



Marek Graff

## Włoskie linie i pociągi dużych prędkości

ETR 500-15 (404-619-2), Rimini, 9.06.2007 r.

Fot. Massimo Rinaldi

**Projekty linii dużych prędkości we Włoszech pojawiły się już w 1914 r., natomiast pierwsza linia kolejowa łącząca Rzym z Neapolem, nazwana „Direttissima” (pol. linia bezpośrednia), w 1927 r. została przekazana do eksploatacji. W 1934 r. koleje włoskie (FS) oddały do użytku linię Bolonia – Prato (– Florencja) liczącą 30 tuneli (łącznie 18,5 km). Linię tę nazwano „druga Direttissima”. W czerwcu 1938 r. FS uruchomiły ponadto pociąg kursujący między Rzymem i Neapolem obsługiwany jednostką serii ETR201 (wł. Elettrotreno rapidi, pol. szybki pociąg elektryczny), będącą elektrycznym zespołem trakcyjnym, przystosowanym do kursowania z prędkościami do 200 km/h. Jednostka ta na linii Florencja – Mediolan (314 km) osiągnęła prędkość maksymalną 203 km/h, średnią 164 km/h.**

Druga wojna światowa zahamowała wydatnie prace nad włoskimi pociągami dużych prędkości na przeszło 15 lat. W 1953 r. pojawił się pociąg o nazwie *Settebello* (pol. siedem piękności) kursujący między Rzymem i Mediolanem. W tym 7-wagonowym pociągu wagony skrajne miały tarasy widokowe oraz obrotowe siedzenia. Innymi szybkimi pojazdami były pociągi serii ALe601, obsługujące główne szlaki FS. Kursowały one z prędkościami maksymalnymi 180 km/h, a w 1968 r. na linii Rzym – Neapol

pociąg tej serii osiągnął prędkość 250 km/h. Pewien wpływ na prace nad włoskimi pociągami dużych prędkości miały względy prestiżowe: już w 1964 r. w Japonii rozpoczęły kursowanie pociągi o nazwie *Tokaido Shinkansen* z prędkością maksymalną 210 km/h obsługiwany ekt serii 0. Sąsiednie koleje – SNCF także nie pozostawały bierne i intensywnie pracowały nad własnymi pociągami dużych prędkości TGV. Odpowiedzią kolei FS był skonstruowany w 1972 r. przez krajowy koncern Fiat wagon prototypowy serii Y.0160, jednak ów wagon nie opuścił terenu fabryki.

### Linia Rzym – Florencja

W 1968 r. pojawił się plan budowy linii dużych prędkości z Rzymu do Florencji, przy czym zamierzano wykorzystać odcinek powstały jeszcze w latach 30. XX. w., a dodatkowo zbudować 120 km nowej linii (z całości 316 km), natomiast pozostałą część zmodernizować. Cała linia miała być przystosowana do prędkości 250 km/h. Jednak okazało się, że modernizacja będzie bardzo utrudniona ze względu na fakt, że linia istniejąca była bardzo obciążona, zatem wyłączenie z ruchu nawet jednego toru spowodowałoby duże utrudnienia komunikacyjne. Zdecydowano się na inne rozwiązanie – budowę całkowicie nowej linii, która miała być krótsza od istniejącej o 80 km. Problemem stały się fundusze, bowiem Parlament przyznał środki finansowe pozwalające zbudować 142 km z planowanych 236 km (200 mld lirów zamiast



312 mld lirów), nie licząc kosztów montażu nowego systemu sygnalizacyjnego na linii. Ponieważ skrócenie linii było niemożliwe, w 1970 r. zdecydowano się na budowę linii w czterech etapach. Prace rozpoczęły się w 16 km na północ od Rzymu, na stacji Settebagni w pobliżu miejscowości Tiber-Tal.

Na pierwszym odcinku, długości 122 km, 40 km linii przebiega w tunelach, a ponadto na linii znajduje się najdłuższy na świecie wiadukt kolejowy Paglia o długości 5,4 km, przebiegający nad doliną Paglia Tals. Podczas prac budowlanych, w listopadzie 1973 r., wielkie dźwigi ustawiały 250-tonowe podpory o wysokości 25 m. Otwarcie pierwszego odcinka linii Settebagni – Città della Pieve zaplanowano na 1975 r., jednak termin musiano przesunąć ze względu na rosnące koszty i problemy przy wytyczeniu nowej trasy. Ostatecznie budowę linii z 16 tunelami o łącznej długości 41 km ukończono ze znacznym deficytem (50 mld lirów), problemem stał się również sposób poprowadzenia linii do samej Florencji, poprzez przedmieścia tego miasta.

We wrześniu 1976 r. otwarto odcinek Orvieto – Città della Pieve, natomiast w grudniu 1976 r. odcinek Settebagni – Gallese, a w lutym 1977 r. Orte – Orvieto. Jednak zbudowany odcinek długości 122 km nie był wcale gotów do eksploatacji: nie były ukończone tunele w pobliżu miejscowości Orte, przy których prace opóźniały się ze względu na warstwy pliocenских piasków oraz glin. Ostatecznie tunel ukończono na początku 1980 r., z zastrzeżeniem, że w południowej części położono prowizoryczne tory łączące. Podobne trudności wystąpiły podczas budowy północnego odcinka w okolicach Florencji, na 11 km linii w tunelu San Donato, co spowodowało znaczne opóźnienia w realizacji całej inwestycji. Podczas przejazdu przez tunele Bivio Gallese i Orte pociągi musiały zwalniać do 120 km/h, a w trakcie budowy odcinka prowadzącego do Florencji musiano krótki odcinek zbudować na estakadach, po czym poprowadzić linię kolejową tunelem, prowadzącym aż do dworca Santa Maria Novella (główny dworzec kolejowy we Florencji). Po minięciu dworca linia biegnie na estakadach, a w okolicach stacji Prato łączy się z linią biegnącą do Bolonii. Linia Florencja – Rzym jest przystosowana do prędkości maksymalnej 250 km/h. Obecnie linia ta jako jedyna spośród włoskich linii dużych prędkości jest zelektryfikowana napięciem 3 kV DC.

Plan budowy kolejnych linii dużych prędkości we Włoszech przedstawiono w 1983 r. na posiedzeniu włoskiego rządu, który powołał komisję w celu szczegółowego zaopiniowania całego projektu, ohrzczonego przez prasę jako „wielkie T” (czas budowy określono na trzy lata); w przybliżeniu na całość projektu miały składać się dwie linie:

- pierwsza przebiegu północ–południe (Mediolan – Rzym – Neapol),
- druga zachód – wschód (Turyn – Mediolan – Wenecja).

Linie te łączyłyby uprzemysłowaną północ ze stolicą oraz najważniejszym miastem na południu – Neapolem. Zastanawiano się także nad budową w okolicach przetęczy Brenner tunelu Basis biegnącego w kierunku Austrii. Nie wszyscy przedstawiciele kierownictwa FS akceptowali pomysł budowy linii dużych prędkości, pamiętano wcześniejsze kłopoty podczas budowy linii Direttissima. W 1988 r. jeden z oficjeli FS zaproponował wręcz, aby kwotę wstępnie przyznaną projektowi „wielkie T” skierować na... zakup wagonów sypialnych. Szybko zorientowano się, że ta suma wystarczyłaby na zakup wagonów przez najbliższe 25 lat! Wybuchła wielka afera, która była jednym z większych skandali

korupcyjnych w powojennych Włoszech, gdyż wraz z owymi wagonami (prasa ochrzciła to jako „afery połączonych dachów”) ujrzały światło dzienne inne nieprawidłowości, w które byli zamieszani najwyżsi urzędnicy państwowi. W lecie 1989 r., gdy atmosfera wokół projektu uspokoiła się i choć entuzjazm wokół linii dużych prędkości nie był już tak wielki, ambitni menedżerowie i inżynierowie FS skutecznie lobbując u polityków zdołali przekonać do swych pomysłów krajowych producentów taboru, między innymi do produkcji przyszłych jednostek ETR 500. Dodatkowo, poprawiła się sytuacja finansowa FS, zatem można było skupić się nad projektem linii dużych prędkości, z daleka od politycznych zawirowań.

Opracowano plan budowy linii dużych prędkości nazwany „Treno Alta-Velocità SpA”, który zakładał finansowanie prac również z funduszy prywatnych i przedstawiono go w 1991 r. – 40% akcji spółki TAV SpA zastrzegły sobie koleje włoskie FS, natomiast początek prac zaplanowano na 1993 r. Równocześnie w maju 1992 r. ukończono ostatni odcinek linii Direttissima, łączący Valdarno Płn. i Valdarno Płd. Wtedy wyprodukowane jednostki serii ETR500 mogły być skierowane do obsługi całej linii Rzym – Florencja.

Kolejne włoskie linie dużych prędkości postanowiono budować do prędkości eksploatacyjnej 300 km/h. W tym celu założono następujące parametry:

- odległość między osiami torów 5 m,
- minimalny promień łuku 5147 m,
- maksymalne pochylenie szlaku zmniejszono z 18‰ do 15‰,
- szyny 60 kg/m, na podkładach FSV-35 z przytwierdzeniem K lub podkłady FSU-35P z przytwierdzeniem Pandrol,
- minimalną grubość podsypki – 0,35 m,
- przekrój dwutorowego tunelu – 76 m<sup>2</sup>.

W przypadku zmniejszenia odległości między osiami torów do 4,6 m i promienia łuków do 3695 m (2190 m), prędkość została ograniczona do 250 km/h (200 km/h).

## Linia Mediolan – Bolonia – Florencja

Linia ta rozpoczyna się w miejscowości Melegnano, położonej na południe od Mediolanu, oraz ma odgałęzienia do Piacenzy, Cremony, Fidenzy, Parmy i Modeny. Warunki terenowe umożliwiły założenie minimalnego promienia łuku 6000 m oraz pochylenia 7‰. Na całej linii znajduje się około 100 mniejszych budowli (mosty, wiadukty) oraz 3 duże budowle – most długości 600 m nad rzeką Po, leżący na północ od Piacenzy, 500-metrowy most nad rzeką Taro, między Fidenzą i Parmą, oraz najmniejszy z nich – 200-metrowy most nad rzeką Panaro, płynącą w okolicach Modeny. FS założyły, że prace budowlane będą trwać 3,5 roku, ponadto 1 rok na ułożenie torów, elektryfikację oraz zamontowanie systemu sygnalizacyjnego. Całkowity koszt linii oszacowano na 5,1 bln lirów.

Północny fragment linii Mediolan – Bolonia nie sprawiał dużych problemów inżynierom – linia przebiega tam przez płaską kotlinę Lombardii, której dolna część jest zbudowana głównie z nanosów rzeki Po. Ponadto, w celu uniknięcia kosztownego drążenia tuneli, starano się maksymalnie wykorzystać ukształtowanie terenu do budowy linii, w tym stary szlak Direttissima wraz z 18,5-kilometrowym tunelem „Apenine”. Zupełnie inaczej postępowano w przypadku południowego fragmentu linii – czyli północnej części odcinka Bolonia – Florencja, gdzie zaczyna się pasmo Apeninów. Linię miano wytyczyć przez doliny:

- Stura i dalej Setta (pierwsza opcja),
- Savena i Mugnone (druga opcja),
- Firenzuola, San Benedetto de Querceto (trzeci wariant).

Pierwsza opcja zakładała, że nowa linia w okolicach Castello będzie odgałęziać się od linii Florencja – Prato i przebiegać w tunelu położonym w okolicach Sesto Fiorentino, a po pokonaniu tunelu biegłaby doliną Stura w okolicach Barberino, pokonywałaby serię tuneli do Roncobilaccio i Pianoro, a następnie tory miałyby być ułożone wzdłuż istniejącego szlaku do San Ruffillo. Ta linia, o szacowanej pierwotnie długości 90 km, byłaby uzupełniona o odcinek Casalecchio – Borgo Panigale, będący towarową obwodnicą (*by-pass*) Bolonii. Na tej linii znalazłoby się 11 wiaduktów o łącznej długości 48 km, przy czym najdłuższy miałby 8,5 km i około 10 km dodatkowych, z najdłuższym – Barberino – długości 2,5 km. Linia ta relatywnie najmniej ingerowałaby w środowisko naturalne.

Opcja druga linii miała mieć podobny przebieg jak pierwsza w części południowej, a odgałęziałaby się od niej w miejscowości Roncobilaccio i biegłaby doliną Setta do Vado, gdzie łączyłaby się ze starą linią Direttissima. Budowa linii wymagałaby wydrążenia jednego tunelu z Mount Adone do Pianoro, budowy odcinka Vado – Sasso Marconi oraz dwutorowego szlaku Sasso Marconi – Casalecchio. Pewnym utrudnieniem byłaby budowa linii przez relatywnie wąską dolinę, obok istniejącej już autostrady, bowiem wymagałoby wydrążenia 13 tuneli o długości co najmniej 39 km. Drążenie samych tuneli kosztowałoby w przybliżeniu tyle, co budowa linii dużych prędkości w wariantach 1, nie licząc 18-kilometrowego wiaduktu nad rzeką Setta i „autostradą słońca” (wł. *autostrada del sole*, biegnąca z północnych Włoch przez Rzym na Sycylię) w okolicach Vado. Łuki o promieniu 3000 m powodowałaby zmniejszenie dopuszczalnej prędkości do 225 km/h.

Opcja trzecia wymagałaby wydrążenia 15 tuneli łącznej długości 41 km, i biegłaby ze stacji Firenze Santa Maria Novella (Florencja Gł.) lub Campo Marte, wymagałaby zbudowania odgałęzienia Faentina (dodatkowa para torów, obok odcinka istniejącego). Linia zaczynałaby się w Cadine, przekraczałaby rzekę Mugnone i biegła do Borgo San Lorenzo i Firenzuola. Następnie biegłaby przez San Benedetto di Querceto, Piorano łączyłaby się w San Ruffillo z linią istniejącą do Bolonii.

FS oszacowały, że budowa linii trwałaby:

- drążenie tuneli – 4 lata,
- kolejne prace budowlane – 1,5 roku,
- rok na ułożenie torów, elektryfikację i montaż urządzeń zabezpieczenia ruchu.

Koszt linii (wraz z pracami we Florencji), wyniósłby 3400 mld L, według cen z 1988 r. Ostatecznie włoski rząd zaaprobował projekt budowy linii dużych prędkości Mediolan – Bologna – Florencja pod koniec lipca 1997 r. Linia Mediolan – Bologna jest jedną z najważniejszych linii magistralnych FS o teoretycznej przepustowości 250 pociągów na dobę, w praktyce zdarza się, że przejeżdża linią nawet 257 pociągów (pasażerskich i towarowych) na dobę, natomiast przewozy towarowe wahają się w granicach 20 mln t rocznie. Wstępne szacunki pokazały, że budowa całkowicie nowej linii spowoduje zwiększenie przepustowości szlaku o 50%, przy czym 124 pociągów przejeżdżałoby linią starszą, natomiast 142 nową. Linia ta miałaby około 180 km długości, zaczynała się w Melegnano (most na rzece Lambro), biegła doliną rzeki Po, natomiast kończyła w Lavino (na wschód od



Schemat sieci kolejowej Włoch

rzeki o tej samej nazwie). Aby zminimalizować uciążliwość prac dla lokalnych społeczności, a także środowiska naturalnego, zdecydowano się poprowadzić linię przez Dolinę Padańską, a także potencjalne odgałęzienia zbudować równolegle do istniejącej sieci kolejowej (10 km) lub autostrady (130 km). Linia ta biegłaby przez Modenę, omijając miasto szerokim łukiem (*by-pass*). Około 87% całej linii biegnie na nasypach, natomiast 11% na wiaduktach. Przewidziano budowę 8 stacji pośrednich w: Melegnano, Piacenza (na wschód i zachód od miasta), Fidenza, Parma, Modena (na wschód i zachód od miasta) i Lavino. Zaplanowano budowę stacji nieopodal Reggio Nell'Emilia, obsługującej ruch pasażerski i towarowy, położonej centralnie w dolinie Po.

Linia Bologna – Florencja była jedną z trudniejszych w budowie ze względu na koszty – drążenie tuneli (73,1 km) przez pasmo górskie Apeninów, łańcucha górskiego o skomplikowanej budowie geologicznej. Linia zaczyna się na południowych przedmieściach Bolonii, przebiega krótkim mostem po rzece Savena, po czym zanurza się do pierwszego z tuneli – Pianoro, długości 10 850 m. Następnie linia biegnie doliną Laurinziano, pokonuje 126-metrowy most na rzece Crocione i kolejny tunel – Sadurano (3855 m), następnie most na rzece Cani i znowu tunel – Monte Bibel (9243 m). Dalej linia biegnie przez dolinę Idice (w tym most 126 m) i tunel Raticosa (10 415 m), położony na wysokości 413 m n.p.m. Linia biegnie przez dolinę rzeki Diaterna (w tym most znajdujący się na wysokości 91 m) i pokonuje kolejny tunel – Scheggiano (3558 m), dochodzi do doliny Santerno (w tym most na wysokości 73 m). W tym miejscu, nieopodal stacji, znajduje się Centrum Kontroli Ruchu w San Pellegrino oraz niewielki punkt pierwszej pomocy (naprawa urządzeń elektrycznych). Dalej linia biegnie przez tunel Firenzuola (14 282 m), następnie przez dolinę Mugello, później przez serię mostów na rzece Ba-

gnoncino i dalej tunel Borgo Rinzelli (717 m), a następnie krzyżuje się z szosą Scarperia – Borgo San Lorenzo, biegnie tunelem Morticine (654 m), wiaduktem (635 m) ponad dolinę i rzekę Sieve, znowu tunelem – Vaglia o długości 18 km, by po tym znaleźć się w okolicach miejscowości Castello, położonej na przedmieściach Florencji. Pełne zestawienie tuneli na linii Bolonia – Florencja podano w tabeli 1.

Tabela 1

## Tunele na linii Bolonia – Florencja

Nazwa tunelu	Długość [m]	Czas drążenia [miesiące]
Pianoro	10 850	57
Sadurano	3 855	60
Monte Bibele	9 243	56
Raticosa	10 540	70
Scheggianico	3 558	32
Firenzuola	14 282	57
Borgo Rinzelli	717	25
Morticine	654	25
Vaglia	18 497	70
<b>Łącznie</b>	<b>72 196</b>	

Nachylenie w każdym z tuneli wynosi ok. 1,5‰.

## Linia Rzym – Neapol

Potencjalna linia dużych prędkości z Rzymu do Neapolu skróciłaby podróż między tymi miastami z 1 godz. 43 min (poc. IC) do około 1 godz. (211 km). Rozważano dwie opcje: budowę linii wzdłuż wybrzeża oraz w głębi lądu. Pierwsza opcja została odrzucona ze względu na konieczność drążenia tuneli pod masywami: Romano, Monti Grande i Orso, ponadto dojazd do Neapolu przy pierwszej opcji byłby nieco kłopotliwy. Ponieważ budowa nowej linii przez przedmieścia Rzymu byłaby utrudniona, zdecydowano się zbudować odgańczenia na stacji Salone od linii biegnącej do Sulmony. Linia biegnie początkowo wzdłuż autostrady A24 Rzym – l'Anquila, następnie A1 do Neapolu, pokonuje 6619 m tunelu w okolicach wzgórz Colli Albani, położonego najwyżej na trasie (368 m. n.p.m.), znajdującego się w gminach San Cesareo, Roccapriora, Zagarolo, Labico w prowincji rzymskiej. Następnie linia biegnie przez doliny Sacco i Liri oraz wcześniej rzekę Gari, pokonuje pasmo górskie Monte Lugno przez serię tuneli, by następnie znaleźć się na dolinie Volturno i osiągnąć Neapol. Zbudowano odgańczenia długości 21 km oraz kolejne 13 km w celu połączenia linii z istniejącą infrastrukturą.

Długość całkowitą linii oszacowano na 222 km, natomiast na całej linii znalazłyby się tylko 4 tunele o łącznej długości 2,4 km. Przewidziano budowę odgańczeń do Frosinone Nord i Cassino Sud (oba połączenia z innymi liniami łączącymi Rzym z Neapolem, o prędkości maksymalnej 160 km/h), Caserta Nord (połączenia do Brindisi, Foggi, Bari – 220 km/h) i Gricignano na przedmieściach Neapolu (alternatywny dojazd do miasta), a całą linię przystosować do prędkości maksymalnej 300 km/h. Na linii znalazłoby się 89 wiaduktów, o łącznej długości 88 km, z których najdłuższe miałyby 8,9 km i 7,8 km (Padulicella). Kolejne 7 wiaduktów jednotorowych przewidziano dla poprowadzenia odgańczeń od linii magistralnej. Koszt całkowity linii wyniósłby 5170 mld lirów. Ostatecznie linia wymagała położenia 204 km torów oraz 27 km kolejnych, przeznaczonych na odgańczenia, natomiast budowę rozpoczęto z 67 miejsc. Na linii powstało 700 budowli oraz 1054 obiektów. Pewnym problemem podczas budowy był fakt, że w okolicach Rzymu i Neapolu odkryto liczne

znaleziska archeologiczne, w tym drogę (trakt) pochodzącą jeszcze z czasów starożytnych (Cesarstwa Rzymskiego). Znakomity stan, w jakim owa droga się znajdowała spowodował, że została przeniesiona do specjalnego parku archeologicznego. Wszystko to złożyło się jednak na opóźnienie w otwarciu linii dużych prędkości, ustalonego na początek 2004 r. na październik 2005 r.

Prace budowlane rozpoczęły się w 1994 r. i do początku 2004 r. wykonano 90% prac. W samym Rzymie budowa 10-kilometrowego odcinka, biegnącego przez wschodnią dzielnicę Tor Sapienza, rozpoczęła się dopiero w 2002 r., natomiast do marca 2004 r. wykonano jedynie 30% prac. Budowa podobnego odcinka w okolicach Neapolu postępowała już dużo sprawniej i według wstępnych zapowiedzi miała być ukończona w 2005 r. (połączenie z dworcem Napoli Centrale). Zaplanowano także budowę nowego dworca w Neapolu, Campania Afragola, na której przewidziano możliwość przesiadki do innych pociągów, w tym kursujących linią w okolicach Wezuwiusza (wł. *Circumvesuviana*). Projekt nowego dworca sporządziła mieszkająca w Londynie architekt Zaha Hadid, której projekt wygrał konkurs w 2003 r. Obsługa pasażerów (sprzedaż biletów, przechowanie bagażu) zlokalizowano w wielopoziomowej 350-metrowej hali, położonej wzdłuż torów, natomiast wejścia prowadzące do nowego dworca mają specyficzny kształt, uzmystawiający pasażerom i mieszkańcom obecność nowej linii, czy też pociągów dużych prędkości. Dla pociągów dużych prędkości są przeznaczone 4 tory, 2 dla lokalnych oraz 2 dla linii Circumvesuviana. Pociągi dużych prędkości będą także obsługiwane przez dworzec Casoria Nord, z którego będą korzystał pasażerowie udający się na południe do Salerno, Battipaglia i Reggio di Calabria oraz do stacji Napoli Centrale.

Szacuje się, że linia Rzym – Neapol kosztowała 5,2 mld euro, co jest częścią z 28 mld euro przeznaczonego przez włoski rząd na rozwój linii dużych prędkości, przy czym 12 mld euro już zostało wydane, 3,4 mld w 2003 r., natomiast 4,3 mld euro w 2004 r. W budowie linii Rzym – Neapol brały udział konsorcja: Ansaldo Transporti, Astaldi, Societa Italiana Condotte d'Acqua, Consorzio Cooperativo Costruzioni, Fintecna, Icla, Italstrade i Vianini Lavori. Dostawcą urządzeń i wykonawcą elektryfikacji była firma Balfour Beatty, natomiast szyny, w tym zwrotnice, dostarczył Pegaso Armamento. Projekt linii sporządziła firma Italferr.

Linia Rzym – Neapol jest przeznaczona do kursowania pociągów z prędkością maksymalną 300 km/h nie tylko dla jednostek ETR500, ale także ekspresów IC czy pociągów towarowych. Maksymalne pochylenie wynosi 18‰, nacisk na oś 22 t (dla 300 km/h – 17 t), minimalny promień łuku – 5450 m, natomiast odległość między osiami torów – 5 m. Podstacje zasilające są rozmieszczone co 50 km (5 na całej linii) i zasilane z krajowej sieci wysokiego napięcia 150 kV. Obsługę pociągów IC, kursujących z prędkością maksymalną 200 km/h, zapewniają trójsystemowe elektrowozy (DC – 1,5 kV; 3 kV; AC – 25 kV 50 Hz) serii E402B. Tory są położone na podkładach monoblokowych z przytwierdzeniem sprężystym typu Pandrol.

W połowie grudnia 2005 r. rozpoczęła się planowa eksploatacja pociągów na trasie Rzym – Neapol. Do ukończenia jest jeszcze stacja Afragola. Budowę linii ukończono pod koniec czerwca 2005 r., natomiast przez drugą połowę roku trwały testy. Obecnie zaplanowano 10–12 par pociągów między oboma miastami, kursujących w takcie godzinnym. Na linii zamontowano system za-



bezpieczenia ruchu ETCS 2, co umożliwi kursowanie pociągów z prędkością do 300 km/h.

Linia Rzym – Neapol była pierwszą linią we Włoszech, którą zelektryfikowano prądem przemiennym 25 kV 50 Hz. Napięcie to, w porównaniu z 3 kV DC, umożliwia montaż lżejszej sieci trakcyjnej, a także mniej problematyczny staje się naciąg sieci. Przykładowo, linia dużych prędkości Rzym – Florencja zelektryfikowana prądem stałym (3 kV DC), ma następujące parametry:

- naciąg 5860 daN, później zwiększony do 6880 daN;
- przekrój całkowity, początkowo 460 mm<sup>2</sup>, zwiększony do 610 mm<sup>2</sup>;
- sieć trakcyjna, ze względu na dużą masę, jest podwieszona na brankach a nie na słupach.

Linie konwencjonalne FS mają przekrój 150 mm<sup>2</sup>/160 mm<sup>2</sup> (przewód jezdny/nośny).

Napięcie 25 kV wymagało już znacznie mniej rygorystycznych parametrów:

- łączny przekrój wynosi 320 mm<sup>2</sup>, w tym lina nośna 120 mm<sup>2</sup>,
- naciąg przewodu nośnego – 1375 daN, dwa przewody jezdne o przekroju 100 mm<sup>2</sup> i naciągu 1250 daN.

Francuskie linie dużych prędkości mają następujące parametry:

- LGV PSE – przekrój 120 mm<sup>2</sup> (jeden przewód jezdny) o naciągu 1400 daN,
- LGV Atlantique/Nord – przekrój 150 mm<sup>2</sup> (jeden przewód) o naciągu 2000 daN.

Dla napięcia 3 kV DC, przy podniesionym jednym pantografie, płyną przezeń prądy maksymalne 4000 A i średnie 3000 A, co umożliwia jazdę z prędkością do 250 km/h. Podstacje zasilające rozmieszczone są co 12 km i zasilane z linii WN prądem o napięciu 132 kV, natomiast napięcie 25 kV 50 Hz wymaga instalowania podstacji co 50 km na liniach dużych prędkości, co umożliwia kursowanie pociągów w odstępach 5 min, pobierających moc do 12 MW.

Na początku 2004 r. testy wykonywano przy prędkości 150 km/h, w marcu 2004 r. prędkość zwiększono do 200 km/h, by następnie zwiększyć do 300 km/h. W maju 2004 r. rozpoczęły się testy jednostek ETR 500 na linii dużych prędkości Rzym – Neapol. Na tej linii zastosowano po raz pierwszy system sygnalizacji kabinowej ETCS 2. Nowa linia umożliwi zwiększenie liczby pociągów między Rzymem i Neapolem z 343 do 525 na dobę, natomiast czas przejazdu skrócił się z 1 godz. 45 min do początkowo 1 godz. 25 min, i finalnie do 1 godz. 05 min.

## Obsługa i serwis

Na obu liniach dużych prędkości FS zaplanowały połączenia w takcie godzinny między miastami: Rzymem, Neapolem, Mediolanem, Florencją i Bolonią, przy czym między Rzymem i Mediolanem kursowałby 27 par pociągów na dobę:

- 3 pary Mediolan – Neapol,
- 4 pary Mediolan – Bari,
- 5 par Turyn – Rzym,
- 2 pary Turyn – Neapol,
- 7 par Wenecja – Rzym,
- 5 par Weronia – Rzym.

Oprócz pociągów pasażerskich, na włoskich liniach dużych prędkości eksploatuje się także pociągi towarowe. Charakterystyka włoskich linii dużych prędkości jest następująca:

- szerokość torowiska 13,6 m,

- minimalny promień łuku 5450 m,
- nacisk maksymalny na oś 25 t,
- maksymalne pochylenie 18‰,
- zasilanie 2×25 kV,
- odległość między osiami torów 5 m,
- prędkość maksymalna 300 km/h (dla nacisku na oś 17 t).

Pełną charakterystykę linii dużych prędkości we Włoszech przedstawiono w tabeli 2.

## System sterowania ruchem

System bezpieczeństwa i kontroli prędkości (wł. *Ripetizione segnali e Controllo Velocita*) zastosowany na linii Diretissima funkcjonuje następująco: linia jest podzielona na odcinki blokowe długości 1350 m, przy czym 5 odcinków stanowi odcinek odstępowy 5400 m (odpowiednio, 1350, 2700, 4050, 5400 m). Przykładowo, prędkości maksymalne w poszczególnych odcinkach wynoszą dla pociągu 2 (pociąg 1 znajduje się w odcinku blokowym *n*, na tym samym torze):

- *n* 0 km/h,
- *n*–1 50 km/h,
- *n*–2 115 km/h,
- *n*–3 180 km/h,
- *n*–4 230 km/h,
- *n*–5 255 km/h.

Oprócz linii dużych prędkości Rzym – Florencja, wyposażonej w system SCMT, kolejne linie wyposażano już w system ETCS, czyli Europejski System Sterowania Pociągami (ang. *European Train Control System*). ETCS jest systemem sterowania ruchem kolejowym, zapewniającym kompatybilność między systemami używanymi przez poszczególne zarządy kolejowe Europy. Ponieważ poszczególne zarządy stosują ok. 14 różnych systemów bezpieczeństwa (np. kontrola prędkości, zajętość toru, itp.), zatem na początku lat 90. XX w. narodził się pomysł opracowania systemu kompatybilnego do większości systemów bezpieczeństwa oraz wyeliminowania zależności maszynisty od odczytywania sygnałów naziemnych (poprzez montaż sygnalizacji kabinowej). W 1996 r. sprecyzowano oczekiwania wobec nowego systemu, opracowując jego podstawy, natomiast od 1999 r. system jest testowany na sieciach FS, ÖBB, DB i SBB, a także kolejne zarządy kolejowe Europy zamierzają przetestować ów system u siebie (lub już to rozpoczęły) – SNCB, CFL, SJ, NS, RENFE i MAV.

Jednym z celów wdrożenia ETCS jest zmniejszenie kosztów poprzez:

- skrócenie czasu postoju pociągów na granicach,
- oszczędności przy przystosowaniu pojazdów do kursowania po obcych sieciach kolejowych,
- zwiększenie przepustowości szlaków,
- zwiększenie prędkości szlakowej,
- oszczędności przy montażu sygnałów.

System ETCS umożliwia określanie prędkości maksymalnej i kierunku danego pociągu na szlaku. ETCS jest częścią systemu ERTMS (ang. *European Rail Traffic Management System*), który zakłada możliwość poruszania się po sieciach wyposażonych w odmienne systemy sterowania, tzn. jest z nimi kompatybilny.

ERTMS poziomu 2 jest to system dwukierunkowy (przekazywanie sygnałów między lokomotywą i balisami), natomiast maszynista otrzymuje informacje o zajętości torów i prędkości maksymalnej. Pojazd, oprócz oprzyrządowania na poziomie 1, musi

mieć także urządzenia do obsługi cyfrowego kanału radiowego (*EuroRadio*), natomiast tor – w radiowe centra sterowania RBC (ang. *Radio Block Centre*), utrzymujące łączność z lokomotywą. Wzdłuż szlaku nie ma potrzeby instalowania semaforów, podobnie jak maszynista nie musi znać sygnalizacji obowiązującej dla danego zarządu kolejowego. Systemami działającymi na poziomie ETCS są: francuski TVM, niemiecki LZB, włoski SCMT.

## Kolejne linie dużych prędkości

Ponieważ po włoskich liniach dużych prędkości oprócz jednostek ETR 500 (prędkość eksploatacyjna 250 km/h) miały poruszać się również pociągi towarowe (80 km/h) założono maksymalne pochylenie 12,5‰, a w wyjątkowych przypadkach 18‰, oraz przewidziano budowę dużej liczby stacji pośrednich i połączeń z liniami istniejącymi. Dla uzyskania odpowiedniej mocy na pantografie założono, że nowe linie będą elektryfikowane napięciem 25 kV 50 Hz, zamiast standardowego dla sieci FS napięcia 3 kV DC. Koszt budowy linii Turyn – Mediolan – Neapol oszacowano na 34 bln lirów, z których na budowę samej linii zamierzano przeznaczyć 27 bln lirów, 5,9 bln lirów – stacje i odgałęzienia oraz niecały 1 bln lirów jako rezerwa.

Budowę linii Mediolan – Turyn (125 km) zaplanowano w latach 2005–2009, w dwóch etapach: odcinek Novara – Turyn, długości 84 km oraz Mediolan – Novara (41 km, ukończony w grudniu 2009 r.). Zastosowano szyny typu UIC 60, długości 108 m, montowane na podkładach o masie 355 kg i długości 2,6 m rozmieszczonych co 0,6 m i mocowanych przytwierdzeniem sprężystym typu Pandrol. Podstacje zasilające są rozmieszczone co 40–50 km. Linia jest przystosowana do prędkości 300 km/h i biegnie od stacji Milano Certosa do stacji Torino Stura. Na linii znajdują się 3 stacje, łączące linię z siecią konwencjonalną FS: Vercellese Zach., Nowara Zach, Nowara Wsch., przy czym głównym ich przeznaczeniem jest obsługa ruchu towarowego. Stacja Nowara Wsch. ma dogodnie połączenie z lotniskiem pod Turynem – Malpensa. Na linii znajduje się most na rzece Rho długości 2,3 km.

Zadbane także o budowę nowych dworców:

- w Turynie prace przy budowie dworca Torino Porta Susa rozpoczęły się w kwietniu 2006 r. i potrwać 4 lata;
- w Bolonii powstaje podziemny dworzec długości 650 m, z torami dostosowanymi do dużych prędkości oraz z naziemną nadbudową;
- we Florencji budowany jest dworzec Firenze Belfiore, leżący w tunelu długości 7 km; zaprojektował go architekt N. Foster, natomiast dworzec będzie gotowy w 2010 r., dotychczasowy dworzec – Santa Maria Novella – zostanie przeznaczony dla pociągów podmiejskich oraz linii nowego tramwaju, które połączą dworzec z centrum miasta;
- w Rzymie zaplanowano budowę dworca Roma Tiburna, który umożliwi przejazd pociągów tranzytowych przez Rzym z pominięciem czołowego dworca Termini;
- dworzec w Mediolanie – Milano Centrale – zostanie gruntownie zmodernizowany;
- powstaną mniejsze dworce w Nowarze, Reggio Emilia oraz w Neapolu.

Do 2010 r. powinna rozpocząć się budowa linii Mediolan – Verona – Padwa – Wenecja z połączeniem do Triestu i Słowenii oraz Mediolan – Genua (do 2013 r.), natomiast planuje się przeznaczyć na tę inwestycję 14,5 mld euro.

Rozbudowa linii Mediolan – Wenecja będzie odbywać się etapowo:

- Milano Lambrate – Treviglio, koszt 570 mln euro, planowane ukończenie w 2008–2010 r. (prace trwają);
- Treviglio – Verona – Padwa, ze stacjami w Treviglio, Brescii, Weronie i Vincenza; długość odcinka Mediolan – Verona – 112 km, ukończenie – 2013 r.;
- Padwa – Wenecja Mestre, 24 km, koszt 470 mln euro, ukończony w 2006 r.

W założeniach, linie dużych prędkości powstają poprzez budowę drugiej pary torów wzdłuż odcinków istniejących. Wyjątkiem będzie odcinek biegnący groblą Venezia Mestre – Venezia Santa Lucia, który już obecnie liczy 4 tory. Budowę linii Mediolan – Genua początkowo planowano jako projekt „Terzo Valico dei Giovi”, jednak w marcu 2006 r. ów projekt zarzucono. Obecnie

Tabela 2

## Charakterystyka włoskich linii dużych prędkości\*

Linia	Napięcie	System bezpieczeństwa	Długość linii [km]	Vmax [km/h]	Mosty		Tunele		Lata budowy	Czas przejazdu pociągu	
					liczba	[km]	liczba	[km]		konwencjonalnego	dużych prędkości
Rzym – Florencja	3 kV DC	SCMT	237,5	250	65	46,0	42	71,0	1978–1992	1 godz. 38 min	1 godz. 20 min
Rzym – Neapol	25 kV 50 Hz	ETCS Level 2	204,4	300	124	52,0	35	36,5	1994–2006	1 godz. 45 min	1 godz. 05 min
Mediolan – Bolonia	25 kV 50 Hz	ETCS Level 2	182,0	300	bd.	32,0	bd.	3,5	1996–2010	1 godz. 42 min	1 godz. 00 min
Bolonia – Florencja	25 kV 50 Hz	ETCS Level 2	78,5	300	6	1,1	9	73,0	2000–2010	52 min	30 min
Turyn – Mediolan <sup>1</sup>	25 kV 50 Hz	ETCS Level 2	124,4	300	46	20,3	bd.	3,3	2002–2009	1 godz. 45 min	0 godz. 50 min
Verona – Wenecja <sup>2</sup>	25 kV 50 Hz	ETCS Level 2	121,2	220	43	15,3	2	8,4	2003–2012	53 min	bd.
Mediolan – Verona	25 kV 50 Hz	ETCS Level 2	135,7	220	29	13,1	4	24,2	2006–2011	1 godz. 23 min	bd.
Mediolan – Genua	25 kV 50 Hz	ETCS Level 2	123,7	300	bd.	8,0	3	34,6	2006–2012	1 godz. 36 min	bd.
<b>Łącznie</b>			<b>1238,6</b>		<b>450</b>	<b>201,1</b>	<b>96</b>	<b>260,1</b>			

<sup>1</sup> 1. etap: Turyn – Novara (2002–2006) 84 km i 2. etap: Novara – Mediolan (2005–2009) 41 km.

<sup>2</sup> 1. etap: Padwa – Wenecja (2003–2006) i 2. etap: Verona – Padwa (2006–2012), planowane.

Plus odcinki położone w miastach:

- Bolonia: 17,8 km,
- Florencja: 7 km,
- Rzym: 10 km,
- Neapol: 6,2 km.

\* Dane zawarte w tej tabeli pochodzą z [1]; w zależności od źródła dane mogą różnić się między sobą, np. [1, 7, 9].



dobudowuje się trzecią linię łączącą oba miasta, natomiast od linii odchodzą odnogi do stacji Tortona i Novi Ligure, a ponad 30 km linii będzie przebiegać w tunelach.

W grudniu 2009 r. oficjalnie zakończono budowę systemu włoskich linii dużych prędkości, określanych jako „wielkie T”, którego budowa kosztowała około 32 mld euro. System ten łączy Turyn z Rzymem i Neapolem, poprzez Mediolan, Bolonię i Florencję i ma około 1000 km długości. Wzdłuż linii zamieszkuje 2/3 populacji Włoch, która łączy przemysłową północ, czy centrum finansowe kraju – Mediolan, ze stolicą oraz południem. Przykładowo, przejazd na odcinku Mediolan – Rzym, tj. 515 km, został skrócony do 2 godz. 45 min (wcześniej 4 godz. 30 min), natomiast pokonanie odcinków Mediolan – Neapol (720 km), czy Rzym – Turyn (640 km) zajmuje obecnie niewiele ponad 4 godz. Kierownictwo operatora Trenitalia zapowiada, że pociągi na trasie Rzym – Mediolan będą kursować w odstępach 15-minutowych w godzinach szczytu. Obsługę zapewniają dwusystemowe pociągi ETR500 i wkrótce AGV operatora NTV. Ich kursy są uzupełniane przez Frecciargento (Srebrna Strzała), z obsługą przez pociągi Pendolino (w tym ETR600) kursujące z prędkością maksymalną 250 km/h, do Wenecji, Werony, Brescii na północy, oraz Bari, stacji Lamezia i Reggio di Calabria na południu.

Za kwotę 32 mld euro zbudowano 145 km tuneli, 94 km mostów, 24 połączenia z siecią już istniejącą, 780 km linii oraz nowe stacje. Linie te mają dopuszczalny nacisk na oś 17 t dla prędkości 300–360 km/h. Opłata za korzystanie z infrastruktury dużych prędkości RFI wynosi 13,38 euro/km, natomiast dla linii konwencjonalnych 2–3 euro/km, 7,08 euro/pociąg za przejazd i 5 euro/km za obciążone linie konwencjonalne. W porównaniu z liniami dużych prędkości zbudowanymi we Francji, włoskie odpowiedniki mają mniejsze dopuszczalne spadki 18‰, co spowodowało konieczność drążenia większej liczby tuneli, jak okazało się później – nie do końca potrzebnych. Jednym z ważniejszych aspektów uruchomienia systemu linii dużych prędkości jest separacja ruchu szybkich pociągów od pociągów konwencjonalnych, a tym samym zwiększenie ich punktualności i funkcjonalności. Dodatkowo, od czerwca 2011 r. rozpoczyna działalność operator NTV, który będzie eksploatował pociągi AGV na włoskich liniach dużych prędkości. Narodowy przewoźnik Trenitalia zamierza oferować przejazdy w trzech kategoriach: podstawowej, elastycznej i promocyjnej, ze zniżkami cen biletów od 15 do 30%, czy przejazdy w systemie *day-return* ze zniżkami.

Tabela 3

### Charakterystyka linii dużych prędkości we Włoszech

Długość całkowita nowych linii	[km]	661
Odległość między osiami toru	[m]	4,5–5,0
Długość całkowita wiaduktów i mostów	[km]	516
Przekrój tuneli	[m <sup>2</sup> ]	82
Prędkość maksymalna	[km/h]	300
Rodzaj ruchu		mieszany
Nacisk maksymalny na oś	[t]	25
Minimalny promień łuku	[m]	5450
Szerokość torowiska	[m]	13,6
Maksymalne pochylenie	[‰]	18

### Tabor

Problemem, jaki pojawił się zaraz po wybudowaniu linii Direttissima Florencja – Rzym, był brak taboru, którym koleje włoskie FS mogłyby obsługiwać szybkie pociągi typu Rapidi, które miały

### Czas przejazdu między ważniejszymi ośrodkami miejskimi we Włoszech z wykorzystaniem pociągów dużych prędkości

	Odległość [km]	Czas		Liczba pociągów na dzień	Wzrost
		podróży	oszczędność		
<i>Czerwona Strzała</i>					
Rzym – Mediolan	514,5	2 godz. 59 min	31 min	72	20
Rzym – Turyn	639,5	4 godz. 10 min	1 godz. 10 min	12	10
Neapol – Mediolan	719,5	4 godz. 10 min	40 min	36	26
<i>Srebrna Strzała</i>					
Rzym – Wenecja	492,5	3 godz. 15 min	44 min	26	2
Rzym – Werona	447,5	3 godz. 00 min	59 min	6	4
Rzym – Bari	480,0	3 godz. 59 min	15 min	10	2

kursować z prędkością do 250 km/h. Ponadto należało opracować system sygnalizacji kabinowej, który pozwoliłby na kursowanie z prędkościami powyżej 160–180 km/h.

Aby temu podołać, przebudowano lokomotywy serii E444 przystosowując je do prędkości 180 km/h (elektrowozy te, ze względu na kształt pudła, zyskały sobie przezwisko „żółw”). Elektrowozy te miały następujące parametry techniczne: układ osi Bo'Bo', moc 4020 kW, wyprodukowano ich 117 szt., przy czym lokomotywy produkowane seryjnie mogły kursować z prędkością 200 km/h (prototypy – 180 km/h). Dodatkowo, koleje włoskie FS miały pewną liczbę przebudowanych zespołów trakcyjnych serii ALe 601, które mogły kursować z prędkością 200 km/h. Zespoły tej serii przebudowano z wykorzystaniem doświadczeń z zespołów serii ALe 501, który testowano na magistrali Rzym – Neapol z prędkością maksymalną 250 km/h od 1968 r. Do eksploatacji wprowadzono również pociągi z wychylnym nadwoziem typu Pendolino, których jazdy testowe z prędkością maksymalną 250 km/h rozpoczęto po linii dużych prędkości Direttissima w 1984 r. Rok później, w maju 1985 r. zaprezentowano oficjalnie pociąg Pendolino serii ETR 401 z hydraulicznym mechanizmem przechyłu pudła (maks. 10°). Zaproszonym do jazdy prezentacyjnej osobom przedstawiono na monitorach obraz z kamer śledzących przechył pudła pociągu podczas przejazdu po łukach. Jazdę testową pociąg odbył z Rzymu do Chiusi z prędkością maksymalną 170 km/h, a mechanizm przechyłu pudła działał bez zarzutu. Podczas jazdy na linii dużych prędkości do Rzymu, gdzie było możliwe osiągnięcie prędkości 250 km/h i mechanizm przechył nie



ETR 401, Ancona (18.08.2006 r.)

Fot. Massimo Rinaldi



był potrzebny, jednostka ETR 401 osiągnęła prędkość maksymalną 255 km/h. Nie był to rekord, bowiem według przedstawicieli FS pociąg tej serii uzyskał prędkość 260 km/h. Pociągi Pendolino doczekały się produkcji seryjnej jako ETR 450 i wprowadzenia do eksploatacji na przełomie 1987 i 1988 r. na trasie Rzym –

Mediolan, długości 632 km, gdzie osiągały prędkość maksymalną 250 km/h i pokonywały całą trasę w czasie poniżej 4 godz.

Wraz z dostarczaniem kolejnych pociągów Pendolino młodszych serii, zespoły serii ETR 450 przejmowały obsługę linii o mniejszym znaczeniu – Rzym – Bari, Rzym – Sawona, czy Rzym – Ancona – Rimini. Z początkiem stycznia 2007 r. wszystkie pociągi serii ETR 450 zostały całkowicie wycofane z eksploatacji.



ETR 414-151, Mediolan (21.09.2010 r.)

Fot. Marek Graff



ETR 500 Y1 (404-649 9), Santhia (3.04.2007 r.)

Fot. Massimo Rinaldi



ETR 500-21 (404-537 6), Bolonia (21.07.2007 r.)

Fot. Massimo Rinaldi

## Jednostki serii ETR 500

Koleje włoskie FS zamierzały opracować pociąg, który mógłby kursować z prędkością 270–300 km/h, w których mechanizm przechyłu pudła nie byłby potrzebny. Projekt ten nazwano TAV „Treno ad Alta Velocita” (pol. pociąg dużych prędkości) i oznaczono ETR 500. Pierwszy prototypowy pociąg TAV zaprezentowano we wrześniu 1984 r. Zestawiono go z dwóch wagonów silnikowych oraz 12 pasażerskich. W wagonach silnikowych (oznaczenie E404) zastosowano napęd z silnikami asynchronicznymi, zbliżony do tych, które już miały elektrykozy FS serii E402. Różnica między seriami E404 i E402 polegała między innymi na różnej mocy całkowitej – odpowiednio 4000 kW i 5100 kW oraz prędkości maksymalnej – 300 km/h i 250 km/h.

Pierwszy model prototypowego wagonu silnikowego do pociągu serii ETR 500 zaprezentowano w kwietniu 1987 r. W produkcji brały udział 4 włoskie koncerny: Breda, Fiat Ferroviaria, Ansaldo Trasporti i Tecnomasio, a zespołowi inżynierów przewodniczył Fernando Casali. Następnie po przeprowadzeniu jazd testowych wyprodukowano w 1989 r. dwa kolejne prototypy i oznaczono jako ETR X500 i ETR Y500, różniące się szczegółami konstrukcyjnymi, zbudowanymi w celach porównawczych. Podczas jazd próbnych przetestowano, oprócz pantografu oraz systemu hamulcowego, nowe przeniesienie napędu przez wał drążony i elastyczne sprzęgło, wykonane częściowo ze stopu tytanu dla zmniejszenia masy. Kolejny prototypowy pociąg serii ETR Y500 składał się z dwóch wagonów silnikowych i dziesięciu pasażerskich.

Każdy pociąg budowany seryjnie składa się z dwóch wagonów silnikowych oraz 10 pasażerskich (2. kl. – 5 wagonów, 1. kl. – 4 wagony plus wagon barowy). Zaplanowano, że przebieg dobowy pociągu wyniesie 1200 km, natomiast zapotrzebowanie na tabor określono na 75 jednostek. Założono, że 20% pociągów będzie wyłączonych z ruchu na czas napraw, sprzętania, itp. Przewidziano także budowę pociągów do przewozu przesyłek pocztowych. Wagon silnikowy ETR Y500 ma pudło wykonane z lekkich stopów stali, a także z materiałów kompozytowych. W stosunku do prototypu zredukowano początkowy duży nacisk na oś – 19 t do 17 t, a także powiększono okna i przekonstruowano wycieraczki. Moc ciągła wynosi 4400 kW, co umożliwiła prowadzenie 10 wagonów pasażerskich z prędkością maksymalną 275 km/h, choć zaplanowano prędkość docelową 300 km/h. Silniki trakcyjne – asynchroniczne trójfazowe o mocy 1100 kW – są zasilane poprzez czopery obniżające prąd stały z 3 kV do 1,4 kV oraz przekształtniki tyrystorowe GTO. Każdy silnik jest zasilany z indywidualnego przekształtnika głównego. W jednostkach wyprodukowanych seryjnie napięcie jest obniżane – po przejściu przez czoper (dla 3 kV DC) lub transformator i prostownik (25 kV 50 Hz) do 2,8 kV DC (po 1,4 kV na silnik), po czym jest kierowane do przekształtników głównych. W stosunku do prototypu zmniejszono chłodzenie przekształtników głównych z powietrznego na olejowe. Silniki trakcyjne są zawieszane na ramie pudła, a nie



wózka, w celu zmniejszenia masy nieusprężynowanej oraz polepszenia własności biegowych wózków. Przekładnię główną wykonano z aluminium i tytanu dla zmniejszenia masy. Zawieszenie jest dwustopniowe – stanowią je sprężyny (oba stopnie), dla drugiego stopnia typu Flexicoil. Początkowo hamulce tarczowe składały się z dwóch tarcz, jednak dla większego bezpieczeństwa liczbę tarcz zwiększono do 3. Zmianą w stosunku do prototypu było przekonstruowanie zawieszenia pociągu, przez co przedziały pasażerskie są o 1500 mm dłuższe. Masa pojedynczego wagonu pasażerskiego wynosi 40 t, a pudła wagonów wykonano ze stopu aluminium. W odróżnieniu od francuskich pociągów TGV, w których wagony pasażerskie są oparte na wózkach Jacobso, w włoskim pociągu ETR 500 każdy wagon pasażerski ma dwa indywidualne wózki. Liczba miejsc pasażerskich w wagonie 1. kl. wynosi 46, natomiast w wagonie 2. kl. – 78. Układ siedzeń ustalono na 2+1 w 1. kl. i 2+2 w 2. kl. W każdym wagonie pasażerskim zamontowano fotele typu lotniczego, elektroniczny system informacji dla pasażerów i słuchawki z możliwością odbioru stacji radiowych dla każdego pasażera. Zmianom poddano także system klimatyzacji i wyposażenie wnętrza.

Koleje włoskie FS zamówiły 30 jednostek w wersji jednosystemowej (3 kV DC) w 1991 r. u producentów krajowych (fabryka Fiata w Savigliano koło Mediolanu); produkcja ich rozpoczęła się w 1992 r., jednak zawirowania wokół całego kontraktu spowodowały, że jednostki dostarczono między 1995 i 1997 r. Pod koniec 1994 r. zamówiono kolejne 30 pociągów w wersji dwusystemowej (3 kV DC i 25 kV 50 Hz), które zostały dostarczone do końca 1997 r. W produkcji pociągów serii ETR500 brały udział:

- Breda Construzioni Ferroviaria – wykonanie pudeł wagonów oraz ich wyposażenia, a także nadzór nad realizacją kontraktu;
- ABB Tecnomasino – wyposażenie elektryczne;
- Ansaldo Transporti – dodatkowe wyposażenie elektryczne, system informacji dla pasażerów, wyposażenie dodatkowe w wagonach silnikowych i pasażerskich;
- Fiat Ferroviaria – silniki trakcyjne, wózki, przekładnie główne i hamulce;
- Firema Consortium;
- Ercole Marelli Traction;
- OM Stanga;
- Officina Citadella;
- Casaralta;
- Casartena;
- Fiore.

Pierwsze jazdy próbne na odcinku Mediolan – Piacenza odbyły się z prędkością 150 km/h. Wtedy ujawniły się negatywne skutki generowanych przez pociąg wyższych składowych harmonicznych, jednak nie były to poważne kłopoty. W lutym 1989 r., w miejsce wcześniejszego pantografu typu FS77, pociąg wyposażono w nowy pantograf, dostosowany do jazdy z prędkością do 300 km/h i opracowany wspólnie przez firmy Faiveley i Ansaldo.



ETR 500-34 (404 616 8), Pescara (18.08.2006 r.)

Fot. Massimo Rinaldi



ETR 500-38, dworzec Centrale, Bolonia (20.09.2010 r.)

Fot. Marek Graff

Pociąg ETR X500 na linii Direttissima między Arezzo i Orte w grudniu 1988 r. osiągnął prędkość 255 km/h, a według niepotwierdzonych informacji – 260 km/h. Wprawdzie osiągnięto później prędkość 316 km/h (kolejny wyprodukowany pociąg ETR Y500), jednak jazda z prędkością powyżej 250 km/h okazała się niemożliwa ze względu na niedostosowanie systemu sygnalizacji. Zatem FS przygotowały specjalny odcinek testowy Modena – Mantova w okolicach Bolonii. Dla dużych prędkości wyznaczono odcinek długości 40 km z 61 km (dla łuków o promieniu 2000 m ustalono prędkość 200 km/h, natomiast 3000 m – 300 km/h). Między Modeną i Solierą (7,5 km) słupy sieci trakcyjnej ustawiono co 60 m oraz zamontowano wysięgniki o przekroju 610 mm<sup>2</sup>, na kolejnym odcinku 18,4 km w pobliżu Rolo – wysięgniki o przekroju 440 mm<sup>2</sup>, natomiast w okolicach Suzzary – 610 mm<sup>2</sup>, a na ostatnim odcinku – do Matovy – 320 mm<sup>2</sup>. Zamierzano

Tabela 5

## Różnice między jednostkami serii ETR 500 z kolejnych dostaw

Oznaczenie FS	Lata dostaw	Liczba [szt.]	Liczba wagonów pasażerskich w pociągu	Długość pociągu [m]	Pojemność [osób]	Masa [t]	Napięcie	Nacisk na oś [t]
ETR Y500/ETR X500	1991	2	10	302	672	556	DC: 3 kV, 1,5 kV	19
E 404.100-159	1995–1998	60	11	328	663	642	DC: 3 kV, 1,5 kV	17
E 404.500-509	1997–1999	10	8	250	490	472	DC: 3 kV, 1,5 kV; AC: 25 kV 50 Hz	17
E 404.510-559, 601-604	1999–	50+4	11	328	663	642	DC: 3 kV, 1,5 kV; AC: 25 kV 50 Hz	17

w ten sposób określić optymalny przekrój wysięgników. Zwiększono bazę wózka wagonów pasażerskich z 2500 mm do 2800 mm. Zadbano także o walory estetyczne – kształt pudła wagonu silnikowego, wzorowanego na samolotach, zaprojektował S. Pininfarina we współpracy z agencją stylistów Battista Farina. Jeden z przedstawicieli FS określił ETR 500 jako „najpiękniejszy pociąg na świecie”.

W kolejnych latach zamówiono następne partie jednostek ETR 500, które przystosowano do pracy pod napięciem 25 kV 50 Hz. W stosunku do pierwszej serii zmieniono sposób budowy pudeł wagonów, które konstruowano z kształtowników aluminiowych bez montowania pionowych, czy poziomych wzmocnień. Różnice techniczne między poszczególnymi odmianami jednostek serii ETR 500 przedstawiono w tabeli 6. We wrześniu 1991 r. zainteresowanie zakupem jednostek ETR 500 wyraziły koleje austriackie (ÖBB), zatem przewidziano montaż wyposażenia elektrycznego przystosowanego do pracy pod napięciem 15 kV 16,7 Hz, jednak skończyło się jedynie na przestaniu listu intencyjnego. Koszt zakupu jednostki ETR 500 (ok. 16 mln euro) był porównywalny z zakupem pociągów podobnej klasy – francuskiego TGV (15 mln euro), czy niemieckiego ICE (16,5 mln euro). Dane techniczno-eksploatacyjne serii ETR 500 podano w tabelach 5, 6 i 7.

W 1991 r. na trasie Rzym – Florencja z wykorzystaniem jednostek ETR Y500 uruchomiono dwie pary pociągów nazwanych Romolo w piątki i jedną parę w niedzielę. Pociąg ten odległość 270 km między stacjami Roma Termini i Firenze Santa Maria No-

vella pokonywał w 1 godz. 38 min ze średnią prędkością 165 km/h. W grudniu 2003 r. Alstom podpisał umowę o wyposażeniu 27 jednostek ETR 500 w system ECTS. W 2005 r., podczas Kongresu Dużych Prędkości w Mediolanie, jednostka ETR 500 osiągnęła prędkość 350,8 km/h.

Obecnie wagony silnikowe serii ETR 500 dostosowane do pracy tylko pod napięciem stałym prowadzą pociągi pasażerskie zestawione z wagonów Z1/Z2 po liniach konwencjonalnych, łącząc Turyn, Mediolan, Wenecję, Bolonię, Florencję i Rzym.

## ETR 460 i kolejne serie pociągów Pendolino – ETR 470/480

W 1994 r. zdecydowano o zmianie zewnętrznej stylistyki pociągów Pendolino według projektu Giugiaro. Wyprodukowano 7 zespołów serii ETR 460 składających się z 9 wagonów i prędkości maksymalnej 250 km/h. Kolejne 3 zespoły, oznaczone jako ETR 460P, przystosowano do poruszania się po sieci SNCF (zasilanie 1,5 kV DC) oprócz standardowego dla sieci FS systemu 3 kV DC i zmniejszono prędkość maksymalną do 200 km/h. Seria ETR 460 była najmniej udaną spośród całej rodziny Pendolino i FS zanotowały kilka wypadków pociągów tej serii, spowodowanych błędami konstrukcyjnymi. Musiano ponadto zorganizować produkcję mechanizmów żyroskopowych we Włoszech po tym, jak brytyjski wytwórca wycofał się z produkcji. Pierwsze urządzenia żyroskopowe, produkowane we Włoszech, przechodziły chorobę wieku dziecięcego – zespoły serii ETR 450 i ETR 460, wyposażone w krajowe podzespoły, notowały częste awarie mechanizmu przechyłu (blokada systemu). Kolejne serie ETR 470/480 otrzymały zmodernizowaną wersję mechanizmu przechyłu (nową elektronikę) i tym samym większość awarii systemu przechyłu została wyeliminowana. W ciągu dwóch lat wyprodukowano 9 pociągów serii ETR 470 i 15 pociągów serii ETR 480, zestawionych z 9 wagonów, z których jeden był wagonem restauracyjnym lub barowym, przy czym pociąg był przystosowany do przewozu osób niepełnosprawnych.

Zewnętrzną stylistykę pociągu, zwłaszcza wagonów sterowniczych, dobrano po serii eksperymentów w „wind tunnel”, integrując ją z mechanizmem przechyłu nadwozia. Zmieniono wyposażenie wnętrza na bardziej przestronne dla pasażerów, co było korzystną zmianą w stosunku do niezbyt komfortowych zespołów serii ETR 450. Zmniejszono także masę pociągu, redukując nacisk na oś do 14 t. Zmianie uległ sposób przeniesienia sił napędu i hamowania między wózkiem i pudłem – w serii ETR 450 odbywało się to bezpośrednio między belką bujawkową i elementami ramy wózka, natomiast w ETR 460 – za pomocą cięgieł. W kolejnych wersjach, tj. ETR 470 i ETR 480, zespoły przystosowano do zasilania – oprócz 3 kV DC prądem przemiennym – także 15 kV 16,7 Hz (ETR 470) i 25 kV 50 Hz (ETR 480). Pierwszą serię pociągów zakupiła spółka Cisalpino do obsługi połączeń między Włochami, Szwajcarią i Niemcami, natomiast drugą serię – do poruszania się po włoskich liniach dużych prędkości. Połączenia z udziałem ETR 470 uruchomiono we wrześniu 1996 r. na trasie Mediolan – Zurych – Genewa/Bazylea, natomiast od marca 1998 r. również Mediolan – Stuttgart. Przez pierwszy rok eksploatacji ujawniły się liczne usterki wieku dziecięcego (większość z nich udało się wyeliminować do czerwca 1997 r.), natomiast czas przejazdu na odcinku Mediolan – Genewa (373 km) skrócił się o 50 min (20%).

Tabela 6

### Charakterystyka trakcyjna jednostek ETR 500

Zestawienie pociągu	Bo'Bo' + 11 × (2'2') + Bo'Bo'	
Moc ciąгла	3 kV DC/25 kV AC 1,5 kV DC	8800 kW 4200 kW
Prędkość maksymalna	250 km/h	
Maksymalna siła pociągowa	350 kN	
Masa całkowita	664 t	
Liczba miejsc	1. kl. 2. kl.	180 483
Masa wagonu silnikowego	68 t	
Masa w. pasażerskiego (z pasażerami)	48 t	
Długość wagonu silnikowego	20 000 mm	
Długość wagonu pasażerskiego	26 300 mm	
Średnica kół wagonu silnikowego/pasażerskiego	1100 mm/890 mm	
Szerokość wagonu pasażerskiego	2880 mm	
Liczba wagonów pasażerskich	8	11
Długość całkowita	250	329
Masa całkowita	520	664
Liczba miejsc pasażerskich	400	600
Przyspieszenie (od 0 do 300 km/h)	0,035 m/s	0,025–0,035 m/s

Tabela 7

### Skrócenie czasu przejazdu po oddaniu do eksploatacji pociągów dużych prędkości

	1995	2000
Mediolan – Rzym	3 godz. 50 min	3 godz.
Rzym – Neapol	1 godz. 40 min	1 godz.
Turyn – Rzym	5 godz. 20 min	4 godz. 30 min
Mediolan – Wenecja	2 godz. 45 min	1 godz. 35 min
Mediolan – Genua	1 godz. 35 min	40 min



Pod koniec września 2009 r. obaj udziałowcy spółki Cisalpino (po 50% akcji) – koleje szwajcarskie (SBB) i włoskie – operator Trenitalia zdecydowali o zakończeniu działalności spółki wraz z wprowadzeniem nowego rozkładu jazdy pociągów w grudniu 2009 r. Pociągi Cisalpino, obsługiwane zarówno zespołami trakcyjnymi (pociągi Pendolino serii ETR 470), jak i składami klasycznymi, łączyły przede wszystkim Zurych z Mediolanem, choć docierały także do innych miast położonych w obu krajach – Bazylei, Wenecji czy Genewy. Zlikwidowane zostaną pociągi nocne, natomiast dzienne kursują w niezmięnionej postaci, jednak już w barwach SBB czy operatora Trenitalia. Powodem decyzji o likwidacji spółki Cisalpino było systematyczne pogarszanie się oferty przewozowej (w tym nagminne spóźnienia pociągów spowodowane ich nieplanowymi przestojami). Początkowo pociągi Cisalpino kursowały także po sieci kolei niemieckich DB, docierając między innymi do Stuttgartu, lecz strona niemiecka odmówiła ich przyjmowania na swojej sieci kolejowej, tłumacząc to ich niedostateczną punktualnością (w ich miejsce wprowadzono pociągi ICE-T, kursujące między Stuttgartem a Zurychem). Majątek spółki został podzielony w ten sposób, że SBB przejęły 4 spośród 9 zakupionych w 1997 r. pociągów serii ETR 470 oraz 7 z zamówionych w 2005 r. 14 szt. serii ETR 610. Pozostałe zespoły – odpowiednio 5 szt. (ETR 470) i 7 szt. (ETR 610) zostały przydzielone operatorowi Trenitalia. Pierwszych 9 szt. ETR 610 zostało wprowadzone do eksploatacji w grudniu 2009 r. Obecnie planuje się eksploatować ETR 470 na linii Gottharda, natomiast ETR 610 na liniach BLS (*Bern Lötschberg Simplon*). Likwidacja spółki dotychczas obsługującej nocny ruch pasażerski między oboma krajami spowoduje powstanie niszy, którą trudno będzie jednak wyeliminować, natomiast SBB czy Trenitalia nie mają sprecyzowanych planów, jak wspomnianą niszę wypełnić.

Powstały także wersje eksportowe tych pociągów – dla Hiszpanii, Finlandii, Rosji, Słowenii, Wielkiej Brytanii, Czech, Portugalii i Chin. Część pociągów, wyprodukowana dla kolei hiszpańskich oraz wszystkie dla kolei Chin, nie ma – na życzenie nabywcy – mechanizmu przechyłu nadwozia.

Poszycie pudła pociągów Pendolino serii ETR 460 jest wykonane z blachy aluminiowej. W każdym wagonie silnikowym są zamontowane dwa silniki trakcyjne, napędzające wewnętrzne osie poprzez wał kardana. Część elektryczna pociągu, w tym przekształtniki (główne i pomocnicze) oraz – jeśli jest zamontowany – transformator, jest umieszczona w wagonie doczepnym (bez napędu) pod podłogą pasażerską. Takie rozwiązanie pozwala korzystniej rozłożyć masę pociągu, a także zmniejszyć nacisk na oś do 13 t. Zawieszenie zespołu jest dwustopniowe – pierwszy stopień stanowią cylindryczne sprężyny oraz tłumiki (pionowe), natomiast drugi – sprężyny zamontowane w systemie Flexicoil plus tłumiki hydrauliczne (poziome i pionowe). Podstawowym hamulcem jest hamulec elektrodynamiczny (oporowy i odzyskowy), natomiast pomocniczym – pneumatyczny (tarczowy). Mechanizm przechyłu, zastosowany w pociągach Pendolino, ma mechanizmy żyroskopowe (2 urządzenia do pomiaru siły dośrodkowej z wykorzystaniem żyroskopów), umieszczone w wagonach skrajnych (sterowniczych). Inne rozwiązanie (stosowane poza siecią kolei włoskich FS) to mechanizm przechyłu, wykorzystujący tylko jeden mechanizm żyroskopowy w obu wagonach skrajnych. Zadaniem mechanizmu jest „odczytywanie” przebiegu szlaku (poprzez wychylenie żyroskopu) – przez czujniki identyfikowany jest łuk, przez mechanizm żyroskopowy określane są jego parametry, na-



ETR 450-008, Rimini (9.06.2007 r.)

Fot. Massimo Rinaldi



ETR 460-022, Werona (31.10.2005 r.)

Fot. Massimo Rinaldi



ETR 450-013, dworzec Termini, Rzym (26.09.2010 r.)

Fot. Marek Graff

stępnie mierzone jest przyspieszenie dośrodkowe oraz określany potencjalny kąt przechyłu pudła wagonu. Komputer pokładowy, który zbiera i analizuje te informacje, przesyła polecenie do siłowników hydraulicznych (opcjonalnie, po lewej lub prawej stronie wózka), które przechylają pudło wagonu. Czas uruchomienia

siłowników wynosi ok. 0,1 s od momentu otrzymania polecenia z komputera pokładowego. Mechanizm przechyłu pułta działa w każdym wagonie niezależnie. Podobny mechanizm jest zamontowany dla pantografu pociągu, z zastrzeżeniem, że przechyła pantograf w przeciwną stronę w stosunku do przechyłu pułta. Jest to pożądane ze względu na zmniejszenie zużycia sieci trakcyjnej. Do zapewnienia niezawodności pociągu oraz bezpieczeństwa pasażerów, wszystkie systemy pokładowe w pociągu zostały zdublowane i opracowane pod kątem zapewnienia ich maksymal-

nej niezawodności. System autodiagnostyki rejestruje dane zarówno na nośniku magnetycznym (elektronicznie), jak i papierowym (tachograf). Zadbano także o izolację akustyczną pociągu, gwarantującą komfort pasażerom podczas przejazdu pociągu przez tunele, liczne na szlakach FS – liniach konwencjonalnych oraz dużych prędkości. Szczegółowe dane techniczne pociągów Pendolino serii ETR460/470/480 podano w tabelach 8a, 8b, 9a i 9b.

Tabela 8a

## Charakterystyka techniczna pociągów elektrycznych z rodziny Pendolino wyprodukowanych przez konsorcjum FIAT-SIG-Alstom

Seria	Zarząd kolejowy	Państwo	Rok zbudowania pierwszej jednostki	Rok wprowadz. do eksploatacji	Szerokość toru [mm]	Liczba jednostek	Napięcie
ETR 401	FS	Włochy	1974	1975	1435	1	DC: 3 kV
ETR 450	FS	Włochy	1987	1988	1435	15	DC: 3 kV
ETR 460	FS	Włochy	1993	1994	1435	7	DC: 3 kV
ETR 460P	FS	Włochy	1996	1996	1435	3	DC: 1,5 kV, 3 kV
ETR 470 <sup>1</sup>	FS SBB	Włochy Szwajcaria	1996	1996	1435	5 4	DC: 3 kV AC: 15 kV 16,7 Hz
ETR 480	FS	Włochy	1997	1997	1435	12	DC: 3 kV; AC: 25 kV 50 Hz
ETR 480 P	FS	Włochy	2005	2005	1435	3	DC: 3 kV, 1,5 kV; AC: 25 kV 50 Hz
S220/Sm3	VR	Finlandia	1995	1998	1524	18	AC: 25 kV 50 Hz
Sm6	VR/RŽD	Finlandia/Rosja	2009	2010	1522	2/2	DC: 3 kV; AC: 25 kV 50 Hz
490 Alaris	RENFE	Hiszpania	1998	1998	1668	10	DC: 3 kV
4000 Alfa Pendoloso	CP	Portugalia	1998	2000	1668	10	AC: 25 kV 50 Hz
310	SŽ	Słowenia	2000	2000	1435	3	DC: 3 kV
ICN	SBB	Szwajcaria	1999	2001	1435	34 (+10)	AC: 15 kV 16,7 Hz
390	Virgin	Wlk. Brytania	2002	2002	1435	1+52	AC: 25 kV 50 Hz
680	ČD	Czechy	2005	2005	1435	7	DC: 3 kV; AC: 15 kV 16,7 Hz; 25 kV 50 Hz
ETR 600	FS	Włochy	2006/2007	2008	1435	12	DC: 3 kV; AC: 25 kV 50 Hz
ETR 610 <sup>1</sup>	FS SBB	Włochy Szwajcaria	2007	2008	1435	7 7	DC: 3 kV AC: 15 kV 16,7 Hz; 25 kV 50 Hz

<sup>1</sup> Pierwotnie ETR 470 należały do spółki Cisalpino utworzonej w 1997 r. przez koleje włoskie FS i szwajcarskie SBB, natomiast est ETR 470 wjeżdżały także na sieć DB do 2007 r. Spółka została rozwiązana w grudniu 2008 r. (tabor rozdzielony pomiędzy SBB i FS), natomiast ETR 610, które także miały być zakupione przez tę spółkę, zostały ostatecznie przejęte przez SBB i FS.

Tabela 8b

## Charakterystyka techniczna pociągów elektrycznych z rodziny Pendolino wyprodukowanych przez konsorcjum FIAT-SIG-Alstom

Seria	Zarząd kolejowy	Liczba wagonów w eżt	Zestawienie pociągu <sup>1</sup>	Moc [kW]	Prędk. maks. [km/h]	Masa jednostki [t]	Długość jednostki [mm]	Rodzaj mechanizmu przechyłu <sup>2</sup>	Liczba miejsc pasażerskich
ETR 401	FS	4	4S	1800	250	160	105 900	H	171
ETR 450	FS	9	4S-1D-4S	4880	250	403	233 900	H	386
ETR 460	FS	9	2S-2D-2S-1D-2S	5880	250	445	236 600	H	480+23
ETR 460P	FS	9	2S-2D-2S-1D-2S	5880	200	445	236 600	H	476+23
ETR 470 <sup>3</sup>	FS, SBB	9	2S-2D-2S-1D-2S	5880	200	460	236 600	H	475+29
ETR 480	FS	9	2S-2D-2S-1D-2S	5880	250	460	235 000	H	480+23
ETR 600	FS	7	2S-3D-2S	5500	250	443	187 400	EH	432
ETR 610 <sup>3</sup>	FS, SBB	7	2S-3D-2S	5500	250	450	187 400	EH	431
S220/Sm3	VR	6	2S-2D-2S	4000	220	305	158 900	H	264
Sm6	VR + RŽD	7	2S-3D-2S	5500	220	423	184 800	EH	352+2
490 Alaris	RENFE	3	1S-1D-1S	2040	220	153	81 200	H	190
4000 Alfa Pendoloso	CP	6	2S-2D-2S	4000	220	300	159 000	H	299
310	SŽ	3	1S-1D-1S	1960	200	153	81 200	H	164
ICN	SBB	7	2S-3D-2S	5200	200	355	188 800	E	457+26
390	Virgin	9	2S-2D-2S-1D-2S	5100	225	458	217 000	E	441
680	ČD	7	1S-1D-1S-1D-1S-1D-1S	3920	230	385	185 000	H	557

<sup>1</sup> S = (1A)'(A1)', D = 2'2'.

<sup>2</sup> H – hydrauliczny, E – elektryczny, EH – elektrohydrauliczny (TILTRONIX – mechanizm opracowany przez Alstom i zastosowany w TGV pendulaire).

<sup>3</sup> Pierwotnie ETR 470 należały do spółki Cisalpino utworzonej w 1997 r. przez koleje włoskie FS i szwajcarskie SBB, natomiast est ETR 470 wjeżdżały także na sieć DB do 2007 r. Spółka została rozwiązana w grudniu 2008 r. (tabor rozdzielony między SBB i FS), natomiast ETR 610, które także miały być zakupione przez tę spółkę, zostały ostatecznie przejęte przez SBB i FS.



## Charakterystyka techniczna pociągów elektrycznych z rodziny Pendolino wyprodukowanych dla kolei włoskich FS

	ETR 401	ETR 450	ETR 460	ETR 460P
Lata produkcji	1974	1987–1993	1995–1996	1995–1996
Liczba wyprodukowanych szt	1	9+6	7	3
Numeracja	1	1–9, 10–15	22–26, 29–30	21, 27–28
Układ osi <sup>2</sup>	S–S–S–S	S–S–S–S–D–S–S–S–S	S–S–D–D–S–S–D–S–S	S–S–D–D–S–S–D–S–S
Silniki trakcyjne	DC	DC	AC 3~	AC 3~
Przekształtniki główne	tyrystory	GTO	GTO	GTO
Liczba i moc silników trakcyjnych	[kW] 4×450	4×4×348 kW	3×4×490 kW	3×4×490 kW
Napięcie DC	[kV] 3	3	3	1,5; 3
Moc całkowita	[kW] 1800	4176	5880	5880 (3 kV DC); 3920 (1,5 kV DC)
Prędkość maksymalna	[km/h] 250	200	250	250
Długość wagonu (środkowy/sterowniczy)	[mm] 25 600/27 350	25 600/27 350	25 900/27 650	25 900/27 650
Nacisk na oś (min./maks.)	[t] 10,00	10,25/11,50	11,00/13,00	11,25/13,25
Długość całkowita	[mm] 105 900	233 900	236 600	236 600
Średnica kół	[mm] 890	890	890	890
Masa całkowita	[t] 160	404	440	452
Liczba miejsc pasażerskich (1 kl. + 2 kl.)	171	178+244 (1–9), 172 + 218 (10–15)	139+364	138+361
Uwagi	jednostka prototypowa		jednostka 460.29 skasowana w następstwie wypadku	

\* Dla napięcia 1,5 kV DC.

<sup>2</sup> S = (1A)'(A1)'; D = 2'2'.

Tabela 9b

## Charakterystyka techniczna pociągów elektrycznych z rodziny Pendolino wyprodukowanych dla kolei włoskich FS

	ETR 470.0	ETR 470	ETR 480	ETR 480P
Lata produkcji	1996	1996–1997	1997–1998, 2001	1997–1998
Liczba wyprodukowanych szt	1	9	12	3
Numeracja	0	1–9	31, 33–34, 36–41, 42–45	32, 35, 42
Układ osi*	S–D–S	S–S–D–D–S–S–D–S–S	S–S–D–D–S–S–D–S–S	S–S–D–D–S–S–D–S–S
Silniki trakcyjne	AC 3~	AC 3~	AC 3~	AC 3~
Przekształtniki główne	GTO	GTO	GTO	GTO
Liczba i moc silników trakcyjnych	[kW] 4×490	3×4×490 kW	3×4×490 kW	3×4×490 kW
Napięcie	3 kV DC; 15 kV 16,7 Hz	3 kV DC; 15 kV 16,7 Hz	3 kV DC; 25 kV 50 Hz	1,5 kV DC; 3 kV DC; 25 kV 50 Hz
Moc całkowita	[kW] 1960	5880	5880	5880
Prędkość maksymalna	[km/h] 200	200	250	250
Długość wagonu środkowy/sterowniczy	[mm] 25 900/27 650	25 900/27 650	25 900/27 650	25 900/27 650
Nacisk na oś (min./maks.)	[t] 12,50/13,25	12,50/13,25	10,75/12,75	12,22/13,00
Długość całkowita	[mm] 81 200	236 600	236 600	236 600
Średnica kół	[mm] 890	890	890	890
Masa całkowita	[t] bd.	469	433	454
Liczba miejsc pasażerskich (1 kl. + 2 kl.)	bd.	151+353	139+364	148+367
Uwagi	jednostka testowa, obecnie skasowana	jednostki były własnością spółki Cisalpino (FS+SBB)	jednostka 480.34 skasowana w następstwie wypadku	

\* S = (1A)'(A1)", D = 2"2".

### ETR 600/610

Na początku XXI w. przystąpiono do opracowania nowego pociągu Pendolino czwartej generacji, w wersji dwu- i trójsystemowej. Po przejęciu w październiku 2000 r. przez Alstom od koncernu Fiat fabryki w Savigliano pod Mediolanem zdecydowano się na wykorzystanie systemu przechyłu pudła Tiltronix, opracowanego dla TGV Pendulaire.

Do budowy kolejnej serii pociągu Pendolino (seria ETR600/610) użyto odpowiednio uformowanych blach aluminiowych, zgodnych z kartą UIC 505. W części przedniej oraz w przedścionkach znajdują się strefy zgniotu, natomiast część pasażerska ma dodatkową izolację do zminimalizowania dla pasażerów

negatywnych skutków fali powietrznej podczas wjazdów i wyjazdów pociągów do i z tuneli. Zastosowano technikę aktywnego przechyłu pudła Tiltronix typu elektrohydraulicznego, a dodatkowo zamontowano aktywne zawieszenie boczne typu pneumatycznego do zmniejszenia negatywnego wpływu siły odśrodkowej. Maksymalny kąt przechyłu pudła na łukach wynosi 8°. Każdy pociąg jest wyposażony w dwa transformatory (wagony 3 i 4), po 4 przekształtniki główne i pomocnicze oraz 7 akumulatorów. W przypadku awarii jednego z przekształtników głównych moc jednostki zmniejsza się o 25%, co umożliwia utrzymanie prędkości 250 km/h. Awaria jednego transformatora powoduje zmniejszenie mocy o 50%, jednak umożliwia dojazd pociągu do stacji

docelowej ze znacznie mniejszą prędkością. Każda para silników – układ osi wagonu silnikowego to (1A)'(A1)' – jest zasilana z osobnego przekształtnika IGBT typu ONIX 1400 kW 6,5 kV, wyposażonego w regulator prądu typu AGATE. Silniki trakcyjne (asynchroniczne trójfazowe) są rozwinięciem jednostek wcześniej stosowanych w ETR 470/480 i mają wentylację powietrzną. Prze-

kształtniki są chłodzone wodą dejonizowaną. Dane techniczne ETR 600/610 znajdują się w tabeli 11, natomiast porównanie z wcześniejszymi wersjami Pendolino ETR 470/480 w tabeli 12. ETR 600/610 jest przystosowany do kursowania zarówno po liniach konwencjonalnych, jak i dużych prędkości. Pociąg ma dwa niezależne systemy ogrzewania i klimatyzacji oraz jest wyposażony w system nawigacji satelitarnej GPS.

Makiety nowego pociągu zaprezentowano pod koniec czerwca 2005 r. na terenie fabryki Alstom Ferroviaria we włoskim Savigliano. W czerwcu 2006 r. teren tej fabryki opuścił pierwszy egzemplarz pociągu, oznaczony jako ETR 600, który wysłano na wykonanie testów na torze doświadczalnym w Velimiu VÚŽ w Czechach, gdzie przebywał do początku października 2006 r. W tym czasie przetestowano pociąg podczas jazdy pod napięciem 3 kV DC i 25 kV 50 Hz, natomiast po wykonanych testach jednostka ETR 600 powróciła do macierzystej fabryki. Na początku 2008 r. testowano pociągi serii ETR 600 na linii Rzym – Neapol.

Pociągi Pendolino czwartej generacji zamówiły koleje włoskie Trenitalia (seria ETR 600 – 12 jednostek dwusystemowych) oraz spółka Cisalpino (seria ETR 610 – 14 jednostek trójsystemowych). Ich dostawy dla obu operatorów rozpoczęły się w 2008 r. Spółka Cisalpino zamierzała uruchomić komunikację z udziałem ETR 610, początkowo na trasie Rzym – Zurych. Aby pociągi te mogły poruszać się po sieci FS, zamontowano w nich włoskie systemy zabezpieczenia ruchu SCMT oraz ECTS 2, dodatkowo szwajcarskie Signum i ZUB, natomiast w pociągach poruszających się po sieci DB – dodatkowo systemy LZB i PZB. Każdy z przewoźników zamówił pociągi w nieco innej kolorystyce i wyposażeniu wnętrza. W połowie 2007 r. były już gotowe dwa pociągi ETR 600 (nr 1 i 2), natomiast kolejny (ETR 610-003) znajdował się w fazie montażu. Po jego ukończeniu pociąg ETR 610-003 został skierowany na przeprowadzenie testów między innymi na linii Gotharda w okolicach miejscowości Bellinzona w Szwajcarii. W grudniu 2007 r. miały miejsce pierwsze jazdy próbne zespołów serii ETR 610-001 na linii Lötschberg w Szwajcarii. Sprawdzano poprawność funkcjonowania mechanizmu przechyłu nadwozia oraz – działającego przeciwnie – analogicznego mechanizmu zamontowanego dla pantografu. Po początkowych problemach z mechanizmem przechyłu usterki przestały się pojawiać. ETR 610 otrzymały certyfikat dopuszczenia wjazdu na sieci kolejowe: Włoch – FS, Szwajcarii – SBB/CFF/FFS i Niemiec – DB (planowane; testy rozpoczęły się w styczniu 2008 r.) SBB ma także plan uruchomienia szybkich pociągów z przechylnym nadwoziem, począwszy do grudnia 2008 r., w takcie godzinnym na linii Gotharda. Planowano wspólną eksploatację pociągów ICN i ETR 610 na linii Gotharda, po uzyskaniu homologacji obu serii na tej linii. W kwietniu 2008 r. dwa zespoły Pendolino serii ETR 610 ponownie gościły na sieci kolei szwajcarskich SBB: testowano je na odcinku Berno – Thun/Brig, Grenchen Süd – Solothurn zarówno w trakcji pojedynczej, jak i podwójnej (610-001 + 610-005). Jednak z powodu dużej liczby usterek testy przerwano. Niezależnie od tych eksperymentów 2 wagony, pochodzące od zespołu 610 003, przetestowano w komorze klimatycznej Arsenal w Wiedniu. Z powodu licznych problemów termin wprowadzenia tych pociągów do eksploatacji został przesunięty o 2 lata (na 2010 r.). Seria ETR 610 zastąpi obecnie eksploatowaną serię ETR 470, która z powodu pojawiających się usterek powoduje częste opóźnienia pociągów (ów fakt był przyczyną za-



ETR 460-28, dworzec Termini, Rzym (25.09.2010 r.)

Fot. Marek Graff



ETR 470-07 spółki Cisalpino, Lugano (1.08.2006 r.)

Fot. Massimo Rinaldi



ETR 480-033, Mediolan (12.07.2006 r.)

Fot. Massimo Rinaldi



wieszenia kursów serii ETR 470 po sieci DB). Szczegółowe dane techniczne zespołów serii ETR 600/610 podano w tabelach 10 i 11. Obecnie ETR 600 obsługują połączenia Rzym – Florencja – Bolonia – Padwa – Wenecja, a ETR 610 Mediolan – Genewa, czy Zurych – Wenecja.

Tabela 10

## Dane techniczne Pendolino czwartej generacji

	PENDOLINO Trenitalia	PENDOLINO Cisalpino
Oznaczenie serii	ETR 600	ETR 610
Opis pociągu	7-wagonowy elektryczny pociąg z mechanizmem aktywnego przechyłu pudła	
Zestawienie pociągu* i układ osi	S–S–T–D–S–S (1A)'(A1)' + (1A)'(A1)' + 2'2' + 2'2' + 2'2' + (1A)'(A1)' + (1A)'(A1)'	
Rozstaw kół [mm]	1435	
Pudło	aluminiowe, norma UIC 505	
Mechanizm przechyłu pudła	aktywny, elektrohydrauliczny	
Napięcie	3 kV DC, 25 kV 50 Hz	3 kV DC, 25 kV 50 Hz 15 kV 16,7 Hz
Prędkość maksymalna [km/h]	250	
Moc sumaryczna [kW]	5500	
Maksymalna siła pociągowa [kN]	228	
Charakterystyka trakcyjna (przyspieszenie 0–40km/h) [m/s <sup>2</sup> ]	0,48	
Długość całkowita [m]	187,4	
Długość wagonów skrajnych (1 i 7) [m]	28,2	
Długość wagonów pośrednich (2–6) [m]	26,2	
Szerokość pociągu [mm]	2830	
Baza wagonu [m]	19	
Masa pociągu wraz z pasażerami [t]	443	450 t
Wysokość podłogi nad główką szyny [mm]	1260	
Maksymalny nacisk na oś [t]	17	
Liczba miejsc dla pasażerów	432	431
Obsługa pasażerów	bar bistro biuro kierownika pociągu	wagon restauracyjny (18 miejsc) biuro kierownika pociągu

\*S – silnikowy, T – doczepny z transformatorem, D – doczepny

Tabela 11

## Porównanie pociągów Pendolino wcześniejszej i nowej generacji

	ETR 470/480	ETR 600/610
Prędkość maksymalna	200 km/h – ETR470 250 km/h – ETR480	250 km/h
Liczba miejsc pasażerskich	460	430 + 2
Liczba wagonów w pociągu	9	7
Długość całkowita	236 m	187,4 m
Odległość między siedzeniami	1920 mm (1. i 2. kl.)	2000 mm (1. kl.) 1900 mm (2. kl.)
Powierzchnia pasażerska (średnio na jeden wagon)	45 m <sup>2</sup>	49 m <sup>2</sup>
Przekształtniki	GTO	IGBT
System sygnalizacyjny	systemy krajowe	ERTMS
System ogrzewania i klimatyzacji	2 grupy (częściowa separacja)	2 grupy (całkowita separacja)
Poziom hałasu w pociągu	65 Db przy 200 km/h	65 Db przy 250 km/h
System informacji pasażerów	Ekran	system interaktywny (WI-FI – WI LAN)
Przystosowanie pociągu dla osób niepełnosprawnych	Nie	Tak



ETR 480-36, dworzec Termini, Rzym (25.09.2010 r.)

Fot. Marek Graff



ETR 480 010, Mediolan (23.09.2005 r.)

Fot. Massimo Rinaldi



ETR 485 002, Verona (2.12.2006 r.)

Fot. Massimo Rinaldi

## AGV i ETR 1000

W marcu 2010 r. zespół AGV na linii dużych prędkości osiągnął prędkość 300 km/h. Testy prowadzono od lutego 2010 r. i zamierzano sprawdzić kompatybilność systemu sygnalizacyjnego oraz pociągu AGV. Testy trwały do czerwca, natomiast pociąg ba-





ETR 600-12, dworzec St. Lucia, Wenecja (26.09.2010 r.)

Fot. Marek Graff



ETR 600-10, dworzec Termini, Rzym (25.09.2010 r.)

Fot. Marek Graff



ETR 610-12 kolei FS, dworzec Centrale, Mediolan (21.09.2010 r.) Fot. Marek Graff

dano przy prędkości do 330 km/h. Pierwszy pociąg AGV był gotowy do odbioru na początku maja 2010 r. Ich produkcja odbywa się w fabryce Alstom w La Rochelle, natomiast kolejnych – w fabryce w Savigliano. W październiku 2011 r. nastąpi oficjalne przekazanie pociągów do odbioru końcowego. Będą kursować po 9 liniach we Włoszech, między 12 miastami. Operator NTV planuje od 2011 r. uruchomić 51 par pociągów dziennie, łączyjących dworce: Torino (Porta Susa), Milano (Porta Garibaldi i Rogore-

do), Bologna (Centrale), Firenze (SMN), Roma (Tiburtina i Ostiense), Napoli (Centrale), Salerno (Centrale), Venezia (Santa Lucia i Mestre) i Padova (Centrale). Będą uruchomione osobne kasy „Casa Italo”, sprzedające bilety na przejazdy pociągami AGV. Cała flota AGV będzie pokonywać rocznie 12,3 mln poc.km, czyli każdy pociąg – 0,5 mln poc.km. AGV będą stacjonować w nowej lokomotywni Nola Campano Interport w Kampanii (obecnie ukończona; powstało 8 budynków), będącej miejscem serwisowania pociągów oraz szkolenia personelu. Obecnie operator NTV zatrudnia 850 osób, z których 90% nie ukończyło 35. roku życia.

Na początku sierpnia 2010 r. operator Trenitalia wybrał ofertę koncernów Bombardier i AnsaldoBreda na dostarczenie 50 pociągów dużej prędkości za 1,2 mld euro. Będą to 8-wagonowe pociągi, oznaczone jako ETR 1000, o prędkości eksploatacyjnej 360 km/h i konstrukcyjnej 400 km/h, długości 200 m, które będą mogły zabrać jednorazowo do 600 pasażerów. Pociągi ETR 1000 będą kompilacją rozwiązań technicznych, zastosowanych w pociągach produkowanych przez oba koncerny: Bombardier – Zefiro V300 oraz AnsaldoBreda – V250 dla NS/SNCB. Prezentacja pociągu V300 miała miejsce pod koniec września 2010 r. Zespół Zefiro V300 jest modyfikacją zespołów dostarczonych do Chin – V250 i V380. Swoją ofertę zaprezentował także Alstom – jako hybrydę pociągów AGV i Pendolino. Każdy z wagonów w pociągu Alstoma był wyposażony w 2 własne wózki.



## Literatura

- [1] *Chemins de Fer*, No 477, 2002/6, FerPress, Paris.
- [2] Cherubini F.: *Materiale motore 2005 ETR Editrice Transporti su Rotario Sàlo (Brescia) 2005.*
- [3] *Eisenbahn-Revue International*, rocznik 2008, Minirex AG, Luzern 2008.
- [4] Hughes M.: *Die Hochgeschwindigkeits Story*. Eisenbahnen und Rekordfahrten Alba Publikation Düsseldorf 1994 (tłumaczenie z j. angielskiego).
- [5] *International Railway Journal* 5/2004, 12/2009, Simons–Boardman Publ. Corp. Ashford/New York.
- [6] *La tecnica Professionale* CIFI 5/1989.
- [7] Materiały reklamowe koncernu Alstom i Fiat Ferroviaria.
- [8] *Neigetchnik in Europa*. Eisenbahn Journal Special Ausgabe 4/2001 Herman Merker Verlag GmbH Fürstfeldbruck 2001.
- [9] Pallotta L., Mosca M.: *Dalla Direttissima all'Alta Velocità*. Ponte San Nicolò, Duegi Editrice 2007.
- [10] *Railvolution*, roczniki 2004–2008, Modelbahnpresse s. r. o. Praha.
- [11] *Railway Gazette International*, Reed Press Publishing, Sutton; egzemplarze: 6/1989, 8/1990, 11/1991, 3/1995, 2/1997, 3/1997, 5/1997, 7/1997, 10/1997, 12/1997, 1/1998, 12/2000, 5/2001, 2/2004, 5/2004, 2/2006, 3/2010, 5/2010, 06/2010, 08/2010.
- [12] Soulié C., Tricoire J.: *Le grand livre du TGV*. Éditions La Vie du Rail, Paris 2002.
- [13] *Świat kolei*, roczniki 2000–2010; PKMK Poznań/EmiPress Łódź.
- [14] *Technika Transportu Szynowego* 2/1996, 3/2006. EmiPress Łódź.