

# TRAMWAJ LINOWY JAKO ŚRODEK TRANSPORTU NA LOTNISKACH

W artykule przedstawiono przykład zastosowania transportu linowego jako środka komunikacji pomiędzy obiektami lotniska. Opisano parametry techniczne i możliwości tzw. tramwaju linowego. Zaprezentowano zrealizowane dotychczas cztery projekty tramwaju linowego na lotniskach w Wielkiej Brytanii, Kanadzie, Meksyku i Katarze.

## Wprowadzenie

Dynamiczny rozwój lotnisk, jaki obserwujemy w ostatnich latach, będący m.in. wynikiem wejścia na rynek lotniczy tanich przewoźników, oferujących przeloty po bardzo konkurencyjnych cenach, spowodował wzrost zainteresowania podróżami samolotem. Niestety nie wszystkie porty lotnicze są w stanie przyjąć rosnącą liczbę podróźnych. Widoczne jest to również na przykładzie polskich lotnisk, na których w ostatnich kilku latach ruch pasażerski znacznie wzrósł, a plany inwestycyjne zakładają dalsze jego powiększenie.

Niestety odległość pomiędzy obiektami lotniska (parkingi, dworce, terminale itp.) sięgają często kilkuset metrów lub więcej, a zatem konieczne jest stworzenie komunikacji między obiektami wewnątrz lotniska. Stąd pomysł wykorzystania do rozwiązania tego problemu tramwaju linowego.

W związku z ograniczonymi możliwościami zabudowy terenów w obrębie lotniska komunikacja przy użyciu urządzenia transportu linowego, jakim jest zaproponowany tramwaj linowy, jest rozwiązaniem o dużej funkcjonalności. Przede wszystkim trasa tramwaju nie koliduje z węzłami drogowymi, istnieje techniczna możliwość budowy trasy tramwaju na konstrukcji stalowej lub żelbetowej. Rozwiązanie wykazuje bardzo dobre parametry wydajnościowe, co na terenie lotniska jest koniecznością w związku z ciągłym wzrostem liczby pasażerów. W artykule przedstawiono cztery realizacje tego typu urządzeń funkcjonujące w świecie.

## Charakterystyka ogólna tramwajów linowych

Tramwaje linowe są grupą urządzeń transportu linowego wyodrębnionych z kolei linowo-terenowych, dlatego też ich elementy konstrukcyjne nie różnią się zbyt od siebie. Trzeba jednak zwrócić uwagę, iż elementy zastosowane przy budowie tramwajów linowych są najnowocześniejszymi rozwiązaniami stosowanymi w kolejach linowych.

Są to systemy w pełni zautomatyzowane, osiągające wysoką wydajność (ok. 7000 osób/godz.) przeznaczone do przewozu osób na dystansie do 4000 m. Tramwaje linowe mogą pokonywać zakręty oraz niewielkie wzniesienia. Są ciche oraz odporne na zmienne warunki atmosferyczne. To sprawdzone środki transportu w różnych miejscach na świecie. W tabeli 1 zostały przedstawione podstawowe parametry techniczne tramwajów linowych.

## Przykłady zastosowania tramwajów linowych na lotniskach [2, 3]

### „Sky Rail” – Międzynarodowy Port Lotniczy w Birmingham

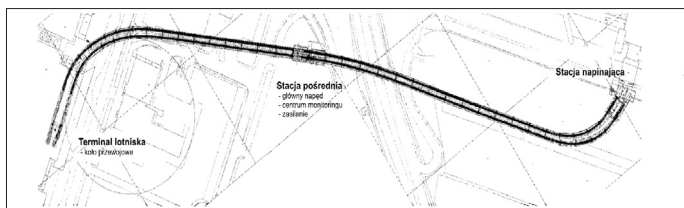
W związku z rozwojem Międzynarodowego Portu Lotniczego w Birmingham i zwiększeniem do 10,5 miliona liczby pasażerów korzystających z terminali w roku 2003, lotnisko stanęło przed wyzwaniem, jak stać się bardziej dostępnym dla podróżnych oraz, jak stworzyć lepsze połączenie z centrum miasta. Odpowiednie połączenie pomiędzy istniejącą linią kolejową i lotniskiem było pierwszą i podstawową fazą stworzenia szybkiego i wygodnego transportu pasażerów. Problemem była ograniczona ilość miejsca na poziomie gruntu. Jak się okazało, najlepszym rozwiązaniem był właśnie system „Air-Rail” (fot. 1) zaproponowany przez firmę Doppelmayr, który spełniał wszystkie zadane wymagania. System ten składa się z dwóch niezależnych, w pełni zautomatyzowanych pojazdów o budowie modułowej, działających w dwóch kierunkach. Każdy pojazd składa się z dwóch modułów o pojemności 27 osób, co daje możliwość przewozu 54 osób jednocześnie. Na długości 585,5 m pojazdy przemierzają trasę (rys. 2) w czasie 90 s, co daje zdolność przewozową rzędu 1600 osób/godz. w jednym kierunku (tab. 2).

Stworzenie szybkiego połączenia spowodowało, że większość użytkowników zdecydowała się pozostawić swoje samochody w domach.

<sup>1</sup> Dr inż., Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, Katedra Transportu Linowego, rokitom@agh.edu.pl



Fot. 1. Tramwaj linowy Air-Rail [2]



Rys. 2. Trasa tramwaju linowego „Air-Rail” [2]

Całkowity koszt inwestycji wyniósł ok. 15 milionów euro, a koszty operacyjne rozkładają się na poziomie 1 miliona euro/rocznie, co powoduje, że ten system staje się bardzo konkurencyjny nawet w porównaniu z alternatywnym połączeniem wykorzystującym autobusy [2].

### „Link” – Międzynarodowy Port Lotniczy w Toronto

Po sukcesie tramwaju linowego „Air-Rail” w Birmingham, jako rewelacyjnego środka transportu w obrębie obiektu, jakim jest port lotniczy, rozpoczęto przygotowania do wdrożenia kolejnego takiego rozwiązania, tym razem dla Międzynarodowego Portu Lotniczego w Toronto. Tramwaj linowy Doppelmayr Cable Car (DCC) dla lotniska w Toronto (fot. 2) jest idealnym rozwiązaniem, chociażby ze względu na odporność na ekstremalne, zwłaszcza w zimie, warunki pogodowe, takie jak: marznące deszcze, śnieg i niskie temperatury, które nie wpływają na jego zdolność przewozową. Jest to wynik przede wszystkim braku konieczności występowania tarcia między kołami a torowiskiem, gdyż tramwaj napędzany jest za pomocą liny. W związku z tym nie jest również konieczna dodatkowa aparatura do podgrzewania torowiska. Parametry tego rozwiązania zestawiono w tabeli 3.

Lekkie wagony tramwaju wyposażone są w wózki jezdne na oponach gumowych, poruszające się po gładkiej metalowej powierzchni, co eliminuje powstawanie hałasu. Jest to bardzo ważne dla tego połączenia, gdyż trasa połączenia przebiega w bardzo bliskim sąsiedztwie hotelu, znajdującego się nieopodal lotniska. Zastosowanie tzw. pasywnych pojazdów, w których nie ma mechanizmów takich jak silniki, hamulce czy przekładnie, zniwelowało problem hałasu, drgań, plam oleju pod torowiskiem itp. Zastosowanie tramwaju linowego na lotnisku miało również pozytywny wpływ na środowisko, gdyż zrezygnowano z funkcjonujących połączeń autobusowych, co spowodowało redukcję emisji CO<sub>2</sub> do atmosfery.

Tabela 1

Podstawowe parametry tramwajów linowych			
Prędkość	Maksymalna prędkość jazdy	14 m/s (50,4 km/godz.)	
	Maksymalne przyspieszenie	0,8 m/s <sup>2</sup>	
	Odstęp czasowy między pojazdami	1–5 min	
Pojemność wagonów	Dla pojedynczego modułu	4 osob./m <sup>2</sup> = 36 osób	
		6 osob./m <sup>2</sup> = 50 osób	
		8 osob./m <sup>2</sup> = 64 osób	
	Dla zespołu wagonów	36–360 osób	
	Maksymalne godzinowe zdolności przewozowe (przy założonej prędkości jazdy 12 m/s, 10 modułowego pojazdu oraz odstępem czasowym 30 s)	Długość trasy [m]	Zdolność przewozowa [osób/godz.]
		500	13 000
		1000	9000
		1500	7000
		2000	5900
		2500	5000
3000		4200	
3500	3500		
4000	3000		
Pojazdy	Długość [mm]	5500	
	Szerokość [mm]	2670	
	Odległość dachu od powierzchni jezdnej [mm]	2890	
	Odległość od podłogi do powierzchni jezdnej [mm]	320	
	Wysokość we wnętrzu pojazdu [mm]	2060	
	Szerokość drzwi przesuwanych [mm]	2280	
	Wysokość drzwi przesuwanych (od progu) [mm]	2050	
Masa pustego pojazdu [kg]	4500		
Trasa	Rodzaj konstrukcji	Modułowa stalowa kratownica na stalowych lub żelbetonowych podporach; system trasy: pojedynczy bądź podwójny	
	Długość trasy [km]	0,3–4 (dla pętli liny)	
	Odległość między podporami [m]	20–24 (do 50)	
	Maksymalny stopień nachylenia w pionie	10%	
	Maksymalny pełny kąt odchylenia trasy w poziomie	360°	
	Minimalny promień krzywizny [m]	40	
Maksymalna liczba stacji pośrednich	4		
Napęd	Silnik napędu głównego	Asynchroniczny silnik prądu przemiennego	
	Sterowanie silnikami	Przełącznik częstotliwości	
	Moc silnika [kW]	100–1000	
	System napinania	Hydrauliczny	

Tabela 2

Dane techniczne tramwaju linowego Air-Rail w Birmingham	
Długość trasy [m]	585,5
Konfiguracja	Dwa niezależne pojazdy modułowe
Prędkość maksymalna [m/s]	10
Czas postoju w stacji [s]	30
Czas jazdy [s]	120
Liczba stacji	2
Pojemność jednego pojazdu [osób]	54
Zdolność przewozowa [osób/godz.]	1608

Otwarcie połączenia dla pasażerów odbyło się 6 lipca 2006. Ta linia łączy ze sobą trzy obiekty: Międzynarodowy Terminal 1 z przyległym wielopoziomowym parkingiem na ok. 9000 samochodów; Terminal 3 dla lotów do Ameryki Północnej oraz stację Viscount. Trasę długości 1473 m (fot. 3) przemierzają dwa, sześciomodułowe pojazdy, o pojemności 150 osób każdy. Czas przejazdu tramwaju w jedną stronę wynosi 215 s, czas postoju na stacjach i przystankach to 36 s. Maksymalna prędkość jazdy tramwaju wynosi 12 m/s, co pozwala na uzyskanie wydajności 2150 osób/godz.

Tabela 3

Dane techniczne tramwaju linowego w Toronto	
Długość trasy [m]	1473
Konfiguracja	Dwa niezależne pojazdy modułowe o ruchu wahadłowym
Prędkość maksymalna [m/s]	12
Czas postoju w stacji [s]	36
Czas jazdy [s]	250
Liczba stacji	3
Pojemność jednego pojazdu [osób]	150
Zdolność przewozowa [osób/godz.]	2150



Fot. 2. Tramwaj linowy „Link” na lotnisku w Toronto [2]



Rys. 2. Trasa tramwaju linowego na lotnisku w Toronto [2]



Fot. 3. Fragment trasy tramwaju linowego na lotnisku w Toronto [2]

## Międzynarodowy Port Lotniczy w Mexico City

Zwiększenie wydajności lotniska w Mexico City, jednego z największych w Ameryce Łacińskiej, nastąpiło poprzez oddanie do użytku, w styczniu 2007 roku, drugiego terminalu pasażerskiego, zwiększającego liczbę 24 milionów pasażerów rocznie o kolejne 12 milionów. Tym samym lotnisko w Mexico City dołączyło do grupy 30 największych lotnisk na świecie. Ze względu na sprawdzone już konstrukcje w portach lotniczych w Birmingham oraz Toronto, zdecydowano się na wykorzystanie tramwaju linowego jako środka transportu między istniejącym a nowopowstałym Terminalem (fot 4, 5 i 6).

Długość trasy tramwaju wyniosła 3025 m. System obsługiwany jest przez dwa czteromodułowe pojazdy, których zdolność przewozowa wynosi 540 osób/godz. (tab. 4). Jednakże system został tak zaprojektowany, by istniała możliwość zwiększenia tej wydajności nawet o 50%.



Fot. 4. Stacja tramwaju linowego na lotnisku w Mexico City [2]



Fot. 5. Fragment trasy tramwaju linowego na lotnisku w Mexico City [2]



Fot. 6. Trasa tramwaju linowego w Mexico City [2]

Tabela 4

Tramwaj linowy na lotnisku w Mexico City	
Długość trasy [m]	3025
Konfiguracja	Jeden pojazd 4-modułowy
Prędkość maksymalna [m/s]	12,5
Czas jazdy [s]	650
Liczba stacji	2
Pojemność jednego pojazdu [osób]	150
Zdolność przewozowa [osób/godz.]	540

**Międzynarodowy Port Lotniczy New Doha w Katarze**  
W 2007 roku rozpoczęto budowę tramwaju linowego w Międzynarodowym Porcie Lotniczym New Doha w Katarze. Dwie, niezależne linie tramwaju mają za zadanie dowozić pasażerów lotniska do terminali pojazdami złożonymi z pięciu modułów o pojemności 36 osób każdy, a więc po 180 osoby w pojeździe. Na długości 500 m tramwaje przemierzają trasę w czasie 69 s, co umożliwia przetransportowanie 6000 osób w ciągu godziny (tab. 5). Projekt ten będący w końcowej fazie realizacji ma zostać oddany do użytku w 2012 roku.

Tabela 5

Tramwaj linowy na New Doha w Katarze	
Długość trasy [m]	500
Konfiguracja	Dwa pojazdy 5-modułowe
Prędkość maksymalna [m/s]	12,5
Czas jazdy [s]	69
Liczba stacji	2
Pojemność jednego pojazdu [osób]	180
Zdolność przewozowa [osób/godz.]	6000

### Wymagania stawiane tramwajom linowym

Głównym problemem związanym z tramwajami linowymi jest to, iż w żadnym z dostępnych i obowiązujących aktów prawnych zapisy nie definiują ściśle tego rozwiązania konstrukcyjnego. Obecnie trudno określić stan prawny funkcjonowania tramwajów linowych. Jednak, na podstawie wyników szeroko przeprowadzanych badań na doświadczalnym torze w firmie Doppelmayr w Wolfurcie, rozwiązanie to zostało dopuszczone do transportu osób w Austrii pod koniec ubiegłego wieku. Na tej podstawie oddano do użytku w 1999 słynny już tramwaj linowy „Mandalay Bay” w Las Vegas (Stany Zjednoczone). Zgodnie z obowiązującym obecnie w Polsce prawem w zakresie urządzeń transportu linowego do przewozu osób wytyczne techniczne znajdują się w poniższych aktach prawnych:

- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady o numerze 2000/09/WE (Dz. U. UE 2005/C 230/02);
- Rozporządzenie ministra transportu z dnia 1 czerwca 2006 roku w sprawie warunków technicznych dozoru technicznego w zakresie projektowania, wytwarzania, eksploatacji, naprawy i modernizacji urządzeń transportu linowego (Dz.U. 2006 nr. 106, poz. 717);

- Rozporządzenie ministra infrastruktury z dnia 11 grudnia 2003 roku w sprawie zasadniczych wymagań dla kolei linowych przeznaczonych do przewozu osób (Dz.U.2004, nr 15, poz. 130).

Zgodnie z tymi aktami prawnymi tramwaj linowy powinien być zaliczony do urządzeń linowych przeznaczonych do transportu osób. Można tutaj przytoczyć ogólną definicję tego typu urządzeń:

„Urządzenia kolei linowych przeznaczone do przewozu osób (...) są zaprojektowane, zbudowane, oddane do użytku i wykorzystywane w celu przewozu osób. Urządzenia kolei linowych to przede wszystkim górskie kolejki linowe (...), ale mogą to być także urządzenia kolei linowych wykorzystywane do transportu miejskiego. W niektórych typach kolei mogą być wykorzystywane inne, zupełnie odmienne podstawowe rozwiązania, których nie można wykluczyć a priori. (...)” [1]

### Podsumowanie

Zaprezentowany w artykule tramwaj linowy wydaje się być ciekawym i skutecznym połączeniem komunikacyjnym w obrębie portów lotniczych. Zastosowanie to ma bardzo wiele zalet, jak również jest już sprawdzonym środkiem transportu na kilku światowych lotniskach.

Dodatkowo system charakteryzuje się:

- niskimi kosztami eksploatacji, w co wchodzi pełne zautomatyzowanie ograniczające personel,
- ekologicznym charakterem pracy, włączając znikomą emisję hałasu oraz napęd elektryczny.

Według danych producentów, tramwaje linowe są konkurencyjne w stosunku do połączeń autobusowych, jeśli chodzi o koszty ich eksploatacji. Najpoważniejszą wadą zdają się być dość duże koszty budowy samej instalacji.

Biorąc pod uwagę dynamiczny rozwój transportu lotniczego w Polsce i zalety zastosowania na rozbudowujących się lotniskach na świecie komunikacji w postaci tramwaju linowego, należy mieć nadzieję na rychłe zastosowanie tego rozwiązania także w polskich portach lotniczych.

### Literatura

1. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2000/09/WE (Dz. U. Ue 2005/C 230/02)
2. Materiały informacyjne firmy DCC Doppelmayr.
3. Rokita T., Wójcik M., *Zastosowanie tramwaju linowego w systemach komunikacji miejskiej*, w: Systemy transportowe – teoria i praktyka, Zeszyt 58 – III Konferencja Naukowo Techniczna, Gliwice 2005.
4. Rozporządzenie ministra transportu z dnia 1 czerwca 2006 roku w sprawie warunków technicznych dozoru technicznego w zakresie projektowania, wytwarzania, eksploatacji, naprawy i modernizacji urządzeń transportu linowego (Dz.U. 2006 nr. 106, poz. 717).