

Mgr inż. MarceLi Lalik
Centrum Naukowo-Techniczne Kolejnictwa

TABOR SZYNOWY DO PRZEWOZÓW AGLOMERACYJNYCH

SPIS TREŚCI

1. Wstęp
2. Podstawowe cechy eksploatacyjne taboru aglomeracyjnego
3. Wybrane rozwiązania konstrukcyjne produkcji polskiej i zagranicznej
4. Przykłady kolei aglomeracyjnej w Polsce i Europie
5. Podsumowanie

STRESZCZENIE

Zagadnienie pojazdów szynowych przewidzianych do obsługi pasażerskiego ruchu aglomeracyjnego, a co za tym idzie o określonych cechach konstrukcyjno-eksploatacyjnych, jest coraz uważniej dostrzegane przez przewoźników kolejowych i przedsiębiorstwa komunikacji miejskiej. Niniejszy artykuł przybliży najważniejsze cechy pojazdów kolejowych, pociągów metra i tramwajów, istotne dla przydatności taboru szynowego w systemie transportu pasażerów w aglomeracjach. W artykule zamieszczono przykładowe rozwiązania konstrukcyjne aglomeracyjnego taboru szynowego produkcji polskiej i zagranicznej, którego parametry eksploatacyjne zaczerpnięte zostały z materiałów promocyjno-informacyjnych producentów.

1. WSTĘP

Aglomerację miejsko-przemysłową określa się jako obszar urbanistyczny o dużym skupieniu ludności. Występuje na niej zgrupowanie miast i osiedli oraz zachodzą intensywne procesy przemieszczania osób, towarów i usług. Przewozy aglomeracyjne, które w swoim zasadniczym założeniu mają odpowiadać na codzienne potrzeby przewozowe mieszkańców aglomeracji oraz obszarów przyległych, ograniczają się do obszaru miejskiego w promieniu do kilkudziesięciu kilometrów od jego centrum. Przewozy w obrębie aglomeracji charakteryzują się dużymi potokami podróźnych, wysokim zagęszczeniem stacji i przystanków oraz dużą częstotliwością kursowania pociągów.

Podstawowym narzędziem wykorzystywanym w systemie transportu aglomeracyjnego są pojazdy szynowe: tramwaje, pociągi metra oraz tabor kolejowy. Mają one określone cechy użytkowe, wpływające bezpośrednio na bezpieczny i szybki przewóz osób: maksymalną prędkość eksploatacyjną, przyspieszenie rozruchu i opóźnienie hamowania, liczbę drzwi, wysokość podłogi oraz rozplanowanie wnętrza.

2. PODSTAWOWE CECHY EKSPLOATACYJNE TABORU AGLOMERACYJNEGO

2.1. Tabor kolejowy

W wypadku pasażerskich przewozów aglomeracyjnych czas przejazdu z punktu A do punktu B jest sumą czasów potrzebnych na przyspieszanie, przejazd, hamowanie oraz postoje na stacjach, które należy ograniczać do minimum. Jest to możliwe przez zastosowanie taboru, który będzie się charakteryzował odpowiednimi, wcześniej wymienionymi cechami użytkowymi. Cechy te będą różne dla taboru kursującego tylko w granicach aglomeracji wysoko zurbanizowanej oraz dla taboru przeznaczonego do obsługi regionu wokół aglomeracji. Dla tego drugiego typu zespołów trakcyjnych jest uzasadnione podwyższenie maksymalnej prędkości eksploatacyjnej, zwiększenie liczby miejsc siedzących, bądź zmiana konfiguracji ich ustawienia oraz zmniejszenie liczby drzwi wejściowych.

2.1.1. Prędkość i przyspieszenie

Dla typowo aglomeracyjnego taboru maksymalna prędkość eksploatacyjna ma mniejsze znaczenie niż osiągnięte przyspieszenie podczas ruszania z przystanku i opóźnienie hamowania przed zatrzymaniem. Obrazuje to proste teoretyczne obliczenie z wykorzystaniem wzoru na drogę oraz danych wejściowych zawartych w tablicy 1.

$$S = \frac{V_k^2 - V_p^2}{2a},$$

gdzie:

S – droga [m],

V_k – prędkość końcowa [m/s],

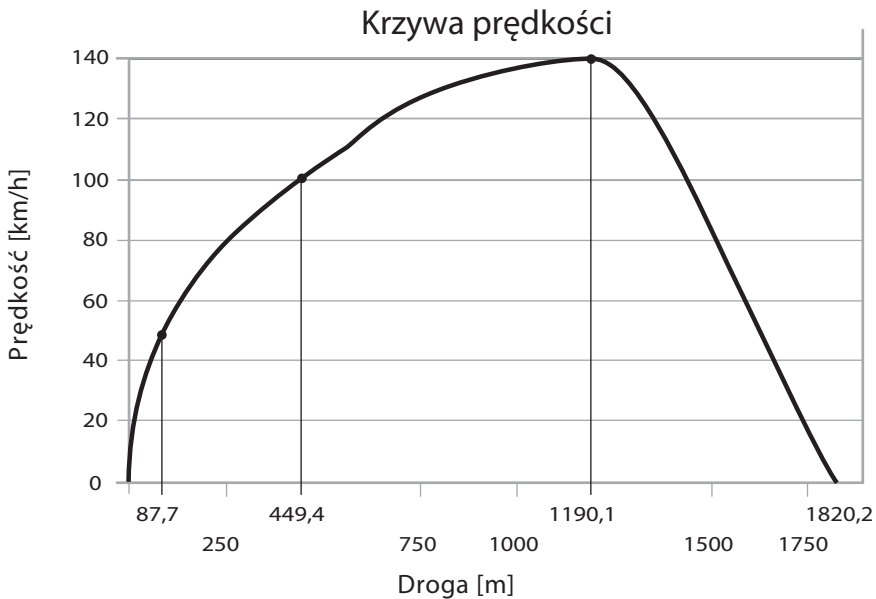
V_p – prędkość początkowa [m/s],

a – przyspieszenie [m/s²].

Tablica 1
Teoretyczne obliczenie minimalnej drogi potrzebnej do osiągnięcia prędkości 140 km/h
[Źródło: obliczenia własne]

Zakres prędkości [km/h]	Przyspieszenie w zakresie prędkości [m/s^2]	Droga potrzebna na osiągnięcie docelowej prędkości [m]	Suma poszczególnych odcinków [m]	
0 → 50	1,1	87,7	1190,1	1820,2
50 → 100	0,8	361,7		
100 → 140	0,5	740,7		
140 → 0	1,2	630,1 (hamowanie)		

Zakładając, że pociąg osiąga przyspieszenie $1,1 \text{ m/s}^2$ w zakresie prędkości 0 – 50 km/h, $0,8 \text{ m/s}^2$ od 50 do 100 km/h oraz $0,5 \text{ m/s}^2$ od 100 do 140 km/h i przyjmując wartość opóźnienia $1,2 \text{ m/s}^2$ w całym zakresie hamowania, minimalna długość drogi, która jest potrzebna do osiągnięcia maksymalnej prędkości eksploatacyjnej pociągu i późniejsze zahamowanie wynosi około 1 820 m. Ilustrację graficzną tego obliczenia przedstawia rysunek 1.



Rys. 1. Wykres zależności drogi od osiągnięcia maksymalnej prędkości eksploatacyjnej
[opracowanie własne]

Z przedstawionych rozważań wynika, że w celu wyznaczenia parametrów eksploatacyjnych taboru, który ma poruszać się po wybranej trasie, należy wykonać teoretyczną analizę, która wskaże czy maksymalna prędkość eksploatacyjna będzie osiągnięta przez większą część trasy, czy jedynie sporadycznie, przede wszystkim poza centrum miasta.

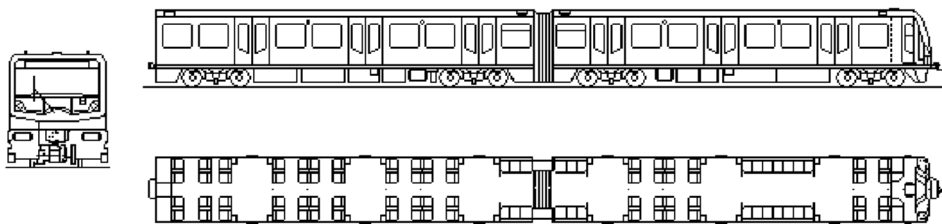
2.1.2. Rozmieszczenie napędu

Rozpatrując dwa typy rozmieszczenia napędu w pociągach do ruchu aglomeracyjnego, czyli skoncentrowany i rozproszony, należy stwierdzić, że system lokalizacji silników trakcyjnych na wielu wózkach tego samego zespołu trakcyjnego jest znacznie korzystniejszy dla taboru aglomeracyjnego, ponieważ duża wartość stosunku liczby osi napędnych do wszystkich osi w pociągu umożliwia uzyskanie wymaganych przyspieszeń. Dodatkowymi argumentami przemawiającymi za tego typu rozmieszczeniem napędu są między innymi:

- łatwiejsze uzyskanie zakładanego dla pociągu maksymalnego nacisku osi na tor,
- polepszenie warunków hamowania elektrodynamicznego, rekuperacyjnego i oporowego, co jest szczególnie ważne dla pociągów przeznaczonych do częstych zatrzymań,
- zwiększenie przestrzeni przewozowej dzięki rozmieszczeniu aparatury elektrycznej na całej długości pociągu pod podłogą.

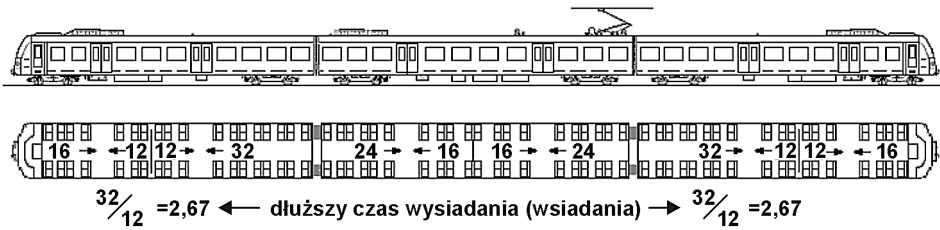
2.1.3. Liczba drzwi

Rozmieszczenie oraz liczba drzwi dla pasażerów ma kluczowe znaczenie dla czasu postoju pociągu na stacji. Równomierny dostęp do drzwi wyjściowych dla wszystkich pasażerów powoduje równoczesne opuszczanie i zapewnianie pociągu, natomiast wysoki procentowy udział łącznego prześwitu drzwi bocznych w całkowitej długości składu, wynoszący dla tego typu taboru od 20 do 25%, umożliwia wymianę pasażerów w krótkim czasie. Na rysunkach 2 i 3 przedstawiono dwa zespoły trakcyjne jako przykład pozytywny i negatywny tej cechy.



Rys. 2. Przykład równomiernego rozmieszczenia drzwi w pociągu S-Bahn Berlin

Rysunek 2 przedstawia kolejowy tabor aglomeracyjny, w którym równomierne rozmieszczenie drzwi na całej długości składu zapewnia szybką wymianę pasażerów na stacjach i przystankach, ograniczając czas postoju pociągu do niezbędnego minimum.



Rys. 3. Przykład nierównomiernego rozmieszczenia drzwi w taborze pasażerskim

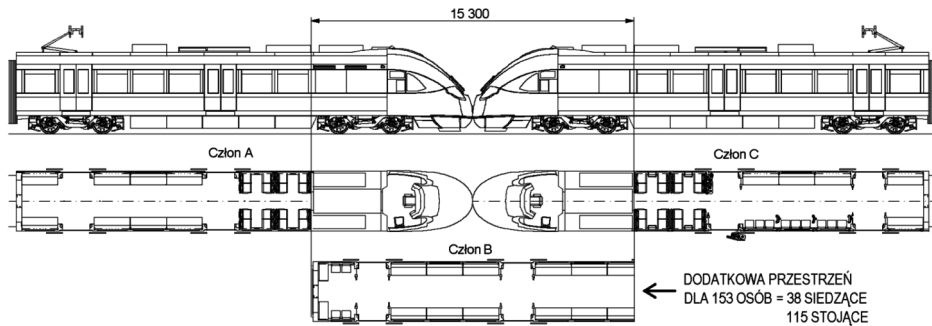
Z rysunku 3 wynika, iż płynne i równoczesne opuszczanie pociągu na całej jego długości jest ograniczone, ponieważ w niektórych przedziałach pasażerskich odległości miejsc siedzących i stojących do najbliższych drzwi są niewielkie, a w innych odległości te są znacznie większe. Liczba pasażerów z najkorzystniejszym dojściem do drzwi jest 2,6-krotnie mniejsza od liczby osób, które zajmują miejsca najbardziej oddalone od wyjścia z pociągu.

2.1.4. Wysokość podłogi

Wysokość podłogi w stosunku do wysokości peronu ma bezpośrednie przełożenie na wygodę i bezpieczeństwo podczas wchodzenia i wychodzenia z pociągu. W ruchu aglomeracyjnym, oprócz liczby i rozmieszczenia drzwi zewnętrznych, jest to najważniejszy parametr konstrukcyjny nadwozia pojazdu. Obecnie wielu producentów taboru ma w swojej ofercie przygotowaną rodzinę pojazdów, które z założenia mają odpowiadać różnorodnym potrzebom zamawiającego i zapewnić dostosowanie wysokości podłogi do wysokości peronów, które pociąg będzie obsługiwał. Pociągi rodziny *Desiro ML* firmy Siemens AG, w zależności od wymagań użytkownika mają podłogę na wysokości 600, 800 lub 1000 mm ponad poziomem główki szyny. Dodatkowo każde z tych rozwiązań pozwala na wykonanie wagonu z jedną, bądź dwiema parami drzwi zewnętrznych. Rozpatrując wysokość podłogi przy wejściu do wagonu należy brać pod uwagę także jej usytuowanie na całej długości składu. Ze względu na wymiary gabarytowe układów jezdnych, wysokość podłogi w tych miejscach może zostać podniesiona, a wynikająca stąd różnica poziomów może wymagać wykonania stopnia przejściowego, którego w taborze aglomeracyjnym należy unikać.

2.1.5. Długość składu

Niejednokrotnie zdarza się, że w okresie zwiększonego zapotrzebowania na liczbę miejsc w pojedynczym pociągu, przewoźnicy łączą 2 lub 3 zespoły w jeden pociąg. Połączone w ten sposób składy mają mniejszą pojemność pasażerską w porównaniu ze składem zespolonym o tej samej długości, co obrazuje rysunek 4.



Rys. 4. Połączenie zespołów trakcyjnych w trakcji wielokrotnej [opracowanie własne]

Z uwagi na stosowanie w nowym taborze strefy zgniotu pochłaniającej energię przy zderzeniu, połączenie dwóch zespołów trakcyjnych zmniejsza przestrzeń dla pasażerów nawet o około 15 m, co może obniżyć pojemność pociągu o około 150 osób w porównaniu z zespołem wielocłonowym, przy tej samej łącznej długości pociągu. Dla pojedynczego pociągu oprócz możliwości zwiększenia pojemności składu na tej samej długości, całkowity koszt pociągu zostaje zmniejszony o wyposażenie kabiny maszynisty i urządzeń sprzęgowych.

2.1.6. Przedziały dla pasażerów

Wolna przestrzeń

Zwiększenie płynności poruszania się pasażerów wewnątrz składu podczas częstego zajmowania i opuszczania przedziałów w pociągu i jednocześnie podniesienie poczucia bezpieczeństwa, realizowana jest przez tworzenie na całej długości zespołu trakcyjnego przestrzeni wolnej od barier w postaci drzwi lub ścianek działowych.

Wygoda siedzeń i miejsca stojące

Z uwagi na stosunkowo krótki czas podróży, wygoda foteli dla pasażerów nie jest podstawowym czynnikiem. W taborze aglomeracyjnym należy zwrócić większą uwagę na liczbę i dostępność miejsc stojących, nawet kosztem komfortu podróżnych siedzących. Dlatego też niektórzy przewoźnicy oczekują instalowania w części lub w całej przestrzeni pasażerskiej foteli z oparciami przytwierdzonymi do ścian bocznych, tzw. system metro oraz montowania siedzeń ruchomych w najbliższej odległości drzwi wejściowych, które można złożyć w przypadku znacznego zapelnienia pociągu.

Toaleta

Wyposażenie taboru aglomeracyjnego w pomieszczenie sanitarne jest coraz rzadziej stosowane, zwłaszcza że dostosowanie pociągów do przewozu osób poruszających się na wózkach inwalidzkich wymusza przystosowanie także toalety dla tych pasażerów.

2.2. Pociągi metra

Metro jako system transportowy w miastach, jest odbierany jako najlepszy środek służący szybkiemu i bezpiecznemu przemieszczaniu się podróżnych. Do podstawowych walorów metra należy zaliczyć:

- oddzielenie od innych systemów transportowych (np. naziemnej komunikacji drogowej),
- wysoką prędkość handlową, która wynika z dużej wartości przyspieszenia, opóźnienia i krótkiego czasu postoju na stacjach,
- korzystne warunki dla szybkiej wymiany pasażerów na stacjach,
- możliwość wprowadzenia sterowania bezobsługowego (bez maszynisty).

Opisane wcześniej charakterystyczne cechy kolejowego taboru aglomeracyjnego są także stosowane dla pociągów metra. Różnice występują w liczbowych wartościach określonych cech:

- maksymalna prędkość eksploatacyjna w zakresie 80 – 100 km/h,
- wartość przyspieszenia w zakresie od 1,1 do 1,3 m/s² w początkowej fazie jazdy oraz hamowania 1,3 m/s²,
- rozproszenie zestawów napędnych z co najmniej 50% udziałem w całym pociągu,
- równomierne rozmieszczenie drzwi wejściowych ze stosunkiem sumarycznego prześwitu drzwi do długości pociągu co najmniej 1 do 4,
- przeważają składy wielowagonowe, do 6 wagonów w jednym pociągu,
- wagony są wyposażone w ograniczoną liczbę miejsc siedzących, głównie z oparciami przytwierdzonymi do ścian bocznych wagonów oraz nie mają pomieszczeń sanitarnych.

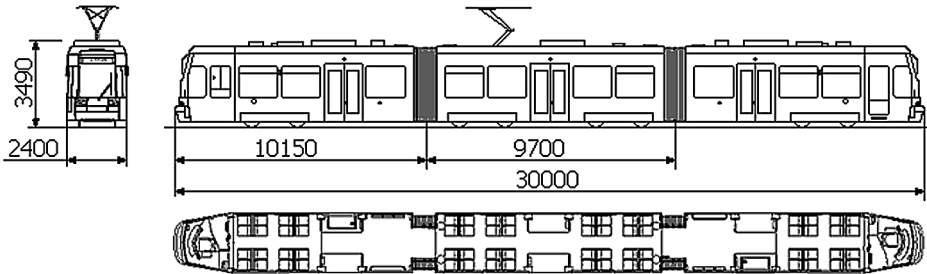
2.3. Tramwaje

W aglomeracjach, połączenia pasażerskie realizowane taborem tramwajowym, mają najniższą prędkość handlową w porównaniu z koleją i metrem. Jednakże połączenia te mają stosunkowo najniższy koszt rozbudowy kompletnego systemu oraz najwyższe zagęszczenia przystanków wzdłuż trasy przejazdu. W zależności od potrzeb przewozowych, jednoprzestrzenny tramwaj może mieć długość od około 15 m (pojazd jednoczłonowy) do nawet 50 m (tabor wieloczłonowy). Większa część ostatnio wyprodukowanych tramwajów składa się z trzech lub pięciu członów o długości około 30 m. Przykładowe rozwiązania przedstawiono na rysunkach 5 i 6.

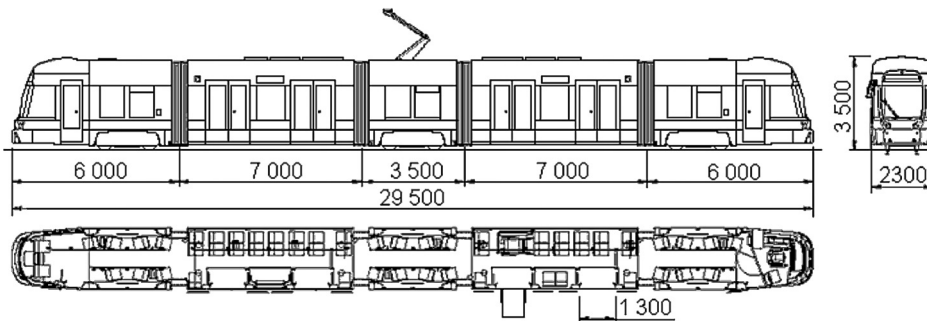
Z uwagi na zróżnicowanie konstrukcji, podstawowe parametry taboru tramwajowego są trudne do określenia. W czasie tworzenia całkowicie nowej lub gruntownie modernizowanej istniejącej linii tramwajowej, do określenia cech eksploatacyjnych pojazdów można kierować się następującymi zasadami:

- łatwy dostęp i opuszczanie tramwaju na przystankach wymusza znaczną liczbę drzwi o prześwicie wynoszącym około 1,3 m oraz usytuowanie podłogi wagonu jak najniżej w celu polepszenia warunków wsiadania lub wysiadania,

- należy zapewnić łatwe przemieszczanie się wzdłuż wagonu, co ogranicza liczbę oraz pogarsza komfort miejsc siedzących,
- tramwaje powinny być dostępne dla osób poruszających się na wózkach inwalidzkich,
- wartości przyspieszenia i opóźnienia powinny być na poziomie $1,0 - 1,2 \text{ m/s}^2$:



Rys. 5. Przykład tramwaju trzyczłonowego z czterema wózkami



Rys. 6. Przykład tramwaju pięcioczłonowego z trzema wózkami

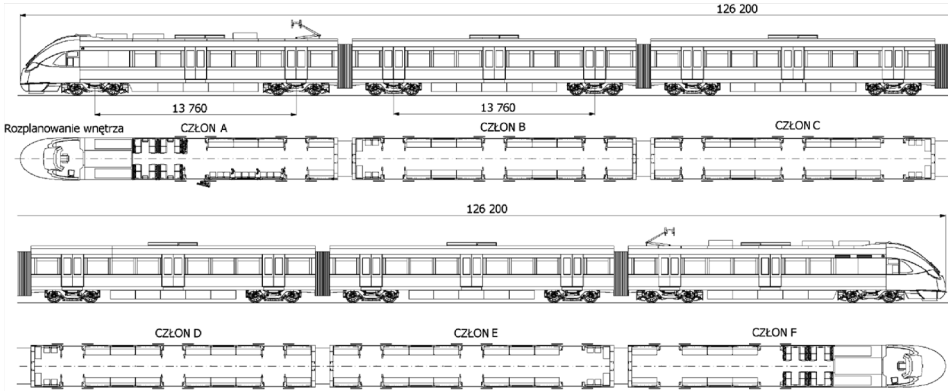
3. WYBRANE ROZWIĄZANIA KONSTRUKCYJNE PRODUKCJI POLSKIEJ I ZAGRANICZNEJ

3.1. Tabor kolejowy

3.1.1. Konstrukcja polska: elektryczny zespół trakcyjny typu 20WE

Cechą charakterystyczną tego zespołu (rys. 7) są siedzenia ustawione tyłem do ściany bocznej wagonu, co ma zapewnić łatwe przemieszczanie się pasażerów wzdłuż pociągu i maksymalne wykorzystanie przestrzeni dla wielu pasażerów. Zestawiony z sześciu wagonów pociąg reprezentuje pierwszy w Polsce zespół trakcyjny, którego całkowita długość przekracza 125 m. Problemem może być wysokość usytuowania podłogi przy wejściu do wagonów, ponieważ przewidywane w ruchu aglomeracyj-

nym wchodzenie i wychodzenie bez używania dodatkowych stopni wejściowych, może ograniczyć eksploatację zespołu do linii z peronami o wysokości około 1,15 m ponad główkę szyny.



Rys. 7. Układ ogólny zespołu trakcyjnego typu 20WE

Podstawowe dane eksploatacyjne opisanego zespołu są następujące:

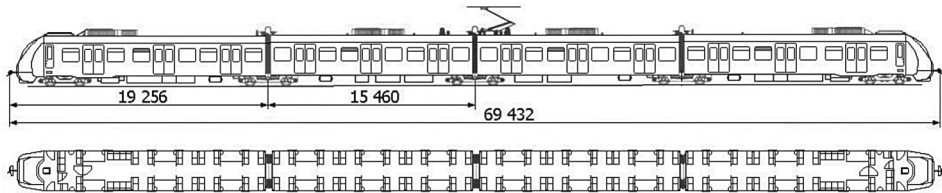
- liczba wagonów – 6,
- masa zespołu – 240 ton,
- długość całkowita – 126,25 m,
- szerokość nadwozia – 2 890 mm,
- prędkość maksymalna – 160 km/h,
- przyspieszenie rozruchu – $1,0 \text{ m/s}^2$,
- wysokość podłogi ponad główkę szyny – 1 160 mm,
- liczba drzwi dla pasażerów na jedną stronę – 16,
- liczba miejsc siedzących – 293,
- liczba miejsc stojących (6 osób/m^2) – 1 125,
- całkowita liczba miejsc – 1 418,
- moc silników trakcyjnych – 2 240 kW,
- układ osi – Bo'Bo' + 2'2' + 2'2' + 2'2' + 2'2' + Bo'Bo',
- procentowy udział łącznego prześwitu drzwi bocznych w długości składu – 16,5%,
- stosunek mocy do masy – $9,33 \text{ kW/t}$,
- stosunek liczby pasażerów do długości składu pociągu – $11,23 \text{ osób/m}$.

3.1.2. Konstrukcje zagraniczne

Zapotrzebowanie na specjalistyczny tabor kolejowy do przewozów aglomeracyjnych wydaje się rosnąć, dlatego też prawie każdy producent ma w swojej ofercie pociąg dedykowany takim przewozom. W artykule zaprezentowano kilka przykładowych rozwiązań konstrukcyjnych, oferowanych przez firmy europejskie i jedną azjatycką.

Zespół ET 422

Zespół ten jest kolejnym rozwinięciem pociągów serii ET 423, które do tej pory zostały wyprodukowane w liczbie kilkuset sztuk i kursują w wielu miastach i regionach zurbanizowanych Niemiec, przede wszystkim jako kolej systemu S-Bahn. W porównaniu do poprzedniego modelu, ET 422 (rys. 8) odpowiada wymaganiom zderzeniowym według norm europejskich oraz jest wyposażony w magnetyczny hamulec szynowy.

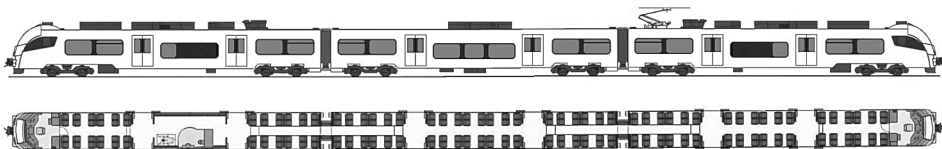


Rys. 8. Układ ogólny zespołu ET 422

Pociągi serii ET 423 oraz 422 są znane na rynku kolejowym z największego, wynoszącego 22% udziału łącznej szerokości drzwi zewnętrznych w długości całkowitej pociągu. Każdy wagon ma własny system wentylacji, ogrzewania i chłodzenia z urządzeniami zainstalowanymi na dachu. Hamowanie zasadnicze realizowane jest za pomocą hamulca elektrodynamicznego z możliwością całkowitej rekuperacji.

Zespół Desiro ML

Rodzinę pociągów typu Desiro ML firmy Siemens, opracowano z myślą o sprostaniu oczekiwaniom wielu przyszłych użytkowników o różnorodnych wymaganiach eksploatacyjnych. Pociąg zarówno w wersji elektrycznej, jak i spalinowej, może być zestawiony z dwóch do czterech wagonów wyposażonych w jedną lub dwie pary drzwi wejściowych. W zależności od zamówienia, wysokość podłogi przy wejściu może wynosić 600, 800 lub 1000 mm ponad poziom główki szyny. Rysunek 9 przedstawia trzywagonową wersję elektryczną pociągu przewidzianą do ruchu aglomeracyjnego, w której zaprojektowano 200 miejsc siedzących, plus 12 siedzeń składanych i 1 miejsce dla osoby na wózku inwalidzkim.

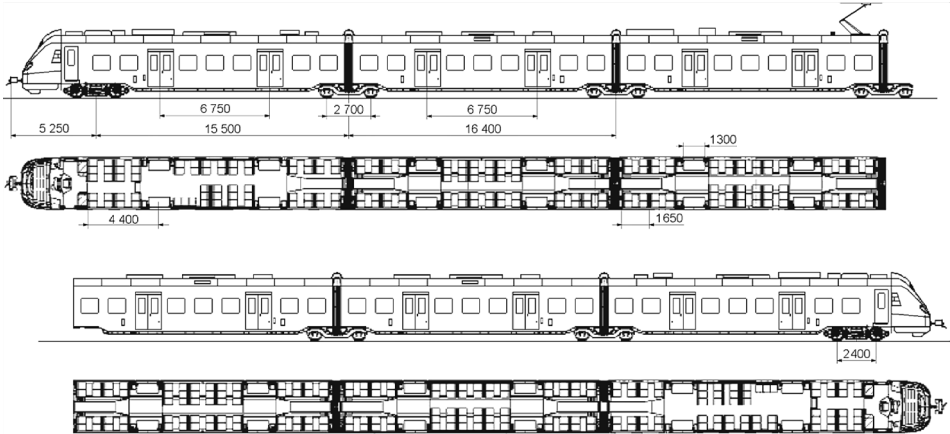


Rys. 9. Trzywagonowa elektryczna wersja Desiro ML

Ze względu na to, że każdy wagon jest oparty na dwóch wózkach, zmiana konfiguracji składu jest łatwa do wykonania w warunkach warsztatowych. Czołowa część wagonów końcowych jest przystosowana do pochłaniania energii podczas zderzeń zgodnie ze standardami europejskimi, a czas ewentualnej wymiany tego elementu został skrócony do minimum.

Zespół Coradia Lirex

Cechą wyróżniającą zespół trakcyjny Coradia Lirex (rys. 10) produkcji Alstom od innych pociągów przeznaczonych do ruchu aglomeracyjnego jest jego całkowita długość, wynosząca przeszło 100 metrów. Pociąg ten jest eksploatowany przez koleje szwedzkie w rejonie Sztokholmu.



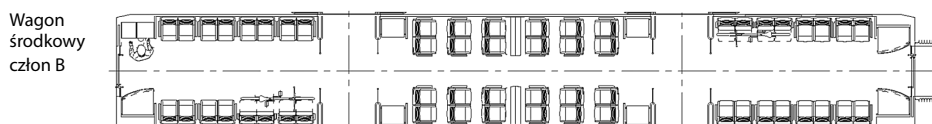
Rys. 10. Układ ogólny zespołu Coradia Lirex

Zespół A-train Commuter

Interesujące rozwiązanie aranżacji przedziałów pasażerskich oferuje w swoim pociągu A-train (rys. 11) firma Hitachi. Zespół należy do rodziny pociągów, które są oferowane również w wersjach do przewozów regionalnych, ekspresowych i dużych prędkości.

Zastosowanie standardowego, czyli szeregowo i naprzeciw siebie ustawienia siedzeń jedynie w części środkowej powoduje, że większość miejsc stojących znajduje się w końcowych częściach wagonów, w strefie wyposażonej w siedzenia ustawione w systemie metro.





Rys. 11. Układ ogólny pociągu A-train Commuter

Podstawowe parametry eksploatacyjne

Podstawowe parametry techniczno-eksploatacyjne prezentowanych przykładowych rozwiązań konstrukcyjnych zawiera tablica 2.

Tablica 2

Porównanie przykładowo wybranych pociągów różnych producentów zagranicznych

Typ jednostki	Coradia Lirex	Desiro ML	ET 422	A-train Commuter
Producent	Alstom	Siemens	Bombardier	Hitachi
Liczba wagonów	6	4	4	4
Masa zespołu [t]	205	176	113	149
Długość całkowita [m]	107,1	93,3	69,4	83,1
Prędkość maksymalna [km/h]	160	160	140	160
Przyspieszenie rozruchu [m/s^2]	1,12	1,1	1,0	0,85
Wysokość podłogi ponad główkę szyny [mm]	760	600, 800 lub 1000	995	> 1000
Liczba drzwi dla pasażerów z jednej strony	12	8	12	8
Liczba miejsc siedzących	374	280	176	208
Liczba miejsc stojących (6 osób/ m^2)	678	594	510	565
Całkowita liczba miejsc	1052	874	686	773
Moc zespołu [kW]	3000	2600	1600	1620
Procentowy udział łącznego prześwitu drzwi bocznych w całkowitej długości składu [%]	14,6	11,1	22,4	12,5
Stosunek mocy do masy [kW/t]	14,6	14,8	14,1	10,9
Stosunek liczby pasażerów do długości składu pociągu [osób/m]	9,82	9,37	9,88	9,3

3.2. Tabor metra

3.2.1. Metro warszawskie

Producentem warszawskich wagonów metra serii Metropolis jest firma Alstom. Pociągi są złożone z dwóch skrajnych wagonów sterowniczych oraz czterech środkowych z napędem. Konstrukcja pudła jest aluminiowo-stalowa, nitowana. Wyposażenie wne-

trza cechuje się dobrą odpornością na ogień, porysowania, graffiti oraz detergenty. Podstawowe parametry techniczne i ruchowe sześciowagonowego składu pociągu są następujące:

- pojemność pociągu – 1454 osoby,
- liczba miejsc siedzących – 264,
- liczba drzwi w ścianie bocznej – 24 szt.,
- szerokość drzwi – 1300 mm,
- całkowita długość pociągu – 116,7 m,
- maksymalna prędkość – 90 km/h,
- przyspieszenie do prędkości – 25 km/h, $1,2 \text{ m/s}^2$,
- czas osiągnięcia prędkości – 90 km/h, 43,6 s,
- układ – osi Bo'Bo',
- napęd asynchroniczny o mocy całkowitej – 2 880 kW,
- napięcie zasilania – 750 V prądu stałego,
- poziom hałasu w przedziale pasażerskim – $\leq 80 \text{ dB}$,
- masa pociągu w pełni obciążonego – 285 ton.

Podstawowym elementem usprawniającym obsługę jest zaprojektowanie podzespołów wagonu jako jednostek modułowych, które są wymienne. Wszystkie urządzenia są podłączone do komputerowego systemu diagnostycznego.

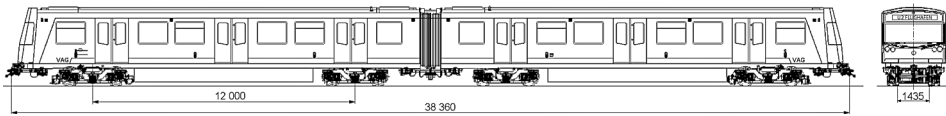
3.2.2. Konstrukcje europejskie – pociągi typu DT3

W lutym 2006 roku w Norymberdze została otwarta pierwsza w Niemczech w pełni automatyczna linia metra – U3. Do obsługi tej linii przewidziano dwuwagonowe pociągi typu DT3 (rys. 12), wyprodukowane przez firmę Siemens. Jest to rozwiązanie dość nietypowe, ponieważ pociągi metra są zwykle konfigurowane jako składy cztero–sześciowagonowe. Podstawowe dane techniczne pociągu są następujące:

- całkowita liczba pasażerów (6 osób/m^2) – 424,
- liczba miejsc siedzących – 82 (w tym 12 składanych),
- liczba osób stojących – 342,
- maksymalne przyspieszenie – $1,3 \text{ m/s}^2$,
- maksymalne opóźnienie hamowania – $1,4 \text{ m/s}^2$,
- prędkość maksymalna – 80 km/h,
- minimalny promień łuku – 100 m,
- masa – 62,9 ton,
- maksymalny nacisk osi – 12,5 tony,
- długość całkowita – 38 360 mm,
- długość pojedynczego wagonu – 18 350 mm,
- szerokość – 2 900 mm,
- szerokość drzwi – 1 300 mm,
- wysokość podłogi nad główką szyny – 1 050 mm,
- liczba drzwi w wagonie – 3 na stronę,

- układ osi – Bo'Bo' + Bo'Bo',
- system zasilania – 750 V DC (trzecia szyna),
- całkowita moc pociągu – 1 120 kW.

Zespół DT3 może pracować w trakcji podwójnej, a każdy wagon jest przystosowany do przewozu osób na wózkach inwalidzkich. Osoby te mogą się poruszać, wsiadać oraz wysiadać z pociągu bez pomocy osób asystujących.



Rys. 12. Układ ogólny pociągu metra typu DT3

3.3. Tabor tramwajowy

3.3.1. Polskie konstrukcje typu 120N i 122N

Znaczący udział w krajowym rynku tramwajowym ma PESA Bydgoszcz, która dostarczyła swoje produkty o oznaczeniu 120N i 122N między innymi do Warszawy i Bydgoszczy. Różnica w ich konstrukcji polega na szerokości toru, na którym są eksploatowane – w stolicy jest to standardowe 1 435 mm, a w Bydgoszczy 1 000 mm. Podstawowe dane techniczne tramwajów są następujące:

- szerokość toru – 120 N: 1 435 mm; 122N: 1 000 mm,
- układ osi – Bo'2'Bo',
- długość całkowita bez sprzęgów – 31 820 mm,
- szerokość – 2 350 mm,
- wysokość – 3 400 mm,
- wysokość podłogi w strefie drzwi od poziomu główki szyny – 350 mm,
- liczba miejsc siedzących – 63,
- liczba miejsc stojących (5 osób/m²) – 148,
- całkowita liczba miejsc dla pasażerów – 211,
- maksymalna prędkość eksploatacyjna – 70 km/h,
- moc silników asynchronicznych – 4 x 105 kW.

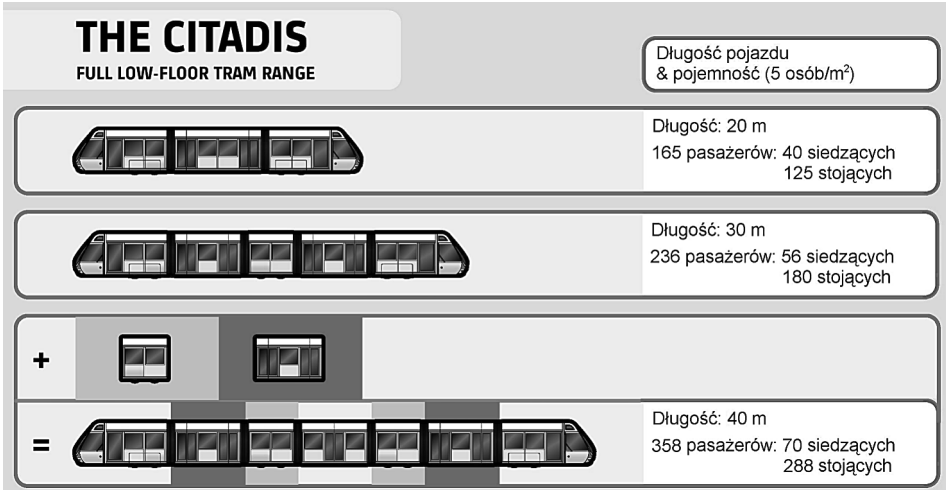
Jest to konstrukcja pięcioczołowa, z trzema wózkami jezdnyimi, bez stopni wejściowych, niskopodłogowa na całej długości podłogi wewnątrz, wyposażona w rampę dla osób na wózkach inwalidzkich, system informacji wizualnej i dźwiękowej oraz klimatyzację.

3.3.2. Konstrukcje europejskie

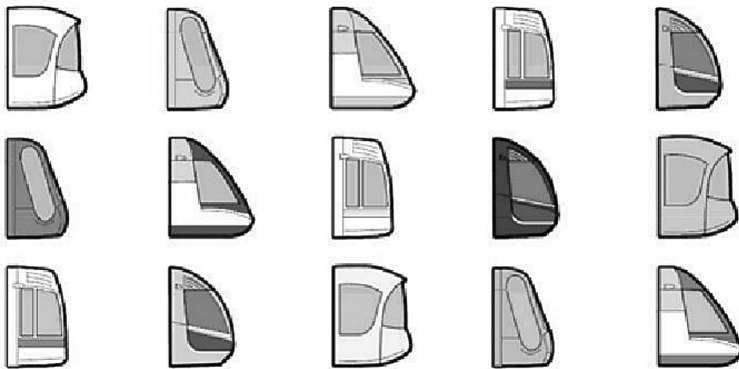
Rodzina tramwajów Citadis

Firma Alstom od wielu lat oferuje swoje tramwaje wykorzystujące platformę Citadis, która pozwala na dostosowanie tramwaju z tej rodziny do indywidualnych potrzeb

zamawiającego. Może on dokonać wyboru jednej z wielu dostępnych przednich części wagonu czołowego, rozplanować wnętrze tramwaju lub wybrać odpowiedni dla siebie system zasilania, łącznie z możliwością poboru energii z trzeciej szyny. Na rysunkach 13 i 14 przedstawiono możliwości dostosowania długości składu do potrzeb przewozowych oraz różne rodzaje części czołowej.



Rys. 13. Modułowa konfiguracja długości składu w zależności od wymagań przewoźnika



Rys. 14. Części czołowe tramwaju z rodziny Citadis

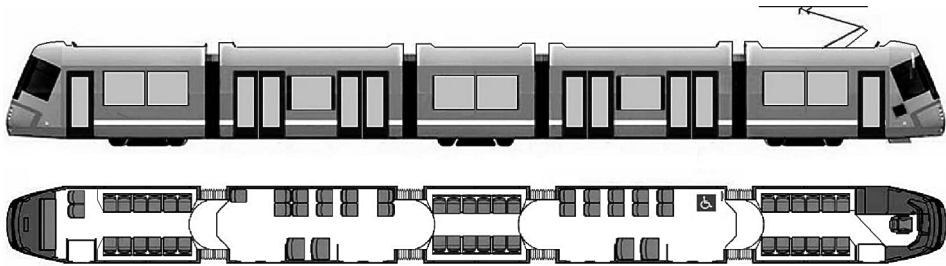
Tramwaj typu 16T

Pięcioczlonowy, niskopodłogowy tramwaj typu 16T produkcji Škoda Transportation s.r.o., jest eksploatowany od marca 2007 r. przez Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne we Wrocławiu. Jego podstawowe dane techniczne to:

- szerokość toru – 1 435 mm,
- układ osi – Bo'2'Bo',
- długość całkowita ze zderzakami – 30 250 mm,

- szerokość nadwozia – 2 460 mm,
- wysokość nad główkę szyny – 3 600 mm,
- wysokość podłogi w strefie drzwi od poziomu główki szyny – 350 mm,
- udział niskiej podłogi – 65%,
- liczba miejsc siedzących – 69,
- liczba miejsc stojących (5 os/m²) – 130,
- całkowita liczba miejsc dla pasażerów – 199,
- maksymalna prędkość eksploatacyjna – 70 km/h,
- napięcie zasilania – 600 V DC,
- łączna moc silników asynchronicznych – 380 kW.

Cechą charakterystyczną i odróżniającą ten tramwaj od najczęściej spotykanych konstrukcji jest ustawienie 52% miejsc siedzących bokiem do kierunku jazdy, czyli w systemie metro. Układ ogólny tramwaju jest przedstawiony na rysunku 15.



Rys. 15. Układ ogólny tramwaju typu 16T

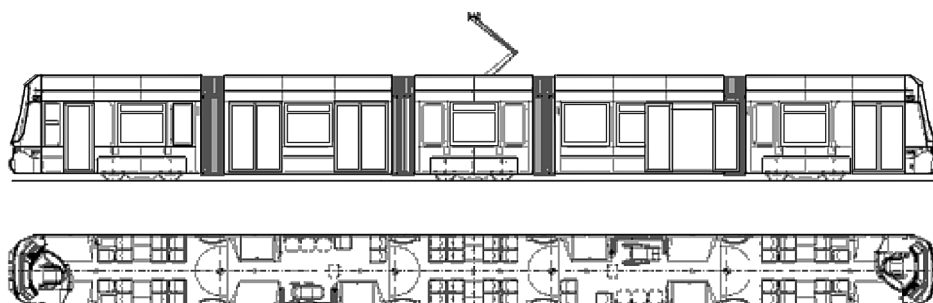
Tramwaje Variobahn

Na bazie tramwajów z rodziny produkowanych przez firmę Stadler Pankow GmbH, został przygotowany dla miasta Bochum dwukierunkowy tramwaj, którego podstawowe dane eksploatacyjne są następujące:

- długość całkowita – 29 620 mm,
- szerokość – 2 300 mm,
- wysokość – 3 350 mm,
- wysokość podłogi w strefie drzwi od poziomu główki szyny – 300 mm,
- udział niskiej podłogi – 100%,
- liczba drzwi na stronę – 5,
- liczba miejsc siedzących – 56 (6 składanych),
- liczba miejsc stojących – (5 os/m²) 160,
- całkowita liczba miejsc dla pasażerów – 216,
- maksymalna prędkość eksploatacyjna – 70 km/h,
- napięcie zasilania – 600/750 V,
- łączna moc silników asynchronicznych – 360 kW,
- liczba zestawów napędnych/toczących – 4/2.

Rozplanowanie wnętrza tramwaju przedstawia rysunek 16. Z uwagi na zainstalowanie drzwi wejściowych po obu stronach pojazdu, a tym samym eliminację części

miejsz siedzących, uzyskano nieco wyższy od przeciętnej stosunek liczby pasażerów do długości pojazdu, równy 7,3 osób/m.



Rys. 16. Schemat poglądowy dwukierunkowego tramwaju rodziny Variobahn

4. PRZYKŁADY KOLEI AGLOMERACYJNEJ W POLSCE I EUROPIE

4.1. Kolej aglomeracyjna w Polsce

Kolej aglomeracyjna w Polsce ogranicza się obecnie do dwóch lokalizacji: Szybkiej Kolei Miejskiej w Trójmieście oraz w Warszawie z okolicznymi miejscowościami. Do obsługi tych połączeń służą przede wszystkim elektryczne zespoły trakcyjne serii EN57 oraz ich pochodne lub modernizowane wersje, które nie spełniają podstawowych parametrów konstrukcyjno-eksploatacyjnych, jakie powinien spełniać wyspecjalizowany tabor. Wyjątkiem tutaj mogą być dwa elektryczne zespoły trakcyjne typu 6WEb (seria 60WE), które po modernizacji są eksploatowane w aglomeracji warszawskiej. Pociąg ten ma cztery pary drzwi wejściowych w każdym wagonie, co daje 25% udziału sumarycznej szerokości drzwi w stosunku do całkowitej długości ściany bocznej pociągu.

4.2. Przykład kolei aglomeracyjnej w Londynie

Transport szynowy w aglomeracji londyńskiej jest bardzo dobrze rozwinięty i nadal trwają prace nad jego ulepszeniem. Połączenia pasażerskie są realizowane przez kolej aglomeracyjną i regionalną, lekką kolej miejską DLR, tramwaje oraz metro podziemne i unowocześniane linie naziemne *Overground*. Przykładem wykorzystania różnych typów pojazdów szynowych w tej samej relacji jest połączenie lotniska Heathrow z centrum Londynu, które jest obsługiwane przez bezpośrednie połączenie Heathrow Express, pociągi Heathrow Connect z pięcioma przystankami pośrednimi oraz metro z częstymi postojami. Tablica 3 porównuje czas przejazdu oraz częstotliwość kursowania poszczególnych środków transportu w tej relacji.

Tablica 3

Porównanie różnych środków transportowych
w relacji lotnisko Heathrow – centrum Londynu

Relacja	Średnia częstotliwość kursowania	Średni czas podróży do centrum Londynu	Cena biletu jednorazowego w £
Heathrow Express	15 min	16 min	16,50
Heathrow Connect	30 min	28 min	7,40
Metro (Linia <i>Piccadilly</i>)	5 – 10 min	1 godz.	4,00
Autobus dalekobieżny	co 5 – 30 min	50 min – 1 godz. 5 min	5,00
Taxi	na żądanie	30 min – 1 godz.	—

Dla każdego z trzech połączeń realizowanych drogą szynową jest przewidziany inny typ pojazdu: od najbardziej komfortowych pociągów Heathrow Express, przez Heathrow Connect, do najmniej komfortowych i najwolniejszych pociągów metra.

5. PODSUMOWANIE

Z rozważań zawartych w niniejszym artykule można wysunąć co najmniej dwie wskazówki, jakie przewoźnik realizujący zadania transportowe w ruchu aglomeracyjnym powinien brać pod uwagę przy wykonywaniu swoich zadań:

- tabor szynowy przeznaczony do realizacji zadań przewozowych powinien charakteryzować się takimi cechami użytkowymi, aby całkowity czas podróży był możliwie jak najkrótszy,
- linie tramwajowe i kolejowe oraz linie metra w ruchu pasażerskim tej samej aglomeracji powinny wzajemnie się uzupełniać i mieć wiele miejsc przesiadkowych, tworząc zintegrowany system transportu zbiorowego.