

Funkcjonalne kształtowanie pętli tramwajowych w dużych aglomeracjach miejskich¹

KRZYSZTOF GRADKOWSKI

dr inż., Zakład Inżynierii Komunikacyjnej, Instytut Dróg i Mostów, Wydział Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej, al. Armii Ludowej 16, 00-637 Warszawa 00-721 Warszawa, tel.: 601 306 899, e-mail: k.gradkowski@il.pw.edu.pl

Streszczenie. Rozwój komunikacji tramwajowej w wielu miastach Polski i związana z tym rozbudowa układów torów tramwajowych wymaga wymiany doświadczeń i informacji w tym zakresie. W artykule omówiono podstawowe zasady kształtowania pętli tramwajowych w dużych miastach obejmujące kryteria funkcjonalności i optymalnych kosztów budowy. Przykład układu podstawowego pętli tramwajowej o minimalistycznym wyposażeniu i najprostszej geometrii torów służy do wskazania ważnych kryteriów optymalizacji kosztów budowy o rozbudowanej strukturze. Przedstawiono kilka przykładów węzłów przesiadkowych projektowanych i zrealizowanych w dużych polskich miastach. Przykłady obejmują rozwiązania pętli tramwajowych w połączeniu z punktami przesiadkowymi komunikacji autobusowej. Porównawcze przedstawienie sposobów tworzenia obiektów węzłów przesiadkowych pozwoli na wykorzystanie skuteczniejszych kryteriów i form ukształtowania pętli tramwajowo-autobusowych z uwzględnieniem realnych warunków lokalizacyjnych.

Słowa kluczowe: tramwaj, autobus, pętla tramwajowa, przesiadka

Wprowadzenie

Trend wzrostu przewozu pasażerów w aglomeracjach miejskich ma swoje uzasadnienie demograficzno-społeczne i ekonomiczno-finansowe. Rozwój komunikacji tramwajowej jest wynikiem wciąż rosnących cen paliw i odpowiedniej (zrównoważonej) polityki transportowej miast. Powstają nowe rozwiązania organizacyjne i techniczne, nowe systemy sterowania ruchem i nowe systemy integrowania opłat za przejazdy, które sprzyjają rozwojowi sieci linii tramwajowych. Dostęp, zasięg tras i użyteczność jakościowa różnych środków lokomocji komunikacji miejskiej w danym obszarze aglomeracji powoduje konieczność łączenia środków transportu pasażerskiego dla odbycia podróży docelowej. Do podstawowych środków lokomocji komunikacji miejskiej w warunkach krajowych zalicza się tramwaj, autobus, metro i coraz częściej, jako uzupełniający środek, rower. Konieczność tzw. przesiadek (ang. *interchange*) dokonuje się w ramach punktów połączeń tras różnych środków lokomocji. Trasy tramwajowe dużych miast, jednego z podstawowych środków komunikacji miejskiej, wymagają optymalnych tras torów tramwajowych, w tym i punktów zawracania tzw. pętli tras torowych. Podstawowe kryteria ich budowy i kształtowania tego typu projektów technicznych polegają na spełnieniu dwóch warunków funkcjonalności, tj.:

- właściwej funkcji technicznej – możliwości sprawnego poruszania się i zmian kierunku jednostek tramwajowych i autobusowych,
- handlowej użyteczności funkcjonalnej – dogodności dla pasażerów i skrócenia łącznego czasu podróży.

Podobnie jak wiele innych urządzeń wyposażenia inżynierskiego tras komunikacyjnych kształtowanie i budowa pętli tramwajowych polega również na przyjęciu pewnych kryteriów optymalizacji kosztów. Praktyka i dotychczasowe doświadczenia z realizacji pętli tramwajowych w dużych aglomeracjach miejskich wykazały, że podstawowym składnikiem tworzącym koszty budowy jest budowa układu torowego (wraz z rozjazdami). Ogólny koszt realizacji danej pętli torów tramwajowych wynika z jednoczesnego zachowania budowy urządzeń w zakresie wyżej wymienionych warunków funkcjonalności. Największym kosztem realizacji pętli tramwajowej jest koszt budowy torów tramwajowych. Ten zaś jest proporcjonalny w głównej mierze do wymaganej i założonej łącznej ich długości, zależnej od wymagań technicznych i funkcjonalnych budowy danej pętli. Koszty budowy koniecznych i stałych elementów wyposażenia, czyli perony, wiaty i przejścia torowe są zawsze niższe od całkowitych kosztów budowy samego układu torowego, a ponadto mogą wynikać z różnych, często minimalnych standardów architektonicznych i z różnych systemach finansowania, np. według zasad partnerstwa publiczno-prywatnego (program PPP) powiązanego z prywatnymi placówkami handlowymi i usługowymi. Można zatem przyjąć, że w pewnym uproszczeniu analiza struktury ogólnych kosztów podstawowych, ponoszonych przez gestora sieci tramwajowej w danym ośrodku miejskim, składa się ze stałych kosztów wyposażenia technicznego obszaru pętli oraz z relatywnie zmiennych kosztów zależnych w głównej mierze od łącznej długości torów tramwajowych w obrębie pętli, według formuły (1).

$$K_o = K_{UST} + K_{LB} \quad (1)$$

gdzie:

- K_o – ogólny koszt wybudowania pętli;
- K_{UST} – koszt budowy urządzeń stałych wyposażenia pętli: perony, wiaty, przejścia i przejazdy przez tory;
- K_{LB} – koszt budowy łącznej długości torów tramwajowych (wraz z rozjazdami).

Wymagania co do podstawowej funkcjonalności pętli, przy jednoczesnym zachowaniu wymagań technicznych, mogą stanowić kryterium minimum kosztów realizacji zawartego w minimalnie wymaganej łącznej długości torów w obszarze danej pętli tramwajowej. Stąd też wynika związek $K_{LB} = f(L)$, gdzie L stanowi łączną długość torów tramwajowych w obrębie pętli. Układ geometryczny pętli w pod-

¹ © Transport Miejski i Regionalny, 2014.

stawowym kształcie musi być zaprojektowany zgodnie z zasadami przedstawionymi w [1] i [6]. Wówczas najmniejszą wymaganą długość torów pętli podstawowego modelu linii jednotorowej $L_{wym. min}$ można wyznaczyć ze wzoru (2)

$$L_{wym. min} = 2 \cdot l_{min} + \pi R_{min} \alpha / 180 \quad (2)$$

gdzie:

l_{min} – minimalna długość peronów tramwajowych (na przykład 45 m, 60 m, 66 m itp. w zależności od danego ośrodka miejskiego),

R_{min} – minimalny promień łuku toru tramwajowego dla danego typu jednostek tramwajowych (np. 25 m);

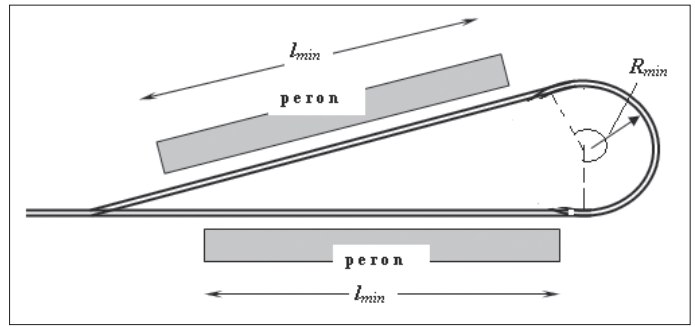
α – kąt środkowy łuku kołowego.

W celu pełnej ekspozycji i zobrazowania podanych wyżej zasad można podać elementarny przykład struktury geometrii torów pętli jednotorowej linii tramwajowej w minimalistycznym układzie torów podstawowych wraz z oznaczeniami, który zobrazowano na rysunku 1. Jest to przykład pętli, która może być zbudowana na krańcu linii tramwajowej w strefie peryferyjnej danego miasta. Często wyposażenie takich pętli jest bardzo skromne i ogranicza się do wybudowania peronu typu chodnikowego, położonego częściowo w łuku. Wybrany przykład w żadnym stopniu nie pretenduje do roli obowiązującego rozwiązania typowego, służy bowiem jedynie do zobrazowania pewnych podstawowych zasad i zależności.

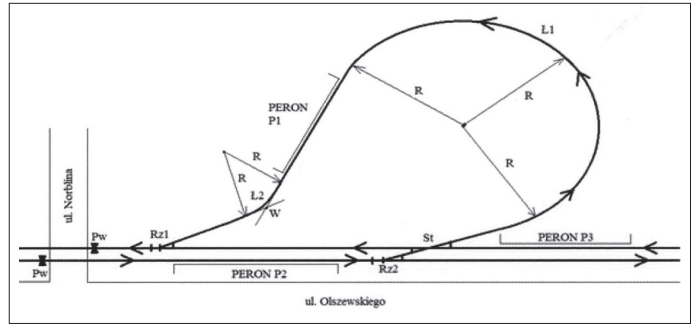
Ten sam przykład podstawowego kształtu pętli tramwajowej, odpowiada dwutorowej linii tramwajowej. Występujące różnice są naturalną konsekwencją dwukierunkowości linii. Pętla linii dwutorowej w układzie podstawowym będzie „tańsza” o jeden rozjazd od linii jednotorowej „droższa” zaś o długość drugiego toru. Należy dodać, że w rzeczywistości pętle w tramwajowym układzie podstawowym przedstawionym na rysunku 1 występują bardzo rzadko i mogą być traktowane tylko jako wstępny model do optymalizacji porównawczej analizy kosztów budowy proponowanych pętli tramwajowych w fazie projektowania. Efekt porównania potencjalnych kosztów budowy wynikających głównie z niezbędnej długości torów w zestawieniu z rzeczywistą koncepcją planu mogą dawać wynik zadowalający, tak jak to miało miejsce w przypadku projektu budowy pętli w rejonie ulic Olszewskiego i Norblina we Wrocławiu [3], (rys. 2).

Podobna analiza porównawcza została przeprowadzona dla pętli dwutorowej, z jednym torem postojowo-mijankowym w rejonie ulicy Bartoszewickiej we Wrocławiu (rys. 3). W tym przypadku rozwiązanie to pozwoliło na zachowanie tej samej liczby rozjazdów, które na ogół w radykalny sposób zwiększają koszt budowy pętli. Przesunięcie peronów poza strefę łuków torów 1 i 2 pętli istotnie zmniejsza łączną długość torów zabudowy całej pętli.

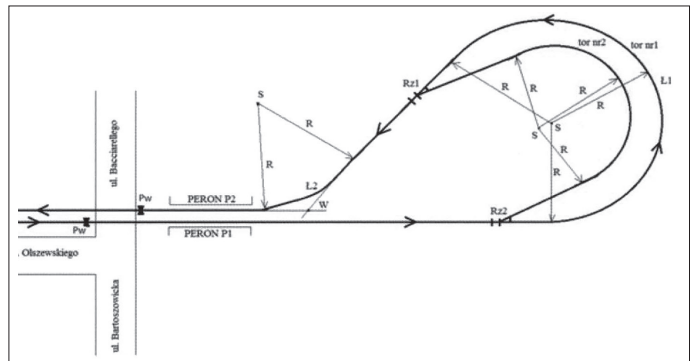
Ogólny sposób podejścia do planowania pętli ma jednak zastosowanie również w przypadku wielotorowego układu pętli tramwajowych. Lokalne warunki kształtowania tego



Rys. 1. Schemat pętli torów tramwajowych o najmniejszej wymaganej długości



Rys. 2. Koncepcja pętli jednotorowej we Wrocławiu wg [3]



Rys. 3. Wariant pętli dwutorowej we Wrocławiu wg [3]

rodzaju urządzeń linii tramwajowych, w tym również połączeń łączonych *interchange*, dyktują dodatkowe warunki przystosowania rozwiązania układu torowego do tego celu i wpływają na nieco odmienny sposób analizy ogólnych kosztów budowy pętli typu T/A (tramwaj-autobus). Wówczas jednak należy wziąć również pod uwagę rozdział ogólnych kosztów budowy pętli pomiędzy różnych inwestorów.

Współczesne pętle przesiadkowe

Interlokumocyjne sposoby podróży w mieście powodują konieczność budowy węzłów przesiadkowych jako punktów integracji techniczno-funkcjonalnej przystanków autobusowych i tramwajowych. Projektuje i buduje się zatem pętle połączone tramwajowo-autobusowe, łącznie z punktami depozytów i postojów rowerów (system „Bike&Ride”) oraz parkingami przesiadkowymi dla samochodów prywatnych „Parkuj i Jedź” (system „Park&Ride”). Współczesne możliwości techniczne budowy jezdnych torowisk tramwajowo-autobusowych, otwierają też nowe możliwości budowy wspólnych pętli

zawracania i zmiany środka transportu miejskiego przez pasażerów. W niektórych przypadkach pętle tramwajowo-autobusowe (węzły przesiadkowe) mają kształt tzw. pętli odwróconych. Tramwaje zawracają na nich zgodnie z kierunkiem ruchu wskazówek zegara, czyli odwrotnie niż ma to miejsce w przypadku tradycyjnych pętli tramwajowych (na których tramwaje zawracają w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara). Dominują wówczas kryteria funkcjonalności. Rozwiązania te mają wiele zalet, które można wymienić jako:

- przesiadki „drzwi w drzwi” z jednego peronu przystankowego, co stanowi ułatwienie dla podróżnych z ograniczonymi możliwościami poruszania się – w szczególności dla osób niepełnosprawnych, starszych, osób z małymi dziećmi i bagażami;
- poprawa bezpieczeństwa pasażerów poprzez minimalizację liczby punktów kolizji z ruchem pojazdów (np. autobusów, tramwajów) na pętli (pasażer w celu przesiadki autobus – tramwaj lub tramwaj – autobus nie musi zmieniać peronu przystankowego);
- poprawa atrakcyjności węzła przesiadkowego poprzez zagwarantowanie pasażerom minimalnej straty czasu na zmianę środka lokomocji oraz ograniczenie niedogodności w sytuacji niekorzystnych warunków atmosferycznych (np. opady deszczu i śniegu, mróz), na oddziaływanie których pasażerowie są narażeni, podczas przesiadki, dzięki zastosowaniu wspólnych peronów tramwajowo-autobusowych;
- zrównoważenie zużycia kół „atakujących” w wózkach taboru tramwajowego – co oczywiście wymaga, aby część pętli na sieci była lewoskrętna (przeciwna do ruchu wskazówek zegara), a część prawoskrętna (zgodna z ruchem wskazówek zegara);
- ograniczenie zajętości miejsca dla rozwiązania wspólnej pętli tramwajowo-autobusowej w stosunku do rozwiązania dwóch oddzielnych pętli – autobusowej i tramwajowej.

W podobny sposób można scharakteryzować ujemne strony takich rozwiązań, wymieniając:

- rozkłady przyjazdów i odjazdów autobusów i tramwajów na poszczególne perony muszą być ze sobą właściwie skoordynowane (jest to trudne ze względu na opóźnienia autobusów poruszających się w mieście w godzinach szczytu) – w przeciwnym wypadku może dochodzić np. do sytuacji odjazdu z peronu prawie pustego tramwaju na chwilę przed dojazdem do peronu autobusu;
- ruch autobusów i tramwajów odbywa się w przeciwnych kierunkach względem peronu przystankowego, na którym oczekuje pasażer, a wsiadanie i wysiadanie odbywa się z różnych krawędzi peronu, co może powodować dezorientację i wymaga dużego skupienia ze strony pasażera;
- dodatkowy punkt kolizji w układzie torowym pomiędzy tramwajami wjeżdżającymi na pętle i ją opuszczającymi.

Zestawienie zalet i wad znajduje potwierdzenie w przykładach projektowanych lub zrealizowanych pętli torów tramwajowych w ramach węzłów przesiadkowych w kilku dużych miastach kraju. Stanowi też materiał poglądowy do analiz przy programowaniu funkcji i wyposażenia budowanych w przyszłości węzłów przesiadkowych.

Przykłady rozwiązań pętli tramwajowo-autobusowych w dużych miastach

Klasycznym przykładem dwufunkcyjnej pętli tramwajowej i jednocześnie węzła przesiadkowego jest planowana pętla „Goćław”, gdzie punktem początkowym planowanej trasy tramwajowej jest pętla tramwajowo-autobusowa Goćław [2], (rys. 4). Przewiduje się przebudowę istniejącej pętli autobusowej z wykorzystaniem fragmentu terenu zajmowanego obecnie przez parking. Pętla autobusowa zostanie zlokalizowana wewnątrz pętli tramwajowej tzw. odwróconej.

Ruch autobusów i tramwajów odbywać się będzie w układzie przeciwpądowym pozwalającym na realizację wspólnych peronów tramwajowo-autobusowych gwarantujących przesiadki „drzwi w drzwi”. Na projektowanej pętli można wyróżnić dwie strefy przesiadek: – strefa przesiadek *tramwaj* → *autobus* zlokalizowana po południowej stronie pętli. Znajduje się tam wspólny peron dwukrawędziowy tramwajowo-autobusowy ($A+T$) o długości 45 metrów, pełniący funkcję przystanku dla wysiadających z tramwajów oraz zbiorczego przystanku autobusowego. Wymiary tego peronu pozwalają na jednoczesne przyjęcie jednego pociągu 3-wagonowego oraz dwóch autobusów przegubowych, a strefa przesiadek *autobus* → *tramwaj* zlokalizowana jest po północnej stronie pętli. Znajdują się tam dwa wspólne perony dwukrawędziowe tramwajowo-autobusowe ($A+T$) o długości 45 metrów i 66 metrów, pełniące funkcje przystanku dla wsiadających do tramwajów oraz dla wysiadających z autobusów. Wymiary peronów pozwalają na jednoczesną obsługę: jednego pociągu 3-wagonowego i dwóch autobusów przegubowych (peron wewnętrzny) oraz dwóch pociągów 2-wagonowych i trzech autobusów przegubowych (peron zewnętrzny).

Projektowana długość peronów wynika z ograniczeń terenowych, technicznej adaptacji istniejącej pętli autobusowej, wymagań Tramwajów Warszawskich oraz Zarządu Transportu Miejskiego. Obecnie dąży się do realizacji peronów tramwajowych o długości 66 metrów, przy czym dopuszczalna jest długość 45 metrów (w trudnych warunkach), która pozwala na obsłużenie pociągu 3-wagonowego.

W celu zapewnienia bezpieczeństwa użytkownika, wysokiego standardu obsługi podróżnych oraz podniesienia jakości przestrzeni miejskiej przyjęto następujące rozwiązania w zakresie standardu i wyposażenia peronów przystankowych [2]:

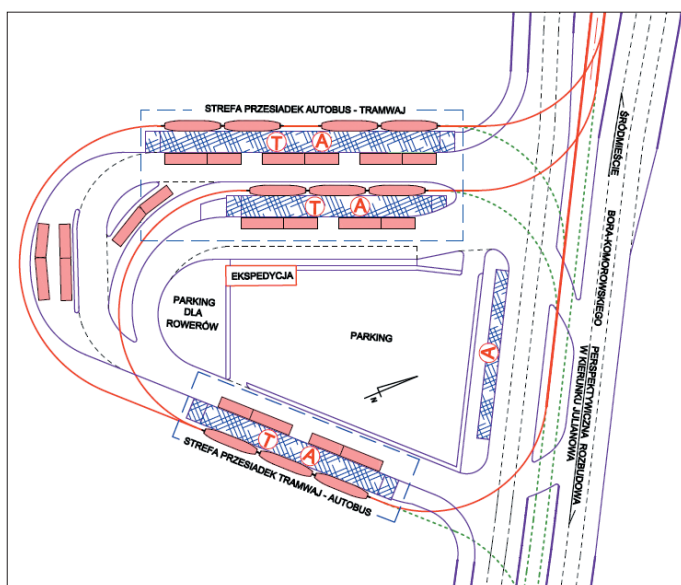
- szerokość użyteczna peronów przystankowych nie mniejsza niż 3 metry, a szerokość całkowita dwukrawędziowych peronów autobusowo-tramwajowych nie mniejsza niż 5 metrów;

- długość użyteczna peronów przystankowych – zasadniczo 66 metrów (dla przyjęcia dwóch pociągów wielozłonowych o docelowej długości 32 metry), w trudnych warunkach 45 metrów (dla przyjęcia jednego pociągu 3-wagonowego);
- wysokość krawędzi peronowej 0,22 metra ponad poziom główki szyny (PGS), odległość krawędzi peronowej od osi toru 1,25 metra;
- na końcach peronów rampy o pochyleniach nie większych niż 6%;
- oznakowanie dla osób słabowidzących i niewidomych w postaci wyznaczenia krawędzi peronowej pasami w kolorze żółtym i czarnym oraz ułożenia wzdłuż krawędzi jednego rzędu płyt groszkowych;
- zastosowanie wiat o jednolitej formie architektonicznej,
- na przystankach o dużej wymianie podróżnych zadanie przystanku powinno obejmować całą długość i szerokość peronu z zapewnieniem do 20 miejsc siedzących,
- zastosowanie na wszystkich przystankach przyległych do jezdni tzw. „błotochronów”,
- wyposażenie wszystkich przystanków w urządzenia do informacji wizualnej i głosowej w ramach systemu informacji pasażerskiej.

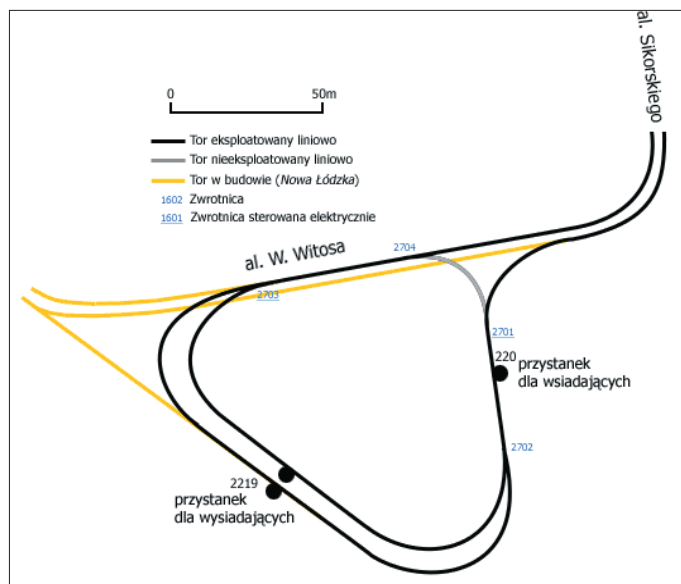
„Chelm Witosa” jest nowoczesną pętlą autobusowo-tramwajową (rys. 5 i 6) zlokalizowaną w dzielnicy Chelm i Gdańsk Południe, przy skrzyżowaniu alei Sikorskiego i Witosa w Gdańsku.

Wybudowana została w latach 2006–2007 w ramach II etapu Gdańskiego Projektu Komunikacji Miejskiej wraz z trasą ze Śródmieścia, której funkcjonowanie zainaugurowano w grudniu 2007 roku. Jest to pierwsza pętla wybudowana głównie z myślą o przesiadkach między tramwajem i autobusem. Funkcjonuje tu system „drzwi w drzwi” – pasażer, aby się przesiąść musi pokonać zaledwie kilka metrów. Przy dwóch torach postojowych mieszczą się dwa przystanki dla wysiadających (wewnętrzny nie spełnia zasady „drzwi w drzwi”). Przesiadki z autobusu do tramwaju realizowane są przy jednym, dwukrawędziowym peronie. Istnieje dodatkowo tor umożliwiający pełne okrążenie pętli. Na przystankach zainstalowano ekrany LCD Systemu Informacji Pasażerskiej wyświetlające rozkłady jazdy autobusów i tramwajów. Na pętli zlokalizowany jest budynek zaplecza socjalnego dla kierowców i motorniczych (dyspozytornia) oraz Punkt Obsługi Klienta ZTM.

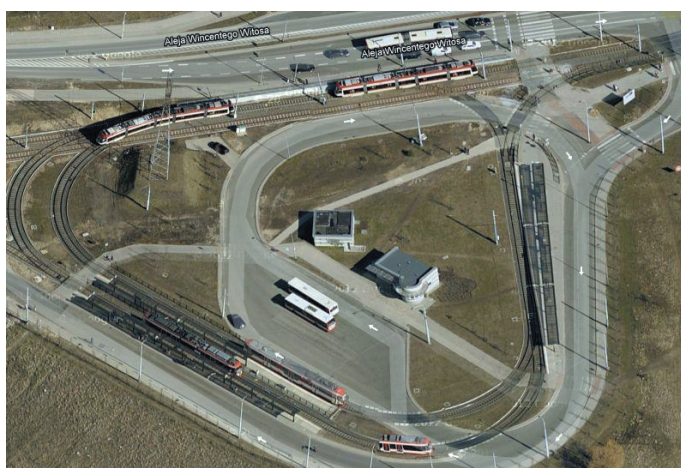
Trzeci etap Gdańskiego Projektu Komunikacji Miejskiej obejmował budowę przedłużenia linii tramwajowej od pętli „Chelm Witosa” przez ulice Witosa i Havla do pętli „Łostowce Świętokrzyska”. Na końcu nowej trasy, w maju 2012 r., został otwarty nowy tramwajowo-autobusowy węzeł przesiadkowy wraz z miejscami parkingowymi dla samochodów i rowerów oraz budynkiem socjalnym (rys. 7). Na pętli odwróconej funkcjonują systemy przesiadkowe: „drzwi w drzwi” (ang. „Door-to-Door”), „Park&Ride” oraz „Bike&Ride”. Dla kierowców



Rys. 4. Schemat pętli tramwajowo-autobusowej „Goćlaw” wg [2]



Rys. 5. Schemat pętli tramwajowo-autobusowej „Chelm Witosa” wg [4]

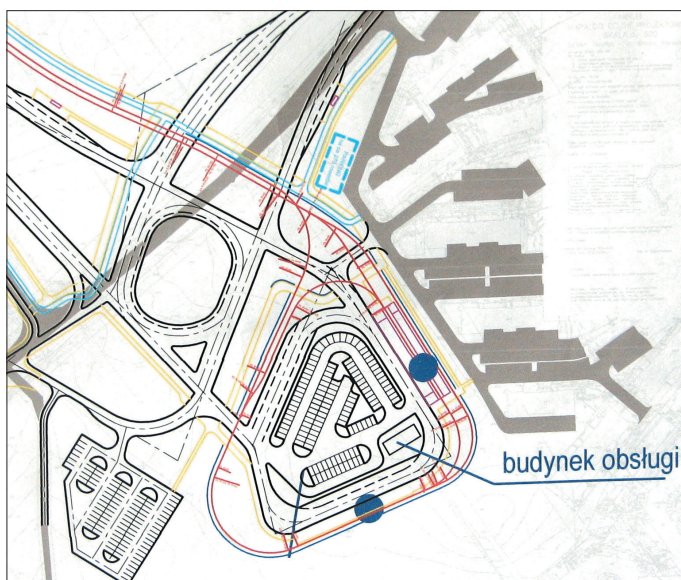


Rys.6. Pętla tramwajowo-autobusowa „Chelm Witosa” wg [4]

samochodów osobowych przygotowano 150 miejsc postojowych na parkingu, a dla rowerzystów 200. Pętla posiada też pewne wady, np. utrudnienia dojść wynikające z położenia topograficznego i sytuacji własności okolicznych działek. Ponadto na pętli zainstalowano ekrany Systemu Informacji Pasażerskiej, niestety w formie monitorów LCD, na których trudno cokolwiek odczytać w słoneczny dzień. Zabrakło także chodnika w linii prostej pomiędzy bocznym parkingiem samochodowym a pętlą.

Odwrócona pętla tramwajowo-autobusowa „Mały Płaszów” (rys. 8) znajduje się w Krakowie w dzielnicy Podgórze. Jest to pierwsza krakowska pętla tramwajowo-autobusowa z przesiadkami „drzwi w drzwi” (rys. 9). W godzinach rannych pasażerowie z dowozowych linii autobusowych wysiadają na wprost drzwi czekającego na nich tramwaju, natomiast po południu, po wyjściu z tramwaju mają zaledwie kilka metrów do czekających na pętli autobusów. Jest to znaczna zmiana dla pasażerów, bo na niektórych krakowskich pętlach (np. w Borku Fałęckim), by się przesiąść, trzeba przejść kilkaset metrów. Pętla tramwajowo-autobusowa „Mały Płaszów” jest wyposażona w elektroniczny System Informacji Pasażerskiej, a także w automat biletowy Krakowskiej Karty Miejskiej. Nowoczesność tego węzła przesiadkowego jest jednak ograniczona. Brakującym elementem jest parking dla rowerów w systemie „Bike&Ride”. Na środku pętli jest dużo wolnej przestrzeni i można by ją było zagospodarować na parking dla rowerów – miejsca wystarczyłoby na 100–200 stojaków. Parking „Bike&Ride” zwiększyłby możliwość skorzystania z tramwaju dla okolicznych mieszkańców. Likwidacja niektórych przystanków MPK spowodowała znaczne wydłużenie drogi dojścia do przystanków nowej linii tramwajowej, sprawiając, że tramwaj w Płaszowie stał się mało dostępny dla okolicznych mieszkańców. System „Bike&Ride” mógłby pełnić ważną rolę w systemie komunikacji zbiorowej.

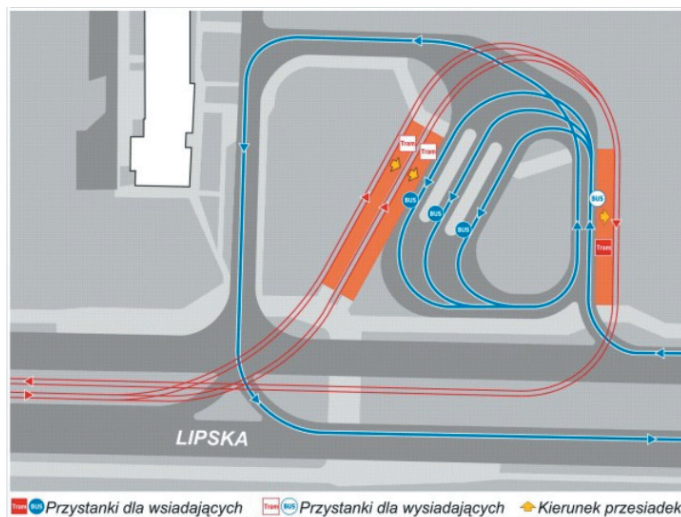
Budowa pętli tramwajowo-autobusowej „Czerwone Maki” (rys. 10) jest elementem większej inwestycji – budowy linii tramwajowej biegnącej w okolicy III Kampusu Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie. Nowa linia tramwajowa o długości blisko czterech kilometrów połączyła ulice Brożka i Kapelanka z ulicą Czerwone Maki w południowo-zachodniej części Krakowa na osiedlu Ruczaj. Znajdują się tam duże osiedla mieszkaniowe, siedziby wielu firm (głównie z branży IT) działających w krakowskiej Specjalnej Strefie Ekonomicznej, a także III Kampus Uniwersytetu Jagiellońskiego. Osiedle Ruczaj przed uruchomieniem nowej linii było jednym z najgorzej skomunikowanych obszarów Krakowa. Zapewnienie pasażerom czterech linii tramwajowych, wspartych autobusami znacząco poprawiło komunikację dla mieszkańców osiedli, studentów wszystkich uczelni mieszczących się na pobliskim kampusie, ale także dla przedstawicieli wielu firm, które tu ulokowały swoje siedziby. „Czerwone Maki” jest to pętla tramwajowa lewoskrętna (klasyczna, nie jest to pętla odwrócona – rys. 11) i posiada tylko jeden wspólny przystanek tramwajowo-autobusowy. Pasażerowie z dowozowych



Rys. 7. Schemat pętli tramwajowo-autobusowej „Łostowice Świętokrzyska” wg [4]



Rys. 8. Pętla tramwajowo-autobusowa „Mały Płaszów” – wizualizacja wg [5]



Rys. 9. Schemat pętli tramwajowo-autobusowej „Mały Płaszów” wg [5]

linii autobusowych mają możliwość przesiadki w systemie „drzwi w drzwi” bezpośrednio do czekających na nich tramwajów. Przy pętli tramwajowo-autobusowej powstał pierwszy w Krakowie parking typu „Parkuj i Jedź” dysponujący niemal 200 miejscami dla samochodów. Mieszkańcy podkrakowskich miejscowości i przedmieść Krakowa, którzy pozostawiają w drodze do pracy lub szkoły swój samochód i przesiadają się do tramwaju lub autobusu, mogą korzystać bezpłatnie z tego parkingu.

Podsumowanie

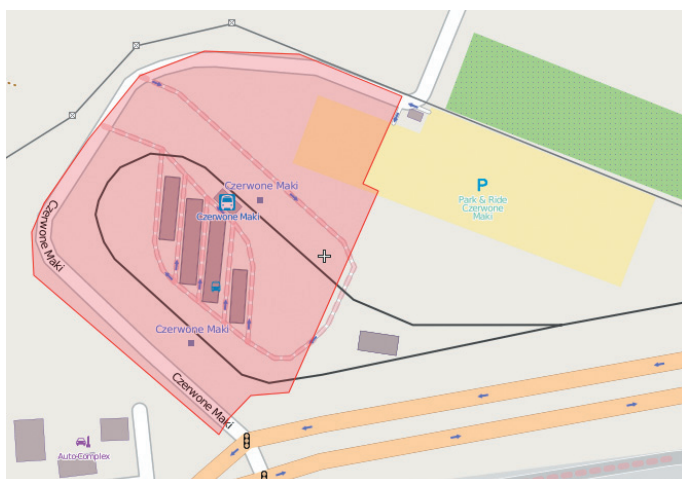
Przedstawiony materiał ma w znacznej mierze charakter poznawczy. Pozwala on na wykorzystanie niektórych schematów funkcjonalnych w przyszłym projektowaniu analogicznych rozwiązań układów pętli tramwajowych w innych polskich miastach. Jest rzeczą zrozumiałą, że w projektowaniu poszczególnych rozwiązań technicznych wyposażenia linii tramwajowych, jak i innych środków komunikacji miejskiej, priorytet mają przystosowania funkcjonalne. Kryteria minimum kosztów z reguły ustępują projektowym i wykonawczym kryteriom funkcjonalnym relatywnej wygody podróżnych. Dobrze funkcjonowanie pętli to przede wszystkim odpowiednia przestrzeń publiczna wyposażona we właściwą długość torów i odpowiednią liczbę rozjazdów. Zaprojektowanie pętli tramwajowej w układzie podstawowym, przy najmniejszych kosztach budowy, jest rozwiązaniem z zasady teoretycznym i możliwym do realizacji tylko w pewnych szczególnych warunkach zewnętrznych otoczenia ekonomicznego. Podstawowy układ prostej pętli torów tramwajowych nie wyczerpuje jednak wszystkich możliwych wariantów ukształtowania pętli tramwajowych, które w dużym stopniu uzależnione są od lokalnych warunków sytuacyjnych.

W świetle zebranych informacji należy rekomendować porównanie kilku wariantów poprawnie rozwiązanych funkcjonalnie pętli tramwajowych pod względem całkowitych kosztów wynikających z form zabudowy układu torowego i jego całkowitej długości. Każdemu wielowariantowemu rozwiązaniu układu pętli tramwajowych powinna towarzyszyć porównawcza analiza kosztów realizacji poszczególnych rozwiązań. Omawiane na wstępie podstawowe układy geometryczne pętli torów tramwajowych i ich łącznej długości są tylko jednym ze wskaźników kosztów realizacji budowy, pomimo że głównym, to jednak nie jedynym. W poszczególnych ośrodkach miejskich występują też różne i szczegółowe wymagania co do długości peronów, wysokości i minimalnych promieni łuków wynikające z właściwości taboru przewozowego, którym dysponują. Zawarte w opisach niektóre wskazania ujemnych stron w funkcjonowaniu poszczególnych rozwiązań pętli przesiadkowych pozwalają na ich uniknięcie w przyszłych rozwiązaniach projektowych.

Istotne znaczenie dla ekonomiki przedsięwzięć budowy pętli tramwajowych mają warunki pozyskania potrzebnej powierzchni działek gruntowych. Wolnorynkowy zakup potrzebnej powierzchni działki gruntowej może doprowadzić do radykalnego zwiększenia kosztu całej inwestycji,



Rys.10. Pętla tramwajowo-autobusowa „Czerwone Maki” – wizualizacja wg [5]



Rys. 11. Schemat pętli tramwajowo-autobusowej „Czerwone Maki” wg [5]

a także ograniczeń funkcjonalnych w tym i łącznej długości torów. Innym zagadnieniem przy budowie pętli typu T/A są koszty budowy jezdni i placów manewrowo-postojowych przeznaczonych wyłącznie dla pojazdów samochodowych oraz zakres partycypacji w tych kosztach przez innych niż zarządy tramwajowe inwestorów. Oczywistym jest też, że te same jezdnie samochodowe i ciągi piesze mogą być realizowane w różnych standardach jakości technicznej i kosztach budowy. Nie umniejsza to jednak słuszności sposobu podejścia do optymalizacji kosztów zawartych w niniejszym artykule.

Literatura

1. Oleksiewicz W., Żurawski S., *Projektowanie linii tramwajowych*, ZiK, IDiM PW. www.pdfactory.com
2. *Studium funkcjonalno-ruchowe obsługi komunikacją tramwajową osiedla Goław w Warszawie. Część 1. – Opisowa*. FaberMaunsell, AECOM, Warszawa 2008.
3. Surowiecki A., Kozłowski W., *Koncepcja rozbudowy trasy tramwajowej we Wrocławiu Biskupnie*, „Przegląd Komunikacyjny”, 2011, nr 9–10.
4. *Tramwaje w Gdańsku*, www.twg.xt.pl, www.tramwajemdalej.pstm.org.pl – dost. 04.2013.
5. *Komunikacja Miejska w Krakowie*, www.kmk.krakow.pl, zikit.krakow.pl – dost. 05.2013.
6. Żurawski S., *Projektowanie połączeń torów tramwajowych*, ZiK, IDiM PW. www.pdfactory.com