



Sabina Puławska

Pociągi Pendolino w obsłudze ruchu intercity

Rys. 1. Pociąg Pendolino Britannico Virgin Trains na stacji w Manchesterze

Fot. S. Puławska

Jednym z najważniejszych elementów restrukturyzacji oferty przewozowej jest wprowadzenie nowego taboru kolejowego. Nowy, bardziej komfortowy i o lepszych parametrach technicznych tabor jest podstawą do budowy skutecznej oferty marketingowej, zwłaszcza w przewozach międzyregionalnych.

Już w latach 90. XX w. dla linii konwencjonalnych synonimem nowoczesności stały się pociągi z wychylnym nadwoziem w łukach torowych, tzw. Pendolino. Pociągi te budowane w konfiguracji zespołów trakcyjnych mają taki poziom komfortu, jak pociągi dużej prędkości, a ponadto mechanizm wychyłu nadwozia umożliwia dodatkowo zwiększenie średniej prędkości handlowej, w niektórych przypadkach nawet o kilkanaście procent. Ich wprowadzenie było przełomem w budowie nowego wizerunku kolei we Włoszech, Szwajcarii, Hiszpanii, Portugalii, Finlandii, Słowenii, Norwegii, Szwecji, Czechach i w Niemczech, gdzie pociągi ICE-T uzupełniły ofertę kolei dużej prędkości InterCity Express (ICE). Od 2010 r. pociągi Pendolino wejdą do eksploatacji na linii Petersburg – Helsinki.

Na sieci brytyjskich kolei (16 458 km) przewożonych jest 1213 mln pasażerów rocznie. Do najbardziej obciążonych linii należy WCML – West Coast Main Line (Główna Linia Zachodniego Wybrzeża). Obsługa tej linii pociągami intercity należy do pry-

watnego przewoźnika Virgin Trains. Linia West Coast Main, długości 641,6 km, łączy Londyn ze szkockim Glasgow, a także z miastami Manchester, Liverpool i Birmingham. Relacje pociągów Virgin Trains przedstawiono na rysunku 2.

Na najważniejszych relacjach Virgin oferuje swoim klientom pociągi Pendolino produkcji Alstom z systemem przecylnego nadwozia (*tilting system*). Relacje uzupełniają one także przez pociągi zespołowe Super Voyager. Są to spalinowe zespoły trakcyjne 4-wagonowe (3 zespoły, moc 1880 kW, miejsc 26 w 1. klasie + 160 w 2. klasie) i 5-wagonowe (18 zespołów, moc 2350 kW, miejsc 26 w 1. klasie + 220 w 2. klasie). Zespoły te także są wyposażone w systemy przechyłu nadwozia. Prędkość maksymalna tych zespołów wynosi 200 km/h i są one wykorzystywane do obsługi relacji na liniach niezelektryfikowanych.

Historia

Inicjatorem wprowadzenia nowego standardu w przewozach intercity w Wielkiej Brytanii był Richard Branson, założyciel linii lotniczej Virgin. Możliwość realizacji tych zamierzeń otworzyła się po podziale kolei brytyjskich na segmenty rynkowe i ogłoszeniu przetargów na franszyzy. Jedna z nich dotyczyła obsługi ruchu intercity na linii West Coast Main Line. W 1996 r. jej obsługa została rozstrzygnięta na korzyść Virgin. Richard Branson od razu rozpoczął rozmowy z Alstomem i Fiatem o zakupie nowego taboru z przechylnym nadwoziem, który zastąpiłby przestarzałe tech-

nicznie wagony i lokomotywy. Idea zastosowania taboru z przechylnym nadwoziem nie była w Wielkiej Brytanii nowością. Już w latach 70. XX w. prowadzone były badania prototypu takiego pociągu, ale zostały one zaniechane.

Wybór pociągów z przechylnym nadwoziem miał uzasadnienie techniczne. Linia WCML została zbudowana w XIX w. Jej parametry techniczne są bardzo niskie i nawet po modernizacji możliwe było tylko zwiększenie prędkości do 200–225 km/h, i to przy zastosowaniu tego rodzaju taboru.

Virgin Trains uruchomił pierwsze pociągi w 1997 r. i jeszcze w tym samym roku podpisał kontrakt z konsorcjum Alstom/Fiat na 52 pociągi Pendolino oraz na ich utrzymanie na okres 13 lat. Pierwszy pociąg został dostarczony w 2001 r. i rozpoczął jazdy testowe i szkoleniowe. Eksploatacja pociągów z prędkością 200 km/h rozpoczęła się w 2003 r. W 2004 r. została zakończona

dostawa wszystkich pociągów. Od 2005 r. realizowany jest pełny rozkład jazdy dla 46 pociągów dziennie.

Pociągi Pendolino Britannico

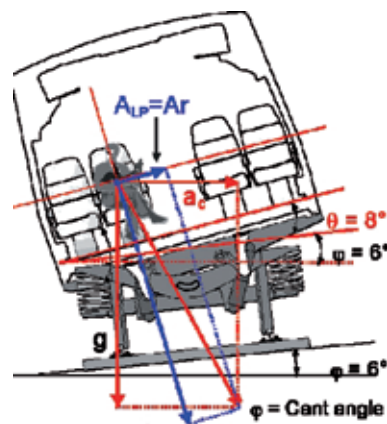
Konstrukcja pociągów opiera się na zastosowanych już dla innych przedsiębiorstw kolejowych w Europie rozwiązaniach technicznych. Ze względu na różnice techniczne w parametrach infrastruktury, wersja dla Virgin Trains różni się skrajnią.

Zespoły dostarczone pierwotnie mają po 9 wagonów, każdy oparty na dwóch wózkach. Sześć wagonów jest wyposażonych po 2 wózki napędne. Podobnie jak w innych pociągach Pendolino, w każdym z wózków napędnych jedna z osi napędzana jest silnikiem elektrycznym, w przypadku Britannico o mocy 425 kW. Układ taki zapewnia maksymalizację przyczepności podczas przyspieszania/hamowania i bardzo dużą maksymalną siłę pociągową (204 kN) przy małych naciskach osi na tor (średnio poniżej 13 t na oś), co powoduje znaczne ograniczenie oddziaływania pojazdu na tor. Wysokie parametry trakcyjne umożliwiają osiągnięcie prędkości 100 km/h momentu rozruchu na drodze około 900 m, a 200 km/h po 200 s. Są to wielkości nieosiągalne dla zestawu lokomotywy z wagonami i umożliwiły one znaczne skrócenie czasów przejazdu. Napęd rozłożony na dużą liczbę osi umożliwia także skuteczne wykorzystanie hamulca elektrodynamicznego i odzyskanie części energii hamowania w wyniku rekuperacji.

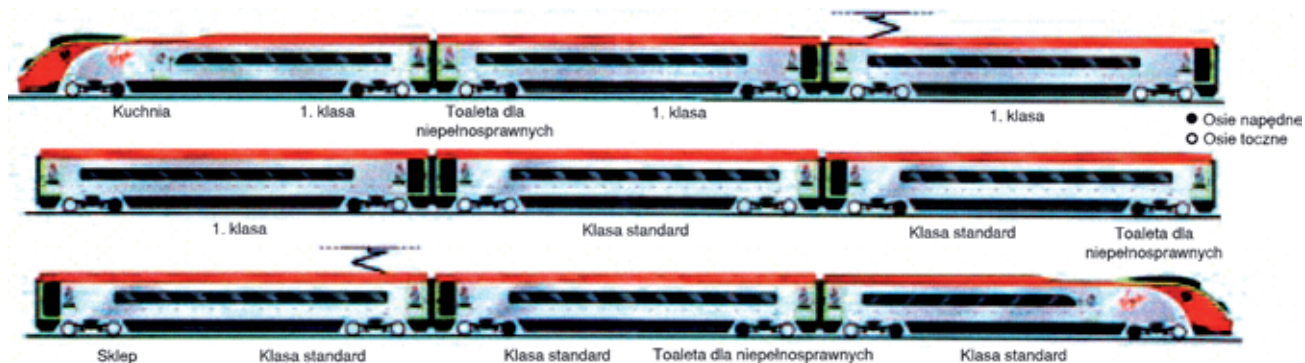
Kolejne oszczędności na czasie przejazdu uzyskano poprzez zastosowanie mechanizmu przechyłu nadwozia, co umożliwiło osiągnięcie na łukach prędkości do 24% większej niż w pociągach nieposiadających tego mechanizmu, np. pociąg z aktywnym mechanizmem pudła przycylnego pokona łuk z prędkością 200 km/h, a pociąg bez mechanizmu pudła przycylnego musi



Rys. 2. Relacje pociągów Virgin Trains



Rys. 4. Siły działające na pasażera i kąty nachylenia mechanizmu przechylnego
Źr. Alstom.



Rys. 3. Konfiguracja wagonów Pendolino Britannico

Źr. Alstom.

zwołnić do prędkości 160 km/h. Mechanizm umożliwia łagodny przechył nadwozia do 8°, co zmniejsza dyskomfort dla pasażerów przy przejeździe pociągu po łukach.

Zestawy mają specjalnie zaprojektowany, wyjątkowy wygląd zewnętrzny i niepowtarzalne wnętrze, co było elementem zmiany wizerunku kolei, mającym zachęcić pasażerów do podróży pociągiem. Uruchomienie pociągów dużych prędkości miało za zadanie stworzenie alternatywy dla transportu lotniczego i użytkowników dróg – samochodowych firm przewozowych oraz transportu indywidualnego.

Utrzymanie 52 składów Pendolino w ramach długoterminowego kontraktu serwisowego z firmą producenta Alstom odbywa się w pięciu zakładach na terenie Wielkiej Brytanii wzdłuż Linii West Coast Main Line – w Manchester, Glasgow, Liverpool, Wolverhampton i Londynie. Kontrakt ten został zawarty na 13 lat i będzie wydłużony o kolejne 10 lat.

Zakłady te zostały zmodernizowane i wyposażone w niezbędne urządzenia i systemy informatyczne przez producenta taboru. Użyty do tego celu system „Traintracer” umożliwia przewidywanie problemów i prewencyjne diagnozowanie możliwych błędów i usterek. Moduł „Traintracer” wmontowywany w system kontroli

Dane techniczne Pendolino Britannico

Szerokość toru	[mm]	1435/1432 (standard Wielkiej Brytanii)
Napięcie zasilania		25 kV 50 Hz
Materiał pudła pociągu		Aluminium
Konfiguracja		9 wagonów (M+M+D+M+D+M+D+M+M)
Liczba osi napędnych		12
Całkowita długość	[m]	217
Zewnętrzna maksymalna szerokość wagonu	[mm]	2730
Masa	[t]	466
Liczba miejsc		145 klasa 1., 294 klasa standardowa
Moc trakcyjna	[MW]	5,1
Przyspieszenie początkowe	[m/s ²]	0,368
Maksymalna siła rozruchowa	[kN]	204
Prędkość maksymalna	[km/h]	200 (225 – prędkość projektowa)
Urządzenia sygnalizujące		TASS system sygnalizacji i urządzeń
Mechanizm pudła przycylnego		Uruchamianie automatyczne
Funkcje dodatkowe		System zarządzania pociągiem: elektroniczny system rezerwacji miejsc; AGATEe – media systemy audiowizualnej informacji pasażerskiej, toalety dla osób niepełnosprawnych, sklepy, system rozrywki zamontowany przy siedzeniach pasażerów



Rys. 5. Pociąg Pendolino Britannico

Fot. S. Puławska



Rys. 7. Pociągi WCML w zakładzie taboru, Manchester

© ALSTOM Transport/TOMA – C. Sasso



Rys. 6. Przedział dla pasażerów, klasa 1.



Fot. S. Puławska



Rys. 8. Pierwsze czynności utrzymania na peronach postojowych w zakładzie taboru
© Alstom Transport/TOMA – P. Eranian



Rys. 10. Czynności kontrolne i utrzymaniowe w kabinie maszynisty
© Alstom Transport/ TOMA – P. Eranian



Rys. 9. Czynności utrzymania w hali przeglądowej
© Alstom Transport/TOMA – P. Eranian



Rys. 11. Testowanie pojazdu na stanowisku w zakładzie w Oxley
© Alstom Transport/TOMA – C. Sasso

pociągu generuje zestaw danych, dotyczących zmian w jego głównych podzespołach przez przekaz radiowy do naziemnego serwera. Ciągłe udoskonalanie systemu pozwala zmniejszyć koszty utrzymania oraz minimalizuje straty operatora związane z czasem przestoju.

Opracowano plany utrzymania bazując na ocenach dokonanych na podstawie danych pochodzących z poszczególnych pociągów – podejście to pozwala na znaczne zmniejszenie czasu przestoju pociągu.

Czynności dla zapewnienia bezpieczeństwa i niezawodności bazują na danych archiwalnych. Dane te dostarczane są przez zcentralizowany pokładowy system diagnostyczny, co pozwala na szybką identyfikację ewentualnych usterek. System ten może być również wykorzystany do zdalnego odzyskania danych z pociągów w ruchu.

Organizacja przewozów

Pociągi Virgin Trains obsługują relacje między Londynem Euston a Manchesterem, Birmingham, Liverpoolem oraz Glasgow i Edynburgiem. System połączeń opiera się na 6 głównych relacjach, w tym trzy z nich są obsługiwane przez pociągi Pendolino, dwie przez spalinowe zespoły Super Voyager i jedna – do Szkocji – wspólnie przez Pendolino i Super Voyager (rys. 3, tab. 2). Pociągi te obsługują 43 stacje i przewożą dziennie prawie 60 tys. pasażerów (tab. 3).

Od czasu rozpoczęcia działalności Virgin Trains zwiększyły swoją ofertę o 32% pociągów, a czasy przejazdu w poszczególnych relacjach uległy skróceniu (tab. 4). Uruchomiono połączenia między Manchester i Birmingham w odstępach 20-minutowych.

Komfort podróży zapewnia bogata oferta restauracyjna przewoźnika oraz bezpłatny dostęp do internetu w klasie 1. W pociągach znajdują się również wyznaczone strefy dla rowerów, z której korzystanie jest bezpłatne. W związku z ograniczoną pojemnością tych stref (do 4 rowerów) należy jednak dokonać wcześniejszej telefonicznej rezerwacji.

Relacje pociągów Virgin Trains

Oznaczenie linii	Trasa	Liczba połączeń w ciągu doby	Uwagi
A	Wolverhampton-Birmingham- London	51	23 kursy pełne, pozostałe realizowane od stacji Birmingham (oraz jeden od stacji Rugby)
B	Manchester – London	47	
C	Liverpool – London – Crewe	22	
D	North Wales – London i The West Midlands	22	
E	London – The North West – Glasgow		Birmingham – Crewe – 1 kurs Birmingham – Edynburgh – 7 kursów Birmingham – Glasgow – 7 kursów Birmingham – Preston – 1 kurs Crewe – Glasgow – 1 kurs London – Glasgow – 14 kursów London – Lancaster – 3 kursy London – Preston – 4 kursy
F	Birmingham – The North West and Scotlan		

Tabela 3

Wyniki przewozowe Virgin Trains za 2008 r.

Liczba pociągów dziennie	333
Liczba obsługiwanych pasażerów dziennie	59 418
Liczba obsługiwanych pasażerów rocznie	21 569 000
Liczba obsługiwanych stacji	43
Liczba pociągów Pendolino	52



Rys. 12. Rodział zadań przy przeglądzie pociągów przez nocną zmianę w zakładzie taboru © Alstom Transport/TOMA – P. Eranian

Tabela 4

Czasy przejazdu pociągami Virgin Trains

Czas przejazdu	Wrzesień 2004 r.	Grudzień 2008 r.	
Z Londynu do	Birmingham	1h 30	1h 24
	Manchester	2h 20	2h 07
	Liverpool	2h 30	2h 08
	Glasgow	5h 20	4h 30
	Chester	2h 14	2h 02
		Wrzesień 2006 r.	Grudzień 08
Z Birmingham do	Glasgow	4h 08	3h 57
	Edinburgh	4h 13	4h 02

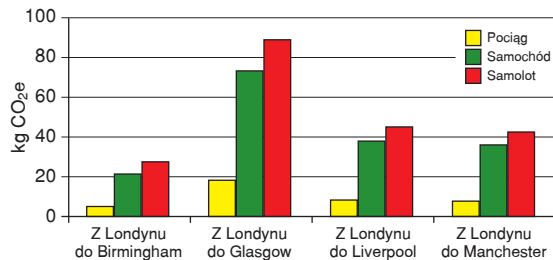
Pociągi Virgin okazały się bardzo konkurencyjne w stosunku do innych środków transportu. We wrześniu 2004 r. zdecydowany udział w rynku podróży Manchester – Londyn miały linie lotnicze – ok 65%. (pociągi Virgin w tym czasie ok. 35%). Na koniec 2006 r. proporcje te odwróciły się, a obecnie pociągi przewoźnika kolejowego mają już około 75% udziału. Celem operatora jest pozyskanie 85% pasażerów. W połączeniach London – Glasgow

Tabela 2

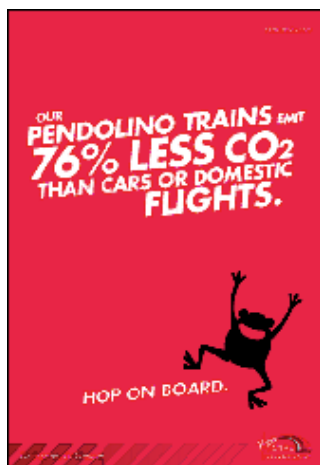
przeważającą rolę odgrywa transport lotniczy. W 2004 r. drogą lotniczą podróże odbywało ponad 90% pasażerów, jednak sytuacja zmieniła się w 2006 r., kiedy wprowadzono dodatkowe wymogi bezpieczeństwa na brytyjskich lotniskach. W związku ze wzmożonymi kontrolami czas podróży samolotem wydłużył się, na czym zyskały połączenia kolejowe, nie wymagające dodatkowych transferów na lotniska, a łączące centra miast bezpośred-

nio. Obecnie linie lotnicze obsługują 84% pasażerów, a Virgin Trains – 16%. Docelowo przewoźnik ten chce uzyskać 30% udziału w rynku.

Ważnym elementem marketingowym jest zwrócenie uwagi pasażerów na kwestie zrównoważonego transportu. Atutem kolejowego transportu jest jego mała szkodliwość dla środowiska naturalnego. Popularna i wszechobecna idea ochrony środowiska w myśl europejskiej polityki transportowej pomaga w pozyskiwaniu nowych pasażerów. Odpowiednio ukierunkowana kampania marketingowa, zawierająca informacje na temat poziomu emisji spalin do atmosfery z poszczególnych gałęzi transportu, zwiększa zainteresowanie klientów transportem kolejowym.



Rys. 13. Porównanie poziomów emisji spalin między różnymi środkami transportu



Rys. 14. Billboard reklamowy Virgin Trains, wykorzystujący ekologiczną stronę kolei



Rys. 15. Oferta promocyjna Virgin Trains dla wybranych połączeń

Myślenie ukierunkowane na klienta, optymalnie ułożony rozkład jazdy i duża częstotliwość odjazdów, zagwarantowanie szybkiej, komfortowej podróży, priorytetowe traktowanie zarówno klienta zwykłego, jak i biznesowego i dostosowanie oferty do jego potrzeb pozwoliło przewoźnikowi Virgin Trains pozyskać spory rynek w dalekobieżnych przewozach pasażerskich. Pozyskiwanie wciąż nowych klientów umożliwia obniżki cen biletów, przez co przewozy te stają się jeszcze bardziej konkurencyjne. W 2004 r. operator obsłużył ponad 13,5 mln pasażerów, a w 2008 r. –

23 mln. Jednak sukces kampanii reklamowych i działań marketingowych nie mógłby zostać osiągnięty, gdyby nie zastosowanie wysokiej klasy taboru obsługującego linię. Rozwiązania zastosowane w pociągach wykorzystywanych przez Virgin pozwoliły na uzyskanie takich czasów przejazdu i komfortu jazdy.

Szybkie zwiększenie przewozów spowodowało konieczność zamówienia dodatkowych 4 pociągów. Nowe pociągi Pendolino, z których każdy ma jedenaście wagonów, zostaną wprowadzone do eksploatacji w 2011 r. Jednocześnie 31 obecnych zestawów zostanie wydłużonych do 2012 r. o kolejne 2 wagony – z 9 do 11. Liczna miejsc dla pasażerów w każdym pociągu zwiększy się do 589. Do sierpnia 2010 r. zostanie też podjęta decyzja o wydłużeniu pozostałych 21 zestawów.

Tabela 5

Kalendarium pociągów Pendolino Britannico

Rok	Wydarzenie
1994	Prywatyzacja kolei brytyjskich
1996	Virgin wygrywa przetarg na obsługę linii WCML i rozpoczyna rozmowy z konsorcjum Alstom/Fiat w sprawie zakupu nowego taboru, który ma zastąpić dotychczas eksploatowany
1997	Virgin rozpoczyna działalność na linii WCML
1997	Virgin podpisuje kontrakty z konsorcjum Alstom/Fiat na 52 pociągi Pendolino oraz na utrzymanie przez 13 lat
Luty 2001	Pierwszy Pendolino dostarczony do testów w Midlands Test Center
Lipiec 2001	Inauguracja przejazdu Pendolino w Alstom Midlands Test Center z prędkością 200 km/h z mechanizmem przechyłu
Czerwiec 2002	Pierwszy Pendolino zaakceptowany przez przewoźnika Virgin Trains
Lipiec 2002	Rozpoczęcie szkolenia maszynistów oraz obsługę pasażerów na linii Birmingham – Manchester w czasie Igrzysk Commonwealthu
Styczeń 2003	Maszyniści rozpoczynają szkolenia dla systemu precyzyjnego nadwozia
Grudzień 2003	Pierwszy przejazd z prędkością 200 km/h na linii WCML
Wrzesień 2004	Zakończenie dostawy pociągów
Wrzesień 2004	W ruchu 36 szt. Pendolino, osiągają 200 km/h z mechanizmem przechyłu. Rekord prędkości na trasie Londyn – Manchester, trasę pokonano w 2 godz. 15 min
Czerwiec 2005	Pełny rozkład jazdy pociągów Pendolino, który realizuje 46 składów, 363 dni w roku
Maj 2008	Zamówienie 4 nowych 11-wagonowych zestawów Pendolino oraz wydłużenie 31 zestawów do 11 wagonów

Nowe Pendolino

– IV generacja pociągów z wychylnym pudłem

Obecnie na rynek włoski i szwajcarski produkowany jest nowy produkt firmy Alstom – New Pendolino. Pociągi te są w trakcie dostawy dla kolei włoskich Trenitalia oraz międzynarodowego koncernu kolejowego Cisalpino.

Dzięki futurystycznemu projektowi, technologicznym urządzeniom i udoskonalonemu wyposażeniu wewnętrznemu (ekrany dotykowe, systemy komunikacji bezprzewodowej, system telewizji przemysłowej, szersze korytarze i przejścia), pociąg powinien spełnić oczekiwania najbardziej wymagających pasażerów oraz wymagania przewoźników w zakresie bezpieczeństwa i wygody. Standardową, dotychczasową wersję Pendolino zoptymalizowano tak, aby zwiększyć jej parametry ruchowe – zwiększona o 37% moc umożliwia osiągnięcie o 35% większej maksymalnej prędkości. Zamontowano wysokiej klasy systemy klimatyzacji i izolacji termicznej, co umożliwia dostosowanie pociągu do każdego rodzaju klimatu. Pendolino nowej generacji jest w pełni interooperacyjny – spełnia najnowsze specyfikacje europejskie. Konstrukcja pociągu oparta jest na elastycznej platformie modułowej, któ-

Tabela 6

Zestawienie pociągów Pendolino w Europie

Kraj	Rok produkcji	Operator	Seria pociągu	Liczba	
				wagonów w zespole	zbudowanych pojazdów
Włochy	1960	Prototyp	ETR 401	–	1
Włochy	1985	FS	ETR 450	9	15
Włochy/Szwajcaria	1995	Cisalpino AG	ETR 470	9	9
Włochy	1995/1996	FS	ETR 460	7	7
Włochy	1996	FS	ETR 463	9	3
Włochy	1997	FS	ETR 480	9	15
Portugalia	1999	CP (Alfa Pendular)	4000	6	10
Szwajcaria	2000	SBB	RABDe500	7	44
Słowenia	2001	SZ	310	3	3
Finlandia	2001–2004	VR	Sm3 (220)	6	10 (2001) 8 (2004)
Wielka Brytania	2002	Virgin Trains	390	9	52
Czechy	2005	ČD	680	7	7
Włochy/Szwajcaria	2008	Cisalpino AG	600	7	14
Włochy	2008	FS	610	7	12



Rys. 16. Produkcja pociągów Pendolino dla kolei Cisalpino, zakład Savigliano we Włoszech
Fot. S. Puławska



Rys. 17. Wózki z mechanizmem przechyłu nadwozia przed montażem pod wagonami
Fot. S. Puławska



Rys. 18. Pulpit maszynisty
Fot. S. Puławska



Rys. 19. Przedział 2. klasy
Fot. S. Puławska

Dane techniczne pociągów Pendolino dla kolei FS i Cisalpino

	Pendolino Trenitalia Seria 600	Pendolino Cisalpino Seria 610
Konfiguracja pociągu	7 wagonów, w tym 4 skrajne z napędem	
Pudło pociągu	Aluminium	
Zasilanie trakcyjne	3 kV dc, 25 kV 50 Hz	3 kV dc, 15 kV 16 ² /3 Hz, 25 kV 50 Hz
Prędkość maksymalna	250 km/h	
Moc trakcyjna na koła	5500 kW	
Maksymalna siła pociągowa	228 kN	
Przyspieszenie 0 – 40 km/h	0,48 m/s ²	
Maksymalne niekompensowane przyspieszenie odśrodkowe	2 m/s ²	
Całkowita długość zestawu	187,4 m	
Długość wagonu czołowego pociągu	28,2 m	
Średnia długość wagonów środkowych	26,2 m	
Szerokość pudła	2830 mm	
Rozstaw czopów wózków	19 m	
Wysokość podłogi	1260 m	
Masa pociągu (normalne warunki obciążenia)	443 t	450 t
Maksymalne obciążenie osi	17 t	
Ilość siedzeń	432	431
Urządzenia sygnalizacyjne	ERMTS, SCMT	ERMTS, SCMT, ZUB, LZB, PZB, SIGNUM
System informacji pasażerskiej	System rozgłoszeniowy. Wyświetlacze zewnętrzne i wewnętrzne. WiFi i intranet z dedykowanym serwerem. Lokalizacja pociągu przez GPS. System pociąg/ziemia poprzez GSM – R/GPRS i WLAN	
Urządzenia klimatyzacyjne	Rezerwowany system HVAC na każdym pojeździe; system ochrony ciśnienia	
Usługi pokładowe	Bar-bistro; biuro kierownika pociągu	Wagon restauracyjny (18 miejsc); biuro kierownika pociągu



Rys. 20. Pendolino dla Cisalpino przez wyjazd z zakładu Fot. S. Puławska



Rys. 21. Przedział 1. klasy Fot. S. Puławska

Gdańsk. Pociągi Pendolino najnowszej generacji zostały także przedstawione w ofercie dla PKP Intercity w ramach projektu zakupu 22 pociągów zespołowych.

ra pozwala zamawiającemu dostosować projekt do swoich potrzeb pod względem wyposażenia wewnętrznego, liczby i wielkości składów, mocy znamionowej (3 kV, 15 kV, 25 kV) i innych.

Na całym świecie zamówionych jest obecnie 26 nowych pociągów Pendolino, w tym także do obsługi połączenia Petersburg – Helsinki. Zakup pociągów Pendolino przewidziany był także w Polsce w latach 90. XX w. do obsługi połączenia Warszawa –

Autorka
mgr inż. Sabina Puławska
Katedra Systemów Transportowych
Akademia Humanistyczno-Ekonomiczna w Łodzi