej sieci komunikacyjnej PKM Jaworzno wykonuje się 4,6 mln wzkm.

Gdynia (trolejbusy i autobusy elektryczne)

Przedsiębiorstwo Komunikacji Trolejbusowej (PKT) w taborze ma 96 pojazdów, w tym 36 trolejbusów kupionych w ostatnich latach: 14 sztuk Solarisów Trollino 12M, 6 sztuk Trollino 12 Me i 16 sztuk Trollino 18M. Trolejbusy mogą być ładowane podczas jazdy co sprawia, że nie muszą poświęcać czasu na ładowanie na pętłach. Dzięki dużemu momentowi obrotowemu dostępnemu od razu po ruszeniu, pojazdy elektryczne są w stanie pokonywać duże wzniesienia charakterystyczne dla obszaru miasta Gdynia.

Trolejbusy korzystają z sieci trakcyjnej o długości około 87 km i dodatkowo poruszają się po około 18 km dróg bez podłączenia do sieci trakcyjnej. Najdłuższy odcinek pokonywany bez podłączenia do sieci trakcyjnej jest na trasie linii nr 32 i ma długość około 6,2 km. Do zasilenia sieci trakcyjnej służy obecnie 10 podstacji.

Trolejbusy obsługują 15 linii, dodatkowo na 8 liniach autobusowych dziennych oraz 2 nocnych wybrane kursy są obsługiwane trolejbusami. W 2018 trolejbusy przewoziły 21% pasażerów komunikacji miejskiej, udział mógł jednak wzrosnąć ze względu na rozwój komunikacji trolejbusowej.

Autobusy elektryczne eksploatuje Przedsiębiorstwo Komunikacji Autobusowej (PKA), posiadając 16 standardowej długości autobusów Mercedes-Benz e-Citaro oraz 8 przegubowych e-Citaro G. Łącznie w taborze spółki jest 89 autobusów. Na terenach zajezdni autobusy korzystają ze stacji wolnego ładowania, zainstalowano tam dwustanowiskowe ładowarki plug-in Wybudowano również 7 stacji pantografowych szybkiego ładowania wraz z transformatorami na 5 pętłach autobusowych i przystankach końcowych.

Trzecia z miejskich spółek, Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej, przymierza się natomiast do eksploatacji autobusów wodorowych.

Hamburg (autobusy elektryczne)

Miasto już w 2020 roku podjęło decyzję o tym, że kupowany będzie wyłącznie tabor elektryczny. W 2030 roku już cała flota miejska ma być zeroemisyjna. W ramach eksperymentu podjęto się eksploatacji pojazdów elektrycznych wielu marek: MAN, Mercedes-Benz, Solaris i Volvo; zarówno 12- jak i 18-metrowych. Miasto zamówiło również 50 autobusów wodorowych, a część autobusów elektrycznych jest wyposażona w wodorowe extendery zasięgu. W mieście znajduje się najnowocześniejsza zajezdnia autobusowa w Europie, posiadająca zadaszone hale z ładowarkami, mogąca stanowić bazę dla wielu autobusów elektrycznych.

W mieście funkcjonuje również innowacyjna usługa DRT (z ang. *Demand responsive transport* - Transport na żądanie), która indywidualnie przydziela trasy i kursy pasażerom, dążąc do przewozu

jak największej liczby osób w ramach jednego kursu. Wszystkie kursy są obsługiwane zeroemisyjnymi minibusami opartymi na Volkswagencie Crafterze.

Warszawa (tramwaj na Winnicę i Wilanów)

Uruchomienie linii tramwajowej na Winnicę, realizowane w 4 etapach, przez Stare Świdry, Tarchomin Kościelny i Nowodwory, pozwoliło zastąpić w eksploatacji autobusy spalinowe taborem zeroemisyjnym – tramwajowym (39 brygad autobusowych zastąpionych 21 tramwajowymi), ale też autobusowym elektrycznym na linii 518 (12 brygad przekonwertowanych na elektryczne). W sumie daje to wynik o 51 brygad mniej obsługiwanych taborem spalinowym.

Natomiast trasa tramwajowa do Wilanowa na ten moment pozostaje w trakcie budowy. W celu jej obsługi zakupiono składy tramwajowe jedno- i dwukierunkowe Hyundai Rotem – w sumie 123 tramwaje. Część z nich zastąpi wysłużone składy tramwajów wysokopodłogowych na innych liniach, natomiast pozostałe pozwolą zastąpić kursy obsługiwane autobusami. W ramach studium przypadku oszacowano, że w wyniku otwarcia trasy, 3 obecnie kursujące linie (nr 501, 519 i 522), obsługiwane przez 27 autobusów, z czego 23 są autobusami spalinowymi, zostaną zastąpione przez tramwaje.

Toruń (tramwaj na JAR)

Nowa trasa prowadzi do nowego toruńskiego osiedla JAR, które docelowo ma zamieszkiwać około 20 tys. osób. Po drodze trasa tramwaju przebiega też przez gęsto zamieszkane osiedla Koniuchy i Chełmińskie Przedmieście, by włączyć się w istniejącą sieć tramwajową w centrum miasta. Wybudowanie trasy pozwoliło na zlikwidowanie trzech linii autobusowych, a także spowodowała całościowe zwiększenie sieci tramwajowej Torunia o 20%.

Trasa ma długość 6 km i znajduje się na niej 13 przystanków. Obsługują ją dwie linie tramwajowe. Na końcu trasy zbudowano klasyczną pętlę tramwajową a nie, jak początkowo planowano, trójkąt torowy do zawracania. Dzięki temu zwiększono przepustowość trasy i możliwość znacznego zwiększenia częstotliwości kursowania pojazdów w przyszłości.

Do obsługi trasy przeznaczone są tramwaje Swing marki Pesa Bydgoszcz o długości 30 metrów. Nowe tramwaje pozwoliły zmniejszyć udział pojazdów z wysoką podłogą w taborze MZK Toruń, tramwajów nieprzyjaznych dla osób o ograniczonej możliwości poruszania się.

Zadania te zrealizowano w ramach większego projektu „Poprawa funkcjonowania komunikacji miejskiej w Toruniu – BiT City II” o wartości 462 mln zł, który dofinansowano ze środków POIiŚ 2014-2020 kwotą 261 mln zł.

WYWIADY IDI

W czasie wywiadów IDI przedstawiciele Izby Gospodarczej Komunikacji Miejskiej (IGKM) zwracali uwagę, że zeroemisyjność eksploatacji taboru elektrycznego w Polsce jest pozorna. W obecnych uwarunkowaniach systemu energetycznego kraju, tabor jest zeroemisyjny w miejscu wykonywania

przewozów, ale wykorzystuje prąd elektryczny wytworzony w zdecydowanej większości w wyniku spalania paliw kopalnych.

Wdrożenie transportu zeroemisyjnego powinno więc iść w parze z kontraktowaniem zielonej energii, budową farm fotowoltaicznych i zmianą miksu energetycznego Polski. Wspomniano również, że niektórzy operatorzy komunikacji miejskiej otrzymują certyfikaty zapewniające o tym, że prąd do nich dostarczany pochodzi z odnawialnych źródeł energii. Takie certyfikaty uzyskali np. operatorzy z Zielonej Góry, Łomży i Jaworzna. Wątki te poruszono w kolejnych działach Analizy (m. in. rozdział 5.4).

Istotne jest to, że rynek powiązany z autobusami elektrycznymi jest bardziej skomplikowany od rynku autobusów spalinowych. Rynek rozwiązań dla transportu autobusowego zeroemisyjnego składa się obecnie z 4 głównych sektorów dostawców:

- taboru – w Polsce to przede wszystkim Solaris (hiszpańska grupa CAF, produkcja w Bolechowie pod Poznaniem), ale też inni liczący się na rynku europejskim producenci, tacy jak: Mercedes, MAN czy Volvo; ponadto kupiono w Polsce autobusy elektryczne z Turcji (Karsan) oraz Chin (Yutong),
- baterii – polscy dostawcy, ale są one składane z komponentów chińskich,
- silników i osprzętu elektrycznego – np. Medcom czy Enika,
- infrastruktury, w tym ładowarek – np. Ekoenergetyka czy Medcom.

We wszystkich tych sektorach są dostępni polscy dostawcy rozwiązań.

Producent taboru elektrycznego (Solaris) stwierdził, że moce produkcyjne fabryki w najbliższych latach nie będą szczególnie zwiększane. Autobusy bateryjne i wodorowe montowane są w jednej fabryce, a w drugiej pozostawiono produkcję autobusów spalinowych: diesli i gazowych. W II kwartale 2023 r. – w produkcji na rynek europejski Solarisa 40% pojazdów było zeroemisyjnych, a 60% w napędach konwencjonalnych: dieslu, hybrydzie i na gaz. Ta proporcja co raz bardziej będzie przechylała się w stronę pojazdów zeroemisyjnych. Szacuje się, że pod koniec roku może osiągnąć poziom produkcji 70% zeroemisyjnych autobusów, względem 30% konwencjonalnych.

W czasie wywiadów zwracano też uwagę, że kiedyś w zamówieniach na autobusy panował cykl 4-letni produkcji, obecnie jest to cykl powiązany z funduszami unijnymi, który wiąże się z latami zwiększonej i obniżonej liczby zamówień (powiązane z uruchamianiem programów i przejściem pomiędzy perspektywami). Sytuacja taka wywołuje jednak brak stabilności cen pojazdów. Ostateczna cena autobusów jest uzależniona od dostępnych dotacji i wolumenu pojazdów zamawianych w ramach przetargów. Zmiany w wolumenie zamówień na rynku europejskim również znacznie wpływają na cenę i dostępność autobusów w Polsce.

Generalnie na rynku słabnie pozycja producentów produkujących autobusy w Polsce, z kraju wycofali sinp.in. Volvo i Scania, natomiast MAN ogranicza produkcję. Autosan zwiększa produkcję pojazdów dla wojska, natomiast nie wiadomo, czy pozostanie w zakładzie zdolność produkcyjna

pojazdów cywilnych. Na rynku polskim pojawiają się produkty chińskie i tureckie, przy czym Mercedes jest jedynym producentem o dobrej reputacji z zakładem produkcyjnym w Turcji.

Dostawca infrastruktury ładowania stwierdził, że ten rynek jest już masowy i konkurencyjny, nie ma znaczenia czy są dostarczane ładowarki dla samochodów osobowych czy autobusów. Duże firmy są dziś w stanie wyprodukować do 10 tys. ładowarek rocznie, ale na różne segmenty rynku, nie tylko autobusów bateryjnych. Nie powinno jednak być problemem zapewnienie wystarczającej liczby ładowarek dla autobusów elektrycznych w Polsce. Rozwiązania zostały też już ustandaryzowane i nie będzie problemów z kompatybilnością infrastruktury ładowania. Dostępność produkcji infrastruktury ładowania nie jest więc elementem wstrzymującym rozwój.

Podsumowując, branża dostarczająca infrastrukturę ładowania do pojazdów elektrycznych może obecnie dostosować się do rosnącego popytu w stosunkowo krótkim czasie. Wydaje się, że głównym wyzwaniem pozostaje produkcja samych autobusów elektrycznych, która wymagałaby znacznego zwiększenia wolumenu produkcji w Polsce lub poszukiwania innych dostawców w Unii Europejskiej lub poza nią.

-
- **W polskich miastach w eksploatacji jest ok. 12 tys. autobusów miejskich, 3 tys. tramwajów oraz 200 trolejbusów. W kontekście wdrażania elektromobilności uznano, że największe wyzwanie dotyczy wymiany autobusów w miastach powyżej 100 tys. mieszkańców (2/3 taboru autobusów miejskich), ze względu na założenia przyjęte w PEP 2040.**
 - **Do pojazdów zeroemisyjnych w ramach niniejszej Analizy zaliczono autobusy elektryczne (bateryjne), wodorowe, trolejbusy oraz tramwaje. Ich zeroemisyjność w Polsce jest jednak uzależniona od systemu energetycznego lub sposobu pozyskiwania wodoru. Pojazdy te zazwyczaj są jednak zeroemisyjne w miejscu wykonywania przewozu.**
 - **Autobusy zeroemisyjne stanowią obecnie około 11% floty w miastach o liczbie ludności powyżej 100 tysięcy mieszkańców, liczbowo jest to 661 autobusów elektrycznych, 1 autobus wodorowy oraz 223 trolejbusy. Do wymiany pozostają 7363 autobusy spalinowe, w tym niskoemisyjne. Aż 9 z 37 największych polskich miast nie posiadało jeszcze żadnego autobusu zeroemisyjnego w swojej flocie (stan na 30 czerwca 2023 r.).**
 - **Średnia wieku autobusu w badanych miastach wyniosła 8,6 lat; natomiast tramwaju 21,8 lat. Przy założeniu 15-letniego okresu eksploatacji autobusu oraz 30-letniego okresu dla tramwaju, wyzwanie wymiany taboru tramwajowego jest równie istotne przy utrzymaniu obecnego stanu zeroemisyjnego, transportu drogowego w Polsce. Średnia wieku pojazdów w taborze powinna być zbliżona do połowy zakładanego okresu eksploatacji.**
 - **Za szczególne obszary eksploatacji taboru zeroemisyjnego w Polsce, poddane studiom przypadku, uznano Warszawę (najwięcej autobusów elektrycznych w Polsce), Jaworzno (największy udział autobusów elektrycznych w Polsce) oraz Gdynię (równoczesna eksploatacja autobusów elektrycznych i trolejbusów, przymiarki do autobusów wodorowych). Hamburg posłużył za przykład niemieckiego podejścia do eksploatacji**
-

autobusów elektrycznych i wodorowych, wyznaczającego standardy innym miastom niemieckim.

- Przykłady projektów tramwajowych w Toruniu i Warszawie pokazują zastępowanie spalinowej komunikacji autobusowej, zeroemisyjnymi tramwajami. Budowany w kilku etapach tramwaj do Winnicy pozwolił zastąpić 39 autobusów spalinowych w obsłudze Białołęki, natomiast w Toruniu 3 autobusy spalinowe oraz rozszerzył siatkę połączeń i rozbudował rozkład jazdy.
- Rynek powiązany z autobusami elektrycznymi jest bardziej skomplikowany od rynku autobusów spalinowych. Rynek transportu autobusowego zeroemisyjnego składa się z 4 głównych sektorów dostawców: taboru, baterii, silników i osprzętu elektrycznego oraz infrastruktury, w tym ładowarek. Najmniej elastyczny w zakresie możliwości zmiany wolumenu produkcji jest rynek producentów autobusów. Producenci europejscy systematycznie przestawiają się z autobusów spalinowych na elektryczne, jednak nie jest możliwy gwałtowny wzrost produkcji, np. wywołany nowymi źródłami dofinansowania. Pozostałe sektory rynku, ze względu na jego upowszechnienie w transporcie indywidualnym, są gotowe do zwiększonej produkcji.
- W kontekście komunikacji tramwajowej dziś przy okazji jej modernizacji i rozbudowy dodaje się w miastach powierzchni biologicznie czynnych za sprawą „zielonych” torowisk.
- W dokumentach strategicznych (SRT2030 czy POliŚ 2014-2020) i programowych stawia się cel wzrostu liczby pasażerów komunikacji miejskiej na 1 mieszkańca obszarów miejskich. Tymczasem w ostatnich latach, 2016-2022, w polskich miastach wartość tego wskaźnika spadła o 13%. Osiągnięcie wzrostu liczby przewożonych pasażerów jest więc dużym wyzwaniem stawianym przed samorządami.

3.2. Wymagania i wytyczne kierunkowe UE

Odpowiedź na pytanie:

Pyt. 2. W jakim stopniu obecnie rozwój zeroemisyjnego transportu zbiorowego w Polsce spełnia wymagania i wytyczne kierunkowe UE?

DESK RESEARCH

Głównym planem wyznaczającym obecne kierunki działania UE jest Europejski Zielony Ład¹⁸ z 2019 r. Za podstawowy cel obrana została ogólna redukcja emisji netto gazów cieplarnianych o 55% względem poziomu z 1990 r. do 2030 roku oraz neutralność klimatyczna do 2050 roku, ale z transportu zakłada się redukcję emisji gazów cieplarnianych o 90%.

¹⁸ Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady Europejskiej, Rady, Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów - Europejski Zielony Ład, COM(2019) 640 final, Bruksela 11.12.2019 r.

Cele uszczegółowił pakiet przepisów „Gotowi na 55”¹⁹ z 2021 r., wprowadzając także nowe wnioski ustawodawcze o zmianę i uaktualnienie unijnych przepisów oraz realizację nowych inicjatyw, które miały ułatwić osiągnięcie celów Zielonego Ładu. W sektorach gospodarki nieobjętych systemem ETS, w szczególności w transporcie, rolnictwie, budownictwie i gospodarowaniu odpadami, zwiększył on sektorowe cele redukcji emisji - z -29 do -40% względem 2005 r. do osiągnięcia w 2030 r. W towarzyszącym mu załączniku zaproponowano też zwiększenie krajowego celu redukcji emisji gazów cieplarnianych dla Polski z -7 do -17,7% do 2030 r., opierając się na wskaźnikach PKB na mieszkańca i opłacalności²⁰. Cele te zostały przyjęte przez Parlament Europejski 14 marca 2023 r.²¹.

W ramach pakietu „Gotowi na 55” tworzony jest nowy, odrębny system handlu emisjami dla transportu drogowego i paliw EU ETS2 (od 2027 r.) oraz utworzony zostanie Społeczny Fundusz Klimatyczny, który pozwoli walczyć m.in. z wykluczeniem transportowym. Nowe przepisy przewidują też tworzenie rynku wodoru i 40 GW zdolności produkcyjnej elektrolizerów wodoru odnawialnego w 2030 r.

Rozwój *stricte* elektromobilności na poziomie europejskim reguluje Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2019/1161 z dnia 20 czerwca 2019 r. zmieniająca dyrektywę 2009/33/WE w sprawie promowania ekologicznie czystych i energooszczędnych pojazdów transportu drogowego²².

Dla Polski dyrektywa określa następujące progi:

- od 2 sierpnia 2021 r. do 31 grudnia 2025 r. co najmniej 32% nowo zamówionych autobusów (lub pojazdów, którymi wykonuje się usługę transportu zbiorowego) powinno być czystych,
- od 1 stycznia 2026 r. do 31 grudnia 2030 r. co najmniej 46% nowo zakupionych autobusów (lub pojazdów, którymi wykonuje się usługę transportu zbiorowego) powinno być czystych.

Próg jest wymagany do osiągnięcia na poziomie całego kraju.

¹⁹ Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów, „Gotowi na 55”: osiągnięcie unijnego celu klimatycznego na 2030 r. w drodze do neutralności klimatycznej, Bruksela, dnia 14.7.2021 r., COM(2021) 550 final.

²⁰ Załącznik do wniosku Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady zmieniającego rozporządzenie (UE) 2018/842 w sprawie wiążących rocznych redukcji emisji gazów cieplarnianych przez państwa członkowskie od 2021 r. do 2030 r. przyczyniających się do działań na rzecz klimatu w celu wywiązania się z zobowiązań wynikających z porozumienia paryskiego, Bruksela, dnia 14.7.2021 r., COM(2021) 555 final.

²¹ Zmiana klimatu – Parlament głosuje za ograniczeniem emisji państw Unii o 40%, <https://www.europarl.europa.eu/news/pl/press-room/20230310IPR77227/zmiana-klimatu-parlament-glosuje-za-ograniczeniem-emisji-panstw-unii-o-40>, data artykułu: 14.03.2023 r., data dostępu: 27.09.2023 r.

²² Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2019/1161 z dnia 20 czerwca 2019 r. zmieniająca dyrektywę 2009/33/WE w sprawie promowania ekologicznie czystych i energooszczędnych pojazdów transportu drogowego.

Ekologicznie czysty pojazd jest definiowany dla autobusów (pojazdów kategorii M₃), jako wykorzystujący paliwa alternatywne – energię elektryczną, wodór, biopaliwa, paliwa syntetyczne i parafinowe, gaz ziemny w tym biometan (CNG albo LNG) lub gaz-płynny (LPG) - które służą, jako substytut dla pochodzących z surowej ropy naftowej źródeł energii w transporcie. W przypadku pojazdów wykorzystujących biopaliwa ciekłe, paliwa syntetyczne i parafinowe nie można mieszać tych paliw z konwencjonalnymi paliwami kopalnymi²³. W tej definicji nie mieszczą się więc autobusy spalinowe i hybrydowe spalinowo-elektryczne, których podstawowy napęd zasilany jest olejem napędowym.

Zeroemisyjny (bezemisyjny) pojazd jest definiowany dla autobusów (pojazdów kategorii M₃), jako ekologicznie czysty pojazd, nieposiadający silnika spalinowego wewnętrznego spalania lub posiadający silnik spalinowy wewnętrznego spalania, z którego emisje mierzone zgodnie z rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 595/2009, i środkami wykonawczymi do niego nie przekraczają 1 g CO₂/kWh. W praktyce oznacza to, że w ramach tej kategorii uwzględnia się autobusy elektryczne (baterijne) i wodorowe.

Komisja w Komunikacie²⁴ opublikowanym w 2020 r. wyjaśniła również wątpliwości dotyczące zaliczania trolejbusów lub tramwajów do kategorii pojazdów ekologicznie czystych lub zeroemisyjnych:

- „Trolejbusy zawsze uznaje się za ekologicznie czyste pojazdy. Jeżeli poruszają się wyłącznie podłączone do trakcji lub wykorzystują zeroemisyjny silnik, gdy nie są do niej podłączone, również zaliczają się do pojazdów bezemisyjnych. Jeżeli trolejbus wykorzystuje także silnik, który nie jest zeroemisyjny – np. gdy silnik Diesla jest używany, aby umożliwić trolejbusowi poruszanie się, gdy ten nie jest podłączony do trakcji – wtedy trolejbusu nie można uznać za zeroemisyjny, jednak nadal zalicza się go do ekologicznie czystych pojazdów, podobnie jak trolejbus hybrydowy typu plug-in”.
- „Tramwaje nie wchodzą w zakres dyrektywy, ponieważ stanowią część systemu kolejowego i nie są pojazdami transportu drogowego w rozumieniu dyrektywy (UE) 2018/858. Dlatego też nie wchodzą one w zakres dyrektywy w sprawie ekologicznie czystych pojazdów”.

Nowe wymagania ma wprowadzić też Propozycja Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady 2023/0042 (COD), zmieniającego rozporządzenie (UE) 2019/1242 w odniesieniu do wzmocnienia norm emisji CO₂ dla nowych pojazdów ciężkich oraz włączenia obowiązków sprawozdawczych,

²³ Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/94/UE z dnia 22 października 2014 r. w sprawie rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych, Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej L307/1, 28.10.2014 r.

²⁴ Zawiadomienie Komisji w sprawie stosowania art. 2, 3, 4 i 5 dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/33/WE w sprawie promowania ekologicznie czystych pojazdów transportu drogowego w celu wsparcia mobilności niskoemisyjnej (2020/C 352/01), Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej C352/1, 22.10.2020 r.

a także uchylające rozporządzenie (UE) 2018/956²⁵. Zmiana rozszerza zakres rozporządzenia o autobusy miejskie. Powinny one zapewniać redukcję emisji CO₂ o:

- 43% - w okresie 2030-2034,
- 64% - w okresie 2035-2039,
- 90% - od 2040 roku.

Ponadto, od 2030 r. wszystkie nowe wyprodukowane autobusy miejskie w UE powinny być zeroemisyjne.

Dodano też, że Państwa członkowskie mogą zdecydować o wyłączeniu z obowiązku wynikającego z niniejszego artykułu ograniczonej części autobusów miejskich zarejestrowanych w każdym okresie sprawozdawczym. Takie działanie miałyby być dopuszczalne, gdy cel użytkowania danego pojazdu nie mógłby być w równym stopniu osiągnięty przez pojazd zeroemisyjny, a zatem zarejestrowanie pojazdu innego niż zeroemisyjny do realizacji tego celu leżałoby w interesie publicznym ze względu na społeczne i gospodarcze koszty i korzyści w związku ze szczególnymi warunkami morfologii terenu lub meteorologicznymi.

W międzyczasie Komisja Europejska pracuje²⁶ nad nowymi wymaganiami normy emisji z pojazdów – Euro 7, która miałaby obowiązywać od 2026 lub 2027 roku, jednakże te wymagania, w kontekście wysoce prawdopodobnego wymogu produkcji autobusów zeroemisyjnych od 2030 r. nie mają większego znaczenia dla przedmiotu niniejszej Analizy.

Istotnym źródłem finansowania projektów w zeroemisyjny transport publiczny w Polsce była Polityka Spójności UE na lata 2014-2020. Programy uruchomione w jej ramach pozwoliły na zakup 562 autobusów elektrycznych, czyli wymianę ok. 4,6% taboru autobusowego komunikacji miejskiej²⁷.

BAZA DANYCH O POJAZDACH

Zgodnie z definicjami UE, na dzień 30 czerwca 2023 r., we flotach miast powyżej 100 tys. mieszkańców w Polsce znajdowało się:

²⁵ Wniosek Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady zmieniające rozporządzenie (UE) 2019/1242 w odniesieniu do wzmocnienia norm emisji CO₂ dla nowych pojazdów ciężkich oraz włączenia obowiązków sprawozdawczych, a także uchylające rozporządzenie (UE) 2018/956, Strasburg, dnia 14.2.2023 r., COM(2023) 88 final.

²⁶ Inicjatywa: Europejskie normy emisji z pojazdów – Euro 7 dla samochodów osobowych, dostawczych, ciężarowych i autobusów, https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12313-Europejskie-normy-emisji-z-pojazdow-Euro-7-dla-samochodow-osobowych-dostawczych-ciezarowych-i-autobusow_pl, data dostępu: 27.09.2023 r.

²⁷ M. Wolański, M. Czerliński, K. Orcholska i inni, Ocena wpływu działań podejmowanych w ramach polityki spójności w zakresie transportu publicznego na mobilność miejską w perspektywie 2014-2020, Wolański sp. z o.o. na zlecenie MFiPR, 01.2023 r.

- ekologicznie czystych pojazdów – 1714 pojazdów, w tym 1674 autobusów LNG, CNG, elektrycznych, wodorowych lub trolejbusów oraz 40 hybryd gazowo-elektrycznych (Częstochowa i Rzeszów), co stanowiło 21% floty.
- zeroemisyjnych pojazdów – 885 autobusów elektrycznych, wodorowych lub trolejbusów, co stanowiło 11% floty.

W latach 2021-2023 (do I połowy 2023 r.) średnio rocznie dostarczano 410 autobusów, natomiast udział ekologicznie czystych wynosił średnio w tym okresie 57%, a zeroemisyjnych 37% (por. Tabela 2). Udział ekologicznie czystych wśród nowych autobusów utrzymywał się więc znacznie powyżej celu na lata 2021-2025, wynoszącego 32%.

Tabela 2. Udział dostaw taboru ekologicznie czystego oraz zeroemisyjnego do miast powyżej 100 tys. mieszkańców w latach 2021-2023.

ROK	LICZBA DOSTARCZONYCH AUTOBUSÓW [-]	UDZIAŁ EKOLOGICZNIE CZYSTYCH [%]	UDZIAŁ ZEROEMISYJNYCH [%]
2021	519	65	40
2022	277	48	35
I poł. 2023	230	61	34

Źródło: opracowanie własne.

WYWIADY IDI I WARSZTAT REKOMEDACYJNY

Przedstawiciele IGKM oraz operatorów komunikacji miejskiej nie mieli uwag do wymagań stawianych na poziomie unijnym, a do jeszcze bardziej restrykcyjnego kierunku działań, pojawiającego się na poziomie krajowym. Wskazywano jedynie, że wraz z wymaganiami, konieczne jest utrzymanie, a być może wręcz zwiększenie wsparcia funduszami unijnymi dla miast na wymianę taboru autobusowego spalinowego zasilanego ON na ekologicznie czysty lub zeroemisyjny.

- **Ekologicznie czysty pojazd jest definiowany przez UE jako wykorzystujący paliwa alternatywne – energię elektryczną, wodór, biopaliwa, paliwa syntetyczne i parafinowe, gaz ziemny w tym biometan (CNG albo LNG) lub gaz płynny (LPG) - które służą, jako substytut dla pochodzących z surowej ropy naftowej źródeł energii w transporcie. W praktyce zalicza się do nich w Polsce wszystkie trolejbusy oraz autobusy, z wyjątkiem autobusów spalinowych i hybrydowych spalinowo-elektrycznych, których podstawowy napęd zasilany jest olejem napędowym.**
- **Zeroemisyjny (bezemisyjny) pojazd jest definiowany przez UE, jako ekologicznie czysty pojazd, nieposiadający silnika spalinowego wewnętrznego spalania lub posiadający silnik spalinowy wewnętrznego spalania, z którego emisje nie przekraczają 1 g CO₂/kWh.**

- W praktyce zalicza się do nich w Polsce wszystkie autobusy elektryczne (bateryjne), wodorowe oraz trolejbusy.
- Cele UE do osiągnięcia na poziomie całego kraju członkowskiego, względem Polski, są następujące:
 - do 2025 r. co najmniej 32% nowych zamawianych autobusów lub tych wykonujących usługi PTZ powinno być ekologicznie czystych (Dyrektywa PE 2019/1161),
 - od 2026 r. co najmniej 46% nowych zamawianych autobusów lub tych wykonujących usługi PTZ powinno być ekologicznie czystych (Dyrektywa 2019/1161),
 - od 2030 r. wszystkie wyprodukowane nowe autobusy miejskie są zeroemisyjne, flota autobusowa redukuje emisje CO₂ o 43% (Propozycja rozporządzenia PE 2023/0042),
 - od 2035 r. flota autobusowa redukuje emisje CO₂ o 64% (Propozycja 2023/0042),
 - od 2040 r. flota autobusowa redukuje emisje CO₂ o 90% (Propozycja 2023/0042).
 - Cele unijne wskazują więc, że autobusy zasilane gazem stanowią tylko okres przejściowy w dojściu do wykorzystywania wyłącznie pojazdów zeroemisyjnych.
 - W latach 2021-2023 (do I połowy 2023) średnio rocznie w miastach powyżej 100 tys. mieszkańców kupowano lub wprowadzano do ruchu spośród nowych autobusów 57% pojazdów ekologicznie czystych. Udział tego typu pojazdów utrzymywał się więc znacznie powyżej unijnego celu na lata 2021-2025, wynoszącego 32%.
 - Przedstawiciele IGKM i operatorów w czasie wywiadów IDI czy warsztatu rekomendacyjnego nie mieli uwag do unijnych wymagań dotyczących tempa wymiany floty na zeroemisyjną. Wskazywano jedynie, że wraz z wymaganiami, konieczne jest utrzymanie, a być może wręcz zwiększenie wsparcia funduszami unijnymi dla miast na wymianę taboru autobusowego spalinowego zasilanego ON na ekologicznie czysty lub zeroemisyjny.

3.3. Dotychczasowe działania rządu i JST

Odpowiedź na pytanie:

Pyt. 3. Jakie działania dotychczas podejmowały JST oraz rząd na rzecz rozwoju i promocji zeroemisyjnego, zbiorowego transportu drogowego oraz modernizacji taboru spalinowego na zeroemisyjny, wraz z budową odpowiedniej infrastruktury?

DESK RESEARCH - DZIAŁANIA RZĄDU

Zgodnie ze Strategią na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju²⁸ priorytetem rządu jest rozwój elektromobilności co powinno znaleźć odzwierciedlenie w programach operacyjnych, kryteriach

²⁸ Strategia na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju do roku 2020 (z perspektywą 2030), Dokument przyjęty uchwałą Rady Ministrów w dniu 14 lutego 2017 r., Warszawa 2017.

wyboru projektów, innych dokumentach programowych. Co do zasady wspierane są projekty związane z zakupem bezemisyjnych bądź ekologicznie czystych (w rozumieniu Dyrektywy PE i Rady (UE) 2019/1161) pojazdów transportu publicznego. Od momentu wejścia w życie zmienionej Umowy Partnerstwa oraz zmienionych programów operacyjnych nie jest możliwe ogłaszanie nowych naborów wniosków dopuszczających pojazdy zasilane olejem napędowym, spełniające normę EURO-6 lub niższą²⁹.

Elektryfikację transportu zbiorowego w Polsce częściowo wymusza i wspiera Unia Europejska, ale rząd Polski w niektórych przypadkach wprowadza też własną politykę i narzędzia finansowania, wykraczające poza europejskie, a w innych – stara się negocjować wyjątki, wymuszone solidną rolą przemysłu wydobywczego. Jak już wcześniej wspomniano, krajowy cel redukcji emisji gazów cieplarnianych do 2030 r. jest dużo niższy (-17%) niż ogólny cel unijny (-55%), progi wymiany floty na ekologicznie czystą również są niższe od innych krajów Europy Zachodniej.

W Polsce Dyrektywę 2019/1161 wprowadza Ustawa z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych³⁰. Wymaga od wszystkich władz samorządowych spełnienia celów określonych w dyrektywie i opisanych powyżej. Główna różnica między podejściem polskim a unijnym polega na tym, że cele muszą być realizowane przez każdy organ z osobna, a nie przez wszystkie organy łącznie.

Dodatkowo, jednostka samorządu terytorialnego (gmina lub powiat od i ponad 50 tys. mieszkańców) ma zapewniać udział autobusów zeroemisyjnych lub autobusów napędzanych biometanem w użytkowanej na obszarze tej jednostki flocie pojazdów co najmniej:

- 1) 5% – od 1 stycznia 2021 r.,
- 2) 10% – od 1 stycznia 2023 r.,
- 3) 20% – od 1 stycznia 2025 r.,
- 4) 30% – od 1 stycznia 2028 r.

Ustawa pozwala też wykorzystywać wpływy za wjazd do SCT na zakup autobusów zeroemisyjnych.

Polityka Energetyczna Polski do 2040 r.³¹ zakłada, że od 2025 roku wszystkie nowe autobusy kupowane do komunikacji miejskiej w miastach powyżej 100 tys. mieszkańców muszą być zeroemisyjne (elektryczne lub wodorowe), a od 2030 r. cała flota transportu miejskiego musi być zeroemisyjna. Ten bardzo ambitny cel nie został jeszcze transponowany do obowiązujących

²⁹ Umowa Partnerstwa dla realizacji Polityki Spójności 2021-2027 w Polsce, Ministerstwo Funduszy i Polityki Regionalnej, Warszawa, 30.06.2022 r.

³⁰ Ustawa z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (Dz.U. 2023 poz. 875).

³¹ Załącznik do obwieszczenia Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 2 marca 2021 r. – Polityka energetyczna Polski do 2040 r. (M.P. 2021, poz. 264).

przepisów ustawowych stąd jego realizacja budzi wątpliwości. Cel ten jest dużo bardziej restrykcyjny niż dzisiaj obowiązujące cele unijne.

Równocześnie powstają nowe narzędzia wspierania zakupu autobusów elektrycznych, wodorowych i trolejbusów ze środków krajowych³², a w przypadku funduszy unijnych wsparcie dotyczy autobusów elektrycznych, wodorowych i gazowych³³.

NFOŚiGW dofinansowuje tabor zeroemisyjny z opłat wnoszonych przez zanieczyszczających. Ogłoszono już trzy nabory wniosków w ramach programu „Zielony Transport Publiczny”³⁴.

W 2021 roku przeprowadzono pierwszy nabór wniosków o dofinansowanie i podpisano umowy na projekty o kwocie 0,883 mld zł (592 mln zł dotacji i 62 mln zł pożyczki) na zakup 175 autobusów elektrycznych, 71 wodorowych, 6 trolejbusów i 170 punktów ładowania.

Druga edycja przeprowadzona w 2022 rok objęła wnioski na projekty o wartości 1,045 mld zł (658 mln zł dotacji i 128 mln zł pożyczki) na zakup 281 autobusów elektrycznych, 46 wodorowych i 256 punktów ładowania.

W ramach naboru do trzeciej edycji w 2023 roku wpłynęły wnioski o wartości projektów 3,523 mld zł (2,721 mld zł dotacji i 102 mln zł pożyczki) na zakup 792 autobusów elektrycznych, 130 wodorowych, 470 punktów ładowania, 1 stacji tankowania wodoru oraz 15 instalacji fotowoltaicznych³⁵. Budżet na realizację naboru wyniósł 480 mln zł, w tym 277 mln zł dla dotacji i 204 mln zł dla pożyczek. Docelowo dotacje mogą być zwiększone do 2,055 mld zł pod warunkiem uruchomienia środków w ramach KPO. Jednym z kryteriów jakościowych było oświadczenie wnioskodawcy, że każdy z pojazdów wykona roczny przebieg co najmniej 25 000 km.

Krajowy Plan Odbudowy przewidywał zakup w sumie 1 738 zero- i niskoemisyjnych autobusów dla transportu miejskiego i pozamiejskiego, które miały pojawić się u operatorów do końca I kwartału 2026 roku³⁶. Ze względu na uwarunkowania technologiczne, autobusy zeroemisyjne będą przeznaczone do transportu głównie w miastach (dostępność infrastruktury ładowania), a autobusy niskoemisyjne – na obszarach podmiejskich lub wiejskich. KPO przewidywało różne rodzaje technologii zasilania autobusów zeroemisyjnych: elektryczne na baterie, hybrydowe plug-in oraz

³² Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, Nabór „Zielony transport publiczny”, <https://www.gov.pl/web/nfosigw/nabor-zielony-transport-publiczny-faza-i2>, dostęp: 17.04.2023 r.

³³ Program Fundusze Europejskie na Infrastrukturę, Klimat, Środowisko 2021–2027, Ministerstwo Funduszy i Polityki Regionalnej, Warszawa 6.10.2022 r., s. 116.

³⁴ III Nabór wniosków w ramach programu priorytetowego „Zielony transport publiczny”, <https://www.gov.pl/web/elektromobilnosc/iii-nabor-wnioskow-w-ramach-programu-priorytetowego-zielony-transport-publiczny>, dostęp: 20.04.2023 r.

³⁵ Informacje uzyskane od NFOŚiGW w ramach korespondencji mailowej.

³⁶ Krajowy Plan Odbudowy i Zwiększania Odporności, Ministerstwo Funduszy i Polityki Regionalnej, czerwiec 2022 r.

niskoemisyjnych na gaz: w tym LNG, LPG, CNG oraz spełniające normę EURO VI. Liczba autobusów niskoemisyjnych miała nie przekroczyć 21% wszystkich zakupionych pojazdów.

Determinantą rozwoju zeroemisyjnego transportu publicznego są również zmiany dotyczące finansowania samorządów w Polsce. Zmniejszenie dochodów podatkowych samorządów wraz z systemem grantów na inwestycje, wdrażane nie tylko w ramach Polskiego Ładu³⁷, lecz także wcześniejszych działań rządu, obniża zdolność do pokrywania wydatków bieżących, jednocześnie promując działania inwestycyjne i projektowe.

Negatywnie należy też ocenić dopuszczenie poruszania się samochodów elektrycznych buspasami do 2026 r., ponieważ rozwiązanie to obniża prędkości przemieszczania się autobusów tymi korytarzami, a w efekcie obniża efektywność ekonomiczną przedsięwzięć w komunikacji autobusowej. W Norwegii wykazano, że wraz ze wzrostem sprzedaży pojazdów EV wzrosło zatłoczenie na buspasach³⁸.

Pozostałe działania podjęte przez rząd:

- wprowadzenie rozwiązań prawnych i organizacyjnych umożliwiających zwiększenie nadzoru nad wykonywaniem badań technicznych pojazdów, aby wyeliminować z ruchu pojazdy niespełniające jakościowych norm emisji spalin, w tym m.in. polegających na obowiązkowym dokumentowaniu jakości spalin przez stacje kontroli pojazdów, czy też umożliwiających przeprowadzenie badań spalin w trakcie kontroli wybranych typów pojazdów,
- stworzenie funduszu rozwoju przewozów autobusowych o charakterze użyteczności publicznej, realizacja projektu „E-Bus” realizowanego w ramach Programu Elektromobilności – mechanizmów rządowego wsparcia rozwoju transportu publicznego.

LOGIKA INTERWENCJI - DZIAŁANIA SAMORZĄDU

Skonstruowano model logiczny interwencji (por. Tabela 3) dla działań podejmowanych w zakresie rozwoju zeroemisyjnego transportu drogowego przez samorządy w Polsce. Logika interwencji odtworzona została m.in. na podstawie analizy dokumentów strategicznych i programowych.

Model logiczny interwencji składa się z następujących elementów:

- przesłanki (opierając się na dowodach...) – opis problemów, na które odpowiedzią ma być interwencja,
- plan wdrażania (jeśli wesprzemy...) – opis działań/wsparcia/typów projektów,
- mechanizm (to nastąpi...) – opis zakładanych produktów lub rezultatów bezpośrednich,

³⁷ Prawo i Sprawiedliwość, *Polski Ład – Dokument programowy*, Warszawa 2021, http://polskilad.pis.org.pl/files/Polski_Lad.pdf, dostęp: 17.04.2023 r.

³⁸ Lessons from Norway's electric surge, <https://www.transportenvironment.org/discover/lessons-norways-electric-surge/>, data artykułu: 13.11.2016, data dostępu: 17.10.2023 r.



- oczekiwana zmiana (i dzięki temu osiągniemy...) – opis zakładanych rezultatów bezpośrednich lub pośrednich w odniesieniu do zakładanych celów szczegółowych.

Głównym celem rozwoju zeroemisyjnego zbiorowego transportu drogowego było ograniczenie negatywnego wpływu na środowisko przez sektor transportu.

Zastąpienie autobusów pojazdami zeroemisyjnymi ogranicza emisję CO₂. Dodatkowo znacząco zmniejsza emisje innych zanieczyszczeń, takich jak np. tlenki azotu czy pyły zawieszane. Ma to na celu podniesienie jakości życia mieszkańców miast poprzez poprawę ich zdrowia, ale również spowolnienie zmian klimatycznych. Ponadto, pojazdy zeroemisyjne doprowadzają do redukcji hałasu. Zeroemisyjny transport zbiorowy ma stanowić też wsparcie w dążeniu do wzrostu udziału podróży i jego konkurencyjności względem transportu indywidualnego (samochodowego).

Zidentyfikowano 3 podstawowe rodzaje projektów, które mogą być realizowane w ramach rozbudowy zbiorowego transportu zeroemisyjnego:

- taborowe (autobusy elektryczne i wodorowe, trolejbusy oraz tramwaje),
- w infrastrukturę punktową (stacja ładowania lub tankowania wodoru, podstacje trakcyjne, transformatory, zaplecze techniczne),
- w infrastrukturę liniową (torowiska tramwajowe oraz trasy dla trolejbusów).

Zidentyfikowano także działania towarzyszące, podnoszące jakość funkcjonowania zeroemisyjnego transportu zbiorowego, takie jak uprzywilejowanie jego ruchu (ITS, buspasy i wydzielone trasy), tworzenie stref ograniczonej emisji transportu, szkolenia personelu oraz promocja i edukacja o korzyściach społecznych i ekologicznych. Wśród pozostałych działań wyróżniono wymianę napędów czy baterii trakcyjnych oraz instalację paneli fotowoltaicznych na infrastrukturze transportu zbiorowego.

W pierwszej kolejności nastąpi wymiana taboru spalinowego na zeroemisyjny. Nastąpi również rozbudowa infrastruktury transportu zbiorowego. Spadnie koszt zmienny eksploatacji pojazdów, więc powinna wzrosnąć efektywność wykorzystania pojazdów transportu zbiorowego. Spadnie liczba awarii ze względu na odmłodnienie taboru. Wraz z wolumenem zakupów nastąpi postęp w technologii akumulatorów i infrastruktury ładowania, co zwiększy zasięg pojazdów na jednym ładowaniu.

W zakresie celów strategicznych nastąpi spadek negatywnego oddziaływania transportu na środowisko. Zwiększenie konkurencyjności transportu zbiorowego w stosunku do indywidualnego w konsekwencji doprowadzi do zwiększenia liczby pasażerów i zmniejszenie udziału ruchu samochodowego w codziennych podróżach. W efekcie zmniejszy się kongestia w miastach.

Tabela 3. Model logiczny interwencji – rozwój zeroemisyjnego transportu drogowego w Polsce.

PRZESŁANKI	<ul style="list-style-type: none"> • Wzrost średniej temperatury powietrza na świecie, postępujące zmiany klimatyczne. • Zwiększanie poziomu zanieczyszczeń emitowanych przez transport w związku z wykorzystaniem paliw emisyjnych i wzrostem mobilności mieszkańców miast. • Zwiększenie emisji hałasu na terenie miast. • Wzrost udziału transportu indywidualnego w obsłudze komunikacyjnej miast i obszarów miejskich, a w efekcie zwiększająca się liczba samochodów osobowych. • Zmniejszająca się konkurencyjność transportu zbiorowego w stosunku do transportu indywidualnego.
PLAN WDRAŻANIA	<ol style="list-style-type: none"> 1. Projekty taborowe: <ul style="list-style-type: none"> • Zakup autobusów zeroemisyjnych – elektrycznych lub wodorowych. • Zakup trolejbusów. • Zakup tramwajów. 2. Projekty Infrastruktury punktowej: <ul style="list-style-type: none"> • Budowa stacji ładowania pojazdów elektrycznych – ładowarek „wolnych” plug-in umieszczonych na terenie zajezdni oraz „szybkich” pantografowych zlokalizowanych poza zajezdnią. • Budowa stacji tankowania wodoru. • Budowa, rozbudowa i modernizacja podstacji trakcyjnych oraz transformatorów. • Budowa lub rozbudowa zapleczy technicznych do obsługi pojazdów zeroemisyjnych. 3. Projekty infrastruktury liniowej: <ul style="list-style-type: none"> • Budowa, rozbudowa i modernizacja torowisk i sieci trakcyjnych tramwajowych. • Budowa, rozbudowa i modernizacja sieci trakcyjnych trolejbusów. 4. Prowadzenie działań towarzyszących: <ul style="list-style-type: none"> • Uprzywilejowanie ruchu pojazdów transportu zbiorowego w miastach poprzez priorytety w sygnalizacji świetlnej (ITS), śluzy dla autobusów, buspasy i wydzielone trasy. • Tworzenie stref ograniczonej emisji transportu (LEZ), o zaostrzonym reżimie wjazdu pojazdów spalinowych w centrach miast. • Szkolenie personelu odpowiedzialnego za obsługę i konserwację zeroemisyjnych pojazdów. • Edukowanie i uświadamianie ludzi o korzyściach społecznych i ekologicznych zeroemisyjnych środków transportu. 5. Inne: <ul style="list-style-type: none"> • Opracowywanie, wymaganych ustawą o elektromobilności, analiz kosztów i korzyści wprowadzenia zeroemisyjnych pojazdów do obsługi komunikacji miejskiej (przez gminy o ludności ponad 50 tys. mieszkańców, aktualizacja co trzy lata). • Wymiana napędów lub baterii trakcyjnych w autobusach lub trolejbusach. • Instalacja paneli fotowoltaicznych na elementach infrastruktury transportu zbiorowego (np. dachach zajezdni).

MECHANIZM	<ul style="list-style-type: none"> • Wymiana taboru spalinowego na elektryczny lub wodorowy. • Rozwój infrastruktury zeroemisyjnego transportu zbiorowego: paliw alternatywnych, infrastruktury zasilającej dla autobusów, trolejbusów i tramwajów. • Zwiększenie efektywności wykorzystania pojazdów transportu zbiorowego. • Zmniejszenie średniego wieku taboru. • Zmniejszenie liczby awarii ze względu na odmłodnienie taboru. • Postęp w technologii akumulatorów i infrastruktury ładowania. • Brak pojazdów spalinowych w centrach miast.
OCZEKIWANA ZMIANA	<ul style="list-style-type: none"> • Zmniejszenie emisji zanieczyszczeń emitowanych przez pojazdy (niektóre niemal do zera). • Zwiększenie atrakcyjności i komfortu podróży publicznym transportem zbiorowym, a w efekcie wzrost liczby pasażerów. • Większy zasięg pojazdów na jednym ładowaniu i większa żywotność ogniw. • Zmniejszenie hałasu, które wywoływały pojazdy spalinowe. • Zmniejszenie zatłoczenia motoryzacyjnego w miastach.

Źródło: opracowanie własne.

DESK RESEARCH – DZIAŁANIA SAMORZĄDU

Podstawową ścieżką rozwoju zeroemisyjnego transportu zbiorowego w Polsce jest wymiana autobusów spalinowych na zeroemisyjne, wraz z budową koniecznej infrastruktury. Miasta posiadające tramwaje równolegle rozwijają tą formę transportu. Olsztyn, ze względu na problemy z pozyskaniem dofinansowania do autobusów zeroemisyjnych, jak na razie rozbudowuje infrastrukturę tramwajową oraz park tramwajowy o kolejne nowe pojazdy (nowo utworzona sieć tramwajowa w 2015 roku). Pozwoli to wycofać z ruchu kolejne autobusy spalinowe dziś będące w eksploatacji. W taborze komunikacji miejskiej wciąż jest jednak zbyt mało autobusów niski i zeroemisyjnych³⁹.

W województwie opolskim w ramach perspektywy 2014-2020 zakupiono 33 autobusy z silnikiem diesla Euro VI, jeden autobus hybrydowy i dwa elektryczne. W tym samym okresie w Opolu zakupiono 61 autobusów miejskich o normie Euro VI oraz 5 autobusów elektrycznych (w ramach programu „Elektromobilne Opole”) wraz z infrastrukturą do ładowania⁴⁰. W latach 2020–2021 dokonano znacznej wymiany taboru w największych miastach województwa warmińsko-mazurskiego (Olsztyn, Elbląg, Ełk), zakupiono jednak jedynie pojazdy z silnikiem diesla, spełniające normę Euro VI⁴¹. Jak widać po tych dwóch przykładach, nadal w transporcie publicznym w ostatnich

³⁹ Plan Zrównoważonej Mobilności dla Miejskiego Obszaru Funkcjonalnego Olsztyna 2030+, Trako s.j. dla Miasta Olsztyn reprezentującego gminy MOF Olsztyna, 08.2022 r.

⁴⁰ Plan Transportowy Województwa Opolskiego 2030, Archidrog dla Zarządu Województwa Opolskiego, Opole 10.2021 r.

⁴¹ Plan Transportowy Województwa Warmińsko-Mazurskiego do roku 2030 (z perspektywą do 2050), Zarząd Województwa Warmińsko-Mazurskiego, Olsztyn 2023 r.

latach realizowane były znaczne zamówienia na autobusy spalinowe, spełniające normę emisji spalin Euro VI.

Na poziomie wojewódzkim kierunkowe wytyczne dla transportu zbiorowego znajdują odzwierciedlenie w zintegrowanych strategiach transportowych publikowanych przez urzędy marszałkowskie, np. dokument „Charakterystyka publicznego transportu zbiorowego” stanowiący część Regionalnego Planu Transportowego Województwa Mazowieckiego w perspektywie do 2030 r. Temat transportu zeroemisyjnego jest poruszany także np. w Programach Ochrony Powietrza (POP), uchwalanych przez sejmiki wojewódzkie na podstawie ustawy Prawo ochrony środowiska. W aglomeracjach natomiast zapisy rozwoju transportu zeroemisyjnego zawierają Plany zrównoważonej mobilności miejskiej (ang. SUMP).

Miasta wspierają jednak rozwój zeroemisyjnego transportu publicznego również prowadząc działania towarzyszące, wymienione w punkcie 4 Planu wdrażania (por. Tabela 3).

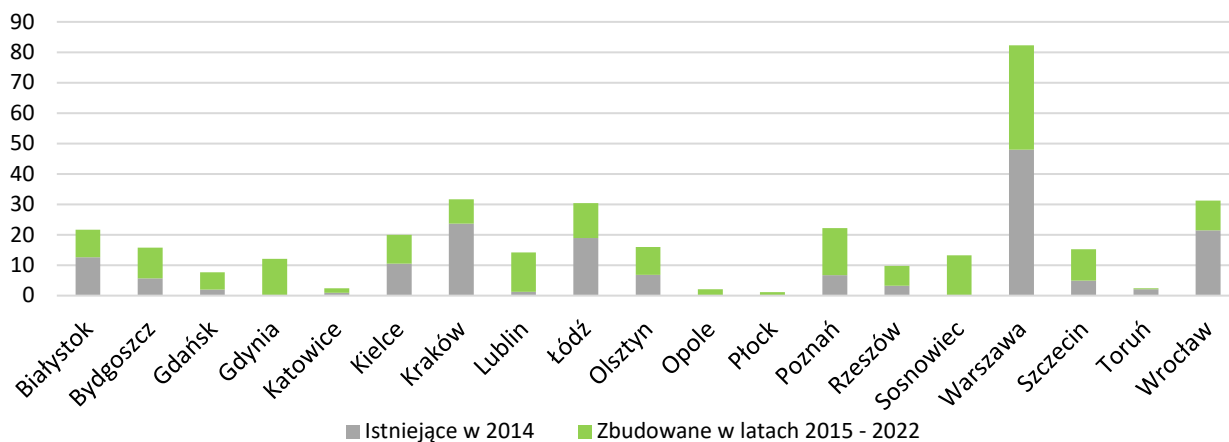
Buspasy

Buspasy są kluczowym elementem pozwalającym minimalizować liczbę taboru potrzebnego do obsługi pasażerów i zadań przewozowych. Jest to szczególnie istotne w przypadku wdrażania autobusów zeroemisyjnych, które są znacznie droższe od spalinowych. Powinno się też zapobiegać sytuacji np. postojów autobusów elektrycznych w zatorach drogowych, co zwiększa niepewność realizacji zadania w kontekście poziomu naładowania baterii. Ponadto, skracanie czasu podróży zwiększa atrakcyjność transportu publicznego, co może prowadzić do wzrostu liczby pasażerów (oczekiwany rezultat w dokumentach strategicznych rządu oraz programach operacyjnych).

Według danych GUS w polskich miastach o liczbie ludności przekraczającej 100 tys. mieszkańców w 2014 roku istniało 171 km buspasów. W latach 2015-2022 miasta wyznaczyły nowe buspasy o długości 186 km, czyli ich długość podwoiła się do wartości 357 km buspasów. GUS posiadał dostępne dane dla 25 z 37 największych miast.

Obecnie wśród 25 ośrodków z największą długością buspasów są: Warszawa (82,4 km), Kraków (31,7 km), Wrocław (31,2 km) i Łódź (30,4 km). W większości miast, dla których dostępne były dane GUS, długość buspasów w 2022 roku mieściła się w przedziale 10–20 km. Najwyższy wzrost procentowy odnotowano w miastach, które w 2014 roku prawie lub w ogóle nie posiadały buspasów, a wybudowały ponad 10 km takich tras – Lublinie (z 1,2 na 14,2 km), Sosnowcu (z 0 na 13,3 km), czy Gdyni (z 0 na 12,1 km) – por. Rysunek 8.

Rysunek 8. Długość buspasów w 2014 roku i nowych wyznaczonych w latach 2015-2022 [km] w miastach powyżej 100 tys. mieszkańców, w których ich długość przekroczyła 2 km.

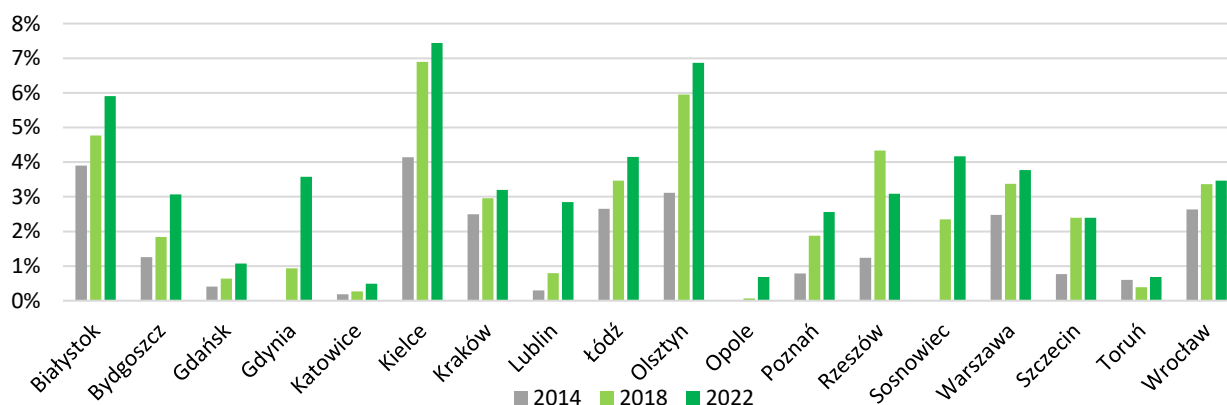


Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS.

Ze względu na różne wielkości miast i długości ich sieci drogowej postanowiono również przeliczyć jaka długość dróg gminnych i powiatowych wyposażona jest w buspasy. Z Banku Danych Lokalnych GUS pozyskano dane o długości gminnych i powiatowych dróg o nawierzchni twardej, ulepszonej – ponieważ głównie po takich drogach poruszają się pojazdy komunikacji miejskiej. Następnie porównano ich długość z długością buspasów w mieście – por. Rysunek 9.

W tym zestawieniu na czele znalazły się miasta ze stosunkowo dużą, ale nie największą długością buspasów – Kielce (20,8 km – 7,4% dróg), Olsztyn (16,0 km – 6,9% dróg) i Białystok (21,7 km – 5,9% dróg). Miasta o największej długości buspasów zajęły znacznie niższe pozycje – Warszawa mająca najdłuższą sieć buspasów zajęła dopiero 6 pozycję pod względem ich udziału w sieci drogowej. Może to wskazywać, że w największych miastach jest jeszcze duży potencjał do dalszego zwiększania liczby buspasów zwiększających efektywność funkcjonowania komunikacji autobusowej.

Rysunek 9. Udział buspasów w sieci dróg gminnych i powiatowych o nawierzchni twardej ulepszonej w wybranych miastach o ludności ponad 100 tys. mieszkańców.



Źródło: opracowanie własne.

W październiku 2022 roku w Warszawie na ulicy Puławskiej, będącej trasą wylotową w kierunku Piaseczna, uruchomiono buspas. Po roku funkcjonowania znane są efekty tego rozwiązania. Średnio w godzinach szczytu autobusy jadące w kierunku Warszawy pokonują trasę z Piaseczna w 19-21 minut (32-35 minut przed wprowadzeniem buspasa). Do Piaseczna oszczędność czasu wynosi około 15 minut. Autobusy kursują punktualnie, a zwiększeniu uległa także liczba pasażerów (o 18,1% we wrześniu 2023 roku w stosunku do roku poprzedniego; przy czym we wszystkich autobusach WTP ten wzrost wyniósł 3,5%). Na trasie z i do Piaseczna wynosi prawie 12 mln rocznie. Zakładając, że w samochodzie podróżuje średnio 1,4 osoby w każdym pojeździe, gdyby wszyscy pasażerowie autobusów przesiedli się do aut to potrzebowaliby 28,5 tys. samochodów w dni powszednie i 15,5 tys. w soboty. Z pomiarów Zarządu Dróg Miejskich wynika, że ulicą Puławską na granicy Warszawy jesienią 2022 poruszało się w dni powszednie ok. 61 tys. pojazdów. Ich liczba zwiększyłaby się więc aż o 46 procent⁴².

Strefy Czystego Transportu

Kolejnym działaniem JST wspierającym transport zeroemisyjny jest tworzenie, w myśl ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych, Stref Czystego Transportu (LEZ). Obecnie jedynie dwa miasta w Polsce są na zaawansowanym etapie wprowadzania w życie tego rozwiązania.

Według projektu przedstawionego w trakcie konsultacji społecznych z mieszkańcami, **warszawska** strefa czystego transportu, która obejmie większość Śródmieścia i fragmenty otaczających je dzielnic, będzie wdrażana w pięciu etapach, począwszy od 1 lipca 2024 roku. Kolejne etapy, zaostrzające wymagania dotyczące standardów pojazdów wjeżdżających do SCT, będą realizowane co dwa lata do 2032 roku. Efektem wprowadzenia strefy w Stolicy ma być spadek emisji tlenków azotu (o 80%) i cząstek stałych (o 69%)⁴³.

W **Krakowie**, po konsultacjach społecznych, które odbyły się wiosną i ponownie jesienią 2022 roku, również zdecydowano się utworzyć Strefę Czystego Transportu. System rejestracji do wjazdu do SCT zacznie działać już w pierwszym kwartale 2024 roku, a pierwszy etap obowiązywania strefy wprowadzony zostanie, tak jak w Warszawie, 1 lipca. Kolejny etap zaostrzający przepisy wejdzie w życie 1 lipca 2026 roku. Granice strefy pokrywać się będą z granicami administracyjnymi miasta Krakowa. Dążenie do objęcia tak dużego obszaru strefą SCT wynika z chęci zapewnienia wysokiej efektywności rozwiązania – im większy będzie obszar SCT, tym lepszy będzie efekt poprawy jakości powietrza. Autostrady i drogi ekspresowe nie będą objęte SCT, ponieważ strefa ma objąć tylko drogi zarządzane przez Prezydenta Miasta Krakowa⁴⁴.

⁴² Zarząd Dróg Miejskich: Rok z buspasami na ulicy Puławskiej, <https://zdm.waw.pl/aktualnosci/rok-z-buspasami-na-ulicy-pulawskiej/>, data artykułu: 18.10.2023 r., data dostępu: 20.10.2023 r.

⁴³ Warszawa19115: Strefa czystego transportu (SCT), <https://warszawa19115.pl/-/strefa-czystego-transportu-sct->, data dostępu: 17.10.2023 r.

⁴⁴ ZTP Kraków: Strefa Czystego Transportu, <https://ztp.krakow.pl/sct>, data dostępu: 17.10.2023 r.

Kolejnym miastem, które przygotowuje się do wprowadzenia Strefy Czystego Transportu jest **Wrocław**. W okresie 30 marca – 30 kwietnia 2023 roku odbyły się konsultacje społeczne, które dotyczyły wprowadzenia strefy we Wrocławiu. W trakcie konsultacji przedstawiono trzy warianty wprowadzenia strefy, która miałaby zacząć funkcjonować w 2025 roku (z zastrzeżeniem przepisów w 2028 i 2032). Zalecany przez ekspertów, zrównoważony wariant SCT obejmuje, podobnie jak w Warszawie, centralną część miasta. Pierwszy, zaplanowany na 2025 rok etap, zredukuje emisję cząstek stałych o 58%, a tlenków azotu o 23% (wykluczając około 13% pojazdów poruszających się obecnie po Wrocławiu). Docelowo w 2032 r. emisja PM spadnie o 93%, a NO_x o 60% (przy wykluczeniu 56% pojazdów)^{45,46}.

W styczniu 2023 roku, podczas konferencji mającej na celu popularyzację Stref Czystego Transportu, miało miejsce uroczyste podpisanie listu intencyjnego. Jednym z sygnatariuszy było miasto **Gliwice**, które jako pierwsze z rejonu Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii, rozpoczęło przygotowania do analizy floty pojazdów poruszających się po mieście, której wyniki zadecydują o dalszych pracach nad wdrożeniem SCT⁴⁷.

Również inne polskie miasta rozpoczęły przygotowania do wprowadzenia SCT. W Raporcie z badania jakościowego w ramach projektu „Laboratorium Stref Czystego Transportu”⁴⁸ przedstawiono plany kolejnych 7 miast, rozważających lub przygotowujących się do stworzenia SCT, których działania opisano poniżej.

Katowice zadeklarowały, że są w trakcie przygotowań w kierunku wprowadzenia strefy, jednak jedną z głównych przeszkód, jak twierdzą respondenci, jest zbytne przywiązanie mieszkańców do poruszania się samochodami.

W **Lublinie** mimo pozytywnych reakcji mieszkańców, przedstawionych w badaniu z 2018 roku, miasto nie podjęło dalszych kroków w kierunku utworzenia Strefy Czystego Transportu. W 2023 roku ustanowiono w Lublinie projekt ograniczający (i monitorujący) ruch pojazdów

⁴⁵ BIP UM Wrocław: Jakiej strefy czystego transportu potrzebujemy?, <https://bip.um.wroc.pl/artykul/127/65613/jakiej-strefy-czystego-transportu-potrzebujemy>, data dostępu: 17.10.2023r.

⁴⁶ Wrocław.pl: Władze Wrocławia chcą wprowadzić Strefę Czystego Transportu i wykluczyć z niej auta najbardziej zanieczyszczające powietrze, <https://www.wroclaw.pl/komunikacja/strefa-czystego-transportu-wroclaw-badania-konkultacje-rekomendacje>, data artykułu: 21.12.2022r., data dostępu: 17.10.2023r.

⁴⁷ 24 Gliwice: Gliwice pierwszym z miast metropolii ze Strefą Czystego Transportu? Podpisano list intencyjny, <https://www.24gliwice.pl/wiadomosci/gliwice-pierwszym-z-miast-metropolii-ze-strefa-czystego-transportu-podpisano-list-intencyjny/>, data artykułu: 18.01.2023r., data dostępu: 17.10.2023r.

⁴⁸ Laboratorium SCT: SCT w polskich miastach – motywacje i bariery. Raport z badania jakościowego, <https://sctlab.ios.edu.pl/sct-w-polskich-miastach-motywacje-i-bariery-raport-z-badania-jakosciowego/>, data raportu: 28.09.2023r., data dostępu: 18.10.2023r.

w obszarze Starego Miasta. Na teren można wjechać w porannym przedziale czasowym od godz. 6:00 do 10:00.

Łódź, jak wynika z deklaracji badanych, jest na etapie obserwowania praktyk i rozwiązań innych miast, w których decyzja o SCT jest rozważana. Dodatkowo w związku z licznymi inwestycjami drogowymi oraz koniecznością poprawy jakości i dostępności komunikacji publicznej, pojawiły się obawy, że wprowadzenie Strefy w najbliższych latach mogłoby skutkować frustracją i znacznym sprzeciwem społecznym.

W **Rzeszowie** trwa tworzenie rekomendacji i opracowań. Istnieje także system monitorowania aut, który można by wykorzystać do cyfrowego rejestrowania pojazdów w SCT. Problemem jest jednak brak konsultacji społecznych i otwarty sprzeciw mieszkańców w tej kwestii.

W badaniu zadeklarowano, że **Sopot** podejmuje działania na rzecz wprowadzenia SCT, które miałyby wpisać się w jego wizerunek jako miasta uzdrowiskowego. W mieście inicjowano skuteczne działania prośrodowiskowe. Zdaniem respondentów zrozumiałym dla mieszkańców będzie ograniczenie ruchu, które z pewnością docenią kuracjusze, turyści, ale i mieszkańcy, jako że miejsce wypoczynku powinno cechować się dobrą jakością powietrza i brakiem hałasu.

Również w **Toruniu** charakter działań dotyczących SCT określono mianem rozpoznawczego. Wskazano m.in. wstępne prace w celu pomiaru rotacji ruchu oraz analizy abonamentów na komunikację miejską.

Transport publiczny zeroemisyjny ma stanowić alternatywę dla mieszkańców, którzy nie będą dysponować pojazdami mogącymi wjechać do SCT lub nie chcącymi opłacać wjazdu do tych stref (w zależności od zasad funkcjonowania strefy). Ponadto wpływy z funkcjonowania SCT mogą wesprzeć rozwój publicznego transportu zeroemisyjnego, m.in. poprzez zakup taboru czy budowę infrastruktury do ładowania autobusów elektrycznych na jej terenie.

Edukowanie o zaletach elektromobilności

Miasto Kielce rozpoczyna kampanię informacyjno-edukacyjną pod hasłem „Innowacyjne i ekologiczne środki transportu”. Kampania potrwa od początku września 2023 r., do końca września 2024 roku. Projekt składa się z pięciu etapów, gdzie uczestnicy między innymi będą mieli do zrealizowania zadania jak plakat o tematyce „Czym jest elektromobilność?”, czy spot reklamowy „Niskoemisyjne środki transportu w aspekcie ochrony klimatu”. Organizator przygotowuje także warsztaty dla dzieci, książeczki reklamowe i przedstawienie teatralne dla najmłodszych. Kampania została dofinansowana ze środków Ministerstwa Klimatu i Środowiska, Wojewódzkiego Funduszu

Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Kielcach i Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Warszawie⁴⁹.

Wiele miast jak na przykład Poznań⁵⁰, Kraków⁵¹, Warszawa⁵², Częstochowa⁵³ i inne angażują się też w coroczne obchody Europejskiego Tygodnia Mobilności (dawniej nazywanego Europejskim Tygodniem Zrównoważonego Transportu). Wydarzenia odbywają się rokrocznie w przedostatnim tygodniu września i mają zachęcić mieszkańców miast do zmiany samochodu na komunikację publiczną. Tegoroczne hasło kampanii brzmiało „Oszczędzaj energię”, a miasta namawiały do wyboru niskoemisyjnych i energooszczędnych środków transportu organizując pikniki, warsztaty, gry miejskie i zapewniając możliwości darmowych przejazdów komunikacją miejską w dniu 22 września znanym jako „Europejski dzień bez samochodu”. W wielu miastach Polski była to już dwudziesta edycja wydarzenia.

BAZA DANYCH O POJAZDACH

W miastach powyżej 100 tys. mieszkańców, w 10 z 32 z nich udział autobusów zeroemisyjnych lub zasilanych gazem osiągnął wymagane Ustawą o elektromobilności i paliwach alternatywnych 10% do 1 stycznia 2023 roku (najwięcej: Zielona Góra – 64,7%; Gdynia – 41,2%; Lublin – 35,7% i Włocławek – 22,2%). Oznacza to, że w trzech miastach osiągnięto już wręcz cel zapisany na rok 2028 (przekroczenie 30% udziału pojazdów zeroemisyjnych). Warto zwrócić uwagę, że wśród tych, które w dużym stopniu mają już zelektryfikowaną flotę komunikacji drogowej, są miasta trolejbusowe, od dawna eksploatujące pojazdy zeroemisyjne.

W 5 miastach nie wprowadzono jeszcze do eksploatacji żadnego autobusu zero- i niskoemisyjnego (Bydgoszcz, Elbląg, Olsztyn, Wałbrzych i Wrocław), a w kolejnych 4 miastach nie kursują jeszcze żadne autobusy zeroemisyjne (Kielce, Koszalin, Płock i Tarnów). Z AKK wdrożenia taboru zeroemisyjnego dla tych miast wynikało, że koszty przewyższały korzyści z wdrożenia pojazdów tego typu i tylko w przypadku pozyskania zewnętrznego dofinansowania, uzasadnienie miałyby

⁴⁹ Kielce.eu: Kampania o innowacyjnych i ekologicznych środkach transportu, <https://www.kielce.eu/pl/aktualnosci/kampania-o-innowacyjnych-i-ekologicznych-srodkach-transportu.html>, data artykułu: 04.09.2023 r., data dostępu: 18.10.2023 r.

⁵⁰ Poznań.pl: Europejski Tydzień Mobilności 2023, <https://www.poznan.pl/mim/info/news/europejski-tydzien-mobilnosci-2023,212637.html>, data artykułu: 14.09.2023 r., data dostępu: 18.10.2023 r.

⁵¹ Kraków.pl: Trwa Europejski Tydzień Mobilności, https://www.krakow.pl/aktualnosci/275002,26,komunikat,przed_nami_europejski_tydzien_mobilnosci.html, data artykułu: 22.09.2023 r., data dostępu: 18.10.2023 r.

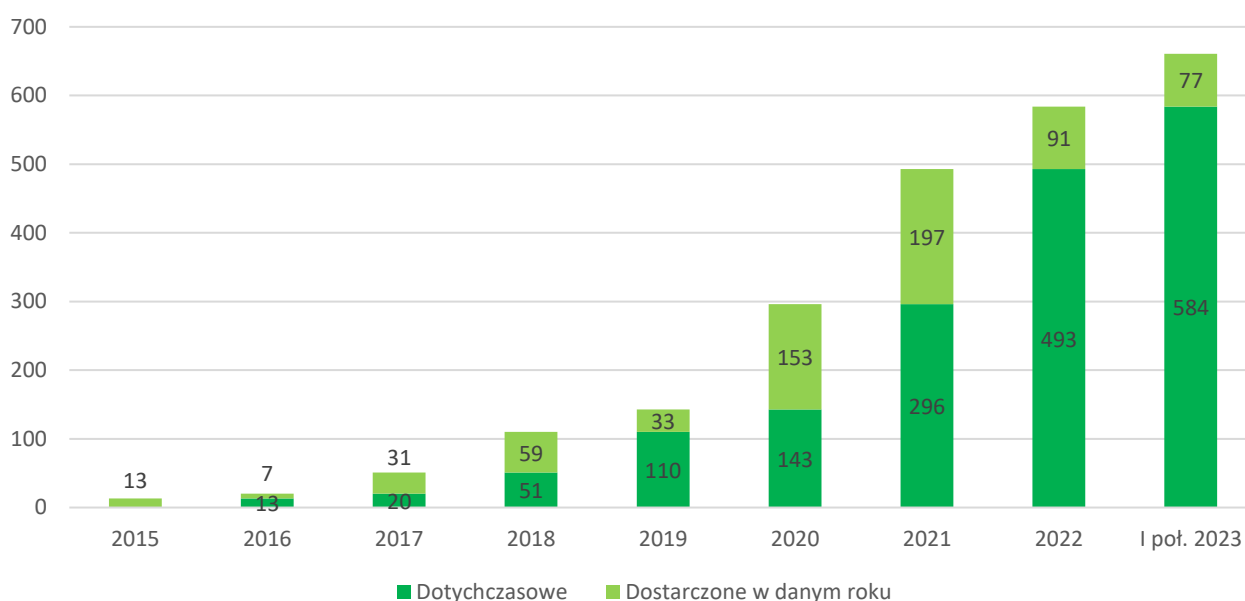
⁵² UM.Warszawa.pl: Zapraszamy na wydarzenia - Europejski Tydzień Mobilności, <https://um.warszawa.pl/-/rozpoczelismy-europejski-tydzien-mobilnosci>, data artykułu: 16.09.2023 r., data dostępu: 18.10.2023 r.

⁵³ Częstochowa.pl: Europejski Tydzień Mobilności 2023, https://www.czestochowa.pl/page_id=1003929, data artykułu: 15.09.2023 r., data dostępu: 18.10.2023 r.

wdrożenie takiego taboru (por. rozdział 5.7). Nadal jednak dla wszystkich analizowanych miast średni udział pojazdów zeroemisyjnych wyniósł 10,7%.

Autobusy zeroemisyjne w polskich miastach zamawiane są od 2015 roku. Początkowo zamawiano rocznie kilka-kilkadziesiąt pojazdów tego typu, a w ostatnich latach liczba ta osiągnęła najwyższą wartość 197 autobusów zamówionych w 2021 roku. To doprowadziło do tego, że na koniec I połowy 2023 w badanych miastach były 662 autobusy zeroemisyjne (por. Rysunek 10).

Rysunek 10. Liczba autobusów zeroemisyjnych w miastach o ludności ponad 100 tys. mieszkańców w latach 2015-2023 w podziale na dotychczas eksploatowane i dostarczone w danym roku.

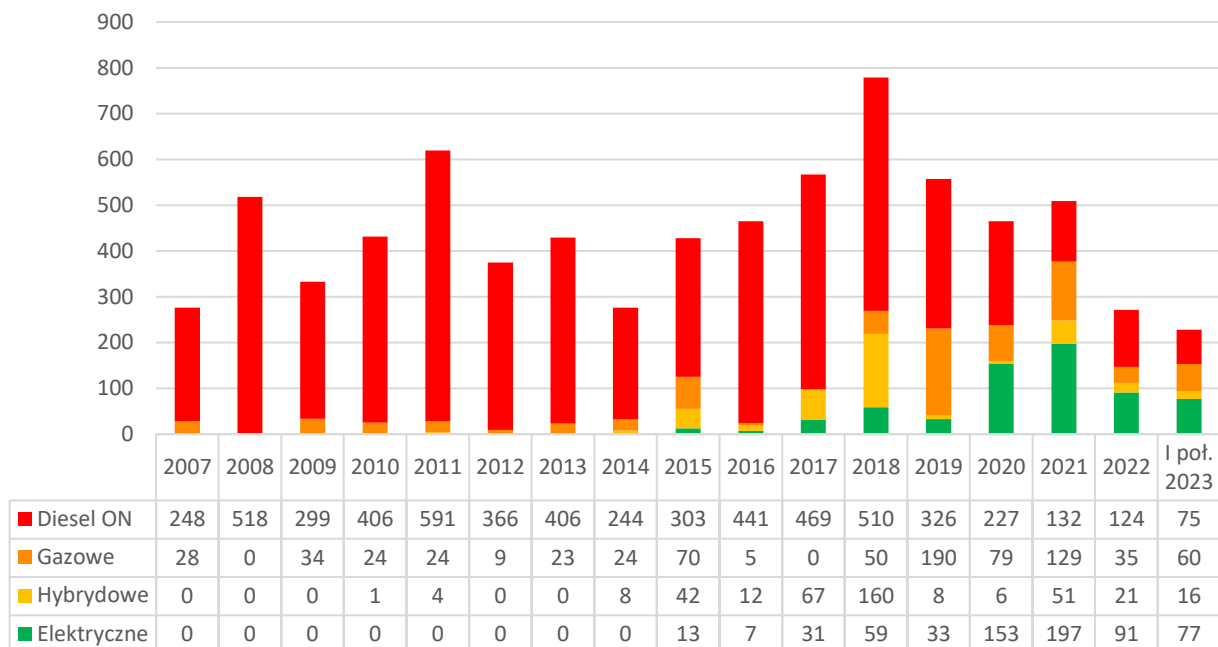


Źródło: opracowanie własne.

Udział autobusów zeroemisyjnych w dostawach dla miast powyżej 100 tysięcy mieszkańców od 2015 roku wynosił kilka procent, natomiast dopiero od 2020 roku stanowi około 1/3 wszystkich dostarczanych do tych miast autobusów. W I połowie 2023 r. udział dostaw pojazdów z silnikiem diesla na ON, niskoemisyjnych (gazowych lub hybrydowych) oraz zeroemisyjnych wyniósł każdy po 1/3 (por. Rysunek 11).

W latach 2007-2022 średnio rocznie wymieniano więc 456 autobusów, a w latach 2016-2022 – 516 autobusów. Na wykresie zauważalna jest też cykliczność zamówień na nowe autobusy, przejawiająca się latami zwiększonych zamówień oraz ich mniejszej liczby, wyznaczona cyklami wydatkowania funduszy unijnych w perspektywach na lata 2007-2013 oraz 2014-2020. Od 2021 roku pojawiają się też w cyklu inwestycyjnym nabory NFOŚiGW i zamówienia wynikające z dofinansowań z programu Zielony Transport Publiczny.

Rysunek 11. Nowe autobusy w miastach o ludności ponad 100 tys. mieszkańców w latach 2007-2023 w podziale na zamawiane napędy.



Źródło: opracowanie własne.

STUDIA PRZYPADKU

Podstawowe działania prowadzone w samorządach to wymiana floty pojazdów z silnikami diesla na zeroemisyjne. Odbywało się to bądź w formie wymiany autobusów na elektryczne, bądź poprzez budowę infrastruktury tramwajowej i zakupu tramwajów.

Jaworzno

Autobusy zeroemisyjne stanowią 72% taboru miejskiego przewoźnika (PKM). Gmina znacznie przekroczyła już więc wymagania ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych – celu 30% taboru zeroemisyjnego od 1 stycznia 2028 roku. Autobusy elektryczne wykonują ponad 80% pracy eksploatacyjnej w mieście, więc z perspektywy prawa unijnego, osiągnięty został próg redukcji emisji CO₂ o co najmniej 64% projektowany na rok 2035 r. Na stronie miasta Jaworzno można również znaleźć całą zakładkę poświęconą elektromobilności, w której miasto chwali się swoimi osiągnięciami w tym zakresie⁵⁴.

W celu promocji transportu publicznego i zwiększenia liczby jego użytkowników, miasto wprowadziło bardzo atrakcyjną taryfę biletową, której najważniejszym elementem jest bilet roczny

⁵⁴ Elektromobilność – oficjalna strona miasta Jaworzno, <https://www.jaworzno.pl/electromobility/>, data dostępu: 01.09.2023 r.

za 240 zł (ulgowy: 120 zł). Za 66 groszy dziennie można więc korzystać z komunikacji miejskiej Jaworzna przez cały rok. Obecny cennik biletów obowiązuje od 1 września 2020 r.⁵⁵.

Warszawa

Warszawa w 2021 roku podjęła decyzje o tym, że nowy tabor stanowić będą tylko autobusy elektryczne i niskoemisyjne⁵⁶. Do 2030 roku udział autobusów o napędzie konwencjonalnym ma zmniejszyć się do połowy⁵⁷. W mieście mają być budowane huby energetyczno-wodorowe dla transportu miejskiego i wsparcie dla taboru wodorowego, który w 2030 roku ma stanowić jedną czwartą floty jednego z warszawskich przewoźników⁵⁸.

Najbardziej reprezentatywną ulicą w mieście, tzn. Traktem Królewskim, poruszają się autobusy elektryczne, co pozytywnie wpływa na ekologiczny wizerunek miasta. Pojazdy te nie emitują też zanieczyszczeń na tym ciągu komunikacyjnym.

Oddanie do użytku trasy tramwajowej na Tarchomin, potem Nowodwory i docelowo do Winnicy, umożliwiło wycofanie z ruchu znacznej liczby autobusów – łącznie 39 brygad. W zamian pojawiły się tramwaje, które nie wydzielają spalin. Ponadto jedna z linii autobusowych, która nadal dowozi mieszkańców Nowodworów w stronę centrum miasta, jest obsługiwana autobusami elektrycznymi.

W ramach zamówienia na tramwaje, które realizowała firma Hyundai, mieszkańcy mogli zagłosować na wygląd czoła nowych tramwajów oraz na nazwę pod jaką pojazdy miały funkcjonować (Warsolino).

Gdynia

W ramach programu Gepard w Gdyni zakupiono 6 pojazdów elektrycznych z bateriami o obniżonej pojemności, z systemem ładowania *In Motion Charging (IMC)*, wyposażonych w system rekuperacji energii. System ładowania polega na podłączeniu pojazdu do istniejącej sieci trolejbusowej na około 30-50% trasy obsługiwanej linii i dalszą jazdę z wykorzystaniem energii zmagazynowanej w bateriach⁵⁹.

⁵⁵ PKM Jaworzno: Cennik biletów, <https://www.pkm.jaworzno.pl/www/bilety/cennik-biletow/>, data dostępu: 17.10.2023 r.

⁵⁶ Strona Gazety Wyborczej, Jakie autobusy dla Warszawy: elektryczne czy z silnikiem Diesla? (wyborcza.pl) data dostępu: 02.10.2023 r.

⁵⁷ Warszawa: Wymiana autobusów na zero i niskoemisyjne, <https://um.warszawa.pl/-/zakup-autobusow-ekologicznych>, data dostępu: 20.09.2023 r.

⁵⁸ Strona Gazety Wyborczej, Jakie autobusy dla Warszawy: elektryczne czy z silnikiem Diesla? (wyborcza.pl) data dostępu: 01.09.2023 r.

⁵⁹ Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej – dla Miasta Gdyni

W sezonie wakacyjnym uruchamiana jest linia nr 326, która obsługiwana jest zabytkowymi trolejbusami. Przy okazji testów autobusu wodorowego zostały zorganizowane specjalne warsztaty poświęcone pojazdom wodorowym.

Toruń

W ramach projektu unijnego BiT City 2 wybudowano ponad 6-kilometrową nową trasę tramwajową do osiedla JAR, na którym docelowo zamieszka 20 tys. osób. Szczególną uwagę zwrócił aspekt promocyjny projektu, w dniu otwarcia trasy tramwajowej na JAR odbyła się seria wydarzeń o nazwie „Załaduj się dobrą energią”, podczas której nową trasą przejechała parada tramwajów (w której skład wchodził tramwaj turystyczny), a następnie odbył się piknik rodzinny, na którym pojawiły się konkursy dla dzieci i dorosłych, stoiska z atrakcjami i animacjami. Na nowej trasie tramwajowej powstało 7 tzw. „Przystanków Dobrej Energii”. Przyciągają wzrok kolorami grafik wykonanych przez toruńskich artystów.

Hamburg

W zagranicznych miastach, szczególnie w Hamburgu (Niemcy), widoczny jest interesujący model rozwoju, który obejmuje równoczesny rozwój autobusów elektrycznych i wodorowych. Hamburg zainstalował stacje wodorowe i eksperymentuje z różnymi markami autobusów elektrycznych w warunkach rzeczywistej eksploatacji.

Spółka HHA pełni rolę testera różnych rozwiązań, pomaga tworzyć niemieckie normy branży transportu publicznego (VDV) oraz dzieli się doświadczeniami z innymi operatorami.

WYWIADY IDI

Respondenci wywiadów wskazali, że rynek operatorów transportu publicznego w Polsce można dziś podzielić na trzy główne grupy:

- **Goniących za wymogami ustawowymi** - operatorów, którzy dostosowują się do obowiązujących przepisów prawnych dotyczących ekologii i efektywności energetycznej.
- **Posiadających duże dofinansowania** - operatorów, którzy otrzymują znaczące wsparcie finansowe na zakup taboru lub bieżące funkcjonowanie, co pozwala im na oferowanie darmowych przejazdów pasażerom lub minimalizowanie kosztów biletów, niezależnie od cen energii elektrycznej.
- **Innowatorów** - operatorów, którzy skupiają się na poprawie jakości środowiska poprzez wprowadzenie pojazdów elektrycznych i wodorowych oraz prowadzenie projektów testowo-badawczych. Wśród miast i ich regionów zaangażowanych w innowacje wymieniano: Jaworzno, Kraków, Radom, Konin, Poznań, Piłę i Zieloną Górę.

W kontekście rządowych wymagań dla flot autobusowych, przedstawiciele IGKM retorycznie zapytali o efekt ekologiczny takich działań. Zwracają uwagę, że zanieczyszczenia emitowane w skali miasta przez autobusy z silnikiem diesla Euro 6 są nieporównywalne z tymi, które wyemitowałyby

ich pasażerowie, gdyby wybrali podróż samochodem. Zdaniem IGKM progi autobusów (cele) w Polsce dla miast są zbyt wyśrubowane i **niedostosowane do czasu**, w którym można osiągnąć pełną elektryfikację (cel 2030 r. według PEP2040). Członkowie Izby zgadzają się, co do idei i polityki, ale nie wymagań czasowych.

Wskazywano też, że ustawa o elektromobilności dotyka małe firmy, gdzie z reguły nie zapewnia się efektywnej ekonomicznie eksploatacji autobusów elektrycznych. Od 2028 roku na 10 autobusów – 3 będą musiały być elektryczne. Takie autobusy dla małych przedsiębiorstw stanowią ogromny przeskok technologiczny i wymagają wielu miesięcy nauki pracy technicznej w zakresie ich eksploatacji i utrzymania.

W związku z powyższym, IGKM promuje miks energetyczny w taborze przewoźników w czasie niepewności na rynku energii i paliw. Podejście takie pozwala sterować wykorzystaniem floty o zróżnicowanym napędzie, w zależności od tego, który tabor zapewnia najtańszą eksploatację.

Izba zwróciła również uwagę, że niedobrym pomysłem było ograniczenie do JST grupy beneficjentów mogących aplikować o fundusze NFOŚiGW w ramach naboru drugiego. W jego ramach warszawski Zarząd Transportu Miejskiego po raz pierwszy w historii zamawiał autobusy miejskie⁶⁰. Stwierdzono, że zdecydowanie powinna być możliwość do objęcia dofinansowaniem projektów realizowanych przez spółki miejskie.

-
- **Wymagania rządowe przekładają unijne cele dla kraju na poszczególne samorzady (m.in. gminy i powiaty), a cele kierunkowe rządu dodatkowo je zaostrzają:**
 - od 2023 r. w JST powyżej 50 tys. mieszk. 10% floty stanowią autobusy zeroemisyjne lub napędzane biometanem (Ustawa o Elektromobilności),
 - od 2025 r. w JST powyżej 50 tys. mieszk. 20% floty stanowią autobusy zeroemisyjne lub napędzane biometanem (UoE), w miastach powyżej 100 tys. mieszk. nowe autobusy muszą być zeroemisyjne (Polityka Energetyczna Polski 2040),
 - od 2028 r. w JST powyżej 50 tys. mieszk. 30% floty stanowią autobusy zeroemisyjne lub napędzane biometanem (UoE),
 - od 2030 r. wszystkie autobusy miejskie w miastach ponad 100 tys. mieszkańców są zeroemisyjne (PEP).
 - **Główna różnica między podejściem polskim a unijnym polega na tym, że cele muszą być realizowane przez każdy organ z osobna, a nie przez wszystkie organy łącznie. Wszystkie miasta, w rozróżnieniu na zakres 50-100 tys. mieszk. oraz ponad 100 tys. mieszk., mają osiągnąć określone progi taboru zeroemisyjnego.**
-

⁶⁰ ZTM Warszawa: Kupimy 12 elektrycznych autobusów, <https://www.ztm.waw.pl/informacje-prasowe/2023/06/30/kupimy-12-elektrycznych-autobusow/>, data artykułu: 30.06.2023 r., data dostępu: 28.09.2023 r.

- Dyskusyjne jest w szczególności określenie celu kierunkowego w PEP na 2030 r. floty w pełni zeroemisyjnych autobusów w miastach ponad 100 tys. mieszkańców. Oznaczałoby to często wymianę 6-letnich autobusów zasilanych olejem napędowym, by sprostać temu celowi. Wykonawca nie widzi uzasadnienia ekonomicznego takiego działania.
- Dwoma głównymi źródłami wsparcia samorządów w rozwoju zeroemisyjnego transportu zbiorowego są dziś: fundusze unijne (FENiKS, FE dla Regionów, oczekiwane środki z KPO) oraz rządowy program Zielony Transport Publiczny NFOŚiGW.
- Miasta realizują 5 rodzajów działań w ramach wdrażania zeroemisyjnego transportu zbiorowego: zakup taboru, budowę infrastruktury punktowej lub liniowej, realizację działań towarzyszących oraz inne, jak np. opracowywanie analiz kosztów i korzyści, wymiana napędów lub baterii trakcyjnych czy działania zwiększające efektywność energetyczną np. poprzez własne instalacje fotowoltaiczne na dachach infrastruktury.
- Działania towarzyszące wdrożeniu zeroemisyjnego transportu zbiorowego są bardzo istotne, ponieważ z jednej strony mogą zwiększać efektywność wykorzystania taboru zeroemisyjnego, a z drugiej powodować wzrost liczby pasażerów transportu publicznego. Do takich działań należy wdrażanie priorytetów w ruchu transportu publicznego, wyznaczanie stref czystego transportu czy kampanie promujące korzystanie z transportu publicznego, takie jak Europejski Tydzień Mobilności.
- Do zdecydowanie najskuteczniejszych narzędzi należą jednak priorytety w ruchu transportu publicznego, do których zaliczamy budowę i wyznaczanie wydzielonych pasów ruchu bądź całych tras dla autobusów bądź tramwajów, a także priorytety w działaniu sygnalizacji świetlnej. Znaczenie tego typu rozwiązań potwierdzają badania, np. w ciągu ulicy Puławskiej w Warszawie, gdzie za sprawą wprowadzenia buspasów liczba pasażerów wzrosła o prawie 15%.

3.4. Analiza SWOT

Odpowiedź na pytanie:

Pyt. 4. Jakie są mocne i słabe strony zeroemisyjnego transportu zbiorowego w Polsce oraz jakie są szanse i zagrożenia dla jego dalszego rozwoju?

Analizę SWOT zrealizowano w formie tabeli zawierającej wszystkie elementy dotyczące zeroemisyjnego transportu zbiorowego w Polsce, jego mocne i słabe strony oraz szanse i zagrożenia dla jego dalszego rozwoju (por. Tabela 4). Pozycjonowanie elementów determinuje ich znaczenie, przykładowo najważniejsze mocne strony zeroemisyjnego transportu umieszczone są jako pierwsze na górze tabeli, natomiast najmniej ważne jako ostatnie na dole tabeli.

Tabela 4. Analiza SWOT zeroemisyjnego transportu zbiorowego w Polsce.

MOCNE STRONY	SŁABE STRONY
<p style="text-align: center;">BARDZO WAŻNE</p> <p>1. Niższe koszty bieżącej eksploatacji pojazdów elektrycznych w stosunku do spalinowych. Średni koszt napraw i przeglądów autobusu przegubowego, elektrycznego wyniósł 0,73 zł/km, a spalinowego - 1,61 zł/km. Niższy był również koszt energii – autobus elektryczny 1,43 zł/km w stosunku do 3,25 zł/km w autobusie spalinowym (źródło: ankieta do operatorów).</p> <p>1a. Pojazdy elektryczne wyposażone w baterie rekuperują energię z hamowania, doładowując baterie lub oddając energię do sieci by potem wykorzystać ją przy przyspieszaniu.</p> <p>1b. Kilka procent zeroemisyjnej energii może też być pozyskanych z instalacji fotowoltaicznej na dachu pojazdu (przykład – MZA Warszawa) lub infrastruktury np. zajezdni (przykład – PKT Gdynia).</p> <p>2. Wysoki poziom dofinansowań oraz mnogość programów krajowych i unijnych (np. ZTP NFOŚiGW, RPO i następcą FEdR, POLiŚ i następcą FENIKS, POPW i następcą FEPW itd.), pozwalających na zakup taboru zeroemisyjnego w powiązaniu z towarzyszącą infrastrukturą ładującą. Obecnie bardzo trudne jest otrzymanie dofinansowania na autobus spalinowy, nawet spełniający normę Euro VI.</p> <p>3. Pierwsze wdrożenia zeroemisyjnego transportu wymagają budowy infrastruktury od zera, natomiast kolejne – pozwalają wykorzystać wcześniejsze inwestycje i rozłożyć koszty na większą liczbę pojazdów. Na terenie</p>	<p style="text-align: center;">BARDZO WAŻNE</p> <p>1. Stosunkowo mały zasięg typowych autobusów elektrycznych lub trolejbusów bateryjnych, który przy brakach infrastruktury i kultury organizacji, może nie pozwalać na obsługę brygad całodziennych. Mały zasięg wynika z niskiej gęstości energii w bateriach na jednostkę wagi (kilogram). Nieracjonalne jest wożenie ciężkich baterii i zużywanie na ten cel dodatkowej energii. Powoduje to ograniczoną możliwość wprowadzania pojazdów zeroemisyjnych np. na długie trasy podmiejskie.</p> <p>2. Średnio niższy roczny przebieg autobusu elektrycznego w Polsce względem spalinowego. Jest to jednak uwarunkowane początkami wdrożeń tego typu taboru w Polsce i nabywaniem umiejętności właściwego zarządzania zadaniami przewozowymi.</p> <p>3. Dziś występująca duża awaryjność autobusów elektrycznych. Liczba zjazdów awaryjnych do zajezdni jest nawet 2- lub 3-krotnie większa niż autobusów spalinowych. Awarii może też ulec infrastruktura ładująca, ograniczając możliwość realizacji rozkładu jazdy na części tras. Transport elektryczny jest szczególnie podatny na gwałtowne różnice temperatury (źródło: ankieta do operatorów).</p> <p>4. Wysoki koszt inwestycji w zeroemisyjny transport zbiorowy. Dotyczy to wszystkich jego rodzajów: autobus elektryczny, wodorowy, trolejbus i tramwaj. Bez dofinansowań zdolność do wdrażania transportu zeroemisyjnego do miastach byłaby bardzo ograniczona.</p>

MOCNE STRONY	SŁABE STRONY
<p>zajezdni nie potrzeba takiej samej liczby ładowarek jak autobusów, na pętlach natomiast istotna jest liczba autobusów jednocześnie odbywających postój i ładujących się.</p> <p style="text-align: center;">WAŻNE</p> <p>4. Poprawa warunków środowiskowych oraz życia w obszarach miejskich - pojazd zeroemisyjny nie jest uciążliwy (pod względem emisji zanieczyszczeń i hałasu) dla mieszkańców zabudowy przy korytarzach transportowych. Mieszkańcy lepiej odbierają też funkcjonowanie komunikacji nocnej.</p> <p>4a. Zeroemisyjność w miejscu wykonywania przewozów, z wyjątkiem autobusów elektrycznych w okresie zimowym, gdy ogrzewanie wspomagane jest energią z agregata spalinowego.</p> <p>4b. Obniżona emisja hałasu. Autobus elektryczny lub wodorowy emituje około 70 dB hałasu, podczas gdy spalinowy ponad 75 dB. W czasie postoju poziom hałasu autobusu zeroemisyjnego jest mniejszy niż 65 dB.</p> <p>4c. Obniżenie negatywnego oddziaływania transportu drogowego na środowisko.</p> <p>5. Nizinne ukształtowanie kraju na 3/4 jego obszaru, sprzyjające eksploatacji pojazdów o ograniczonym zasobie energii.</p> <p style="text-align: center;">MNIEJ WAŻNE</p> <p>6. Duży moment obrotowy silnika pojazdów elektrycznych, co ułatwia podjeżdżanie pod wzniesienia od zerowej prędkości początkowej. Ponadto, większa dynamika jazdy.</p>	<p>4a. Autobusy elektryczne są co najmniej dwukrotnie droższe od spalinowych, wraz z infrastrukturą ładującą mogą być nawet trzykrotnie droższe. Wysoki jest koszt baterii oraz budowy infrastruktury ładującej – w przeciętnym autobusie elektrycznym bateria kosztuje 400-600 tys. zł netto, ładowarka pantografowa 600 tys. zł, natomiast plug-in 90 tys. zł. Bateria wymaga wymiany po okresie ok. 7-8 lat – w połowie szacowanego okresu życia pojazdu (źródło: ankieta do operatorów).</p> <p>4b. Autobusy wodorowe są jeszcze droższe od elektrycznych (nawet o 50%), na co składa się wysoki koszt ogniw paliwowych. Istotne są koszty zapewnienia bezpieczeństwa pojazdu, w tym odpowiednia infrastruktura zajezdni. Wodór, przy odpowiednim stosunku objętościowym, tworzy z powietrzem mieszaninę wybuchową.</p> <p>5. Niska dostępność wodoru (w szczególności wodoru zielonego) oraz infrastruktury zasilania wodorem oraz wysoki koszt zakupu paliwa (dziś ok. 50-60 zł za kg wodoru).</p> <p>6. System energetyczny kraju oparty na spalaniu węgla nadal emituje zanieczyszczenia – w efekcie przewóz transportem elektrycznym jest zeroemisyjny tylko w miejscu realizacji przewozów.</p> <p style="text-align: center;">WAŻNE</p> <p>7. Przy produkcji baterii do pojazdów elektrycznych wykorzystywane są rzadkie pierwiastki chemiczne, wydzielany jest też dwutlenek węgla (śląd węglowy produkcji autobusu elektrycznego nie jest zerowy).</p>

MOCNE STRONY	SŁABE STRONY
<p>7. Większy komfort podróżowania zeroemisyjnym taborem, który jest cichszy i nie emituje zanieczyszczeń oraz zapachów płynów eksploatacyjnych czy paliwa.</p> <p>8. W przypadku kolizji lub usterki brak zanieczyszczenia wyciekami paliw lub olejów.</p> <p>9. Budują nowoczesny wizerunek publicznego transportu zbiorowego jako idącego z duchem czasu, dbającego o środowisko, przyszłe pokolenia i wykorzystującego nowe technologie.</p>	<p>8. Konieczność zapewnienia dodatkowych postojów i czasu ładowania autobusom bateryjnym pomiędzy kursami na pętlach lub zjazd autobusu do zajezdni. Pojazd pozostaje wtedy niedostępny do ruchu.</p> <p>9. Dofinansowania obejmujące głównie zakup pojazdów i ładowarek – niedostatek kompleksowego finansowania infrastruktury do obsługi taboru zeroemisyjnego (np. zajezdni – konstrukcji w halach umożliwiających prace na dachu pojazdu, suwnic do wymiany pakietów baterii czy instalacji pozwalających na postój autobusu wodorowego).</p> <p>10. Długi czas uruchamiania infrastruktury ładującej - uzyskanie pozwolenia na przyłączenie i usytuowanie ładowarek trwa zbyt długo i jest elementem decydującym o czasie wdrożenia transportu zeroemisyjnego.</p> <p>11. Pojazdy zeroemisyjne są dużo cięższe od spalinowych, co odbija się na kosztowniejszym utrzymaniu infrastruktury drogowej miast.</p> <p>12. Konieczność przeznaczenia większych powierzchni miasta na infrastrukturę elektrycznego transportu zeroemisyjnego względem spalinowego.</p> <p>13. Duży popyt na pojazdy elektryczne sprawia, że producenci nie nadążają z produkcją, co zawyża marże i koszt realizacji zamówień.</p> <p style="text-align: center;">MNIEJ WAŻNE</p> <p>14. Niewystarczająca skrajnia obiektów inżynierskich infrastruktury drogowej, ograniczająca w niektórych przypadkach możliwość trasowania wyższych pojazdów zeroemisyjnych w obszarach miejskich</p>

MOCNE STRONY	SŁABE STRONY
	<p>(autobusy elektryczne lub wodorowe są wyższe o ok. 0,25 m, a trolejbusy o ok. 0,4 m od autobusu spalinowego).</p> <p>15. Niski poziom świadomości ekologicznej społeczeństwa i jego przełożenia w środowisku miejskim na jakość życia i zdrowie.</p> <p>16. Potrzeba specjalistycznego sprzętu do obsługi pojazdów, baterii i infrastruktury transportu zeroemisyjnego, którego operatorzy komunikacji miejskiej dotychczas nie posiadali.</p>
SZANSE	ZAGROŻENIA
<p style="text-align: center;">BARDZO WAŻNE</p> <p>1. Wprowadzenie systemu handlu emisjami EU ETS2 dla transportu drogowego, powodującego znaczny wzrost cen paliw emisyjnych, ale też zapewniającego dodatkowe fundusze na wdrożenie zeroemisyjnego transportu zbiorowego.</p> <p>2. Transport zeroemisyjny pod względem funkcjonalnym jest w stanie zapewnić ten sam poziom obsługi rozkładu jazdy, jak transport spalinowy – przykład Sosnowca czy Jaworzna.</p> <p>2a. Autobusy wodorowe, przy pewności dostaw paliwa, funkcjonują podobnie do autobusów spalinowych – codzienne jednorazowe tankowanie oraz brak doładowań w ciągu dnia. Autobus taki posiada wszystkie zalety autobusu elektrycznego.</p> <p>2b. Autobusy elektryczne przy odpowiednim doborze i rozmieszczeniu infrastruktury oraz zabiegach organizacyjnych również mogą realizować rozkład identyczny bądź podobny do zadań realizowanych autobusami spalinowymi.</p>	<p style="text-align: center;">BARDZO WAŻNE</p> <p>1. Pogłębiające się pogorszenie bieżącej sytuacji finansowej miast i budżetów komunikacji miejskiej na skutek kryzysu paliwowego i energetycznego oraz wdrażania postanowień Europejskiego Zielonego i Polskiego Ładu.</p> <p>2. Niepewność względem cen energii i paliw zeroemisyjnych (wodoru).</p> <p>2a. Dalszy wzrost cen energii elektrycznej nieproporcjonalnie wyższy niż wzrost cen paliw, na skutek transformacji systemu energetycznego w Polsce i jego destabilizacji w ostatnich latach w Europie.</p> <p>2b. Niepewność względem technologii i stabilności pozyskiwania i dostarczania wodoru, niepewność ceny wodoru.</p> <p>3. Rosnąca presja na wynagrodzenia prowadzących i ich niedostatek w transporcie publicznym, spowodowany przejściem pracowników przez bardziej konkurencyjne rynki pracy. Ograniczenie możliwości pozyskiwania pracowników zza granicy.</p>

SZANSE	ZAGROŻENIA
<p>3. Możliwość ograniczenia szkodliwego wpływu transportu na środowisko, a w powiązaniu z transformacją systemu energetycznego – przejścia na gospodarkę zeroemisyjną.</p> <p style="text-align: center;">WAŻNE</p> <p>4. Coraz bardziej wydajna technologia baterii, dzięki czemu pojazdy będą mogły być wykorzystane na dłuższych trasach i w bardziej optymalny sposób, np. momenty doładowania nie będą tak kluczowe dla realizacji pełnego rozkładu jazdy w ciągu dnia, a pojazd będzie mógł być przez dłuższy czas w ruchu.</p> <p>5. Możliwość wytyczania w polskich miastach korytarzy wysokiej jakości transportu publicznego, którymi przebiegać będą najważniejsze linie z pełnym priorytetem w ruchu – skrócenie czasu przejazdu, minimalizacja potrzebnej floty do obsługi tras oraz wzrost liczby pasażerów transportu publicznego.</p> <p>6. Rosnący rynek producentów rozwiązań i pojazdów dla zeroemisyjnego transportu – pojawienie się nowych producentów, którzy dotychczas nie dostarczali rozwiązań do transportu zbiorowego.</p> <p>7. Funkcjonowanie na 18 obszarach w Polsce sieci tramwajowych lub trolejbusowych, ułatwiające wpięcie się z infrastrukturą zasilającą w już istniejący system.</p> <p>8. Wzrost wykorzystania technologii wodoru na świecie i w Europie może przyspieszyć rozwój zeroemisyjnego transportu wodorowego. Oczekiwany jest spadek cen pojazdów i paliwa wraz ze wzrostem liczby dostawców</p>	<p>Czynniki te mogą znacznie ograniczyć funkcjonowanie transportu publicznego w miastach (przykład – Szczecin) oraz możliwość jego dalszego rozwoju, zakładającego wzrost pracy eksploatacyjnej.</p> <p>4. W przypadku chęci znacznego przyspieszenia wdrożenia transportu zeroemisyjnego - brak możliwości zwiększenia wolumenu produkcji autobusów przez producentów posiadających fabryki w Polsce.</p> <p>5. Obawa o poziom kosztów autobusowego transportu zeroemisyjnego po okresie gwarancji – mogą one znacząco przededefiniować opłacalność przedsięwzięć, gdy konieczne będzie utrzymanie pojazdów oraz dodatkowo infrastruktury zasilającej.</p> <p>6. Sztuczne zawyżenie cen przez zbyt duży wolumen zamówień – producenci nie nadążający z produkcją, zawyżenie marży producenckich. Promowanie produkcji pozaeuropejskiej jako jedynych rynków gotowych do pokrycia popytu. Ryzyko geopolityczne takiej sytuacji, gdyby polskie miasta były zmuszone masowo korzystać z produktów producentów np. z Chin czy Turcji.</p> <p style="text-align: center;">WAŻNE</p> <p>7. Ograniczone możliwości operatorów do konsumowania dotacji w zakresie zarówno taboru, jak i budowy infrastruktury oraz procedowania zamówień - znaczne opóźnienie wymiany taboru. Ograniczenia wynikają z większego stopnia skomplikowania projektów wdrożenia autobusów zeroemisyjnych m.in.</p>

SZANSE	ZAGROŻENIA
<p>(konkurencja) i skali produkcji, również, jeśli chodzi o transport indywidualny.</p>	<p>przez infrastrukturę ładującą, której wcześniej nie budowano.</p>
<p>9. Możliwość wykorzystania wyeksploatowanych baterii pojazdów jako stacjonarne magazyny energii pozyskanej np. dzięki fotowoltaice na dachach zajezdni i budynków komunikacji miejskiej.</p>	<p>8. Rosnąca awaryjność autobusów elektrycznych może spowodować wzrost rezerwy taboru utrzymywanej przez operatorów. W sztuczny sposób może to zawyżyć liczbę pojazdów we flotach operatorów.</p>
<p>MNIEJ WAŻNE</p>	
<p>10. Dodatkowe uprawnienia pojazdów zeroemisyjnych – możliwość wjazdu do Strefy Czystego Transportu, które mają być tworzone w polskich miastach.</p>	<p>9. Producenci rozwiązań niechętnie dzielą się wiedzą o utrzymaniu pojazdów i infrastruktury – po okresie gwarancji liczą na dodatkowe kontrakty na naprawy i utrzymanie pojazdów. Operatorzy obawiają się możliwości, jakie zapewnia producentom zdalny dostęp do infrastruktury i pojazdów.</p>
<p>11. Wykorzystanie wybudowanej infrastruktury ładowania przez inne spółki i pojazdy komunalne – poprawa efektywności ekonomicznej infrastruktury transportu zeroemisyjnego.</p>	<p>9a. Niepewność co do sprawności i trwałości technologii autobusów elektrycznych czy wodorowych (w szczególności baterii) po okresie gwarancji.</p>
<p>12. Możliwość nauczenia się nowych technologii, w tym budowy nowej infrastruktury serwisowo-naprawczej. Nabyte oświadczenie może doprowadzić do nowych wniosków i rozwiązań.</p>	<p>10. Opóźnienia w realizacji przyłączy energetycznych na potrzeby infrastruktury ładowania, znacznie wydłużające czas realizacji kontraktów na transport zeroemisyjny. Konieczne jest zapewnienie megawatów energii zasilania na ładowarki pantografowe czy kilkanaście ładowarek.</p>
	<p>10a. Zbyt duża liczba projektów infrastruktury do przygotowania w realizacji. Dla każdego z nich trzeba przygotować projekty elektryczno-budowlane. Obecnie przygotowuje je zbyt wąska grupa firm i osób.</p>
<p>MNIEJ WAŻNE</p>	
	<p>11. Niska atrakcyjność małych zamówień na autobusy zeroemisyjne. Przewiduje się, że cały</p>

SZANSE	ZAGROŻENIA
	<p>rynek europejski będzie potrzebował bardzo dużo autobusów zeroemisyjnych.</p> <p>12. Brak wystarczających mocy przyłączeniowych na potrzeby zasilania zeroemisyjnego transportu zbiorowego w wybranych częściach miast.</p> <p>13. Malejący potencjał produkcyjny producentów autobusów na terenie Polski (zamknięcie fabryk Scania i Volvo, ograniczenie produkcji MAN, Autosan przestawiony na zamówienia militarne) może nie być w stanie zaspokoić potrzeby wymiany floty na zeroemisyjną.</p> <p>14. Niedostatek powierzchni miasta na budowę infrastruktury ładowania do pojazdów zeroemisyjnych – zarówno na terenie zajezdni, jak i sieci komunikacyjnej (na krańcach). Transport elektryczny wymaga budowy przyłącza wraz z transformatorownią i punktem ładowania. Ładowarki pantografowe optymalnie powinny być rozmieszczone równolegle, a nie szeregowo – dziś nie wszędzie jest na to miejsce.</p> <p>15. Błędy w specyfikacjach przetargowych wynikające z niskiej wiedzy technicznej organizatorów i operatorów transportu publicznego.</p>

Źródło: opracowanie własne

! W ramach analizy SWOT określono najważniejsze cechy zeroemisyjnego transportu zbiorowego w Polsce, w tym jego:

- **Mocne strony – niższe koszty eksploatacyjne w przypadku pojazdów elektrycznych, pozyskiwanie energii w ramach własnej produkcji oraz rekuperacji, dostępność i wysoki**

poziom dofinansowań oraz mnogość programów krajowych i unijnych, a dodatkowo rozkładanie się kosztu infrastruktury ładującej na wiele pojazdów.

- **Słabe strony** – stosunkowo mały zasięg autobusów elektrycznych, niższy roczny przebieg autobusów elektrycznych względem spalinowych, obecnie duża awaryjność autobusów zeroemisyjnych, wysoki koszt inwestycji w tabor i infrastrukturę oraz system energetyczny kraju oparty na spalaniu węgla, a w efekcie emisji zanieczyszczeń.
 - **Szanse** - wprowadzenie systemu handlu emisjami EU ETS2 dla transportu drogowego, powodującego znaczny wzrost cen paliw emisyjnych, ale też zapewniającego dodatkowe fundusze na wdrożenie zeroemisyjnego transportu zbiorowego. Transport zeroemisyjny, przy właściwych działaniach inwestycyjnych i organizacyjnych, ma możliwość zapewnienia obsługi rozkładu jazdy na takim samym poziomie co transport spalinowy, ograniczając przy tym negatywny wpływ sektora transportu na środowisko, a w powiązaniu z transformacją systemu energetycznego – pozwalając przejść na gospodarkę zeroemisyjną.
 - **Zagrożenia** – pogłębiające się pogorszenie się sytuacji finansowej miast doprowadzające do ograniczenia kursowania komunikacji miejskiej, spadku liczby pasażerów i wzrostu wykorzystania samochodów osobowych. Może to nastąpić na skutek pogłębiającego się kryzysu paliwowego i energetycznego oraz wdrażania postanowień Europejskiego Zielonego i Polskiego Ładu. Istnieje duża niepewność co do stabilności cen energii i paliw oraz rosnącej presji na wynagrodzenia kierowców i motorniczych. Rynek producentów nie jest gotowy na znaczne przyspieszenie wdrożenia transportu zeroemisyjnego w Polsce – w szczególności rynek producentów autobusów. Większy wolumen zamówień może nienaturalnie podnieść ceny pojazdów, a zwiększone dotacje skonsumowane zostaną przez marże producenckie.
-

4. Obszar II. Wdrożenie i eksploatacja zeroemisyjnego transportu zbiorowego

4.1. Wyzwania techniczne i organizacyjne

Odpowiedź na pytanie:

Pyt. 5. Jakie wyzwania techniczne i organizacyjne stoją przed wdrożeniem i eksploatacją zeroemisyjnego transportu zbiorowego?

MODEL TRANSPORTU ZEROEMISYJNEGO

Zasadniczym wyzwaniem w kontekście przeprowadzonej wcześniej analizy SWOT jest wdrożenie i eksploatacja zeroemisyjnego transportu autobusowego lub trolejbusowego. Rozwiązania dla komunikacji tramwajowej znane są od wielu lat, a miasta dysponują ogromnym doświadczeniem. W związku z powyższym skupiono się w tym rozdziale na wyzwaniach dotyczących przede wszystkim transportu autobusowego i trolejbusowego.

Kluczowy dla procesu wdrożenia i eksploatacji zeroemisyjnego transportu drogowego jest wybór koncepcji pracy pojazdu, spośród 3 podstawowych możliwości:

- OPP (z ang. *Opportunity charging*) – nocne ładowanie pojazdu wolne w zajezdni oraz doładowywanie szybkie w czasie pracy autobusu na krańcach tras (dużo rzadziej doładowywanie na trasie poprzez pętle indukcyjne – przykładowo w Brunshwiku w Niemczech), w przypadku autobusów elektrycznych jest to preferowana strategia dla miast z komunikacją dzienną funkcjonująca w godzinach 4-23;
- ONC/R (z ang. *Overnight charging/refueling*) – tylko nocne ładowanie pojazdu wolne lub jednokrotne tankowanie autobusu wodorem, pozwalające na cały dzień pracy pojazdu, w przypadku autobusów elektrycznych jest to preferowana strategia dla miast z komunikacją dzienną funkcjonującą w godzinach 6-20, autobusy wodorowe nie mają takich ograniczeń;
- IMC (z ang. *In-motion charging*) – ładowanie pojazdu w ruchu, stosowane przede wszystkim w komunikacji trolejbusowej i realizowane w czasie jazdy, co pozwala przejechać część trasy bez podpięcia do sieci trakcyjnej, wykorzystując energię zgromadzoną w zasobnikach. Podstawowym trybem pracy jest jazda z podpięciem odbieraków prądu do sieci trakcyjnej.

PODSTAWOWE ELEMENTY SYSTEMU DROGOWEGO TRANSPORTU ZEROEMISYJNEGO

Autobus elektryczny, **baterijny OPP** będzie pojazdem lżejszym od ONC. Pojazdy charakteryzują się małym zasięgiem, z reguły zapewniając na jednym ładowaniu przejazd do 100-150 km. Zarządzanie flotą autobusów bateryjnych OPP jest trudne, ponieważ wymaga kilkukrotnego ładowania pojazdu

w ciągu dnia pracy. Na bieżąco trzeba m.in. monitorować poziom naładowania pojazdów i reagować w sytuacjach, gdy spada on poniżej ustalonego poziomu minimalnego.

Autobus elektryczny, **baterijny ONC** będzie pojazdem najcięższym. Pojazdy cechuje duży zasięg, nawet do 350 km, choć wiąże się to z instalacją ciężkich baterii ważących nawet 3,5 tony. Zarządzanie flotą autobusów bateryjnych ONC jest dużo prostsze, ponieważ wymaga jednokrotnego ładowania w ciągu dnia pracy. Zastosowanie ciężkiej baterii wpływa negatywnie na zużycie energii, ponieważ jej większa część niż w przypadku pojazdu OPP wykorzystywana jest na przemieszczanie się masy własnej autobusu. Baterie instalowane w przestrzeni pasażerskiej oraz zwiększające masę własną pojazdu, ograniczają również dopuszczalną maksymalną liczbę pasażerów.

Autobus wodorowy, na podstawie wstępnych danych eksploatacyjnych, cechuje się średnim zużyciem wodoru na poziomie 9 kg/100 km dla autobusu klasy MAXI (12-metrowego) oraz około 14 kg/100 km dla autobusu klasy MEGA (18-metrowego). Zbiorniki o pojemności 35-50 kg wodoru pozwalają na przejechanie od około 350 do 450 km na jednym tankowaniu, co jest wartością wystarczającą na cały dzień pracy pojazdu.

Trolejbus baterijny IMC charakteryzuje się niewielką baterią o pojemności ok. 60-90 kWh, która powinna pozwolić mu na przejechanie kilkudziesięciu kilometrów bez zasilania z sieci trakcyjnej. Baterie te szybko są doładowywane w czasie podpięcia do sieci trakcyjnej i ładowanie to może odbywać się w ruchu. W ciągu dnia pracy trolejbus baterijny może wielokrotnie przewozić pasażerów w trybie jazdy na zasilaniu bateryjnym oraz doładowywania pod siecią trakcyjną, co pozwala mu wykonać całodniowe zadanie przewozowe.

Przedstawiciele IGKM wskazują, że konstrukcja autobusów miejskich w ostatnich latach została znacznie odchudzona, żeby zapewnić „wolną” masę własną pojazdu na osprzęt autobusu elektrycznego. Konstrukcja autobusu elektrycznego przez to może być mniej wytrzymała niż autobusu spalinowego. To argument przeciwko stosowaniu bardzo dużych baterii, na korzyść stosowania trolejbusów lub autobusów z małymi bateriami doładowywanymi na pętlach.

Nie zakłada się dziś maksymalnego okresu żywotności autobusu elektrycznego – to wciąż zbyt nowa technologia. Na szkoleniu jednego z operatorów komunikacji miejskiej, znany producent autobusów określał, że powinno to być maksymalnie 10 lat. Autobusy diesla były jednak w stanie przejechać nawet 20 lat w eksploatacji. Należy mieć jednak na uwadze, że jeśli autobus elektryczny będzie eksploatowany intensywniej niż autobus spalinowy (żeby zakup zwrócił się w sensie ekonomicznym), to w ciągu 10-15 lat może osiągnąć przebieg taki, jaki pojazd spalinowy osiągał w 20 lat (ok. milion kilometrów).

W zakresie **baterii** dziś wykorzystywane są dwie główne technologie – **NMC i LTO**. Baterie NMC są tańsze (ok. 2000 zł za kWh), ale też mniejsza jest ich żywotność, około 7-8 lat. Baterie LTO są dużo droższe (ok. 5250 zł za kWh), ale też są dużo bardziej żywotne i mają przetrwać nawet do 14-15 lat.

Ładowarki wolne, plug-in jeżeli projektuje się głównie na terenie zajezdni. Na terenie jednej zajezdni może znaleźć się nawet do 200 ładowarek, więc obiekty te muszą dysponować dużymi mocami przyłączeniowymi. Z reguły ładowarki plug-in cechuje mała moc, między 50 a 150 kW. Moc, o którą się występuje, nie musi jednak rosnąć liniowo wraz z liczbą posiadanych autobusów. Można tak zaaranżować proces, że pojazdy będą się ładować jeden po drugim, jedno wieczorem, a drugie w nocy. Im większą mocą można pojazdy ładować, tym proces może być bardziej elastyczny. Pracownicy zajezdni mogą zarządzać procesem oraz przestawiać, przepinać i przełączać pojazdy.

Ładowarki pantografowe lokalizuje się głównie na krańcach tras linii autobusowych, trzeba tam zapewnić duże moce przyłączeniowe. Konieczne jest postawienie stacji transformatorowej oraz wyodrębnienie stanowisk postojowych, wymaga więc to przebudowy pętli i wyznaczenia miejsca pod infrastrukturę ładującą. Ładowarki pantografowe z reguły mają moc między 200 a 400 kW, dziś dostępne są supermocne urządzenia o mocy nawet 530 kW, co pozwala na ekspresowe, kilkuminutowe doładowanie autobusu. Infrastruktura ładowania szybkiego jest niezbędna do utrzymania operacyjności floty pojazdów elektrycznych typu OPP. Należy zapewnić odpowiednią liczbę i umiejscowienie stacji ładowania. W przypadku dużych i gęsto zaludnionych obszarów miejskich, wyznaczenie dodatkowej powierzchni pod ładowarki może być wyzwaniem. Przebudowa pętli jest większym problemem niż przebudowa zajezdni, szczególnie jeśli występuje stary układ i prosta pętla autobusowa. Nawierzchnia do postoju na pętli musi być koniecznie betonowa, ze względu na dużą wagę pojazdu i dokładność działania ładowania pantografowego (uzyskanie styku). Ładowarki pantografowe powinny też być rozmieszczone równolegle a nie szeregowo, ze względu na ograniczone pole manewru autobusu i konieczność dokładnego ustawienia pojazdu, aby podłączyć się do ładowania.

Wyzwaniem jest efektywne zarządzanie dużą liczbą ładowarek pojazdów w mieście, żeby nie zakłócić funkcjonowania komunikacji autobusowej. W dużych miastach przygotowuje się projekty dla całych pakietów linii autobusowych, na których obsługa zamieniana jest na pojazdy elektryczne. Flagowe projekty pod względem budowy infrastruktury ładującej to również te największe, jeśli chodzi o liczbę wdrażanych pojazdów – np. Warszawa, Kraków, Jaworzno czy Zielona Góra.

Konieczne jest dostosowanie **infrastruktury zajezdni** do taboru zeroemisyjnego, nie tylko poprzez budowę ładowarek. Rozbudowy wymaga wyposażenie stanowisk obsługowych, diagnostycznych, naprawczych i remontowych. Przydatna może okazać się budowa suwnic, pozwalających na wymiany pakietów baterii na dachach pojazdów. Rozbudować należy sieć elektroenergetyczną, wybudować stacje transformatorowe i linie zasilające. Respondenci w czasie wywiadów wskazywali przykład Zielonej Góry jako najlepszego dostosowania w Polsce do obsługi autobusów elektrycznych, nową infrastrukturę zajezdni ma również Jaworzno. W przypadku pojazdów wodorowych dodatkowo trzeba wyposażyć stanowiska postojowe w czujniki stężenia wodoru, a generalnie infrastruktura zajezdni musi być przygotowana do tankowania, przechowywania i utrzymywania wodoru w pojazdach.

WYZWANIA TECHNICZNO-ORGANIZACYJNE

Zarządzanie energią pojazdów – flota pojazdów elektrycznych wymaga nadzoru nad poziomem naładowania. Dyspozytor musi posiadać dostęp online do danych przesyłanych z pojazdów i być w stanie reagować w sytuacjach awaryjnych, np. zbyt niskiego poziomu naładowania baterii, komunikując się z kierowcą. Optymalizacja zużycia energii jest kluczowa dla efektywnego funkcjonowania pojazdów zeroemisyjnych. Napęd pojazdów elektrycznych w dużym stopniu może podlegać konfiguracji – możliwe jest ograniczenie maksymalnego poboru mocy (a w efekcie energii z baterii) w części dotyczącej zasilania jazdy czy też zasilania ogrzewania bądź klimatyzacji. Operatorzy i producenci pojazdów wciąż uczą się optymalnej konfiguracji działania autobusów elektrycznych w różnych warunkach klimatycznych i geograficznych obszarów miejskich (tak dzieje się m.in. w Gdyni z nowymi autobusami elektrycznymi Mercedesa). Skuteczne zarządzanie danymi dotyczącymi floty pojazdów zeroemisyjnych i analiza wydajności są ważne dla optymalizacji operacji.

Utrzymanie cyklu życia baterii – po kilkuletniej eksploatacji następowały już w Polsce gwarancyjne wymiany baterii w autobusach elektrycznych, np. w Jaworznie i Warszawie. Nie wiemy jeszcze jaka jest rzeczywista żywotność baterii, która zostałaby sprawdzona na dużej próbie pojazdów, dotyczy to też poziomu spadku sprawności w okresie eksploatacji. Niektóre baterie po roku używania traciły nawet 30% swojej sprawności. Operatorzy nie byli jeszcze w stanie wskazać czy był to defekt danej baterii, która nie utrzymywała zadanych parametrów, czy też był to symptom tego, że baterie mogą być wymieniane nawet częściej niż 1 raz w pełnym cyklu życia autobusu.

Operatorzy podkreślali, że w autobusach elektrycznych zdarza się, że w jednym momencie pojazd wskazuje poziom 60% naładowania baterii, a następnie poziom ten bardzo szybko spada do 40% i pojazd staje w miejscu. W Jaworznie wskazano, że takie działanie może wynikać ze złej higieny ładowania baterii, przy stosowaniu wyłącznie ładowania szybkiego i braku ładowania kompensacyjnego, wolnego w nocy. W planach pracy dla kierowców w polu dodatkowe uwagi wprowadzono wręcz zapis: „Uwaga! Producent baterii trakcyjnych nie zaleca stosowania krótkich i częstych ładowań. Dlatego też konieczne jest wskazanie kierowcy miejsca i czasu ładowania. W przypadku konieczności zrealizowania dodatkowego ładowania należy ten fakt uzgodnić z dyspozytorem. W zajezdni w pierwszej kolejności należy korzystać z zewnętrznych ładowarek (tu wyjaśnienie autorów Analizy: ładowarki są też w halach przeglądowo-naprawczych). Zaleca się ładowarki nr 9 oraz 20 – autobusy 18 m, ładowarki nr 11 oraz 12 – autobusy 8,9 m; ładowarki od nr 13 do 19 – autobusy 12 m. Jeżeli po podpięciu złącza plug-in autobus nie podejmie ładowania lub ładowarka wyświetli „ALARM”, proszę niezwłocznie skontaktować się z pracownikiem warsztatu”.

Powyższa adnotacja przeznaczona dla kierowców wskazuje, jak dużo bardziej skomplikowany w użyciu jest autobus elektryczny, w przypadku, którego istotny jest każdy szczegół, jak np. sposób ładowania pojazdu i zastosowanie odpowiednich ładowarek.

Zapewnienie konkurencyjności – transport zbiorowy, tym bardziej zeroemisyjny, powinien być konkurencyjny względem komunikacji samochodowej. Nie należy zapominać o wszelkich

działaniach pozwalających zwiększyć liczbę pasażerów, w tym m.in. dostosowanie oferty przewozowej w odpowiedzi na zmieniający się popyt, priorytet w ruchu komunikacji miejskiej, atrakcyjna oferta biletowa itd.

Wysiłek nad zwiększeniem wykorzystania pojazdów muszą podjąć w szczególności spółki małych miast, gdzie odnotowuje się niski wskaźnik gotowości technicznej. Ze względu na to, że autobus elektryczny jest pojazdem dużo droższym od spalinowego, nie może on być wykorzystywany nieefektywnie. Autobusy nie powinny zajmować placów postojowych, a kursować przez jak największą część doby.

Uzyskanie przyłączy energetycznych – procedury w zakładach energetycznych trwają dziś zdecydowanie zbyt długo. Należy uzyskać warunki przyłączenia, nie należy zakładać krótszego okresu realizacji niż rok. Tam, gdzie tej mocy nie ma dziś dostępnej, proces może trwać nawet do 3 lat. Determinuje to Operator Systemu Dystrybucyjnego (OSD). OSD identyfikuje, ile mocy może być doprowadzonej do wnioskowanej lokalizacji oraz jakie zakłócenia dla lokalnej sieci energetycznej to może spowodować.

Wybudowanie przyłącza ŚN w Gdyni zajęło 14 miesięcy. Umowy na autobusy podpisane zostały „w ciemno” – nawet bez wiedzy czy uda się pozyskać dofinansowanie na tabor rozpoczęto proces wykonania przyłączy, żeby przyspieszyć realizację projektu. Żeby przyspieszyć wdrożenia, zakłady komunikacji już dziś musiałyby występować o warunki przyłączenia na przyszłość, a przede wszystkim już dziś zwymiarować przyszłe potrzeby.

Obsługa linii nocnych – mały zasięg autobusu elektrycznego, w przypadku stosowania mniejszych baterii, czasem jest przyczynkiem do zmian w układzie komunikacyjnym. Widoczne jest to szczególnie w przypadku obsługi linii nocnych. W 8 badanych ankietowo miastach mimo posiadanego taboru elektrycznego, autobusy te w ogóle nie były wysyłane na nocne zadania przewozowe. Stanowi to pewien paradoks, ponieważ to w nocy zaleta obniżonego hałasu emitowanego przez pojazd jest najbardziej odczuwalna przez mieszkańców.

Przykłady Jaworzna, Zielonej Góry i Sosnowca, gdzie całość nocnej pracy przewozowej obsługują autobusy elektryczne, pokazują, że istnieje możliwość wprowadzenia takich zmian, aby była możliwość eksploatacji autobusów elektrycznych na tego typu liniach. Jednocześnie należy zwrócić uwagę, że w Jaworznie i Zielonej Górze istnieje rozbudowana sieć ładowarek pantografowych na terenie miasta (odpowiednio 14 i 12 sztuk), które ułatwiają odpowiednie rozplanowanie przebiegu tras linii autobusowych. W Warszawie funkcjonuje natomiast 29 szybkich ładowarek (w tym 26 na terenie miasta), a autobusy elektryczne obsługują jedynie 4% nocnej pracy przewozowej. Układ linii nocnych jest jednak zupełnie inny od komunikacji dziennej, a lokalizacje ładowarek pantografowych zostały wybrane tylko pod kątem obsługi komunikacji dziennej.

Eksploatacja w warunkach zimowych – tutaj istotny jest wybór technologii ogrzewania pojazdu. Istnieją dwa podstawowe źródła zasilania grzania – pompa ciepła (elektryczna) lub agregat

(spalinowy). Obecnie w polskich miastach najpopularniejsza jest druga metoda, nie jest ona jednak zeroemisyjna i wiąże się z nawet 3-5 l zużycia paliwa na 100 km w okresie zimowym.

Pierwsza metoda również nie jest bez wad. Może wiązać się z problemami niedogrzanego przedziału pasażerskiego i kabiny kierowcy. Trudności sprawia również śnieg zalegający po nocnych opadach na dachu pojazdu, blokując wentylatory i powodując awarię całego systemu. Producenci w przetargach deklarują zużycie energii przez pojazd i nie chcą za bardzo go zwiększać poprzez ogrzewanie. Ograniczają więc jego moc, żeby wykazać małe zużycie energii na przejechany kilometr w pojazdach.

W okresie zimowym problemem bywał też duży moment obrotowy na kołach. Koła zaczynały się wtedy ślizgać, co mogło prowadzić do uszkodzenia silników. System kontroli trakcji działał permanentnie. Układ wymagał przeprogramowania przez producenta. Oprogramowanie zostało przekonfigurowane całorocznie, bo autobusy też potrafiły się ślizgać kołami na niewielkim deszczu. Takie problemy pojawiły się przy eksploatacji autobusów elektrycznych w Gdyni. Jak pokazuje powyższy przykład, producenci nadal uczą się, jak optymalnie konfigurować działanie pojazdów zeroemisyjnych.

Skrajnia wysokości obiektów inżynierskich (wiadukty, tunele) – wyższe pojazdy zeroemisyjne od spalinowych na ON stanowią ograniczenie zdolności operacyjnej. Typowy autobus spalinowy na ON ma 3,05 m wysokości, elektryczny lub wodorowy 3,30 m wysokości, a trolejbus 3,45 m. Autobusy zeroemisyjne są więc wyższe o 0,25 m, a trolejbusy o 0,4 m od autobusów spalinowych na ON. W miastach niekiedy występują stare obiekty inżynierskie, niespełniające minimalnej skrajni w obowiązujących dziś przepisach, czyli minimum 4 metrów wysokości. Brak możliwości przejazdu pod niektórymi obiektami inżynierskimi w miastach może stanowić problem dla wdrożenia transportu zeroemisyjnego w 100%.

W Gdyni zidentyfikowano 3 miejsca, przez które autobus elektryczny nie może przejechać (ograniczenie wysokości do 3,00 (tu również spalinowy standardowej wielkości); 3,10 oraz 3,20 m). Aktualnie linie obsługujące te rejony obsługuje 27 autobusów. W Krakowie również zidentyfikowano trzy miejsca ze znacznym ograniczeniem wysokości pojazdów - 2,90; 3,00 i 3,10 m. Linie przejeżdżające przez wymienione miejsca obsługuje 30 autobusów. W Toruniu w rejonie placu Armii Krajowej znajduje się wiadukt kolejowy, pod którym nie mogą przejechać pojazdy wyższe niż 3,2 m. Codziennie przejeżdża tam 27 autobusów (sztuk pojazdów). W Sosnowcu pod niskim wiaduktem przejeżdża 5 autobusów. Wielu operatorów lub organizatorów transportu (np. ZTM GZM, ZDiT Szczecin, MPK Poznań) nie ma informacji czy takie miejsca na całej sieci transportowej występują.

Dzisiaj eksploatowane autobusy elektrycznie nie znajdują więc zastosowania na całych sieciach komunikacji autobusowej w Polsce. Drogi lub linie kolejowe wymagają przebudowy albo należy zamawiać mniejsze partie pojazdów o obniżonej konstrukcji. Innym rozwiązaniem może być zmiana układu komunikacyjnego. Może to jednak oznaczać pogorszenie oferty transportu zbiorowego oraz wzrost wykluczenia komunikacyjnego na obszarze miast, które dotąd miały zapewnioną obsługę.

AWARYJNOŚĆ POJAZDÓW

Na podstawie badania ankietowego u przewoźników rozpoznano awaryjność taboru, poprzez liczbę zjazdów awaryjnych na 10 tys. km. Największy operator autobusów elektrycznych – MZA Warszawa (posiada 1/4 autobusów elektrycznych w Polsce – 160 sztuk; średnia wieku 3,6 lat) - wykazał 5,3 zjazdu awaryjnego na 10 tys. km wykonanych przez autobus elektryczny 12-metrowy oraz 2,6 zjazdu przez 18-metrowy. Odpowiednio była to wartość 5-krotnie i 2-krotnie większa niż dla autobusu spalinowego (we flocie 472 autobusów na ON). W małej flocie MPK Inowrocław (10 autobusów elektrycznych i 8 dieslowskich) różnica była jeszcze większa – autobusy elektryczne zjeżdżały awaryjnie średnio 51 razy na 10 tys. km, a autobusy spalinowe – 7 razy, czyli ponad 7-krotnie częściej. W MZK Toruń również awaryjność autobusów elektrycznych (1,4 zjazdu) była większa niż spalinowych (1,1 zjazdu), a flota liczyła 6 autobusów elektrycznych i 122 spalinowe.

U części operatorów awaryjność pojazdów elektrycznych była jednak mniejsza. W MPK Kraków autobusy elektryczne odznaczały się 2-krotnie mniejszą liczbą zjazdów awaryjnych. To drugi największy w Polsce operator floty autobusów elektrycznych - 100 sztuk; średnia wieku 2,9 lat. Podobnie było w przypadku MPK Łódź (flota 17 autobusów elektrycznych; średnia wieku 1,1 lat). W Lublinie natomiast najniższą awaryjność we flocie miały trolejbusy przegubowe, z kolei trolejbusy krótsze były na podobnym poziomie awaryjności co autobusy elektryczne, natomiast te spalinowe były bardziej awaryjne.

Przewoźnicy, którzy eksploatują zarówno autobusy jak i tramwaje, zauważali znacznie mniejszą awaryjność składów tramwajowych niż w przypadku autobusów. Wyjątkiem było MPK Łódź, gdzie niższą awaryjność niż w tramwajach zauważono w przypadku autobusów elektrycznych, spalinowych i hybrydowych do 13 m. Warto jednak dodać, że tramwaje w Łodzi były najstarsze spośród innych przewoźników – średnia ich wieku wynosiła 33,9 lat.

Inny poziom awaryjności poszczególnych pojazdów u różnych przewoźników może wskazywać na różnych producentów (w konsekwencji – jakość wykonania autobusu), jak i umiejętność prawidłowego utrzymania pojazdu w dobrym stanie technicznym. Istotny jest też średni wiek pojazdu. W największej jednak flocie autobusów elektrycznych w Polsce – Warszawie – liczba zjazdów awaryjnych była dużo większa niż dla autobusów spalinowych. W Krakowie posiadającym młodsze autobusy elektryczne, ta awaryjność była z kolei mniejsza. To obrazuje niepewność co do stabilności poziomu awaryjności autobusów elektrycznych wraz z ich starzeniem się.

AWARYJNOŚĆ INFRASTRUKTURY ŁADUJĄCEJ

Tabela 5 zawiera dane dla operatorów komunikacji miejskiej o awaryjności ładowarek dla transportu elektrycznego. Zauważalna jest mniejsza awaryjność ładowarek plug-in w stosunku do ładowarek pantografowych. Mniejsza awaryjność ładowarek „wolnych” może wynikać z bardziej równomiernego użytkowania, większego doświadczenia w ich produkcji oraz mniejszej mocy, co przekłada się na mniejsze obciążenie systemu.

Największą awaryjnością ładowarek plug-in w stosunku do posiadanej liczby odznacza się Łódź – urządzenia te mają średnio 5,4 awarii w ciągu roku, co przekłada się na 13 dni wyłączenia z użytkowania. Z kolei w Poznaniu odnotowano najdłuższy okres niedostępności ładowarek – 88 dni w ciągu roku.

Największą niedostępność ładowarek pantografowych w stosunku do posiadanej liczby odnotowano w Poznaniu (18,4 awarii w ciągu roku na jedną ładowarkę) oraz w Inowrocławiu (16,25). Ze względu na stosunkowo krótkie okresy wyłączenia z użytkowania, można stwierdzić, że awarie nie były znaczące. Natomiast najdłuższym okresem awaryjności odznaczyły się ładowarki w Jaworznie. W sumie w 2022 roku przez 60 dni nie funkcjonowała przynajmniej jedna ładowarka pantografowa.

Tabela 5. Dane dotyczące awarii ładowarek plug-in i pantografowych dla wybranych przewoźników.

OPERATOR I MIASTO	ŚREDNIA ROCZNA LICZBA AWARII NA ŁADOWARKĘ PLUG-IN	LICZBA DNI W ROKU NIEDOSTĘPNOŚCI ŁADOWAREK PLUG-IN (SUMA)	ŚREDNIA ROCZNA LICZBA AWARII NA ŁADOWARKĘ SZYBKĄ	LICZBA DNI W ROKU NIEDOSTĘPNOŚCI ŁADOWAREK SZYBKICH (SUMA)
MPK Inowrocław	1,00	15	16,25	25
PKM Jaworzno	2,25	50	3,50	60
PKM Katowice	1,38	18	7,00	14
SPAK Szczecin	0,17	1	0,67	12
MZK Toruń	0,00	0	0,50	2
MZK Zielona Góra	0,54	15	0,58	5
MPK Radom	1,36	23	2,67	19
MPK Łódź	5,44	13	9,00	10
PKM Sosnowiec	2,18	b/d	4,67	b/d
MPK Poznań	2,85	88	18,44	37
MPK Rzeszów	0,30	b/d	1,50	b/d
MPK Lublin	3,00	0	5,93	0

Źródło: opracowanie własne na podstawie badania ankietowego operatorów.

Jak pokazują dane, w ciągu roku w niektórych miastach przez dziesiątki dni niektóre ładowarki były wyłączone z użytkowania. W takim przypadku może okazać się, że nie ma możliwości sprawnej realizacji rozkładu jazdy, gdyż autobus musi podjechać na zajezdnię w celu dodatkowego naładowania (lub na inną pętlę). Z tego powodu może być też wysłany autobus zastępczy. Generuje to jednak koszty i stanowi znaczne wyzwanie organizacyjne.

STUDIA PRZYPADKU I WYWIADY IDI

Jaworzno (autobusy elektryczne)

W Jaworznie wdrożono autobusy elektryczne według modelu OPP.

Zakłada się, że na jednym ładowaniu w każdych warunkach atmosferycznych autobus elektryczny musi być w stanie przejechać 70 kilometrów. Z reguły jest to minimum 90 kilometrów, ale pozostawia się bezpieczny zapas na nieprzewidziane sytuacje. Przedstawiciel PKM w czasie rozmowy stwierdził, że większa bateria nie jest dziś w pojazdach potrzebna, bo są one wystarczające do realizacji większości zadań.

Spółka oszacowała, że na flotę 69 pojazdów potrzebna jej jest rezerwa 2-3 autobusów elektrycznych (3-4% taboru). Okres życia autobusu elektrycznego określa natomiast na 12-13 lat i w tym cyklu życia zakłada wykorzystanie 2 baterii NMC w jednym pojeździe.

Obecnie zakończył się okres trwałości projektu autobusów elektrycznych z 2017 roku. Pojazdy te są odciążane z obsługi sieci, przenosi się najdłuższe zadania do obsługi przez nowsze pojazdy, które pozostają w okresie gwarancji. Za około 3 lata spółka zamierza rozpocząć myślenie o wymianie najstarszych autobusów elektrycznych. Obecnie poszukiwana jest optymalna ścieżka rozwoju floty.

Zmianą jakościową miało być zastosowanie w autobusach silników w piastach kół, na wzór trolejbusów. Takie silniki Jaworzno ma w 6 autobusach, ale okazało się to błędem. Ich producent – firma ZF – nie potrafi właściwie skonfigurować pracy tych silników. Silniki centralne okazały się dużo bardziej sprawne. Przedstawiciel PKM doszukuje się przyczyny awaryjności silników w piastach w dużo większej wadze autobusów elektrycznych.

Wszystkie eksploatowane autobusy elektryczne w Jaworznie mają ogrzewanie spalinowe. Średnie zużycie paliwa przez agregat grzewczy w zimie wynosi 3,7 l/100 km. Zasilane jest ono olejem napędowym, jednak ta instalacja nie musi spełniać normy Euro 6, tak jak silniki spalinowe. W związku z tym litr spalonego paliwa przez tą instalację emituje więcej zanieczyszczeń niż w autobusie spalinowym, sumarycznie jednak jest to mniejsza emisja. Przedstawiciel PKM wskazał też, że pojazdy są gotowe do włączenia ogrzewania elektrycznego – należy jednak dokładnie przeanalizować brygady, na których pojazdy mogłyby korzystać z ogrzewania elektrycznego, np. od godziny 21:00 nie używać ogrzewania spalinowego, tak by energia w baterii wystarczyła do zjazdu do zajezdni. Najważniejsze jest, by realizacja rozkładu jazdy była niezagrożona.

Jaworzno projektuje zadaszenie całej zajezdni i instalację paneli fotowoltaicznych. Twórcy analizy zadeklarowali latem pokrycie nawet 100% potrzeb energii do zasilenia autobusów elektrycznych. Podkreślali też, że dobrze należy dobrać magazyn energii do akumulowania nadwyżki energii. Przedsiębiorstwo myśli nad możliwością skupu baterii wycofywanych z autobusów i wykorzystania ich jako magazynów energii. Zająć się jednak tym musi profesjonalny podmiot, który odpowiednio taki magazyn skonfiguruje i zabezpieczy.

Nawet w Jaworznie nie ma dziś możliwości zastąpienia całego taboru autobusami elektrycznymi. Autobusy przejeżdżające dziennie 500 km potrzebne są do obsługi linii A, łączącej Chrzanów

z Katowicami przez Jaworzno. Miasto Jaworzno nie może wybudować ładowarek na pętłach, które nie są na jego terenie. Ponadto, na linii występują duże opóźnienia sięgające nawet 40 minut, co sprawiałoby duży problem organizacyjny w sytuacji obsługi autobusem elektrycznym, wymagającym doładowania baterii. Nie rozważa się jednak zakupu autobusów wodorowych, ze względu na dzisiejszy kilkukrotnie większy koszt ich zakupu i eksploatacji.

Warszawa (autobusy elektryczne)

W Warszawie przyjęto dla autobusów elektrycznych również strategię OPP, jak w Jaworznie.

Infrastruktura ładująca zainstalowana jest na zajezdniach oraz pętłach linii obsługiwanych taborem elektrycznym. Mimo to, dziś autobusy elektryczne mają mniejszy średni przebieg niż autobusy spalinowe. Ponadto, stolicę charakteryzuje niska prędkość komunikacyjna transportu autobusowego, wynikająca z dużej kongestii drogowej, a w efekcie uzyskuje się też mniejsze przebiegi roczne niż w innych polskich miastach.

Warszawski elektryk ma być w stanie przejechać 100 km, będąc wyposażonym w baterię o energii 160 kWh. Za zastosowaniem małej baterii miała stać m.in. podatna nawierzchnia na Trakcie Królewskim, do obsługi którego pojazdy te zaplanowano. Jak wskazywano w czasie wywiadu IDI, autobusy przejeżdżają w Warszawie np. na linii 116 mniej niż 200 kilometrów dziennie, a kiedyś planowano zadania ponad 300 km. Generalnie, zadania przewozowe w Warszawie (brygady), mają bardzo zróżnicowaną strukturę kilometrażu. Występują linie podmiejskie, takie jak 720, gdzie autobus przejeżdża w ciągu dnia nawet 500 km i nie jest w stanie tego zadania obsługiwać autobus elektryczny, którym dysponuje MZA.

W czasie wywiadu podkreślono, że dla efektywnego i przewidywalnego funkcjonowania autobusów elektrycznych, rozkłady jazdy musiałyby uwzględniać dłuższe czasy wyrównawcze na pętłach. Czas ten pozwoliłby na doładowanie baterii autobusu oraz niwelowanie ewentualnego opóźnienia. Już przed wdrożeniem autobusów elektrycznych komunikacja autobusowa funkcjonowała na granicy, dopuszczając wystąpienie opóźnień w systemie. Problem powiększył się, gdy oprócz zapewnienia kierowcy wymaganego ustawą czasu przerwy, doszedł jeszcze czas na zapewnienie ładowania autobusu elektrycznego. Sytuacja niekiedy powoduje powstawanie kaskady narastających opóźnień.

Przykład ten wskazuje więc, że należałoby podjąć działania na rzecz poprawy efektywności wykorzystania komunikacji autobusowej w Warszawie.

Gdynia (autobusy elektryczne i trolejbusy)

W Gdyni przyjęto dla autobusów elektrycznych strategię OPP, a dla trolejbusów IMC.

Autobusy elektryczne na terenie zajezdni korzystają ze stacji wolnego ładowania. Zainstalowano też 7 stacji pantografowych szybkiego ładowania wraz z transformatorami na 5 pętłach autobusowych i przystankach końcowych. W mieście przyjęto założenie, że ładowarki pantografowe powinny być

zainstalowane na każdym krańcu trasy autobusu elektrycznego. Kierowca samodzielnie podejmuje decyzję o naładowaniu autobusu, w zależności od dostępnego czasu w rozkładzie jazdy. Producent zapewnił przedsiębiorstwo, że balansowanie zastosowanych baterii następuje natomiast w czasie ich ładowania i nie traci się zasięgu poprzez zbyt częste ładowanie szybkie, więc nie wymaga ono uprzedniego planowania. Organizator transportu (ZKM) też nie zmieniał rozkładów specjalnie pod autobusy elektryczne. W czasie wywiadu stwierdzono, że sporadycznie występowały problemy niedoładowania baterii, w sytuacji, gdy wystąpiły znaczne zatory drogowe.

Pojazdy wyposażone są w baterie NMC z systemem zarządzającym termiką – w pojeździe standardowym bateria ma energię 192 kWh, a przegubowym 258 kWh. Autobusy te są rok w eksploatacji, ale już teraz zakłada się wymianę baterii po 6 latach eksploatacji (gwarancja na autobusy wynosi 7 lat, 8 lat na baterie oraz 5 lat na utrzymanie infrastruktury ładowania). Mercedes w Gdyni dostarczył autobusy z większymi bateriami niż mają autobusy np. w Warszawie, w tym celu, żeby zapobiec sytuacji, w której obniża się po pierwszym roku eksploatacji sprawność baterii i już trzeba ją wymieniać.

Trolejbusy pracują głównie w trybie wykorzystania zasilania podstawowego z napowietrznej sieci trakcyjnej oraz pomocniczego bateryjnego w dojeździe do osiedli, gdzie sieci trakcyjnej nie rozwieszono lub w reprezentacyjnej części miasta (Skwer Kościuszki). Większość trolejbusów jest wyposażonych też w baterie. W zależności od rodzaju trolejbusu, pozwalają one przejechać od 5 do 50 km bez zasilania z sieci trakcyjnej. Pojazdy mają też zainstalowany system rekuperacji, to jest częściowego odzyskiwania energii z hamowania i oddawania jej do sieci trakcyjnej.

Do zasilenia sieci trakcyjnej służy obecnie 10 podstacji. Zarządzanie nimi odbywa się zdalnie dzięki Centrum Dyspozycji Mocy i Ruchu, zlokalizowanej na podstacji w Redłowie. Należy podkreślić możliwość ładowania trolejbusów w czasie jazdy, brak jest strat czasu związanych z ładowaniem w czasie postoju.

Konin (autobusy elektryczne i wodorowy)

W Koninie przyjęto dla autobusów zeroemisyjnych strategię ONC/R.

W eksploatacji jest 1 autobus wodorowy i 8 autobusów elektrycznych bateryjnych. W zestawieniu z autobusem elektrycznym, Konin zdecydowanie opowiada się za autobusami wodorowymi. Należy pod uwagę wziąć sieć komunikacyjną oraz zadania, które realizują autobusy. Miasto jest bardzo rozległe, linie mają po 40 kilometrów, a zadania przewozowe dla jednego autobusu wynoszą nawet 450 km. W czasie wywiadu podkreślono, że żaden autobus elektryczny nie jest w stanie wykonać takiego zadania, ani na 1, ani nawet na 2 doładowaniach baterii.

Autobusy elektryczne w Koninie nie mają złączy ładowania szybkiego (pantografów), tylko złącza plug-in. Stacje ładowania znajdują się na terenie zajezdni. Czas ładowania wynosi od 2 do 4 godzin. Autobus taki latem przejeżdża 100 km na jednym naładowaniu. Operacyjnie, autobusy bateryjne są więc dużo mniej funkcjonalne niż autobusy wodorowe. Pierwszy zjazd na bazę odbywa się o godzinie

9, po szczycie porannym i pojazd się ładuje. W szczycie popołudniowym pojazdy znów wyjeżdżają, a wieczorem ponownie zjeżdżają do zajezdni się ładować. Tak są zorganizowane zadania dla autobusów bateryjnych.

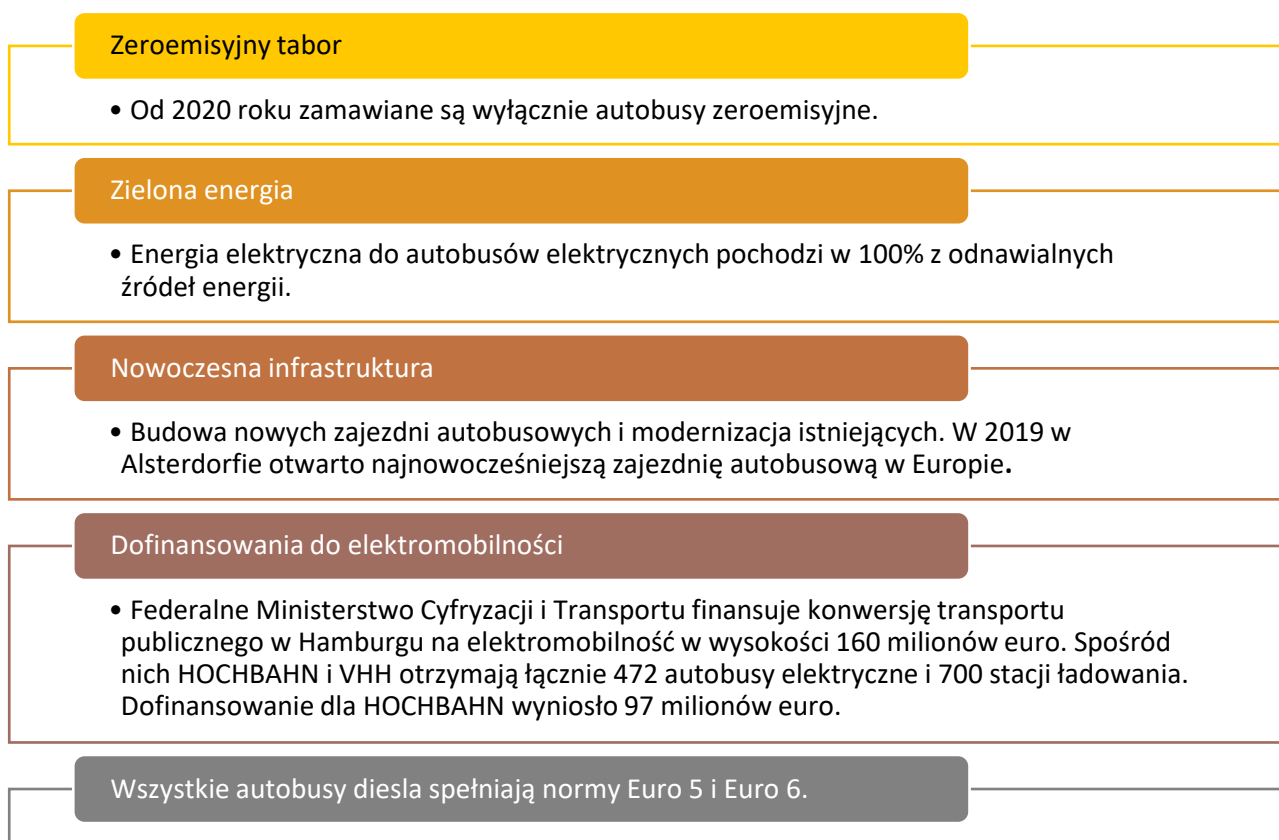
Hamburg

W Hamburgu przyjęto dla autobusów zeroemisyjnych strategię ONC/R. Od 2020 roku zamawiane są tylko autobusy zeroemisyjne, a strategia miasta opiera się na 5 filarach (por. Rysunek 12).

Wykorzystywane są autobusy elektryczne o dużych bateriach zapewniających zasięgi 250-400 km. Na terenie miasta z reguły nie rozmieszcza się ładowarek, natomiast pojazdy kursują dużo mniej obciążone – planowane potoki pasażerskie w komunikacji autobusowej w Niemczech są dużo mniejsze niż w Polsce.

W marcu 2023 roku Solaris wygrał zamówienie na dostawę 5 autobusów Urbino 12 hydrogen, które są w stanie pomieścić do 70 pasażerów. Autobusy mają gwarantować zasięg 350 kilometrów, a tankowane będą na publicznej stacji tankowania wodoru w pobliżu lotniska w Hamburgu. Wodorowe autobusy mają rozpocząć eksploatację w drugim kwartale 2024 roku.

Rysunek 12. Pięć filarów zeroemisyjnego transportu w Hamburgu.



Źródło: opracowanie własne na podstawie artykułu - E-Busse für Hamburg | Hamburger Hochbahn AG, <https://www.hochbahn.de/de/projekte/e-busse-fuer-hamburg>, data dostępu: 05.09.2023 r.

- **Autobusowy transport zeroemisyjny wdrażany jest dziś w 3 podstawowych modelach funkcjonowania: OPP, ONC/R lub IMC.**
 - **Model OPP zakłada wykorzystanie małych baterii w pojazdach oraz ładowarek wolnych w zajezdni i szybkich pantografowych rozmieszczonych na terenie miasta.**
 - **Model ONC opiera się na dużych bateriach w pojazdach i jednokrotnym ładowaniu wolnym na terenie zajezdni. Model ONR zakłada obsługę tankowanym autobusem wodorowym jeden raz w ciągu dnia.**
 - **Model IMC zakłada wykorzystanie trolejbusu bateryjnego, którego baterie doładowywane są w czasie jazdy podpiętych do sieci trakcyjnej.**
 - **Podstawowy system drogowego transportu zeroemisyjnego składa się z pojazdów wyposażonych w baterie NMC (tańsze, okres żywotności 7-8 lat) lub LTO (droższe, okres żywotności 14-15 lat), ładowarek wolnych plug-in na terenie zajezdni lub szybkich pantografowych na krańcach tras. Dostosować należy też infrastrukturę zajezdni do postępu i obsługi autobusów elektrycznych bądź wodorowych. Niektórzy operatorzy pozyskują też energię we własnym zakresie np. instalując panele fotowoltaiczne na dachach zajezdni i infrastruktury komunikacji miejskiej.**
 - **Wśród wyzwań techniczno-organizacyjnych znajduje się: zarządzanie energią pojazdów, utrzymanie cyklu życia baterii, zapewnienie konkurencyjności transportu zeroemisyjnego, uzyskanie przyłączy energetycznych, obsługa linii nocnych, eksploatacja w warunkach zimowych czy ograniczenia wysokości (skrajnia) obiektów inżynierskich.**
 - **System transportu zeroemisyjnego jest bardziej podatny na awarie – ze względu na występowanie nie tylko pojazdów, ale też infrastruktury ładującej. Ponadto istnieje duża niepewność co do przyszłej awaryjności rozwiązań, ze względu na to, że najstarsze pojazdy będące własnością operatorów oraz infrastruktura mają dopiero 7-8 lat.**
 - **W większości badanych polskich miast autobusy elektryczne charakteryzują się niewielkim zasięgiem do 150 km, stosowana jest więc strategia OPP z doładowywaniem pantografowym autobusów na pętlach. Takie działanie wymaga podjęcia dodatkowych działań organizacyjnych i zarządczych, by osiągnąć dużą efektywność i móc realizować rozkład jazdy uwzględniający nawet 300-400 km dziennego przebiegu. Jednak nawet w Jaworznie, strategia OPP nie jest dziś w stanie zastąpić autobusów spalinowych na linii, w której obsłudze wykonuje się 500 km dziennie.**
 - **Miasta testują technologię wodorową, wprowadzając pojedyncze pojazdy do obsługi linii. Autobusy tego typu otwierają nowe możliwości, likwidując barierę dziennego przebiegu, jednak generując nową barierę związaną z pozyskaniem wodoru. Rozwiązania te są też bardzo kosztowne, wielokrotnie droższe względem technologii autobusu spalinowego na ON oraz o połowę droższe względem autobusu bateryjnego.**
-



4.2. Kluczowe czynniki sukcesu

Odpowiedź na pytanie:

Pyt. 6. Jakie są kluczowe czynniki sukcesu wdrożenia i eksploatacji zeroemisyjnego transportu zbiorowego?

DESK RESEARCH

Na podstawie przeglądu literatury⁶¹ wyróżniono 10 kluczowych czynników sukcesu wdrożenia i eksploatacji publicznego transportu zeroemisyjnego w Polsce (por. Rysunek 13). Czynniki te zaczynają się od planowania wdrożenia: opracowania długofalowej strategii, pozyskania dodatkowego finansowania i odpowiedniego wyboru technologii oraz sieci połączeń. Następnie następuje wdrożenie, które powinno być kompleksowe i obejmować: współpracę z mieszkańcami oraz między wykonawcami, wybudowanie właściwej infrastruktury zasilania i przeszkolenie personelu. Ostatnim, ale równie kluczowym etapem, jest bieżące monitorowanie eksploatacji i optymalizacja funkcjonowania transportu zeroemisyjnego.

Rysunek 13. Kluczowe czynniki sukcesu wdrożenia i eksploatacji publicznego transportu zeroemisyjnego w Polsce.



Źródło: opracowanie własne.

⁶¹ Opracowano m.in. na podstawie:

- M. Gromadzki, Zasady opracowania wymaganej ustawą o elektromobilności i paliwach alternatywnych analizy korzyści i kosztów związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej. Praktyczny przewodnik dla samorządów, Ministerstwo Energii, Warszawa, 06.2018 r.;

- Take e-bus! Elektromobilność i zrównoważony rozwój publicznego transportu zbiorowego w miastach, PSPA i IGKM, Warszawa, 2019 r.

1. Opracowanie długofalowej strategii – przed rozpoczęciem wdrożenia należy zastanowić się, jaki cel chce się osiągnąć. Należy zaplanować i zwymiarować rozmieszczenie i stopień wykorzystania wszystkich elementów systemu zeroemisyjnego transportu zbiorowego, do którego będzie się dążyło. Strategia jest potrzebna, ponieważ często w ramach inwestycji powstaje infrastruktura, która początkowo nie jest wystarczająco wykorzystywana (zbyt mały wolumen pojazdów). Jednak wraz z kolejnymi zamówieniami pojazdów jej wykorzystanie będzie rosło. Strategia będzie więc zobowiązaniem do kontynuowania inwestycji w rozwój floty i infrastruktury, co zwiększy efektywność ekonomiczną przedsięwzięć. Taką strategią może być część Planu rozwoju zrównoważonego transportu publicznego.

2. Obecność dodatkowego finansowania – inwestycje w zeroemisyjny transport zbiorowy są bardziej kosztowne od zakupu taboru spalinowego i wymagają budowy dodatkowej infrastruktury. Bez dodatkowego wsparcia finansowego z funduszy unijnych i programów rządowych, miasta nie byłyby w stanie, w takim stopniu jak dziś, zamawiać pojazdów zeroemisyjnych.

3. Wybór odpowiedniej technologii – w przypadku transportu zeroemisyjnego, podstawowy wybór rozstrzyga się między pojazdami elektrycznymi i wodorowymi. Dzisiejsze realia ekonomiczne wskazują na pojazdy elektryczne jako tabor podstawowy, a wodorowe jako uzupełniające (i zapewniające dywersyfikację źródła energii). W przypadku autobusów elektrycznych istotny jest model ładowania pojazdów – wyposażenie w duże baterie i stacje tylko na terenie zajezdni lub w małe baterie i stacje na terenie zajezdni oraz miasta. Wybór technologii zależy od charakterystyki sieci komunikacyjnej i tras linii, długości brygad wynikających z obecnego rozkładu jazdy, dostępności źródeł energii lub paliwa (wodoru) oraz obecnej już infrastruktury. Należy jednak zakładać konieczność opracowania nowego rozkładu jazdy pod tabor zeroemisyjny, maksymalizujący codzienne przebiegi (efektywność ekonomiczna przedsięwzięć).

4. Odpowiedni wybór sieci połączeń (w początkowych wdrożeniach małej floty pojazdów) – w pierwszej kolejności należy elektryfikować linie całodzienne o dużej liczbie brygad i wysokiej częstotliwości kursowania. Pozwoli to zbudować bazę zadań o dużej liczbie, do których można przydzielić obsługę taboru zeroemisyjnym. Ma to na celu zmaksymalizować roczne przebiegi tego taboru. Linie te mogą obsługiwać ściśle centrum miasta i tereny o dużej gęstości zabudowy, pokazując atuty braku emisji hałasu i zanieczyszczeń, jednak nie powinien to być element decydujący wdrożenia. Należy uwzględnić też uwarunkowania techniczne infrastruktury ładowania na pętlach i możliwości jej wybudowania i przyłączenia do sieci energetycznej (o ile przyjęto taki model obsługi). Ponadto należy przeanalizować czy na trasie linii nie ma obiektów inżynierskich ograniczających skrajnię drogi, przez które nie będzie mógł przejechać wyższy od standardowego tabor zeroemisyjny.

5. Kompleksowe wdrożenie – przetargi na transport zeroemisyjny organizowane są w ramach projektów kompleksowych, obejmujących zarówno pojazdy, jak i infrastrukturę. Najłatwiejszym wdrożeniem jest zakup autobusów elektrycznych z dużymi bateriami i budowa ładowarek plug-in na

terenie zajezdni, jednak z perspektywy osiągniętych przebiegów rocznych, nie jest to optymalna strategia – większy potencjał zapewniają pojazdy z małymi bateriami, które wymagają, oprócz ładowarek plug-in na terenie zajezdni, rozmieszczenia ładowarek pantografowych na pętlach. W przypadku autobusów wodorowych należy pamiętać o infrastrukturze zajezdni oraz zapewnieniu źródła paliwa.

6. Współpraca z mieszkańcami – wprowadzanie zmian w transporcie publicznym wymaga akceptacji społeczności lokalnych. Konsultacje z mieszkańcami i transparentny dialog mogą pomóc zrozumieć ich potrzeby i obawy, a także znaleźć rozwiązania, które są korzystne dla wszystkich stron. Mieszkańcy, w przypadku obsługi taboru zeroemisyjnym, chętniej akceptują przebieg linii komunikacji miejskiej ulicami pod ich domami oraz postój autobusów na krańcach. Komunikacja nocna obsługiwana autobusami zeroemisyjnymi również nie jest uznawana za tak bardzo uciążliwą.

7. Współpraca między wykonawcami – operatorzy lub miasta najczęściej zamawiają kompleksowe uruchomienie zeroemisyjnego transportu zbiorowego, tj. dostarczenie zarówno pojazdów, wraz z bateriami, jak i wybudowanie oraz uruchomienie infrastruktury ładującej. Operatorzy komunikacji miejskiej obawiali się sytuacji, w której w ramach osobnych wdrożeń nie byłaby gotowa infrastruktura albo nie zostałyby jeszcze dostarczone pojazdy nie byłyby jeszcze dostarczone. Jeden wykonawca (lub konsorcjum wykonawców) pozwala lepiej skoordynować wdrożenie, w szczególności mając na uwadze wykonanie przyłącza przez OSD, uzyskanie jego warunków i przeprowadzenie prac budowlanych. Kluczowe jest odpowiednie zgranie harmonogramu wdrożenia, tak by dostawa pojazdów zbiegła się w czasie z uruchomieniem infrastruktury do ich ładowania zarówno na terenie zajezdni, jak i sieci komunikacyjnej.

8. Wybudowanie wystarczającej infrastruktury zasilania – wdrożenie elektrycznego zeroemisyjnego transportu zbiorowego wymaga odpowiedniej infrastruktury ładowania. W zależności od przyjętego modelu obsługi (duże baterie i stacje tylko na zajezdni lub małe baterie i stacje na zajezdni oraz terenie miasta), należy wybudować stacje ładowania w odpowiedniej liczbie w wybranych lokalizacjach i o odpowiedniej mocy. Rozmieszczenie infrastruktury nie powinno stanowić bariery w obsłudze rozkładu jazdy, jaki wcześniej realizowały pojazdy spalinowe. Im większy udział pojazdów elektrycznych w taborze, tym bardziej gęsta sieć stacji ładowania powinna być na terenie miasta, aż do sytuacji, w której cała sieć będzie możliwa do obsługi taboru elektrycznym. Infrastruktura powinna zapewniać skalowalność wdrożenia pojazdów zeroemisyjnych poprzez stopniowe zwiększanie udziału floty tych pojazdów wraz z zapotrzebowaniem. Infrastruktura powinna też obejmować punkty, na których kończą trasy zarówno linii dziennych, jak i nocnych.

9. Przeszkolenie personelu – istotne jest odpowiednie przeszkolenie zarówno kierowców, jak i pracowników zaplecza technicznego, którzy odpowiedzialni są za codzienną obsługę pojazdów. Kierowcy powinni zostać nauczeni przede wszystkim podstawowej obsługi pojazdów zeroemisyjnych, procedur reakcji w przypadku najczęściej występujących błędów i awarii oraz

bezpiecznej i ekonomicznej jazdy takimi pojazdami. Pracownicy zaplecza technicznego powinni dogłębnie poznać budowę i obsługę nie tylko pojazdów zeroemisyjnych, ale też infrastruktury łądzącej. Powinni być w stanie przeprowadzać konserwację urządzeń i pojazdów (np. wykonać balansowanie baterii), ich naprawę, tak by zachować sprawne i bezpieczne funkcjonowanie komunikacji miejskiej. Szkolenia powinny odbyć się przynajmniej w okresie dostarczania pojazdów przez producenta oraz dodatkowo przed upływem okresu gwarancyjnego, celem utrzymania obsługi po jego upływie na jak najwyższym poziomie.

Szkolenia techniczne z reguły przeprowadzają producenci pojazdów w ramach realizowanych dla miast kontraktów. W oddzielnym pakiecie oferowane są jednak dalsze szkolenia, w tym kurs eco-drivingu dla kierowców. Wszystkie szkolenia składają się zarówno z części teoretycznej, jak i praktycznej, a powinny być one realizowane oddzielnie dla każdego typu pojazdu⁶².

10. Monitorowanie i optymalizacja – systematyczne monitorowanie i analiza wydajności zeroemisyjnej floty są ważne dla identyfikacji potencjalnych problemów oraz optymalizacji operacji w celu zwiększania efektywności. Wraz z uruchamianiem zeroemisyjnego transportu należy zamawiać oprogramowanie teleinformatyczne, pozwalające na zdalne monitorowanie floty pojazdów oraz regularne gromadzenie danych statystycznych o wydajności i sprawności działania poszczególnych pojazdów i ich podzespołów.

STUDIA PRZYPADKU

Jaworzno

Jaworzno było wskazywane przez innych operatorów transportu publicznego oraz producentów rozwiązań dla autobusów elektrycznych, jako przedsiębiorstwo posiadające największe doświadczenie w eksploatacji taboru tego typu. Pierwsze testy autobusu elektrycznego prowadzono w tym mieście już w 2011 roku. Decyzja o wdrożeniu autobusów elektrycznych w Jaworznie zapadła ze względu na możliwość pozyskania dużych dotacji do zakupu tego typu taboru.

Obecnie autobusy elektryczne funkcjonują już w mieście na skalę „przemysłową”. W Jaworznie 70% floty stanowią autobusy elektryczne, które obsługują 80% wozokilometrów zadań. To pokazuje, że kryterium optymalizacji obsługi linii ustawione jest na tabor elektryczny. To podejście pozwala maksymalizować przebiegi autobusów.

Każdy elektryczny autobus w skali roku średnio przejeżdża 77 tys. km. Obecnie eksploatowane autobusy spalinowe średnio rocznie wykonują natomiast już tylko 34 tys. km. Rekordowy przebieg roczny, jaki udało się w Jaworznie uzyskać to natomiast 104 tys. km. Sumarycznie autobusy elektryczne przejechały już 16,5 mln km, w skali 4,6 mln km rocznie wykonywanych w sieci komunikacji autobusowej tego miasta. Najstarszy autobus elektryczny ma 8 lat i przejechał już 550

⁶² Solaris: Szkolenia techniczne, <https://www.solarisbus.com/pl/serwis-i-uslugi/szkolenia-techniczne>, data dostępu: 18.10.2023 r.

tys. km (średnio 69 tys. km rocznie). Jego konstrukcja powoli się starzeje, ale pojazd jest w pełni sprawny i wykorzystywany.

Podkreślić należy, że w ramach walki o efektywność ekonomiczną infrastruktury do ładowania, na zajezdni zainstalowano mniej ładowarek niż dziś używa się autobusów. Oznacza to „przetaczanie” 15 autobusów elektrycznych w okresie nocnym przez obsługę, by przepiąć do ładowania kolejne oczekujące na to pojazdy.

Miejsce i czas ładowania poprzez pantograf na pętli określony jest szczegółowo w kartach pracy kierowców (brygadówkach) – wręcz z numerem stanowiska w przypadku kilku ładowarek na jednej pętli (por. Rysunek 14). Nie ma tu pozostawionego miejsca na przypadek czy decyzję kierowcy. Komunikacja miejska na bazie autobusów elektrycznych musi funkcjonować niezawodnie, a zdaniem przedstawiciela PKM, jedynym właściwym podejściem do autobusów elektrycznych jest ich potraktowanie jak „normalnych” autobusów, które muszą być w stanie obsłużyć całodienne zadania. Podkreślono również, że dużym udogodnieniem jest możliwość dokonania zmiany kierowców w pobliżu zajezdni – autobus wtedy odprowadzany jest na zajezdnię i ładuje się w momencie zmiany kierowców.

Rysunek 14. Dwa autobusy elektryczne - Solaris Urbino 12 i 18 electric podczas ładowania za pomocą ładowarki pantografowej na pętli Krakowska. Na nawierzchni widoczne są linie zatrzymania wyznaczające miejsce zatrzymania określonego w karcie kierowcy rodzaju taboru.



Autor: Mirosław Czerliński.

Doświadczenia operatora wskazują też, że występują w eksploatacji ogromne różnice w zużyciu energii, m.in. w zależności od napełnienia autobusu, charakteru linii czy pogody.

W Jaworznie wskazywano, że istotne w eksploatacji autobusów elektrycznych jest formatowanie ogniw bateryjnych, które należy realizować co kilka cykli ładowania. Wykonuje się to poprzez naładowanie autobusu do 100% niskim prądem, proces taki zajmuje nawet 6-7 godzin. Im częściej bateria w pojeździe jest ładowana poprzez pantograf, tym bardziej się ona rozbalansowuje. Istotne jest też codziennie uzyskiwanie poziomu 100% naładowania. Operator jest przekonany, że ładowanie pantografowe szybciej zużywa baterie, ale formatowanie pozwala podtrzymać ich żywotność.

Żeby proces formatowania baterii zrealizować, Jaworzno wdrożyło specjalne brygady, kończące dzień pracy wcześniej lub rozpoczynające go później. Pierwsza ze specjalnych brygad na formatowanie zjeżdża już po godzinie 16:00, a jego ładowanie trwa do godziny ok. 1:00, by zachować zapas, gdyby proces ten trwał dłużej. Druga specjalna brygada kończy pracę o godzinie 23:00, ale następnego dnia wyjeżdża dopiero o godz. 12:00.

Pierwsza wymiana baterii już nastąpiła w autobusach elektrycznych w Jaworznie. Po 7 latach zrealizowano wymianę, producent ją przebałał (Solaris), natomiast wymiana była zobowiązaniem gwarancyjnym, więc nie są znane konkretne wyniki tego badania. 6 autobusów z 2017 roku jest już po wymianie baterii, producent deklarował wykonanie tego procesu po 400 tys. kilometrów, przejechały one jednak po ponad 500 tys. kilometrów. Dla tych pojazdów przewidziano 8-letnią gwarancję. Proces wymiany baterii trwa ok. 2 miesiące w jednym autobusie, dorabiany jest wtedy cały układ chłodzenia baterii, ponieważ zmieniła się technologia, która ma zapewnić lepszą sprawność baterii przez dłuższy okres. Te baterie, które instalowano w 2017 roku, już są niedostępne.

Gdynia

Od wielu lat miasto dysponowało trolejbusami, chociaż w ostatnich latach ich sieć została zmodernizowana i rozbudowana. Obecnie trolejbusy stanowią 33% taboru autobusowego, natomiast autobusy elektryczne 8%. Ze względu na to, że po mieście poruszają się zarówno trolejbusy, jak i autobusy, możliwe jest porównanie warunków eksploatacyjnych obu systemów zeroemisyjnego transportu zbiorowego w ramach jednej sieci komunikacyjnej. Niestety pojazdy są eksploatowane przez 2 oddzielne spółki przewozowe – PKT i PKA.

W czasie wywiadu IDI, przedstawiciele spółki wskazywali, że ważne jest przeszkolenie pracowników z obsługi sprzętu od samego początku projektu – w zakresie zaplecza technicznego, ładowarek, budowy urządzeń i ich naprawy. Przedstawiciele podkreślali także znaczenie buspasów dla zwiększenia efektywności wykorzystania autobusów elektrycznych, a podstawowym założeniem wdrożenia było to, że autobus elektryczny musi funkcjonować tak samo lub prawie dokładnie tak samo, jak autobus spalinowy.

Hamburg

W 2020 r. Hamburg podjął decyzję, że będzie zamawiał tylko pojazdy zeroemisyjne, co ma ułatwić planowanie inwestycji na kolejne lata. W tym momencie miasto posiada autobusy elektryczne 4 marek – Solaris, MAN, Mercedes i Volvo. Niemiecki operator podkreśla, że możliwość eksploatacji autobusów marek pochodzących z tego samego kraju znacznie ułatwia współpracę i wymianę informacji, a także możliwe jest szybsze otrzymanie wsparcia technicznego.

Pierwszą (Alsterdorf) z 7 zajezdni autobusowych dostosowano pod autobusy elektryczne już w 2021 roku. Zapewnia ona miejsce postojowe dla 240 autobusów elektrycznych. Ładowarki rozmieszczono w dwóch halach postojowych, łącznie jest to 48 stacji ładowania, zapewniających 96 punktów ładowania. Każda stacja ładowania ma moc 150 kilowatów. Cała technologia jest umieszczona w centrum kontroli na dachu każdej hali zajezdni. Kabel ładujący poprowadzony jest po dachu bezpośrednio do stacji ładowania. Pozwala to na optymalne wykorzystanie powierzchni zajezdni na postój dla autobusów. Warto podkreślić, że liczba stanowisk dla autobusów jest ponad dwukrotnie większa niż liczba stanowisk ładowania, więc zakłada się rotację taboru naładowanego w nocy, by obsłużyć większą liczbę autobusów elektrycznych niż jest zainstalowanych ładowarek⁶³.

WYWIADY IDI

Rozmówcy w czasie wywiadów IDI zgodnie stwierdzili, że zakończył się w Polsce etap prowadzenia małych pilotaży. W ich czasie operatorzy uwierzyli, że eksploatacja autobusów elektrycznych, wymagających ładowania na terenie zajezdni lub doładowywania na terenie miasta, jest możliwa i pozwala realizować pełny rozkład jazdy.

Przedstawiciele IGKM zwrócili uwagę na różnorodne podejście do zarządzania obsługą taboru elektrycznym. W Jaworznie dokładnie zapisano w grafiku kierowcy, gdzie i kiedy autobus ma się ładować. Natomiast w Warszawie – ładowanie na szybkiej ładowarce odbywa się nawet tuż przed zjazdem do zajezdni, w taryfie dziennej lub wręcz zawiązując szczyt zużycia energii elektrycznej w Polsce. Ponadto, z perspektywy eksploatacyjnej, baterie nie powinny być doładowywane szybko, jeśli autobus ma możliwość zjechać do zajezdni i odbyć ładowanie wolne. Wyzwaniem jest więc wprowadzenie systemu nadzoru nad gospodarką energią elektryczną.

Bardzo ważna jest maksymalizacja przebiegów wykonywanych autobusami elektrycznymi poprzez ich odpowiednie zaplanowanie. Należy do tego analiza zużycia energii w czasie każdego kursu, dokładne określenie momentów i miejsc ładowania. IGKM za wzór stawia na przykład Sosnowiec, gdzie najwyższe przebiegi autobusów elektrycznych osiągają ponad 100 tys. km rocznie. Autobusy te kursują non-stop, 400 kilometrów dziennie, w dzień i w nocy.

⁶³ Siemens technology becoming part of state-of-the-art bus depot in Hamburg, <https://press.siemens.com/global/en/pressrelease/siemens-technology-becoming-part-state-art-bus-depot-hamburg>, data artykułu: 15.12.2020 r., data dostępu: 24.10.2023 r.

W Warszawie tylko część brygad nocnych jest obsługiwanych autobusami elektrycznymi. Rozmieszczenie ładowarek pantografowych zaplanowano pod linie dzienne, natomiast linie nocne swoje pętle mają w większości w innych lokalizacjach - na dalekich przedmieściach oraz w okolicach Dworca Centralnego i Metra Centrum, gdzie nie ma infrastruktury ładującej. Pełna maksymalizacja wykorzystania autobusów elektrycznych nie może więc mieć miejsca, ze względu na bardzo ograniczony dostęp do infrastruktury ładowania na liniach nocnych.

- **Głównym czynnikiem sukcesu wdrażania transportu zeroemisyjnego w Polsce jest dostępność dodatkowego wsparcia finansowego – krajowego i unijnego. Bez niego JST nie byłyby w stanie, w takim stopniu jak dziś, zamawiać pojazdów zeroemisyjnych.**
- **Czynników pomyślnego wdrożenia, a następnie eksploatacji jest jednak znacznie więcej: obecność długofalowej strategii, wybór odpowiedniej technologii transportu zeroemisyjnego, kompleksowość wdrożenia, w tym wybór odpowiedniej sieci połączeń i wybudowanie wystarczającej infrastruktury zasilania. Ponadto na sukces składa się współpraca wykonawców realizujących kontrakty oraz współpraca organizatorów transportu z mieszkańcami. Dla okresu eksploatacji natomiast kluczowe jest przeszkolenie pracowników operatora oraz ciągłe monitorowanie i optymalizacja planu pracy taboru, w tym uwzględnienie zarządzania procesem ładowaniem.**
- **Podstawowym założeniem dla operatorów jest to, że autobus bateryjny ma być w stanie obsłużyć zadania w takim samym stopniu, jak wcześniej realizowały pojazdy spalinowe. Bardzo dobre efekty w eksploatacji autobusów elektrycznych uzyskują Sosnowiec i Jaworzno. Nie jest to jednak kwestia przypadku, a ciężkiej pracy operatorów na rzecz maksymalizacji rocznych przebiegów taboru elektrycznego, czasem wręcz przekraczając przebiegi wykonywane taborem spalinowym.**
- **Najlepiej organizacyjnie do obsługi autobusów elektrycznych jest przygotowane PKM Jaworzno, spółka obsługująca 80% wozokilometrów autobusami bateryjnymi. W tym mieście zadania planowane są stricte pod tabor elektryczny, wraz z analizą poziomu naładowania baterii przez cały dzień pracy autobusu. W zadaniu kierowcy mają wskazany dokładny czas i miejsce ładowania lub doładowywania pojazdu, zadania wiążą też obsługę linii dziennych i nocnych.**
- **Ograniczony zasięg na jednym ładowaniu nie sprawia operatorom problemu, jeśli w czasie dnia pracy autobus jest kilkakrotnie doładowywany na pętli. Są jedna zadania wykraczające poza granice miast posiadających autobusy elektryczne, które są trudne do elektryfikacji, ze względu na wkraczanie na teren innego samorządu oraz długi przebieg jednego kursu.**
- **W Jaworznie pod eksploatację baterii przygotowano też specjalne brygady pozwalające na cykliczne balansowanie poziomu energii w nich gromadzonej, poprzez dłuższy ładowanie wolne na terenie zajezdni. Działania te pozwalają w skali roku przejeżdżać autobusom elektrycznym średnio 77 tys. km, co jest bardzo dobrym wynikiem.**

5. Obszar III. Model ekonomiczno-finansowy, społeczny i ekologiczny

5.1. Koszty i korzyści ekonomiczne

Odpowiedź na pytanie:

Pyt. 7. Jakie są koszty i korzyści ekonomiczne wdrożenia i eksploatacji zeroemisyjnego transportu zbiorowego?

DESK RESEARCH

Artykuł 37 Ustawy z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (Dz. U. z 2023 r. poz. 875) zobowiązuje do sporządzenia przez jednostki samorządu terytorialnego, co 36 miesięcy, analizy kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem, przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej, autobusów zeroemisyjnych oraz innych środków transportu, w których do napędu wykorzystywane są wyłącznie silniki, których cykl pracy nie powoduje emisji gazów cieplarnianych lub innych substancji objętych systemem zarządzania emisjami gazów cieplarnianych.

Ministerstwo Klimatu i Środowiska w lipcu 2023 r. przekazało miastom wytyczne zawierające spis elementów, które obligatoryjnie powinny zostać zawarte w sporządzanych analizach kosztów i korzyści, w tym szczególne informacje wskazane wprost w ww. ustawie.

Analiza kosztów i korzyści dotycząca autobusów zeroemisyjnych powinna składać się z następujących elementów:

1. Obszar terytorialny objęty analizą.
2. Analiza otoczenia społeczno-gospodarczego na obszarze objętym AKK.
3. Opis systemu komunikacyjnego (uwzględniający istniejące gałęzie transportu) wraz z opisem stanu taboru autobusowego na obszarze objętym analizą.
4. Plan wymiany i rozwoju taboru.
5. Analiza finansowo-ekonomiczna:
 - ocena sytuacji finansowej miasta i wpływu programu wymiany pojazdów na jej stabilność,
 - ocena sytuacji finansowej podmiotu odpowiedzialnego za realizację usług transportowych,
 - dostępne i preferowane modele nabycia pojazdów elektrycznych/wodorowych (zakup, leasing, niezbędna wysokość dofinansowania),
 - dotychczasowy przebieg procesu wymiany pojazdów zeroemisyjnych w ostatnich 3 latach (jeżeli miał miejsce).
6. Oszacowanie efektów środowiskowych związanych z emisją szkodliwych substancji.

7. Analiza społeczno-ekonomiczna (jakie efekty dla miasta i mieszkańców spowoduje proces wymiany na pojazdy zeroemisyjne):
 - wpływ na poziom i jakość życia, mobilność społeczną, ograniczenie wykluczenia komunikacyjnego, dostępność usług komunikacyjnych oraz innych usług społecznych (np. dostęp do kultury) i zamożność społeczności,
 - wycena kosztów związanych z emisją szkodliwych substancji (np. związanych z ochroną zdrowia),
 - ocena korzyści wdrożenia pojazdów zeroemisyjnych,
 - kluczowe wyzwania społeczno-ekonomiczne stojące przed systemem zbiorowej komunikacji miejskiej.
8. Rekomendacje w zakresie wymiany taboru, podsumowanie i wnioski (ze wskazaniem, który wariant inwestycyjny został zidentyfikowany jako preferowany/wybrany do realizacji).
9. Załączniki:
 - a) opis aktualnego stanu taboru autobusowego,
 - b) spis taboru,
 - c) opis wariantów oraz nakłady inwestycyjne,
 - d) ocena efektów środowiskowych.

W harmonogramie wymiany taboru wprowadza się podział na autobusy BEV (bateryjne) oraz FCEV (na ogniwa paliwowe - wodorowe). Harmonogram obejmuje tabor planowany do wymiany do 2033 roku.

Tabor klasyfikuje się według długości:

- mini: do 8,99 m,
- midi: 9,00-10,99 m,
- maxi: 11,00-13,00 m,
- mega 15: 13,01-16,00 m,
- mega 18: od 16,01 m.

Wśród uwzględnianych rodzajów zanieczyszczeń zawiera się (wyrażane w kilogramach do trzech cyfr znaczących): CO₂ (dwutlenek węgla), NO_x (tlenki azotu), NMHC (niespalone węglowodory niemetanowe), NMVOC (niemetanowe lotne związki organiczne), SO₂ (dwutlenek siarki), PM (pyły zawieszane) i potencjalne inne.

Marcin Gromadzki w przewodniku dla samorządów⁶⁴ wyróżnia podstawowe składniki kosztu eksploatacji i utrzymania pojazdów transportu zbiorowego, takie jak paliwo, energia, remonty,

⁶⁴ M. Gromadzki, Zasady opracowania wymaganej ustawą o elektromobilności i paliwach alternatywnych analizy korzyści i kosztów związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej. Praktyczny przewodnik dla samorządów, Ministerstwo Energii, Warszawa, 06.2018 r.

materiały eksploatacyjne, ubezpieczenia, opony itp. Elementy te pozwalają obliczyć wskaźniki jednostkowe kosztów w złotych na kilometr.

Pojawiają się też dodatkowe składniki kosztowe związane z eksploatacją transportu zeroemisyjnego, w tym m.in.:

- zwiększone koszty ubezpieczenia taboru zeroemisyjnego (większa wartość pojazdów),
- przynajmniej jednokrotny koszt wymiany baterii w cyklu życia pojazdu.

Polska Strategia Wodorowa zawiera informacje, że średni koszt utrzymania autobusu typu FCEV wynosi ok. 443 zł/100 km. Na tę kwotę w największym stopniu składa się cena paliwa wodorowego (55%), następnie koszty konserwacji pojazdu (17%), ubezpieczenie (15%), wymiana części (9%) oraz utrzymanie stacji ładowania (6%). W okolicach roku 2025 spodziewane jest zrównanie kosztów utrzymania FCEV z BEV, by do 2030 r. autobusy na ogniwa paliwowe osiągnęły przewagę konkurencyjną nad autobusami elektrycznymi, do czego przyczynią się m.in. spadki cen paliwa wodorowego o około 44%⁶⁵.

MODEL EKONOMICZNO-FINANSOWY, SPOŁECZNY I EKOLOGICZNY

Opracowano model ekonomiczno-finansowy, społeczny i ekologiczny, bazujący na metodyce analiz kosztów i korzyści dla pojazdów zeroemisyjnych. Model, w formie arkusza kalkulacyjnego, stanowi Załącznik 6 do Analizy.

Koszt inwestycyjny i eksploatacyjny związany z transportem zeroemisyjnym można podzielić na koszt związany z:

- pojazdem, z wyłączeniem baterii,
- bateriami, uzależniony od ich energii mierzonej w kWh,
- infrastrukturą zasilającą,
- energią potrzebną do zasilania pojazdów,
- kierowcą wykonującym przewozy (ten sam koszt w przypadku pojazdu spalinowego czy zeroemisyjnego).

Przyjmowane parametry pojazdów w modelu zawiera Tabela 6. Na cele Analizy w modelu uwzględniono autobusy i trolejbusy dwóch najpopularniejszych klas długości – maxi (12 m) i mega (18 m). W przypadku tramwajów również założono dwie najpopularniejsze klasy tych pojazdów, eksploatowane w Polsce – 20- lub 30-metrowe. Pojemność pojazdów została uniwersalnie założona dla wszystkich pojazdów na podstawie długości i przelicznika liczby pasażerów na metr kwadratowy jego powierzchni. Ponadto uwzględniono mniejszą pojemność autobusów ONC lub trolejbusów IMC, ze względu na osprzęt, w tym baterie, ograniczające przestrzeń pasażerską.

⁶⁵ Polska Strategia Wodorowa do roku 2030, Ministerstwo Klimatu i Środowiska, Warszawa 10.2021 r.

ANALIZA ROZWOJU ZEROEMISYJNEGO, ZBIOROWEGO
TRANSPORTU DROGOWEGO W POLSCE
(AUTOBUSY, TROLEJBUSY, TRAMWAJE)

Koszt CAPEX pojazdu zawiera dostawę pojazdu i wszystkich jego podzespołów z wyłączeniem baterii. Koszt utrzymania zawiera koszt eksploatacji (napraw, części itp.) oraz inne koszty bezpośrednio związane z taborom (np. ubezpieczenie, przeglądy i podatek). Wartość rezydualna to natomiast wartość pojazdu określona w procentach, która pozostanie po 15-letnim okresie jego eksploatacji. Wartość ta dla trolejbusów i tramwajów jest odpowiednio wyższa, ze względu na planowany dłuższy okres eksploatacji tych pojazdów (odpowiednio do 20 i 30 lat).

Tabela 6. Założone koszty CAPEX taboru transportu zbiorowego i koszty OPEX jego utrzymania, bez kosztu baterii.

TYP POJAZDU/NAPĘDU/ZASILANIA	POJEMNOŚĆ PASAŻERSKA [PAS.]	CAPEX BEZ BATERII [PLN]	KOSZT UTRZYMANIA POJAZDU [PLN/KM]	WARTOŚĆ REZYDUALNA PO 15 LATACH
Autobus 12 m - Diesel ON	85	1 150 000	0,94	10%
Autobus 12 m - bateryjny OPP	85	1 800 000	0,89	10%
Autobus 12 m - bateryjny ONC	80	1 800 000	0,89	10%
Trolejbus 12 m - bateryjny IMC	80	2 000 000	1,70	20%
Autobus 12 m - wodorowy	85	2 600 000	1,00	10%
Autobus 18 m - Diesel ON	130	2 000 000	1,25	10%
Autobus 18 m - bateryjny OPP	130	3 000 000	0,95	10%
Autobus 18 m - bateryjny ONC	120	3 000 000	0,95	10%
Trolejbus 18 m - bateryjny IMC	120	3 300 000	1,80	20%
Autobus 18 m - wodorowy	130	4 000 000	1,30	10%
Tramwaj 20 m	135	6 500 000	4,00	35%
Tramwaj 30 m	215	8 500 000	6,00	35%

Źródło: opracowanie własne na podstawie badania ankietowego operatorów.

Założone parametry eksploatacyjne pojazdów oraz parametry baterii zawiera Tabela 6. Autobusy z silnikiem diesla zużywają olej napędowy w litrach, ale także autobusy bateryjne - założenie najpopularniejszego w Polsce rozwiązania – wspomaganie ogrzewania agregatem prądotwórczym. W przypadku autobusu wodorowego zakłada się zużycie wodoru mierzone w kilogramach. Dla autobusów bateryjnych, trolejbusów i tramwajów określono zużycie energii w kWh/100 km. Dla autobusów bateryjnych, wodorowych, trolejbusów i tramwajów założono również określone konfiguracje baterii, które uwarunkowane są trybem ich pracy.

Tabela 7. Założone parametry eksploatacyjne pojazdów – zużycie paliwa lub energii - oraz parametry baterii.

TYP POJAZDU/NAPĘDU/ZASILANIA	ZUŻYCIE PALIWA [L LUB KG/100 KM]	ZUŻYCIE ENERGII [KWH/100KM]	ENERGIA BATERII [KWH]	TYP BATERII
Autobus 12 m - Diesel ON	38	-	-	-
Autobus 12 m - bateryjny OPP	0	120	200	NMC
Autobus 12 m - bateryjny ONC	1,5	130	400	NMC
Trolejbus 12 m - bateryjny IMC	-	115	58	LTO
Autobus 12 m - wodorowy	9	-	29	NMC

TYP POJAZDU/NAPĘDU/ZASILANIA	ZUŻYCIE PALIWA [L LUB KG/100 KM]	ZUŻYCIE ENERGII [KWH/100KM]	ENERGIA BATERII [KWH]	TYP BATERII
Autobus 18 m - Diesel ON	52	-	-	-
Autobus 18 m - bateryjny OPP	1	145	250	NMC
Autobus 18 m - bateryjny ONC	3	155	500	NMC
Trolejbus 18 m - bateryjny IMC	-	140	87	LTO
Autobus 18 m – wodorowy	13	-	58	NMC
Tramwaj 20 m	-	300	29	LTO
Tramwaj 30 m	-	400	29	LTO

Źródło: opracowanie własne na podstawie badania ankietowego operatorów.

Do obliczeń parametrów zakupu baterii posłużyły koszty jednostkowe kilowatogodziny pojemności baterii. Dla baterii NMC koszt wynosi 2000 zł/kWh, natomiast dla baterii LTO – 5250 zł/kWh. Zakłada się żywotność baterii NMC na poziomie 7 lat, natomiast LTO – 14 lat (por. Tabela 8).

Tabela 8. Koszt jednostkowy pojemności baterii NMC i LTO.

TYP BATERII	CENA KILOWATOGODZINY POJEMNOŚCI BATERII [PLN/KWH]	ŻYWOTNOŚĆ BATERII [LAT]
NMC	2000	7
LTO	5250	14

Źródło: opracowanie własne na podstawie badania ankietowego operatorów.

Wyróżniono również koszty infrastruktury związanej z transportem zeroemisyjnym. W przypadku autobusów elektrycznych, podstawowe jej elementy składają się z ładowarek wolnych na terenie zajezdni lub szybkich na pętlach (pantografowych). Dla trolejbusów oznacza to budowę podstacji trakcyjnej oraz kilometrów sieci trakcyjnej trolejbusowej, dwuprzewodowej. Dla tramwajów oznacza to budowę podstacji trakcyjnej, torowiska oraz sieci trakcyjnej tramwajowej, jedнопrzewodowej (por. Tabela 9).

Tabela 9. Koszty CAPEX i OPEX infrastruktury transportu zeroemisyjnego, uwzględnione w modelu.

ELEMENT INFRASTRUKTURY	CAPEX [PLN/KM] LUB [PLN/SZTUKA]	OPEX [PLN/KM·ROK] LUB [PLN/SZTUKA·ROK]	WARTOŚĆ REZYDUALNA PO 15 LATACH
Autobusy elektryczne (bateryjne)			
Ładowarka w zajezdni – ONC	90 000	4 500	30%
Ładowarka na pętli – OPP	600 000	30 000	30%
Trolejbusy			
Podstacja trakcyjna trolejbusowa	4 150 000	265 000	30%
Sieć trakcyjna trolejbusowa w obu kier. [km]	574 000	58 000	30%
Tramwaje			

ELEMENT INFRASTRUKTURY	CAPEX [PLN/KM] LUB [PLN/SZTUKA]	OPEX [PLN/KM·ROK] LUB [PLN/SZTUKA·ROK]	WARTOŚĆ REZYDUALNA PO 15 LATACH
Podstacja trakcyjna tramwajowa	7 500 000	480 000	30%
Torowisko tramwajowe dwutorowe [km]	16 000 000	840 000	30%
Sieć trakcyjna tramwajowa w obu kier. [km]	3 560 000	360 000	30%

Źródło: opracowanie własne na podstawie badania ankietowego operatorów.

Jako koszt społeczny, przyjęto w analizie koszt prowadzącego na poziomie 3,15 PLN/km. Jest to średni koszt wyznaczony na bazie statystyk IGKM - Komunikacja miejska w liczbach 2022.

Do obliczeń założono też stopę dyskonta na poziomie 6%.

Korzyści ekonomiczno-finansowe wyznaczone zostały w ramach kolejnych rozdziałów, a polegają one przede wszystkim na obliczeniu różnicy zdyskontowanych kosztów finansowych 15-letnich bądź sumarycznych (finansowych i zewnętrznych – środowiskowych) w wartości bezwzględnej bądź w przeliczeniu na pasażerokilometr zdolności przewozowej.

- JST zobowiązane są do przeprowadzenia analiz kosztów i korzyści związanych z wdrożeniem transportu zeroemisyjnego oraz ich aktualizacji co 36 miesięcy. Analiza taka ma sprawdzać zasadność ekonomiczno-finansową uruchamiania transportu zeroemisyjnego na terenie funkcjonowania wybranej jednostki.
- W ramach Analizy opracowano model ekonomiczno-finansowy, społeczny i ekologiczny, pozwalający wyznaczyć poziomy poszczególnych kosztów. Jako dane wejściowe wstawiono określone parametry pojazdów zeroemisyjnych oraz spalinowych na olej napędowy oraz infrastruktury zasilającej pojazdy.
- Koszty związane z wprowadzeniem do ruchu zeroemisyjnych pojazdów związane są przede wszystkim z zakupem taboru wraz z baterią oraz budową infrastruktury do ładowania. Wdrożenie wiąże się też ze zwiększonymi cenami ubezpieczenia (droższych pojazdów zeroemisyjnych).
- Koszty związane z eksploatacją pojazdów wiążą się przede wszystkim z energią potrzebną do ich zasilania oraz utrzymaniem pojazdów i infrastruktury. Należy też pamiętać o wymianie baterii przynajmniej raz w okresie życia pojazdu w przypadku akumulatorów NMC. Koszty kierowcy wykonującego przewozy są takie same, jak w przypadku pojazdów spalinowych.
- Wyznaczenie korzyści wynikających z wdrożenia polega przede wszystkim na obliczeniu różnicy zdyskontowanych kosztów finansowych 15-letnich bądź sumarycznych (finansowych i zewnętrznych – środowiskowych) w wartości bezwzględnej bądź w przeliczeniu na pasażerokilometr zdolności przewozowej.



5.2. Mierniki ekonomiczno-finansowe, społeczne i ekologiczne

Odpowiedź na pytanie:

Pyt. 14. Jakie powinny być mierniki ekonomiczno-finansowe, społeczne oraz ekologiczne prognozowanych skutków transformacji publicznego transportu zbiorowego w kierunku napędów zeroemisyjnych w Polsce?

DESK RESEARCH

Podstawowym miernikiem efektywności wdrożenia transportu zeroemisyjnego, podobnie jak w przypadku innych inwestycji, jest wartość zaktualizowana netto (NPV). Stworzenie i aktualizowanie analizy kosztów i korzyści o wartości finansowe, społeczne i ekologiczne w kolejnych latach powinno być wystarczającym miernikiem skutków transformacji energetycznej publicznego transportu zbiorowego.

W analizie należy uwzględnić całkowity koszt środowiskowy w podziale na poszczególne rodzaje zanieczyszczeń. W przypadku czynników ekologicznych należy uwzględnić następujące emisje:

- gazów cieplarnianych (CO₂),
- pozostałych gazów (tj. lokalne skutki zanieczyszczenia powietrza),
- hałasu.

W zakresie gazów cieplarnianych przyjmuje się koszt 25 euro za wartość początkową jednej tony ekwiwalentu dwutlenku węgla – jako poziom w 2010 r. Koszt ten powinien być rokrocznie indeksowany o wartość 1 euro na tonę CO₂. Można również przyjąć wartość 2,68 kg emisji CO₂ podczas spalania 1 litra oleju napędowego. Wielkość emisji gazów należy przemnożyć przez koszt jednostkowy i w ten sposób obliczyć koszt zmian klimatycznych – jako jeden z mierników skutków transformacji.

Koszty emisji innych substancji (np. PM₁₀, NO₂) powinno się oszacować dla wartości dopuszczalnych zanieczyszczeń w odniesieniu do konkretnego rodzaju paliwa oraz spełnienia norm spalania EURO w danym taborze.

Koszty hałasu w przypadku Analizy powinny być liczone dla transportu lądowego – autobusu w terenie miejskim.

W przypadku stosowaniu autobusów elektrycznych na liniach obsługujących obszary bardzo gęsto zaludnione, można zwiększyć zaoszczędzony koszt emisji spalin i emisji hałasu o odpowiedni współczynnik⁶⁶.

⁶⁶ M. Gromadzki [...] op. cit.

Wartości kosztów należy pobierać z „Tablic kosztów jednostkowych do wykorzystania w analizach kosztów i korzyści” dostępnych na stronie CUPT⁶⁷. Ostatnia wersja opracowania, która została w ramach projektu wykorzystana, pochodziła z 23 maja 2023 r. (Załącznik 7 do Analizy).

MODEL EKONOMICZNO-FINANSOWY, SPOŁECZNY I EKOLOGICZNY

Mierniki skutków ekonomiczno-finansowych, społecznych oraz ekologicznych transformacji publicznego transportu zbiorowego podzielono na 7 kategorii, związanych z:

- pojazdem – zakupem pojazdu i jego wartością po 15-letnim okresie eksploatacji,
- baterią – pierwotnym jej zakupem, ewentualną wymianą w okresie eksploatacji oraz wartością ostatniego pakietu baterii w 15 roku eksploatacji,
- energią – zużyciem paliwa (oleju napędowego albo wodoru) lub energii elektrycznej przemnożonej przez koszt jednostkowy źródła energii i roczny przebieg,
- utrzymaniem – roczny przebieg przemnożony przez koszt utrzymania pojazdu na kilometr,
- kierowcą – roczny przebieg przemnożony przez koszt prowadzącego na kilometr,
- infrastrukturą - koszt inwestycyjny i utrzymaniowy poszczególnych elementów infrastruktury w przeliczeniu na jednostki infrastruktury punktowej lub kilometry infrastruktury liniowej,
- kosztami zewnętrznymi – uwzględniającymi emisje zanieczyszczeń autobusu spalinowego zgodnie z określoną dla niego normą Euro lub emisje zanieczyszczeń związane z taborem elektrycznym w przypadku polskiego miksu energetycznego (w przypadku energii zeroemisyjnej – jej koszty zewnętrzne są zerowe) oraz emisje hałasu.

Koszty zewnętrzne zanieczyszczeń zostały określone na podstawie ww. tablic CUPT – por. Tabela 10.

Tabela 10. Koszty emisji zanieczyszczeń [PLN/tona] w 2023 roku.

SUBSTANCJA	SO ₂	NMHC / NMVOC	NO _x (TRANSPORT MIEJSKI)	PM2.5 (TRANSPORT MIEJSKI)	CO ₂	NH ₃
Koszt emisji [PLN/tona]	39 256	3 351	70 375	435 655	655,5	68 938

Źródło: opracowanie własne na bazie tablic CUPT.

Koszty hałasu zostały uśrednione do wartości 0,378702 PLN/km dla autobusu spalinowego oraz 0,227221 PLN/km dla autobusu zeroemisyjnego (emisja hałasu o 40% mniejsza).

⁶⁷ CUPT: Tablice kosztów jednostkowych do wykorzystania w analizach kosztów i korzyści, <https://www.cupt.gov.pl/strefa-beneficjenta/wdrazanie-projektow/analiza-kosztow-i-korzysci/narzedzia/tablice-kosztow-jednostkowych-do-wykorzystania-w-analizach-kosztow-i-korzysci/>, data dostępu: 1.10.2023 r.

Dla każdego wariantu pojazdu powyższe koszty w ramach modelu zostały wyznaczone w ramach rozdziału 5.3.

- **Podstawowym miernikiem ekonomiczno-finansowym inwestycji w transporcie zeroemisyjnym (szczególnie autobusowym), podobnie jak w przypadku innych inwestycji, jest obliczenie zdyskontowanych kosztów sumarycznych w okresie 15 lat dla poszczególnych rodzajów taboru.**
- **Koszty te mogą też zostać rozłożone na wozokilometr (koszt eksploatacyjny) lub pasażerokilometr (koszt społeczny) obsługi pojazdem oraz na elementy infrastruktury transportu publicznego.**
- **Mierniki skutków ekonomiczno-finansowych, społecznych oraz ekologicznych można podzielić na 7 kategorii, związanych z: pojazdem, baterią, energią, utrzymaniem, kierowcą (prowadzącym), infrastrukturą i kosztami zewnętrznymi.**
- **Mierniki kosztów zewnętrznych – ekologiczne - to emisje zanieczyszczeń do atmosfery i hałasu. Wśród zanieczyszczeń wyróżnia się koszty emisji SO₂, NMHC / NMVOC, NO_x, PM2.5, CO₂ i NH₃. Koszty te wyznaczone są na podstawie tablic kosztów jednostkowych CUPT, aktualizowanych co roku. Koszty hałasu założono natomiast rozróżniając autobus spalinowy i zeroemisyjny.**

5.3. Koszty i korzyści energii (w tym energii odnawialnej)

Odpowiedź na pytanie:

Pyt. 9. Jaki jest bilans kosztów i korzyści energii, w tym energii odnawialnej?

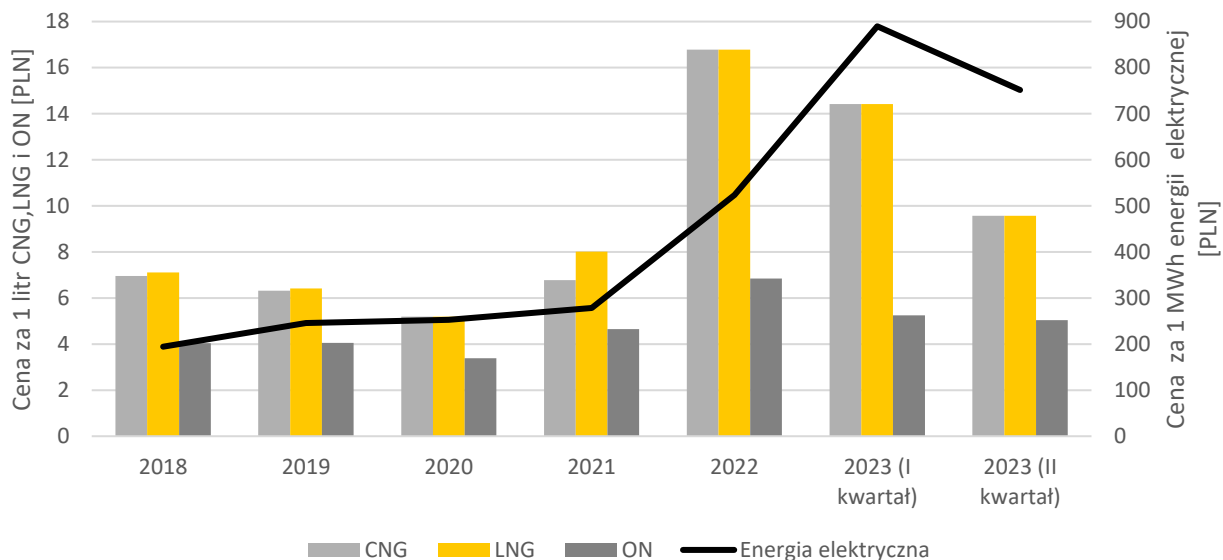
CENY PALIW I ENERGII

Dynamikę zmian cen paliw (gazu CNG, LNG oraz oleju napędowego) oraz energii elektrycznej obrazuje na jednym wykresie Rysunek 15.

Jeżeli chodzi o ceny oleju napędowego to zauważalny jest gwałtowny wzrost w 2021 roku i ich spadek w 2023 do poziomów z 2021 roku. Jeszcze większe zmiany ceny dotyczyły gazu CNG oraz LNG. Wysokie ceny paliw kopalnych będą powodować, że opłacalność pojazdów zeroemisyjnych w stosunku do pojazdów z napędem konwencjonalnym znacząco wzrośnie. Należy jednak te ceny obserwować w kontekście zmian cen energii elektrycznej.

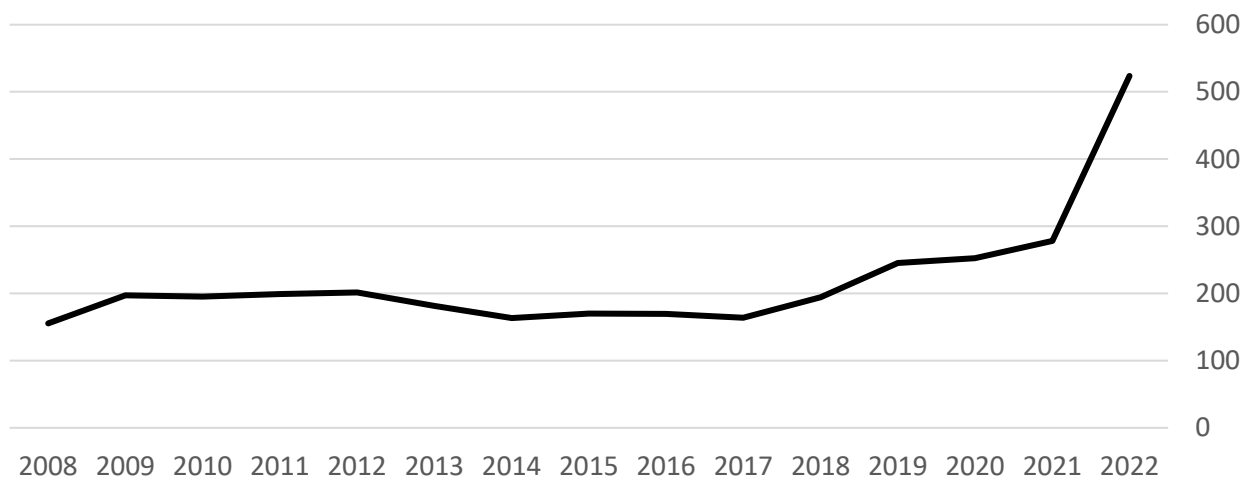
Cena energii elektrycznej w okresie przed kryzysem energetycznym w Europie i wybuchem wojny na Ukrainie cechowała się dużą stabilnością. Przez wiele lat utrzymywała się na poziomie ok. 200 PLN/MWh, a zaczęła znacznie rosnąć od 2018 roku (por. Rysunek 16).

Rysunek 15. Średnie ceny za 1 litr gazu CNG, LNG i oleju napędowego oraz za 1 MWh energii elektrycznej w latach 2018-2023 [PLN].



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych PKN Orlen⁶⁸ i Urzędu Regulacji Energetyki⁶⁹.

Rysunek 16. Średnia roczna cena sprzedaży energii elektrycznej na rynku konkurencyjnym w latach 2008-2022 [PLN/MWh].



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych URE.

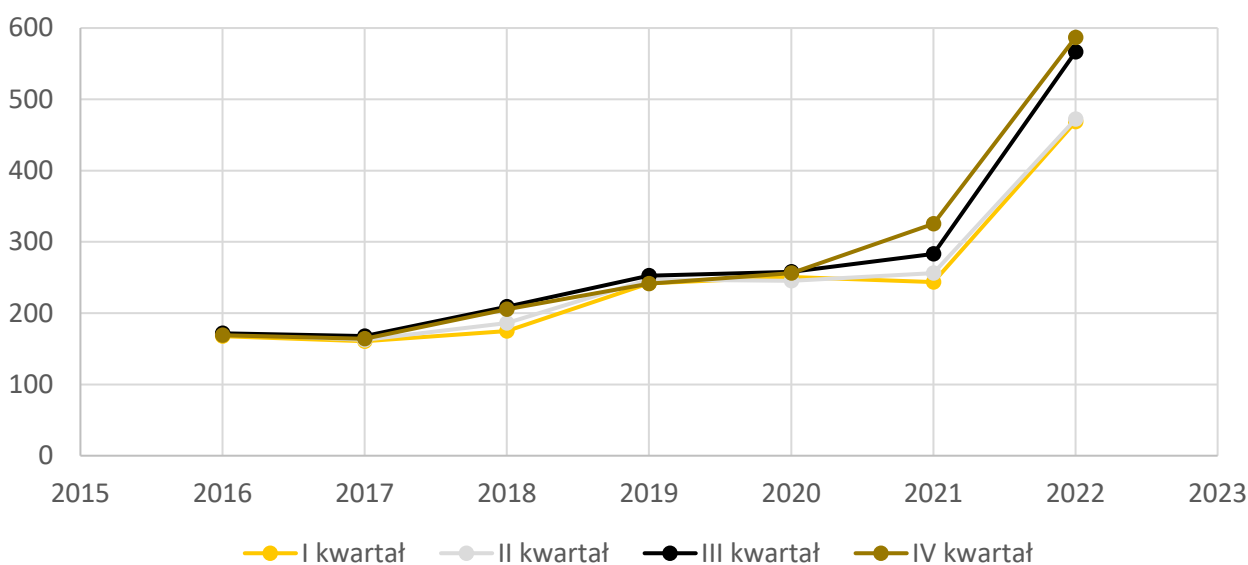
⁶⁸ PKN Orlen: Hurtowe ceny paliw, <https://www.ornen.pl/pl/dla-biznesu/hurtowe-ceny-paliw#paliwa-archive>, data dostępu: 1.10.2023 r.

⁶⁹ URE: Średnia cena sprzedaży energii elektrycznej na rynku konkurencyjnym (roczna i kwartalne), <https://www.ure.gov.pl/pl/energia-elektryczna/ceny-wskazniki/7852,Srednia-cena-sprzedazy-energii-elektrycznej-na-ryнку-konkurencyjnym-roczna-i-kwa.html>, data dostępu: 1.10.2023 r.

W 2023 roku w I kwartale uzyskano najwyższą cenę energii – 890 PLN/MWh, po czym zaczęła ona znacznie spadać, osiągając w II kwartale wartość 750 PLN/MWh.

Widać też, że w trzecim i czwartym kwartale roku ceny energii są znacznie wyższe niż w pozostałych kwartałach roku, co jest związane ze zwiększonym zapotrzebowaniem na energię w miesiącach zimowych (por. Rysunek 17). Widać też, że na przestrzeni roku najdroższa będzie ich eksploatacja w miesiącach jesiennych i zimowych, gdzie dodatkowo autobusy elektryczne charakteryzują się wyższym zużyciem energii, co dodatkowo zwiększa koszt ich użytkowania.

Rysunek 17. Średnia roczna cena sprzedaży energii elektrycznej na rynku konkurencyjnym [zł/MWh].



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych URE.

Z perspektywy rozwoju zeroemisyjnego transportu zbiorowego, cena energii jest kluczowym czynnikiem decydującym o jego opłacalności. Przy wyższym koszcie inwestycyjnym pojazdów elektrycznych względem spalinowych, niższy koszt eksploatacji, w tym energii, doprowadza do uzyskania korzystnego bilansu. Na potrzeby analizy przyjęto ceny aktualne za 2023 r. dla poszczególnych rodzajów paliw – ON i wodoru oraz energii elektrycznej (EE) – por. Tabela 11.

Tabela 11. Ceny netto paliw i energii założone w modelu ekonomiczno-finansowym dla roku wyjściowego analizy – 2023.

PARAMETR	CENA ON [PLN/L]	AGR ON	CENA EE [PLN/KWH]	AGR EE	CENA WODÓR [PLN/KG]	AGR WODÓR	STOSUNEK CENY ON DO EE [-]
WARTOŚĆ	5,2	5%	0,8	5%	55,0	5%	6,5

Źródło: opracowanie własne.

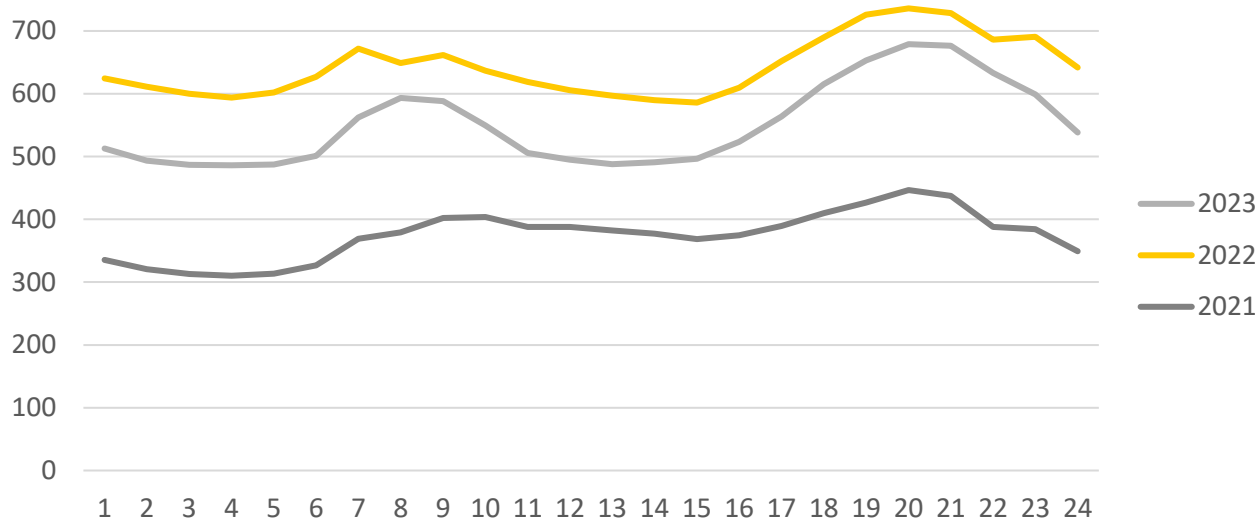
AGR oznacza średnią roczną stopę wzrostu cen powyżej inflacji. Ze względu na trudną do przewidzenia sytuację cen paliw i energii, przyjęto do modelu 5% dla wszystkich źródeł energii. Operatorzy w czasie wywiadów wskazywali, że obecnie niepewność co do zmienności kosztu paliw i energii jest zbyt duża. Jest im bardzo trudno podejmować racjonalne ekonomicznie decyzje nawet na najbliższe 2 lata.

Zmienność cen energii w dobie

Rząd w minionych miesiącach zaczął prace nad stabilizacją poziomu zużycia energii w ciągu doby. Umożliwiono rozliczanie się klientów indywidualnych w systemie 15-minutowym. W ujęciu godzinowym energia w 2023 roku najdroższa była w godzinach 18-23 (575-675 zł za MWh). Drugi szczyt zużycia i najwyższa cena uzyskiwana jest w godzinach 7-10 (550-600 zł za MWh). Natomiast w okresie najmniejszego zużycia, czyli w godz. 2-6 oraz 12-15 cena spada poniżej 500 zł za MWh (por. Rysunek 18).

Obecnie przedsiębiorstwa komunikacji miejskiej korzystają ze stałej taryfy za prąd elektryczny. Takie funkcjonowanie systemu energetycznego dla klientów indywidualnych jest przyczynkiem do zastanowienia się czy możliwe jest takie zarządzanie ładowaniem pojazdów elektrycznych, by zostać beneficjentem systemu bazującego na stawkach dynamicznych. Autobusy elektryczne mogłyby być ładowane przede wszystkim w okresie, gdy ceny są najniższe, może to być kierunek zainteresowania w dalszym rozwoju transportu zeroemisyjnego w Polsce.

Rysunek 18. Średnia cena 1 MWh energii w PLN na przestrzeni doby (24 h) w 2021, 2022 i 2023 roku.



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych PSE⁷⁰.

⁷⁰ PSE: Rynkowa cena energii elektrycznej (RCE), <https://www.pse.pl/dane-systemowe/funkcjonowanie-rb/raporty-dobowe-z-funkcjonowania-rb/podstawowe-wskazniki-cenowe-i-kosztowe/rynkowa-cena-energii-elektrycznej-rce>, data dostępu: 1.10.2023 r.

Przedstawiciel PKM Jaworzno w czasie wywiadu IDI potwierdził, że gdyby przedsiębiorstwo bazowało na stawce dziennej i nocnej za energię elektryczną, to byłoby to pole do optymalizacji kosztowej eksploatacji autobusów elektrycznych. Wtedy, w większym stopniu wykorzystywane byłoby nocne ładowanie wolne na terenie zajezdni po godz. 23, natomiast wiązałoby się to z ograniczeniem ładowania autobusów na terenie miasta ładowarkami szybkimi po godzinie 17. Taka zmiana trybu pracy przedsiębiorstwa wymagałaby wcześniej przeprowadzenia szczegółowej analizy.

Z kolei w Gdyni, operator kontraktuje energię w ramach grupy zakupowej – zawiera ona kilkaset odbiorców i kilkadziesiąt tysięcy punktów poboru energii. Nie ma możliwości w przetargu dzielenia ceny na strefy czasowe. W zależności od tego czy pobór następuje z sieci ŚN czy nn – przedsiębiorstwa należą do grupy B lub C odbiorców. W przetargu oferowana jest jednak cena stała. W czasie wywiadu wskazywano jednak, że stawka jest tylko z pozoru stała, ponieważ grupa przedstawiła wykres zużycia energii. Na jego podstawie, uwzględniając zmienność produkcji i cen energii, dostawca mógł obliczyć średnią stawkę MWh.

Obecnie operatorzy komunikacji miejskiej korzystają ze stałej ceny energii 790 PLN/MWh, dzięki zamrożeniu cen energii na poziomie rządowym. W Gdyni oficjalna cena podana w ofercie w ramach przetargu wynosiła jednak 2000 PLN/MWh. Gdy wywiad z operatorem przeprowadzono w sierpniu 2023 r., cena obowiązująca na zasadach rynkowych wynosiła jednak już tylko 500 PLN/MWh.

Operator zwracał też uwagę, że niezależnie od tego czy jest zużycie energii czy też go nie ma, konieczne jest zakontraktowanie mocy zamówionej, jako koszt stały, przydzielanej na punkty ładowania. **Koszt ten rozkłada się wtedy na liczbę przejeżdżanych przez autobusy kilometrów, co jest kolejnym czynnikiem, który powinien skłaniać operatorów do maksymalizacji przebiegów autobusów elektrycznych.** Moc zamówiona przydzielona na jeden punkt ładowania kosztuje miesięcznie od 10 do 20 tys. PLN. W efekcie przedsiębiorstwo komunikacji otrzymuje dwie faktury – za dystrybucję (moc zamówiona, koszt stały, rozkładający się na liczbę kilometrów pracy eksploatacyjnej) i zużycie (stawka 790 PLN/MWh).

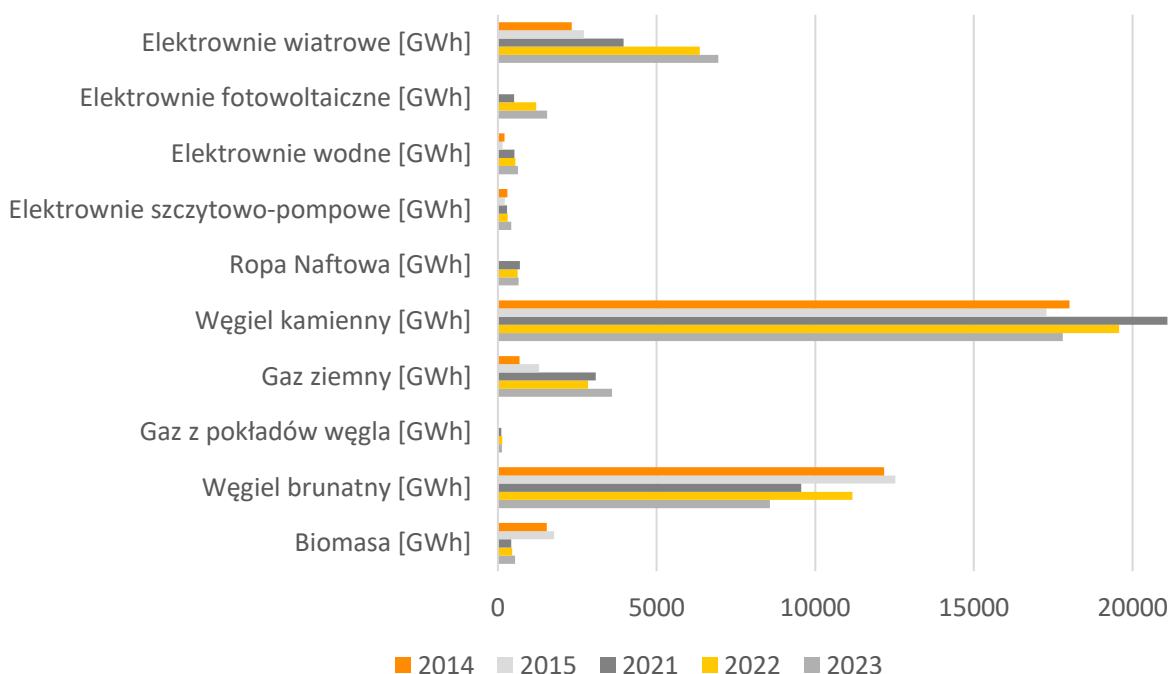
Część operatorów (np. z Gdyni czy Konina) zwracało natomiast uwagę, że nie można pracy eksploatacyjnej uzależniać od cen energii w poszczególnych godzinach i nie na tym powinna się spółka realizująca przewozy zastanawiać. Wskazywali oni, że może to prowadzić do sytuacji, w których autobusy będą zjeżdżać z kursów na ładowanie, bo akurat dostępna jest tania energia. Oznacza to, że może być im trudno dostosować się do okresów, w którym zużycie energii w krajowym systemie energetycznym będzie niskie, a okresy te mogą też się zmieniać.

Podkreślano też, że generalnie w przedsiębiorstwie przewozowym budżet jest roczny, więc kontraktowanie energii również odbywa się w takim okresie. Pomaga to w planowaniu przedsięwzięć wieloletnich, dla banków przygotowywane są projekcje kilkuletnie przy występowaniu o pożyczkę. Dziś natomiast w przypadku autobusów elektrycznych te projekcje są trudne, ponieważ trudno przewidzieć, ile energia elektryczna będzie kosztowała np. za 3 lata.

ENERGIA ODNAWIALNA

Odnawialne źródła energii, a w szczególności elektrownie wiatrowe i fotowoltaiczne, wytwarzają w Polsce coraz więcej energii. Widać też, że elektrownie zasilane węglem kamiennym i węglem brunatnym są nadal filarem polskiej energetyki, jednak poziom produkcji energii już w nich nie rośnie, a nawet w elektrowniach węgla brunatnego spadł (por. Rysunek 19). To sprawia, że w przypadku naszego kraju transport zeroemisyjny nie jest równoznaczny z brakiem emisji szkodliwych substancji do powietrza, w wyniku jego funkcjonowania. Dopiero zasilanie go energią zeroemisyjną pozwoliłoby zbliżyć się do poziomu braku emisji.

Rysunek 19. Porównanie sumy ilości wytwarzanej energii dla różnych typów elektrowni z pierwszych trzech miesięcy danego roku.



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych European Network of Transmission System Operators: <https://www.entsoe.eu/data/power-stats/>, data dostępu: 1.10.2023 r.

Jakie są koszty energii zeroemisyjnej?

- Koszty inwestycyjne w zakup i instalację infrastruktury do produkcji i dystrybucji energii zeroemisyjnej (np. elektrownie wiatrowe, słoneczne czy wodne) mogą być wyższe w porównaniu z konwencjonalnymi metodami wytwarzania energii (np. węglowe).
- Ograniczona dostępność energii zeroemisyjnej, wynikająca z warunków atmosferycznych – prędkości wiatru czy poziomu zachmurzenia, *stricte* charakterystyczna dla lokalizacji elektrowni.

- Skuteczna integracja odnawialnych źródeł energii w istniejącą sieć energetyczną może wymagać dodatkowych kosztów – np. rozbudowy sieci dystrybucji, przechowywania energii i wysiłku technicznego.

Jakie są korzyści energii zeroemisyjnej?

- Długoterminowe oszczędności dzięki niższym kosztom eksploatacji i niższym cenom w przyszłości, szczególnie w przypadku odnawialnych źródeł energii.
- Wykorzystywanie odnawialnych źródeł zmniejsza zależność od importu tradycyjnych paliw, poprawiając bezpieczeństwo energetyczne kraju.
- Rozwój sektora energii zeroemisyjnej może przyczynić się do tworzenia nowych, wysoce wyspecjalizowanych miejsc pracy w dziedzinach związanych z produkcją, instalacją i utrzymaniem infrastruktury.
- Wykorzystanie energii zeroemisyjnej przyczynia się do zrównoważonego rozwoju, zapewniając lepsze warunki funkcjonowania dla przyszłych pokoleń.

MODEL EKONOMICZNO-FINANSOWY, SPOŁECZNY I EKOLOGICZNY

W ramy modelu zaszyto emisyjność poszczególnych kategorii pojazdów – spalinowych na olej napędowy, elektrycznych i wodorowych. Zużycie energii lub paliwa w obu kategoriach pojazdów przeliczone zostało na jednostkę energii – kilowatogodzinę, by uzyskać porównywalność.

Dla autobusów spalinowych na olej napędowy przyjęto emisje związane z produkcją i spalaniem oleju napędowego. Model, na podstawie tablic CUPT, przyjmuje dla kilograma paliwa emisję o wartości 3,169 kg CO₂/kg paliwa. Pozwala to wyznaczyć jednostkową emisję oleju napędowego równą 2,662 kg CO₂/litr paliwa, przy założeniu gęstości paliwa 840 g/litr. Dane dla założeń pochodzą z Europejskiej Agencji Środowiska⁷¹. Emisje pozostałych zanieczyszczeń, powiązane z normami Euro, zawiera Tabela 12, opierając się na unijnych dyrektywach i rozporządzeniach.

Tabela 12. Emisyjność autobusów spalinowych spełniających określoną normę EURO.

NORMA SILNIKA	LATA	JEDNOSTKA	NMHC/NMVOC	NOX	PM	REGULACJA
EURO I	1992-1996.10	g/kWh	1,10	8,0	0,36	Dyrektywa 91/542/EEC, nowy tekst Załącznika I pkt. 6.2.1 wiersz B
EURO II	1996.10-2000.10	g/kWh	1,10	7,0	0,15	Dyrektywa 91/542/EEC, nowy tekst Załącznika I pkt. 6.2.1 wiersz B
EURO III	2000.10-2005.10	g/kWh	0,66	5,0	0,10	Dyrektywa 1999/96/WE, Załącznik I, pkt 6.2.1, wiersz A

⁷¹ EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019, Part B: sectoral guidance chapters, 1. Energy, 1.A.3.b.i-iv Road transport, <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019>, data dostępu: 25.10.2023 r.

ANALIZA ROZWOJU ZEROEMISYJNEGO, ZBIOROWEGO
TRANSPORTU DROGOWEGO W POLSCE
(AUTOBUSY, TROLEJBUSY, TRAMWAJE)

NORMA SILNIKA	LATA	JEDNOSTKA	NMHC/NMVOC	NOX	PM	REGULACJA
EURO IV	2005.10-2008.10	g/kWh	0,46	3,5	0,02	Dyrektywa 1999/96/WE, Załącznik I, pkt 6.2.1, wiersz B1
EURO V	2008.10-2012.12	g/kWh	0,46	2,0	0,02	Dyrektywa 1999/96/WE, Załącznik I, pkt 6.2.1, wiersz B2
EURO VI	2013+	g/kWh	0,13	0,4	0,01	Rozporządzenie (WE) 595/2009, Załącznik I

Źródło: opracowanie własne na bazie tablic CUPT.

W przypadku pojazdów elektrycznych i wodorowych istnieje w modelu możliwość wyboru energii zeroemisyjnej lub polskiego miks energetyczny. Dla pojazdów elektrycznych domyślnie przyjęto polski miks energetyczny i jego emisje jednostkowe produkcji 1 kWh energii (por. Tabela 13).

Tabela 13. Emisyjność 1 kWh energii wykorzystanej przez tabor elektryczny w związku z miksem polskiego systemu energetycznego.

SO ₂ [G]	NMHC / NMVOC [G]	NO _x [G]	PM [G]	CO ₂ [KG]	PROGNOZA ROCZNA SPADKU EMISJI PRODUKCJI ENERGII [%]
0,511	0,00504	0,576	0,029	0,717	5

Źródło: opracowanie własne na bazie tablic CUPT.

Dla pojazdów wodorowych do dalszych obliczeń natomiast przyjęto domyślnie wodór wyprodukowany z energii zeroemisyjnej, ponieważ skala kosztów zewnętrznych, które dodatkowo generowała emisyjność polskiego miks energetyczny przy produkcji wodoru, wykazywała opłacalność jeszcze mniejszą niż komunikacja tramwajowa.

W efekcie wyznaczono, że spalanie oleju napędowego w autobusie Euro VI wiąże się w 2023 r. z kosztami zewnętrznymi o wartości 2,04 PLN/l, natomiast energii elektrycznej w polskim miksie energetycznym 0,52 PLN/kWh. W przypadku energii zeroemisyjnej przyjmowano brak kosztów zewnętrznych obciążających system transportu. Pozwoliło to wyznaczyć koszty emisji zanieczyszczeń przy przejeździe 1 km przez poszczególne typy pojazdów poddanych analizie (por. Tabela 14).

Tabela 14. Koszty operacyjne wynikające ze spalania paliwa lub zużycia energii dla analizowanych pojazdów oraz wyznaczenie kosztu zanieczyszczeń w 2023 roku [PLN/km].

TYP POJAZDU/NAPĘDU/ZASILANIA	KOSZT PALIWA [PLN/KM]	KOSZT ENERGII [PLN/KM]	SUMA PALIWO I ENERGIA [PLN/KM]	KOSZT ZANIECZYSZCZEŃ [PLN/KM]
Autobus 12 m - Diesel ON	1,98	0,00	1,98	0,78
Autobus 12 m - bateryjny OPP	0,00	0,96	0,96	0,62
Autobus 12 m - bateryjny ONC	0,08	1,04	1,12	0,71
Trolejbus 12 m - bateryjny IMC	0,00	0,92	0,92	0,60

TYP POJAZDU/NAPĘDU/ZASILANIA	KOSZT PALIWA [PLN/KM]	KOSZT ENERGII [PLN/KM]	SUMA PALIWO I ENERGIA [PLN/KM]	KOSZT ZANIECZYSZCZEŃ [PLN/KM]
Autobus 12 m - wodorowy	4,95	0,00	4,95	0,00
Autobus 18 m - Diesel ON	2,70	0,00	2,70	1,06
Autobus 18 m - bateryjny OPP	0,05	1,16	1,21	0,77
Autobus 18 m - bateryjny ONC	0,16	1,24	1,40	0,87
Trolejbus 18 m - bateryjny IMC	0,00	1,12	1,12	0,73
Autobus 18 m – wodorowy	7,15	0,00	7,15	0,00
Tramwaj 20 m	0,00	2,40	2,40	1,56
Tramwaj 30 m	0,00	3,20	3,20	2,08

Źródło: opracowanie własne.

Jak widać na powyższym zestawieniu, koszt zanieczyszczeń wynikający z ruchu autobusów zeroemisyjnych jest mniejszy niż z analogicznych autobusów spalinowych, jednak przy obecnym miksie energetycznym w Polsce, nie jest on też zerowy.

- **Wzrost cen paliw kopalnych będzie powodować, że opłacalność pojazdów zeroemisyjnych w stosunku do pojazdów z napędem konwencjonalnym znacząco wzrośnie. Należy jednak zmianę cen obserwować w kontekście zmian cen energii elektrycznej. Przy wyższym koszcie inwestycyjnym pojazdów elektrycznych względem spalinowych, tylko niższy koszt eksploatacji, w tym energii, doprowadzi do uzyskania korzystnego bilansu.**
- **W ramach analizy przyjęto średnią cenę netto w 2023 r. za ON 5,20 PLN/l, za wodór 55,00 PLN/kg oraz za energię elektryczną 0,80 PLN/kWh. Stosunek ceny ON do EE wynosił więc 6,5 i jeśli będzie on wzrastał, to opłacalność ekonomiczna autobusów elektrycznych będzie rosła, natomiast przy spadku stosunku ceny paliwa do energii – będzie malała.**
- **Wraz ze wzrostem znaczenia odnawialnych źródeł energii następuje zróżnicowanie dostępności energii w okresie doby i wprowadzono taryfę dynamiczną za energię dla odbiorców indywidualnych. Należy zastanowić się czy taryfa taka mogłaby zostać wykorzystana w komunikacji miejskiej celem zwiększenia wykorzystania energii odnawialnej, gdy jest ona dostępna oraz efektywności ekonomicznej. Należy rozważyć też budowanie magazynów energii dla energii odnawialnej, która może być wykorzystywana w innych porach dnia. Wdrażanie i korzystanie z zielonej energii również spowodują spadek kosztu emisji i należy do tego dążyć.**
- **Polski system energetyczny cechuje określona emisyjność, którą pod postacią kosztu emisji wyznaczono w 2023 r. na 0,52 PLN/kWh, a wykorzystanie oleju napędowego przez autobusy z silnikiem diesla wiąże się z kosztem 2,04 PLN/l. Pozwoliło to dla określonych typów taboru autobusowego, trolejbusowego i tramwajowego wyznaczyć koszty jednostkowe emisji na kilometr. W ramach modelu założono jednak 5% roczny spadek**

emisyjności polskiego systemu energetyki, w ramach realizacji postanowień Europejskiego Zielonego Ładu.

- **Zakłada się, że emisyjność transportu zeroemisyjnego opartego na źródłach energii powiązanych z odnawialnymi źródłami (wiatrze, fotowoltaice lub atomie) będzie bliska 0.**

5.4. Kontraktowanie zielonej energii do przewozów

Odpowiedź na pytanie:

Pyt. 10. Czy należy wymagać od beneficjentów realizacji przewozów zeroemisyjnym taborem przy użyciu zakontraktowanej zielonej energii?

Z danych pozyskanych w ramach ankiety do przedsiębiorstw eksploatujących zeroemisyjny tabor wynika, że następujący przewoźnicy zakontraktowali zieloną energię. Operatorzy nie wskazali jednak czy jest ona wprost przeznaczona do ładowania autobusów elektrycznych czy też np. do utrzymania funkcjonowania zajezdni:

- MPK Kraków – 60% zapotrzebowania,
- PKM Jaworzno – 100% zapotrzebowania,
- MPK Rzeszów – 40% zapotrzebowania.

Jest to niewielki udział spośród wszystkich odpytanych przewoźników. Znaczna większość nie kontraktuje zielonej energii, co przekłada się na mniejszą efektywność ekologiczną pojazdów zeroemisyjnych. Przedstawiciel PKM Jaworzno w czasie wywiadu stwierdził, że certyfikat zielonej energii był potrzebny przedsiębiorstwu tylko wizerunkowo, nie stał za tym żaden inny motywator. Wytwórca energii i tak planował budowę farmy fotowoltaicznej, więc zadeklarował wykorzystanie energii z niej pochodzącej na rzecz pojazdów elektrycznych. Instalacja powstała tuż obok zajezdni autobusowej PKM.

Warto jednak podkreślić, że zalety autobusów elektrycznych związane z brakiem emisji tlenków azotu, pyłów zawieszonych (cząstek stałych) i węglowodorów niemetalowych oraz dwutlenku węgla w centrach miast są niezaprzeczalne. Nie zależą one od źródeł pozyskiwania energii elektrycznej.

Potencjalnym kierunkiem pozyskiwania energii zeroemisyjnej oraz dodatkowo obniżenia kosztu eksploatacji floty taboru jest budowa farm fotowoltaicznych przez operatorów komunikacji miejskiej. Zielona Góra buduje farmy, które w I etapie mają pozwolić na pozyskanie 30% potrzebnej przedsiębiorstwu energii, a w II - 60% energii z własnych zasobów. Początkowo farma będzie produkować 480 MWh, natomiast roczne zapotrzebowanie dla autobusów elektrycznych wynosi 1500 MWh. MZK planuje również zbudowanie magazynu energii, który będzie gromadził nadmiar energii, co ma szczególne znaczenie w okresie letnim. Występuje wtedy większe nasłonecznienie, czyli również większa produkcja energii, a ruch autobusowy jest najmniejszy ze względu na

wakacyjne rozkłady jazdy, które zakładają mniej kursów. Celem jest, aby za kilka lat przewoźnik był samowystarczalny w zakresie dostaw energii elektrycznej do autobusów⁷².

Łomża zwymiarowała jednak takie źródło zasilania jako zdolne do pokrycia zapotrzebowania przez pół autobusu elektrycznego. W pewnym stopniu takie źródło energii na pewno pozwoli domknąć bilans energetyczny poza napędem autobusu.

W zakresie produkcji energii we własnym zakresie przez operatorów komunikacji miejskiej, niektórzy z nich zadeklarowali już dziś wytwarzanie energii poprzez użycie paneli fotowoltaicznych:

- MZA Warszawa – pokrywając 0,36% zapotrzebowania,
- Tramwaje Warszawskie – będą wytwarzać od I kwartału 2024 r.,
- MPK Kraków – 1% zapotrzebowania,
- PKM Sosnowiec – 3,4% zapotrzebowania,
- MPK Lublin – 0,65% zapotrzebowania.

Wytwarzany jest więc jedynie ułamek energii, który przeznaczona się na funkcjonowanie zakładu i tabor elektryczny.

Spółka PKA Gdynia ma sceptyczne podejście do instalacji paneli fotowoltaicznych na terenie zajezdni – dostępność energii jest bardzo zróżnicowana w czasie i uzależniona od warunków pogodowych. Autobusy natomiast potrzebują energii w równomiernym i przewidywalnym czasie. W przypadku chęci utworzenia dedykowanego programu pod budowę infrastruktury do pozyskania energii (fotowoltaika) – operator wskazuje, że nie ma sensu produkować prądu i oddawać go do sieci, ponieważ już dziś zainstalowane moce w słoneczne dni przekraczają potrzeby. Bardzo trudno jest magazynować energię, magazyny te konsumują własną energię, gdy są naładowane – taki magazyn powinien więc być również szybko rozładowywany.

Zdaniem członków IGKM nie jest realne dziś znaczące obniżenie kosztu eksploatacji autobusu na bazie tych rozwiązań. Istotne jest bowiem magazynowanie energii – autobusy ładowane są przede wszystkim na terenie zajezdni w nocy, niemożliwe więc będzie zużycie energii w ciągu dnia, gdy świeci słońce. Wskazywano również na zbyt duże ceny magazynów energii. Ich zdaniem taniej jest posiadać więcej autobusów elektrycznych z mniejszymi bateriami niż duże magazyny energii. Z drugiej strony pojawiają się jednak pomysły, by autobusy elektryczne w sytuacji awaryjnej mogły służyć jako generator prądu np. dla szpitala.

Żeby wyprodukować energię z fotowoltaiki na potrzeby zasilenia taboru zeroemisyjnego czy wyprodukowania wodoru, potrzebne są hektary powierzchni. Niewiele jest miast, w których mogłyby być przeznaczone dziesiątki hektarów powierzchni, żeby wyprodukować energię pod

⁷² Autobusowa zajezdnia MPK Zielona Góra z farmą fotowoltaiczną
<https://transinfo.pl/infobus/autobusowa-zajezdnia-mzk-zielona-gora-z-farma-fotowoltaiczna/> [dostęp: 26.10.2023 r.]

własne potrzeby – miasto będzie preferować sprzedaż tych terenów na inwestycje. Zdaniem przedstawicielki MZK Konin, zadanie hali czy wiaty będzie zdecydowanie niewystarczające na potrzeby przedsiębiorstwa i mogłoby pozwolić pozyskać do 1/3 potrzebnej energii.

- **Certyfikowanie wykorzystywania zielonej energii nie jest popularnym rozwiązaniem w Polsce, korzysta z niego kilku operatorów komunikacji miejskiej. Działanie takie przynosi głównie efekt wizerunkowy dla samorządu, a wytwórcy energii i tak rozbudowują odnawialne źródła energii w ramach wcześniej zaplanowanych strategii. Certyfikowanie zasilania pojazdów elektrycznych zieloną energią sprowadza się więc do deklaracji przeznaczenia wytworzonej przez OZE energii na rzecz elektromobilności.**
- **Interesującym kierunkiem poprawy efektywności ekonomicznej i ekologicznej taboru zeroemisyjnego może być pozyskiwanie zielonej energii we własnym zakresie. Dziś najwięcej energii na własne zasoby pozyskuje PKM Sosnowiec (3,4% zapotrzebowania), natomiast najbardziej ambitne plany ma MZK Zielona Góra, planująca pozyskiwać z własnych zasobów aż 30% potrzebnej energii w I etapie oraz 60% w II etapie budowy farm fotowoltaicznych, by zasilac nimi elektryczny tabor autobusowy.**
- **Generalnie, operatorzy komunikacji miejskiej powinni dążyć do pozyskiwania energii z własnych instalacji, o ile dostępne są powierzchnie które można obudować panelami fotowoltaicznymi. Nawet 10% energii pozyskanej we własnym zakresie obniży nie tylko koszt finansowy przejechania 1 km autobusem elektrycznym, ale też koszt zewnętrzny związany z brakiem emisji zanieczyszczeń. Takie działanie może zadecydować o opłacalności przedsięwzięcia, biorąc pod uwagę cały okres eksploatacji pojazdów elektrycznych.**

5.5. Opłacalność i wybór środka transportu zeroemisyjnego

Odpowiedź na pytania:

Pyt. 8. Pod jakimi warunkami i w jakich okolicznościach pojazdy zeroemisyjne są bardziej opłacalne od pojazdów konwencjonalnych?

Pyt. 11. Jakimi kryteriami powinny kierować się samorządy przy wyborze środka zeroemisyjnego transportu zbiorowego (autobus bateryjny lub wodorowy, trolejbus, tramwaj)?

DESK RESEARCH

Koszt inwestycji i eksploatacji – każdy z zeroemisyjnych środków transportu wymaga różnych nakładów finansowych na budowę infrastruktury, zakup taboru, utrzymanie i napraw.

Pojemność i częstotliwość – różne środki transportu mają różną zdolność do przewożenia pasażerów w jednym pojeździe i różną częstotliwość kursowania. Im większa pojemność i częstotliwość, tym większa przepustowość systemu transportowego i mniejsze ryzyko przeciążenia.

Zasięg i elastyczność – różne środki transportu mają różną zdolność do pokrywania obszaru miasta i dostosowywania się do zmian zapotrzebowania na transport. Im większy zasięg i elastyczność, tym większa dostępność transportu dla mieszkańców i możliwość reagowania na sytuacje awaryjne lub specjalne. Na przykład autobus może jeździć po różnych trasach i zmieniać je w zależności od potrzeb, podczas gdy tramwaj jest ograniczony do torów i wymaga większej koordynacji ruchu.

Według badania BGK 2,9 razy droższe są obecnie autobusy elektryczne od autobusów spalinowych, o 76% droższe niż hybrydowe i o 130% droższe niż autobusy gazowe, ale mimo to autobusy elektryczne dominują w przeprowadzanych obecnie inwestycjach – głównie ze względu na bezzwrotne dopłaty do zakupu nowoczesnego taboru oraz przepisy wymuszające eksploatację pojazdów zeroemisyjnych. Do tego dochodzą również koszty budowy infrastruktury ładowania oraz wymiany baterii, której żywotność szacowana jest na okres do 10 lat. Według badania CAWI realizowanego przez BGK średni koszt wykonania jednego wzk m w 2022 roku wynosił 8,88 zł dla autobusu spalinowego, 9,18 zł dla gazowego, 9,15 dla elektrycznego i 9,31 dla hybrydowego⁷³.

Według Marcina Gromadzkiego autobusy elektryczne powinny być eksploatowane na poziomie 65–80 tys. wozokilometrów rocznie, aby wyższe koszty stałe zostały rozłożone na większą liczbę przejechanych wzk m. Intensywniejsze wykorzystanie takiego taboru spowoduje zmniejszenie udziału kosztów stałych do przeciętnego poziomu kosztów autobusów z napędem diesla. Jednocześnie trasa przejazdu nie powinna odznaczać się dużymi różnicami poziomów, gdyż wtedy zużycie energii drastycznie rośnie, niekiedy przy zmniejszeniu prędkości eksploatacyjnej. Autobusów elektrycznych nie należy również kierować do obsługi tras prowadzących po odcinkach podwyższonej prędkości przejazdu, gdyż w takich warunkach zużycie energii znacząco wzrasta. Preferowane są także krótsze trasy z przerwami na doładowanie na punktach krańcowych⁷⁴.

Źródło to podaje także, że autobusy elektryczne powinny być eksploatowane na liniach o dużej podatności na kongestie drogowe - wówczas ich przewaga w stosunku do autobusów o konwencjonalnym napędzie jest największa, gdyż mimo częstych zatrzymań i niskiej prędkości jazdy nie wydzielają zanieczyszczeń. Mimo to doświadczenia pokazują, że zdecydowanie lepszą metodą jest wykorzystywanie pojazdów zeroemisyjnych na liniach o dużym obciążeniu i niewielkiej podatności na kongestie, gdyż, jak wskazali przewoźnicy w badaniu CAWI, „pojazdy te są zbyt drogie w zakupie, aby zamiast przewozić możliwie najwięcej pasażerów, tkwiły w zatorach drogowych”. Efektywność wykorzystania pojazdów powinna być mierzona przede wszystkim liczbą przewiezionych pasażerów, a nie zaoszczędzoną emisją czy spalaniem paliwa, ponieważ

⁷³ Raport - Transport zbiorowy w polskich samorządach – stan obecny i plany na przyszłość, Departament Badań i Analiz BGK, 04.2023 r.

⁷⁴ M. Gromadzki [...] op. cit.

podstawowym zadaniem jest przewóz pasażerów. Dlatego nie rekomendujemy eksploatacji autobusów elektrycznych na liniach, które najczęściej przebiegają przez miejsca intensywnych zatorów drogowych, jak i również na liniach o najwyższej prędkości komunikacyjnej. Optymalne wykorzystanie pracy pojazdów elektrycznych będzie miało miejsce na liniach o niskiej prędkości komunikacyjnej, które nie są jednak narażone na wielokilometrowe zatory drogowe.

Przykład Jaworzna pokazuje, że wprowadzenie autobusów zeroemisyjnych może przynieść pozytywne efekty ekonomiczne, środowiskowe i społeczne, bowiem zmniejszeniu uległy koszty eksploatacji taboru oraz koszt przejechania wozokilometra, a udział przewozów wykonanych przez autobusy zeroemisyjne w całości przewozów realizowanych przez komunikację miejską w latach 2015-2018 zwiększył się z 1% do 45%⁷⁵.

Autobus elektryczny może być też dobrym sposobem na wprowadzenie lub poszerzenie zakresu obsługi komunikacyjnej opartej na drugiej trakcji (elektrycznej) w miastach, w których są takie ambicje – w sposób znacznie tańszy niż budowa lub rozbudowa sieci połączeń metra, kolei miejskiej czy też komunikacji tramwajowej bądź trolejbusowej⁷⁶.

Wpływ na wybór środka transportu może mieć również ukształtowanie terenu. Ze względu na pasmowy kształt zabudowy i długie ciągi głównych ulic pośrodku tej zabudowy, w których skupia się podaż usług komunikacji miejskiej, zupełnie naturalne było uruchomienie w Gdyni komunikacji opartej o trakcję elektryczną. Wynikająca z ukształtowania i zagospodarowania terenu koncentracja komunikacji miejskiej, stanowiła przesłankę zainwestowania w infrastrukturę zelektryfikowanego transportu miejskiego na najważniejszych trasach. Z uwagi na ograniczoną zdolność do pokonywania wzniesień przez środki transportu szynowego w Gdyni podjęto decyzję o zaniechaniu budowy tras tramwajowych i uruchomieniu w zamian komunikacji trolejbusowej. W przypadku trolejbusów główny koszt (oprócz zakupu nowych pojazdów) generuje budowa sieci zasilającej wzdłuż trasy linii. Na obecnym etapie rozwoju technologii autobusów elektrycznych należy uznać, że trolejbusy są pojazdami komplementarnymi wobec autobusów elektrycznych, a ich eksploatacja stanowi okoliczność sprzyjającą zakupowi autobusów elektrycznych. Powoduje to możliwość poboru energii z sieci trolejbusowej lub ze stacji je zasilających do ładowarek⁷⁷.

Spadek cen pojazdów wodorowych – by autobusy wodorowe stały się w Polsce powszechne, niezbędne jest zwiększenie skali ich produkcji oraz pojawienie się konkurencji między dostawcami oraz idący za nimi spadek cen pojazdów. W przeprowadzonych w 2022 roku przetargach w Poznaniu

⁷⁵ Wystąpienie pokontrolne NIK P-19-020-LKA-02-01.

⁷⁶ Analiza kosztów i korzyści [...] dla Miasta Konina op. cit.

⁷⁷ Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej – dla Miasta Gdyni.

i Lublinie cena jednego pojazdu wodorowego klasy MAXI wyniosła odpowiednio 3,6 oraz 3,7 mln zł (średnio o 48% więcej niż autobusu elektrycznego)⁷⁸.

Pojazdy zeroemisyjne są bardziej opłacalne od pojazdów konwencjonalnych:

- w przypadku wysokich cen paliwa;
- przy istnieniu zachęt finansowych w postaci zwolnień podatkowych i dopłat, które obniżają koszty zakupu i użytkowania pojazdów zeroemisyjnych, czyniąc je bardziej atrakcyjnymi cenowo;
- gdyż mają mniej ruchomych części mechanicznych i są zwykle łatwiejsze w utrzymaniu niż pojazdy spalinowe, mniejsza liczba części do wymiany oznacza niższe koszty serwisowe, co przyczynia się do obniżenia ogólnych kosztów eksploatacji.

Ponadto pojazdy zeroemisyjne przyczyniają się do:

- wzrostu świadomości ekologicznej i zwiększenia zainteresowania ochroną środowiska;
- lepszej obsługi terenów o intensywnej zabudowie mieszkaniowej – ze względu na brak emisji hałasu i zanieczyszczenia powietrza wprowadzenie na tych obszarach autobusów zeroemisyjnych przynosi najwięcej korzyści.⁷⁹

Wybór zeroemisyjnego środka transportu może być zależny od logistyki operacyjnej, na co wpływają m.in. poniższe czynniki:

- tankowanie autobusu wodorowego zajmuje około 5 – 15 minut, co stanowi o wiele krótszy czas niż ładowanie autobusów elektrycznych i jest to wynik podobny do tankowania autobusu o napędzie spalinowym. Autobusy wodorowe nie wymagają także infrastruktury do tankowania na terenie miasta (wystarczy stacja tankowania na terenie zajezdni)⁸⁰;
- doświadczenie w eksploatacji trolejbusów ułatwia wprowadzenie do ruchu bateryjnych autobusów elektrycznych. Istnieje odpowiednie wyposażenie baterii (rozbudowana sieć elektroenergetyczna) i wyszkolony personel zajezdni, z doświadczeniem w obsłudze i naprawie pojazdów elektrycznych⁸¹;
- wykorzystanie technologii In Motion Charging umożliwiającej doładowanie autobusu elektrycznego z sieci trolejbusowej na danym odcinku trasy, co niweluje konieczność budowy ładowarek pantografowych na pętli i uwzględnienia w rozkładzie jazdy postojów na doładowanie. Takie rozwiązanie idealnie sprawdza się w miastach z istniejącą siecią trolejbusową – w Polsce są to Gdynia, Lublin i Tychy⁸².

⁷⁸ Raport - Transport zbiorowy w polskich samorządach [...] op. cit.

⁷⁹ M. Gromadzki [...] op. cit.

⁸⁰ Analiza kosztów i korzyści [...] (Miasto Wrocław) op. cit.

⁸¹ Analiza kosztów i korzyści [...] dla Miasta Gdyni op. cit.

⁸² Ibid.

W Jaworznie, w pierwszym okresie eksploatacji, w porównaniu do okresu bazowego, autobusy zeroemisyjne – w porównaniu do autobusów spalinowych - wykazywały średnio niższe:

- 47,4% koszty eksploatacji ogółem,
- 92,3% koszty części zamiennych,
- 84,7% koszty pozostałych materiałów,
- 9,8% koszty napraw i konserwacji,
- 56,5% koszty 100 wozokilometrów⁸³.

Jednak nie w każdym mieście występuje taka korzyść finansowa. W mniejszych miastach, a przede wszystkim w tych o mniejszej sieci komunikacyjnej, koszty mogą się znacząco różnić. W Kutnie wozokilometr autobusu elektrycznego jest droższy w stosunku do autobusu o napędzie diesla. Wynika to z mniejszego udziału autobusów elektrycznych w całej flocie pojazdów. Jednym z efektów jest większa strata energii (w przeliczeniu na jeden eksploatowany pojazd) w infrastrukturze ładującej.

W Rzeszowie, w opracowanej w grudniu 2018 r., zgodnie z wymogami ustawy o elektromobilności, analizie kosztów i korzyści wykazano brak korzyści z zastosowania taboru zeroemisyjnego, a zatem i brak obowiązku jego stosowania. W przypadku konieczności wypełnienia wymogu 30% udziału pojazdów zeroemisyjnych we flocie pojazdów do świadczenia usług komunikacji miejskiej do dnia 1 stycznia 2028 r., liczba pojazdów zeroemisyjnych musiałaby wzrosnąć do około 66 sztuk⁸⁴.

W Koninie, mimo iż analiza kosztów i korzyści wykazała brak korzyści ze stosowania taboru zeroemisyjnego, a zarazem brak obowiązku jego eksploatacji, miasto i tak zdecydowało się na zakup takiego taboru⁸⁵.

BAZA DANYCH O TRANSPORCIE ZEROEMISYJNYM

Eksploatacja autobusu elektrycznego odznacza się niższym kosztem niż autobusu spalinowego - średni koszt eksploatacji autobusu przegubowego o napędzie elektrycznym wynosi 0,73 zł/wzkm, a spalinowym - 1,61 zł/wzkm.

Koszt energii wynosi odpowiednio 1,43 zł/wzkm w stosunku do 3,25 zł/wzkm. Jedynie inne koszty, które są bezpośrednio związane z rodzajem taboru (np. ubezpieczenie, koszty przeglądu, podatek), są nieco wyższe dla autobusów elektrycznych do 13 m w stosunku do spalinowego odpowiednika – odpowiednio 1,64 zł/wzkm i 1,19 zł/wzkm. Natomiast w przypadku autobusów przegubowych

⁸³ Wystąpienie pokontrolne NIK P-19-020-LKA-02-01.

⁸⁴ Plan Zrównoważonego Rozwoju Publicznego Transportu Zbiorowego na lata 2021 – 2030 z elementami strategii rozwoju elektromobilności dla miasta Rzeszowa i gmin ościennych.

⁸⁵ Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych dla miasta Konina.

sytuacja ta jest odwrotna – koszt wynosi 0,61 zł/wzkm autobusu elektrycznego i 1,73 zł/wzkm autobusu o napędzie diesla.

W kosztach ekonomicznych należy również uwzględnić awaryjność pojazdów, co przekłada się na konieczność dodatkowych napraw oraz przygotowania autobusu zastępczego. W tym przypadku wartości różniły się między poszczególnymi przewoźnikami). Może to zależeć od poziomu identyfikacji usterki jako awarię. Te same awarie mogą być usunięte przez jednego przewoźnika na miejscu zdarzenia, a inny zdecyduje o zjeździe na zajezdnię w celu naprawy. Ponadto niewielkie usterki np. problem z zamykaniem drzwi lub uszkodzenie elementów wewnętrznych (np. odkręcona kłapa zwisająca nad pasażerami) mogą być traktowane jako powód zjazdu awaryjnego lub nie. Zależy to od standardów przestrzeganych przez daną spółkę.

Analizując przytoczone wcześniej dane, można stwierdzić, że pojazdy zeroemisyjne są bardziej opłacalne od pojazdów konwencjonalnych w każdym segmencie kosztów. Obecnie zależy to w dużej mierze od przewoźnika – dbałości o stan techniczny taboru, jakości taboru i jego wykorzystania. Im bardziej będzie wykorzystywany tabor zeroemisyjny, tym mniejszy będzie udział kosztów stałych. W poniższej tabeli zestawiono wybrane dane o eksploatacji autobusów elektrycznych oraz z silnikiem diesla u dwóch przewoźników – MZA Warszawa i PKM Katowice.

Tabela 15. Wybrane dane dot. autobusów o dł. 12 m w MZA Warszawa i PKM Katowice

PRZEWOŹNIK	NAPĘD	ŚREDNI PRZEBIEG ROCZNY [TYS. KM]	KOSZTY EKSPLOATACJI [ZŁ/WZKM]	WIEK TABORU [LATA]
MZA Warszawa	elektryczny	36,70	2,03	5,80
	diesel	68.80	1,53	10,80
PKM Katowice	elektryczny	62,20	0,33	2,58
	diesel	68,80	0,89	7,60

Źródło: opracowanie własne

W MZA Warszawa średni przebieg roczny autobusu elektrycznego jest o 87% mniejszy niż autobusu spalinowego. Znacząco większe są za to koszty eksploatacji (naprawy, części zamienne itp.). W PKM Katowice przebieg autobusów elektrycznych jest jedynie 10% mniejszy niż autobusów spalinowych, a koszty eksploatacji są 2,7 razy niższe. Może to oznaczać, że koszty eksploatacji byłyby niższe w Warszawie, gdyby tabor elektryczny został lepiej wykorzystany.

Duża różnica w wartościach bezwzględnych może oczywiście wynikać częściowo z wieku taboru. Autobusy elektryczne jak i spalinowe z Katowic są średnio niemal o 3 lata młodsze od warszawskich.

Dlatego też nie porównano kosztów między miastami, a jedynie procentowe różnice między parametrami autobusów o danym napędzie.

WYWIADY IDI

Zdaniem producenta autobusów, trwałość autobusu elektrycznego zależy od operatorów, jak długo zdecydują się eksploatować autobus elektryczny. Konstrukcja autobusu powinna mieć żywotność do 20 lat. Nie jest to bowiem konstrukcja autobusu z silnikiem diesla, w którym jedynie zmieniono rodzaj napędu i zainstalowano baterie. Podobnie nową konstrukcją cechowały się trolejbusy, dlatego niektóre z nich mogą również być eksploatowane do 20 lat. Wbrew niektórym opiniom, problemem nie jest trwałość kratownicy. W pewnym momencie eksploatacji, w którym wszystkie komponenty dochodzą do okresu zużycia i nie opłaca się przedłużanie życia tego pojazdu. Dlatego też może się okazać, że 20 lat funkcjonowania autobusu elektrycznego to zbyt długi okres. Innymi newralgicznymi elementami są np. silniki elektryczne, które są dużo bardziej trwałe od spalinowych. Podobnie jest ze skrzynią biegów. W autobusach elektrycznych nie ma również potrzeby wymiany oleju, ale oczywiście należy robić przeglądy, wymieniać łożyska. Tak jak w pojazdach spalinowych, zużywa się zawieszenie oraz podłoga (szczególnie, gdy jest drewniana). Zdaniem przedstawiciela producenta autobusów wymianę baterii trzeba przewidywać w okresie krótszym niż po 10 latach i należy ją traktować jako część zamienną.

Przedstawiciel producenta autobusów uważa, że operatorzy często nie mają wystarczającej wiedzy i przygotowania do utrzymania pojazdów elektrycznych. Użytkownicy trolejbusów mają większe doświadczenie, ponieważ modernizowali swoje pojazdy w celu dłuższej eksploatacji. Taka wiedza jest cenna w przypadku chęci wydłużenia czasu eksploatacji autobusu elektrycznego.

Opłacalność pojazdów elektrycznych mogłaby być większa, gdyby odpowiednio wykorzystywać czas, w którym poszczególne elementy są dostępne na rynku w przystępnej cenie. Utrzymująca się niska cena litu powinna zachęcić do zakupu baterii do pojazdów. Istnieje możliwość, że w perspektywie 2-3 lat można spodziewać się obniżki cen. W Europie trwają inwestycje w około 50 fabryk baterii, jednak producenci uzależniają ich otwarcie od popytu, jaki się pojawi na baterie z motoryzacji – również indywidualnej, aby nie inwestować nadmiernie w krótkim czasie. Większość inwestorów ma jednak zakontraktowaną produkcję na najbliższe 3-5 lat.

Czynnikiem napędzającym ceny baterii jest jednak to, że wszystkie pierwiastki pozyskiwane do baterii są wydobywane w kilku krajach. Ze względu na niestabilną sytuację polityczną niektóre z nich nakładają embarga na niektóre towary oraz zakazują eksportu. Istotne miejsce w europejskim łańcuchu dostaw ma dziś Rumunia. Potrzeba czasu, aby rynek baterii się ustabilizował. Gdy będzie większa podaż, to ceny nie będą gwałtownie się zmieniać, a mogą się lekko obniżyć. Rosnące ceny pojazdów i komponentów (nie tylko do autobusów elektrycznych) rosą również z powodu inflacji. Dodatkowo w Polsce przyczyną wzrostu cen jest znaczny przyrost kosztu pracy, co jest spowodowane m.in. zwiększaniem płacy minimalnej.

IGKM zwraca uwagę, że paradoksalnie (ze względu na znaczną różnicę w rozmiarach i pojemności pojazdu) jeden mini autobus elektryczny potrafi kosztować tyle, co przegubowy autobus napędzany silnikiem diesla. Koszty serwisu autobusów elektrycznych znacznie wzrosły w ostatnich miesiącach, producenci też bardziej asertywnie podchodzą do realizacji gwarancji.

STUDIA PRZYPADKU

Do przeanalizowania opłacalności środków transportu pod względem rodzaju napędu wybrano dane z czterech miast, które wybrano jako studia przypadku. Zawiera je Tabela 16. Dane o pojazdach elektrycznych w Gdyni dotyczą jedynie autobusów elektrycznych – brak danych o trolejbusach ze względu na niedostarczenie przez operatora danych.

Tabela 16. Dane dot. energii w eksploatowanym taborze w wybranych miastach

MIASTO	RODZAJ TABORU	NAPĘD	KOSZT ENERGII [ZŁ/WZKM]	ZUŻYCIE ENERGII [KWH/100 KM]	CENA PRĄDU W CZERWCU 2023 R. [ZŁ/KWH]
Warszawa	autobus 12 m	elektryczny	1,67	120	1,06
		diesel	2,30	n/d	n/d
	autobus 18 m	elektryczny	1,69	160	1,06
		diesel	3,20	n/d	n/d
	tramwaj	elektryczny	2,18	313	1,02
Jaworzno	autobus 12 m	elektryczny	0,70	90	0,79
		diesel	4,42	n/d	b/d
	autobus 18 m	elektryczny	1,08	136	0,79
		diesel	4,84	n/d	b/d
Gdynia	autobus 12 m	elektryczny	1,39	154	1,31
		diesel	2,93	n/d	4,68
	autobus 18 m	elektryczny	1,73	192	1,31

ANALIZA ROZWOJU ZEROEMISYJNEGO, ZBIOROWEGO
TRANSPORTU DROGOWEGO W POLSCE
(AUTOBUSY, TROLEJBUSY, TRAMWAJE)

MIASTO	RODZAJ TABORU	NAPĘD	KOSZT ENERGII [ZŁ/WZKM]	ZUŻYCIE ENERGII [KWH/100 KM]	CENA PRĄDU W CZERWCU 2023 R. [ZŁ/KWH]
		diesel	3,50	n/d	4,68
Toruń	autobus 12 m	elektryczny	3,65	165	0,92
		diesel	2,34	n/d	4,63
	autobus 18 m	elektryczny	n/d	n/d	0,92
		diesel	3,19	n/d	4,63
	tramwaj	elektryczny	5,32	405	0,92

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych uzyskanych od przewoźników

Wysokie zużycie energii elektrycznej w Gdyni przez pojazdy zeroemisyjne jest częściowo spowodowane innym ukształtowaniem terenu niż w Jaworznie czy Warszawie, gdzie nie ma tak znaczących zmian w poziomie terenu. Najniższe zużycie energii elektrycznej jest w autobusach z Jaworzna. Trudno jednoznacznie stwierdzić, z czego wynika taka różnica. Jedną z przyczyn może być inna średnia prędkość komunikacyjna oraz stosowanie zasad eco-drivingu. W znacznej większości przypadków koszt energii za przejechany wzkm jest niższy w przypadku autobusów elektrycznych w stosunku do autobusów z silnikiem diesla. W Warszawie koszt energii tramwaju jest niższy od kosztu energii autobusu spalinowego przegubowego, natomiast w Toruniu sytuacja jest odwrotna. Może to wynikać z innego zużycia energii, na co ma wpływ np. średnia prędkość komunikacyjna pojazdów na linii.

MODEL EKONOMICZNO-FINANSOWY, SPOŁECZNY I EKOLOGICZNY

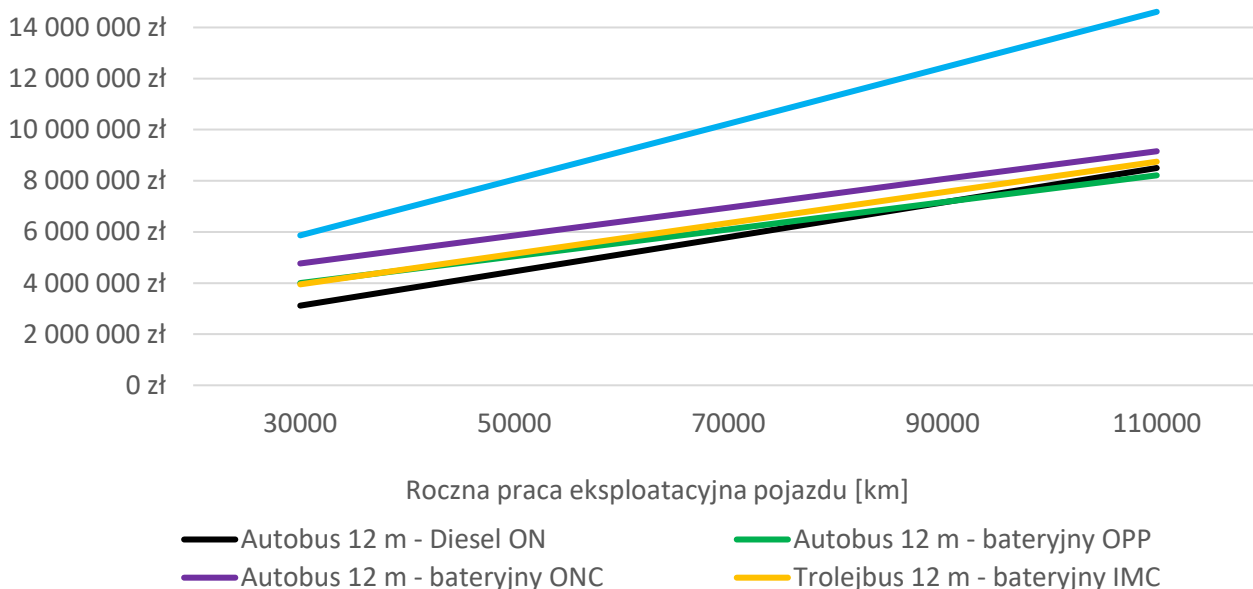
Na podstawie modelu określono koszty ekonomiczno-finansowe w okresie 15 lat wdrożenia autobusu spalinowego z silnikiem diesla na ON względem taboru zeroemisyjnego – baterijnego OPP, baterijnego ONC, trolejbusu IMC, wodorowego, tramwaju 20- i 30-metrowego. Wszystkie wykresy, spośród których wybrano te najbardziej istotne dla dalszej części Analizy i przedstawiono je poniżej, zawiera Załącznik 6.

Dla autobusów 12-metrowych, najbardziej opłacalne są autobusy dieslowskie do rocznego przebiegu 90 000 km, natomiast powyżej tego przebiegu – autobus baterijny OPP. Największe koszty wykazuje autobus wodorowy, wykluczając jego efektywność ekonomiczną (por. Rysunek 20).



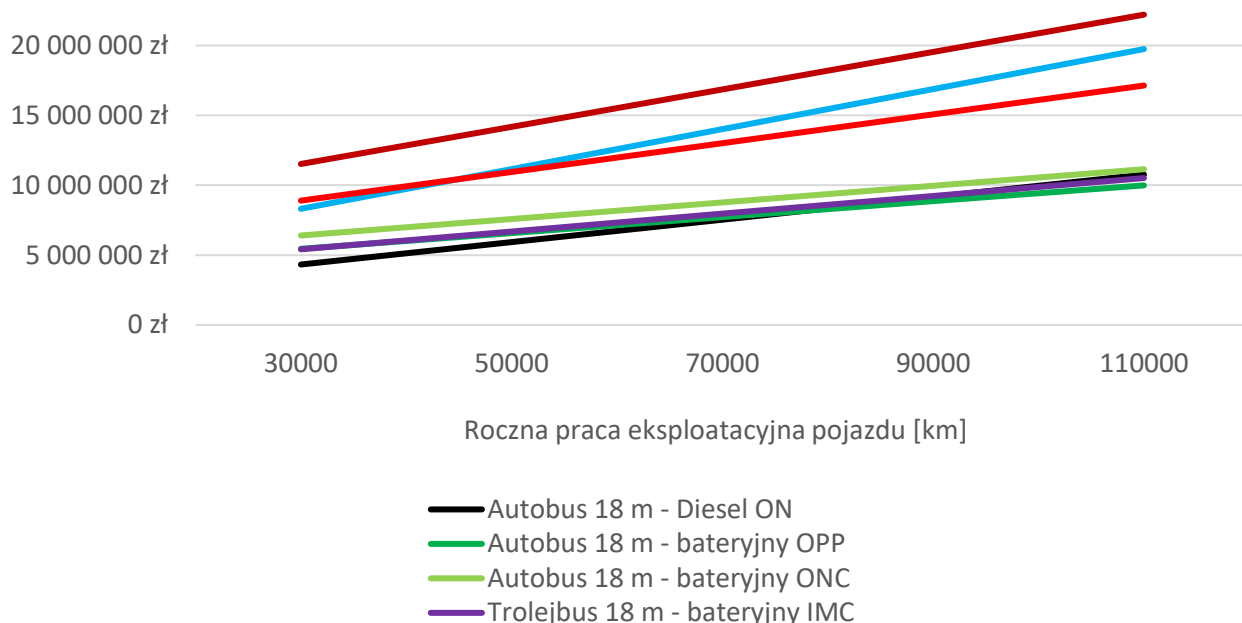
Dla pojazdów dłuższych, najbardziej opłacalny jest autobus dieslowy 18-metrowy do rocznego przebiegu 75 000 km, natomiast powyżej tego przebiegu – autobus bateryjny OPP. Co ciekawe, tramwaj 20-metrowy wykazuje większą opłacalność od autobusu wodorowego już od przebiegu większego niż 45 000 km (por. Rysunek 21).

Rysunek 20. Zdyskontowane koszty finansowe 15-letnie dla pojazdów 12-metrowych.



Źródło: opracowanie własne na podstawie modelu ekonomiczno-finansowego.

Rysunek 21. Zdyskontowane koszty finansowe 15-letnie dla pojazdów 18-metrowych i dłuższych.



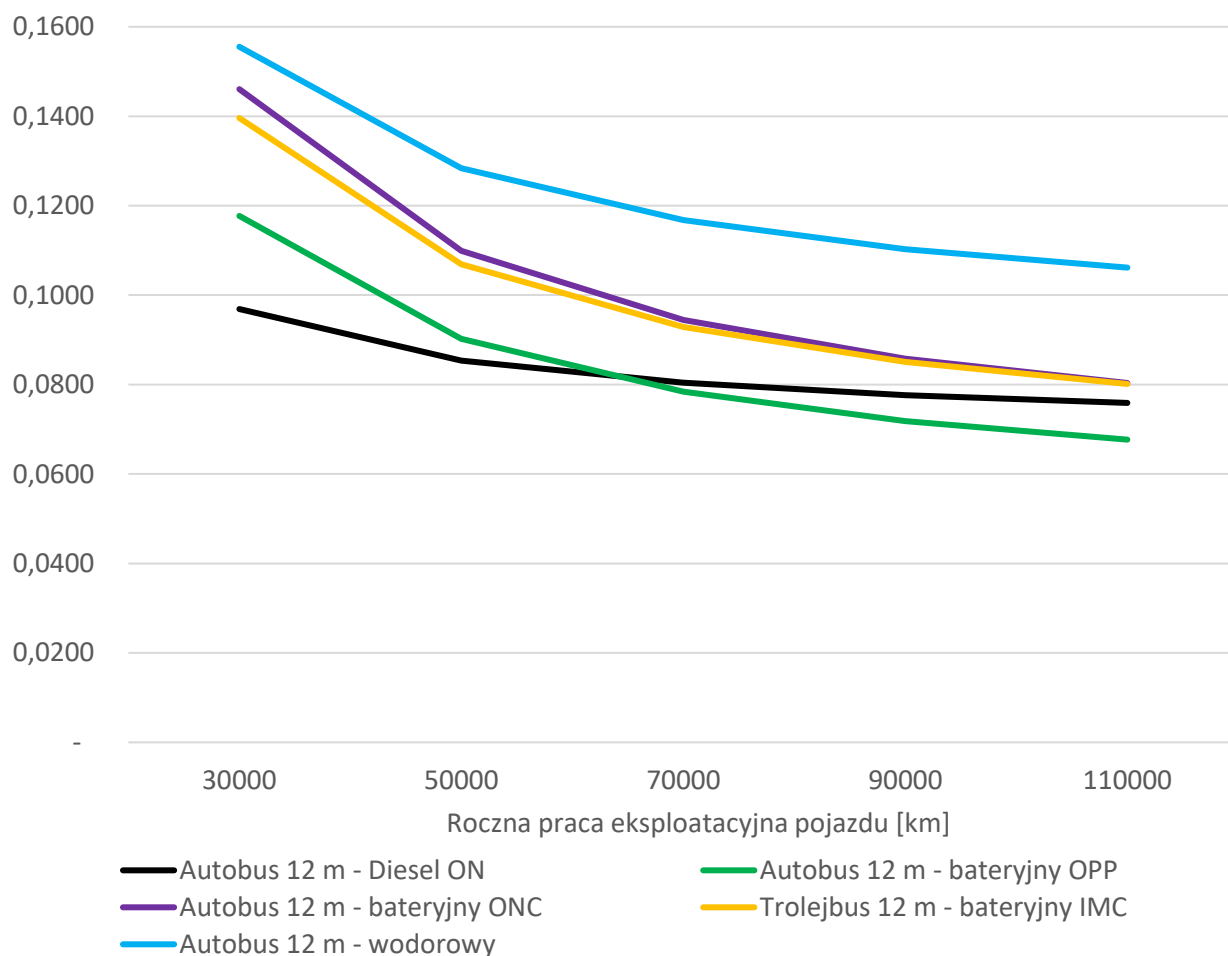
Źródło: opracowanie własne na podstawie modelu ekonomiczno-finansowego.

Uwzględniając koszty zewnętrzne (wycenę emisji zanieczyszczeń i hałasu), próg opłacalności autobusu bateryjnego OPP 12-metrowego rozpoczyna się od rocznej pracy eksploatacyjnej na poziomie 55 000 km, natomiast 18-metrowego od poziomu 50 000 km. Jednak korzyści wynikające z różnic w emisyjności nie są wykazywane w rachunku finansowym i operatorzy komunikacji miejskiej nie mają korzyści bezpośrednio z nich wynikających.

Sprawdzono również, jak wypadają koszty eksploatacji środków transportu zeroemisyjnego oraz autobusu spalinowego w przeliczeniu na pasażerokilometr zdolności przewozowej, co pozwoliło odpowiedzieć na pytanie dotyczące wyboru zeroemisyjnego środka transportu.

Dla pojazdów 12-metrowych do przebiegu rocznego ok. 65 000 km najniższy koszt jednostkowy ma, podobnie jak wcześniej, autobus spalinowy, natomiast ponad ten przebieg – autobus bateryjny OPP. Autobusy wodorowe cechują się najmniejszą opłacalnością, a pomiędzy nimi a spalinowymi oraz bateryjnymi OPP – plasują się autobusy bateryjne ONC i trolejbusy (por. Rysunek 22).

Rysunek 22. Jednostkowy zdyskontowany koszt sumaryczny dla pojazdów 12-metrowych, z uwzględnieniem kosztu infrastruktury, przeliczony na pasażerokilometr zdolności przewozowej [PLN/km/pas.].

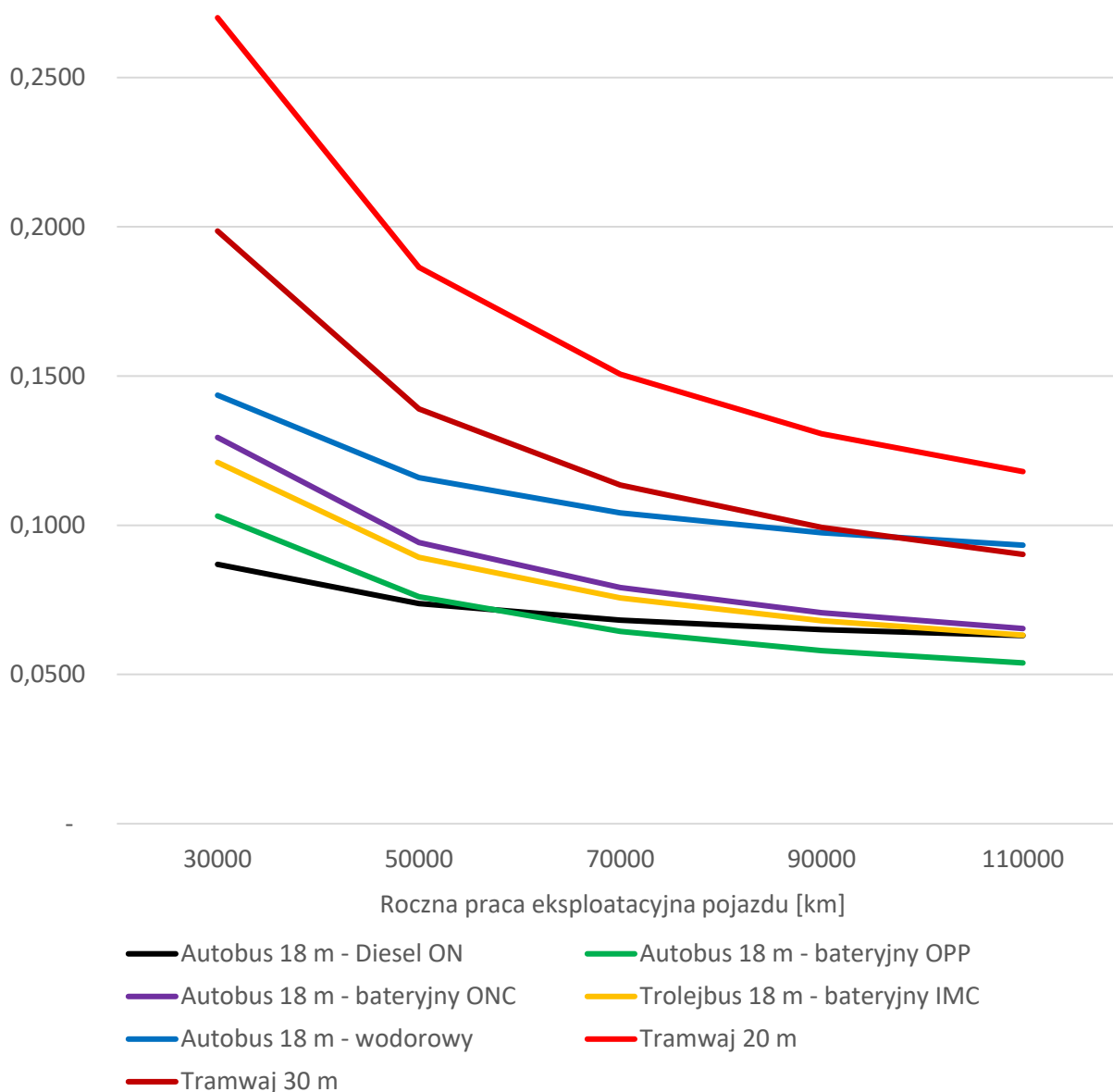


Źródło: opracowanie własne na podstawie modelu ekonomiczno-finansowego.



Dla pojazdów 18-metrowych i dłuższych do przebiegu rocznego ok. 60 000 km najniższy koszt jednostkowy ma również autobus spalinowy, natomiast ponad ten przebieg – autobus bateryjny OPP (por. Rysunek 23). Koszty infrastruktury tramwajowej są na tyle duże, że nawet przeliczeniu na pasażerokilometr, mimo większej ich pojemności, są to koszty większe niż autobusów. Poziom kosztu trolejbusów plasuje się natomiast na podobnym poziomie co autobusów bateryjnych ONC.

Rysunek 23. Jednostkowy zdyskontowany koszt sumaryczny dla pojazdów ponad 18-metrowych, z uwzględnieniem kosztu infrastruktury, przeliczony na pasażerokilometr zdolności przewozowej [PLN/km/pas.].



Źródło: opracowanie własne na podstawie modelu ekonomiczno-finansowego.

- Doświadczenia w eksploatacji pojazdów zeroemisyjnych w Jaworznie wykazały niższe koszty eksploatacji i naprawy w stosunku do pojazdów spalinowych. Wpływ na większą opłacalność pojazdów zeroemisyjnych mają też rosnące ceny oleju napędowego oraz liczne możliwości pozyskania dofinansowania krajowego lub unijnego na autobusy i stacje ładowania. W miastach posiadających sieć trolejbusową łatwiejsze jest wprowadzenie do eksploatacji autobusów zeroemisyjnych, ze względu na możliwość łatwego przyłączenia punktów ładowania do sieci elektroenergetycznej, wykorzystanie systemu In Motion Charging i doświadczenie personelu w obsłudze pojazdów elektrycznych. Autobusy wodorowe pod względem tankowania w eksploatacji przypominają pojazdy spalinowe, posiadają wszystkie zalety pojazdów elektrycznych, ale są też bardzo kosztowne. Podobnie bardzo kosztowna jest eksploatacja komunikacji tramwajowej, ze względu na kosztowną infrastrukturę liniową i punktową.
- Dla autobusów 12-metrowych, najbardziej opłacalne są autobusy dieslowskie do rocznego przebiegu 90 000 km, natomiast powyżej tego przebiegu – autobus bateryjny OPP. Największe koszty wykazuje autobus wodorowy, wykluczając jego efektywność ekonomiczną.
- Dla pojazdów 18-metrowych i dłuższych, najbardziej opłacalny jest autobus dieslowski 18-metrowy do rocznego przebiegu 75 000 km, natomiast powyżej tego przebiegu – autobus bateryjny OPP. Co ciekawe, tramwaj 20-metrowy wykazuje większą opłacalność od autobusu wodorowego już od przebiegu większego niż 45 000 km.
- Uwzględniając koszty zewnętrzne (wycenę emisji zanieczyszczeń i hałasu), próg opłacalności autobusu bateryjnego OPP 12-metrowego rozpoczyna się od rocznej pracy eksploatacyjnej na poziomie 55 000 km, natomiast 18-metrowego od poziomu 50 000 km. Jednak korzyści wynikające z różnic w emisyjności nie są wykazywane w rachunku finansowym i operatorzy komunikacji miejskiej nie mają korzyści bezpośrednio z nich wynikających.
- Sprawdzono również, jak wypadają koszty eksploatacji środków transportu zeroemisyjnego oraz autobusu spalinowego w przeliczeniu na pasażerokilometr zdolności przewozowej, co pozwoliło odpowiedzieć na pytanie dotyczące wyboru zeroemisyjnego środka transportu.
- Dla pojazdów 12-metrowych do przebiegu rocznego ok. 65 000 km najniższy koszt jednostkowy ma, podobnie jak wcześniej, autobus spalinowy, natomiast ponad ten przebieg – autobus bateryjny OPP. Autobusy wodorowe cechują się najmniejszą opłacalnością, a pomiędzy nimi a spalinowymi oraz bateryjnymi OPP – plasują się autobusy bateryjne ONC i trolejbusy.
- Dla pojazdów 18-metrowych i dłuższych do przebiegu rocznego ok. 60 000 km najniższy koszt jednostkowy ma również autobus spalinowy, natomiast ponad ten przebieg – autobus bateryjny OPP. Koszty infrastruktury tramwajowej są na tyle duże, że nawet

w przeliczeniu na pasażerokilometr, mimo większej ich pojemności, są to koszty większe niż autobusów. Poziom kosztu trolejbusów plasuje się natomiast na podobnym poziomie co autobusów bateryjnych ONC.

- Optymalnym środkiem transportu zeroemisyjnego jest więc autobus bateryjny OPP, który w dzisiejszych uwarunkowaniach kosztowych ma szansę być bardziej efektywny nawet względem autobusu spalinowego zasilanego olejem napędowym.

5.6. Modele i źródła finansowania infrastruktury i taboru

Odpowiedź na pytanie:

Pyt. 12. Jakie modele i źródła finansowania są najskuteczniejsze dla inwestycji w infrastrukturę i tabor zeroemisyjnego transportu zbiorowego w Polsce?

DESK RESEARCH

Jak już wspomniano w rozdziale 3.1. Stan obecny, rozwój zeroemisyjnego transportu publicznego, poza środkami własnymi JST, w większości przypadków jest wsparty funduszami europejskimi (por. Tabela 17 i Tabela 18) lub rządowymi. Obecnie znaczenie obu źródeł funduszy rozkłada się po 50%, a samorzady również w przyszłości chcą korzystać z obu źródeł finansowania, o ile będą dostępne.

W nowej perspektywie unijnej przeznaczono środki na dofinansowanie zakupu autobusów. Jak zapisano w założeniach, dofinansowanie z FEnIKS 2021-2027 ma w pierwszej kolejności obejmować tabor autobusowy zeroemisyjny (wodorowy i elektryczny). Istnieje również możliwość dofinansowania budowy infrastruktury do ładowania pojazdów⁸⁶.

⁸⁶ Fundusze Europejskie na Infrastrukturę, Klimat, Środowisko.

Tabela 17. Przegląd europejskich źródeł dofinansowania projektów w zeroemisyjny transport zbiorowy – FENIKS, FEPW oraz wybrane FEDR.

FUNDUSZ	OBSZARY INTERWENCJI	PROJEKTY	PRIORYTET INWESTYCYJNY	BUDŻET
<i>Fundusze Europejskie na Infrastrukturę, Klimat, Środowisko 2021-2027</i>	Wsparcie dedykowane miastom wojewódzkim i innym miastom objętym w okresie programowania 2014-2020 instrumentem ZIT oraz ich obszarom funkcjonalnym z wyłączeniem obszaru Polski Wschodniej.	Inwestycje w infrastrukturę i transport szynowy (metro i tramwaje). Zakup taboru autobusowego, w pierwszej kolejności zeroemisyjnego (elektryczny BEV, wodorowy FCV), a w zależności od dostępności alokacji, w dalszej kolejności dopuszcza się finansowanie zakupu taboru niskoemisyjnego („ekologicznie czyste pojazdy” w rozumieniu dyrektywy 2009/33/WE - LNG, CNG, LPG, hybrydowe PHEV (plug-in)).	III. Transport miejski	2 000 000 000 EUR (1 440 000 000 EUR na Infrastrukturę czystego transportu miejskiego, 460 000 000 EUR na Tabor czystego transportu miejskiego, 100 000 000 EUR na Cyfryzację transportu miejskiego)
<i>Fundusze Europejskie dla Polski Wschodniej 2021-2027</i>	Wsparcie dla ośrodków miejskich powyżej 50 tys. mieszkańców, wraz z ich obszarami funkcjonalnymi.	Zakup bezemisyjnego transportu tramwajowego, trolejbusowego i autobusowego.	3. Zrównoważona mobilność miejska	420 000 000 EUR

FUNDUSZ	OBSZARY INTERWENCJI	PROJEKTY	PRIORYTET INWESTYCYJNY	BUDŻET
<i>Fundusze Europejskie dla Lubuskiego 2021-2027</i>	Interwencja będzie realizowana na obszarze całego województwa, w miastach i ich obszarach funkcjonalnych. Istnieje możliwość realizacji przedsięwzięć międzyregionalnych, międzynarodowych i transnarodowych, jeśli zostaną one zidentyfikowane w trakcie wdrażania interwencji.	Zakup taboru transportu publicznego (nisko i zeroemisyjny tabor kołowy spełniający wymogi dla „ekologicznie czystych pojazdów” w rozumieniu dyrektywy 2009/33/WE), przy czym zakup taboru innego niż bezemisyjny będzie możliwy tylko w przypadku, gdy zakup taboru bezemisyjnego nie będzie uzasadniony z przyczyn eksploatacyjnych lub technicznych	3. Fundusze Europejskie na rozwój mobilności miejskiej w Lubuskiem	Łącznie: 31 800 000 EUR (W tym: Infrastruktura na potrzeby czystego transportu miejskiego – 6 500 000 EUR; Tabor na potrzeby czystego transportu miejskiego – 16 200 000 EUR; Ograniczenie emisji gazów cieplarnianych w transporcie miejskim – 3 100 000 EUR; Infrastruktura paliw alternatywnych – 6 000 000 EUR;

ANALIZA ROZWOJU ZEROEMISYJNEGO, ZBIOROWEGO
TRANSPORTU DROGOWEGO W POLSCE
(AUTOBUSY, TROLEJBUSY, TRAMWAJE)

FUNDUSZ	OBSZARY INTERWENCJI	PROJEKTY	PRIORYTET INWESTYCYJNY	BUDŻET
<i>Fundusze Europejskie dla Małopolski 2021-2027</i>	Cel szczegółowy adresowany jest do miast i ich obszarów funkcjonalnych, w tym na zlokalizowanych w nich obszarach miejskich i wiejskich.	Nabycie nowego zeroemisyjnego lub niskoemisyjnego taboru autobusowego dla połączeń miejskich i podmiejskich wraz z niezbędną infrastrukturą. Zakupiony tabor autobusowy będzie spełniał wymogi dla „ekologicznie czystych pojazdów” w rozumieniu dyrektywy 2009/33/WE.	3. Fundusze Europejskie dla transportu miejskiego	Łącznie: 130 299 909 EUR (W tym: Infrastruktura na potrzeby czystego transportu miejskiego – 66 009 653 EUR; Tabor na potrzeby czystego transportu miejskiego – 49 706 338 EUR; Cyfryzacja transportu miejskiego – 4 560 000 EUR; Ograniczenie emisji gazów cieplarnianych w transporcie miejskim – 1 140 000 EUR; Infrastruktura paliw alternatywnych – 2 071 098 EUR; Finansowanie krzyżowe – 6 812 820 EUR)

FUNDUSZ	OBSZARY INTERWENCJI	PROJEKTY	PRIORYTET INWESTYCYJNY	BUDŻET
<i>Fundusze Europejskie dla Pomorza 2021-2027</i>	Działania realizowane w ramach Celu realizowane będą w miastach i ich obszarach funkcjonalnych województwa pomorskiego	<p>Rozwój linii autobusowych, trolejbusowych oraz tramwajowych.</p> <p>Zakup zero i niskoemisyjnego taboru publicznego transportu zbiorowego obejmującego: autobusy, tramwaje, trolejbusy oraz inne środki komunikacji. Pojazdy muszą spełniać wymogi dla ekologicznie czystych pojazdów w rozumieniu dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/33/WE.</p>	3. Fundusze Europejskie dla mobilnego Pomorza	<p>Łącznie: 114 572 376 EUR</p> <p>(W tym:</p> <p>Infrastruktura czystego transportu miejskiego – 66 785 413 EUR;</p> <p>Tabor czystego transportu miejskiego – 37 366 462 EUR;</p> <p>Redukcja emisji gazów cieplarnianych z transportu miejskiego poprzez cyfryzację – 7 420 601 EUR</p> <p>Infrastruktura paliw alternatywnych – 3 000 000 EUR)</p>

Fundusze Europejskie dla Mazowsza 2021-2027

Interwencja w zakresie zrównoważonej mobilności miejskiej w mieście wojewódzkim możliwa będzie pod warunkiem posiadania planu zrównoważonej mobilności miejskiej.

W pozostałych miastach powyżej 100 tys. mieszkańców oraz w gminach położonych w miejskich obszarach funkcjonalnych, przyznanie wsparcia projektom będzie uzależnione od przyjęcia SUMP lub innego dokumentu dotyczącego planowania transportu miejskiego oraz zobowiązanie.

W miastach poniżej 100 tys. mieszkańców, przyznanie wsparcia projektom będzie uzależnione od przyjęcia

Wsparcie będzie skierowane na finansowanie przedsięwzięć dotyczących zakupu niskoemisyjnego i zeroemisyjnego taboru autobusowego, rozbudowy infrastruktury paliw o punkty ładowania pojazdów elektrycznych i stacji tankowania pojazdów wodorowych. Tabor kołowy powinien spełniać wymogi "ekologicznie czystych pojazdów" w rozumieniu dyrektywy 2019/1161 zmieniającej dyrektywę 2009/33/WE, przy czym zakup taboru innego niż bezemisyjny będzie możliwy tylko w przypadku, gdy zakup taboru bezemisyjnego nie będzie uzasadniony z przyczyn eksploatacyjnych lub technicznych.

III. Fundusze Europejskie na rozwój mobilności miejskiej na Mazowszu

Obszary lepiej rozwinięte: 19 234 546 EUR (w tym:
Infrastruktura czystego transportu miejskiego – 1 243 546 EUR,
Tabor czystego transportu miejskiego – 15 098 392 EUR,
Infrastruktura paliw alternatywnych – 2 901 608 EUR).

Obszary słabiej rozwinięte: 21 940 242 EUR (w tym:
Infrastruktura czystego transportu miejskiego – 940 242 EUR,
Tabor czystego transportu miejskiego – 18 806 101 EUR,
Infrastruktura paliw alternatywnych – 2 193 899 EUR)

FUNDUSZ	OBSZARY INTERWENCJI	PROJEKTY	PRIORYTET INWESTYCYJNY	BUDŻET
	odpowiedniego dokumentu dotyczącego planowania transportu miejskiego (np. dostosowanej strategii ZIT), przy czym preferowany będzie SUMP.			

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 18. Dostępne dofinansowania w ramach Funduszy Europejskich na lata 2021-2027 w podziale na zagadnienia.

		INFRASTRUKTURA CZYSTEGO TRANSPORTU	TABOR CZYSTEGO TRANSPORTU	CYFRYZACJA TRANSPORTU MIEJSKIEGO	REDUKCJA EMISJI GAZÓW CIEPLARNIANYCH Z TRANSPORTU MIEJSKIEGO - CYFRYZACJA	INFRASTRUKTURA PALIW ALTERNATYWNYCH	FINANSOWANIE KRZYŻOWE	ŁĄCZNIE
Fundusze Europejskie	Dolny Śląsk	W ramach ZIT - 55 171 956 €, w ramach IIT – 13 792 989 €.						68 964 945 €
	Kujawy i Pomorze	27 965 000 €	39 000 000 €			2 000 000 €	68 965 000 €	
	Lubelskie	60 151 240 €	14 481 636 €		6 351 768 €	15 620 619 €	96 605 263 €	
	Lubuskie	6 500 000 €	16 200 000 €		3 100 000 €	6 000 000 €	31 800 000 €	
	Łódzkie	37 109 000 €	32 743 500 €	1 268 600 €	1 088 600 €	2 000 000 €	500 000 €	74 709 700 €
	Małopolska	66 009 653 €	49 706 338 €	4 560 000 €	1 140 000 €	2 071 098 €	6 812 820 €	130 299 909 €

ANALIZA ROZWOJU ZEROEMISYJNEGO, ZBIOROWEGO
TRANSPORTU DROGOWEGO W POLSCE
(AUTOBUSY, TROLEJBUSY, TRAMWAJE)

		INFRASTRUKTURA CZYSTEGO TRANSPORTU	TABOR CZYSTEGO TRANSPORTU	CYFRYZACJA TRANSPORTU MIEJSKIEGO	REDUKCJA EMISJI GAZÓW CIEPLARNIANYCH Z TRANSPORTU MIEJSKIEGO - CYFRYZACJA	INFRASTRUKTURA PALIW ALTERNATYWNYCH	FINANSOWANIE KRZYŻOWE	ŁĄCZNIE
	Mazowsze (lepiej rozw.)	1 243 546 €	15 098 392 €			2 901 608 €		19 243 546 €
	Mazowsze (słabiej rozw.)	940 242 €	18 806 101 €			2 193 899 €		21 940 242 €
	Opolskie	14 025 000 €	28 050 000 €	4 675 000 €		4 675 000 €		51 425 000 €
	Podkarpacie	18 453 091 €	24 000 000 €	11 000 000 €		5 000 000 €		58 453 091 €
	Podlasie	10 600 000 €	12 500 000 €	500 000 €	2 000 000 €	1 500 000 €		27 100 000 €
	Pomorze	66 785 413 €	37 366 462 €		7 420 601 €	3 000 000 €		114 572 476 €
	Śląsk	48 870 000 €	60 000 000 €	8 145 000 €	8 145 000 €	8 145 000 €	8 145 000 €	141 450 000 €
	Świętokrzyskie	5 000 000 €	7 000 000 €	1 000 000 €	1 000 000 €	1 000 000 €		15 000 000 €
	Warmia i Mazury	64 000 000 €	12 000 000 €		3 000 000 €	3 000 000 €		82 000 000 €
	Wielkopolska	68 000 000 €	34 000 000 €			17 000 000 €		119 000 000 €
	Zachodniopomorskie	40 000 000 €	20 000 000 €		10 000 000 €	2 000 000 €		72 000 000 €
SUMA z Funduszy Europejskich dla regionów		535 652 185 €	420 952 429 €	31 148 600 €	43 245 969 €	78 107 224 €	15 457 820 €	1 124 564 227 €



	INFRASTRUKTURA CZYSTEGO TRANSPORTU	TABOR CZYSTEGO TRANSPORTU	CYFRYZACJA TRANSPORTU MIEJSKIEGO	REDUKCJA EMISJI GAZÓW CIEPLARNIANYCH Z TRANSPORTU MIEJSKIEGO - CYFRYZACJA	INFRASTRUKTURA PALIW ALTERNATYWNYCH	FINANSOWANIE KRZYŻOWE	ŁĄCZNIE
Fundusze Europejskie na Infrastrukturę, Klimat i Środowisko	1 440 000 000 €	460 000 000 €	100 000 000 €				2 000 000 000 €
Fundusze Europejskie dla Polski Wschodniej							420 000 000 €

Źródło: opracowanie własne na podstawie zapisów programów.

W ramach interwencji planowane jest wsparcie kompleksowych inwestycji w zrównoważoną mobilność w mieście i jego obszarze funkcjonalnym m.in. poprzez zakup bezemisyjnego taboru tramwajowego, trolejbusowego i autobusowego. Dodatkowe wsparcie przewidziane w FEPW gwarantuje przyspieszenie procesu modernizacji sieci w Polsce Wschodniej, efektywne wykorzystanie infrastruktury OZE oraz taboru zeroemisyjnego finansowanego z programów regionalnych, POPW i FEPW⁸⁷.

Środki KPO pozwalają na finansowanie wymiany autobusów na zero- i niskoemisyjne, szczególnie w transporcie aglomeracyjnym i pozamiejskim, a także na budowę infrastruktury tankowania i ładowania pojazdów. Środki KPO zostały podzielone między NFOŚiGW oraz CUPT. Obydwa fundusze ogłosiły już i zamknęły nabory, które będą finansowane z tych środków⁸⁸.

W przypadku dużych potrzeb inwestycyjnych możliwe będzie wspieranie takich samych typów projektów z różnych funduszy. W takim przypadku, w celu uniknięcia podwójnego finansowania demarkacja prowadzona będzie na bieżąco w oparciu o listy projektów⁸⁹.

Dodatkowo są przyznawane środki rządowe w ramach konkursów Zielony Transport Publiczny organizowanych przez NFOŚiGW. Poszczególne konkursy są skierowane do małych i średnich miast, inne do miast większych. Dotacje sięgają poziomu 90% kosztu zakupu pojazdów. Podobnie, jak w przypadku FEnIKS – istnieje możliwość aplikowania o środki finansowe na rozbudowę systemu zasilania/tankowania pojazdów.

Spółeczny Fundusz Klimatyczny będzie dodatkowym źródłem finansowania, które zapewni 72,2 mld euro w cenach bieżących w budżecie UE na lata 2025–2032 z nowego systemu handlu uprawnieniami do emisji EU ETS2. Fundusz ten będzie również obejmował finansowanie dostępu do mobilności bez- i niskoemisyjnej⁹⁰.

WYWIADY IDI

Zdaniem IGKM, konkursy na transport zeroemisyjny nie powinny polegać na regule „kto pierwszy ten lepszy”. Znaczenie powinna mieć jakość wniosków oraz jak największa efektywność przedsięwzięć. Ważne jest też ułatwianie dostępu do finansowania operatorom, którzy nie spełniają jeszcze wymogów minimalnych dotyczących floty i wynikających z ustawy o elektromobilności. Kryterium powinno być uzyskanie wskaźników wynikających z ustawy o elektromobilności – ci co muszą wymienić tabor powinni być premiiowani w wyborze. Zdaniem przedstawiciela operatora

⁸⁷ Fundusze Europejskie dla Polski Wschodniej 2021 – 2027.

⁸⁸ Krajowy Plan Odbudowy i Zwiększania Odporności, op. cit.

⁸⁹ Umowa Partnerstwa dla realizacji Polityki Spójności 2021 – 2027 w Polsce, op. cit.

⁹⁰ Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionu „Gotowi na 55: osiągnięcie unijnego celu klimatycznego na 2030 r. w drodze do neutralności klimatycznej”.

komunikacji miejskiej, nie powinno się jednak karać samorządów, że nie spełniają wymogów, bo nie ich winą jest brak środków. Dzisiaj w wielu miastach są wciąż eksploatowane pojazdy 20-letnie.

IGKM podkreślił też, że miasta mogłyby zamawiać tabor w umowach ramowych podzielonych na partie, które mogłyby być dofinansowywane z różnych źródeł zewnętrznych.

- **Samorządy realizują obecnie inwestycje w tabor i infrastrukturę przy wsparciu środków europejskich lub rządowych.**
- **W perspektywie 2014-2020 dofinansowanie zakupu pojazdów ekologicznych można było uzyskać ze środków POIiŚ. Dofinansowanie oferowały również programy operacyjne dla Regionów i Polski Wschodniej. W nowej perspektywie unijnej środki na zakup zeroemisyjnych autobusów będzie można pozyskać z programów FEnIKS, FEPW i FEoR.**
- **Krajowe fundusze takie jak „Zielony Transport Publiczny”, „Zielona i inteligentna mobilność miejska” czy „Polski Ład” również oferowały wsparcie finansowe na zakup ekologicznych pojazdów.**
- **Dodatkowym źródłem finansowania po wdrożeniu systemu opłaty za emisje EU ETS2 (opłata paliwowa) będzie Społeczny Fundusz Klimatyczny, ze środków którego możliwe będzie znaczne dofinansowanie wdrożenia transportu zeroemisyjnego.**
- **Nabory w konkursach nie powinny jednak polegać na zasadzie „kto pierwszy ten lepszy”, a na jakościowej ocenie wniosków, preferowaniu samorządów, które mają problem z osiągnięciem minimalnych wymogów ustawowych oraz tych, które najefektywniej wykorzystują tabor zeroemisyjny.**
- **Miasta mogłyby jednak zamawiać tabor w umowach ramowych podzielonych na partie, które mogłyby być dofinansowywane z różnych źródeł zewnętrznych. Pozwoliłoby to zapewnić stabilny wolumen pojazdów zamawianych w określonym czasie, co mogłoby doprowadzić do uzyskania atrakcyjniejszej ceny w przetargu.**

5.7. Krytyczny poziom dofinansowania zewnętrznego

Odpowiedź na pytanie:

Pyt. 13. Jaki jest krytyczny poziom dofinansowania zewnętrznego, by eksploatacja autobusu elektrycznego była efektywna ekonomicznie (dla społeczeństwa) i finansowo (dla operatora)?

DESK RESEARCH

W przypadku zakupu autobusów elektrycznych, ich wartość oraz uzyskane efekty dają wymierne korzyści ekonomiczne w przypadku rocznej eksploatacji na poziomie 65-80 tys. wozokilometrów. W niektórych przypadkach wartość ta sięga 100 tys. wozokilometrów. W przypadku dofinansowania zewnętrznego wartość ta będzie pomniejszona. Krytyczny poziom dofinansowania zewnętrznego

w celu osiągnięcia efektywności ekonomicznej jest zależny od codziennej eksploatacji pojazdu i będzie się różnić w zależności od miasta, a nawet linii komunikacyjnych, na których jest wykorzystywany⁹¹.

Zewnętrzne finansowanie zakupów taboru ma podstawowe znaczenie dla rozwoju elektromobilności w transporcie miejskim, gdyż – w określonych uwarunkowaniach – koszty bieżącej eksploatacji autobusów elektrycznych w stosunku do pojazdów z napędem spalinowym są niższe. Bez wsparcia miast odnowa taboru MZK nie będzie możliwa do zrealizowania, w tym w szczególności miasto nie wypełni zobowiązań zleceniodawcy usług komunikacji miejskiej wynikających z ustawy o elektromobilności⁹².

Limitacja wydatków na infrastrukturę ze środków pomocowych stanowi poważną barierę rozwoju trolejbusów. Z uwagi na znaczące koszty infrastruktury trolejbusowej, jej budowa i eksploatacja mają sens, gdy jest wykorzystywana przez wiele pojazdów. W Gdyni przeprowadzone analizy wykazały racjonalność utrzymywania komunikacji trolejbusowej tylko w sytuacji, gdy liczba pojazdów w ruchu wyniesie przynajmniej 100⁹³.

Przegląd AKK polskich miast do wdrożenia taboru zeroemisyjnego dostarczył danych, jakie w ich ramach wyznaczano progi dofinansowania, by wdrożenie pojazdów tego typu było ekonomicznie opłacalne. Dane z przeglądu zawiera Tabela 19.

Tabela 19. Przy jakiej wysokości dofinansowania inwestycja w tabor zeroemisyjny będzie opłacalna?

MIASTO	WARTOŚĆ DOFINANSOWANIA
Bydgoszcz	81,2%
Elbląg	b/d
Olsztyn	Około 80%
Wałbrzych	co najmniej 70%
Wrocław	92%
Kielce	75%
Koszalin	b/d

⁹¹ M. Gromadzki [...] op. cit.

⁹² Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych dla Miasta Konina, Konin, 12.2018 r.

⁹³ Plan zrównoważonego rozwoju transportu publicznego dla Gminy Miasta Radomia na lata 2022-2030, PTC Marcin Gromadzki, Gdynia-Radom, 06-11.2021 r..



MIASTO	WARTOŚĆ DOFINANSOWANIA
Płock	55%
Tarnów	b/d

Źródło: opracowanie własne na podstawie AKK powyższych miast.

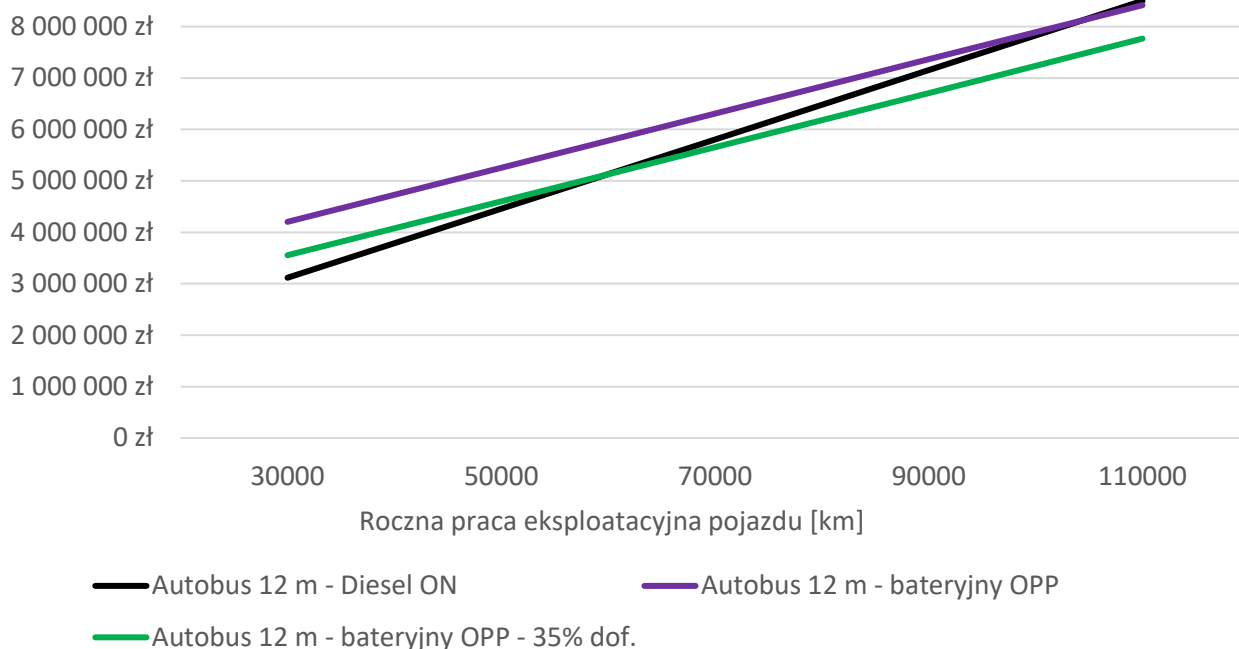
MODEL EKONOMICZNO-FINANSOWY, SPOŁECZNY I EKOLOGICZNY

Uwzględniając koszt infrastruktury dla taboru elektrycznego oraz wprowadzając możliwość uzyskania dofinansowania do zakupu taboru i budowy infrastruktury, sprawdzono przy jakim poziomie dofinansowania autobus bateryjny OPP przetnie poziom kosztów autobusu spalinowego przy rocznej pracy eksploatacyjnej na poziomie 60 000 km dla autobusu 12-metrowego (por. Rysunek 24) oraz 45 000 km dla autobusu 18-metrowego (por. Rysunek 25). Racjonalny poziom dofinansowania wyznaczono na 35%.

Należy jednak zauważyć, że już wcześniej zakup taboru dieslowskiego był dla miast dofinansowywany i miasta od wielu już lat nie ponoszą pełnego kosztu zakupu autobusów spalinowych. Gdyby jednak symulować sytuację rynkową, to 65% kosztu autobusu zeroemisyjnego powinny ponosić miasta i nadal jego eksploatacja byłaby dla nich opłacalna.

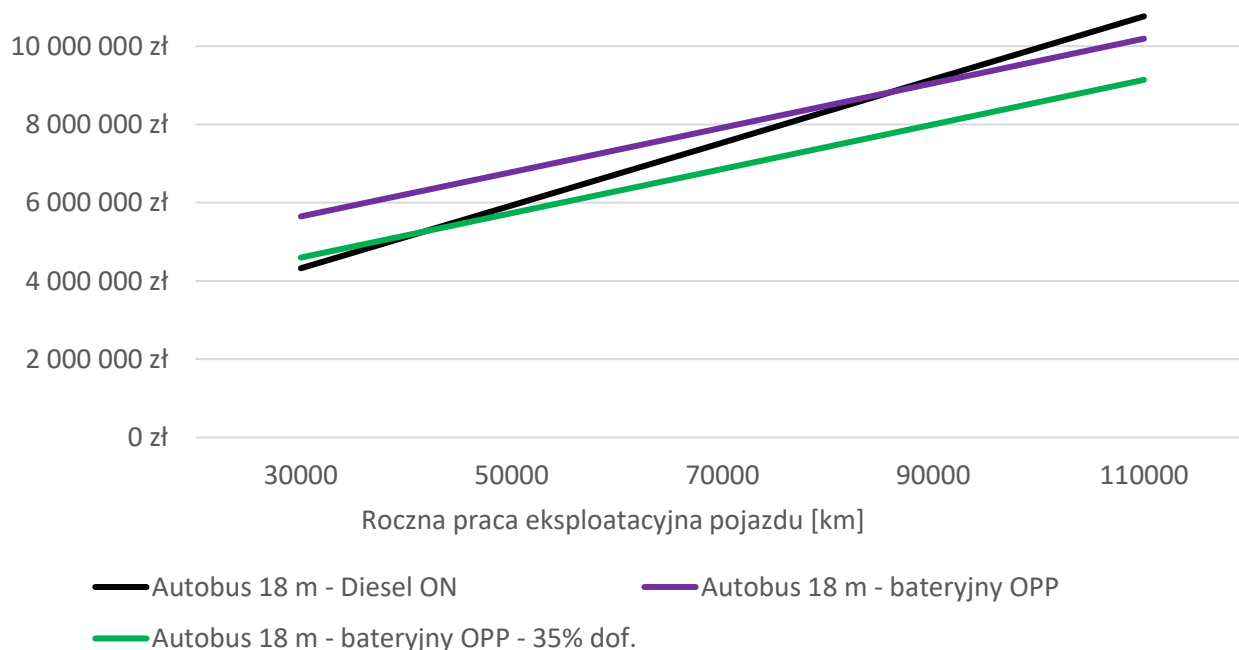
Dofinansowanie taboru miało być przejściowym wyjątkiem we wsparciu transportu publicznego ze środków unijnych, w różnych obszarach wprowadzano różny poziom dofinansowań, jednak stało się to stałą praktyką ich wykorzystywania.

Rysunek 24. Zdyskontowane koszty finansowe 15-letnie dla autobusów 12-metrowych, z uwzględnieniem infrastruktury i dofinansowania do autobusu bateryjnego OPP.



Źródło: opracowanie własne na podstawie modelu ekonomiczno-finansowego.

Rysunek 25. Zdyskontowane koszty finansowe 15-letnie dla autobusów 18-metrowych, z uwzględnieniem infrastruktury i dofinansowania do autobusu bateryjnego OPP.



Źródło: opracowanie własne na podstawie modelu ekonomiczno-finansowego.

-
- Racjonalny poziom dofinansowania do zakupu autobusów elektrycznych (bateryjnych OPP) wraz z infrastrukturą wyznaczono na 35%.
 - Poziom kosztów autobusu baterijnego OPP przecina wtedy koszty autobusu spalinowego przy rocznej pracy eksploatacyjnej na poziomie 60 000 km dla autobusu 12-metrowego oraz 45 000 km dla autobusu 18-metrowego.
 - Gdy autobus elektryczny będzie eksploatowany ponad tą wartość rocznego przebiegu – będzie on przynosił co raz większe korzyści ekonomiczno-finansowe.
 - ! Należy jednak zauważyć, że już wcześniej zakup taboru dieslowskiego był dla miast dofinansowywany i miasta od wielu już lat nie ponoszą pełnego kosztu zakupu autobusów spalinowych. Gdyby jednak symulować sytuację rynkową, to 65% kosztu autobusu zeroemisyjnego powinny ponosić miasta i nadal jego eksploatacja byłaby dla nich opłacalna.
 - Dofinansowanie taboru miało być przejściowym wyjątkiem we wsparciu transportu publicznego ze środków unijnych, w różnych obszarach wprowadzano różny poziom dofinansowań, jednak stało się to stałą praktyką ich wykorzystywania.
-

6. Obszar IV. Prognoza rozwoju zeroemisyjnego transportu zbiorowego

6.1. Rekomendowane cele rozwoju

Odpowiedź na pytanie:

Pyt. 15. Jakie powinny być cele rozwoju zeroemisyjnego transportu zbiorowego w Polsce?

Rozwój zeroemisyjnego transportu zbiorowego w Polsce jest jednym z celów strategicznych w zakresie ochrony środowiska, poprawy jakości życia i zwiększenia konkurencyjności gospodarki.

Podstawowymi celami rozwoju zeroemisyjnego transportu zbiorowego w Polsce powinny być: zmniejszenie krajowej emisji CO₂ oraz **równocześnie** zwiększenie liczby pasażerów w transporcie zbiorowym. Należy dążyć do osiągnięcia wzrostu liczby pasażerów do 2040 r. (scenariusz pośredni lub SRT 2030 Prognozy – wzrost o 15 lub 30% liczby pasażerów w miastach) oraz osiągnięcia zeroemisyjnej floty komunikacji miejskiej w tym samym roku.

Cele szczegółowe, jakie powinny być przyjęte w tym obszarze, to:

- Zmniejszenie udziału transportu drogowego w emisji gazów cieplarnianych i zanieczyszczeń powietrza oraz hałasu, poprzez zwiększenie udziału transportu publicznego i promowanie napędów zeroemisyjnych, takich jak pojazdy elektryczne i wodorowe.
- Zwiększenie dostępności i atrakcyjności transportu publicznego dla mieszkańców miast i obszarów wiejskich poprzez rozbudowę infrastruktury, wymianę i rozwój taboru, zwiększenie liczby i poprawę jakości usług, wdrażanie innowacyjnych rozwiązań oraz poprawę integracji systemów transportowych.
- Zwiększenie efektywności energetycznej i ekonomicznej transportu publicznego, poprzez wykorzystanie nowoczesnych technologii, optymalizację tras i rozkładów jazdy, wprowadzenie inteligentnych systemów zarządzania ruchem i monitorowanie stanu pojazdów.
- Zwiększenie bezpieczeństwa i niezawodności transportu publicznego, poprzez zapewnienie wysokich standardów technicznych i obsługowych, wzmocnienie nadzoru i kontroli, zapobieganie awariom i wypadkom.
- Zwiększenie świadomości i akceptacji społecznej dla zeroemisyjnego transportu publicznego, poprzez prowadzenie działań informacyjnych i edukacyjnych, angażowanie mieszkańców i partnerów lokalnych, tworzenie pozytywnego wizerunku transportu publicznego.

Według ustawy z dn. 11 stycznia 2018 roku o elektromobilności i paliwach alternatywnych, celem jest osiągnięcie do 2028 roku udziału autobusów elektrycznych wynoszącego 30%, we flotach operatorów realizujących przewozy na terenie jednostek samorządu terytorialnego o liczbie ludności powyżej 50 tys. (z progami 10% od 2023 i 20% od 2025). Cel ten, mimo że prawdopodobnie nie zostanie zrealizowany we wszystkich samorządach, jest skutecznie realizowany w części z nich, a udziały we flocie autobusów elektrycznych w JST objętych wymogami ustawy, jest znacząco wyższy niż w pozostałych jednostkach⁹⁴.

Operatorzy komunikacji miejskiej podkreślali w czasie wywiadów, że są spółkami misyjnymi, utworzonymi dla mieszkańców, realizującymi zadanie samorządu, ale też odpowiedzialnymi za środowisko, zdrowie i przyszłość mieszkańców. Ze względu na powyższe powody należy więc inwestować w transport zeroemisyjny.

Do zmian modalnych w transporcie publicznym na obszarach metropolitalnych dochodzi dopiero po przekroczeniu pewnych warunków brzegowych odnośnie do czasu, kosztu i komfortu przejazdu. Najczęściej spełnia je tylko bardzo kosztowny nowoczesny transport szynowy. Dlatego też należy rozwijać transport szynowy - tramwaje, metro i szybką kolej miejską – na obszarach, gdzie będzie to uzasadnione społecznie i ekonomicznie, a także inwestować w nowoczesny tabor (autobusy zeroemisyjne)⁹⁵.

Przykłady celów zapisanych w dokumentach strategicznych samorządów zawiera Tabela 20.

Tabela 20. Cele rozwoju zeroemisyjnego transportu zbiorowego zapisane w przykładowych dokumentach samorządów.

OBSZAR	CELE
PLAN ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU PUBLICZNEGO TRANSPORTU ZBIOROWEGO	
RZESZÓW	<ul style="list-style-type: none"> • Korzystanie w mieście przez mieszkańców i użytkowników biznesowych ze środków transportu publicznego przede wszystkim nieemitujących gazów cieplarnianych i zanieczyszczeń w miejscu ich użytkowania, • podniesienia jakości i efektywności miejskiego systemu transportowego, zmniejszenie emisji zanieczyszczeń oraz poziomu hałasu w mieście.
ZIELONA GÓRA	<ul style="list-style-type: none"> • Zmniejszenie negatywnego oddziaływania transportu na środowisko poprzez rozbudowę floty pojazdów zeroemisyjnych, • podniesienie komfortu życia w mieście, poprzez ograniczenie lokalnej emisji zanieczyszczeń i hałasu.

⁹⁴ Raport - Transport zbiorowy w polskich samorządach [...] op. cit..

⁹⁵ Programowanie perspektywy finansowej 2014 – 2020 - Umowa Partnerstwa, Warszawa, 12.2015 r.

OBSZAR	CELE
RADOM	<ul style="list-style-type: none"> • Podniesienie komfortu życia w mieście, poprzez ograniczenie lokalnej emisji zanieczyszczeń i hałasu, • ograniczenie problemów związanych z hałasem drogowym, rosnącą liczbą samochodów, zanieczyszczeniem powietrza, niedostatecznym komfortem publicznych środków transportu, nastawionymi na mobilność indywidualną nawykami transportowymi mieszkańców.
PROGRAM OCHRONY POWIETRZA	
WOJ. MAZOWIECKIE	<ul style="list-style-type: none"> • Ograniczenie szkodliwych emisji w aglomeracji warszawskiej poprzez wymianę autobusów na autobusy o napędzie elektrycznym lub spełniającym przynajmniej normę Euro VI. Przewiduje się także rozwój komunikacji tramwajowej, • zmniejszenie negatywnego oddziaływania transportu na środowisko – poprzez utrzymanie założonego udziału transportu publicznego w przewozach miejskich, dalsza rozbudowa taboru zasilanego CNG i sukcesywna wymiana pozostałych autobusów na spełniające coraz wyższe normy czystości spalin.
WOJ. OPOLSKIE	<ul style="list-style-type: none"> • Wymiana taboru komunikacji publicznej na pojazdy niskoemisyjne, zasilane gazem LPG, LNG lub CNG bądź hybrydowe lub elektryczne.
WOJ. WARMIŃSKO-MAZURSKIE	<ul style="list-style-type: none"> • Wprowadzenie autobusów nowej generacji spełniających najwyższe wymagania emisyjne, w tym o napędzie hybrydowym i elektrycznym.
SUMP	
LUBLIN	<ul style="list-style-type: none"> • Pierwszym celem horyzontalnym lubelskiego SUMP jest minimalizacja wpływu transportu na środowisko. Realizacja każdego z siedmiu celów operacyjnych powinna przyczynić się do zminimalizowania wpływu transportu na środowisko.
OLSZTYN	<ul style="list-style-type: none"> • Celem jest osiągnięcie odpowiedniego komfortu podróżowania, jak i wyraźne obniżenie negatywnego wpływu na środowisko naturalne i antropogeniczne.

OBSZAR	CELE
WARSZAWA	<ul style="list-style-type: none"> Planuje się zwiększenie udziału pojazdów zeroemisyjnych we flotach przewoźników obsługujących transport publiczny w metropolii warszawskiej, poprzez zakup lub wynajem pojazdów, przynajmniej do progów przedstawionych w ustawie o <i>elektromobilności i paliwach alternatywnych</i>.

Źródło: Opracowano na podstawie Planów zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego miast Rzeszowa, Zielonej Góry i Radomia, Programów ochrony powietrza dla województw: mazowieckiego, opolskiego i warmińsko-mazurskiego, Planów Zrównoważonej Mobilności Miejskiej miast: Lublina, Olsztyna i Warszawy.

- Podstawowymi celami rozwoju zeroemisyjnego transportu zbiorowego w Polsce powinny być: zmniejszenie krajowej emisji CO₂ oraz równocześnie zwiększenie liczby pasażerów w transporcie zbiorowym. Należy dążyć do osiągnięcia wzrostu liczby pasażerów do 2040 r. oraz osiągnięcia zeroemisyjnej floty komunikacji miejskiej w tym samym roku.
- Realizacja powyższych celów pozwoli wypełnić postanowienia Ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych, Dyrektywy unijnej w sprawie pojazdów ekologicznie czystych oraz innych strategicznych dokumentów krajowych i unijnych.
- Cele szczegółowe rozwoju transportu zeroemisyjnego w Polsce powinny obejmować:
 - zmniejszenie zanieczyszczenia powietrza i hałasu,
 - zwiększenie dostępności i atrakcyjności transportu publicznego,
 - zwiększenie efektywności energetycznej i ekonomicznej transportu publicznego,
 - zwiększenie bezpieczeństwa i niezawodności transportu publicznego,
 - zwiększenie świadomości i akceptacji społecznej dla transportu zeroemisyjnego.

6.2. Możliwe ścieżki rozwoju

Odpowiedź na pytanie:

Pyt. 16. Jakie są możliwe ścieżki rozwoju zeroemisyjnego transportu zbiorowego?

DESK RESEARCH

Przewidziane do realizacji na obszarach miast i ich obszarów funkcjonalnych działania powinny się skupiać na następujących rodzajach aktywności:

- wsparcie systemów publicznego transportu zbiorowego w ramach miast i ich obszarów funkcjonalnych m.in. poprzez zakup nisko i zeroemisyjnego taboru kołowego spełniającego wymogi dla „ekologicznie czystych pojazdów” w rozumieniu dyrektywy Parlamentu

Europejskiego i Rady (UE) 2019/1161 z dnia 20 czerwca 2019 r. w sprawie promowania ekologicznie czystych i energooszczędnych pojazdów transportu drogowego (z priorytetem dla pojazdów zeroemisyjnych na podstawie odpowiednich zapisów dokonanych w programach);

- budowa i rozbudowa infrastruktury do ładowania i tankowania zeroemisyjnych pojazdów komunikacji publicznej;
- wzrost liczby taboru nisko i zeroemisyjnego w strukturze przewoźników transportu publicznego – zakupiony tabor autobusowy przyczyni się do osiągnięcia przez jednostki samorządu terytorialnego udziału wskazanego w ustawie z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach⁹⁶.

Według Strategii na rzecz zrównoważonej i inteligentnej mobilności do 2050 roku niemal wszystkie autobusy będą zeroemisyjne.

Jedną ze ścieżek, jak i możliwości wprowadzenia zeroemisyjnego transportu zbiorowego jest tworzenie stref czystego transportu w miastach, dzięki czemu ograniczona zostanie emisja spalin z pojazdów transportu drogowego. Zapisy KPO przewidywały wprowadzenie legislacji, która od 2025 roku w ramach przetargów na zakup pojazdów na potrzeby komunikacji miejskiej, wymagałaby dostawy pojazdów zeroemisyjnych. Planowane rozwiązanie zakładało też wprowadzenie od 2025 roku obowiązku udzielania zamówień na prowadzenie przewozów jedynie operatorom oferującym ten typ pojazdów⁹⁷.

Wśród niektórych uczestników wywiadów IDI, takich jak przedstawiciel PKM Jaworzno, pojawiły się opinie, że autobusy z bateriami mogą stanowić etap przejściowy w rozwoju zeroemisyjnego transportu publicznego, a długoterminowym celem będą autobusy wodorowe. Jednakże dziś koszt ten technologii oraz jej eksploatacji jest nieakceptowalny dla spółki, więc wdrożenie transportu wodorowego nie powinno być ani podstawową, ani priorytetową ścieżką rozwoju. Należy jednak obserwować rozwój rynku transportu wodorowego.

Mimo, iż obecnie autobusy wodorowe stanowią zaledwie ułamek obecnego taboru, w najbliższych latach ta liczba będzie rosła. Zakup autobusów wodorowych jest przedmiotem 5,8% realizowanych obecnie inwestycji i 16,6% kolejnych planowanych. Jeśli inwestycje te zostaną zrealizowane to do 2028 na polskich drogach pojawią się łącznie 264 nowe autobusy wodorowe. Ta liczba pozwoliłaby na realizację Polskiej Strategii Wodorowej, która zakładała, że do 2025 roku w Polsce powinno być między 100 a 250 autobusów wodorowych⁹⁸.

Ocenia się, że w horyzoncie czasowym do 5 lat zapotrzebowanie na wodór w sektorze transportu w Polsce wyniesie ok. 2933,5 ton, z czego aż 1764 tony na potrzeby tankowania autobusów

⁹⁶ Umowa Partnerstwa dla realizacji Polityki Spójności 2021 – 2027 w Polsce, op. cit.

⁹⁷ Krajowy Plan Odbudowy i Zwiększania Odporności, op. cit.

⁹⁸ Raport - Transport zbiorowy w polskich samorządach [...], op. cit.

zeroemisyjnych. Obsługa takiego popytu zakłada budowę 32 stacji tankowania wodoru. W pierwszej kolejności stacje powinny powstawać w aglomeracjach i obszarach gęsto zaludnionych na potrzeby tankowania przede wszystkim autobusów i kolei, uwzględniając przebieg korytarzy transeuropejskiej sieci transportowej (TEN-T)⁹⁹.

Rozwój transportu zeroemisyjnego i zwiększenie jego efektywności powinno być powiązane z zastosowaniem nowych technologii, ułatwiających przejazd autobusom i tramwajom przez miasto. Wytyczanie buspasów, tworzenie priorytetów w sygnalizacji świetlnej dla tramwajów i autobusów na skrzyżowaniach zwiększa efektywność podjętych działań. Innym sposobem na osiągnięcie wyznaczonego celu jest rozwijanie inteligentnych systemów prowadzenia ruchu (ITS), które od lat są wprowadzane w poszczególnych miastach. Powinny być jednak przede wszystkim zorientowane na sprawne prowadzenie ruchu pojazdów transportu zbiorowego a nie pojazdów indywidualnych¹⁰⁰.

PROGNOZA ROZWOJU ZEROEMISYJNEGO TRANSPORTU ZBIOROWEGO

Opracowano prognozę bazującą na 3 scenariuszach rozwoju: utrzymanie status quo, celu SRT 2030 oraz pośredni.

Wszystkie scenariusze zakładają spełnienie minimalnych wymogów unijnych, określonych w Dyrektywie¹⁰¹ oraz przepisów krajowych. Status quo zakłada utrzymanie obecnych regulacji, natomiast pozostałe warianty zawierają pakiet rekomendacji zawierających konieczne zmiany legislacyjne i pozalegisłacyjne dla administracji publicznej i samorządowej, wraz z harmonogramem wdrażania, które potencjalnie będą mogły doprowadzić do realizacji zakładanych celów.

Zanim przeprowadzono prognozę scenariuszową, przeprowadzono symulację roku osiągnięcia w 100% floty zeroemisyjnych autobusów w polskich miastach, na podstawie rocznych nakładów do dyspozycji oraz liczby wymienianych autobusów (por. Rysunek 26).

Symulacja wykazała, że aby osiągnąć zapis PEP2040 – 100% zeroemisyjną flotę w miastach w 2030 roku, należałoby rocznie wymieniać 1227 autobusów (obecnie 508) oraz przeznaczać na to 5,3 mld zł. Nie jest to racjonalne ekonomicznie. Natomiast utrzymanie obecnego statusu quo wymiany autobusów pozwoliłoby osiągnąć flotę zeroemisyjną w 2039 roku. Oznaczałoby to też roczne nakłady na poziomie 1,7 mld zł, co jest osiągalne w ramach funduszy unijnych oraz dofinansowań NFOŚiGW.

Do dalszych analiz przyjęto, że dla rozwoju zeroemisyjnego transportu publicznego w Polsce nie jest kluczowe przyspieszenie osiągnięcia roku zeroemisyjnej floty (obecnie projektowane na poziomie

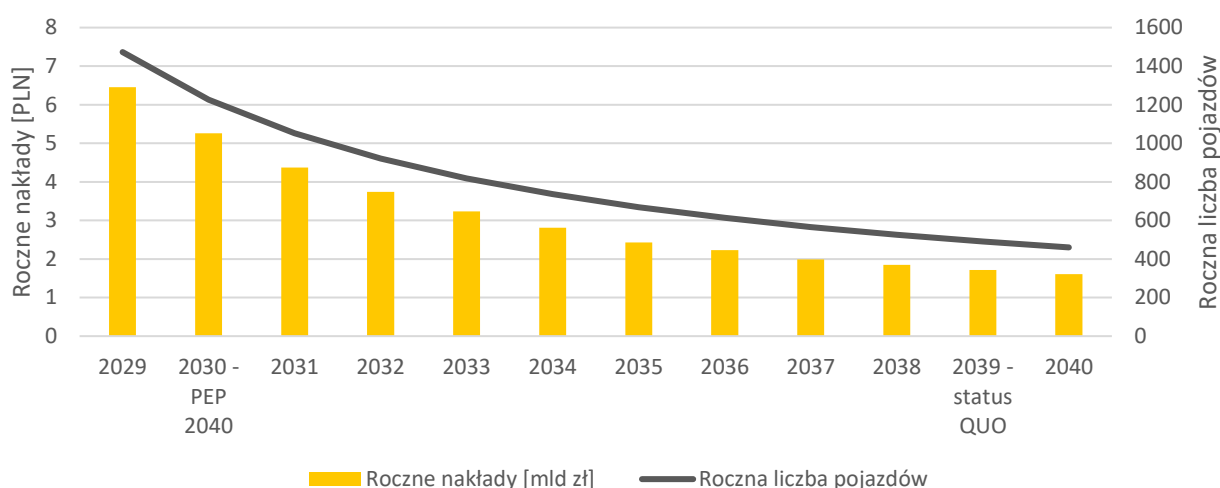
⁹⁹ Polska Strategia Wodorowa do roku 2030, op. cit.

¹⁰⁰ Strategia Rozwoju Transportu do 2020 roku (z perspektywą do 2030 roku), op. cit.

¹⁰¹ Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2019/1161 z dnia 20 czerwca 2019 r. zmieniająca dyrektywę 2009/33/WE w sprawie promowania ekologicznie czystych i energooszczędnych pojazdów transportu drogowego.

UE rozporządzenie przewiduje rok 2040), a osiągnięcie wzrostu liczby przewożonych pasażerów komunikacji miejskiej. Prognoza scenariuszowa skupiła się na tym celu, zakładając, że we wszystkich scenariuszach flota zeroemisyjna zostanie osiągnięta w roku 2039, co jest rozwiązaniem najbardziej racjonalnym ekonomicznie, również przy obecnych mocach produkcyjnych producentów autobusów, przedstawiających produkcję na autobusy zeroemisyjne.

Rysunek 26. Prognoza roku dojścia do 100% floty zeroemisyjnych autobusów przy założeniu określonej liczby pojazdów wymienianych rocznie.



Źródło: opracowanie własne.

1. Utrzymanie status quo

Dalszy rozwój zgodny z obecnie obowiązującymi przepisami oraz uruchomionymi programami wsparcia transportu zeroemisyjnego – krajowymi i unijnymi oraz długoterminowym trendem zmian w pracy przewozowej. Wykonawca na bazie badań ewaluacyjnych realizowanych na zlecenie MFiPR i CUPT¹⁰² oraz wiedzy o uruchamianych programach, szacuje dziś zmianę liczby pasażerów na -5% względem niezmienionej pracy eksploatacyjnej w miastach, będącej kluczem do wzrostu liczby pasażerów.

Założenia:

- Nie zmienia się Ustawa o publicznym transporcie zbiorowym, o ulgach biletowych oraz forma Funduszu rozwoju przewozów autobusowych.

¹⁰² M.in. M. Wolański, M. Czerliński, K. Orcholska i inni, Ocena wpływu działań podejmowanych w ramach polityki spójności w zakresie transportu publicznego na mobilność miejską w perspektywie 2014-2020, Wolański sp. z o.o. dla MFiPR, Warszawa 2022 r. oraz

M. Wolański, B. Jakubowski i inni, Analiza podejścia badawczego i wypracowanie narzędzi do oceny wpływu wsparcia w ramach VI osi priorytetowej POIIS 2014-2020 – Badanie Pilotażowe, Wolański sp. z o.o. dla CUPT, Warszawa 2018 r.

- Od 2025 roku, ze względu na zapisy programów funduszy unijnych, będących głównym źródłem zakupu taboru oraz kontynuowany program Zielony Transport Publiczny, miasta kupują wyłącznie zeroemisyjny tabor komunikacji miejskiej.

- Miasta nie podejmują walki o nowych pasażerów, nie widząc szczególnego powodu takiego działania – otrzymują dopłaty na pojazdy, nie ma motywatora zmian w zakresie eksploatacji.

Skutki:

- W 2039 roku miasta uzyskują całkowicie zeroemisyjną flotę. To naturalna ścieżka wymiany floty bazująca na obecnie funkcjonującym systemie dofinansowań do zakupu taboru.

- Postępuje dezintegracja transportu publicznego wywołaną strukturą transportu publicznego w Polsce, z ram komunikacji miejskiej wyłączają się kolejne gminy podmiejskie, by uruchomić własną komunikację gminną/międzygminną/powiatowo-gminną w ramach funduszu FRPA.

- Miasta nie zwiększają pracy eksploatacyjnej, ale poprzez dostosowanie rozkładów jazdy do taboru elektrycznego (miejsca i momenty ładowania uzależnione od infrastruktury) oraz rosnącą dezintegrację systemu transportu publicznego, spada liczba pasażerów o 5%, spada dostosowanie podaży do popytu. Operatorzy skupiają się na utrzymaniu stanu obecnego.

- Rocznie na zakup 491 autobusów zeroemisyjnych potrzeba 1,718 mld zł, 53 tramwajów 0,450 mld zł; natomiast największe miasta powyżej 100 tys. mieszkańców przeznaczają na eksploatację 6,082 mld zł rocznie. Osiągnięcie floty całkowicie zeroemisyjnej pozwala obniżyć budżet na eksploatację w miastach o 0,294 mld zł rocznie.

- Część miast w okresie przejściowym kupuje jeszcze z własnych środków tabor emisyjny, nowy lub używany, by zabezpieczyć obsługę zadań, których przekształcenie dziś na zeroemisyjne jest zbyt kosztowne. Nie powoduje to jednak znacznej zmiany ścieżki rozwoju taboru.

- Nie potrzeba dodatkowych kierowców do eksploatacji taboru, natomiast transport zeroemisyjny w skali roku nie generuje 33 mln zł kosztów zewnętrznych ze względu na ograniczenie emisji zanieczyszczeń przez autobusy elektryczne względem spalinowych.

2. SRT 2030

Rozwój ukierunkowany na osiągnięcie podstawowego celu Strategii, jakim jest 30% wzrost liczby przewożonych pasażerów w transporcie zbiorowym, ale racjonalne wydaje się osiągnięcie takiej zmiany nie do 2030 a 2040 r., poprzez rozwój zeroemisyjnego transportu zbiorowego w Polsce.

Założenia:

- Zmiana Ustawy o publicznym transporcie zbiorowym, w tym dopuszczenie transportu na żądanie jako formy publicznego transportu zbiorowego, ujednoczenie systemu ustawowych ulg biletowych i Funduszu rozwoju przewozów autobusowych w jeden system dopłat.

- Oprócz dofinansowania inwestycji, dopuszcza się przeznaczenie środków unijnych na eksploatację – warunkiem jest osiągnięcie wzrostu rocznej pracy eksploatacyjnej oraz rocznego przebiegu taboru zeroemisyjnego na poziomie co najmniej 70 tys. km.
- Wprowadzenie poprzez ustawę o elektromobilności wymogu od 2025 r. produkcji i zakupu w Polsce tylko autobusów zeroemisyjnych oraz osiągnięcia w 2040 r. celu eksploatacji w miastach taboru w 100% zeroemisyjnego.
- Od 2025 roku, ze względu na zapisy programów funduszy unijnych, będących głównym źródłem zakupu taboru oraz kontynuowany program Zielony Transport Publiczny oraz wymagania ustawowe, miasta kupują wyłącznie zeroemisyjny tabor komunikacji miejskiej.
- Zmiana poziomu dopłat do transportu zeroemisyjnego: 35% dla autobusów zeroemisyjnych oraz 60% dla tramwajów.
- Miasta podejmują walkę o nowych pasażerów, widząc, że system oparty jest nie tylko o inwestycje, ale też wzrost pracy eksploatacyjnej, uruchamiają nowe połączenia, które mogą doprowadzić do wzrostu liczby pasażerów.

Skutki:

- W 2039 roku miasta uzyskują całkowicie zeroemisyjną flotę, rozbudowaną liczbowo o 28% pojazdów do obsługi nowych połączeń (wzrost o 28% pracy eksploatacyjnej). Do naturalnej ścieżki wymiany floty dochodzi dodatkowy tabor potrzebny do uruchomienia nowych kursów.
- Systemowa integracja transportu publicznego w miejskich obszarach funkcjonalnych w jedne organizmy, którym zależy na budowie jednego systemu transportu publicznego, obsługującego obszary wielu miast, gmin i powiatów, w ramach jednego systemu dopłat.
- O 30% rośnie liczba pasażerów transportu publicznego ze względu na rozwój sieci połączeń, zwiększanie częstotliwości w rozkładach jazdy oraz dostosowanie sieci tras do zmieniającego się popytu ze strony pasażerów. Organizatorzy transportu aktywnie walczą o nowych pasażerów.
- Rocznie na zakup 644 autobusów potrzeba 2,252 mld zł, 97 tramwajów 0,824 mld zł; natomiast największe miasta powyżej 100 tys. mieszkańców przeznaczają na eksploatację 7,690 mld zł rocznie (7,397 mld zł osiągając tabor zeroemisyjny). Osiągnięcie floty całkowicie zeroemisyjnej pozwala obniżyć budżet na eksploatację w miastach o 0,294 mld zł rocznie.
- Część miast w okresie przejściowym kupuje jeszcze z własnych środków tabor emisyjny, ale używany, tylko na kilka lat, by zabezpieczyć obsługę zadań, których przekształcenie dziś na zeroemisyjne jest jeszcze zbyt kosztowne. Nie powoduje to jednak zmiany dojścia do 100% floty zeroemisyjnej.

- Potrzeba 2953 dodatkowych kierowców do eksploatacji taboru, natomiast transport zeroemisyjny w skali roku nie generuje 43 mln zł kosztów zewnętrznych ze względu na ograniczenie emisji zanieczyszczeń przez autobusy elektryczne względem spalinowych.

3. Pośredni

Scenariusz uwzględniający minimalny pakiet działań dodatkowych, które doprowadzą do ok. 15% wzrostu liczby przewożonych pasażerów w transporcie zbiorowym do 2030 r.

Założenia:

- Zmiana Ustawy o publicznym transporcie zbiorowym, w tym dopuszczenie transportu na żądanie jako formy publicznego transportu zbiorowego, ujednoczenie systemu ustawowych ulg biletowych i Funduszu rozwoju przewozów autobusowych w jeden system dopłat.

- Oprócz dofinansowania inwestycji, dopuszcza się przeznaczenie środków unijnych na eksploatację – warunkiem jest osiągnięcie wzrostu rocznej pracy eksploatacyjnej oraz rocznego przebiegu taboru zeroemisyjnego na poziomie co najmniej 70 tys. km (mniejsze fundusze na ten cel niż w scenariuszu 2).

- Wprowadzenie poprzez ustawę o elektromobilności wymogu od 2025 r. produkcji i zakupu w Polsce tylko autobusów zeroemisyjnych oraz osiągnięcia w 2040 r. celu eksploatacji w miastach taboru w 100% zeroemisyjnego.

- Od 2025 roku, ze względu na zapisy programów funduszy unijnych, będących głównym źródłem zakupu taboru oraz kontynuowany program Zielony Transport Publiczny oraz wymagania ustawowe, miasta kupują wyłącznie zeroemisyjny tabor komunikacji miejskiej.

- Zmiana poziomu dopłat do transportu zeroemisyjnego: 50% dla autobusów zeroemisyjnych oraz 70% dla tramwajów.

- Miasta podejmują walkę o nowych pasażerów, widząc, że system oparty jest nie tylko o inwestycje, ale też wzrost pracy eksploatacyjnej, uruchamiają nowe połączenia, które mogą doprowadzić do wzrostu liczby pasażerów.

Skutki:

- W 2039 roku miasta uzyskują całkowicie zeroemisyjną flotę, rozbudowaną liczbowo o 16% pojazdów do obsługi nowych połączeń (wzrost o 16% pracy eksploatacyjnej). Do naturalnej ścieżki wymiany floty dochodzi dodatkowy tabor potrzebny do uruchomienia nowych kursów.

- Systemowa integracja transportu publicznego w miejskich obszarach funkcjonalnych w jeden organizm, którym zależy na budowie jednego systemu transportu publicznego, obsługującego obszary wielu miast, gmin i powiatów, w ramach jednego systemu dopłat.

ANALIZA ROZWOJU ZEROEMISYJNEGO, ZBIOROWEGO
TRANSPORTU DROGOWEGO W POLSCE
(AUTOBUSY, TROLEJBUSY, TRAMWAJE)

- O 15% rośnie liczba pasażerów transportu publicznego ze względu na rozwój sieci połączeń, zwiększanie częstotliwości w rozkładach jazdy oraz dostosowanie sieci tras do zmieniającego się popytu ze strony pasażerów. Organizatorzy transportu aktywnie walczą o nowych pasażerów.
- Rocznie na zakup 578 autobusów potrzeba 2,024 mld zł, 78 tramwajów 0,664 mld zł; natomiast największe miasta powyżej 100 tys. mieszkańców przeznaczają na eksploatację 7,690 mld zł rocznie (7,397 mld zł osiągając tabor zeroemisyjny). Osiągnięcie floty całkowicie zeroemisyjnej pozwala obniżyć budżet na eksploatację w miastach o 0,294 mld zł rocznie.
- Część miast w okresie przejściowym kupuje jeszcze z własnych środków tabor emisyjny, ale używany, tylko na kilka lat, by zabezpieczyć obsługę zadań, których przekształcenie dziś na zeroemisyjne jest jeszcze zbyt kosztowne. Nie powoduje to jednak zmiany dojścia do 100% floty zeroemisyjnej.
- Potrzeba 2953 dodatkowych kierowców do eksploatacji taboru, natomiast transport zeroemisyjny w skali roku nie generuje 43 mln zł kosztów zewnętrznych ze względu na ograniczenie emisji zanieczyszczeń przez autobusy elektryczne względem spalinowych.

Prognoza stanowi Załącznik 8 do Analizy, natomiast podsumowanie najważniejszych rezultatów w postaci tabelarycznej zawierają: Tabela 21 i Tabela 23.

Tabela 21. Podsumowanie rezultatów poszczególnych scenariuszy prognozy w zakresie liczby kupowanego taboru, potrzebnych nowych prowadzących i korzyści środowiskowe.

SCENARIUSZ	LICZBA NOWYCH AUTOBUSÓW ROCZNIE	KOSZT ROCZNEJ WYMIANY AUTOBUSÓW [PLN/ROK]	LICZBA NOWYCH TRAMWAJÓW ROCZNIE	KOSZT ROCZNEJ WYMIANY TRAMWAJÓW [PLN/ROK]	LICZBA DODATKOWYCH KIEROWCÓW (EFEKT SPOŁECZNY)	KORZYŚCI ZEWNĘTRZNE (EFEKT ŚRODOWISKOWY) [PLN/ROK]
STATUS QUO	491	1 718 033 333	53	449 744 444	0	32 944 918
POŚREDNI	578	2 023 514 815	78	663 908 466	1 687	38 802 815
SRT2030	644	2 252 625 926	97	824 531 481	2 953	43 196 238

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 22. Podsumowanie rezultatów poszczególnych scenariuszy prognozy w zakresie rocznego kosztu inwestycyjnego i eksploatacyjnego.

SCENARIUSZ	KOSZT INWESTYCYJNY [PLN/ROK]	KOSZT EKSPLOATACJI OBECNY [PLN/ROK]	KOSZT EKSPLOATACJI 100% ZEROEMISYJNY [PLN/ROK]	RÓŻNICA W EKSPLOATACJI WZGLĘDEM STATUS QUO OBECNIE [PLN/ROK]
STATUS QUO	2 167 777 778	6 082 692 008	5 788 689 639	-294 002 369
POŚREDNI	2 687 423 280	7 001 531 634	6 707 529 264	624 837 256
SRT2030	3 077 157 407	7 690 661 353	7 396 658 983	1 313 966 975

Źródło: opracowanie własne.

- Opracowano prognozę bazującą na 3 scenariuszach rozwoju: utrzymanie status quo, celu SRT 2030 oraz pośredni. Wszystkie scenariusze zakładają spełnienie minimalnych wymogów unijnych, określonych w Dyrektywie oraz przepisów krajowych.
- Do dalszych analiz przyjęto, że dla rozwoju zeroemisyjnego transportu publicznego w Polsce nie jest kluczowe przyspieszenie osiągnięcia roku zeroemisyjnej floty (obecnie projektowane na poziomie UE rozporządzenie przewiduje rok 2040), a osiągnięcie wzrostu liczby przewożonych pasażerów komunikacji miejskiej. Prognoza scenariuszowa skupiła się na tym celu, zakładając, że we wszystkich scenariuszach flota zeroemisyjna zostanie osiągnięta w roku 2039, co jest rozwiązaniem najbardziej racjonalnym ekonomicznie, również przy obecnych mocach produkcyjnych producentów autobusów, przedstawiających produkcję na autobusy zeroemisyjne.
- Scenariusz status quo oznacza dalszy rozwój zgodny z obecnie obowiązującymi przepisami oraz uruchomionymi programami wsparcia transportu zeroemisyjnego – krajowymi i unijnymi oraz długoterminowym trendem zmian w pracy przewozowej. Wykonawca na bazie badań ewaluacyjnych realizowanych na zlecenie MFiPR i CUPT oraz wiedzy o uruchamianych programach, szacuje dziś zmianę liczby pasażerów na -5% względem niezmienionej pracy eksploatacyjnej w miastach, będącej kluczem do wzrostu liczby pasażerów.
- Scenariusz SRT 2030 oznacza rozwój ukierunkowany na osiągnięcie podstawowego celu Strategii, jakim jest 30% wzrost liczby przewożonych pasażerów w transporcie

zbiorowym, ale racjonalne wydaje się osiągnięcie takiej zmiany nie do 2030 a 2040 r., poprzez rozwój zeroemisyjnego transportu zbiorowego w Polsce.

- Scenariusz pośredni uwzględnia minimalny pakiet działań dodatkowych, które doprowadzą do ok. 15% wzrostu liczby przewożonych pasażerów w transporcie zbiorowym do 2030 r.
- W ramach poszczególnych scenariuszy koszt inwestycyjny znajduje się w zakresie 2,168-3,077 mld zł rocznie, natomiast eksploatacyjny 5,789-7,397 mld zł rocznie. Scenariusze wiążą się też ze zmianą liczby prowadzących pojazdy od 0 do 2953 osób (efekt społeczny) i korzyścią zewnętrzną ze zmiany autobusów spalinowych na zeroemisyjne w zakresie 33-43 mln zł rocznie (efekt środowiskowy). Efekt środowiskowy będzie rósł wraz ze zmianą systemu energetycznego kraju na nisko- lub zeroemisyjny.
- W analizowanych planach i strategiach miast głównym kierunkiem jest rozwój floty autobusów zeroemisyjnych oraz rozbudowa istniejących systemów tramwajowych i trolejbusowych. Część miast, choć nie wszystkie, planuje także eksploatację pojazdów wodorowych.
- W zakresie floty zeroemisyjnej, to bateryjne autobusy elektryczne powinny stanowić podstawowy środek realizacji przewozów, a wodorowe uzupełniający, zapewniający rezerwę oraz obsługę długich kursów, których nie będą mogły być zrealizowane przez autobusy elektryczne.

6.3. Rozwiązania legislacyjne i inne wspierające rozwój

Odpowiedź na pytanie:

Pyt. 17. Jakie nowe rozwiązania legislacyjne lub inne należy wdrożyć by stworzyć korzystne warunki do rozwoju zeroemisyjnego transportu zbiorowego?

REWIZJA POSTANOWIEŃ USTAWY O ELEKTROMOBILNOŚCI I PEP 2040

Zmiana i ujednolicenie zapisów ustawy o elektromobilności i PEP2040:

- od 2025 r. nowe produkowane i kupowane w Polsce autobusy miejskie tylko zeroemisyjne,
- od 2040 r. wszystkie autobusy miejskie we flotach zeroemisyjne, we wszystkich JST.

Jak widać po przykładach wdrożeń, samorzady są gotowe do realizacji projektów transportu zeroemisyjnego, nie są to już rozwiązania testowe czy eksperymentalne, a wdrożenia na pełną skalę. Przepisy powinny dać samorządom oraz producentom jasny sygnał przejścia na transport zeroemisyjny, co będzie strategią zgodną z kierunkiem w jakim postępuje legislacja UE.

Wymóg produkcji i kupowania od 2025 roku tylko autobusów zeroemisyjnych da producentom czas na dostosowanie linii produkcyjnej oraz fabryk, by w jeszcze większym zakresie przygotowywać

pojazdy zeroemisyjne. Należy zakładać, że w większości będą to autobusy elektryczne, natomiast w mniejszym stopniu autobusy wodorowe.

Samorządy natomiast, mając jasny cel wymiany taboru na zeroemisyjny – do roku 2040, który jest odległy, ale jednocześnie na końcu okresu naturalnego cyklu życia autobusu – będą w stanie przeprowadzić proces transformacji energetycznej, bez ponoszenia zwiększonych kosztów związanych ze zbyt dużym wolumenem zamówień.

stawienie celu na rok 2040, ze strony wizerunkowej zgra się również z horyzontem strategii PEP2040, a także Propozycji Parlamentu Europejskiego nowych celów dla autobusów miejskich (redukcja emisji CO₂ o 90% do 2040 roku).

PLAN NABORÓW NA ZAKUP TABORU ZEROEMISYJNEGO

Nabory w ramach ZTP NFOŚiGW ogłaszane są co rok, wraz z dostępnym w danym roku finansowaniem. W ramach funduszy unijnych nabory na zakup autobusów ogłaszane są z reguły jednokrotnie na okres trwania perspektywy (7 lat), na początku perspektywy.

Dofinansowanie autobusów zeroemisyjnych z ZTP w opinii członków IGKM jest trudno dostępne. Limit wniosków był już zebrany 13 minut po północy, a system po wyczerpaniu limitu się zamykał. Bardzo trudne jest też zakontraktowanie autobusu w krótkich terminach tych dofinansowań.

Samorządy nie są pewne dostępności źródeł dofinansowania, „na szybko” przygotowują dokumentację, gdy pojawia się finansowanie. System powoduje pojawianie się „górk” zamówień rozłożonych na rok/2 lata po ogłoszeniu wyników naboru na projekty unijne, co prowadzi do wzrostu cen.

Należy nadać wyraźną narrację dla JST, jakie będzie dostępne finansowanie z wyprzedzeniem na kilka lat. W ramach projektu określono liczbę kupowanych pojazdów w 3 scenariuszach. Należy przyjąć jeden ze scenariuszy i na jego podstawie oszacować roczny budżet konieczny do dofinansowania pojazdów transportu zeroemisyjnego.

NOWA USTAWA PTZ,

W ramy ustawy o PTZ powinien zostać wpisany jednolity system dopłat do transportu publicznego, uwzględniający dotychczasowe ulgi ustawowe oraz fundusz FRPA. Przygotowanie projektu nowej ustawy wymaga odrębnej analizy, projektującej jej rozwiązania oraz przewidującej koszt kompletnej zmiany systemu finansowania funkcjonowania transportu publicznego w kraju.

Zmiana jest konieczna, ponieważ dotychczasowy system prowadzi do ograniczania roli komunikacji miejskiej oraz tworzenia się w obszarach metropolitalnych nowych organizatorów transportu, na przykład Grodzkie Przewozy Powiatowe, które funkcjonują w Metropolii Warszawskiej czy Bielski Powiatowy Transport w Subregionie Południowym Województwa Śląskiego.

W ramy ustawy powinno się również wpisać możliwość uruchamiania innowacyjnych usług, takich jak transport na żądanie (por. rozdział 6.5), który może służyć do rozwoju zeroemisyjnego transportu publicznego na obszarach wykluczenia komunikacyjnego.

DOFINANSOWANIE EKSPLOATACJI ZE ŚRODKÓW UNIJNYCH

W wytycznych dotyczących kwalifikowalności wydatków na lata 2021-2027, opublikowanych przez Ministra Funduszy i Polityki Regionalnej na podstawie art. 5 ust. 1 pkt 2 ustawy z dnia 28 kwietnia 2022 r. o zasadach realizacji zadań finansowanych ze środków europejskich w perspektywie finansowej 2021-2027, znajduje się rozdział o wydatkach niekwalifikowanych. Mówi on, że:

Wydatkami niekwalifikowanymi są wydatki wskazane w art. 64 rozporządzenia ogólnego, art. 7 ust. 1 i 5 rozporządzenia EFRR i FS, art. 16 ust. 1 rozporządzenia EFS+, art. 9 rozporządzenia FST oraz:

p) koszty operacyjne projektu EFRR/FS/FST, czyli wydatki ponoszone w fazie eksploatacji inwestycji (m.in. wydatki poniesione na wynagrodzenia pracowników zatrudnionych w eksploatacyjnej fazie inwestycji, wydatki na produkty podlegające szybkiemu zużyciu, wydatki na części zamienne, energię oraz środki chemiczne do wykorzystania podczas fazy eksploatacyjnej inwestycji) chyba, że zostały zatwierdzone we wniosku o dofinansowanie projektu w związku z przedmiotem i specyfiką projektu oraz poniesione w okresie kwalifikowalności wydatków określonym w umowie o dofinansowanie projektu¹⁰³.

W Rozporządzeniu Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2021/1060 z dnia 24 czerwca 2021 r., ustanawiającym wspólne przepisy dotyczące Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego, Europejskiego Funduszu Społecznego Plus, Funduszu Spójności, Funduszu na rzecz Sprawiedliwej Transformacji i [...], w art. 73 opisano Wybór operacji przez instytucję zarządzającą. W ustępie 2., jest mowa o tym, że podczas wyboru operacji instytucja zarządzająca:

d) upewnia się, czy beneficjent ma niezbędne zasoby i mechanizmy finansowe, aby pokryć koszty eksploatacji i utrzymania w odniesieniu do operacji obejmujących inwestycje w infrastrukturę lub inwestycje produkcyjne, tak by zapewnić stabilność ich finansowania.

Przeanalizowano także:

- Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2021/1056 z dnia 24 czerwca 2021 r. ustanawiające Fundusz na rzecz Sprawiedliwej Transformacji;
- Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2021/1057 z dnia 24 czerwca 2021 r. ustanawiające Europejski Fundusz Społeczny Plus (EFS+) oraz uchylające rozporządzenie (UE) nr 1296/2013;
- Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2021/1058 z dnia 24 czerwca 2021 r. w sprawie Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego i Funduszu Spójności;

¹⁰³ Minister Funduszy i Polityki Regionalnej, Wytyczne dotyczące kwalifikowalności wydatków na lata 2021-2027

- Ustawę z dnia 28 kwietnia 2022 r. (Dz. U. 2022 poz. 1079) o zasadach realizacji zadań finansowanych ze środków europejskich w perspektywie finansowej 2021-2027.

Mając na uwadze powyższe, nie ma przeszkód by oprócz dofinansowania pojazdów zeroemisyjnych, móc w okresie trwałości projektu, dofinansowywać wzrost pracy eksploatacyjnej w miastach. Warunek taki powinien pojawiać się w projektach wraz z uzyskiwaniem efektywności ekonomicznej pojedynczych zamawianych pojazdów, poprzez osiągnięcie rocznego przebiegu autobusu zeroemisyjnego na poziomie co najmniej 70 tys. km.

OPRACOWANIE PODRĘCZNIKA MODELOWEGO WDROŻENIA ZEROEMISYJNEGO TRANSPORTU AUTOBUSOWEGO

Podręcznik powinien zawierać dobre praktyki w zakresie eksploatacji autobusów elektrycznych, ukierunkowane na wzrost liczby pasażerów i maksymalizację rocznej pracy eksploatacyjnej autobusów. W szczególności należałoby dogłębnie przebadać organizację pracy pojazdów zeroemisyjnych w Jaworznie czy Sosnowcu. Zestaw rekomendacji zawartych w podręczniku powinien przeprowadzić potencjalnego operatora komunikacji miejskiej przez wszystkie kroki wdrożenia i eksploatacji transportu zeroemisyjnego i zawierać kwestie prawne, organizacyjne, ekonomiczno-finansowe i techniczne.

W zakresie wdrażania transportu opartego na wodorze, operatorom brakuje wzorcowej dokumentacji i projektu budowlanego hali oraz miejsc postojowych dla autobusów wodorowych.

Taki podręcznik i dokumentacja ułatwiłaby realizację zamówień oraz pozwoliłaby uniknąć błędów „początkującego”.

INNE MOŻLIWOŚCI WSPARCIA ROZWOJU TRANSPORTU ZEROEMISYJNEGO

W opinii IGKM w ramach NCBR powinny być opracowywane i dopracowywane poszczególne komponenty autobusów elektrycznych, a nie całe pojazdy. Wspierany powinien być krajowy przemysł komponentów, niezbędnych w autobusie elektrycznym. Przedstawiciele operatorów komunikacji miejskiej dodatkowo zaznaczali, że rozwiązania nawet rozwiązania oferowane przez zachodnich producentów są dziś niedopracowane, ponieważ w większości były opracowywane na bazie autobusów spalinowych. Dużą szansą mogłoby też być opracowanie wyposażenia autobusu wodorowego.

!

- **Możliwe do wprowadzenia rozwiązania legislacyjne to nowelizacja istniejących przepisów - ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych, ustawy o publicznym transporcie zbiorowym, ulgach ustawowych oraz o funduszu rozwoju przewozów autobusowych o charakterze użyteczności publicznej. Reformy trzech ostatnich mogą potencjalnie zapewnić wsparcie finansowe dla organizatorów przewozów na każdym poziomie podziału administracyjnego oraz doprowadzić do lepszej integracji przewozów dziś często rozbitych na komunikację miejską i międzygminną/powiatowo-gminną.**

- **Brak jednolitych wymagań krajowych: PEP 2040 - od 2025 r. w miastach od 100 tys. mieszkańców nowe autobusy zeroemisyjne, od 2030 r. wszystkie autobusy zeroemisyjne; Ustawa o elektromobilności – od 2023/2025/2025 r. poziomy 10/20/30% floty zeroemisyjnej lub napędzanej biometanem w miastach od 50 tys. mieszk.**
- **Rekomendujemy zmianę i ujednoczenie zapisów ustawy o elektromobilności i Polityki Energetycznej Polski 2040: od 2025 r. nowe rejestrowane autobusy miejskie tylko zeroemisyjne, od 2040 r. wszystkie autobusy miejskie we flotach zeroemisyjne, we wszystkich JST.**
- **Finansowanie nie może być efemeryczne ani nadmierne, są różne zasady, konkursy, itd. Konieczne jest nadanie wyraźnej narracji dla JST, jakie będzie dostępne finansowanie z wyprzedzeniem na kilka lat, poprzez przygotowanie planu naborów na konkursy – w ramach funduszy unijnych lub krajowych.**
- **Należy też opracować podręcznik, zawierający dobre praktyki w zakresie eksploatacji autobusów elektrycznych, ukierunkowane na wzrost liczby pasażerów i maksymalizację rocznej pracy eksploatacyjnej autobusów.**

6.4. Działania JST a przyspieszenie wdrożenia

Odpowiedź na pytanie:

Pyt. 18. Jakie kroki powinny zostać podjęte przez samorządy lokalne, aby przyspieszyć wdrożenie zeroemisyjnego transportu zbiorowego?

Wprowadzenie **harmonogramu wymiany taboru**, zgodnego z planowaną pracą eksploatacyjną i jednoczesnym wycofywaniem najstarszych i zarazem najbardziej szkodliwych dla środowiska jednostek powinno pomóc w osiągnięciu celu zwiększenia wykorzystania zeroemisyjnego transportu publicznego w kolejnych latach. Harmonogram wymiany taboru musi być spójny z harmonogramem zamierzeń inwestycyjnych w zakresie infrastruktury ładującej/tankującej¹⁰⁴.

Samorząd lokalny powinien **przeanalizować** czy na danym obszarze opłaca się zakupić i eksploatować ciężkie autobusy z mocnymi bateriami, które umożliwiają całodzienną jazdę bez potrzeby ładowania na pętlach z ładowarek pantografowych, czy lepiej jest wprowadzić lżejsze autobusy, które należy ładować co kilka kursów. W tym przypadku należy rozbudować sieć ładowarek szybkich rozlokowanych na pętlach tak, aby umożliwić ładowanie pojazdów bez konieczności dodatkowych przejazdów bez pasażerów po mieście w celu doładowania np. na zajezdni. Pomóc może w tym przede wszystkim zmiana układu komunikacyjnego tak, aby każda linia przynajmniej na jednej pętli miała dostęp do ładowarki. Dodatkowym elementem, który może w tym pomóc oraz obniżyć koszty budowy dodatkowych złączy i podstacji do ładowarek, jest

¹⁰⁴ M. Gromadzki [...] op. cit.

komasacja pętli autobusowych poprzez likwidację niektórych z nich, a rozbudowę pozostałych. Może to spowodować sztuczne wydłużenie tras niektórych linii, natomiast inne mogą ulec skróceniu.

W Warszawie i Hamburgu podjęto decyzje **w ramach polityki mobilności**, że nowy tabor będą stanowić wyłącznie pojazdy elektryczne.

Samorządy lokalne powinny też skupić się na **likwidacji barier** rozwoju transportu zeroemisyjnego. Z pewnością jedną z nich jest **umożliwienie kursowania** autobusów elektrycznych **pod niskimi wiaduktami**. Należałoby przeprowadzić analizy, jaki byłby koszt zagłębienia jezdni o kilkadziesiąt centymetrów. Zapewne takie prace byłyby tańsze od przebudowy wiaduktu i fragmentu linii kolejowej. Likwidacja tego typu miejsc umożliwiłaby eksploatację wyższych autobusów elektrycznych na wszystkich trasach komunikacyjnych. Podstawowym warunkiem do przeprowadzenia takich zmian jest odpowiednia wiedza i świadomość samorządów. Tak, aby organizatorzy transportu zbiorowego i przewoźnicy mieli wiedzę o tego typu miejscach. Wyniki kwestionariuszy przeprowadzonych wśród przewoźników pokazują, że brak jest tego typu informacji u wielu przewoźników.

W związku z pożądanymi wysokimi przebiegami rocznymi autobusów elektrycznych, organizatorzy transportu powinni zmienić obecnie stosowane rozkłady jazdy, a przede wszystkim rozkłady brygad tak, aby **zwiększyć efektywność użytkowanych pojazdów**. Należy wyeliminować w jak największym stopniu sytuacje, w których autobus oczekuje na odjazd z pętli przez kilkadziesiąt minut. Jest to czas, w którym autobus nie przynosi zysków, a generuje koszty – choćby osobowe w postaci kierowcy.

W ramach case study udało się również ustalić, że w niektórych miastach (Toruń czy Warszawa) **budowa trasy tramwajowej** pozwoliła na zastąpienie wielu kursów realizowanych autobusami spalinowymi przy jednoczesnym zwiększeniu prędkości podróży.

Retrofit autobusów spalinowych – w dyskusji o szybkiej zmianie taboru na zeroemisyjny pojawiają się pomysły, aby zmienić napęd kursujących obecnie autobusów spalinowych na elektryczny. Szacuje się, że osprzęt elektryczny – most, silnik elektryczny, baterie i falowniki mogą kosztować 1-1,5 mln zł. Autobusy od 2001 roku są wykonywane w konstrukcji nierdzewnej, a starsze egzemplarze mogą być bardziej wytrzymałe od nowych autobusów z ostatnich lat, które mają słabszą konstrukcję z powodu dążenia do mniejszej masy własnej pojazdu. Oznacza to jednak, że instalacja napędu elektrycznego wraz z pakietem baterii w starszym cięższym autobusie znacząco zwiększy jego masę. Autobus po konwersji napędu ze spalinowego na elektryczny testowany był w Gdańsku w 2022 roku¹⁰⁵.

¹⁰⁵ Autobus z silnikiem elektrycznym po wymianie ze spalinowego
<https://www.gdansk.pl/wiadomosci/Autobus-po-e-konwersji-na-testach-w-Gdansk-u,a,218289> [dostęp: 26.10.2023 r.]

Zastosowanie taryf dynamicznych za prąd - cena energii elektrycznych może być bardzo zmienna nawet w okresie doby. Przedsiębiorstwa mają często taryfę stałą prądu elektrycznego ustaloną w ramach przetargu. Respondenci wywiadów IDI wskazywali, że być może warto byłoby zwiększyć efektywność ekonomiczną autobusów elektrycznych poprzez ładowanie pojazdów, gdy ceny są najmniejsze w taryfach dynamicznych. Zróżnicowanie stref taryfowych ma sens w Niemczech, gdy cena zależy od źródeł pozyskiwania energii.

Wykorzystanie zużytych baterii jako magazynów energii – w sytuacji, gdy operator produkuje prąd we własnym zakresie, np. z fotowoltaiki, to nadwyżka energii mogłaby być gromadzona w magazynach, powstałych z baterii których sprawność spadła poniżej akceptowalnego w ruchu pojazdu poziomu. Podobnie, jeśli operator przeszedłby na dynamiczną stawkę za prąd, mógłby w okresie niskich cen ładować magazyny energii, a następnie pojazdy w zależności od potrzeby. Może to być interesująca alternatywa przy obecnej sytuacji, gdy ceny magazynów energii liczy się w milionach.

Niektóre miasta prowadzą **testy autobusów wodorowych** w celu uzyskania danych na temat funkcjonowania tego rodzaju napędu. Takie testy powinny być przeprowadzane przez przewoźników, gdy przez jednego z producentów zostanie wyprodukowany autobus z nowymi rozwiązaniami technicznymi.

Przykłady działań, jakie w dokumentach strategicznych umieszczają samorzady zawiera Tabela 23 (w zakresie Planów zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego) oraz Tabela 24 (w zakresie Planów zrównoważonej mobilności miejskiej - SUMP).

Tabela 23. Działania w zakresie rozwoju zeroemisyjnego transportu zbiorowego planowane przez samorzady w ramach Planów zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego

MIASTO	DZIAŁANIA
RZESZÓW	<ul style="list-style-type: none"> • Rozwój nisko- i zeroemisyjnego transportu poprzez wymianę taboru starszego niż 15-letni na nowe nisko- lub zeroemisyjne pojazdy, • dalsze ładowanie pojazdów poprzez ładowarki plug-in i z odwróconym pantografem, • w przyszłości możliwe wykorzystanie pojazdów o większej pojemności baterii (w miarę rozwoju technologii baterii), które ładowane by były tylko podczas nocnego postoju na terenie zajezdni, • wprowadzenie do eksploatacji autobusów wodorowych do 2027 roku, • opcjonalnie rozważyć budowę jednoszynowej kolei nadziemnej na wybranych odcinkach.

MIASTO	DZIAŁANIA
ZIELONA GÓRA	<ul style="list-style-type: none"> • W Zielonej Górze planuje się budowę infrastruktury do ładowania, zachęty do korzystania z pojazdów elektrycznych oraz wydzielenie buspasów i zwiększenie częstotliwości kursowania autobusów, • Mimo, że dotacje z funduszy europejskich i krajowych umożliwiają dofinansowanie zakupu autobusów wodorowych, Zielona Góra nie rozważa wprowadzenia takiego taboru do eksploatacji, a jedynie dalsze inwestycje w tabor elektryczny.
RADOM	<ul style="list-style-type: none"> • Zakup 24 autobusów elektrycznych (wraz z ładowarkami) oraz 16 zasilanych CNG w ramach Programu Rewitalizacji, zakup 50 autobusów elektrycznych (wraz z ładowarkami) w ramach Planu Gospodarki Niskoemisyjnej, zakup 11 autobusów elektrycznych (wraz z ładowarkami) w ramach programu „Zielony Transport Publiczny”, • rozważana jest budowa sieci trolejbusowej dla trolejbusów z bateriami, które część trasy podczas pracy na poszczególnych liniach pokonywałyby pobierając energię elektryczną z napowietrznej trakcji trolejbusowej, jednocześnie ładując baterie, z których energia wykorzystywana byłaby podczas jazdy odcinkami pozbawionymi sieci trakcyjnej (system „In Motion Charging”). Prawdopodobnie ten plan nie zostanie jednak zrealizowany, ze względu na konieczne duże wydatki na infrastrukturę - znacznie wyższe niż w przypadku „klasycznych” elektrobusów, • Radom w swoim Planie nie rozważa zakupu autobusów wodorowych.

Źródło: Opracowano na podstawie Planów zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego miast Rzeszowa, Zielonej Góry i Radomia.

Tabela 24. Działania w zakresie rozwoju zeroemisyjnego transportu zbiorowego planowane przez samorządy w ramach Planów zrównoważonej mobilności miejskiej (SUMP)

MIASTO	DZIAŁANIA
LUBLIN	<ul style="list-style-type: none"> • Zakup nowego lub wymiana obecnego taboru do obsługi linii komunikacyjnych na autobusy zeroemisyjne – elektryczne, wodorowe, trolejbusy lub niskoemisyjne – napędzane CNG, LNG oraz biometanem, • budowę infrastruktury zajezdniowej oraz terenowej do ładowania autobusów elektrycznych oraz tankowania autobusów wodorowych, gazowych i napędzanych biometanem, • rozbudowa infrastruktury trolejbusowej.

MIASTO	DZIAŁANIA
OLSZTYN	<ul style="list-style-type: none"> Należy kontynuować rozwój sieci tramwajowej (jako podstawowego środka transportu publicznego w mieście) i autobusowej (w roli uzupełniającej), kupować nowoczesny, niskopodłogowy tabor tramwajowy i autobusowy oraz wprowadzić do eksploatacji autobusy zeroemisyjne (elektryczne lub wodorowe) wraz z niezbędnym wyposażeniem zajezdni oraz stacjami ładowania/tankowania.
WARSZAWA	<ul style="list-style-type: none"> Zakup nowego lub wymiana obecnego taboru do obsługi linii komunikacyjnych na autobusy zeroemisyjne – elektryczne, wodorowe, trolejbusy lub niskoemisyjne – napędzane CNG, LNG oraz biometanem, budowę infrastruktury zajezdniowej oraz terenowej do ładowania autobusów elektrycznych oraz tankowania autobusów wodorowych, gazowych i napędzanych biometanem.

- **Samorządy powinny przygotować plan inwestycyjny, w oparciu o źródła dofinansowań, by w 2040 r. dojść do floty autobusowej całkowicie zeroemisyjnej. Plan powinien zawierać m.in. harmonogram wymiany floty. Analiza powinna uwzględniać wybór optymalnej postaci floty i infrastruktury do obsługi zadań przewozowych. Jak wykazała analiza, najlepszy stosunek kosztów do korzyści uzyskały autobusy bateryjne OPP od innych rodzajów taboru zeroemisyjnego.**
- **Miasta powinny też postawić na lepsze zarządzanie wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych na wzór Jaworzna. Składa się na to m.in. rozwój kadry zarządzającej, regularne badanie i monitoring przewozów celem dostosowania do zapotrzebowania i aktywne kreowanie popytu na komunikację miejską na nowych obszarach zabudowy.**
- **Pożądany jest wysoki przebieg autobusów elektrycznych, który można osiągnąć m.in. poprzez modyfikację rozkładów jazdy i zredukowanie zbędnych postojów na pętlach, co zwiększy efektywność użytkowanych pojazdów.**
- **Szczególne uwagę trzeba zwrócić na działania towarzyszące, które mogą znacznie zwiększać efektywność ekonomiczną zeroemisyjnego transportu zbiorowego. To uprzywilejowanie w ruchu autobusów, trolejbusów lub tramwajów poprzez sygnalizację świetlną (lokalnie lub budując systemy ITS), buspasy i wydzielony trasy. Walka o skrócenie czasu przejazdu jest ważna, ponieważ pozwala tym samym taborom obsłużyć większą liczbę kursów.**
- **Rozwój transportu zeroemisyjnego i zwiększenie jego efektywności powinno być powiązane z zastosowaniem nowych technologii, ułatwiających przejazd autobusom i tramwajom przez miasto. Wytyczanie buspasów, tworzenie priorytetów w sygnalizacji**

światłej dla tramwajów i autobusów na skrzyżowaniach zwiększa efektywność podjętych działań. Innym sposobem na osiągnięcie wyznaczonego celu jest rozwijanie inteligentnych systemów prowadzenia ruchu (ITS), które od lat są wprowadzane w poszczególnych miastach. Powinny być jednak przede wszystkim zorientowane na sprawne prowadzenie ruchu pojazdów transportu zbiorowego a nie pojazdów indywidualnych

6.5. Rozwiązania innowacyjne

Odpowiedź na pytanie:

Pyt. 19. Jakie innowacyjne rozwiązania mogą przyspieszyć rozwój zeroemisyjnego transportu zbiorowego w Polsce?

INNOWACYJNE ROZWIĄZANIA

W Jaworznie testowano system, który pozwala na **automatyczną wymianę baterii**, co sprawia, że nie trzeba tracić czasu na ładowanie pojazdu. Miasto również jako pierwsze w Polsce posiadało system pozwalający na ładowanie i automatyczną wymianę baterii. Jednak w sytuacji dopracowania organizacji ładowania autobusów przy pomocy pantografów w trybie OPP, projekt porzucono.

Jednym z rozwiązań wspierających technologię OPP jest zastosowanie **tzw. odwróconego pantografu**, zainstalowanego na stacji ładującej. Pantograf taki jest częścią ładowarki, podpinany do autobusu w trakcie ładowania. Dzięki temu autobus jest nieco lżejszy przez brak zamontowanego urządzenia oraz potrzeba zamówić znacznie mniej tego typu urządzeń (tyle ile punktów ładowania szybkiego), w porównaniu do potrzebnej liczby autobusów.

Rozwój technologii baterii do autobusów elektrycznych może również przyczynić się do rozwoju zeroemisyjnego transportu zbiorowego. Zwiększenie pojemności baterii, bez zwiększenia jej wagi, przyczyniłoby się do poprawy zasięgu autobusów elektrycznych, ograniczyłoby przerwy w kursowaniu potrzebne na doładowywanie pojazdów na pętlach. Nie byłoby konieczności budowy infrastruktury do ładowania na trasie przejazdu (pętlach końcowych) i uzależniania obsługi linii elektrobusem od dostępności ładowarek.

Autobusy zeroemisyjne lub trolejbusy **dwuprzegubowe** – powodują wzrost efektywności w przeliczeniu na pasażera. Barierą jest obecnie obowiązujące rozporządzenie o maksymalnych długościach pojazdów mogących poruszać się drogami publicznymi¹⁰⁶. W Polsce jedynym producentem tego typu pojazdów jest firma Solaris, który produkuje trolejbusy o długości ponad 24 m (model Trollino 24). Producent informuje, że maksymalna liczba miejsc siedzących w takim

¹⁰⁶ Rozporządzenie MI

pojeździe wynosi 68. W wyprodukowanych dla Pragi pojazdach znalazło się 179 miejsc dla pasażerów w tym 54 miejsc siedzących. Większa pojemność pojazdu zwiększa efektywność przewozu, nie zwiększając pewnych kosztów stałych, takich jak zatrudnienie kierowcy. Może stanowić to alternatywę dla miast, które nie inwestują w budowę nowej sieci tramwajowej, a chcą zapewnić wysoką zdolność przewozową pojazdami transportu publicznego na wybranym ciągu.

Wdrożenie **autobusów wodorowych** jest obecnie w początkowej fazie. W Polsce jak na razie planowana jest budowa stacji wodorowych głównie dla potrzeb tankowania wodoru do autobusów komunikacji miejskiej. Ich pojawienie się mogłoby przyspieszyć wprowadzenie autobusów wodorowych do ruchu. Operatorzy komunikacji miejskiej wskazują jednak, że obecnie zarówno paliwo, jak i pojazdy są zbyt drogie.

Czołowy polski producent autobusów, firma Solaris, buduje oddzielną halę do montażu pojazdów wodorowych.

Istotne jest źródło pozyskania wodoru i emisyjność tego procesu:

- reforming gazu – uzależnienie od dostaw gazu, ale możliwość produkcji lokalnej, w kraju lub regionie, nie jest to wodór bezemisyjny,
- elektroliza (uzyskuje się „zielony wodór” w przypadku energii z OZE) – uzależnienie się od sieci elektrycznej, każda gmina może jednak produkować wodór we własnym zakresie budując elektrolizer. Należy obliczyć koszt budowy elektrolizera i stacji tankowania. Wątpliwość budzi sprawność energetyczna takiego rozwiązania. Jeżeli produkujemy prąd z wodoru to sprawność wynosi 25% - produkcja wodoru z prądu ma sprawność 50% i doprowadzenie napędu na koła w autobusie również 50%. Czyli potrzeba 2-krotnie więcej energii do napędzania pojazdu niż w przypadku autobusu elektrycznego (baterijnego).

W przypadku montażu fotowoltaiki na terenie zajezdni należy rozważyć zmianę podejścia – czy powinno się magazynować lub oddawać energię do sieci. Nadmiar wyprodukowanej energii mógłby też zostać wykorzystany do produkcji wodoru. Należałoby zainstalować elektrolizer do jego produkcji. W ciągu dnia wodór byłby produkowany, a wieczorem autobusy wodorowe zostałyby nim zatankowane.

Producenci wskazują, że w przypadku napędów wodorowych istnieją dziś jeszcze „tereny nierozpoznane”. Przykładowo, dlaczego i jak wodór podlega pewnym zjawiskom fizyczno-chemicznym. Jest też już wiele zjawisk znanych, np. ucieczki atomów, im jest cieplej tym szybciej wodór się ulatnia, trzeba utrzymywać odpowiednią temperaturę wodoru w zbiorniku i dostosować infrastrukturę zajezdni do tankowania i postoju pojazdów. Wodór jest gazem, który stopniowo ulatnia się ze zbiornika, jeśli pojazd stoi. W efekcie pojazd musi jak najwięcej jeździć. Według norm ta ucieczka powinna trwać dłużej niż dwa tygodnie.

Podstawowa zaleta autobusu wodorowego – może mieć przydzielone do realizacji zadania przekraczające 300 wkm. Wykonuje pracę całodzienną na jednym tankowaniu, czyli pozwala

realizować takie samo zadanie, co autobusy na olej napędowy. Autobus wodorowy sprawdza się więc w miastach, gdzie zadania są długie (dużo wozokilometrów), mimo że obecnie jest droższy w eksploatacji od autobusu elektrycznego. Nie potrzeba jednak budować dodatkowej infrastruktury na terenie miasta.

Według IGKM brakuje przepisów związanych z zapleczem pojazdy wodorowe, a operatorzy działają w próżni

W Koninie na bazie rozwijania technologii wodoru budowana jest zupełnie nowa gałąź przemysłu (ZE PAK - Zespół Elektrowni „Pątnów-Adamów-Konin”). W ramach spójnych działań miejski przewoźnik MZK Konin eksploatuje jeden autobus wodorowy, który dzierżawi przez 4 lata od firmy Solaris (za kwotę 2,37 mln zł). Producent jest zobowiązany do utrzymania technicznego pojazdu. W zależności od rodzaju usterki lub awarii prace są wykonywane na terenie zajezdni albo autobus jest naprawiany u producenta, jeśli wystąpiła konieczność przeprowadzenia poważniejszych przeglądów lub napraw. Dojazd z Konina do hali naprawczej zajmuje 1,5 godziny.

Tankowanie wodoru – w przetargu przeprowadzonym zgodnie z ustawą PZP wybrany został dostawca wodoru, została nim ZE PAK S.A. (Zespół Elektrowni „Pątnów-Adamów-Konin”), która wybudowała stację tankowania wodoru oraz elektrolizer na terenie swojej elektrowni w Koninie. Wodór jest produkowany przede wszystkim ze spalania biomasy (dodatkowo spółka tworzy farmy fotowoltaiczne i wiatrowe), co nie będzie wystarczające dla uzyskania zielonego certyfikatu, jednak spółka za 12 lat ma korzystać z elektrowni atomowej. Dostawca został wybrany na 2 lata. Ustalona została stawka o wartości 70 zł netto za kilogram wodoru. Zużycie paliwa wynosi średnio 8-8,5 kg wodoru na 100 km.

W przetargu na wodór brało udział dwóch potencjalnych dostawców. Wybrano ZE PAK, natomiast drugi oferent zaoferował wybudowanie elektrolizera na terenie zajezdni ze stacją tankowania wodoru, jednak zasilany byłby prądem z sieci energetycznej, nie byłby więc to wodór produkowany z energii OZE.

MZK oprócz obszaru miasta obsługuje 6 gmin zewnętrznych, a w związku z tym ma realizowanych dużo długich zadań przekraczających nawet 400 km dziennie. Jeśli miasta obsługują tylko obszar we własnych granicach, to maksymalne zadania przewozowe dla autobusu mogą wynosić 100-150 km dziennie. W Koninie nie występuje jednak taka sytuacja.

Przewoźnik nie ma jeszcze infrastruktury naprawczej do obsługi codziennej i serwisowania tego typu pojazdów. Nie wiadomo też jakie warunki ma spełniać infrastruktura zajezdni do obsługi pojazdów wodorowych.

Żaden producent nie dostrzega zagrożenia ujemnej temperatury podczas zimy w technologii wodorowej – czyli zamarzającej wody w ogniwie paliwowym. Z tego powodu, konieczne jest podgrzewanie ogniw, żeby nie zamarzło. Pojazd musi więc odbywać postój w ciepłym garażu, a

jeżeli już zamarznie, to nieprzerwany musi być pobór energii. Pozwoli to na utrzymanie buforu w magazynach na podtrzymanie wodoru i roztopienie ewentualnego lodu.

Toyota dostarcza ogniwa paliwowe dla Mercedesa, opracowała silnik spalinowy na wodór – wtedy problem zamarzania wody w ogniwie paliwowym nie istnieje. Posiada on bowiem dużo większą sprawność niż technologia wytwarzania energii elektrycznej w ogniwie. Ogniwa są bardzo drogie i sprawność przetworzenia na energię elektryczną jest niższa niż w przypadku silnika spalinowego na wodór.

W Hamburgu działa firma Moia, która oferuje **usługi elektrycznego transportu na żądanie**. Usługa działa na podstawie algorytmu, który tak dobiera pasażerów (max 5 w jednym pojeździe), aby przewieźć jak najwięcej osób w kierunku, który pasuje jak największej liczbie osób. W niedalekiej przyszłości firma planuje wprowadzenie pojazdów autonomicznych. Rozwiązanie może stanowić pomoc w niwelowaniu wykluczenia komunikacyjnego na obszarach o niskiej gęstości zaludnienia i stanowić element dowozowy do systemu regularnego transportu publicznego (por. Rysunek 27).

Rysunek 27. Elektryczny bus usługi MOIA, która funkcjonuje niejako jak „autobusowy Uber”.



Autor: Mirosław Czerliński.

NOWI PRODUCENCI POJAZDÓW

Autobus ARP (Pilea) – polska firma Rafako z Raciborza zaprezentowała w 2019 roku średniej wielkości niskopodłogowy elektryczny autobus miejski klasy MIDI. W 2020 roku produkcję tego pojazdu przejęła spółka ARP e-Vehicles, która jest częścią Agencji Rozwoju Przemysłu.

Historia:

2018:

- Grudzień: Pierwszy pokaz autobusu elektrycznego o długości 8,6 m¹⁰⁷.
- Planowane były trzy wersje: miejska, podmiejska i szkolna¹⁰⁸.

2019:

- Październik: Pierwsza premiera modelu Rafako E-Bus w Katowicach¹⁰⁹, premiera europejska na targach Busworld w Brukseli¹¹⁰.
- Do tego czasu stworzono dwa prototypy, w tym jeden w wersji szkolnej, a w planach było ukończenie trzeciego pojazdu w wersji miejskiej do końca roku¹¹¹.
- Grudzień: Rafako E-Bus rozpoczął pierwsze jazdy testowe w MZK Toruń¹¹².

2020:

- Podpisano umowę, na mocy której spółka Rafako E-Bus została w 100% sprzedana Agencji Rozwoju Przemysłu¹¹³.

2021:

- Autobus oferowany jest pod nazwą Pilea¹¹⁴.

Konstrukcja:

Autobus został zaprojektowany w sposób modułowy, co umożliwia jego produkcję w trzech głównych wariantach: miejskim, podmiejskim i szkolnym. Ponadto, konstrukcję można dostosować do tworzenia innych modeli o różnych długościach. Autobus jest napędzany przez trójfazowy silnik

¹⁰⁷ Portal Transport Publiczny, <https://www.transport-publiczny.pl/mobile/rafako-zaprezentowalo-wlasny-elektrobus-60404.html>, data dostępu 29.09.2023

¹⁰⁸ Portal Transport Publiczny, <https://www.transport-publiczny.pl/mobile/rafako-zaprezentowalo-wlasny-elektrobus-60404.html>, data dostępu 29.09.2023

¹⁰⁹ Portal Transport Publiczny, <https://www.transport-publiczny.pl/mobile/katowice-rafako-pokazalo-autobus-elektryczny-chce-nim-podbic-rynek-62833.html>, data dostępu 29.09.2023

¹¹⁰ Portal infobus.pl, https://transinfo.pl/infobus/busworld-2019-belgijski-debiut-rafako-film-more_118297/, data dostępu 29.09.2023

¹¹¹ Portal infobus.pl, https://transinfo.pl/infobus/busworld-2019-rafako-zapowiada-trzeci-autobus-film-more_118628/, data dostępu 29.09.2023

¹¹² Portal infobus.pl, https://transinfo.pl/infobus/pierwszy-test-elektrobusa-rafako-torun-more_119875/, data dostępu 29.09.2023

¹¹³ Portal Transport Publiczny, <https://www.transport-publiczny.pl/wiadomosci/arp-finalizuje-umowe-przejecia-rafako-ebus-krok-w-strone-seryjnej-produkcji-66017.html>, data dostępu 29.09.2023

¹¹⁴ Portal Transport Publiczny, <https://www.transport-publiczny.pl/wiadomosci/tour-elektrycznej-pilei-arp-po-polsce-67919.html>, data dostępu 29.09.2023

synchroniczny DANA o mocy 140 kW. W wersji miejskiej zastosowano baterie LTO o pojemności 62,9 kWh, które cechują się krótkim czasem ładowania. Dają one możliwość przejechania około 70 km na jednym ładowaniu i można doładować je do 90% w zaledwie 15 minut. W wersjach podmiejskiej i szkolnej zastosowano baterie NMC o pojemności 142,1 kWh, co ma pozwolić na przejechanie na jednym ładowaniu 140 km (założenia są dość optymistyczne). Proces ładowania odbywa się za pomocą technologii plug-in, a także opracowywane jest ładowanie pantografem. Warto również zaznaczyć, że autobus charakteryzuje się niską wysokością, wynoszącą zaledwie około 3,2 metra¹¹⁵.

Eksploatacja:

Rafako E-Bus, pierwszy elektryczny autobus firmy, przeszedł dwutygodniowe testy w MZK Toruń w grudniu 2019 roku¹¹⁶. W 2021 roku prototypowy egzemplarz został zakupiony przez MZK Konin i włączony do ich floty autobusowej¹¹⁷.

Nesobus – grupa Polsat Plus, we współpracy z ZE PAK, zaprezentowała projekt autobusu wodorowego. Planowana produkcja ma odbywać się w Świdniku, gdzie zakład ma zdolność produkcyjną wynoszącą ponad 100 autobusów rocznie. Planowane oddanie fabryki do użytku przewidziane jest na 2024 rok¹¹⁸.

Firma ZE PAK jako pierwsza w Polsce chce produkować zielony wodór z biomasy w tym celu zakupiony został specjalny elektrolizer do produkcji wodoru przy użyciu energii wytwarzanej przez spalanie biomasy¹¹⁹. Autobus był w lipcu testowany w Częstochowie, trwają również rozmowy o tym, że w tym mieście mogłaby powstać jedna z pierwszych w kraju stacji tankowania wodorem¹²⁰.

Dane techniczne:

Zasięg sięgający do 450 km na jednym tankowaniu wodoru, którego czas tankowania wynosi jedynie 15 minut. Autobus zużywa 8 kg wodoru na 100 km. Jego długość wynosi 12 metrów, masa własna wynosi 13 ton, a wysokość - 3,4 metra. Pomieści do 93 pasażerów, z czego 37 z nich na miejscach siedzących. Co istotne, został całkowicie zaprojektowany z myślą o technologii wodorowej, co

¹¹⁵ Portal Transport Publiczny, <https://www.transport-publiczny.pl/mobile/rafako-zaprezentowalo-wlasny-elektrobus-60404.html>, data dostępu 29.09.2023

¹¹⁶ Portal infobus.pl, <https://transinfo.pl/infobus/pierwszy-test-elektrobusa-rafako-torun-more-119875/>, data dostępu 29.09.2023

¹¹⁷ Portal Transport Publiczny, <https://www.transport-publiczny.pl/wiadomosci/elektrobus-arp-pilea-juz-jezdzi-po-koninie-70960.html>, data dostępu 29.09.2023

¹¹⁸ Strona firmy Nesobus, <https://www.nesobus.pl/#/>, data dostępu 29.09.2023

¹¹⁹ Portal Transport Publiczny, <https://www.transport-publiczny.pl/wiadomosci/w-2023-r-w-swidniku-ruszy-produkcja-autobusow-wodorowych-polsatu-76061.html>, data dostępu 29.09.2023

¹²⁰ Strona Wyborcza Częstochowa, <https://czestochowa.wyborcza.pl/czestochowa/7,84749,30003095,po-czestochowie-jezdzi-zeroemisyjny-autobus-wodorowy-z-rury.html>, data dostępu 29.09.2023

umożliwia łatwą adaptację, np. zamianę zbiorników na wodór o wyższym ciśnieniu w celu zwiększenia zasięgu¹²¹.

W Planie zrównoważonego rozwoju transportu publicznego Miasto Rzeszów przewiduje do 2030 roku zakupić i wprowadzić do eksploatacji pierwsze autobusy zeroemisyjne wyposażone w ogniwa paliwowe. Paliwem w tych pojazdach będzie wodór dostarczany przez Grupę Lotos SA lub innego dostawcę. Stacja tankowania wodorem pojazdów zeroemisyjnych z ogniwami paliwowymi zainstalowana byłaby prawdopodobnie na zajezdni autobusowej przy ul. Lubelskiej albo opcjonalnie na wybranej stacji paliw LOTOS. Jest to jedyny z analizowanych dokumentów, w których pojawiła się informacja o dostawcy paliwa, przed zakupem autobusów wodorowych¹²².

Autosan sp. z o.o. oraz konsorcjum Łukasiewicz – Przemysłowy Instytut Motoryzacji podpisały w kwietniu 2020 roku umowę z Narodowym Centrum Badań i Rozwoju na dofinansowanie kwotą ponad 5 mln zł projektu „**Autobus z tylnym, zewnętrznym, elektrycznym układem napędowym**”. Celem projektu było zaprojektowanie i zbudowanie autobusu elektrycznego ze źródłem energii wydzielonym poza przestrzeń zabudowy – założono, że nie może zajmować przestrzeni wewnątrz pojazdu (np. pod siedzeniami pasażerskimi) ani na dachu. Dzięki temu chciano osiągnąć znacznie większy zasięg autobusu oraz obniżyć koszty eksploatacji. Dzięki wymiennemu magazynowi energii może on zostać ładowany w godzinach, w których prąd jest tańszy. Założono również, że spowoduje to zwiększenie możliwości eksploatacji autobusów elektrycznych w przewozach lokalnych, regionalnych i krajowych¹²³. We wrześniu 2023 r. została zakończona budowa prototypowego autobusu. Umieszczenie baterii z tyłu autobusu zamiast na dachu spowodowało zmniejszenie całkowitej wysokości pojazdu do standardowej w przypadku autobusów z silnikiem diesla. Oznacza to umożliwienie eksploatacji autobusów na drogach ze znacznym ograniczeniem wysokości przejazdu.

!

- **Niektóre rozwiązania, takie jak instalacja odwróconego pantografu na stacji ładowania szybkiego czy linie automatycznej wymiany baterii mogą przyczynić się do poprawy konkurencyjności autobusów elektrycznych. Ich znaczenie nie jest jednak duże.**
- **Wdrożenie autobusów wodorowych w Polsce jest obecnie w początkowej fazie. Operatorzy komunikacji miejskiej wskazują jednak, że dziś zarówno paliwo, jak i pojazdy są zbyt drogie. Potwierdził to też model pojazdów zeroemisyjnych wykonany w ramach niniejszego projektu.**

¹²¹ Strona firmy Nesobus, <https://www.nesobus.pl/#/>, data dostępu 29.09.2023

¹²² Plan zrównoważonego rozwoju transportu publicznego [...] dla Miasta Rzeszowa [...] op. cit.

¹²³ Autosan – projekt autobusu z zewnętrznym elektrycznym układem napędowym <https://autosan.pl/projekt-p-n-autobus-z-tylnym-zewnetrznym-elektrycznym-ukladem-napedowym/> data dostępu: 19.09.2023 r.

- **Dalszy rozwój technologii szybkiego ładowania może przyczynić się do ograniczenia czasu potrzebnego na ładowanie pojazdu na pętli pomiędzy kursami. Zwiększenie pojemności baterii przy tej samej wadze (zwiększenie gęstości energii) zwiększy zasięg pojazdów oraz zmniejszy zapotrzebowanie na budowę infrastruktury do ładowania na pętlach.**
- **Interesujące są projekty elektrycznego (a w przyszłości też autonomicznego) transportu publicznego na żądanie. Małe busy funkcjonują już w miastach niemieckich pod postacią usługi MOIA, która poprzez współdzielenie podróży pozwala kilku osobom odbyć podróż między punktami A i B, w odpowiedzi na zgłoszone zapotrzebowanie w określonym czasie. Rozwiązanie może stanowić pomoc w niwelowaniu wykluczenia komunikacyjnego na obszarach o niskiej gęstości zaludnienia i stanowić element dowozowy do systemu regularnego transportu publicznego.**

6.6. Jak osiągnąć wzrost liczby pasażerów transportu publicznego w Polsce?

Odpowiedź na pytanie:

Pyt. 20. W jaki sposób rozwijać zeroemisyjny transport zbiorowy, tak by doprowadzić nie tylko do realizacji celów klimatycznych UE, ale też oczekiwanego wzrostu liczby pasażerów transportu publicznego w Polsce, zakładanego w SRT 2030?

FAZA IDENTYFIKACJI

Podstawowym czynnikiem, który przyczynia się do wzrostu liczby pasażerów transportu publicznego jest zwiększenie pracy przewozowej oraz zwiększenie częstotliwości kursowania autobusów. Dlatego też należy tak rozwijać zeroemisyjny transport zbiorowy, aby w jak największym stopniu wykorzystywać posiadane autobusy zmniejszając dzięki temu udział kosztów stałych. Dzięki temu może się okazać, że np. 30 posiadanych autobusów elektrycznych może zrealizować kursy na 6 liniach zamiast na 4, dzięki odpowiedniemu rozplanowaniu brygad oraz infrastruktury ładującej. Zaoszczędzone pieniądze należy wykorzystać na rozszerzenie i/lub wzmocnienie siatki połączeń.

Drugi czynnik jest niezależny od rodzaju napędu autobusu – wzmocnienie priorytetu przejazdu autobusów przez obszar miasta. Autobusy elektryczne są w zakupie droższe od spalinowych. Tym bardziej powinny być one właściwie wykorzystywane, a nie tkwić w zatorach drogowych. Uprzywilejowanie autobusów w ruchu poprzez wytyczanie buspasów, tworzenie śluz dla autobusów na skrzyżowaniach oraz tworzenie priorytetów w sygnalizacji świetlnej spowoduje przyspieszenie przejazdu. Może to spowodować zmniejszenie zapotrzebowania pojazdów na danej linii, dzięki czemu będzie można zwiększyć częstotliwość lub rozwinąć siatkę połączeń.

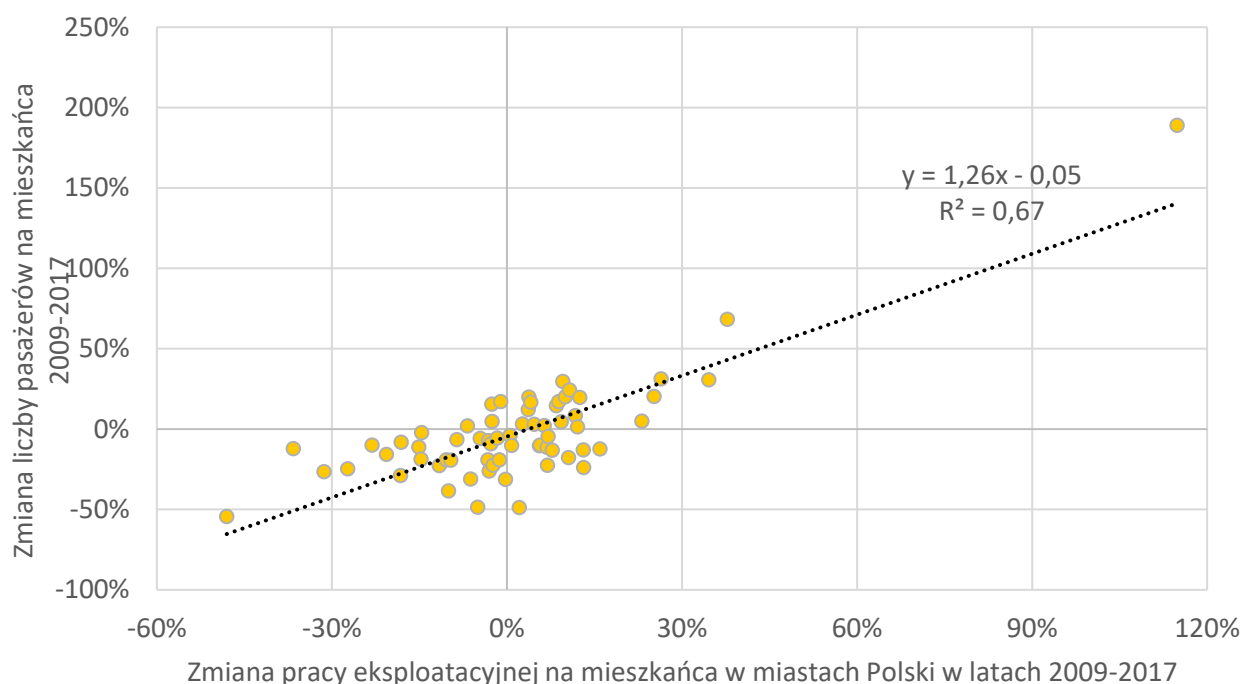
Jeżeli to możliwe i ma to sens to wskazana jest budowa tras tramwajowych w miejscach, gdzie zastępują one dużo kursów realizowanych pojazdami z silnikami spalinowymi. W przypadku trasy tramwajowej na Winnicę w Warszawie zastąpiono tę samą liczbę brygad autobusowych brygadami tramwajowymi. Jako że tramwaj porusza się po wydzielonej infrastrukturze oraz zabiera więcej pasażerów na pokład niż autobus, jest w stanie przewieźć więcej pasażerów w krótszym czasie. Z pewnością inwestycja w trasę tramwajową oraz w tabor zwiększona została atrakcyjność podróży, co mogło się przyczynić do zwiększenia liczby pasażerów podróżujących transportem publicznym.

PROGNOZA ROZWOJU TRANSPORTU ZEROEMISYJNEGO

W ramy prognozy zawarto funkcję uzależniającą zmianę liczby pasażerów transportu publicznego (y) w zależności od zmiany pracy eksploatacyjnej (x). W ramach pracy habilitacyjnej dr. hab. Michała Wolańskiego udało się w wyniku analizy regresji ustalić zależność liniową o wysokim stopniu dopasowania ($R^2=0,67$). Zależność tą przedstawia Rysunek 28.

Efektywne zarządzanie ofertą przewozową, poprzez narzędzia, które określono już w ramach rozdziału 6.4, to podstawowe narzędzie prowadzące do wzrostu liczby pasażerów transportu publicznego. W związku z tym, wdrożenie transportu zeroemisyjnego powinno prowadzić do wzrostu pracy eksploatacyjnej. W ramach prognozy wyznaczono, że osiągnięcie poszczególnych celów zmiany liczby pasażerów wymaga określonego wzrostu pracy eksploatacyjnej. Zestawia to Tabela 25.

Rysunek 28. Zależność zmiany liczby pasażerów w miastach Polski od zmiany pracy eksploatacyjnej wyznaczona dla lat 2009-2017.



Źródło: M. Wolański, Skuteczność interwencji publicznej w zakresie mobilności miejskiej.

Tabela 25. Wyznaczenie koniecznego poziomu wzrostu pracy eksploatacyjnej na podstawie planowanego wzrostu liczby pasażerów.

SCENARIUSZ	ZMIANA LICZBY PASAŻERÓW	ZMIANA PRACY EKSPLOATACYJNEJ
1 – status quo	-5%	0%
2 – pośredni	+15%	16%
3 – SRT2030	+30%	28%

Źródło: opracowanie własne na podstawie prognozy rozwoju transportu zeroemisyjnego.

- Przeprowadzono prognozę rozwoju zeroemisyjnego transportu zbiorowego w Polsce, a podstawowym warunkiem uzyskania wzrostu liczby przewożonych pasażerów jest wzrost pracy eksploatacyjnej. W poszczególnych scenariuszach uzyskano następujące rezultaty:
 - 1) Status quo – spadek liczby pasażerów o 5% - brak zmian pracy eksploatacyjnej,
 - 2) Pośredni - wzrost liczby pasażerów o 15% - wzrost pracy eksploatacyjnej o 20%,
 - 3) SRT2030 - wzrost liczby pasażerów o 30% - wzrost pracy eksploatacyjnej o 28%.
- Konieczne może być poszukiwanie alternatywnych źródeł dofinansowania zwiększania pracy eksploatacyjnej, zwłaszcza w krótkim okresie (pomostowo zasadna jest negocjacja środków z ETS2, NFOŚiGW itp. źródeł), ze względu na znaczny jej wpływ na efektywność działań inwestycyjnych i klimatycznych. Długofalowo – konieczne zapewnienie finansowania operacyjnego z budżetu państwa lub samorządów, na innej podstawie niż ma miejsce to dzisiaj (ulgi ustawowe i fundusz FRPA, dezintegrujący transport w Polsce).



7. Wnioski i rekomendacje

7.1. Główne wnioski i rekomendacje

Wnioski i rekomendacje opracowano z wykorzystaniem technik i metod charakterystycznych dla ewaluacji opartej na teorii zmiany.

W jej ramach odpowiedziano na następujące pytania:

- Jaka jest natura problemu, który należy rozwiązać?
- Co musi się wydarzyć, aby nastąpiła zmiana? Kto i jakie działania musi podjąć?
- Skąd będziemy wiedzieć, że nastąpiła zmiana?
- Jak to zmierzyć? I kiedy?
- Gdzie chcemy dotrzeć? Co się zmieni w zakładanym czasie?

W przypadku każdej z rekomendacji przedstawiono również scenariusz alternatywny – sytuację, w której nie zostaną podjęte rekomendowane działania oraz jego potencjalne następstwa.

Tabela 26 zawiera natomiast rozwinięcie propozycji zmian legislacyjnych i pozalegisacyjnych wraz z harmonogramem, potencjalnymi skutkami i kosztem wdrożenia oraz wskazaniem beneficjentów.

Rekomendacja 1. Rewizja postanowień PEP2040 oraz przejrzyste przepisy – 100% zeroemisyjnej floty w 2040, nie 2030 roku

	Jaka jest natura problemu, który należy rozwiązać?	Adresat i jakie działania powinien podjąć?	Skąd będziemy wiedzieć, że nastąpiła zmiana?	Jak to zmierzimy? I kiedy?	Gdzie chcemy dotrzeć? Co się zmieni w zakładanym czasie?
Teoria zmiany	<p>UE - nowy autobus miejski od 2030 r. musi być zeroemisyjny, od 2040 r. autobusy redukują emisję CO₂ o 90%. Cel na poziomie kraju.</p> <p>Brak jednolitości wymagań krajowych: PEP 2040 - od 2025 r. w miastach od 100 tys. mieszkańców nowe autobusy zeroemisyjne, od 2030 r. wszystkie autobusy zeroemisyjne; Ustawa o elektromobilności – od 2023/2025/2025 r. poziomy 10/20/30% floty zeroemisyjnej lub napędzanej biometanem w miastach od 50 tys. mieszk.</p>	<p>MI, MF, MKiŚ – zmiana i ujednolicenie zapisów ustawy o elektromobilności i PEP2040: od 2025 r. nowe produkowane i kupowane w Polsce autobusy miejskie tylko zeroemisyjne, od 2040 r. wszystkie autobusy miejskie we flotach zeroemisyjne, we wszystkich JST.</p>	<p>Obserwacja zakupów i stanu floty autobusów.</p>	<p>Udział autobusów miejskich zeroemisyjnych w całej flocie pojazdów.</p> <p>Pomiar co 2 lata wartości wskaźnika we wszystkich JST.</p>	<p>Od 2025 r. miasta kupują tylko autobusy miejskie zeroemisyjne, natomiast od 2040 r. wszystkie autobusy miejskie są zeroemisyjne.</p> <p>Scenariusz realny w realizacji.</p>
Scenariusz alternatywny - negatywny	<p>Cele postawione przez rząd są do osiągnięcia na poziomie każdego JST oddzielnie, są one dużo bardziej restrykcyjne od unijnych.</p> <p>Tak szybka wymiana floty autobusowej (w 6 lat) nie ma podstawy ekonomicznej i będzie kosztować więcej niż w naturalnym okresie wymiany autobusów.</p>	<p>MI, MF, MKiŚ – utrzymanie obecnych zapisów ustawy o elektromobilności i PEP2040.</p>	<p>Obserwacja zakupów i stanu floty autobusów.</p>	<p>Udział autobusów miejskich zeroemisyjnych w całej flocie pojazdów.</p> <p>Pomiar co 2 lata wartości wskaźnika we wszystkich JST.</p>	<p>Od 2025 r. miasta pow. 100 tys. mieszk. kupują tylko autobusy zeroemisyjne, natomiast od 2030 r. wszystkie autobusy w tych miastach są zeroemisyjne.</p> <p>Scenariusz mało realny w realizacji.</p>

Rekomendacja 2. Finansowanie inwestycyjne nie może być ani efemeryczne, ani nadmierne

	Jaka jest natura problemu, który należy rozwiązać?	Adresat i jakie działania powinien podjąć?	Skąd będziemy wiedzieć, że nastąpiła zmiana?	Jak to zmierzimy? I kiedy?	Gdzie chcemy dotrzeć? Co się zmieni w zakładanym czasie?
Teoria zmiany	<p>Nabory w ramach ZTP NFOŚiGW ogłaszane są co rok, wraz z dostępnym w danym roku finansowaniem.</p> <p>W ramach funduszy unijnych nabory na zakup autobusów ogłaszane są z reguły jednokrotnie na okres trwania perspektywy (7 lat), na początku perspektywy.</p> <p>Samorządy nie są pewne dostępności źródeł dofinansowania, „na szybko” przygotowują dokumentacje, gdy pojawia się finansowanie.</p>	<p>MKiŚ, MFiPR, MI, CUPT – finansowanie nie może być efemeryczne ani nadmierne, są różne zasady, konkursy, itd. Nadanie wyraźnej narracji dla JST, jakie będzie dostępne finansowanie z wyprzedzeniem na kilka lat.</p> <p>Samorządy – znając przepisy z Rekomendacji 1, przygotowują plan inwestycyjny, w oparciu o źródła dofinansowań, by w 2040 r. dojść do floty autobusowej całkowicie zeroemisyjnej.</p>	<p>Powstanie plan dofinansowań na wymianę autobusów spalinowych, z rozpisanyymi funduszami dostępnymi na dany rok.</p> <p>Nabory na dofinansowanie zakupu autobusów elektrycznych będą ogłaszane co rok, również w ramach funduszy unijnych.</p>	<p>Plan dofinansowań powinien powstać w I kwartale 2024 r.</p> <p>Nabory w ramach ww. planu od 2024 r.</p>	<p>System naborów na autobusy zeroemisyjne nie będzie zwiększał cen pojazdów i infrastruktury – stały wolumen zamówień w skali roku.</p>
Scenariusz alternatywny - negatywny	<p>System powoduje pojawianie się „górk” zamówień rozłożonych na rok/2 lata po ogłoszeniu wyników naboru na projekty unijne, co prowadzi do wzrostu cen.</p> <p>Wielkość luki finansowej między autobusem spalinowym a zeroemisyjnym może pokryć dofinansowanie od poziomu 35%.</p>	<p>MKiŚ, MFiPR, MI, CUPT – epizodyczne ogłaszanie naborów w programie ZTP oraz jednokrotne na autobusy elektryczne w ramach funduszy unijnych.</p> <p>Samorządy – reaktywne przygotowanie wniosków do naborów, w zależności od dostępnego finansowania.</p>	<p>Brak planu dofinansowań na wymianę autobusów.</p> <p>Nabory ogłaszane tak jak dotychczas.</p>	<p>Brak zmian w systemie naborów na wymianę autobusów na zeroemisyjne.</p>	<p>System naborów na autobusy zeroemisyjne będzie zwiększał ceny pojazdów i infrastruktury – sinusoida wolumenu zamówień uzależniona od środków w ramach naboru ZTP w danym roku oraz cyklu perspektyw funduszy unijnych.</p>

Rekomendacja 3. Tabor elektryczny musi dużo kursować – zarządzanie i walka o efektywność ekonomiczną przedsięwzięć

	Jaka jest natura problemu, który należy rozwiązać?	Adresat i jakie działania powinien podjąć?	Skąd będziemy wiedzieć, że nastąpiła zmiana?	Jak to zmierzmy? I kiedy?	Gdzie chcemy dotrzeć? Co się zmieni w zakładanym czasie?
Teoria zmiany	<p>Autobus elektryczny, droższy w zakupie, jest tańszy w eksploatacji od autobusu z napędem spalinowym.</p> <p>Autobusy elektryczne przynoszą korzyść ekonomiczną względem autobusów spalinowych, gdy rocznie przejeżdżają ponad 55-60 tys. kilometrów w obsłudze pasażerów (ponad 150-165 km dziennie).</p> <p>Wraz ze wzrostem rocznego przebiegu – rosną korzyści ekonomiczne z eksploatacji autobusów elektrycznych, natomiast maleją korzyści z autobusów wodorowych.</p>	<p>Samorządy – lepsze zarządzanie wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych na wzór Jaworzna. Rozwój kadry zarządzającej, regularne badanie i monitoring przewozów celem dostosowania do zapotrzebowania i aktywne kreowanie popytu na komunikację miejską na nowych obszarach zabudowy. Autobusy elektryczne jako podstawowy środek realizacji przewozów, a wodorowe jako uzupełniający, zapewniający rezerwę oraz obsługę długich kursów, których nie zrealizuje autobus elektryczny.</p>	<p>Wzrost średniej rocznej pracy eksploatacyjnej autobusu komunikacji miejskiej.</p>	<p>Wskaźnik statystyczny wyznaczony rok do roku na podstawie:</p> <ul style="list-style-type: none"> - rocznej pracy eksploatacyjnej w sieci autobusowej, - liczby pojazdów w ruchu. 	<p>Średnia roczna praca eksploatacyjna autobusu komunikacji miejskiej w Polsce przekraczająca 65 tys. km.</p>
Scenariusz alternatywny - negatywny	<p>Ze względu na niską energię baterii, w wielu miastach autobusy elektryczne wykonują zadania szczytowe i przejeżdżają dziennie mniej niż 150 km, co wyklucza ich efektywne ekonomiczne wykorzystanie.</p>	<p>Samorządy – pogarszająca się efektywność ekonomiczna komunikacji miejskiej na skutek wzrostu udziału autobusów elektrycznych we flocie, większa liczba pojazdów potrzebna do obsługi tego samego zadania przewozowego. Brak zarządzania wykorzystaniem autobusów elektrycznych, a w szczególności brak optymalizacji tadowania.</p>	<p>Spadek lub brak zmiany średniej rocznej pracy eksploatacyjnej autobusu komunikacji miejskiej.</p>	<p>Wskaźnik statystyczny wyznaczony rok do roku na podstawie:</p> <ul style="list-style-type: none"> - rocznej pracy eksploatacyjnej w sieci autobusowej, - liczby pojazdów w ruchu. 	<p>Średnia roczna praca eksploatacyjna autobusu komunikacji miejskiej w Polsce mniejsza niż 65 tys. km.</p>

Rekomendacja 4. Opracowanie podręcznika modelowego wdrożenia zeroemisyjnego transportu autobusowego

	Jaka jest natura problemu, który należy rozwiązać?	Adresat i jakie działania powinien podjąć?	Skąd będziemy wiedzieć, że nastąpiła zmiana?	Jak to zmierzimy? I kiedy?	Gdzie chcemy dotrzeć? Co się zmieni w zakładanym czasie?
Teoria zmiany	<p>Nieefektywne ekonomiczne wykorzystanie autobusów elektrycznych – opisane w Rekomendacji 3.</p> <p>Tymczasem są przykłady wdrożeń w kraju, gdzie autobusy elektryczne przejeżdżają rocznie nawet ponad 90 tys. kilometrów – Jaworzno czy Sosnowiec.</p> <p>U operatorów komunikacji miejskiej brak jest wiedzy jak zarządzać autobusami elektrycznymi, w szczególności procesem ich ładowania.</p>	<p>MI, MKiŚ, MFiPR – opracowanie podręcznika, zawierającego dobre praktyki w zakresie eksploatacji autobusów elektrycznych, ukierunkowane na wzrost liczby pasażerów i maksymalizację rocznej pracy eksploatacyjnej autobusów.</p> <p>Samorządy – wdrożenie rozwiązań rekomendowanych w podręczniku, uniknięcie błędów „początkujących”.</p>	<p>Zmiana (wzrost) liczby pasażerów i średniej rocznej pracy eksploatacyjnej autobusów komunikacji miejskiej.</p>	<p>Wskaźniki statystyczne mierzone rok do roku:</p> <ul style="list-style-type: none"> - roczna liczba pasażerów w transporcie publicznym, - roczna praca eksploatacyjna na pojazd w ruchu w wozokilometrach. 	<p>Przekroczenie liczby pasażerów co najmniej z 2022 roku przy wzroście pracy eksploatacyjnej na pojazd.</p>
Scenariusz alternatywny - negatywny	<p>Poziom wiedzy jest szczególnie niski u małych operatorów, a to przed nimi stoi największe wyzwanie wzrostu pracy eksploatacyjnej w przeliczeniu na autobus.</p>	<p>MI, MKiŚ, MFiPR – brak działania.</p> <p>Samorządy – popełnianie błędów „początkujących” – obsługa taborem elektrycznym zadań szczytowych, liczne zjazdy do zajezdni na ładowanie, zwiększanie liczby brygad by obsłużyć ten sam rozkład jazdy wcześniej obsługiwanym taborem spalinowym, autobusy elektryczne stojące w zatorach drogowych.</p>	<p>Zmiana (spadek) liczby pasażerów i średniej pracy eksploatacyjnej autobusów komunikacji miejskiej.</p>	<p>Wskaźniki statystyczne mierzone rok do roku:</p> <ul style="list-style-type: none"> - roczna liczba pasażerów w transporcie publicznym, - roczna praca eksploatacyjna na pojazd w ruchu w wozokilometrach. 	<p>Regres liczby pasażerów w stosunku do 2022 roku przy zmniejszonej pracy eksploatacyjnej na pojazd.</p>

Rekomendacja 5. Transport zbiorowy potrzebuje stabilnego finansowania bieżącego, nie tylko inwestycyjnego

	Jaka jest natura problemu, który należy rozwiązać?	Adresat i jakie działania powinien podjąć?	Skąd będziemy wiedzieć, że nastąpiła zmiana?	Jak to zmierzmy? I kiedy?	Gdzie chcemy dotrzeć? Co się zmieni w zakładanym czasie?
Teoria zmiany	<p>Środki na eksploatację w miastach rosną nieproporcjonalnie wolniej do wzrostu kosztów inwestycyjnych.</p> <p>Co raz większą część budżetów transportowych miast stanowią inwestycje, a nie eksploatacja.</p> <p>Miasta borykają się z rosnącym kosztem wozokilometra, również na skutek nieefektywnego wdrażania autobusów elektrycznych.</p>	<p>MI, MF, MFiPR - poszukiwanie alternatywnych źródeł dofinansowania zwiększania pracy eksploatacyjnej, zwłaszcza w krótkim okresie (pomostowo zasadna jest negocjacja środków z ETS2, NFOŚiGW itp. źródeł), ze względu na znaczny jej wpływ na efektywność działań inwestycyjnych i klimatycznych.</p> <p>Długofalowo – konieczne zwiększenie finansowania operacyjnego z budżetu państwa lub samorządów.</p>	<p>Zmiana (wzrost) pracy eksploatacyjnej, wydatków bieżących i rocznej liczby pasażerów.</p>	<p>Wskaźniki mierzone rok do roku:</p> <ul style="list-style-type: none"> - roczna praca eksploatacyjna w wozokilometrach, - wydatki bieżące i inwestycyjne na transport miejski, - roczna liczba pasażerów w transporcie publicznym. 	<p>Wzrost pracy eksploatacyjnej komunikacji miejskiej.</p> <p>Wzrost wydatków bieżących na transport miejski w stosunku do inwestycji.</p> <p>Osiągnięcie wzrostu liczby pasażerów o co najmniej 30% w 2040 r. względem 2022.</p>
Scenariusz alternatywny - negatywny	<p>Wśród przyczyn rosnących kosztów leży też inflacja, wzrost presji płacowej ze strony prowadzących, niestabilne ceny energii.</p>	<p>MI, MF, MFiPR – utrzymanie obecnego modelu finansowania transportu publicznego. Słaba dynamika rozwoju oferty przewozowej.</p>	<p>Zmiana (spadek) pracy eksploatacyjnej, wydatków bieżących i rocznej liczby pasażerów.</p>	<p>Wyżej wymienione wskaźniki mierzone rok do roku.</p>	<p>Regres pracy eksploatacyjnej komunikacji miejskiej.</p> <p>Spadek wydatków bieżących na transport miejski w stosunku do inwestycji.</p> <p>Regres liczby pasażerów w stosunku do 2022 roku.</p>

Rekomendacja 6. Nowa ustawa PTZ i ujednoczenie systemu ulg i dopłat (w tym FRPA)

	Jaka jest natura problemu, który należy rozwiązać?	Adresat i jakie działania powinien podjąć?	Skąd będziemy wiedzieć, że nastąpiła zmiana?	Jak to zmierzimy? I kiedy?	Gdzie chcemy dotrzeć? Co się zmieni w zakładanym czasie?
Teoria zmiany	<p>Pogłębia się dezintegracja transportu publicznego na terenach MOF poprzez powoływanie związków powiatowo-gminnych z pominięciem komunikacji miejskiej organizowanej przez miasta.</p> <p>Źródłem problemów jest konstrukcja finansowania, która nie obejmuje komunikacji miejskiej (wyklucza refundacje ulg ustawowych i fundusz celowy - FRPA).</p>	<p>MI i MF - opracowanie przepisów krajowych dotyczących transportu publicznego, które ujednoczą system ulg i dopłat, umożliwiając realną integrację systemów komunikacji miejskiej i regionalnej.</p> <p>Samorządy – nawiązanie lub pogłębienie współpracy międzysamorządowej w ramach związków i porozumień JST.</p>	<p>Nowa ustawa o publicznym transporcie zbiorowym, zawierająca w sobie zintegrowany model finansowania.</p> <p>Tworzenie się nowych związków lub porozumień JST obejmujących całe MOF.</p>	<p>1. Uchwalenie nowej ustawy o publicznym transporcie zbiorowym.</p> <p>2. Liczba związków lub porozumień JST celem organizacji transportu publicznego.</p>	<p>1. Obowiązywanie przepisów ujednoczających organizację i finansowanie transportu publicznego.</p> <p>2. Związki i porozumienia JST celem organizacji transportu publicznego obejmujące cały kraj.</p>
Scenariusz alternatywny - negatywny	<p>Istotna jest współpraca miast z gminami MOF, ponieważ mieszkańcy tych gmin z reguły korzystają z samochodów w dojeździe do miast.</p>	<p>MI i MF – utrzymanie obecnego systemu prawnego.</p> <p>Samorządy - kontynuacja projektów nastawionych na współpracę międzysamorządową w ramach np. ZIT lub SUMP.</p>	<p>Tworzenie się nowych związków lub porozumień JST w obecnym systemie prawnym.</p>	<p>Liczba związków lub porozumień JST celem organizacji transportu publicznego.</p>	<p>Związki i porozumienia JST celem organizacji transportu publicznego obejmujące wybrane obszary kraju – defragmentacja współpracy.</p>

Tabela 26. Propozycje regulacji lub zmian wraz z harmonogramem wdrożenia, spodziewanym efektem, kosztem regulacji i beneficjentami.

L.P	TREŚĆ REGULACJI LUB ZMIANY	WDROŻENIE W RAMACH SCENARIUSZA PROGNOZY	HARMONOGRAM WDROŻENIA	SPODZIEWANY EFEKT	KOSZT REGULACJI	BENEFICJENT
1	<p>Rewizja postanowień PEP 2040 i ustawy o elektromobilności:</p> <ul style="list-style-type: none"> - od 2025 r. nowe produkowane i kupowane w Polsce autobusy miejskie tylko zeroemisyjne - od 2040 r. wszystkie autobusy miejskie we flotach zeroemisyjne, we wszystkich JST 	SRT2030 i pośredni	Uchwalenie w I połowie 2024 r.	Uzyskanie zeroemisyjnej floty autobusowej w miastach do 2040 roku	Pośredni – dla samorządów wymiany floty pojazdów, minimum 25,8 mld zł za 7363 autobusów w okresie 15 lat wymiany od 2025 roku	Brak

L.P	TREŚĆ REGULACJI LUB ZMIANY	WDROŻENIE W RAMACH SCENARIUSZA PROGNOZY	HARMONOGRAM WDROŻENIA	SPODZIEWANY EFEKT	KOSZT REGULACJI	BENEFICJENT
2	Nowa ustawa PTZ integrująca system dopłat do usług PTZ, zastępująca Fundusz Rozwoju Przewozów Autobusowych oraz ulgi ustawowe; zapewniająca	SRT2030 i pośredni	Do końca 2024 r.	Przebudowa systemu finansowania transport publicznego – integracja komunikacji miejskiej i gminnej / powiatowo-gminnej w ramy transportu miejskich obszarów funkcjonalnych	Wymagający odrębnej analizy	Wszystkie szczeble JST

ANALIZA ROZWOJU ZEROEMISYJNEGO, ZBIOROWEGO
TRANSPORTU DROGOWEGO W POLSCE
(AUTOBUSY, TROLEJBUSY, TRAMWAJE)

L.P	TREŚĆ REGULACJI LUB ZMIANY	WDROŻENIE W RAMACH SCENARIUSZA PROGNOZY	HARMONOGRAM WDROŻENIA	SPODZIEWANY EFEKT	KOSZT REGULACJI	BENEFICJENT
3	Opracowanie podręcznika modelowego wdrożenia zeroemisyjnego transportu autobusowego	SRT2030 i pośredni	Do końca 2024 r.	Lepsze zarządzanie i wdrażanie transportu zeroemisyjnego przez JST.	200-300 tys. zł netto	Wszystkie szczeble JST

Źródło: opracowanie własne.



7.2. Pozostałe wnioski i rekomendacje

Utrzymanie poziomu środków na komunikację tramwajową

Adresat – CUPT, PARP, MFiPR, Samorządy

Harmonogram – Perspektywa 2021-2027 oraz 2028+

Problem - W czasie transformacji floty autobusowej na zeroemisyjną miasta zwracały uwagę, że nadal niedoinwestowana jest komunikacja tramwajowa w polskich miastach.

Rekomendacja:

CUPT, PARP, MFiPR - W ramach funduszy unijnych na lata 2021-2027 oraz 2028+ należy utrzymać poziom finansowania, który miał miejsce w perspektywie 2014-2020. Priorytet powinna mieć budowa nowych korytarzy tramwajowego transportu zeroemisyjnego, pozwalających na zastąpienie dużej liczby autobusów spalinowych, ale też modernizacja dziś funkcjonujących korytarzy zapewniających duże potoki pasażerów. Nie powinno się jednak modernizować korytarzy, gdzie wyniki przewozowe tramwajów są mierne.

Przykładem perspektywicznych tras, zapewniających duży potok pasażerski i realizowanych w ramach funduszy 2014-2020 był tramwaj do osiedla JAR w Toruniu, na Winnicę i do Wilanowa w Warszawie.

Samorządy - Miasta posiadające komunikację tramwajową powinny przeprowadzić analizę docelowej sieci komunikacji tramwajowej. W zakresie takiej analizy w pierwszej kolejności powinno sprawdzić się efektywność ekonomiczną funkcjonowania obecnych korytarzy tej komunikacji, również w perspektywie zapisów planów zagospodarowania przestrzennego i zmian w zabudowie przy tych korytarzach – wyznaczając wskaźnik efektywności liczby przewożonych pasażerów na kilometr trasy. W ramach rekomendacji powinno się określić korytarze, na których efektywność transportu tramwajowego jest dramatycznie niska i być może wymaga ona zastąpienia bardziej efektywnym ekonomicznie zeroemisyjnym transportem autobusowym.

W drugiej kolejności natomiast należy przeanalizować najbardziej obciążone pasażerami korytarze komunikacji autobusowej, na których zaistnienie transportu tramwajowego pozwoliłoby przejąć znaczną liczbę pasażerów przez zeroemisyjny transport, a dziś korytarze te obsługiwane są autobusami spalinowymi.

Spodziewany efekt – Zwiększenie efektywności ekonomicznej komunikacji tramwajowej. Zmniejszenie średniego wieku taboru tramwajowego. Wzrost liczby pasażerów w komunikacji tramwajowej.

Koszt – W ramach dofinansowania komunikacji tramwajowej ze środków unijnych.

Beneficjenci – 15 obszarów z komunikacją tramwajową w Polsce.

Efektywność ekonomiczna transportu zeroemisyjnego - realizacja działań towarzyszących

Adresat – CUPT, PARP, MFiPR, Samorzady

Harmonogram – Perspektywa 2021-2027 oraz 2028+

Problem – Transport zeroemisyjny często porusza się w miastach wolno i staje w zatorach samochodowych. Dużo droższe pojazdy zeroemisyjne od spalinowych przynoszą korzyści, gdy wykonują dużo kursów.

Rekomendacja – Samorzady powinny zwrócić uwagę na realizację działań towarzyszących, które mogą znacznie zwiększać efektywność ekonomiczną zeroemisyjnego transportu zbiorowego.

W przypadku komunikacji autobusowej to przede wszystkim budowa lub wyznaczenie na jezdniach buspasów, które pozwalają uniezależnić ruch autobusów od natężenia ruchu samochodowego, w szczególności w godzinach szczytu. Należy umiejętnie wytyczać korytarze z buspasami, tak by zysk czasu uzyskany na nim, nie był tracony w czasie wjazdu czy wyjazdu na tego typu pasy ruchu. Wytyczenie buspasa należy poprzedzić mikrosymulacją, która wyznaczy podstawowe parametry funkcjonowania korytarza. W przypadku komunikacji tramwajowej to przede wszystkim wydzielone torowiska, które dziś są standardem przy modernizacji lub budowie nowych tras.

W zakresie sygnalizacji świetlnej należy wdrażać strategię przydzielania priorytetu pojazdom transportu publicznego, w pierwszej kolejności tramwajom, a ewentualne rezerwy czasu można również przydzielać autobusom (lub w podstawie autobusom, gdy brak ruchu tramwajowego). Działanie wymaga instalacji systemu detekcji lokalnej (np. pętle indukcyjne, wideodetektory, radary) lub centralnej (poprzez autokomputer i sygnał GPS/GPRS). Wdrażanie priorytetów można zrealizować w ramach systemu ITS obejmującego całe ciągi lub obszary skrzyżowań. Rozwiązania należy dopracowywać i dostosowywać w skali pojedynczego skrzyżowania (np. Tramwaje Warszawskie) i nie realizować strategii ogólnych dla wszystkich skrzyżowań, które wykazują się niską efektywnością pracy (np. Łódź i Bydgoszcz). Wdrożenie należy poprzedzić opracowaniem mikrosymulacji, która pozwala na dopracowanie strategii priorytetu dla każdego skrzyżowania.

Spodziewany efekt – Zwiększenie prędkości komunikacji autobusów i tramwajach w miastach. Wzrost efektywności wykorzystania taboru – tą samą flotą możliwość obsługi większej liczby kursów. Możliwe jest uzyskanie wzrostu pracy eksploatacyjnej bez zatrudniania dodatkowych prowadzących oraz zakupu dodatkowego taboru (dodatkowe wsparcie w realizacji dla scenariusza 2 i 3 Prognozy). Wzrost liczby pasażerów w komunikacji miejskiej, którzy mogą szybciej przemieszczać się po obszarach miejskich.

Koszt – W zależności od realizowanego zakresu działania, budowa buspasa – ok. 10-15 mln zł za kilometr, wydzielone torowisko tramwajowe – ok. 50-60 mln zł za kilometr, przebudowa sygnalizacji świetlnej i wdrożenie priorytetu – ok. 0,3-1,0 mln zł za skrzyżowanie.

Beneficjenci – Samorzady w ramach Funduszy Unijnych, które przeznaczone są na infrastrukturę.

Stosowanie w rozliczeniach z przedsiębiorstwami transportu publicznego zmiennej stawki dziennej i nocnej za energię elektryczną

Adresat – MKiŚ, URE, Samorzady

Harmonogram – I połowa 2024 r.

Problem – Ze względu na dostępność źródeł energii, a w szczególności odnawialnej energii słonecznej oraz jej wykorzystanie w ciągu dnia, produkcja prądu w określonych godzinach jest bardziej lub mniej kosztowna. Szczyty zużycia energii występują w godzinach 7-10 oraz 18-23, natomiast największe rezerwy produkcji można uzyskać między godzinami 24-6 i 11-17. Szczyty kursowania komunikacji miejskiej występują natomiast w godzinach 6-8 oraz 14-17.

Rekomendacja – Takie funkcjonowanie systemu energetycznego jest przyczynkiem do zastanowienia się czy możliwe jest takie zarządzanie ładowaniem pojazdów elektrycznych, by zostać beneficjentem systemu bazującego na stawkach dynamicznych. Istnieje możliwość walki o efektywność ekonomiczną poprzez ładowanie pojazdów, gdy ceny są najmniejsze w taryfach dynamicznych. Może to być kierunek zainteresowania w dalszym rozwoju transportu zeroemisyjnego w Polsce.

Pod względem emisyjności takie zróżnicowanie stref taryfowych ma dziś sens np. w Niemczech, gdy to zależy od źródeł pozyskiwania. W Polsce emisyjność energii już w 2023 roku mocno zależała od pory dnia, ze względu na istotny przyrost energii generowanej przez farmy fotowoltaiczne oraz wiatrowe.

Spodziewany efekt – Zwiększenie efektywności ekonomicznej transportu elektrycznego, poprzez dominujące ładowanie taboru w okresie nocnym.

Koszt – W ramach systemu energetycznego, regulacje jak dla odbiorców indywidualnych.

Beneficjenci – Operatorzy komunikacji miejskiej.

Dopuszczenie do ruchu 25-metrowych autobusów i trolejbusów

Adresat – MI

Harmonogram – I połowa 2024 r.

Problem – Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 31 grudnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych pojazdów oraz zakresu ich niezbędnego wyposażenia, ogranicza maksymalną długość autobusu przegubowego do 18,75 m. Tymczasem w Pradze (stolica Czech) czy Bratysławie (stolica Słowacji) eksploatuje się autobusy elektryczne lub trolejbusy o długości do 25 metrów. Właściwości zwrotne autobusu dwuprzegubowego nie są dużo gorsze od autobusu przegubowego, natomiast zawsze eksploatację ponadstandardowego taboru przygotowuje się poprzez odpowiednie dostosowanie tras przejazdu, którymi prowadzone będą linie komunikacyjne.

Rekomendacja – Należy zapewnić samorządom narzędzie pozwalające na optymalizację funkcjonowania transportu publicznego oraz wzrost elastyczności rozwiązań stosowanych w nim. Rozwiązanie nie jest nowe, autobusy dwuprzegubowe eksploatowane są z powodzeniem w wielu krajach europejskich.

Zmiany wymaga zapis w ramach §2 [Maksymalne wymiary pojazdu]. 1. Długość pojazdu nie może przekraczać w przypadku: 6) autobusu lub trolejbusu przegubowego – należy zmienić z 18,75 na 25,0 m.

Zmiana pozwoliłaby samorządom lepiej walczyć o efektywność ekonomiczną transportu zeroemisyjnego, w szczególności, na połączeniach które w godzinach szczytu cechują się dużą częstotliwością kursowania np. co 4-5 minut. W zamian pojazdy dwuprzegubowe mogłyby kursować co 5-6 minut, zaoszczędzono by taboru oraz kierowców, trudne jest też utrzymanie regularności kursów przy bardzo dużej częstotliwości kursowania.

Każdorazowo, gdy zarządy transportu miejskiego dopuszczają do ruchu nowy typ taboru, weryfikowana jest infrastruktura drogowa i przystankowa. Podobnie byłoby w tym przypadku – najpierw przeprowadzono by testy, sprawdzono by parametry poszczególnych pasów ruchu, skrzyżowań, przystanków; a następnie zaprojektowano by zmiany i zamówiono odpowiedni tabor.

Koszt – Dostosowanie infrastruktury miejskiej do ruchu pojazdów 25-metrowych leży po stronie samorządów, mogą w tym celu wykorzystywać np. Fundusze Unijne.

Beneficjenci – Samorządy.



Dążenie do spadku emisyjności polskiego systemu energetycznego

Polski system energetyczny cechuje określona emisyjność, którą pod postacią kosztu emisji wyznaczono na 0,52 PLN/kWh. W efekcie pojazdy zeroemisyjne w Polsce przejeżdżając kilometr pracy eksploatacyjnej generują koszt zewnętrzny o wartości od 0,60 (autobusy i trolejbusy) do 2,08 PLN/km (tramwaje).

Wraz ze wzrostem znaczenia odnawialnych źródeł energii następuje zróżnicowanie dostępności energii w okresie doby i wprowadzono taryfę dynamiczną za energię dla odbiorców indywidualnych. Należy zastanowić się czy taryfa taka mogłaby zostać wykorzystana w komunikacji miejskiej celem zwiększenia wykorzystania energii odnawialnej, gdy jest ona dostępna oraz efektywności ekonomicznej. Należy rozważyć też budowanie magazynów energii dla energii odnawialnej, która może być wykorzystywana w innych porach dnia.

Rozwój potencjału transportu wodorowego

Potencjalna rola Ministerstwa Klimatu i Środowiska przy wdrożeniu autobusów wodorowych mogłaby obejmować dofinansowanie elektrolizerów, paneli fotowoltaicznych na dachu zajezdni tak, aby produkowany na własne potrzeby prąd mógł być przetwarzany na wodór. Należy ograniczyć przekształcanie i przesyłanie energii, w tym np. oddawanie jej do sieci, ponieważ z każdym etapem rosną straty energii. Pominięcie poszczególnych etapów pozwala wykorzystać jej maksimum.

Spis tabel

Tabela 1. Wskaźniki mobilności obywateli - liczby pasażerów na 1 mieszkańca MOF oraz pracy eksploatacyjnej na 1 mieszkańca MOF - w 2016 i 2022 roku oraz ich procentowa zmiana.....	25
Tabela 2. Udział dostaw taboru ekologicznie czystego oraz zeroemisyjnego do miast powyżej 100 tys. mieszkańców w latach 2021-2023.	41
Tabela 3. Model logiczny interwencji – rozwój zeroemisyjnego transportu drogowego w Polsce. .	47
Tabela 4. Analiza SWOT zeroemisyjnego transportu zbiorowego w Polsce.....	61
Tabela 5. Dane dotyczące awarii ładowarek plug-in i pantografowych dla wybranych przewoźników.	76
Tabela 6. Założone koszty CAPEX taboru transportu zbiorowego i koszty OPEX jego utrzymania, bez kosztu baterii.....	93
Tabela 7. Założone parametry eksploatacyjne pojazdów – zużycie paliwa lub energii - oraz parametry baterii.	93
Tabela 8. Koszt jednostkowy pojemności baterii NMC i LTO.	94
Tabela 9. Koszty CAPEX i OPEX infrastruktury transportu zeroemisyjnego, uwzględnione w modelu.	94
Tabela 10. Koszty emisji zanieczyszczeń [PLN/tona] w 2023 roku.	97
Tabela 11. Ceny netto paliw i energii założone w modelu ekonomiczno-finansowym dla roku wyjściowego analizy – 2023.....	100
Tabela 12. Emisyjność autobusów spalinowych spełniających określoną normę EURO.....	104
Tabela 13. Emisyjność 1 kWh energii wykorzystanej przez tabor elektryczny w związku z miksem polskiego systemu energetycznego.	105
Tabela 14. Koszty operacyjne wynikające ze spalania paliwa lub zużycia energii dla analizowanych pojazdów oraz wyznaczenie kosztu zanieczyszczeń w 2023 roku [PLN/km].....	105
Tabela 15. Wybrane dane dot. autobusów o dł. 12 m w MZA Warszawa i PKM Katowice	114
Tabela 16. Dane dot. energii w eksploatowanym taborze w wybranych miastach	116
Tabela 17. Przegląd europejskich źródeł dofinansowania projektów w zeroemisyjny transport zbiorowy – FENIKS, FEPW oraz wybrane FEEdR.	123
Tabela 18. Dostępne dofinansowania w ramach Funduszy Europejskich na lata 2021-2027 w podziale na zagadnienia.....	128



Tabela 19. Przy jakiej wysokości dofinansowania inwestycja w tabor zeroemisyjny będzie opłacalna?	133
Tabela 20. Cele rozwoju zeroemisyjnego transportu zbiorowego zapisane w przykładowych dokumentach samorządów.....	138
Tabela 21. Podsumowanie rezultatów poszczególnych scenariuszy prognozy w zakresie liczby kupowanego taboru, potrzebnych nowych prowadzących i korzyści środowiskowe.....	147
Tabela 22. Podsumowanie rezultatów poszczególnych scenariuszy prognozy w zakresie rocznego kosztu inwestycyjnego i eksploatacyjnego.	148
Tabela 23. Działania w zakresie rozwoju zeroemisyjnego transportu zbiorowego planowane przez samorzady w ramach Planów zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego	155
Tabela 24. Działania w zakresie rozwoju zeroemisyjnego transportu zbiorowego planowane przez samorzady w ramach Planów zrównoważonej mobilności miejskiej (SUMP).....	156
Tabela 25. Wyznaczenie koniecznego poziomu wzrostu pracy eksploatacyjnej na podstawie planowanego wzrostu liczby pasażerów.....	167
Tabela 26. Propozycje regulacji lub zmian wraz z harmonogramem wdrożenia, spodziewanym efektem, kosztem regulacji i beneficjentami.....	175

Spis rysunków

Rysunek 1. Ogólna koncepcja wykonania Analizy.	16
Rysunek 2. Zielony tor obsiany rozchodnikiem na nowej trasie tramwajowej przez Popowice we Wrocławiu. Trasa zapewniła alternatywny, względem równoległego korytarza tramwajowego w ul. Legnickiej, dojazd z zachodnich osiedli wielopiętrowych bloków – Pilczyc i Kozanowa – do centrum.	23
Rysunek 3. Struktura napędowa taboru autobusowego i trolejbusowego komunikacji miejskiej w polskich miastach o ludności powyżej 100 tys. mieszkańców – stan na 30 czerwca 2023 r.	27
Rysunek 4. Udział pojazdów zero- i niskoemisyjnych oraz diesla ON w podziale na badane miasta.	28
Rysunek 5. Udział pojazdów ze względu na wiek we flotach przewoźników w badanych miastach.	29
Rysunek 6. Udział tramwajów we flocie miast w podziale ze względu na wiek.	31
Rysunek 7. Jeden z 130 autobusów bateryjnych Solaris Urbino 18 Electric, zakupionych w ramach projektu dofinansowanego z Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko 2014-2020.	32
Rysunek 8. Długość buspasów w 2014 roku i nowych wyznaczonych w latach 2015-2022 [km] w miastach powyżej 100 tys. mieszkańców, w których ich długość przekroczyła 2 km.	50
Rysunek 9. Udział buspasów w sieci dróg gminnych i powiatowych o nawierzchni twardej ulepszonej w wybranych miastach o ludności ponad 100 tys. mieszkańców.	50
Rysunek 10. Liczba autobusów zeroemisyjnych w miastach o ludności ponad 100 tys. mieszkańców w latach 2015-2023 w podziale na dotychczas eksploatowane i dostarczone w danym roku.	55
Rysunek 11. Nowe autobusy w miastach o ludności ponad 100 tys. mieszkańców w latach 2007-2023 w podziale na zamawiane napędy.	56
Rysunek 12. Pięć filarów zeroemisyjnego transportu w Hamburgu.	80
Rysunek 13. Kluczowe czynniki sukcesu wdrożenia i eksploatacji publicznego transportu zeroemisyjnego w Polsce.	82
Rysunek 14. Dwa autobusy elektryczne - Solaris Urbino 12 i 18 electric podczas ładowania za pomocą ładowarki pantografowej na pętli Krakowska. Na nawierzchni widoczne są linie zatrzymania wyznaczające miejsce zatrzymania określonego w karcie kierowcy rodzaju taboru.	86
Rysunek 15. Średnie ceny za 1 litr gazu CNG, LNG i oleju napędowego oraz za 1 MWh energii elektrycznej w latach 2018-2023 [PLN].	99



Rysunek 16. Średnia roczna cena sprzedaży energii elektrycznej na rynku konkurencyjnym w latach 2008-2022 [PLN/MWh].	99
Rysunek 17. Średnia roczna cena sprzedaży energii elektrycznej na rynku konkurencyjnym [zł/MWh].	100
Rysunek 18. Średnia cena 1 MWh energii w PLN na przestrzeni doby (24 h) w 2021, 2022 i 2023 roku.	101
Rysunek 19. Porównanie sumy ilości wytwarzanej energii dla różnych typów elektrowni z pierwszych trzech miesięcy danego roku.	103
Rysunek 20. Zdyskontowane koszty finansowe 15-letnie dla pojazdów 12-metrowych.	118
Rysunek 21. Zdyskontowane koszty finansowe 15-letnie dla pojazdów 18-metrowych i dłuższych.	118
Rysunek 22. Jednostkowy zdyskontowany koszt sumaryczny dla pojazdów 12-metrowych, z uwzględnieniem kosztu infrastruktury, przeliczony na pasażerokilometr zdolności przewozowej [PLN/km/pas.].	119
Rysunek 23. Jednostkowy zdyskontowany koszt sumaryczny dla pojazdów ponad 18-metrowych, z uwzględnieniem kosztu infrastruktury, przeliczony na pasażerokilometr zdolności przewozowej [PLN/km/pas.].	120
Rysunek 24. Zdyskontowane koszty finansowe 15-letnie dla autobusów 12-metrowych, z uwzględnieniem infrastruktury i dofinansowania do autobusu bateryjnego OPP.	135
Rysunek 25. Zdyskontowane koszty finansowe 15-letnie dla autobusów 18-metrowych, z uwzględnieniem infrastruktury i dofinansowania do autobusu bateryjnego OPP.	135
Rysunek 26. Prognoza roku dojścia do 100% floty zeroemisyjnych autobusów przy założeniu określonej liczby pojazdów wymienianych rocznie.	143
Rysunek 27. Elektryczny bus usługi MOIA, która funkcjonuje niejako jak „autobusowy Uber”.	161
Rysunek 28. Zależność zmiany liczby pasażerów w miastach Polski od zmiany pracy eksploatacyjnej wyznaczona dla lat 2009-2017.	166

Załączniki

Załącznik 1. Raport Metodyczny (format .pdf, .docx)

Załącznik 2. Baza danych statystycznych o transporcie – aktualizacja 2023

Załącznik 3. Studia przypadku

3.1. Jaworzno – autobusy elektryczne

3.2. Gdynia – trolejbusy i autobusy elektryczne

3.3. Warszawa - autobusy elektryczne

3.4. Warszawa - tramwaj Winnica i Wilanów

3.5. Toruń - tramwaj JAR

3.6. Hamburg (Niemcy) – autobusy i busy elektryczne

Załącznik 4. Baza danych o eksploatacji zeroemisyjnego transportu

Załącznik 5. Baza danych o taborze w miastach powyżej 100 tys. mieszkańców

Załącznik 6. Model ekonomiczno-finansowy, społeczny i ekologiczny

Załącznik 7. Koszty jednostkowe CUPT – wersja 23.05.2023 r.

Załącznik 8. Prognoza rozwoju zeroemisyjnego transportu zbiorowego w Polsce

Załącznik 9. Prezentacja Analizy rozwoju zeroemisyjnego transportu zbiorowego w Polsce (format .pdf, .pptx)