

Jan Raczyński

Tabor do przewozów aglomeracyjnych – kierunki rozwoju

Przewozy aglomeracyjne są obecnie w Europie, obok kolei dużych prędkości, najszybciej rozwijającym się segmentem pasażerskich przewozów kolejowych. Czynnikiem stymulującym ich rozwój są problemy transportowe miast, związane z niemożliwością zapewnienia odpowiedniej infrastruktury drogowej zarówno z powodu braku odpowiedniej przestrzeni, jak i niemożliwych do udźwignięcia kosztów. Najtańszą alternatywą jest w tym przypadku system kolei aglomeracyjnej.

Systemy kolei aglomeracyjnych ograniczają się do obszaru aglomeracji w promieniu zasadniczo do kilkudziesięciu kilometrów od jej centrum. Są one silnie zintegrowane taryfowo z systemem komunikacji miejskiej i zarządzane z reguły wspólnie z nim, w ramach jednej jednostki organizującej transport publiczny w aglomeracji. Krótkie odległości między przystankami, duże potoki podróżnych oraz wysokie wymagania w zakresie maksymalnie dużych prędkości handlowych stawiają szczególne wymagania dla taboru kolejowego, przeznaczonego do obsługi tych systemów.

Optymalny tabor do typowych przewozów aglomeracyjnych różni się konstrukcyjnie od taboru do przewozów regionalnych. Należy jednak zaznaczyć, że w wielu przypadkach granice między tymi systemami są niezbyt ostre a nawet umowne. Klasyczny system aglomeracyjny, izolowany od systemu regionalnego, jest domeną dużych aglomeracji miejskich i tych, gdzie nowy system był budowany od podstaw (np. w miastach niemieckich w latach 90.). W wielu przypadkach systemy te zachodzą na siebie z konsekwencjami wyboru wymagań dla konstrukcji taboru. W takich przypadkach tabor do przewozów regionalnych może być używany także do obsługi „części” aglomeracyjnej systemu, aczkolwiek rosną w takich przypadkach wymagania w stosunku do niego w kierunku poprawy parametrów trakcyjnych. Dokonuje się także innych zmian konstrukcyjnych np. zwiększenie liczby drzwi wejściowych.

W Polsce są obecnie tylko dwa systemy aglomeracyjne: SKM Trójmiasto i SKM Warszawa (w początkowej fazie rozwoju). Mimo publikowanych koncepcji o budowach systemów kolei aglomeracyjnych we Wrocławiu, Krakowie, Poznaniu i Łodzi brak jest szczegółowych planów, łącznie z planami obsługi systemu, które wskazywałyby jednoznacznie na charakter tych systemów z punktu widzenia optymalnego doboru parametrów taboru. Jest prawdopodobne, że będą miały – ze względu na charakter tych aglomeracji – system „mieszany”. Budowa systemu aglomeracyjnego dla regionu katowickiego (KRR, Gliwice – Zawiercie) rozpoczęta w latach 90. została zaniechana, a nieliczne jej elementy zostały rozebrane – władze regionalne preferują inwestycje drogowe. Dla systemu katowickiego planowano tabor o konstrukcji typowej dla ruchu aglomeracyjnego.

W artykule, który jest kolejnym z cyklu przedstawiających konstrukcje taboru do różnych segmentów przewozowych, zostaną omówione najbardziej typowe konstrukcje taboru aglomeracyjnego. Konstrukcje z pogranicza systemów zostaną przedstawione w opisie taboru regionalnego w kolejnych numerach **tts**.

Wymagania techniczne konstrukcji taboru do przewozów aglomeracyjnych

Głównym kryterium doboru taboru dla tego segmentu jest uzyskanie krótkich czasów przejazdu, a więc możliwie dużej prędkości handlowej. Prędkość ta jest zależna od:

- prędkości technicznej,
- czasu postoju na przystankach.

O prędkości technicznej decyduje głównie średnie przyspieszenie rozruchu i największa prędkość. Wpływ największej prędkości zależy od możliwości ruchowych na danej linii. Im krótsze odstępy międzyprzystankowe, tym mniejsze możliwości uzyskania większych prędkości maksymalnych na danym odcinku. W ruchu aglomeracyjnym przyjmuje się za wystarczającą prędkość maksymalną 140 km/h, aczkolwiek spotykane są konstrukcje taboru o prędkościach maksymalnych do 160 km/h.

Największe stosowane przyspieszenia w trakcie rozruchu dochodzą do 1,3 m/s², zazwyczaj jednak są one w granicach około 1 m/s².

Dla odległości między przystankami około 1000 m optymalne konstrukcje zespołów trakcyjnych mają parametry trakcyjne zapewniające prędkość handlową 35–40 km/h, przy czasach postoju na przystankach około 20 s. Wymaga to zastosowania dużej liczby osi napędnych (ponad 50% wszystkich osi) oraz dużej mocy jednostkowej (do 20 kW/t). Duża liczba osi napędnych umożliwia też zmniejszenie zapotrzebowania na moc zainstalowaną w pojeździe. Szczegółową analizę optymalnych parametrów trakcyjnych zespołów trakcyjnych do ruchu aglomeracyjnego przedstawiono na łamach **tts** w artykule [1].

Duża liczba osi napędnych jest wymagana także ze względów energetycznych, gdyż umożliwia ona wykorzystanie w dużym stopniu efektów hamowania elektrodynamicznego i odzyskowego.

Prędkość techniczną determinuje też średnie opóźnienie hamowania. Jego największa wartość, w przypadku hamowania służbowego nie powinna przekraczać 1,3 m/s², przy wartości narastania do 0,6 m/s³. Zazwyczaj opóźnienie hamowania wynosi około 1 m/s².

Czas postoju na przystankach zdeterminowany jest przez:

- sumaryczną szerokość drzwi w pociągu (optymalna prędkość przepływu podróżnych – 1 osoba/s × m, co wymaga zastosowania rozwiązań z udziałem 25% drzwi na długości pojazdu);
- łatwość dostępu do wnętrza wagonu (dogodna dla pasażerów konstrukcja stopni, a najlepiej ten sam poziom podłogi wagonu i peronu).

Wymienione wymagania determinują stosowanie w przewozach aglomeracyjnych tylko elektrycznych zespołów trakcyjnych,

które umożliwiają uzyskanie lepszych osiągnięć trakcyjnych w wyniku rozłożenia napędu w poszczególnych wagonach.

Typowe więc parametry klasycznych zespołów trakcyjnych do ruchu aglomeracyjnego to:

- minimum 50% osi napędnych,
- prędkość maksymalna do 140 km/h,
- moc napędu jednostkowa do 20 kW/t.

Obecnie stosuje się dwa sposoby zestawiania pociągów aglomeracyjnych:

- zespoły trakcyjne 3- lub 4-wagonowe, eksploatowane pojedynczo lub w układzie wielokrotnym po dwa lub trzy;
- jeden zespół złożony z nawet do 8 wagonów o długości przekraczającej nawet 100 m.

Wymagania prawne dla konstrukcji taboru

Obecnie w Unii Europejskiej realizowany jest projekt uporządkowania standardów technicznych w zakresie budowy i eksploatacji taboru kolejowego i urządzeń infrastrukturalnych. Prace te odbywają się zgodnie z wytycznymi dyrektywy 2001/16 *O interoperacyjności kolei konwencjonalnych* (znowelizowanej dyrektywą 2004/50). Zgodnie z przyjętym harmonogramem prac proces porządkowania standardów technicznych dla kolei konwencjonalnych będzie kontynuowany do 2009 r. Dotychczasowa standaryzacja, oparta na kartach UIC i normach europejskich EN, zostanie uzupełniona i ujęta w ramy prawne.

Wprowadzenie docelowej, pełnej interoperacyjności kolei ma następujące aspekty ekonomiczne:

- usunięcie barier w zakresie ruchu taboru kolejowego w obszarze Unii Europejskiej;
- zmniejszenie kosztów produkcji i certyfikacji taboru oraz innych urządzeń w wyniku standaryzacji technicznej oraz wzajemne uznawanie certyfikatów, wydawanych przez państwa członkowskie;
- rozwój rynku leasingu i dzierżawy taboru w wyniku usunięcia barier administracyjnych dla jego eksploatacji na europejskiej sieci kolejowej.

Specyfikacje TSI są przyjmowane do stosowania na obszarze Unii Europejskiej mocą decyzji lub rozporządzeń Komisji Europejskiej.

Specyfikacje TSI można podzielić na dwie grupy:

- 1) bezpośrednio dotyczące danego rodzaju pojazdów (lokomotywy i zespoły trakcyjne, wagony pasażerskie, wagony towarowe, pociągi dużych prędkości);
- 2) dotyczące jedynie w swojej części taboru kolejowego.

Aktualny stan prac nad specyfikacjami TSI dla taboru pasażerskiego oraz zagadnień związanych z konstrukcją i eksploatacją tego taboru przedstawiono w tabeli 1.

Do czasu wydania wszystkich specyfikacji TSI w poszczególnych zagadnieniach technicznych nie uregulowanych jeszcze TSI, państwa członkowskie są zobowiązane do opublikowania własnych aktów prawnych w formie zestawień obowiązujących przepisów i standardów technicznych, zasad oceny zgodności i notyfikacji ich w Komisji Europejskiej. Akty te mają być publicznie dostępne. W Polsce może to uczynić prezes Urzędu Transportu Kolejowego poprzez obwieszczenia w Dzienniku Ministra Infrastruktury na podstawie delegacji udzielonej mu w artykule 25d *Ustawy o transporcie kolejowym*. Polskie obwieszczenie wymienia między innymi powszechnie uznawane w Europie normy europejskie (EN) i karty UIC (Międzynarodowego Związku Kolei).

Gwarantuje to ciągłość przejścia od obecnych, tymczasowych przepisów do przyszłych specyfikacji TSI, które w istotnej części opierają się na powszechnie stosowanych w Europie standardach, a tylko je porządkują i uzupełniają.

Tabela 1

Stan prac nad specyfikacjami w zakresie budowy i eksploatacji pasażerskiego taboru kolejowego do ruchu aglomeracyjnego i regionalnego (na 30.06.2007 r.)

Zakres regulacji	Obecny stan prawny	Uwagi
Pojazdy trakcyjne (lokomotywy, zespoły trakcyjne)	W trakcie przygotowania	Planowane ukończenie w 2009 r.
Wagony pasażerskie	W trakcie przygotowania	Planowane ukończenie w 2009 r.
Udogodnienia dla osób z ograniczoną mobilnością	Ukończona	Przyjęta - w przygotowaniu do publikacji
Wymagania dla ruchu w długich tunelach	Ukończona	Przyjęta - w przygotowaniu do publikacji
Dopuszczalne poziomy emisji hałasu przez tabor kolejowy wszystkich rodzajów	Przyjęta decyzją Komisji Europejskiej 2006/66	Obowiązuje od 23.06.2006 r.
System sterowania (ERTMS)	Przyjęta decyzją Komisji Europejskiej 2006/679	Obowiązuje od 28.09.2006 r.
Ruch kolejowy	Przyjęta decyzją Komisji Europejskiej 920/2006	Obowiązuje od 14.02.2007 r.
Rejestr taboru	W trakcie przygotowania	Planowana publikacja w 2009 r.
Certyfikacja zakładów utrzymania taboru	W trakcie przygotowania	Planowane ukończenie w 2009 r.

Równoległe prowadzony jest także projekt MODTRAIN finansowany ze środków unijnych przy współfinansowaniu przez UIC i UNIFE. Projekt, który został zapoczątkowany w lutym 2004 r. i będzie realizowany przez 4 lata ma na celu zdefiniowane funkcjonalnych, elektrycznych i mechanicznych powiązań (interfejsów) oraz procedur certyfikacji do stworzenia rynku wymiennych modułów (podzespołów), które będą podstawą do opracowania nowych generacji pojazdów pasażerskich i lokomotyw [2].

Drugim projektem jest przygotowywanie podstaw legislacyjnych do opracowania zasad wzajemnego uznawania wydawanych dopuszczeń taboru do eksploatacji w poszczególnych państwach członkowskich Unii. Dotyczyć to będzie taboru już eksploatowanego, ale będzie miało wpływ na przyszłe rozwiązania legislacyjne, związane z wprowadzeniem przyszłych specyfikacji TSI dla lokomotyw i taboru pasażerskiego [3].

Analiza wymagań w zakresie ochrony środowiska i ich podsumowanie jest przedmiotem projektu PROSPER, prowadzonego przez UIC. Efektem tych prac jest karta UIC 345, w której zostały zebrane te wymagania, także w formie przewodnika. Dotyczą one ograniczenia poziomu emisji hałasu od taboru, zanieczyszczeń z silników spalinowych, energochłonności pojazdów trakcyjnych, stosowania materiałów szkodliwych dla otoczenia i ich utylizacji [4, 5].

Konstrukcje najnowszych zespołów do ruchu aglomeracyjnego Główne cechy

W ostatnich latach opracowano w Europie kilka konstrukcji zespołów trakcyjnych, typowych dla ruchu aglomeracyjnego. Są to:

- zespoły serii ET 423, 424, 425, 426 dla systemów kolei miejskich w Niemczech. Na bazie zespołu 425 będzie produkowa-

ny, także dla kolei holenderskich, zespół Sprinter oraz zespół CP2000 dla kolei portugalskich;

- Coradia Lirex X60 dla Sztokholmu;
- zespół X'Trapolis S-tog dla systemu kolei miejskiej S-bane w Kopenhadze;
- zespół NAP dla regionu paryskiego;
- zespoły piętrowe MI2N dla regionu paryskiego.

Większość zespołów aglomeracyjnych składa się z krótkich wagonów (do 20 m długości) połączonych przegubowo i opartych na wspólnych wózkach. Zespoły mają od dwóch (ET 426) do sześciu wagonów (X60), długość zespołów może przekraczać nawet 100 m. Napęd trakcyjny montowany jest w skrajnych wózkach oraz w niektórych wózkach środkowych.

Zespoły S-tog (Kopenhaga) oraz NAP (Paryż) to innowacyjne konstrukcje, składające z krótkich wagonów, zestawianych w zespoły o długości ponad 100 m. Każdy z wagonów jest w nich oparty na jednym własnym wózku. W zespole S-tog jest to wózek jednoosiowy, a w zespole NAP – dwuosiowy.

Zespoły serii ET

Zespoły tej serii przeznaczone są zasadniczo do obsługi systemów kolei miejskich S-bahn w miastach niemieckich, używane są także w niektórych regionach również w ruchu regionalnym.

Zespoły serii 423, 424, 425 składają z 4 krótkich wagonów, długości 16–17 m, połączonych przegubowo i opartych na wspólnych wózkach. Wózkami napędzonymi są wózki skrajne oraz dwa wózki między wagonami skrajnym i środkowym (rys. 1 i 2) – zespół ma więc 80% osi napędnych. Zespół serii 426 jest 2-wagonowy i ma tylko 2 skrajne wózki napędne (udział osi napędnych 67%).

Zespół serii 423 ma trzy pary drzwi odskokowo-przesuwnych na wagon i jest przeznaczony do aglomeracji o dużym natężeniu ruchu. Jest to zespół wysokopodłogowy (1000 mm), bez stopni wejściowych i jest przeznaczony do obsługi stacji z peronami o wysokości 960 mm. Zespoły te obsługują ruch aglomeracyjny w Monachium, Frankfurtie i Stuttgarcie.

Zespoły serii 424, 425, 425.2 i 426 mają tylko po dwie pary drzwi na wagon, są wyposażone w stopień wejściowy. Zespoły serii 424 mają wysokość podłogi 800 mm i są przeznaczone do obsługi przystanków z peronami o wysokości 760 mm. Zespoły serii 425 i 426 są przystosowane dodatkowo do wysokości 550 i 360 mm dzięki zainstalowanym dodatkowo stopniom. Dwuwagonowa wersja 426 przeznaczona jest do obsługi relacji o małym natężeniu ruchu. W ten sposób koleje DB mają kilka serii taboru dla różnych regionów i różnych zastosowań ale jednolitych pod względem budowy i wyposażenia, co znacznie zmniejsza koszty ich utrzymania i serwisowania. [6]



Fot. 1. Zespół serii ET 423

Fot. J. Goździewicz

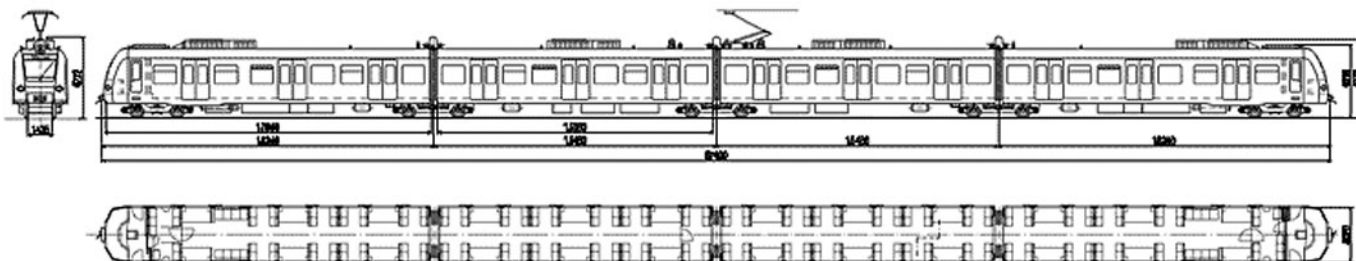
Zespoły serii ET są produkowane od 1998 r. w konsorcjach firm Bombardier, Siemens, Alstom dla kolei DB Regio. W latach 2002–2004 dostarczono serię zespołów ET 425-2, będących zmodyfikowaną wersją zespołów serii 425.

Podłga wagonów wykonane są ze stopów lekkich. Zespoły mają przedziały dla pasażerów w układzie jednoprzestrzennym, bez drzwi przejściowych między wagonami. Zespoły serii 424/425 mają w skrajnych wagonach większe przedziały dla niepełnosprawnych i podróżnych z większym bagażem. Siedzenia w tych przedziałach znajdują się wzdłuż ścian (rys. 2).

Tabela 1

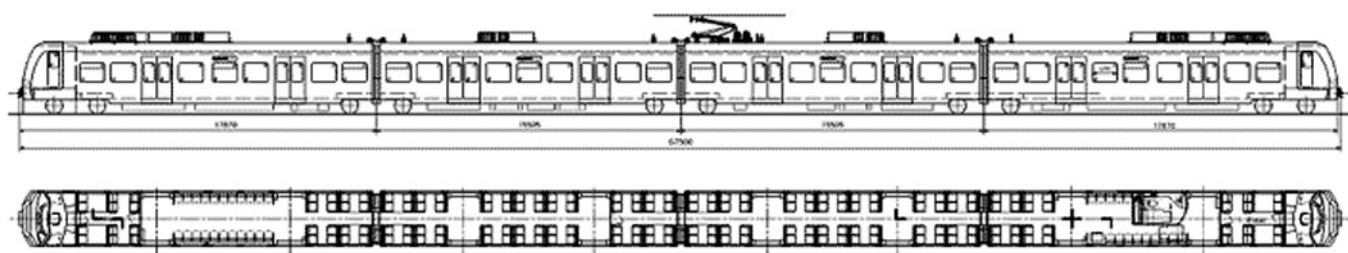
Dane techniczne zespołów serii ET 423, 424, 425, 426

	Seria			
	ET 423	ET 424/425	ET 426	ET425.2
Liczba wagonów	4	4	2	4
Liczba osi napędnych	8	8	4	8
Procent osi napędnych	80	80	67	80
Długość [m]	67,4	67,5	40,1	67,5
Szerokość [m]	3,020	2,840	2,840	2,840
Moc [kW]	2350	2350	1175	2350
Zasilanie [kV/Hz]	15/16,6	15/16,6	15/16,6	15/16,6
Przyspieszenie [m/s ²]	1.0	1.0	0.9	1.0
Prędkość maksymalna [km/h]	140	140/160	160	140
Masa [t]	108	108	61	108
Liczba miejsc do siedzenia	192	206/192	112	204
Liczba miejsc do stania [4/m ²]	352	352	110	229
Wysokość podłogi [mm]	1000	798	798	798
Wysokość peronu [mm]	960	760/550	760/550	760/550
Liczba wyprodukowanych	462	196	43	80



Rys. 1. Schemat zespołu serii ET 423

Źr. Bombardier



Rys. 2. Schemat zespłu serii ET 425

Źr. Bombardier



Fot. 2. Zespół serii ET 425

Fot. J. Goździewicz



Fot. 3. Zespół serii ET 425 – przedział dla pasażerów Fot. J. Wesotowski

Zespoły serii CP 2000

Koleje portugalskie CP zakupiły zespoły CP 2000 do obsługi aglomeracji Casals, Lizbona i Azambuja oraz Porto. Zespoły są wykonane na napięcie zasilania 25 kV, a opcje przewidują kupno

zespołów dla systemu zasilania 1,5 kV dc i w wersji 2-napięciowej 25 kV/1,5 kV.

Zespoły są 4-wagonowe w układzie z wózkami pod przegubami wagonów. Rozwiązania konstrukcyjne są analogiczne, jak dla zespołów serii ET 425. Producentem zespołów jest konsorcjum Bombardier-Siemens. W latach 2002–2004 dostarczono 34 zespoły. Przewidziano opcję zakupu dalszych zespołów, ale już w wersji 5-wagonowej.

Tabela 2

Dane techniczne zespołów serii CP 2000

	Seria CP 2000	Opcja	Opcja
Liczba wagonów	4	5	5
Ilość osi napędnych	8	8	8
Procent osi napędnych	80	67	67
Długość	[m]	66,8	
Szerokość	[m]	3,122	3,122
Moc	[kW]	2350	1140
Przyspieszenie	[m/s ²]	1,0	0,72 (DC)
Prędkość maksymalna	[km/h]	140	100 (120)
Masa	[t]	108	124
Miejsc do siedzenia		196	314
Miejsc do stania	[4/m ²]	352	-
Wysokość peronu	[mm]	1080	-
Liczba wyprodukowanych		34	Opcja 10

Zespoły Sprinter dla kolei holenderskich NS

W 2005 r. koleje holenderskie NS zamówiły zespoły trakcyjne do obsługi aglomeracji miejskich w zachodniej części Holandii. Producentem zespołów jest konsorcjum Bombardier – Siemens a zespoły te są oparte na konstrukcji zespołu serii ET 425. I tak zamówiono:

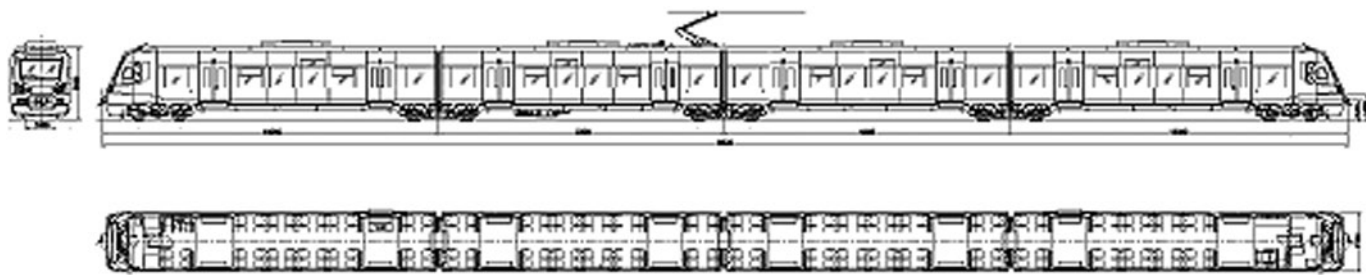
- 18 zespołów 4-wagonowych,
- 17 zespołów 6-wagonowych.

Dostawy zespołów nastąpią w latach 2007–2009.

Zespoły będą przystosowane do zasilania napięciem 1,5 kV, prędkość maksymalna będzie wynosić 160 km/h.

Zespoły Coradia Lirex X60

Prototyp zespołu LIREX™ Experimental, opracowany przez zakłady Alstoma w Saltzgitter i kolej DB, zaprezentowano na targach Innotrans 2000 w Berlinie. Zespół składał się z 6 wagonów połączonych przegubowo z wykorzystaniem wózków międzywagonowych. Prototyp przejechał 320 tys. z pasażerami na trasie z Magdeburga do Stendal przez Wittenbergię. Zespół zwrócił uwagę niekonwencjonalną aranżacją wnętrza zwiększającą komfort podróży regionalnych, do których został przeznaczony. W zespole zastosowano wiele prototypowych rozwiązań, między innymi urządzenia do uzysku energii elektrycznej.



Rys. 3. Zespół serii CP 2000 – schemat wagonów

Źr. Bombardier.



Fot. 4a. Zespół serii CP 2000

Źr. Bombardier



Fot. 5. Zespół Sprinter dla kolei holenderskich

Źr. Bombardier



Fot. 4b. Zespół serii CP 2000 – przedział dla pasażerów

Źr. Bombardier

Przewidziano zastosowanie zespołu do ruchu:

- regionalnego, w tym ekspresowego na większe odległości;
- aglomeracyjnego;
- jako substytut pociągów międzyregionalnych.

Zespoły te mogą być wykonywane w wersji z napędem elektrycznym oraz spalinowym, z różną liczbą wagonów i drzwi w wagonie, stosownie do przeznaczenia regionalnego lub aglomeracyjnego (rys. 5).

Do chwili obecnej zrealizowano tylko zamówienie wersji aglomeracyjnej dla Sztokholmu (X60). W 2002 r. SL Storstockholms Lokaltrafik, zarządzający systemem kolei aglomeracyjnej w obrębie tzw. Wielkiego Sztokholmu, zamówił 55 zespołów trakcyj-

Tabela 3
Dane techniczne zespołów kolei holenderskich (NS)

Liczba wagonów	4	6	
Liczba osi napędnych	6	8	
Procent osi napędnych	60	67	
Długość	[m]	67,5	100,5
Szerokość	[m]	2,840	2,840
Moc	[kW]	1500	2000
Prędkość maksymalna	[km/h]	160	160
Masa	[t]	129	176
Liczba miejsc do siedzenia		196	196
Liczba miejsc do stania	[4/m ²]	222	332
Wysokość podłogi	[mm]	798	798
Wysokość peronu	[mm]	760/550	760/550
Liczba zamówionych		18	17

nych, produkcji Alstom – zakład w Saltzgitter, Niemcy, z opcją zakupu 60 kolejnych. Pierwsze zespoły dostarczono w 2004 r., a do eksploatacji wprowadzono w 2005 r.

Uwzględniając specyfikę przewozów wybór zamawiającego dotyczył stosunkowo długich zespołów (107 m), składających się z 6 wagonów połączonych przegubowo, opartych na wspólnych wózkach. Skrajne oraz wybrane wózki międzywagonowe są wózkami napędzonymi. Ogółem w zespole jest 12 osi napędnych na 14 osi ogółem (udział 85%). Zespół ma wysokie parametry ruchowe, charakterystyczne dla zespołów aglomeracyjnych – prędkość od 0 do 80 km/h jest osiągnięta w 20 s, a od 0 do 100 km/h – w 30 s.

W zespole jest 12 par drzwi szerokości 1,3 m każde. Wagony mają także automatyczne drzwi wewnętrzne. Podłoga znajduje się na wysokości 790 mm ponad główką szyny na 95% długości zespołu.

Tabela 4

Dane techniczne zespołów serii Coradia Lirex X60

Liczba wagonów		6
Ilość osi napędnych		12
Procent osi napędnych		85
Układ osi		Bo'(Bo)'(Bo)'(Bo)'(2)'(Bo)'Bo'
Długość	[m]	107,1
Masa	[t]	205
Szerokość	[m]	3,258
Moc	[kW]	3000
Przyspieszenie	[m/s ²]	1,12 (0–80 km/h)
Prędkość maksymalna	[km/h]	160
Miejsc do siedzenia		374
Miejsc do stania	[5/m ²]	565
Wysokość podłogi nad główką szyny	[mm]	850/790 i 760 (na wejściach)
Liczba wyprodukowanych		55 (opcja +60)



Fot. 8. Zespół serii Coradia Lirex X60

Źr. Alstom



Fot. 6. Zespół serii Coradia Lirex X60

Źr. Alstom



Fot. 9. Zespół serii Coradia Lirex X60, przedział dla pasażerów

Źr. Alstom



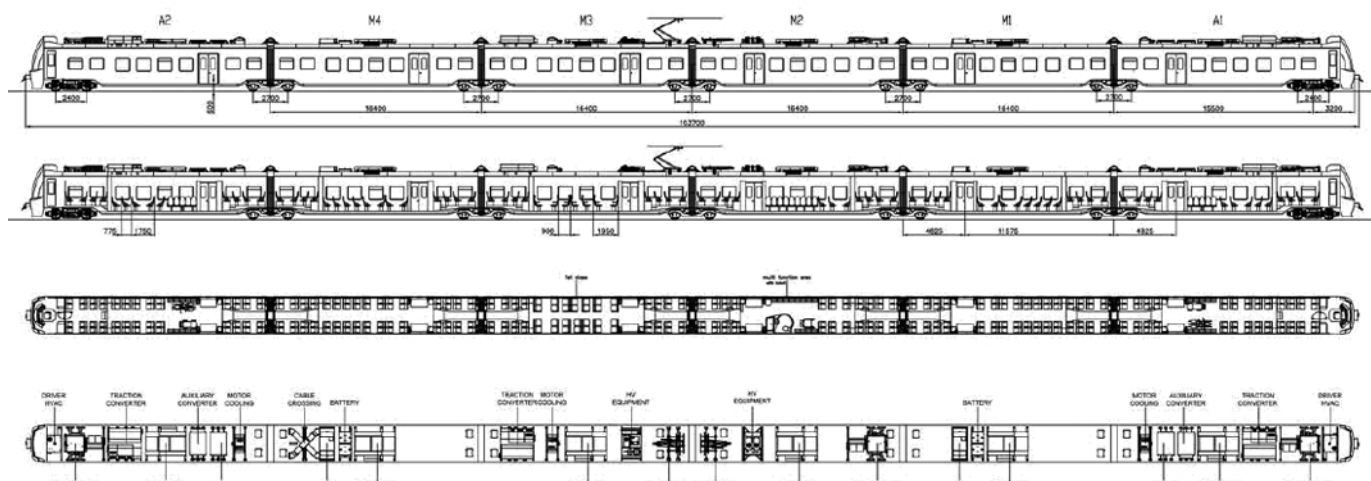
Fot. 7. Zespół serii Coradia Lirex X60, przedział dla pasażerów

Źr. Alstom



Fot. 10. Kabina maszynisty

Źr. Alstom



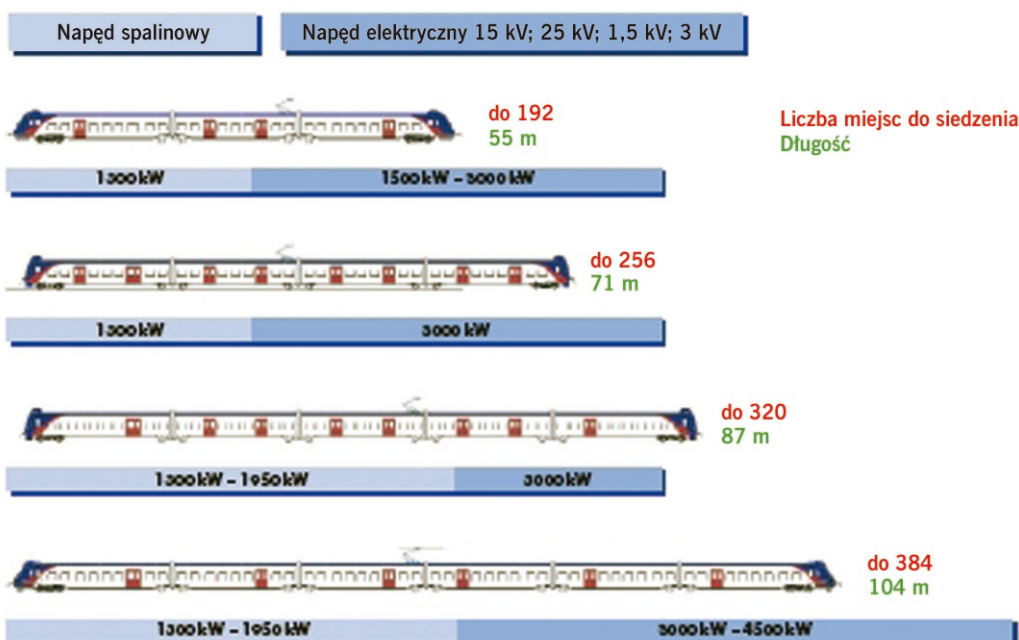
Rys. 4. Zespół serii Coradia Lirex X60. Schemat wagonów

Źr. Alstom

Zespoły X'Trapolis S-tog

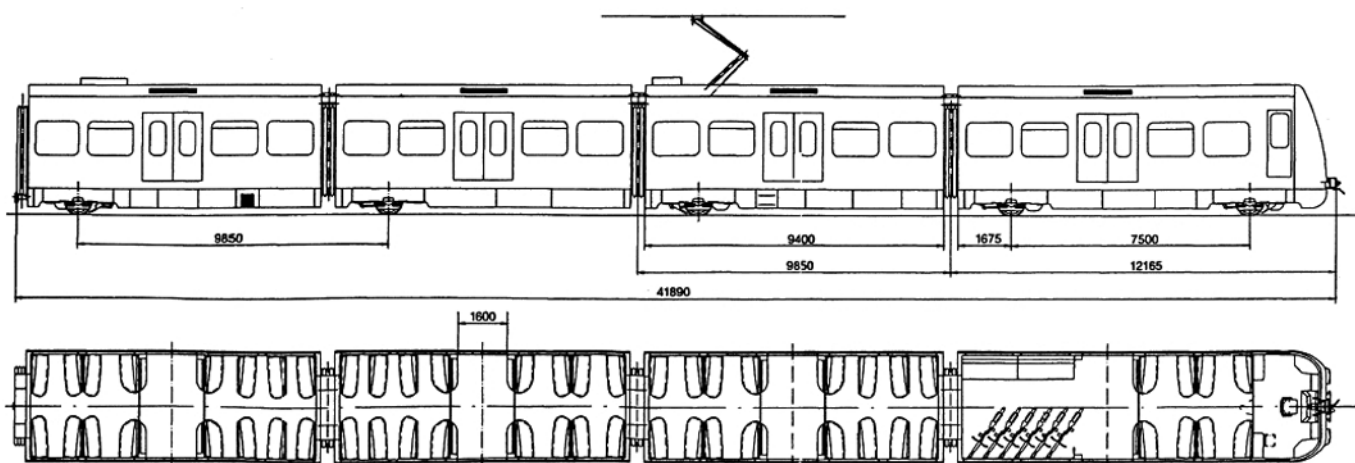
Sieć szybkiej kolei miejskiej – S-bane Kopenhagi zelektryfikowana jest napięciem 1,65 kV prądu stałego, liczy 170 km, i ma 79 stacji. Planując nowy tabor do zastąpienia starszego, Duńskie Koleje Państwowe (DSB) postanowiły zwiększyć liczbę miejsc do siedzenia przy zachowaniu tej samej długości pociągu. W tym celu postanowiono zbudować wagony o wypukłych ścianach zewnętrznych, z maksymalną szerokością wewnętrzną 3,36 m, ale z zachowaniem skrajni UIC na wysokości peronu. Ściany pudeł wagonów oraz belki sufitowe wykonano ze spawanych profili aluminiowych.

Ze względu na istniejące na sieci promienie łuków 190 m,



Rys. 5. Możliwe konfiguracje zespołów Coradia Lirex

Źr. Alstom



Rys. 6. Zespół serii X'Trapolis S-tog (część 4-wagonowa)

Źr. Alstom

długość wagonów zmniejszono do około 10 m. Zastosowano pojedyncze, sterowane radialnie osie.

Każdy zespół złożony jest z dwóch 4-wagonowych członów. Człon taki ma kabinę tylko na jednym końcu i jest oparty na pięciu pojedynczych osiach. Każdy wagon jest oparty na jednym



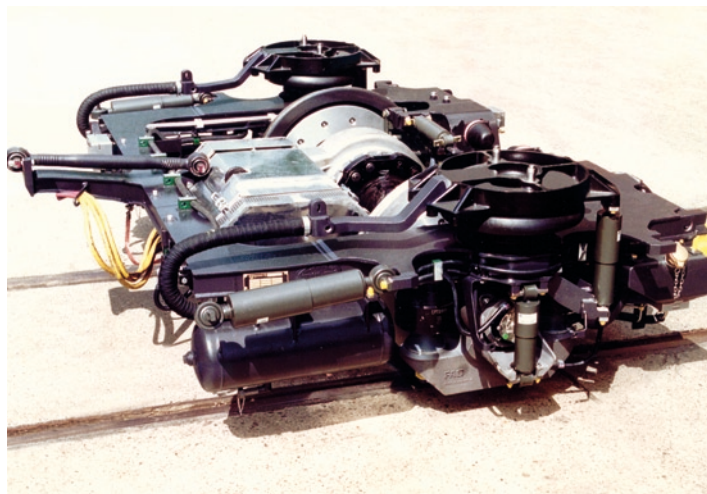
Fot. 11. Zespół serii X'Trapolis S-tog

Źr. Alstom



Fot. 12. Zespół serii X'Trapolis S-tog, przedział dla pasażerów

Źr. Alstom



Fot. 13. Zespół serii X'Trapolis S-tog, wózek napędny

Źr. Alstom

wózku jednoosiowym, a wagony czołowe na dwóch. 4-wagonowe człony łączone są ze sobą krótkimi sprzęgami Scharfenberga, łatwo rozłączalnymi w warunkach warsztatowych. Połączenia międzywagonowe wykonane są poprzez łączniki kuliste na poziomie podstawy pudeł i wspomagane przez dwa amortyzatory wzdłużne oraz łącznik stabilizujący między przyległymi dachami wagonów. W ten sposób 4-wagonowy człon stanowi w płaszczyźnie poziomej elastyczną „rure”. Możliwość swobodnego ruchu skrętnego istnieje tylko między wagonami przyległych członów.

Silniki trakcyjne zamontowane są poprzecznie do osi zestawu. Są one zawieszane na osi i napęd odbywa się poprzez przekładnię Kardana. Silniki są zamontowane na czterech, spośród pięciu osi członu (jeden silnik na wagon).

Sterowanie zestawami kołowymi odbywa się tak, aby zawsze ustawiały się one wzdłuż promienia łuku, co zrealizowano poprzez prosty system hydrauliczny. Przesuw kątowy między pudłami wagonów na łukach przekazywany jest bezpośrednio do umiejscowionych wzdłużnie cylindrów, które skręcają ramy wózków pod sprężynami powietrznymi.

Siedzenia umożliwiają siedzenie obok siebie 6 pasażerów w przedziale szerokości 3,36 m. Ławki szerokości 1350 mm, zwężone są przy drzwiach przejściowych do 1230 mm. Szerokość wagonu na wysokości podłogi wynosi 2,85 m. Odległość między ławkami wynosi 1760 mm. Osiągnięto więc zwiększenie pojemności pociągu o co najmniej 30%, bez potrzeby wydłużania peronów stacyjnych.

Przejścia przez przegubowe połączenia międzywagonowe są ostionięte półściankami.

Zespół ma dobre wskaźniki masy jednostkowej:

- 417 kg/m²,
- 411 kg na 1 miejsce do siedzenia.

Tabela 5

Dane techniczne zespołów serii X'Trapolis S-tog

Liczba wagonów		8
Liczba osi napędnych		16
Procent osi napędnych		80
Długość	[m]	83,2
Masa	[t]	125
Szerokość zewnętrzna w miejscu wybrzuszenia	[m]	3,600
Szerokość wewnętrzna na wysokości podłogi	[m]	2,850
Moc	[kW]	1720
Prędkość maksymalna	[km/h]	120
Liczba miejsc do siedzenia		304
Liczba miejsc do stania		330
Wysokość podłogi	[mm]	1100
Liczba wyprodukowanych		105
		+ 30 w wersji 4-wagonowej

Zespoły Spacium 3.06. (NAT)

W 2006 r. koleje SNCF zamówiły nowe zespoły trakcyjne do obsługi sieci aglomeracyjnej Translinien w regionie paryskim. Dostawcą zespołów będzie Bombardier.

Zamówienie opiewa na 172 zespoły dwusystemowe (1,5 kV DC i 25 kV AC).

Konstrukcja zespołów umożliwia szybsze wysiadanie i wsiadanie pasażerów oraz łatwe przemieszczanie się wewnątrz. Zespoły będą wykonywane w dwóch wersjach:

- 1) krótka, długości 95 m, składać się będzie z siedmiu wagonów posadowionych na ośmiu wózkach – 55 zespołów;

2) długa, długości 112,5 m, składać się będzie z ośmiu wagonów, posadowionych na dziewięciu wózkach – 117 zespołów.

Opcjonalna tranza wynosi 200 dodatkowych zespołów.

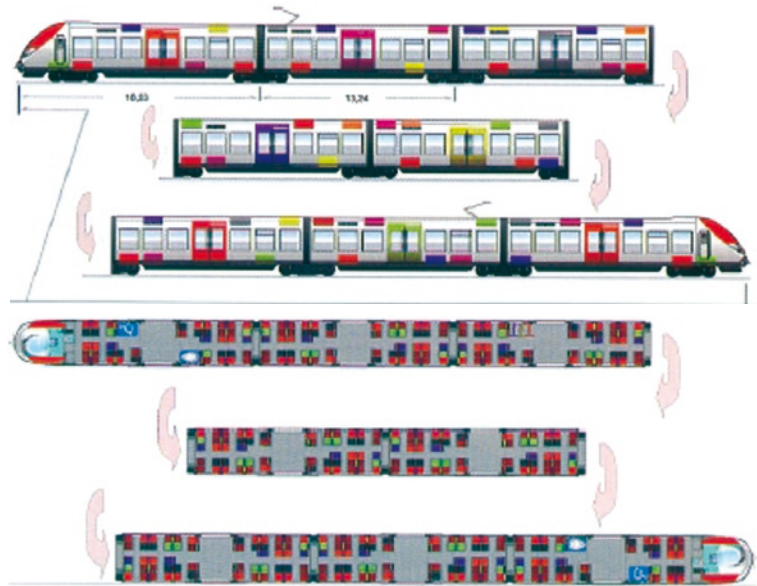
Wagony skrajne (sterownicze) mają 16,53 m długości, a wagony środkowe po 13,24 m. Ich niewielka długość umożliwia zwiększenie szerokości zewnętrznej z 2950 mm do 3060 mm i ustawienie w kierunku poprzecznym pięciu (3+2) siedzeń dla pasażerów. Siedzenia zamocowane są wspornikami z podwójnym wysięgnikiem na ścianach bocznych, dzięki czemu podłoga jest wolna od wsporników. Siedzenia szerokości 490 mm są wyposażone w podtłokietniki. Odległość między siedzeniami ustawionymi *vis-a-vis* wynosi 1540 do 1650 mm. Przejście środkowe między siedzeniami ma 650 mm.

Pojemność składu jest przewidziana na 900 miejsc, w tym 500 do siedzenia w wersji długiej i 754 miejsc, w tym 455 miejsc do siedzenia w wersji krótkiej. Zastosowano ogrzewanie podpodłogowe.

Podłoga znajduje się na wysokości 1050 mm powyżej główki szyny, bez żadnych progów, a przy wejściu – 970 mm.

W zespole zapewniono widoczność przez całą jego długość.

Zastosowano drzwi szerokości 1950 mm, dwuskrzydłowe, odskokowo-przesuwne.



Rys. 7. Schemat zespołu serii Spacium 3.06. (NAT)

Źr. [9]



Fot. 14. Zespół serii Spacium 3.06. (NAT) – projekt

Źr. Bombardier



Fot. 16. Zespół serii Spacium 3.06. (NAT), przedział dla pasażerów, oświetlenie wagonów w nocy

Źr. Bombardier



Fot. 15. Zespół serii Spacium 3.06. (NAT), przedział dla pasażerów

Źr. Bombardier

Co najmniej jedno z drzwi każdego wagonu umożliwia dostęp dla osób o ograniczonej możliwości poruszania się.

Oświetlenie jest rozproszone na sufit. Dwie linie zapewniają oświetlenie składu. Na suficie każdej platformy wejściowej jest umieszczony punkt świetlny, dający zmieniające się kolory, realizowane za pomocą diod elektroluminescencyjnych. Kolory te zmieniają się w zależności od ruchu pociągu – niebieski, gdy pociąg jedzie zmienia się na zielony, następnie pomarańczowy

i czerwony w fazie hamowania i zbliżania do przystanku, a w końcu biały – na postoju.

W zespole jest 5 wózków napędnych (w obu wersjach 8- i 9-wagonowej taka sama liczba). Moc napędu wynosi 2620 kW. Odberaki prądu są zainstalowane na dachu drugiego i przedostatniego wagonu.

Zespół jest wyposażony w następujące rodzaje hamulców:

- mechaniczny słuźbowy – tarczowy, wentylowany;
- postojowy – tarczowy;
- elektryczny – oporowy i odzyskowy;
- elektromagnetyczny – 4 szt. na jeden zespół.

Prędkość maksymalna zespołu wynosi 140 km/h.

Pierwszy zespół zostanie oddany do eksploatacji w listopadzie 2009 r. a ich produkcja będzie trwać do końca 2015 r.

Tabela 5

Dane techniczne zespołów serii NAP

	Spacium 3.06. (NAT)	
	krótki	długi
Liczba wagonów	8	9
Liczba osi napędnych	10	10
Procent osi napędnych	55	50
Długość	[m] 94,31	112,50
Masa	[t] 210	235
Szerokość zewnętrzna w miejscu wybrzuszenia	[m] 3,060	3,060
Moc	[kW] 2620	2620
Przyspieszenie (0–50 km/h)	[m/s ²] 0,98	0,98
Prędkość maksymalna	[km/h] 140	140
Liczba miejsc do siedzenia	430	480
Liczba miejsc do stania	324	432
Wysokość podłogi	[mm] 1050	1050
Liczba zamówionych	55	117

Zespoły piętrowe MI2N

Zespoły trakcyjne piętrowe są stosowane w ruchu aglomeracyjnym stosunkowo rzadko. W największym zakresie eksploatowane są od dawna w Zurychu i Paryżu na liniach C, D. Wysoka efektywność ekonomiczna pojazdów piętrowych oraz zadanie poprawy ich parametrów eksploatacyjnych skłoniło SNCF i RATP do zamówienia nowej generacji zespołów o wymaganiach typowych dla ruchu aglomeracyjnego. Zespoły o oznaczeniu MI2N zamó-

wiono do obsługi linii szybkiego metra RER E w Paryżu oraz do obsługi linii SNCF na północno-zachód od Paryża.

W stosunku do stosowanych na liniach C i D piętrowych elektrycznych zespołów serii Z2N w nowych zespołach dokonano wielu istotnych zmian. Najważniejszą z nich jest wprowadzenie trzech par drzwi na jeden wagon. W zespołach Z2N dwie pary drzwi na wagon dawały udział powierzchni drzwi 15% długości wagonu. W nowych zespołach MI2N udział ten zwiększył się do 27%. Wysokość podłogi przedsionków wynosi 1200 mm, ale wejścia wyposażono w dodatkowy stopień, wysuwany w przypadku obsługi przystanków o niskich peronach.

Zespoły mogą być zestawiane z trzech rodzajów wagonów:

- sterowniczych, bez napędu (s);
- doczepnych, środkowych w wersji z napędem (n) lub bez napędu (d).

Zasadnicze konfiguracje to układ wagonów s+n+d+n+s lub s+n+n+n+s. Każdy z wagonów ma dwa własne wózki.

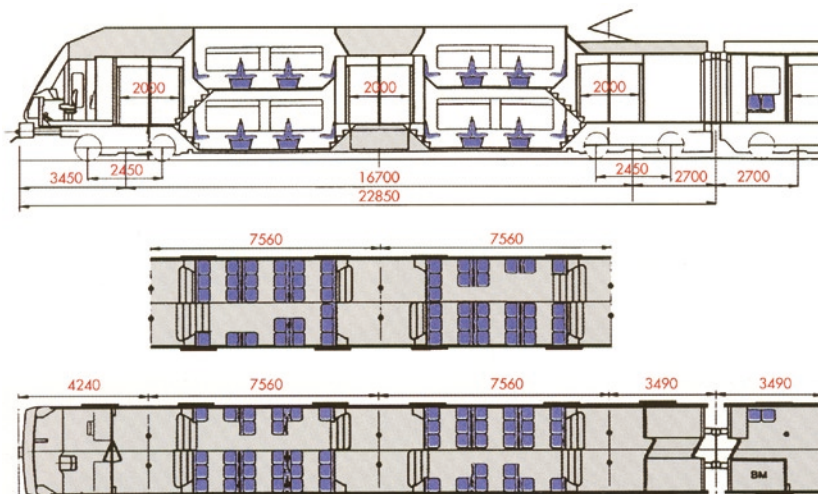
Każdy wagon ma 4 przedziały dla pasażerów – dwa na dole i na dwa na górze (rys. 8). Do przedziałów dolnych wchodzi się z obu stron, do przedziałów górnych tylko z jednej strony. Na końcach wagonów umieszczono w przedziałach aparaturę elektryczną i pneumatyczną wagonów.

W zespołach osiągnięto dobre wskaźniki masy jednostkowej – na jedno miejsce siedzące 504 kg.

Tabela 6

Dane techniczne zespołów piętrowych serii MI2N

	Seria	
	s+n+d+n+s	s+n+n+n+s
Liczba wagonów	5	5
Liczba osi napędnych	8	10
Procent osi napędnych	40	50
Długość	[m] 112	112
Masa	[t] 277	288
Moc	[kW] 3500	5250
Przyspieszenie	[m/s ²] 0,90	0,90
Prędkość maksymalna	[km/h] 140	140
Liczba miejsc do siedzenia	550	528
Liczba miejsc do stania	732	763
Wysokość podłogi	[mm] 1200	1200
Liczba zamówionych	53	43



Rys. 8. Schemat wagonu zespołu serii MI2N

Źr. Alstom

Wnioski

■ W typowych konstrukcjach zespołów trakcyjnych, przeznaczonych specjalnie do ruchu aglomeracyjnego, ukształtowały się obecnie wyraźne trendy w zakresie konfiguracji wagonów.

Główny trend to krótkie wagony, długości od 15 do 20 m, zestawianie w zespoły liczące do 6 wagonów, ze wspólnymi wózkami, z połączeniami przegubowymi (seria ET i pochodne, Coradia X60).

Układ taki jest efektywny kosztowo (mniejsza liczba wózków) i ma korzystne wskaźniki masy na miejsce siedzące. Wyraźny jest trend do zwiększania długości zespołów ponad 100 m, co zmniejsza koszt jednostkowy zespołu oraz jego późniejsze koszty eksploatacyjne.

■ Pojedynczym przypadkiem jest zespół złożony z krótkich wagonów, długości kilkunastu metrów,

każdy na własnym 2- lub 1-osiowym wózku – S-tog, zestawianych w składy długości nawet ponad 100 m.

Układ taki umożliwia zwiększenie szerokości wagonów na wysokości siedzeń i wygospodarowanie większej liczby miejsc dla pasażerów, przy tej samej długości zespołu.

W piętrowych zespołach trakcyjnych stosowane jest rozwiązanie z dwoma wózkami pod każdym wagonem, między innymi ze względu na konieczność zmniejszenia nacisku na oś. Udział osi napędnych w zespołach aglomeracyjnych wynosi ponad 50%, nawet do 85%. Wymaga to stosowania napędów w wózkach międzywagonowych, co zwiększa koszt zespołu. Jednak im więcej osi napędnych tym mniejsze zapotrzebowanie na moc zainstalowaną i lepsza efektywność energetyczna (mniejsze zużycie energii, lepsze warunki rekuperacji).

Obecnie, po wprowadzeniu powszechnej metodyki liczenia kosztów życia pojazdu (LCC), coraz większą wagę przykłada się do kosztów utrzymania i eksploatacji zespołu. Udział kosztu zakupu pojazdu, wnoszący tylko kilkadziesiąt procent kosztu LCC, jest obecnie coraz niższy. Relacje te mogą jeszcze w najbliższych latach ulec zmianie i koszty eksploatacji mogą mieć większy udział ze względu na rosnące ceny energii.

Drugim coraz wyraźniejszym trendem – wynikającym z presji ekonomicznej – jest zwiększanie długości zespołów, czyli dopasowywanie ich do potrzeb ruchowych. Zamiast krótkich zespołów łączonych w eksploatacji po kilka lepiej zainwestować w jeden zespół, co powoduje zmniejszenie kosztów w wyniku eliminacji zbędnych, coraz bardziej zwiększających się wydatków na kabiny maszynisty (ERTMS!). Ułatwia to także obsługę pociągu i zwiększa bezpieczeństwo podróży.

Prędkość maksymalna zespołów do ruchu aglomeracyjnego wynosi zasadniczo 140 km/h. Zespoły S-tog (120 km/h) i X60 (160 km/h) są wyjątkami.

W polskich warunkach typowy tabor do ruchu aglomeracyjnego może być stosowany w co najmniej kilku aglomeracjach (gdańskiej, warszawskiej i katowickiej). Warto więc uwzględnić europejskie trendy w przygotowywaniu specyfikacji na zakup nowego taboru. Jak na razie, dotychczasowe specyfikacje mocno odbiegały od doświadczeń zagranicznych.

□

Literatura

- [1] Wolfram T.: *Nowoczesne elektryczne zespoły trakcyjne ruchu podmiejskiego*. Technika Transportu Szynowego 5/2003.
- [2] Durzyński Z.: *Projekty unifikacji taboru kolejowego realizowane w Unii Europejskiej*. Technika Transportu Szynowego 4/2007.
- [3] *Komisja Transportu Parlamentu Europejskiego dyskutuje kwestie wzajemnego uznawania taboru*. Technika Transportu Szynowego 5-6/2007.
- [4] Raczyński J.: *Tabor kolejowy a środowisko*. Technika Transportu Szynowego 11-12/2006
- [5] Karta UIC 345. *Environmental specification for the new rolling stock*. Wyd. I, czerwiec 2006. www.uic.asso.fr.
- [6] Koeler G., Hohmann H., Moeller D.: *Update on Multiple-Unit Developments In Germany*. Railway Technical Review 1/2002.
- [7] Raczyński J.: *Czynniki decyzyjne w procesie zakupu taboru kolejowego*. Technika Transportu Szynowego 4/2007.



Fot. 17. Zespół serii MI2N

Fot. J. Goździewicz



Fot. 18. Zespół serii MI2N, dolny przedział dla pasażerów

Fot. J. Raczyński

- [8] Hondius H.: *Pękate wagony na jednoosioowych wózkach. Inauguracja niezwykłego taboru dla Kopenhagi*. Technika Transportu Szynowego 4/1996.
- [9] *Par Marc Carematrant (avec le concours de Laurent Charller)*. Ile-de-France: fautomotrice du renouveau. Rail Passion 12/2006.
- [10] Wesolowski J.: *Szybka kolej regionalna. Geneza i formy współczesne*. Technika Transportu Szynowego 5/2003.