

Tabor dla Kolei Dużych Prędkości

Jarosław Bartłomiejczyk

Od kilkudziesięciu lat pociągi dużych prędkości przewożą miliony pasażerów, w przeciągu tego czasu konstrukcje tych pociągów znacząco się zmieniły, ale podstawowe założenia konstrukcyjne dla tego typu pojazdów pozostały te same. Artykuł prezentuje nowoczesne pociągi będące w fazie testów oraz eksploatowane już na liniach dużych prędkości. Są tu przedstawione konstrukcje zespołowe o różnych konfiguracjach co do napędu oraz liczby wagonów pasażerskich.

Podstawy konstrukcji

Konfiguracja pociągu przystosowanego do rozwijania dużych prędkości zależna jest głównie od zapotrzebowania na moc do jego napędu. Aby zapewnić utrzymanie prędkości 300 km/h dla pociągu o masie ok. 400t. konieczne jest zastosowanie zespołów napędowych o mocy powyżej 8000kW. Optymalne naciski na tor z punktu widzenia jego konstrukcji i utrzymania przy dużych prędkościach jazdy nie powinny przekraczać 17 do 18 ton na jedną oś pociągu. Z tego powodu przyjęły się dwa rozwiązania konstrukcyjne :

- rozłożenie napędu w niektórych wagonach pociągu,
- rozłożenie napędu na dwie skrajne jednostki napędowe pociągu.

Techniczna Specyfikacja Interoperacyjności pociągów dużej prędkości standaryzuje ważniejsze cechy najnowszych pociągów wprowadzanych do eksploatacji na obszarze Unii Europejskiej. Największa długość uformowanego składu pociągu nie może przekraczać 400m z dopuszczalną tolerancją 1% w celu swobody konstrukcyjnej czoła pociągu pod względem aerodynamiki. Pociągi powinny być to uformowane na stałe składy o własnym napędzie, przygotowane do jazdy w obu kierunkach i uzyskujące określone parametry pracy. Na każdym końcu muszą posiadać kabinę maszynisty, w celu ułatwienia zmiany kierunku jazdy na stacjach krańcowych i w przypadku ewakuacji z tunelu.

Dopuszczalne są następujące rozwiązania konstrukcyjne:

- łączone na stałe konwencjonalny lub członowy skład pociągu,
- pociągi z systemami przechyłu pudła lub bez nich,
- pociągi jedno lub dwupokładowe.

Dopuszczalne jest łączenie pociągów tego samego typu, w celu dostosowania liczby miejsc dla pasażerów do zmieniających się potrzeb.

Pudło każdego pojazdu musi wytrzymać wzdłużne każdego pojazdu musi wytrzymać wzdłużne statyczne obciążenie ściskające na poziomie mocowania sprzęgu co najmniej 1500 kN, nie doznając odkształcenia szczątkowego.

Pociągi dużych prędkości osiągające prędkość 300 km/h posiadają napęd elektryczny. Z uwagi na moce jakie są pobierane przez pociąg sięgające kilkunastu mega watów nie wszystkie europejskie systemy zasilania są przystosowane do takich mocy. Najbardziej odpowiednim jest system o napięciu 25 kV 50 Hz lub 15 kV 16,7 Hz [1].

Pociągi AGV Italo

Najnowsza generacja pociągów koncernu Alstom, której konstrukcja bazuje na modelu V150 dobrze znanego z pobicia rekordu prędkości wynoszącego 574 km/h. Równomiernie rozłożony napęd, zastosowane wózki Jacobsa oraz zmniejszenie masy składu o 70t powodują zmniejszenie kosztów utrzymania i zużycia energii o 15% w stosunku do podstawowej wersji TGV. Napęd stanowią silniki synchroniczne na magnesy stałe o lepszym współczynniku mocy do masy (1 kW/kg) niż w przypadku klasycznych silników (0,8 kW/kg). Zajmują one o 33% mniej miejsca niż silniki asynchroniczne, są sterowane z falowników zbudowanych na tranzystorach IGBT, można tutaj także zastosować tyrystory GTO, lecz wytwarzają one mniejsze napięcie w porównaniu z IGBT. Silniki trakcyjne zawieszono na ramie wózka i przekazują moment obrotowy na koła poprzez jednostopniową przekładnię zębatą. Poszycie pudła pociągu wykonane jest z aluminium wzmacniane materiałem zawierającym włókna węglowe [2].



Rys.1. AGV w barwach NTV [3].

25 jednostek AGV zostało zakupionych przez włoskiego przewoźnika NTV (Nuovo Trasporto Viaggiatori). Począwszy od 2011 r. na liniach szybkiej kolei NTV powinny kursować pociągi AGV Italo, obsługujące główne miasta we Włoszech: Bari, Bolonia, Florencja, Mediolan, Neapol, Rzym, Salerno, Turyn i Wenecja. Każdego dnia będą odbywać się ponad 54 przejazdy, co w sumie daje 13.500.000 km rocznie, przy pełnej zdolności operacyjnej. NTV prognozuje, że będzie w stanie uzyskać udział w rynku składający się z około 10 mln pasażerów rocznie.

Miejsce na pokładzie i eliminacja czołowych lokomotyw, zastąpionych przez system rozproszonego napędu, zwiększa ilość miejsc dla pasażerów, powoduje to zwiększenie komfortu podróżowania (wzrost powierzchni o 20%). Szerokość, zewnętrzna dochodzi do 3 metrów a przestrzeń wewnętrzna wynosi 2,75 m. Italo jest najlepszy w swojej klasie pod względem jakości podróżowania, zapewniając większy komfort, zarówno pod względem miejsc jak i przejść, których wielkość pozwala pasażerom przemieszczać się i mijać z łatwością, nawet przy przenoszeniu nieporęcznego bagażu. Ponadto, hałas i wibracje podczas podróży są ograniczone przez pokład, zapewniając maksymalny komfort dla pasażerów [3].



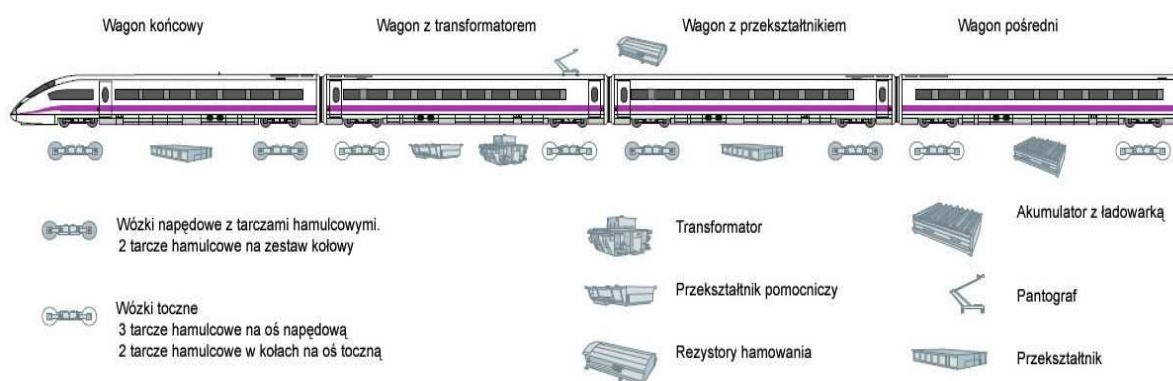
Rys.2. Linie obsługiwane przez NTV [3]

Velaro E



Rys.3. Siemens Velaro E w barwach AVE [5].

Pociąg Velaro to typowy elektryczny zespół trakcyjny, gdzie napęd i osprzęt elektryczny są rozłożone pod podłogą wagonów. Dzięki temu udało się zwiększyć dostępną przestrzeń dla pasażerów aż o 20% w stosunku do tradycyjnego pociągu dużej prędkości z głowicami napędowymi. Rozwiązanie to zostało już bardzo dawno dostrzeżone w Polsce, niestety jedynie dla lokalnych pociągów osobowych. W Velaro E napęd został rozłożony na poszczególne wagony, dzięki czemu uzyskano połowę osi napędnych. Pozwala to na znaczną poprawę przyspieszania oraz zmniejsza zużycie energii elektrycznej. Zmniejszeniu uległ również nacisk na oś do 17t (w stosunku do 18t w tradycyjnych pociągach). Velaro E oferuje 404 miejsca siedzące w trzech klasach: Club, Preferente oraz Turista. Pociąg ma dodatkowo ciekawą funkcję. Otóż we wnętrzu prawie wszystkie siedzenia są obracalne, co pozwala na podróżowanie większości pasażerów przodem do kierunku jazdy. Dzięki tej opcji odpada problem z mniej atrakcyjnymi miejscami siedzącymi ułożonymi tyłem do kierunku jazdy. Jest to również powrót do dawnych tradycji, gdzie siedzenia wykonywano z obracającym oparciem, dzięki czemu pasażerowie zawsze siedzieli przodem do kierunku jazdy. System ten został w Europie zapomniany, jednak powrócił w wielkim stylu. Pasażerowie pociągu mają do wyboru sześć kanałów audio wewnętrznej radiostacji.



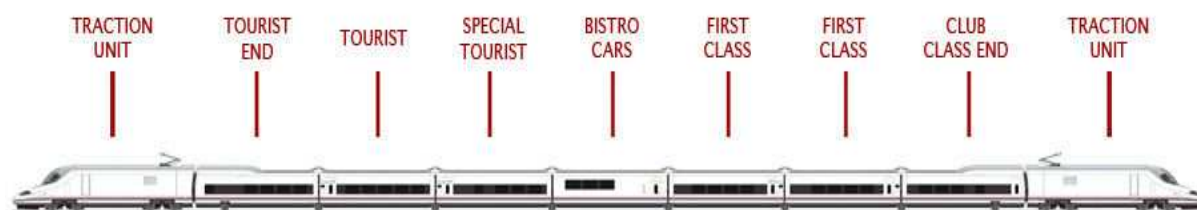
Rys.4. Rozmieszczenie urządzeń w pociągu Velaro E [5].

Na system informacji pasażerskiej składają się wyświetlacze informujące pasażerów w języku hiszpańskim, katalońskim oraz angielskim. W odróżnieniu od ICE na czole zespołu usunięto przedział widokowy na rzecz sali konferencyjnej z przedziałem VIP oraz własną kuchnią. Velaro E od ICE odróżnia również system zasilania 25kV 50 Hz prądu przemiennego. Velaro wyposażono również

w system ETCS poziom 2. Zespół ma 8 wagonów i długość 200 metrów, co pozwala na prowadzenie pociągów w trakcji ukrotnionej (do dwóch składów). Maksymalna długość pociągu 400 metrów wynika z technicznych specyfikacji interoperacyjności. Moc zespołu wynosi 8,8MW. Pierwsze składy dostarczono już w 2005 roku. Pierwotnie jazdy próbne odbywały się z niższymi prędkościami, jednak w dalszej kolejności były one zwiększane, aż w czerwcu 2006 roku osiągnięto prędkość 403,7 km/h. Prędkość ta stanowi rekord pociągu dla Hiszpanii, oraz światowy rekord dla seryjnego pociągu. Dotąd bowiem wszystkie rekordy były bite specjalnie przygotowanymi do tego celu zespołami. Dlatego też Velaro E uznawane jest za najszybszy seryjny pociąg. Dzięki temu wydarzeniu możliwe jest eksploataowanie tych pociągów z prędkością 350km/h[4].

Talgo 350

Pociągi te produkowane przez Talgo – Bombardier zakupione w marcu 2001 roku przez RENFE, oznaczone jako seria 102 kursują na liniach przeznaczonych do ruchu pociągów z prędkościami 350 km/h Hiszpanii. Technologicznie są to nowej generacji lekkie pociągi o aerodynamicznym profilu.



Rys.5. Konfiguracja pociągu Talgo 350 [6]

Człony napędowe produkowane przez Bombardier'a znajdują się na końcach pociągu nie zawierają pomieszczeń dla pasażerów, każdy wyposażony w kabinę sterowniczą. Kształt zewnętrzny członu napędowego różni się od tych zazwyczaj przyjmowanych. Stawia mały opór dla przepływu powietrza podczas jazdy a przy wjeździe do tunelu zapewnia wzrost ciśnienia powietrza zgodny z zaleceniami specyfikacji TSI. Podstawą konstrukcji Talgo 350 jest stal z dodatkami ze stopów lekkich. Na obu końcach jednostki znajdują się urządzenia ciągnikowo zderzane, całkowicie osłonięte ze względów aerodynamicznych [7].



Rys.6. Połączenie wagonów doczepnych systemu Talgo [6].

Talgo posiada swoją ciągle rozwijaną koncepcję krótkich wagonów poruszających się na pojedynczych osiach. Rozwiązanie to przypomina trochę powszechnie znane wózki Jacobsa znajdujące się między wagonami. W Talgo 350 zamiast wózków Jacobsa znajdują się pojedyncze osie, które są sterowane za pomocą ramy i powietrznych sprężyn umieszczonych w kolumnach po obu stronach nadwozia, dzięki czemu podczas jazdy na łukach pociąg może się wychylić o $3,5^\circ$. Łączna długość 3 wagonów Talgo jest równa długości dwóch wagonów TGV i jednego wagonu Velaro, co pozwala na zastosowanie podłogi o wysokości 760mm nad główką szyny na całej długości składu[4].



Rys.7. Pociąg Talgo 350 w barwach AVE [6].

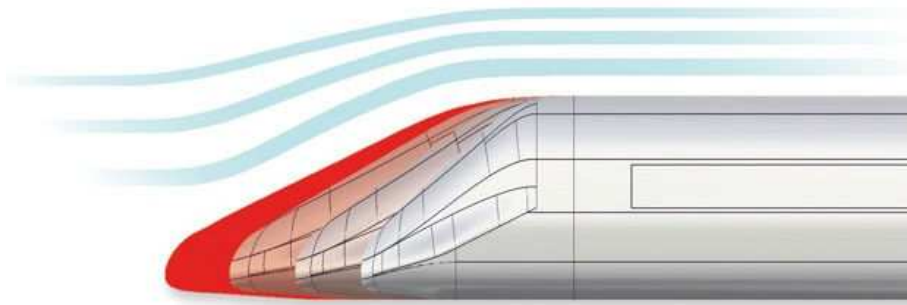
Bombardier Zefiro

Najnowsze dzieło koncernu Bombardier na skalę globalną, Zefiro nowy pociąg dużych prędkości zbudowany w oparciu o konstrukcję jednostek trakcyjnych w celu zwiększenia przestrzeni dla pasażerów. Produkowany jest dla prędkości 200 i 350 km/h , jedno lub czterosystemowy w zależności od wymagań klienta.



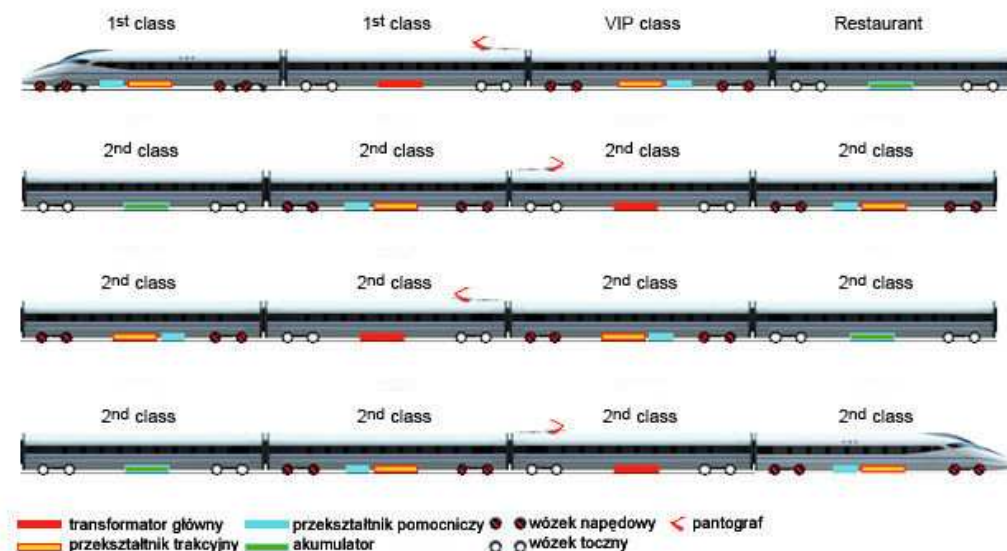
Rys.8. Zefiro 380 dla Chińskiego Ministerstwa Kolei [8].

Tradycyjne dla dużych prędkości rozwiązanie wagonów osadzonych na wózkach Jacobsa. Producent przyjął koncepcję doboru stylistyki czoła pociągu w zależności od zamówienia, przez co będą one posiadały cechy indywidualności przy niskich kosztach zakupu i eksploatacji oraz pozwalały maksymalizować zyski dla przewoźnika. W najwolniejszej wersji pociągu o długości 100 metrów i czterech wagonach pociąg tworzą dwa skrajne wagony silnikowe oraz dwa środkowe, z których jeden jest wyposażony w pantograf. W przypadku najpopularniejszej wersji dla kontynentu europejskiego dla prędkości 300km/h pociąg będą tworzyły dwa silnikowe wagony czołowe, dwa środkowe silnikowe oraz cztery środkowe bez napędu, z których dwa będą wyposażone w pantograf.



Rys.9. Warianty kształtu przodu pociągu zależne od poziomu prędkości maksymalnej [8].

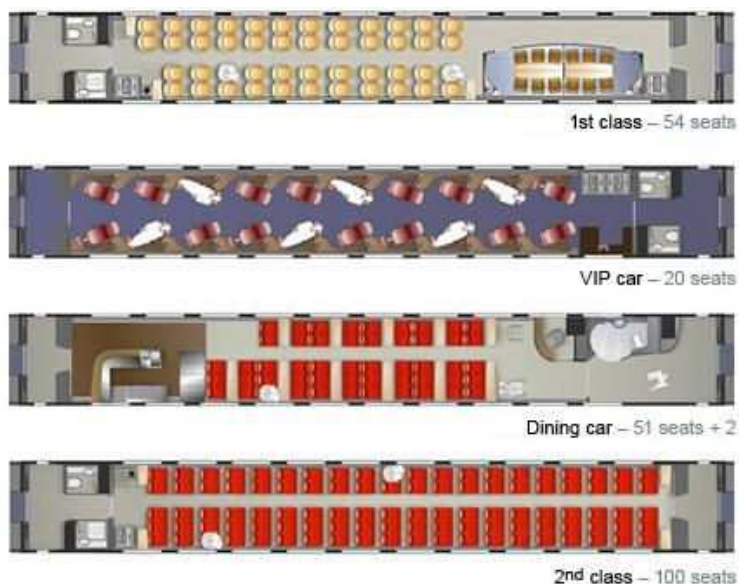
Takie dwa składy ośmiowagonowe można spiąć w trakcji ukrotnionej do dwóch jednostek. Łączenie i rozłączenie ma zająć jedynie 3 minuty. Pociąg składa się z trzech typów wagonów: wagonów silnikowych na końcach pociągu, wagonów doczepnych z pantografem i bez oraz wagonów z napędem pośrednim. Wyposażenie trakcyjne w czołowych wagonach oraz środkowych jest takie samo. W każdym wagonie silnikowym napędzane są wszystkie cztery osie. W wagonach wyposażonych w pantografy pod podłogą znajdują się transformatory oraz urządzenia trakcyjne. Na końcach czołowych wagonów silnikowych znajdują się kabiny maszynistów. Wejście do kabiny możliwe za pomocą klucza, przy wyjściu nie jest on potrzebny. Podczas jazdy pociągu kabina, która jest nieaktywna może być używana jako pomieszczenie dla personelu pokładowego. Kabina wyposażona jest w system boczego widzenia poprzez kamery oraz możliwość obserwacji wnętrza pociągu.



Rys.10. Rozkład urządzeń trakcyjnych w pociągu Bombardier Zefiro [8].

Przy prędkości 250 km/h pociąg wytrzymuje wiatr boczny o prędkości 25 m/s i jest zaprojektowany jako hermetycznie szczelny aby zapobiec zmianom ciśnienia podczas mijania się pociągów. Wysoka szczelność wagonów jest zapewniona przez zastosowanie ciągłego spawania profili aluminiowych konstrukcji nadwozia wagonów, a także staranny dobór rozwiązań i wymagań dla systemów składających się na szczelność powłoki, np. wloty wentylacyjne i rury wydechowe drzwi, okna, toalety i kładki. Podstawowym zawieszeniem są sprężyny stalowe między ramą wózka a osiami. Dodatkowo zamontowane są gumowe przekładki między ramą wózka a sprężynami, zapewniające izolację akustyczną zawieszenia. Stateczniki osi wykonane są z elastycznej gumy. Nadwozie jest zawieszane na dwóch resorach pneumatycznych na ramie wózka. W przypadku awarii źródła powietrza, metalowe elementy i gumy zapewniają bezpieczne kontynuowanie jazdy. Aby zapewnić wysoki poziom komfortu jazdy, zamontowano dodatkowe zbiorniki powietrza o minimalnej objętości około 90 litrów na sprężone powietrze. Zbiorniki te są umieszczone wewnątrz ramy powyżej resorów pneumatycznych. Zawory poziomujące nadwozie wagonu i wózek zapewniają dostosowanie poziomu w różnych warunkach obciążenia. W celu zapewnienia maksymalnej przyczepności wózki są wyposażone w dwa systemy antypoślizgowe. Siła hamowania i pociągowa są przekazywane do wózków przez centralnie umieszczony przewód usytuowany pod nadwoziem. Wózki napędowe wyposażone są w 4 tarcze hamulcowe na wózek, a wózki toczne w 6 tarczy na wózek. Te dwa rodzaje zespołów hamulcowych są zainstalowane na każdym wagonie pociągu. Klocki hamulcowe są wykonane z azbestu, można je wymienić w łatwy sposób.

Wyposażenie przedziału pasażerskiego jest w pełni uzależnione od klienta. Można zamontować siedzenia w dowolnym układzie lub też podzielić na przedziały, w drodze wyjątku jest możliwość przekształcenia w wagon sypialny [9].

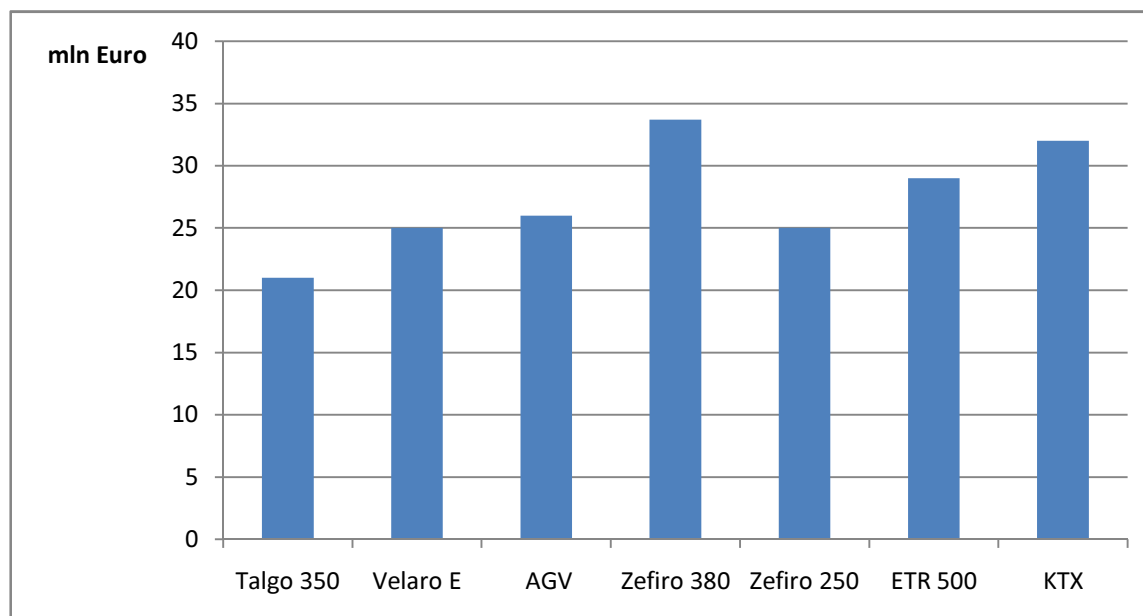


Rys.11. Jedna z możliwych konfiguracji wnętrza pociągu [8].

W 2007 roku Chińskie ministerstwo kolei podpisało kontrakt na 40 sztuk szesnasto wagonowych składów Bombardier Zefiro na prędkości do 250 km/h. Już dwa lata po tym we wrześniu 2009 roku Koncern Bombardier ogłosił sensacyjną wiadomość, o zamówieniu złożonym w Bombardier Sifang na dostawę 80 zespołów trakcyjnych o maksymalnej prędkości eksploatacyjnej wynoszącej 380 km/h. Prędkość ta nie tylko pozwoli pchnąć dalej przodownictwo Chin w dziedzinie pociągów dużej prędkości, ale również pozwoli na zaoferowanie atrakcyjnych czasów jazdy na bardzo długich trasach w tym i na wzmiankowanych wcześniej połączeniach z Pekinu do Szanghaju czy też z Szanghaju do Hong Kongu. Będą to pojazdy Zefiro 380, produkowane w zakładzie Bombardiera w Qingdao, niektóre komponenty będą sprowadzane z Europy [10].

Tabela 1. Dane techniczne pociągów dużych prędkości.

Seria	Zasilanie [kV] [Hz]	Układ pociągu	Moc ciąгла [kW]	Masa [t]	Liczba silników	Długość całkowita [m]	średnica kół [mm]	liczba miejsc	producent	V _{max} [km/h]
AGV	25/50 15/16 2/3 3 1,5	od 7 do 14 wagonów	7600	336	12	180	920	359	Alstom	350
Velaro E	25/50	2x(s+d+s +d)	8800	425	16	200	920	389	Siemens	350
Talgo 350	25/50	s+12d+s	8000	324	8	200	1040 (890)	318	Bombardier Talgo	350
Zefiro 300	25/50 15/16 2/3 3 1,5	s+d+d+s	8200		8	od 100 do 400	915 (835)	do 600 na 202m pociągu do 1200 na 400m pociągu	Bombardier	350
Zefiro 380	25/50 15/16 2/3 3 1,5	8 lub 16 wagonów	20000 przy 16 wagonach	934	8	215 m (8 wagonów), 428 m (16 wagonów)	915	od 664 do 1336	Bombardier	380
ETR 500	25/50 3 1,5	s+12d+s	8800	640	8	353		671	AnsaldoBreda	ponad 300



Wykres 1. Ceny Wybranych pociągów dużych prędkości.

Ceny taboru dużych prędkości są dość zróżnicowane i zawierają się w granicach od 21 do prawie 34 mln euro za pociąg. Koszty pociągów zależą w dużej mierze od wielkości zamówienia. Obecnie w dobrej sytuacji są Bombardier, który realizuje duże zamówienie dla Chin oraz Alstom budujący pociągi KTX dla Korei.

Bibliografia:

- [1] – Raczyński J.: Pociągi dużych prędkości, kierunki rozwoju. Technika Transportu Szynowego 5 – 6/2005.
- [2] – Graf M.: AGV – nowy pociąg dużych prędkości. Technika Transportu Szynowego 4/2008.
- [3] – www.ntvspa.it
- [4] – www.samochodyswiata.pl
- [5] – www.siemens.com
- [6] – www.talgo.com
- [7] – Wolfram T.: Europejskie pociągi dużych prędkości 2006. Technika transportu Szynowego 1 – 2/2007.
- [8] – www.zefiro.bombardier.com
- [9] – www.bombardier.com
- [10] – Piech R.: Bombardier Zefiro 380 – nowy rekordowy pociąg dla Chin. www.inforail.pl