

Jan Raczyński

Miejski transport szynowy w Unii Europejskiej

Mimo dynamicznego rozwoju motoryzacji indywidualnej zapewnienie sprawnego transportu publicznego we współczesnych miastach jest zasadniczym problemem, od którego rozwiązania zależy ich prawidłowe funkcjonowanie. Pośród innych środków, transport szynowy odgrywa coraz większą rolę w tworzeniu nowoczesnych miejskich systemów transportowych zarówno z powodów ekologicznych, jak i ekonomicznych. W rozwoju tych systemów przodują na świecie miasta europejskie.

Aktywna polityka transportowa umożliwiła utrzymanie w europejskich miastach proporcji podziału przewozów między transport indywidualny a zbiorowy na poziomie 50 do 50%. Dzięki takiej polityce miasta europejskie uniknęły problemów z dezurbanizacją ich centrów i podporządkowania w nich gospodarki powierzchni priorytetowi motoryzacji indywidualnej, czego ze wszystkimi negatywnymi skutkami doświadczyły miasta amerykańskie.

W artykule zostanie przedstawiona analiza rynku miejskiego transportu szynowego w Unii Europejskiej dla dwóch środków transportu: tramwaju i metra. Przy czym pod pojęciem tramwaju zawarte będą systemy, które wychodzą poza tradycyjne koncepcje tego środka transportu w kierunku rozwiązań np. z wykorzystaniem infrastruktury kolejowej.

Udziały transportu szynowego

W ostatnich dziesięcioleciach przewozy miejskim transportem szynowym zwiększają się w coraz szybszym tempie. O ile w latach 70. XX w. dynamika ich wzrostu wynosiła średniorocznie 0,4%, to już w ostatnich latach XX w. osiągnęła 2% – najwyższą spośród innych lądowych środków transportu (tabl. 1). Dynamika ta może być jeszcze w najbliższych latach wyższa, gdyż przewiduje się w ciągu 20 lat zwiększenie długości torów tramwajowych o 40%, a metra o 21%. Według szacunków inwestycje te pochłoną około 120 mld euro [1].

Tablica 1

Dynamika wzrostu przewozów pasażerskich w 15 krajach UE (średniorocznie) [2]

Lata	Ogółem	Tram.+metro	Koleje	Autobusy	Lotniczy	Samochody
	[%]					
1970–1980	+3,4	+0,4	+1,2	+2,6	+8,4	+3,7
1980–1990	+3,0	+1,6	+0,8	+0,6	+7,8	+3,4
1990–2000	+1,9	+1,2	+1,3	+0,8	+6,1	+1,9
1995–2002	+1,8	+2,0	+1,7	+1,2	+4,8	+1,6

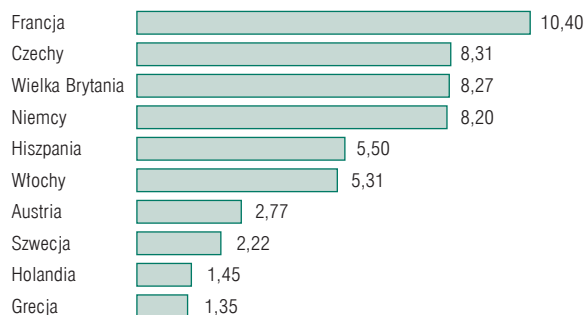
Dynamika wzrostu przewozów dla UE-25, a więc łącznie z nowymi państwami UE, jest jednak niższa, średniorocznie w latach 1995–2002 – 1,7%. Nowe państwa członkowskie mimo wniesienia dużego potencjału przewozowego nie mają tak dobrych wyników jak państwa z Europy Zachodniej – trwa w nich bowiem jeszcze boom na motoryzację indywidualną. Problemy kongestii

w miastach nowych państw nie są jeszcze tak dokuczliwe, ale istotny wpływ ma też niski poziom nakładów na transport publiczny. Niestety statystyki unijne nie obejmują Polski i Estonii. W Polsce nie ma jeszcze statystyk w dziedzinie transportu na poziomie europejskim, a te istniejące nie oddają obrazu stanu polskiego transportu.

Tablica 2

Przewozy pasażerskie w krajach Unii Europejskiej w latach 1970–2002 [2]

Rok	EU-15		EU-25	
	ogółem	tram.+metro	ogółem	tram.+metro
	[mld pas.km]			
1970	2118	34	—	—
1995	4357	41	4534	51
2002	4927	48	5092	57
wzrost 2002/1995	+13%	+15%	+12%	+13%



Rys. 1. Przewozy tramwajem i metrem w państwach Unii w 2002 r. w mld pas.km [2]; ujęto kraje o przewozach ponad 1 mld pas.km rocznie; brak danych dla Polski

Analizy rynku transportu miejskiego wskazują jednoznacznie, że w najbliższych latach transport szynowy będzie w UE rozwijał się bardzo dynamicznie w tempie przekraczającym ogólny wzrost przewozów wszystkimi środkami transportu. Zaskakuje więc prognoza dla Polski z projektu Strategii Rozwoju Transportu na lata 2007–2013, zakładająca zmniejszenie przewozów transportem miejskim do 2013 r. o 10%, przy jednoczesnym zmniejszeniu aż o 25% przewozów kolejowych, które w dużej części biorą udział w obsłudze aglomeracji miejskich [14]. Hiszpania, porównywana pod wieloma względami z Polską, w ostatnich ponad 30 latach nie zanotowała żadnego zmniejszenia przewozów, a tylko ich systematyczne zwiększenie w latach 1970–2002 z 3,67 mld pas.km do 5,5 mld pas.km (o 50%), a większość wzrostu przypadła na okres po przystąpieniu do Unii.

Tramwaje

Komunikacja tramwajowa należy obecnie do najszybciej rozwijających się segmentów transportu publicznego nie tylko w państwach Unii. Wynika to przede wszystkim z niskich kosztów inwe-

stycyjnych budowy lub modernizacji sieci tramwajowej w relacji do możliwych do uzyskania efektów w postaci znaczącego zwiększenia zdolności przewozowej. W latach 90. budowę linii tramwajowych zaczęto nawet w wielu miastach traktować jako alternatywę dla budowy metra. Jest to uzasadnione dla ciągów komunikacyjnych o średnim natężeniu ruchu. Zaletą tramwaju jest jego dostępność dla podróżnych przede wszystkim w wyniku gęstej sieci przystanków dostępnych z poziomu jezdni. Wszystkie te zalety tramwaju spowodowały jego powrót nawet do miast, które komunikację tramwajową zlikwidowały kilkadziesiąt lat temu.

Za początek komunikacji tramwajowej uważa się uruchomienie pierwszego tramwaju konnego w 1832 r. w Nowym Jorku. Już w 1852 r. w Nowym Jorku eksploatowano rozległą sieć linii tramwajowych. Pierwszą linię tramwajów konnych na kontynencie europejskim uruchomiono w Paryżu w 1855 r. Około 1870 r. nastąpił szczytowy rozwój tego środka transportu. Dalszy rozwój tramwaju wymagał jednak poszukiwań nowego rodzaju napędu.

Pierwszym z nich była maszyna parowa, którą wykorzystywano np. w napędach linowych tramwaju. W kanale pod jezdnią pomiędzy szynami znajdowała się lina wprawiana w ruch przez stacjonarną maszynę parową. Aby uruchomić wagon motorniczy wkleszczał chwytak zamontowany pod wagonem w poruszającą się w sposób ciągły linę. Linia z takim systemem napędu uruchomiona w 1873 r. jest eksploatowana do dziś w San Francisco.

Innym rozwiązaniem było zastosowanie małych parowozów do ciągnięcia wagonów. Jednak z uwagi na zadymianie ulic eksploatowane były zasadniczo poza miastami. Tramwaje z napędem parowym stosowane były także na niektórych łódzkich liniach podmiejskich do czasu ich elektryfikacji. Szybko zaniechano ich stosowania po pożarze miasta Rzgów od iskry z parowozu.

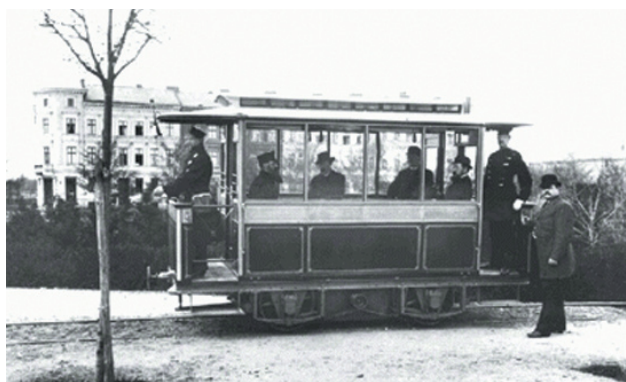
W 1875 r. zaprezentowano w Paryżu tramwaj o napędzie pneumatycznym według projektu Polaka – Ludwika Mękarskiego. Wagony posiadały pod podłogą zbiorniki sprężonego powietrza, z których powietrze kierowane było do cylindrów silników. Zbiorniki napelniane były na przystankach końcowych ze sprężarek napędzanych maszynami parowymi. Duża sieć tego typu tramwajów była eksploatowana w Paryżu, gdzie w 1900 r. zbudowano nawet centralną stację sprężania powietrza, z której powietrze rurami było dostarczane na przystanki końcowe. System ten jednak był kłopotliwy technologicznie i w 1917 r. została zlikwidowana w Nantes ostatnia sieć tramwajowa z tego rodzaju napędem [5].

W 1887 r. w Cannstatt koło Stuttgartu została otwarta doświadczalna turystyczna linia tramwajowa z wagonami napędzanymi silnikiem gaźnikowym. Jednak napęd ten, ze względu na małe moce ówczesnych silników, nie znalazł szerszego zastosowania.

W końcu XIX w. podejmowano także bez większego powodzenia projekt szerszego zastosowania napędu wagonów gazem miejskim.

Przełomem było zastosowanie do napędu tramwaju silnika elektrycznego. W 1879 r. Werner Siemens zaprezentował na wystawie przemysłowej w Berlinie kolejkę elektryczną. Wozila ona pasażerów na okrężnej trasie długości 300 m. Lokomotywa była zasilana prądem z trzeciej szyny umieszczonej między szynami jezdni i ciągnęła 3 wagoniki.

Dwa lata później w Berlinie uruchomiono pierwszy na świecie tramwaj elektryczny.



Fot. 1. Tramwaj produkcji Siemens z 1881 r.

Fot. arch. Siemens

Poważnym problemem technicznym, jaki wymagał rozwiązania, był system poboru prądu z sieci. Stosowano systemy zasilania z trzeciej szyny w jezdni – także z systemem wyłaczania spod napięcia danej sekcji po przejeździe wagonu, a także z sieci napowietrznej w kształcie rury z rowkiem, w której poruszał się odbierak prądu.

Trudności w konstrukcji niezawodnego systemu odbioru prądu skierowały zainteresowanie na tramwaje napędzane akumulatorami. Mała pojemność akumulatorów i duża ich masa wpływały na małą dyspozycyjność tramwajów z tego rodzaju napędem i wysoki koszt ich eksploatacji. W latach 1895–1903 w Hanowerze stosowano także zasilanie wagonów z akumulatorów w centrum miasta i z sieci górnej na przedmieściach.

W 1890 r. w Niemczech zastosowano po raz pierwszy ślizgowe pałkowe odbieraki prądu z sieci górnej, które znalazły najszersze zastosowanie i dalsza ewolucja konstrukcji tramwajów polegała na doskonaleniu tego rozwiązania.

Problem poboru prądu z sieci trakcyjnej jest także obecnie podnoszony w szczególnych przypadkach. Problemy związane z zastosowaniem sieci napowietrznej w centrum zabytkowych miast doprowadziły do poszukiwania nowych rozwiązań w tym zakresie. W 2003 r. w Bordeaux rozpoczęto eksploatację systemu zasilania z trzeciej szyny między szynami jezdni z wyłączeniem sekcji zasilającej po przejeździe tramwaju [6]. W Nancy zaś zostały zamówione tramwaje z akumulatorami do napędu na obszarze centrum, poza nim będzie wykorzystywana klasyczna sieć napowietrzna. Jest to więc rozwiązanie analogiczne do zastosowanego przed ponad 100 laty w Hanowerze, ale z wykorzystaniem bardziej wydajniejszych akumulatorów.

Ekspansja komunikacji tramwajowej została zahamowana po wielkim kryzysie gospodarczym w 1929 r. W szczególności trudnej sytuacji znalazły się sieci tramwajowe w małych miastach, które eksploatowane były na granicy opłacalności. Wiele z nich zostało zlikwidowanych w latach 30. Pojawił się też konkurent w postaci doskonalszych konstrukcji autobusów i trolejbusów nie wymagających kosztownych inwestycji infrastrukturalnych. Zahamowało to ekspansję sieci tramwajowych w relacjach o mniejszym natężeniu ruchu, np. w regionie łódzkim zrezygnowano z ambitnego programu budowy podmiejskich linii do Piotrkowa, Zduńskiej Woli i Tomaszowa, a przedsiębiorstwo tramwajowe ŁWEKD uruchomiło w niektórych relacjach komunikację autobusową.

W największych aglomeracjach miejskich rolę tramwajów zaczęło przejmować też metro. Sieć tramwajowa w miarę rozbudowy metra stopniowo była likwidowana. W Paryżu ostatnia linia tramwajowa została zlikwidowana w 1932 r.

Kolejny kryzys nadszedł w latach 60. w związku z rozwojem motoryzacji indywidualnej. W Europie zlikwidowano wówczas prawie 200 sieci tramwajowych.

Do ponownego zainteresowania się tramwajami doszło w wyniku kryzysu paliwowego w latach 70. i coraz większych problemów komunikacyjnych miast.

Przełomem w historii komunikacji tramwajowej było uruchomienie pierwszego na świecie systemu tramwaju niskopodłogowego w Grenoble w 1987 r. Próby z zastosowaniem w wagonach tramwajowych choćby częściowo niskiej podłogi były już prowadzone przed II wojną. W wagonach doczepnych w środkowej części między skrajnymi osiami obniżano podłogę do wysokości

wygodnej do wsiadania dla podróżnych. W latach 80. prowadzono też próby w Vevey w Szwajcarii nowego typu tramwaju. W Grenoble zastosowano po raz pierwszy kompleksowe podejście do tego zagadnienia. Oprócz zamówienia nowych tramwajów, mających w środkowej części (na około 70% długości pojazdu) obniżoną do wysokości 330 mm na główkę szyny podłogę, do tramwajów tych przystosowano całą infrastrukturę, łącznie z zastosowaniem na przystankach podwyższonych peronów do poziomu wejścia do wagonów.

W latach 90. pojawiły się nowatorskie rozwiązania systemów będących ewolucją klasycznego tramwaju. Najważniejszą z innowacji jest pojazd dwusystemowy z możliwością poruszania się po sieci miejskiej i kolejowej. Pierwszy taki system uruchomiony w Karlsruhe przyniósł sukces w postaci ponad 4-krotnego zwiększenia przewozów. Pojawiły się też rozwiązania w postaci wykorzystania nieczynnych linii kolejowych i wprowadzenia na nie tramwajów (Manchester, Paryż linia 2). Rozwiązania techniczne i organizacyjne dla takich systemów są bardzo różnorodne, stosownie do specyficznych warunków lokalnych. Popularność zdobywają też systemy hybrydowe z silnikiem diesla do napędu tramwaju na obszarach poza miastem na liniach niezelektryfikowanych (Kassel, Nordhausen) [7, 8].

Obecnie w budowie znajduje się 5 takich systemów – Miluza i Dunkierka we Francji, Kassel w Niemczech, Sassari we Włoszech, Gouda-Leiden w Holandii i Allicante w Hiszpanii. Dalszych 17 jest planowanych w Finlandii, Francji, Niemczech, Włoszech, Holandii, Hiszpanii, a także w Czechach (Brno) [1], również w Polsce pojawiały się propozycje takich systemów dla Krakowa, Poznania i Łodzi, ale nie wyszły one poza fazę koncepcji [9, 10].

Tablica 3

Ewolucja systemów tramwajowych w wybranych krajach Europy Zachodniej [3]

Rok	Niemcy	Francja	Wielka Brytania	Holandia	Austria	Razem UE-15	Metro EU15
1930	131	79	104	8	9	438	8
1940	126	59	38	7	8	341	8
1950	118	37	19	5	7	272	9
1960	86	8	4	4	7	157	11
1970	67	5	2	3	6	108	14
1980	60	3	2	3	5	91	2
1990	56	5	3	4	5	92	24
2000	57	8	8	4	5	102	28



Fot. 2. Pierwsze tramwaje niskopodłogowe w Grenoble

Fot. Alstom



Fot. 3. Tramwaj dwusystemowy na ulicy w Saarbrücken

Fot. W Glass



Fot. 4. Linia tramwaju 2 powstała w miejsce linii kolejowej wzdłuż brzegu Sekwany

Fot. J. Raczyński

Obecnie w państwach Unii i kandydujących eksploatowanych jest 170 systemów tramwajowych, włączając w to systemy tramwajowo-kolejowe. Na sieci długości 8060 km funkcjonuje 941 linii (tabl. 4).

Największym potentatem tramwajowym w Unii są Niemcy (56 systemów, 231 linii, sieć o długości 2768 km). Drugie miejsce zajmuje Polska (14 systemów, 204 linie i 1445 km sieci). W obu tych państwach jest aż 60% całej sieci tramwajowej w Unii [1].

Dobra obecna pozycja nowych państw członkowskich UE w statystyce sieci tramwajowych kontrastuje jednak ze stagnacją w nich w zakresie nowych inwestycji, zwłaszcza w Polsce. Według analiz projektów inwestycyjnych sieć tramwajowa w państwach UE-15 do 2020 r. zwiększy się dwukrotnie, a liczba nowych systemów zwiększy się o 50%. Na liście nowych budowanych lub planowanych systemów w miastach, które nie mają komunikacji tramwajowej, nie ma nowych państw członkowskich (tabl. 5).

Tablica 4

Systemy tramwajowe w krajach europejskich [1]

Kraj	Liczba systemów	Liczba linii	Długość sieci [km]
Austria	6	47	313
Belgia	5	33	332
Finlandia	1	11	76
Francja	11	21	202
Niemcy	56	231	2768
Włochy	7	37	209
Holandia	5	34	280
Portugalia	2	6	65
Hiszpania	4	5	206
Szwecja	3	4	186
Wielka Brytania	7	10	156
Razem UE-15	107	448	4793
Czechy	7	71	333
Estonia	1	4	39
Węgry	4	34	188
Łotwa	1	8	167
Polska	14	204	1445
Słowacja	3	28	68
Razem nowe państwa UE	30	349	2240
Razem UE-25	137	797	7033
Bośnia	1	2	16
Bulgaria	1	6	208
Chorwacja	2	15	57
Norwegia	2	9	47
Rumunia	14	69	461
Szwajcaria	7	26	112
Turcja	5	6	66
Serbia	1	11	60
Razem spoza UE	33	144	1027

Tablica 5

Systemy tramwajowe budowane lub planowane w miastach, które nie mają komunikacji tramwajowej [1]

Kraj	W budowie		Planowane	
	liczba systemów	długość [km]	liczba systemów	długość [km]
Finlandia	–	–	1	15
Francja	5	84	6	130
Niemcy	–	–	3	bd
Grecja	1	48	1	bd
Irlandia	1	22	–	–
Włochy	4	62	4	57
Luksemburg	–	–	1	15
Holandia	1	20	2	7
Portugalia	–	–	1	40
Hiszpania	5	104	12	258
Wielka Brytania	1	14	10	140
Razem UE-25	18	354	41	662

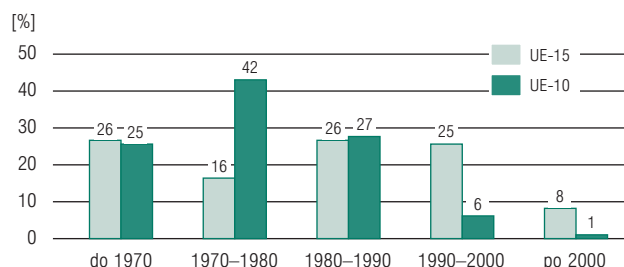
Z analizy gęstości sieci tramwajowej na jednego mieszkańca wynika, że państwa Europy Środkowej mają dobre wskaźniki. Wynika to z faktu dużej ekspansji komunikacji tramwajowej w tym regionie Europy na początku XX w., ale także z faktu, że w państwach tych redukcje sieci tramwajowej były w ostatnich dziesięcioleciach niewielkie.

Tablica 6

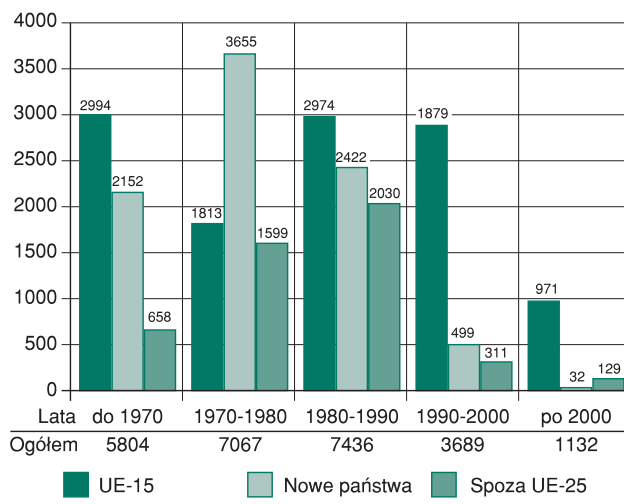
Sieć tramwajowa w krajach Europy Środkowej w przeliczeniu na jednego mieszkańca [1]

Kraj	Liczba systemów	Sieć [km]	Systemy/ /1 mln mieszkańców	km/ /1 mln mieszkańców
Niemcy	56	2768	0,68	33,8
Polska	14	1445	0,36	37,4
Czechy	7	333	0,68	32,3
Austria	6	313	0,75	39,1
Węgry	4	188	0,39	18,4
Słowacja	3	68	0,56	12,6

Obecnie w Europie jest eksploatowanych około 15 tys. pojazdów tramwajowych, z których 46% jest eksploatowanych w państwach UE-15. Znaczna ich część to długie pojazdy przegubowe. W nowych państwach członkowskich dominują pojazdy krótkie. Na rysunkach 2 i 3 przedstawiono strukturę wiekową tramwajów w państwach Unii. W nowych państwach członkowskich szczególnie duży jest udział pojazdów wyprodukowanych w latach 1970–1980. O strukturze wiekowej dla tej grupy państw decyduje Polska, w której eksploatowane jest 2/3 wszystkich tramwajów nowych państwa członkowskich.



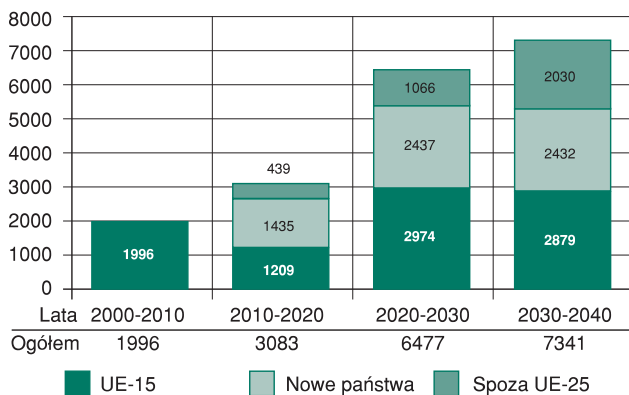
Rys. 2. Podział taboru tramwajowego w państwach UE ze względu na datę jego zakupu



Rys. 3. Struktura wiekowa taboru w krajach UE

Duży udział taboru o długim okresie eksploatacji oraz plany szybkiego rozwoju sieci tramwajowych wskazują, że w najbliższych latach nastąpi znaczący wzrost zakupów nowego taboru. Na ogół zakłada się, że okres eksploatacji pojazdów tramwajowych wynosi 30 lat, aczkolwiek praktykowana jest też dłuższa eksploatacja taboru nawet do 40 lat. Prognozy zakupów nowego taboru w najbliższych dziesięcioleciach dla zastąpienia istniejącego są

przedstawione na rysunku 4. Współczynnik zastąpienia na pewno nie będzie w proporcji 1:1 ze względu na fakt, że zakupuje się obecnie pojazdy dłuższe przegubowe oraz o lepszej dyspozycyjności. Szacuje się też, że do obsługi nowo budowanych i rozbudowywanych sieci tramwajowych w państwach UE potrzebne będzie jeszcze dodatkowo 3700 pojazdów.



Rys. 4. Prognozy zakupu nowego taboru do zastąpienia obecnie eksploatowanego; dla taboru sprzed 1980 r. przyjęto współczynnik zastąpienia przez nowy 1:1,5, dla państw UE-15 przyjęto 30-letni okres eksploatacji taboru, dla pozostałych 40-letni

Metro

Dynamika budowy nowych lub rozbudowa istniejących sieci metra do 2020 r. w państwach UE będzie także wysoka, ale znacznie niższa niż sieci tramwajowych. Szacuje się, że w okresie tym długość linii metra zwiększy się o 21%. Bez wątpliwości mamy obecnie do czynienia z dużym stopniem nasycenia tym środkiem komunikacji w państwach najbogatszych. Duże inwestycje podejmowane są obecnie szczególnie w Hiszpanii. W pozostałych państwach nowe inwestycje polegają głównie na uzupełnianiu istniejących sieci.

Sieci metra w Europie w swojej historii nie miały takiego regresu jak tramwajowe. Ich rozwój odbywał się także kosztem komunikacji tramwajowej.

Pierwszą linię metra na świecie uruchomiono 10 stycznia 1863 r. w Londynie. Linia długości 6 km, uznana obecnie za zażytek, łączyła 3 dworce kolejowe: Paddington, Easton i King's Cross. Linia ta była budowana metodą odkrywkową – tunel znaj-

dował się płytko pod ziemią. Pociągi były prowadzone oczywiście parowozami. Trakcja parowa stwarzała poważne problemy eksploatacyjne związane z koniecznością wentylacji tunelu. Zastosowane parowozy różniły się swoją konstrukcją od standardowych parowozów kolejowych, miały między innymi neutralizatory pary.

Trakcja parowa była barierą w dalszym rozwoju linii metra, zwłaszcza w wykonaniu z tunelami położonymi głęboko pod ziemią. Pierwsza linia metra głębokiego wykonana metodami górniczymi poprzez wiercenie tunelu tarczami została uruchomiona także w Londynie w 1890 r. i zbiegła się z zastosowaniem na niej po raz pierwszy trakcji elektrycznej. Dziś sieć metra w Londynie składa się z 10 linii o łącznej długości 384 km z 248 stacjami.

Przełom XIX i XX w. to okres burzliwego rozwoju kolei podziemnych nie tylko w Europie, ale i w Stanach Zjednoczonych. Zalety eksploatacyjne kolei podziemnych okazały się nie do przecenienia zwłaszcza w tamtych czasach, przy braku innego konkurencyjnego, alternatywnego środka komunikacji. Kolejne linie metra otwierano w Chicago (1892), Glasgow (1896), Budapeszcie (1896), Wiedniu (1898), Paryżu (1900), Nowym Jorku (1901) i Berlinie (1901).

Dużym przełomem w koncepcji organizacji komunikacji z wykorzystaniem sieci metra była budowa metra paryskiego. Otwarcie pierwszej linii o długości 14 km, wykonanego w rekordowym czasie, zbiegło się z otwarciem w Paryżu Wystawy Światowej. Sieć linii została zaprojektowana jako szczególnie gęsta, o bardzo krótkich odległościach między stacjami (około 500 m). Dogodne przejścia między stacjami w punktach węzłowych umożliwiają łatwe przesiadanie się z jednej linii do drugiej. Czyni to sieć metra spójną i atrakcyjną dla pasażera poruszającego się po mieście.

Dziś linie metra funkcjonują w ponad 130 miastach na całym świecie. Przyjęła się praktyka budowy metra w miastach powyżej 1 mln mieszkańców, ale budowane są one także w mniejszych miastach, jak np. Norymberdze (0,8 mln), Rotterdamie (0,7 mln) czy Amsterdamie (0,8 mln).

Budowane są też linie metra o przebiegu tylko częściowo w tunelu, na obszarach o dużym zagęszczeniu zabudowy. Na pozostałych odcinkach linie przebiegają wtedy w wykopie, bądź też na estakadach.

Zmieniał się także tabor metra. Pierwsze pociągi metra zestawione były z wagonów ciągniętych parowozami. W 1890 r. parowozy zamieniono na lokomotywy elektryczne. Dopiero w metrze paryskim zastosowano po raz pierwszy system tramwajowy – wagon silnikowy i wagony doczepne. Stąd już tylko krok do konstrukcji pociągów, w których napędzana jest każda oś.

W 1983 r. w Lyonie została otwarta pierwsza na świecie linia metra automatycznego, sterowanego bez udziału maszynisty. Koncepcja ta znajduje coraz większe uznanie mierzone liczbą nowych otwieranych linii, ale także dokonywane są modernizacje starszych linii na automatyczne.

Przyjętym standardem w zasilaniu taboru metra jest napięcie stałe w granicach 750–825 V. Zasilanie odbywa się z reguły z trzeciej szyny umieszczonej między szynami jezdny. W najnowszych wagonach stosowane są także gumowe koła jezdne, a szyny stają się wtedy elementami prowadzącymi pojazd i oczywiście służą także do jego zasilania. Stosowane są też inne napięcia zasilające: 1500 V (Sydney, Seul, Neapol), czy 1550 V (Kobe). Paryskie linie szybkiego metra RER zasilane są z sieci 1500 V prądu stałego, umieszczonej nad pociągiem.



Fot. 5. Linia metra automatycznego nr 14 w Paryżu

Fot. Alstom

Stosowane rozstawy szyn są na ogół zgodne z rozstawami obowiązującymi na liniach kolejowych w danym kraju. Większość linii metra na świecie ma rozstaw 1435 mm. W miastach byłego ZSRR stosuje się rozstaw 1520 mm, zgodny z tradycją rosyjską. Spotykane są mniejsze rozstawy w Tokio (1067 i 1372 mm), ale są też rozstawy szersze: 1980 mm (Hamburg) i 2180 mm (Sapporo).

Obecnie w państwach UE jest eksploatowanych 30 sieci metra ze 124 liniami o długości torów 2165 km. Aż 88% długości sieci znajduje się w państwach UE-15 (tabl. 7).

W trakcie rozbudowy znajduje się obecnie 10 systemów metra o kolejne 47 km, w tym tylko dwa w nowych państwach członkowskich (Polska i Czechy). Budowanych jest także 6 nowych systemów (tylko w państwach UE-15) o łącznej długości sieci 76 km. Planowana jest rozbudowa 18 z obecnie istniejących systemów o łączną długość 159 km oraz budowa 9 nowych systemów (w tym jeden w Słowacji) o długości sieci 190 km.

Tablica 7

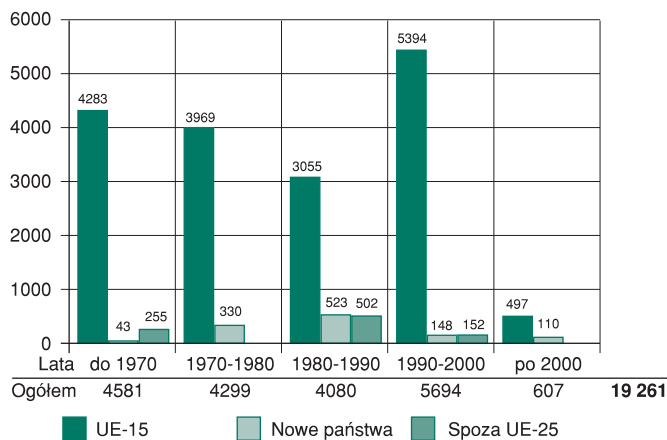
Systemy metra w państwach europejskich [1]

Kraj	Liczba systemów	Liczba linii	Długość [km]
Austria	1	5	61,0
Belgia	1	3	84,0
Finlandia	1	11	76,0
Dania	1	2	17,0
Francja	6	27	322,0
Niemcy	4	22	361,0
Grecja	1	2	18,0
Włochy	2	8	144,0
Holandia	2	4	127,0
Portugalia	1	4	28,0
Hiszpania	3	20	349,0
Szwecja	1	3	110,0
Wielka Brytania	3	15	480,0
Razem UE-15	27	117	2072,0
Czechy	1	3	50,0
Węgry	1	3	32,0
Polska	1	1	17,5
Razem nowe państwa	3	7	99,5
Razem UE-25	30	124	2165,0
Bułgaria	1	1	6,0
Norwegia	1	5	80,0
Rumunia	1	4	63,0
Szwajcaria	1	2	10,0
Turcja	2	2	22,0
Razem spoza UE	6	14	181,0

Tabor metra w państwach UE liczy około 19 200 wagonów. Około 48% pojazdów w państwach UE-15 i 23% w nowych państwach UE ma już ponad 20 lat i powinny być wymienione do 2020 r. Oznacza to, że zakupy wagonów metra w państwach UE będą wynosić w najbliższych dekadach po kilka tysięcy wagonów. Strukturę wiekową taboru metra przedstawiono na rysunku 5.

Sytuacja w Polsce

Polska jest drugim krajem w Unii Europejskiej pod względem długości sieci tramwajowej. W Polsce funkcjonuje obecnie 14 systemów tramwajowych obejmujących 27 miast. Długość sieci tramwajowej wynosi ponad 900 km, po której kursuje ponad 3660 tramwajów.



Rys. 5. Struktura wiekowa taboru metra w krajach UE [1]

Pierwszą linię tramwajów konnych uruchomiono w Warszawie w 1866 r. Pierwsze tramwaje elektryczne pojawiły się na ziemiach polskich już w latach 90. XIX w. Na początku XX stulecia tramwaje kursowały już w ponad 20 miastach.

Po burzliwym okresie powstawania komunikacji tramwajowej w miastach w końcu XIX w. w kolejnych dziesięcioleciach nastąpiła sukcesywna rozbudowa na przedmieścia szybko rozwijających się miast. Drugim okresem intensywnego rozwoju komunikacji tramwajowej w Polsce były lata 50. XX w. Odbudowa kraju po zniszczeniach wojennych, pełna aktywizacja zawodowa społeczeństwa, likwidacja bezrobocia oraz niski poziom motoryzacji indywidualnej spowodowało ogromne zapotrzebowanie na przewozy środkami komunikacji masowej w miastach. W dziesięcioleciu tym odbudowano i zintegrowano też sieci tramwajowe w Warszawie, Katowicach i Wrocławiu. Uruchomiona została też komunikacja tramwajowa w Częstochowie.

Koniec XX w. charakteryzował się jednak stagnacją, a nawet likwidacją niektórych linii. W latach 90. największe straty poniósł region łódzki, gdzie zlikwidowane zostały dwie długie linie podmiejskie oraz część linii miejskich – razem około kilkadziesiąt kilometrów tras. Jednocześnie jednak w Poznaniu, Warszawie, Krakowie i Elblągu powstały nowe odcinki linii. Największe z inwestycji to linie tzw. szybkiego tramwaju z bezkolizyjnymi skrzyżowaniami w Poznaniu i Krakowie. Nowa linia w Poznaniu, długości ponad 6 km, została oddana do eksploatacji w 1997 r. Linia w Krakowie jest częściowo ukończona, a realizacja II etapu ma być kontynuowana w 2005 r. Przygotowywany jest także projekt tzw. tramwaju regionalnego w Łodzi, w ramach którego ma zostać docelowo zmodernizowana trasa licząca około 50 km.

Zdecydowana większość linii tramwajowych w Polsce jest dwutorowa. Odcinki jednotorowe są eksploatowane tylko w aglomeracji katowickiej i łódzkiej. W aglomeracjach tych sieć tramwajowa obejmuje wiele sąsiadujących ze sobą miast: w katowickiej – 15, a w łódzkiej – 6.

Większość sieci tramwajowej w Polsce ma szerokość torów 1435 mm, ale funkcjonują także sieci o szerokości torów 1000 mm w Łodzi, Bydgoszczy, Toruniu i Grudziądzu. Cechą polskich miast jest znaczny udział torowisk zabudowanych w jezdni, zwłaszcza w centrach miast. Wyjątkiem jest Warszawa, gdzie prawie wszystkie linie przebiegają w torowiskach wydzielonych.

W przeszłości były także rozważane budowy sieci tramwajowej w Radomiu (trzy linie [13]), Lublinie, a ostatnio w Kielcach (jedna linia długości 12 km).

Tablica 8

Sieć tramwajowa w polskich miastach

Miasto	Długość sieci [km]	Rok otwarcia pierwszej linii	Liczba linii	Liczba pojazdów
Katowice ¹⁾	207	1898	31	390
Łódź ²⁾	152*	1898	18	515
Warszawa	122	1908	31	860
Wrocław	84	1893	26	410
Kraków	83	1901	24	426
Poznań	64	1898	16	320
Gdańsk	50	1896	9	214
Szczecin	47	1897	12	211
Bydgoszcz	29*	1896	9	114
Toruń	22*	1899	4	55
Elbląg	15	1895	5	37
Grudziądz	10*	1899	2	19
Częstochowa	10	1959	1	54
Gorzów	12	1899	3	40

¹⁾ Sieć oprócz Katowic obejmuje także miasta: Będzin, Bytom, Chorzów, Czeladź, Dąbrowa, Gliwice, Mysłowice, Piekary, Ruda, Siemianowice, Sosnowiec, Świętochłowice, Wojkowice, Zabrze.

²⁾ Sieć oprócz Łodzi obejmuje także miasta: Konstantynów, Lutomiernik, Ozorków, Pabianice, Zgierz.

* Szerokość torów 1000 mm.

Źr. IGKM, 2003 r.

80% parku taborowego w Polsce stanowią tramwaje serii 105N. Konstrukcja tych tramwajów powstała w latach 1973–1974 w chorzowskim Konstalu (obecnie Alstom) i do chwili obecnej wyprodukowano ich 3395 w kilkunastu typach. Uruchomienie ich masowej produkcji umożliwiło całkowitą wymianę przestarzałego taboru serii N, konstrukcji lat powojennych, z polskich miast. Do końca lat 80. produkowano ich średnio po 200 szt. rocznie.

Pod względem parametrów technicznych tramwaje 105N należały w latach 70. do najnowocześniejszych w Europie. Biorąc pod uwagę, że prowadzona jest obecnie modernizacja najstarszych pojazdów, należy zakładać, że tramwaje tej generacji będą zasadniczym środkiem transportu w polskich miastach co najmniej jeszcze przez 20 lat. Modernizacja z zastosowaniem napędów impulsowych pozwala także na zmniejszenie kosztów utrzymania pojazdów i obniżenie ich energochłonności. Obecnie z układami rozruchu impulsowego jest eksploatowanych prawie 200 wagonów tej serii.

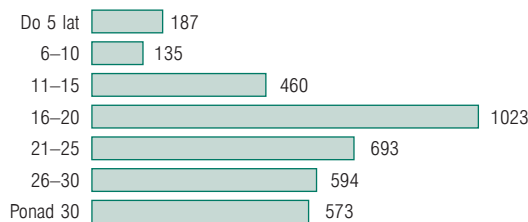
Drugą grupę pojazdów stanowią konstrukcje sprzed ponad 30 lat. Jest to obecnie ponad 570 wagonów produkcji krajowej i sprowadzonych z zagranicy, które zostały wycofane z miast niemieckich, holenderskich i austriackich. Ta niemała liczba pojazdów charakteryzuje się niskimi parametrami ruchowymi i rosnącymi kosztami eksploatacji.

Trzecia grupa to pojazdy niskopodłogowe. Jest ich obecnie 8 różnych typów w liczbie 118 szt. i pochodzą z produkcji Alstoma, Bombardiera, Siemens i czeskiej Tatry. Eksploatowane są one w Warszawie, Łodzi, Poznaniu i Krakowie.

Proces odnowy taboru tramwajowego polskich miast jest jeszcze niedostateczny, co wynika z dotychczasowych problemów polskich miast. Musi on jednak nastąpić w najbliższych latach i to w tempie do 100 pojazdów rocznie, aby zastąpić obecny starzejący się tabor.

Jeżeli przyjąć, że cena nowego pojazdu przegubowego zastępującego przynajmniej częściowo dwa wagony typu 105N wynosić będzie w granicach 1,5 do 2 mln euro, to w najbliższych 20 latach na wymianę taboru polskie miasta potrzebować będą około 3 mld euro oraz dodatkowo odpowiednie kwoty na modernizację taboru obecnego do czasu zastąpienia nowym. Nie są to jedyne wydatki przed jakimi stoją miasta polskie. Obecny stan torowisk też wymaga równie dużych inwestycji (do około 2 mln za 1 km toru).

Wygląda na to, że obecna sytuacja w Polsce jest analogiczna do tej z początku lat 70., gdy warunkiem przetrwania komunikacji tramwajowej w Polsce było rozpoczęcie na dużą skalę produkcji taniego tramwaju, którym został tramwaj typu 105N w różnych odmianach. Podobny problem istniał także we Francji w latach 70., gdy postawiono na rozwój komunikacji tramwajowej, a pojazdami które miały to pomóc zrealizować była seria TFS (tramwaj w Grenoble).



Rys. 6. Podział taboru tramwajowego w Polsce pod względem jego wieku (koniec 2003 r.)

Parametry techniczne wybranych typów pojazdów Polsce

Typ	105N/805N*	102N/803N	RT-6N1	116N	Citadis 100 NGd99	Citadis Katowice	NGT-6	Cityrunner	Combino
Producent	Konstal	Konstal	CKD - HCP Konstal	Alstom Konstal	Alstom Konstal	Alstom Transportation	Bombardier Transportation	Bombardier	Siemens
Data dostawy	1974–2000	1967–1974	1998–1999	1998–1999	2000	2000–2001	2000–2003	2001–2002	2003
Liczba na koniec 2003 r.	2974	160	10	29	4	17	26	15	15
Podłoga	wysoka	wysoka	częściowo niska	częściowo niska	częściowo niska	częściowo niska	częściowo niska	niska	niska
Długość [m]	13,5	19,3	26,3	24	26,6	24	26	29,5	29,5
Liczba miejsc siedzących	20	32	48	38	49	45	82	58	59
Całkowita liczba pasażerów	125	185	263	193	229	208	249	151	172
Masa [t]	17,0	25,0	32,8	24,0	30,0	28,0	31,6	34,2	34,0
Moc [kW]	4×40 or 4×46	4×41,5	4×102,5	4×75	4×120	4×120	4×125	4×100	4×100
Prędkość maksymalna [km/h]	70	60	80	80	80	80	70	70	70
Miasto	wszystkie	niektóre	Poznań	Warszawa	Gdańsk	Katowice	Kraków	Łódź	Poznań

Tablica 9



Fot. 6. Tramwaj typu NGd99 w Gdańsku

Fot. J. Goździewicz



Fot. 7. Tramwaj typu NGT-6 w Krakowie

Fot. J. Raczyński

Znacznie mniej pomyślnie rozwijało się w Polsce metro. Do chwili obecnej udało się zrealizować 17,5 km pierwszej linii w Warszawie, która będzie docelowo liczyć 23 km. Pierwsze plany budowy metra powstały w 1927 r. Przyjęty w 1938 r. projekt zakładał budowę sieci długości 38 km. Prace wznowiono po wojnie, następnie je zaniechano, aby dopiero w latach 80. rozpocząć budowę pierwszej linii. Pierwszy jej odcinek oddano do eksploatacji w 1995 r. Nie ma jednak decyzji o budowie dalszych linii, a planowano ich jeszcze dwie.

Obecnie jest eksploatowanych 60 wagonów serii 81 produkcji rosyjskiej (do otwarcia pierwszego odcinka) oraz 96 wagonów produkcji Alstom, dostarczonych po 2000 r.

Mniej szczęścia miały inne miasta. Koncepty budowy metra były opracowane dla Łodzi i Krakowa, ale w obu przypadkach nie wyszły poza fazę projektów wstępnych.



Fot. 8. Tramwaj type Cityrunner w Łodzi

Fot. J. Raczyński

Literatura

- [1] *Light Rail and Metro Systems in Europe. Current market, perspectives and research application.* ERRAC, 2002.
- [2] *European Union Energy & Transport in Figures 2004.* European Commission Directorate-General for Energy and Transport.
- [3] *European Union Energy & Transport in Figures 2003.* European Commission Directorate-General for Energy and Transport.
- [4] Wojcieszak J.: *Dzieje komunikacji tramwajowej na świecie.* Technika Transportu Szynowego 1/1996.
- [5] Raczyński J.: *Powrót tramwajów do Paryża.* Technika Transportu Szynowego 11-12/2001.
- [6] *Tramwaje w Bordeaux zasilane z trzeciej szyny.* Technika Transportu Szynowego 4/2004.
- [7] *Pierwszy dwusystemowy tramwaj dla Kassel.* Technika Transportu Szynowego 3/2005.
- [8] Harassek. A.: *Dwusystemowy tramwaj w Nordhausen.* Technika Transportu Szynowego 6/2004.
- [9] Czyczyła W.: *Konceptcja zintegrowanego systemu transportu szynowego dla Krakowa.* Technika Transportu Szynowego 9/1999.
- [10] Wesołowski J., Raczyński J.: *Możliwości i warunki utworzenia łódzkiej kolei aglomeracyjnej.* Materiały konferencyjne II Forum Transportu Publicznego, Łódź 2004.
- [11] Raczyński J.: *Metro na świecie.* Technika Transportu Szynowego 10/1995.



Fot. 9. Z unikalnej w skali europejskiej sieci podmiejskich tramwajów łódzkich pozostało tylko kilka linii; na fotografii tramwaj typu 803N linii 46 – jednej z najdłuższych w Europie (34 km), która czeka na decyzje o modernizacji

Fot. J. Raczyński

- [12] Wojcieszak J.: *Komunikacja tramwajowa w Polsce.* Technika Transportu Szynowego 9/2003.
- [13] Kelles-Krauz M., Kwiecień K.: *Projekt tramwaju jako elementu systemu przewozów pasażerskich w aglomeracji Radomskiej.* Technika Transportu Szynowego 3/2003
- [14] *Projekt. Strategia Rozwoju Transportu na lata 2007–2013.* Ministerstwo Infrastruktury, grudzień 2004. www.mi.gov.pl