

Jacek Makuch
Politechnika Wrocławska
Instytut Inżynierii Lądowej

PAT - wspólne pasy i przystanki autobusowo-tramwajowe w Warszawie

Streszczenie

W artykule przedstawiono ideę rozwiązania w postaci pasów autobusowo-tramwajowych. Przytoczono argumenty przemawiające za i przeciw ich stosowaniu. Określono podstawowe problemy techniczne i organizacyjne towarzyszące wprowadzaniu pasów. Zaprezentowano pierwsze uwagi i wnioski z 10-letniego okresu funkcjonowania pasów w miastach polskich. Przeprowadzono analizę możliwości zastosowania pasów autobusowo-tramwajowych w Warszawie. Zaproponowano nowy, pełniejszy i bardziej uniwersalny model kształtowania infrastruktury ulicznych środków transportu zbiorowego obejmujący tramwaje, autobusy i trolejbusy.

1. Wstęp - przedstawienie idei PAT

Jednym ze sposobów podnoszenia atrakcyjności komunikacji zbiorowej jest stosowanie zabudowanych torowisk tramwajowych przystosowanych do ruchu autobusów miejskich nazywanych pasami autobusowo-tramwajowymi (w skrócie PAT) [1] albo torowiskami tramwajowo-autobusowymi (w skrócie TTA) [2]. Idea rozwiązania sprowadza się do tego, że zarówno tramwaje jak i autobusy korzystają z tej samej przestrzeni w przekroju poprzecznym ulicy, jak również zatrzymują się przy tych samych przystankach w celu dokonania wymiany pasażerów (rys.1).



Rys.1 PAT we Wrocławiu na ul. Grabiszyńskiej

2. Modele rozwiązań ze względu na zakres zastosowania PAT

Pasy autobusowo-tramwajowe organizuje się najczęściej w następujących dwóch głównych celach:

- dla ułatwienia przesiadek pomiędzy autobusami i tramwajami,
- dla ominięcia przez autobusy zakorkowanych zwykle w szczycie fragmentów ulic.

W zależności od celu (lub ich połączenia), zaprojektowane PAT mogą obejmować:

- tylko przystanki,
- tylko odcinki międzyprzystankowe,
- przystanki wraz z odcinkami pomiędzy nimi.

Ze względu na zakres zastosowania, PAT może mieć charakter rozwiązania:

- punktowego (pojedyncze odcinki ulic),
- obszarowego (rejon miasta ulegające zakorkowaniu w okresach szczytów),
- systemowego (cała sieć tramwajowa).

3. Argumenty przemawiające za stosowaniem PAT

3.1. Pokrywanie się tras autobusowych z tramwajowymi

Można zarzucić, że rozwiązania w postaci PAT nie są w ogóle potrzebne, gdyż sieć komunikacji zbiorowej należy tak kształtować, aby linie autobusowe w ogóle nie pokrywały się z tramwajowymi. Niestety praktyka pokazuje, że niewielu miastom udaje się taką zasadę utrzymać. Dzieje się tak dlatego, ponieważ rozwój komunikacji tramwajowej zwykle nie nadąża za rozwojem miasta. Tak było 30 lat temu, kiedy to budowano nowe duże osiedla mieszkaniowe oddalone od centrów miast, tak jest obecnie - w przypadku powstawania nowych dużych centrów handlowo-usługowo-rozrywkowych. Inną przyczyną wprowadzania komunikacji autobusowej na ulice z trasami tramwajowymi jest łączenie linii autobusowych o przebiegu promienistym w średnicowe, spowodowane likwidacją pętli przesiadkowych na obrzeżach centrum, w wyniku sprzedaży przez gminy atrakcyjnych terenów miejskich albo "upomnienia się" o nie ich prawowitych właścicieli.

3.2. Rezerwy przepustowości torowisk tramwajowych

Nieustanny wzrost liczby zarejestrowanych samochodów osobowych jaki obserwujemy na przestrzeni ostatnich 15 lat, przy ograniczonych możliwościach rozbudowy układu drogowego, doprowadził do wyczerpania przepustowości ogólnodostępnych pasów ruchu kołowego w okresach szczytów komunikacyjnych, w zurbanizowanych strefach miejskich większości dużych miast w naszym kraju.

Tymczasem jeśli chodzi o torowiska tramwajowe, to w analogicznym okresie czasu dokonał się proces odwrotny. W latach 1986 - 2003 nastąpił 47 % spadek przewozów w komunikacji zbiorowej [3], który spowodował likwidację niektórych linii tramwajowych albo zmniejszenie częstotliwości ich kursowania.

Na części tras tramwajowych, nawet przed rokiem 1986 istniały rezerwy przepustowości.

3.3. Korzyści dla ruchu autobusowego

W wyniku przeniesienia linii autobusowych z ogólnodostępnych pasów ruchu kołowego na torowiska tramwajowe uzyskujemy:

- brak zakłóceń ruchu spowodowanych pojazdami źle zaparkowanymi lub zepsutymi, dokonującymi zaopatrzenia przyległych obiektów oraz skręcającymi w ulice poprzeczne,

- brak utrudnień ruchu w postaci wyprzedzania rowerzystów (w przypadku braku osobnych, wydzielonych ścieżek rowerowych),
- lepsze parametry geometryczne dla skrętów na skrzyżowaniach.

Korzyści ujawniają się również w przypadku rezygnacji z klasycznego sposobu wydzielania pasów autobusowych na rzecz PAT, w wyniku niskiej skuteczności tych pierwszych:

- do wydzielania pasów autobusowych najczęściej używane są środki nie stanowiące bariery fizycznej, a jedynie psychologiczną (oznakowanie poziome i pionowe),
- często wydzielane są jedynie odcinki między skrzyżowaniami, co prawda z zastosowaniem słuz sygnalizacyjnych ułatwiających wjazdy autobusów na ich wloty, ale to przecież właśnie skrzyżowania generują największe straty czasu,
- w przypadku pasów autobusowych funkcjonujących czasowo (tylko w godzinach szczytu dni roboczych) ich lokalizacja bardzo słabo utrwała się w świadomości kierowców samochodów,
- w opinii publicznej brak jest uzasadnienia do respektowania wydzielenia pasów autobusowych (w mediach utożsamia się je z atakiem na swobody obywatelskie, natomiast przedstawiciele policji potrafią tłumaczyć brak interwencji tym, że pasy autobusowe są usankcjonowane znakami informacyjnymi, a nie zakazu lub nakazu).

3.4. Korzyści dla ruchu tramwajowego

W pewnych szczególnych przypadkach zastosowanie PAT może przynieść korzyści nawet tylko z punktu widzenia ruchu tramwajowego:

- wzrost udziału torowisk wydzielonych - w przypadku gdy przed utworzeniem PAT torowiska wbudowane w jezdnie nie były wydzielone organizacyjnie z ruchu kołowego,
- wzrost przepustowości skrzyżowań z sygnalizacją świetlną dla tramwajów - w przypadku zastąpienia sygnalizacji stałoczasowych nowym systemem sterowania ruchem z priorytetem dla pojazdów komunikacji zbiorowej.

3.5. Korzyści dla pasażerów

- Skrócenie czasu oczekiwania na rozpoczęcie podróży (odjazdy linii tramwajowych i autobusowych w tym samym kierunku odbywają się z jednego, a nie dwu osobnych, oddalonych od siebie przystanków),
- ułatwienie przesiadek (łatwiej jest skupić w węźle przystanki zlokalizowane w osi ulicy, niż przy jej zewnętrznych krawędziach),
- poprawienie atrakcyjności komunikacji nocnej (przeplatanie się ostatnich kursów linii tramwajowych dziennych i pierwszych autobusowych nocnych, rano na odwrót),
- zmniejszenie uciążliwości zatrzymań komunikacji tramwajowej, zarówno chwilowych - spowodowanych wypadkami i awariami, jak i długotrwałych - w wyniku remontów i objazdów (autobusowa komunikacja zastępcza zabiera pasażerów z przystanków tramwajowych).

3.6. Korzyści dla innych uczestników ruchu miejskiego

W wyniku zastosowania PAT uzyskujemy lepsze wykorzystanie przekroju ulicy, gdyż miejsce po zatokach i przystankach autobusowych możemy przeznaczyć na parkowanie, obsługę obiektów, ruch pieszzy albo rowerowy.

3.7. Korzyści z punktu widzenia sterowania i zarządzania ruchem miejskim

- Ułatwienie organizowania priorytetów w sterowaniu sygnalizacją świetlną (tramwaje i autobusy jadą w jednym wspólnym strumieniu zamiast w dwu osobnych, dzięki czemu uzyskujemy mniejszą ilość strumieni wymagających detekcji oraz mniejszą ilość punktów kolizji strumieni z priorytetem),
- wzrost elastyczności sieci komunikacji zbiorowej (uzyskanie dodatkowych tras autobusowych),
- wzrost elastyczności taborowej systemu komunikacji zbiorowej, rozumianej jako łatwość zastępowania tramwajów autobusami (zagadnienie to wynika z faktu zaniedbań w zakresie ciągłości zakupu nowych tramwajów w okresie ostatnich 15 lat, co może w przyszłości powodować konieczność ograniczania ilości tramwajów kierowanych do ruchu).

3.8. Korzyści z punktu widzenia poprawy jakości życia w mieście

Istnieją powody, dla których jeśli nawet nie jest planowane wykorzystanie torowisk tramwajowych do ruchu autobusów miejskich, uzasadniona jest ich zabudowa:

- "pasy życia" czyli torowiska przystosowane do ruchu pojazdów służb ratowniczych (w celu ominięcia korków),
- estetyka wyglądu ulic (naciski architektów i konserwatorów zabytków na stosowanie bezpodsypekowych, zabudowanych torowisk),
- względy ekologiczne (wyciszenie torowisk), użytkowe (ułatwienie procesu utrzymania czystości torowisk) oraz bezpieczeństwa (przykrycie tłucznia w celu przeciwdziałania aktom wandalizmu).

Przeniesienie autobusów z przykrawężnikowych pasów ruchu na torowiska umieszczone w osiach ulic powoduje obniżenie emisji hałasu od ruchu autobusowego, ze względu na jego oddalenie od linii zabudowy.

4. Argumenty przemawiające przeciwko stosowaniu PAT

Niestety istnieją również pewne wady stosowania PAT:

- wyższe koszty inwestycji, w porównaniu z tworzeniem klasycznych wydzielonych pasów autobusowych,
- pogorszenie płynności i bezpieczeństwa ruchu tramwajowego,
- pogorszenie dostępu pieszych do przystanków autobusowych,
- zwiększenie ilości przystanków na liniach autobusowych (tylko jeśli ich gęstość w sieci tramwajowej jest większa niż w autobusowej).

Co do pierwszego argumentu - niestety, zwykle rozwiązania lepsze są droższe, ale często tylko na początku. W dłuższym okresie eksploatacji poniesione wyższe koszty zwracają się. Co do dwóch następnych argumentów - ich ujemny wpływ można w pewnym stopniu zrekompensować, co zostanie przedstawione w dalszej części referatu. W przypadku ostatniego argumentu, jeżeli generalnie nastąpi skrócenie czasu przejazdu, to zwiększenie ilości przystanków jest zaletą, a nie wadą, gdyż uzyskujemy krótszą drogę dojścia do częściej rozmieszczonych przystanków.

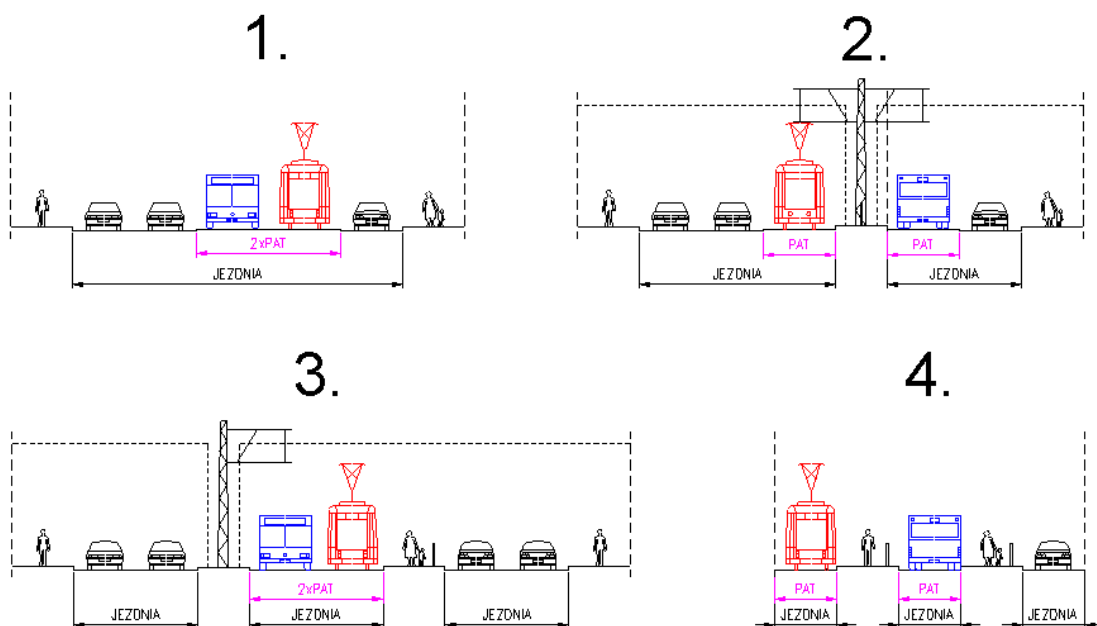
5. Podstawowe problemy związane z wprowadzaniem PAT [4]

5.1. Konfiguracje przekroju poprzecznego

W przekroju poprzecznym dwukierunkowej ulicy PAT mogą być tworzone w następujących czterech podstawowych konfiguracjach (rys.2):

1. centralne dwa pasy jednojezdniowej ulicy,
2. skrajne lewe pasy obu jezdni dwujezdniowej ulicy,
3. osobna dwupasowa jezdnia w środku dwujezdniowej albo z boku dowolnej ulicy,

4. osobne jednopasowe jezdnie w dowolnych miejscach dowolnych ulic.



Rys.2 Podstawowe konfiguracje PAT

Rozwiązanie pierwsze jest wskazane dla ulic z torowiskami położonymi w ich osi i wbudowanymi konstrukcyjnie w jezdnię albo wydzielonymi, ale bez słupów trakcyjnych i ogrodzeń na międzytorzu.

Rozwiązanie drugie nadaje się dla ulic z torowiskami wydzielonymi położonymi w ich osi, ze słupami trakcyjnymi, elementami obiektów inżynierskich (np. podpory wiaduktu) lub ogrodzeniem na międzytorzu.

Rozwiązanie trzecie jest wskazane dla:

- ulic z torowiskami wydzielonymi, położonymi w ich osi, ze słupami trakcyjnymi na zewnątrz toru,
- odcinków wzdłuż przystanków na wysepkach położonych naprzeciw siebie,
- odcinków wzdłuż elementów obiektów inżynierskich zlokalizowanych na zewnątrz torów (np. ściany wjazdu lub zejścia do tunelu, podpory wiaduktów, krawędzie przęsła mostu),
- torowisk z boku ulic dwukierunkowych.

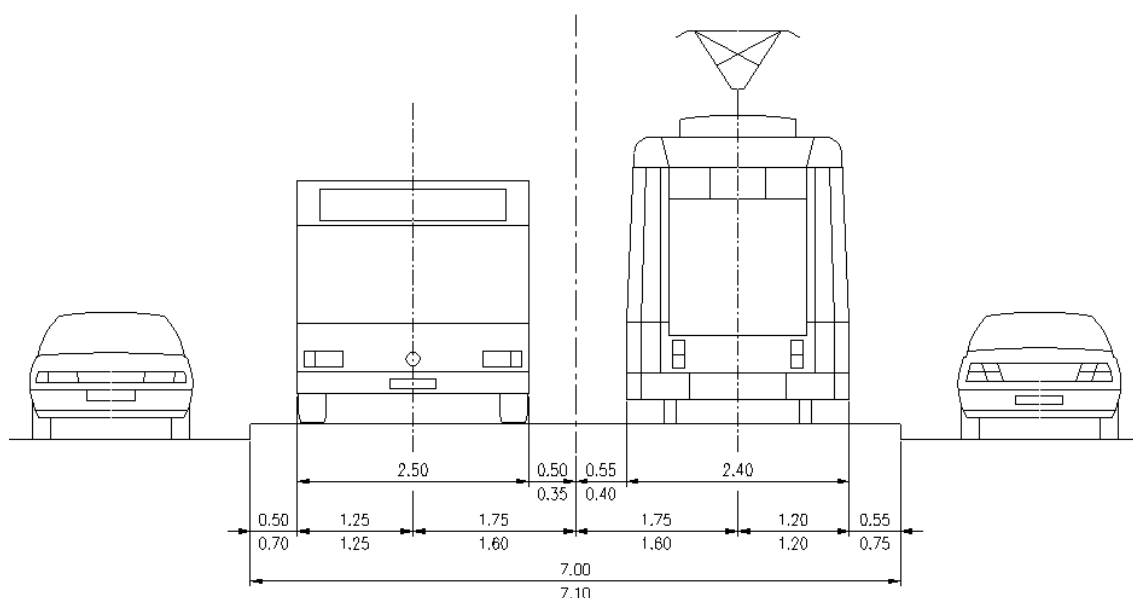
Rozwiązania czwartego, ze względu na brak możliwości wyprzedzenia zepsutego tramwaju albo autobusu, należy unikać i stosować tylko wzdłuż wysepek przystanków w tym samym kierunku położonych naprzeciw siebie.

Szczególnymi przypadkami rozwiązania pierwszego są ulice przeznaczone wyłącznie dla komunikacji zbiorowej w jednym albo obu kierunkach. Rozwiązania takie są wskazane dla jednojezdniowych ulic, na których możliwe jest uzyskanie odpowiednio jedynie trzech albo tylko dwóch pasów ruchu.

PAT usytuowany z boku ulicy dwukierunkowej jest rozwiązaniem mniej korzystnym ze względu na włączenia i wyłączenia autobusów oraz pojazdów służb ratowniczych, co nie przekreśla definitywnie tego rozwiązania. Wspomniane niedogodności można zminimalizować umieszczając PAT bezpośrednio przy jezdni.

5.2. Skrajnia

Proponowane w publikacjach [1] i [2] optymalne przekroje poprzeczne PAT minimalnie różnią się między sobą (rys.3). Generalnie, najczęściej spotykane szerokości obecnie eksploatowanych torowisk dla tramwaju poruszającego się po prostej są węższe od postulowanych szerokości PAT. Podobnie sytuacja wygląda w łukach. Dla tramwajów stosuje się poszerzenie skrajni o wartości $10/R$ (łącznie po obu stronach), czyli czterokrotnie mniejsze niż w przypadku pasów ruchu kołowego prowadzących komunikację autobusową - $40/R$ [5].



Rys.3 Optymalny przekrój poprzeczny PAT; wartości nad liniami wymiarowymi dotyczą opracowania [1], natomiast pod - opracowania [2]

Zastosowanie PAT w miejscach dotychczasowych torowisk wymaga więc ich poszerzenia, co można uzyskać poprzez:

- zmniejszenie ilości lub likwidację pasów ruchu kołowego,
- zmniejszenie szerokości pasów ruchu kołowego (np. do 2,75 m - na co zezwalają przepisy [5] w przypadku uspakajania ruchu),
- poszerzenie całej jezdni kosztem zmniejszenia szerokości chodników (niewskazane),
- zmniejszenie szerokości wysepek przystankowych (niewskazane),
- likwidację albo zmniejszenie szerokości pasów zieleni,
- likwidację ogrodzenia,
- likwidację albo przeniesienie na chodniki słupów trakcyjnych.

Wykonanie poszerzeń może okazać się bardzo kosztowne w przypadku sąsiedowania z obiektami inżynierskimi (wiadukty, mosty, wyjścia z przejść podziemnych, zejścia z kładek dla pieszych). Niewielkie przesunięcia krawężników przy poszerzaniu ulic mogą okazać się również kosztowne, gdy będą wymagały przebudowy uzbrojenia podziemnego. W przypadku podwieszenia sieci do budynków w wyniku likwidacji słupów trakcyjnych, należy liczyć się z brakiem zgody właścicieli budynków na takie rozwiązanie. Likwidacja ogrodzeń wydaje się być rozwiązaniem najmniej problemowym, jednakże uzyskane poszerzenie jest niewielkie, następuje natomiast pogorszenie bezpieczeństwa ruchu (wtargnięcia pieszych na jezdnię).

Zastosowanie PAT w miejscach dotychczasowych torowisk, w przypadku konieczności ich poszerzenia wymaga również zmiany rozstawu osiowego torów, gdyż wzajemne położenie osi pasa autobusowego w stosunku do osi toru tramwajowego powinno być inne na szlaku (pokrywanie się osi) i na przystankach (wspólna krawędź przystanku).

5.3. Włączenia i wyłączenia

Istnieją dwie możliwości włączeń i wyłączeń autobusów na granicy PAT i torowisk przeznaczonych wyłącznie dla tramwajów:

- w obrębie skrzyżowań,
- na odcinkach pomiędzy nimi.

Pierwszy sposób jest właściwy dla autobusów dojeżdżających do PAT poprzecznymi ulicami, choć i w tym wypadku wskazane byłoby wykonanie krótkich pasów autobusowych w tych ulicach na odcinkach przed skrzyżowaniem, tak aby włączenia przenieść na odcinki poza nim. W przypadku włączeń i wyłączeń autobusów na kierunkach równoległych do PAT umieszczonych w osi ulicy, zastosowanie pierwszego sposobu powoduje zmniejszenie przepustowości skrzyżowań (dodatkowe kolizyjne strumienie), dlatego najbardziej wskazany jest w tym przypadku sposób drugi, w postaci zmiany pasa ruchu na długim odcinku pomiędzy skrzyżowaniami. Należy oczywiście zapewnić fizyczny "styk podłużny" krawędzi PAT i pasa ruchu kołowego. Jeżeli odległość pomiędzy skrzyżowaniami jest zbyt krótka albo wyłączenie nie jest płynne z powodu zatłoczenia pasów ruchu kołowego należy zastosować służę sygnalizacyjną. Służa taka jest również konieczna w przypadku włączeń i wyłączeń poza skrzyżowaniami dla PAT umieszczonych z boku dwukierunkowej ulicy.

PAT na swym początku lub końcu niekoniecznie musi graniczyć z torowiskiem przeznaczonym wyłącznie dla tramwajów. Może to być jezdnia albo ogólnodostępny pas ruchu (dla tramwajów, autobusów i samochodów). Włączenie się autobusu do PAT nie stanowi w tym przypadku problemu, inaczej jest z wyłączeniem (rys.4). Tramwaje w tej sytuacji posiadają pierwszeństwo przed samochodami wynikające z przepisów [6], celowe więc wydaje się wprowadzenie analogicznej zasady dotyczącej autobusów korzystających z PAT do ustawy (art.16, ust.6). Innym sposobem rozwiązania tego problemu jest zastosowanie służy sygnalizacyjnej.



Rys.4 Zakończenie PAT i włączenie do ruchu ogólnego

5.4. Wydzielenie z ruchu

Najprostszym sposobem wydzielenia pasów ruchu przeznaczonych wyłącznie dla pojazdów komunikacji zbiorowej jest zastosowanie oznakowania poziomego (linia ciągła, P-21, P-22) i pionowego (D-11, D-12). Jednakże doświadczenia eksploatacyjne z wydzielania pasów autobusowych oraz torowisk wbudowanych w jezdnię pokazują, że rozwiązania takie nie zniechęcają wystarczająco skutecznie kierowców samochodów do wjeżdżania na powierzchnie jezdni przeznaczone wyłącznie dla pojazdów komunikacji zbiorowej.

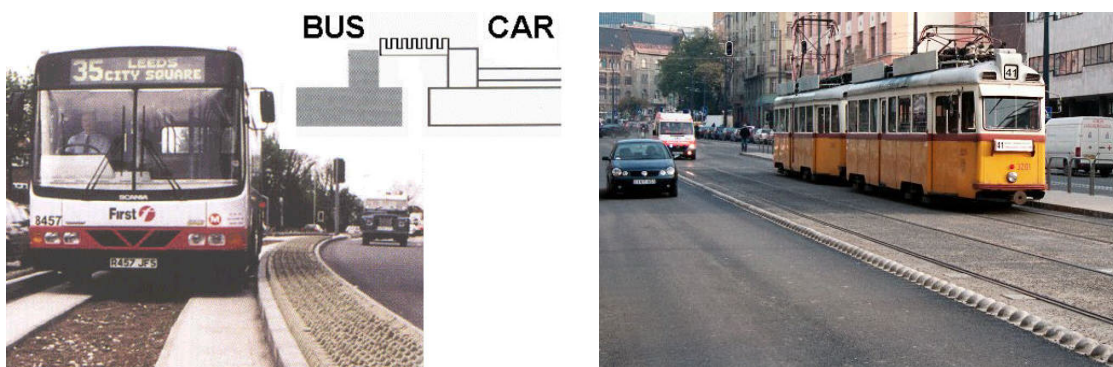
Dlatego wydzielenie w postaci linii oznakowania poziomego należy stosować wyłącznie na długości odcinków włączeń i wyłączeń PAT odbywających się na zasadzie zmiany pasa ruchu. Na pozostałych odcinkach PAT wskazane jest stosowanie wydzielenia środkami w postaci fizycznych barier, takimi jak:

- krawężniki,
- pasy zieleni,
- separatory (rys.5),



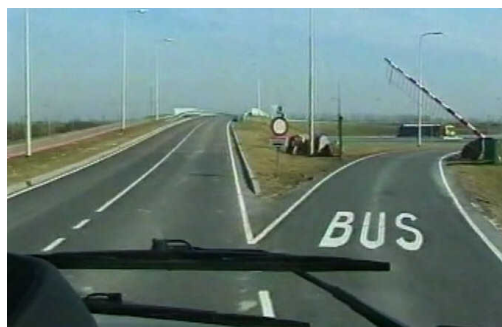
Rys.5 Wydzielenie torowiska separatorem: Kraków (z lewej) i Wrocław (z prawej)

- nawierzchnie "odstraszające" (rys.6)



Rys.6 Nawierzchnie "odstraszające": Leeds (z lewej) i Budapeszt (z prawej)

- opuszczane słupki przeszkodowe albo szlabany na początkach wydzielonych pasów dla pojazdów komunikacji zbiorowej (rys.7),



Rys.7 Zabezpieczenie wjazdów na jezdnie przeznaczone wyłącznie dla pojazdów komunikacji zbiorowej: Gouda (z lewej) i Amsterdam (z prawej).

- nawierzchnie niekonwencjonalne umożliwiające przejazd jedynie specjalnie dostosowanym pojazdom (rys.8),



Rys.8 Essen - pas autobusowy o niekonwencjonalnej nawierzchni [7]

Niestety istnieją pewne ograniczenia w stosowaniu proponowanych środków. Jeżeli chcemy aby wydzielone pasy dla pojazdów komunikacji zbiorowej pełniły również funkcje "pasów życia", to znaczy były dostępne dla pojazdów służb ratowniczych, stosowane bariery fizyczne muszą być swego rodzaju kompromisem. Powinny wystarczająco skutecznie zniechęcać kierowców samochodów do ich pokonywania, ale nie mogą stanowić przeszkody dla wjazdu i wyjazdu pojazdów służb ratowniczych. Powinny ponadto dać możliwość wjazdu i wyjazdu również autobusom w sytuacjach awaryjnych (ominięcie zepsutego pojazdu) oraz nie stanowić bariery dla poprzecznego odwodnienia jezdni oraz usuwania śniegu i lodu zimą.

Najbardziej odpowiednie w tym celu wydaje się być zastosowanie wyniesienia krawędzi PAT w stosunku do poziomu jezdni przy pomocy klasycznego krawężnika drogowego, ale tylko na połowę jego normalnej wysokości (ok. 8 cm). Korzystne byłoby również wprowadzenie do przepisów [5] pojęcia owego "półkrawężnika", w sąsiedztwie którego dopuszczalne byłoby stosowanie jezdni o szerokości tylko jednego pasa ruchu.

W przypadku wydzielania PAT pasami zieleni należy również pamiętać o awaryjnych wjazdach i zjazdach, dlatego nie powinno się na ich długości sadzić

żywoplotów, ustawiać kwietników gazonowych lub wygrodzeń, a humus przewidziany do zatrawienia należy odpowiednio wzmocnić (np. kratką z tworzywa sztucznego).

Środkami wydzielania o skuteczności mniejszej niż fizyczne bariery, większej jednak niż jedynie ciągła linia oznakowania poziomego wraz z pasywnym oznakowaniem pionowym, są rozwiązania takie jak:

- nawierzchnie jezdni w odmiennym kolorze (rys.9),



Rys.9 Nagoja - pasy autobusowe o nawierzchni w odmiennym żółtym kolorze [8]

- wykorzystanie sygnałów używanych nad pasami o przemiennym kierunku ruchu wraz z aktywnym oznakowaniem pionowym (rys.10).



Rys.10 Utrecht - pas autobusowy wydzielony sygnalizacją świetlną i aktywnym oznakowaniem pionowym [9]

Środkami innego typu, niezbędnymi w przypadku zastosowania wydzieleni nie stanowiących fizycznych barier jest nadzór policji:

- bezpośredni - w postaci patroli,
- pośredni - w postaci systemu kamer i rejestracji wykroczeń,

w połączeniu z wysoką wykrywalnością zdarzeń i surowością kar pieniężnych za nierespektowanie wydzielenia.

Na marginesie rozważań dotyczących sposobów wydzielenia PAT z ruchu ogólnego należy wspomnieć o problemie poprzecznych przejść dla pieszych przez jezdnie, zarówno osygnalizowanych jak i nie. Otóż bardzo korzystne jest w tym wypadku stosowanie azyli na granicach przejść dla pieszych przez pasy ruchu ogólnodostępne i przeznaczone wyłącznie dla pojazdów komunikacji zbiorowej (rys.11), gdyż zmniejsza się w ten sposób liczbę ich koniecznych zatrzymań.



Rys.11 Rouen - azyle dla pieszych na przejściach przez jezdnie z wydzielonymi pasami ruchu dla pojazdów komunikacji zbiorowej [8]

Wydzielając torowiska tramwajowe lub pasy autobusowe, w sytuacji gdy szerokość dwukierunkowej ulicy jest zbyt mała dla uzyskania czterech normatywnych pasów ruchu (po jednym pasie w każdym kierunku dla samochodów i pojazdów komunikacji zbiorowej) najczęściej rezygnuje się z wykonania wydzielenia. Tymczasem możliwe jest stosowanie ulicy w układzie "2+1", to znaczy dwa pasy w przeciwnych kierunkach dla pojazdów komunikacji zbiorowej i tylko jeden, w jednym kierunku dla pojazdów indywidualnych, ale za to z towarzyszącym pasem postojowym (rys.12). Rozwiązanie to jest bardzo korzystne, gdyż ulica pozostaje dostępna dla samochodów i to z możliwością parkowania, natomiast pojazdy komunikacji zbiorowej mają pasy ruchu przeznaczone wyłącznie dla siebie. Łatwiej jest też uspokoić ruch na takiej ulicy (wyeliminować tranzyt), jeśli na kolejnych jej odcinkach pomiędzy skrzyżowaniami zastosujemy zmianę kierunku ruchu pojazdów indywidualnych.



Rys.12 Strasbourg - ulica z priorytetem dla komunikacji zbiorowej w układzie "2+1"

Szkoda, że w naszych miastach nie potrafi się docenić rozwiązań tego typu i najczęściej w takich sytuacjach tworzy się ulice przeznaczone dla pojazdów komunikacji zbiorowej, ale o dopuszczonym ruchu pewnych grup użytkowników pojazdów indywidualnych (rys.13), w efekcie czego korzystają z nich również inni kierowcy, przez co idea priorytetu dla pojazdów transportu publicznego pozostaje niewykorzystana.



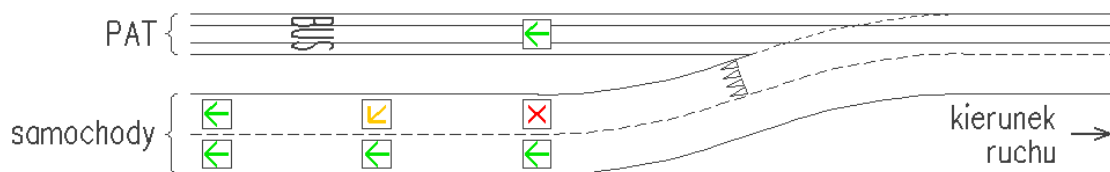
Rys.13 Ulice z "pozornym" priorytetem dla pojazdów komunikacji zbiorowej

Najczęstszą przyczyną strat czasu tramwajów w okresach szczytów na skrzyżowaniach, poprzecznych przejazdach przez torowisko oraz odcinkach lokalnych przewężeń ulic (z wprowadzeniem ruchu samochodów na torowisko), jest blokowanie przejazdu tramwajom przez samochody, które nie mogą zjechać z torowiska, z powodu zakorkowania zjazdu. Co prawda w prawie o ruchu drogowym istnieje zapis o zakazie wjeżdżania na skrzyżowanie, jeśli nie ma się z niego zapewnionego zjazdu, podobnie zapis o ustępowaniu tramwajom miejsca (kiedyś pierwszeństwa), przepisy te jednak stają się martwe w warunkach kongestii. Receptą na te problemy mogłoby być powołanie w przepisach pojęcia "wydzielonych pasów ruchu dla pojazdów komunikacji zbiorowej o dopuszczonym ruchu pojazdów indywidualnych - poprzecznym (na skrzyżowaniach i przejazdach) oraz podłużnym (na odcinkach przewężeń ulic)" wraz z określeniem odmiennego sposobu ich oznakowania (rys.14) oraz zasad poruszania się po nich, dopuszczających wjazd pojazdów indywidualnych jedynie w sytuacji możliwości natychmiastowego zjazdu.

Dodatkowym sposobem zabezpieczenia priorytetu pojazdów komunikacji zbiorowej na odcinkach lokalnych przewężeń ulic (z wprowadzeniem ruchu samochodów na torowisko) mogłoby być wykorzystanie sygnałów używanych nad pasami o przemiennym kierunku ruchu (rys.15).



Rys.14 Odmienny sposób oznakowania poprzecznych przejazdów przez pasy ruchu przeznaczone wyłącznie dla pojazdów komunikacji zbiorowej: Barcelona (z lewej) i Nancy (z prawej)



Rys.15 Wykorzystanie sygnałów używanych nad pasami o przemiennym kierunku ruchu na odcinkach przewężeń ulic

W komunikacji tramwajowej, w większości miast w naszym kraju występuje niski udział sygnalizacji świetlnej przydzielających tramwajom przejazdy niekolidujące z innymi strumieniami ruchu, co jest spowodowane:

- przestarzałymi zasadami i urządzeniami sterowania ruchem,
- wąskimi ulicami o braku możliwości poszerzenia wlotów w celu uzyskania odpowiedniej struktury kierunkowej pasów ruchu kołowego,
- skrzyżowaniami z wyspą centralną, na przecięciach ulic z torowiskami tramwajowymi umieszczonymi w ich osiach,
- dopuszczeniem zawracania pojazdów indywidualnych na skrzyżowaniach z tramwajami skręcającymi "w cieniu" wydzielonych skrętów strumieni kołowych.

Tymczasem już poprzednia "Instrukcja o drogowej sygnalizacji świetlnej" z roku 1994 dopuszczała jako wyjątki jedynie dwa przypadki kolizji ze strumieniami tramwajowymi (tramwaje jadące na wprost z samochodami z tego samego lub przeciwległego wlotu, skręcającymi w lewo lub w prawo, ale tylko z pasów, z których możliwa jest jazda również na wprost), w pozostałych przypadkach tramwajom powinny być przydzielane przejazdy niekolidujące z innymi strumieniami ruchu. Oczywiście instrukcja, zarówno poprzednia jak i obecna, nie zabrania zrezygnowania ze stosowania nawet tych dwóch wyjątków, co z punktu widzenia ruchu pojazdów komunikacji zbiorowej byłoby bardzo korzystne.

Zagadnieniem innego typu jest rozstrzygnięcie jakie jeszcze inne pojazdy oprócz tramwajów i autobusów (oraz oczywiście pojazdów służb ratowniczych w akcji) zostaną dopuszczone do poruszania się po PAT. Należy mieć świadomość, że udostępnienie PAT innym uczestnikom ruchu (rowery, taksówki, autobusy prywatnych przewoźników) obniżyć będzie skuteczność rozwiązania. W celu uniknięcia wzajemnego blokowania się, wskazane jest aby z PAT korzystały jedynie pojazdy posiadające porównywalne parametry trakcyjne i wymiany pasażerów na przystankach oraz wyposażone w

analogiczne urządzenia identyfikacji pojazdów (w celu ich wykrycia i nadania im priorytetu). Dlatego najrozsądniej jest aby z PAT (zgodnie z ich nazwą) korzystały jedynie tramwaje i autobusy miejskie.

Zaprezentowane zasady wydzielania PAT pozostają jak najbardziej aktualne również w przypadku projektowania wydzielonych pasów wyłącznie autobusowych (rys.16). Może to dotyczyć zarówno całych miast albo tych ich rejonów, które nie posiadają komunikacji tramwajowej. Późniejsza przebudowa takich tras na torowiska tramwajowe jest znacznie mniej kosztowna.



Rys.16 Komunikacja autobusowa w Taipei przed i po wydzieleniu tras autobusowych [10]

5.5. Przepustowość

W sytuacji gdy sumaryczne natężenie kursowania tramwajów i autobusów na wspólnych odcinkach tras przekracza przepustowość skrzyżowań z sygnalizacją świetlną, zastosowanie systemu PAT wymaga zmiany systemu sterowania ruchem.

Większość obecnie stosowanych systemów wywodzi się od prostych sygnalizacji świetlnych, tworzonych z myślą o sterowaniu ruchem pojazdów indywidualnych, które z czasem wzbogacano w elementy usprawniające ruch pojazdów komunikacji zbiorowej (detekcja, akomodacja), ale przeważnie w ujęciu lokalnym. Podstawą systemu zawsze pozostawało sterowanie ruchem pojazdów indywidualnych. Tymczasem w przeciwieństwie do losowego w czasie i przestrzeni charakteru ruchu pojazdów indywidualnych, ruch pojazdów komunikacji zbiorowej odbywa się:

- wzdłuż ustalonych tras przebiegu,
- według opracowanych czasowych rozkładów jazdy.

Specyfika ruchu pojazdów komunikacji zbiorowej jest więc znacznie bardziej zbliżona do ruchu pociągów w sieci linii kolejowych, niż do ruchu samochodów w sieci ulic miejskich, dlatego sterowanie ruchem pojazdów komunikacji zbiorowej powinno być wzorowane na modelu kolejowym, a nie drogowym [11, 12].

Zastosowanie systemu PAT wymaga więc odejścia od dotychczasowego sposobu tworzenia systemów sterowania ruchem miejskim, nawet za cenę rezygnacji ze

stosowania priorytetu dla pojazdów indywidualnych (zielonej fali), a w zamian zbudowanie systemu sterowania ruchem od nowa i to na odwrotnej zasadzie, w którym podstawą będzie sterowanie ruchem pojazdów komunikacji zbiorowej (uzyskanie minimalnych strat ich czasu), natomiast pozostali uczestnicy ruchu (piesi, rowerzyści, samochody) będą poruszać się "w cieniu" strumieni pojazdów komunikacji zbiorowej, ale oczywiście z uwzględnieniem pewnego minimalnego standardu ich wygody (nieprzekroczenie maksymalnych czasów oczekiwania na światło zielone i minimalnych długości światła zielonego).

Nowe systemy w zakresie sterowania ruchem pojazdów komunikacji zbiorowej powinny posiadać cechy systemów stosowanych na kolei:

- powinny znać aktualne położenie pojazdów,
- powinny regulować kolejność i odstępy pojazdów ("przepuszczać" pojazdy opóźnione przed pojazdami bez opóźnień),
- powinny realizować jedynie przejazdy bezkolizyjne,
- powinny podawać sygnał wolnej jazdy tylko w przypadku możliwości wykorzystania go przez zbliżający się pojazd oraz analizować wykonanie przejazdu przez ten pojazd (tak aby nie dopuścić do sytuacji, w której kierowca lub motorniczy "przegapi" swoje światło zielone oraz aby po zakończeniu przejazdu mieć możliwość jak najszybszego przejścia do następnych faz),
- powinny kontrolować zajętość punktów kolizji, wylotów skrzyżowań, przystanków i nie przydzielać wjazdu jeśli miejsca te są zajęte,
- powinny sterować przestawianiem zwrotnic.

W zakresie sterowania ruchem pojazdów indywidualnych nowe systemy powinny kontrolować zajętość zjazdów dla tych pojazdów z obszarów kolizji z pojazdami komunikacji zbiorowej i w sytuacji gdy są one zajęte, nie powinny przydzielać na nie wjazdu pojazdom indywidualnym.

Najrozsądniejszym rozwiązaniem wydaje się być łączenie w jedno centralnych systemów sterowania pracą sygnalizacji świetlnej z systemami nadzoru ruchu pojazdów komunikacji zbiorowej rozpoznającymi aktualne ich położenie. Dzięki tak zdefiniowanym założeniom nowe systemy powinny pełnić funkcję samoregulacji ruchu pojazdów komunikacji zbiorowej - to znaczy utrzymywania w zgodności z poprawnie opracowanym rozkładem jazdy. Powinny ponadto analizować na bieżąco poprawności rozkładów jazdy (konfrontować z rzeczywistymi czasami przejazdu) oraz dawać możliwość ich modyfikacji, co może być bardzo cenne w przypadku wprowadzania z dnia na dzień ograniczeń w ruchu (np. z powodu awarii lub remontów), ale wymagać będzie zastosowania rozkładów jazdy na przystankach w czasie rzeczywistym.

Proponowany system sterowania ruchem stanowi element rekompensaty za pogorszenie płynności ruchu tramwajowego, które określono wcześniej jako argument przeciw stosowaniu PAT.

Zwiększenie przepustowości tras komunikacji zbiorowej, poza użyciem odpowiedniego sterowania ruchem, jest możliwe również dzięki opisanemu już zwiększeniu poziomu wydzielenia ruchu pojazdów komunikacji zbiorowej oraz skróceniu czasu wymiany pasażerów na przystanku, co zostanie opisane w jednym z następnych punktów.

5.6. Nawierzchnie

W przypadku zabudowanych torowisk tramwajowych przystosowanych do ruchu innych pojazdów obecnie stosowane są generalnie dwa typy ich konstrukcji:

- podsypkowe (klasyczny tor kolejowy z zabudową drogową asfaltobetonową, kostkową lub płytami żelbetowymi),
- bezpodsypkowe (na podbudowie z betonu cementowego lub asfaltowego z zabudową jak wyżej).

Pierwszy z wymienionych typów jest adaptacją tradycyjnej konstrukcji stosowanej w torowiskach wydzielonych. Podstawową jego wadą są jednak różnice w osiadaniu nawierzchni torowej i drogowej pod obciążeniem eksploatacyjnym, powodujące szybką degradację zabudowy drogowej w strefie przyszynowej, co pociąga za sobą rozszczelnienie nawierzchni i w efekcie dalszą degradację poszczególnych jej elementów składowych, dlatego rozwiązanie takie w mniejszym stopniu nadaje się do zastosowania jako nawierzchnia PAT.

Drugi z wymienionych typów, dzięki lepszej integracji elementów zabudowy torowej i drogowej, pomimo wyższych kosztów należy uznać za preferowany w przypadku nawierzchni PAT. Jednakże, ze względu na znaczną sztywność podbudowy typ ten wymaga zastosowania elastycznego posadowienia i obudowy szyny, najlepiej w postaci podparcia ciągłego. Systemy takie są obecnie oferowane przez szereg firm z branży chemii materiałów budowlanych oraz wyrobów z tworzyw sztucznych [13]. Wspomniane wymagania spełnia również stosowana od dłuższego czasu w Polsce konstrukcja toru węgierskiego.

Co do zabudowy drogowej najbardziej odpowiednie są następujące typy nawierzchni:

- na odcinkach częstego hamowania (przy przystankach i przed światłami sygnalizacji świetlnej) - betonowa, ewentualnie z kostki kamiennej (gorsza przyczepność podczas opadów atmosferycznych),
- na pozostałych odcinkach - z asfaltobetonu o wysokiej odporności na koleinowanie (np. SMA) z uwagi na cichą jazdę, dobrą przyczepność, dobrą czytelność i trwałość oznakowania poziomego.

5.7. Przystanki

W przypadku przystanków położonych na wysepkach, podstawowe problemy dotyczą krawędzi przystanku od strony PAT:

- jej położenia w poziomie i w pionie, które powinno być właściwe zarówno dla autobusów jak i tramwajów,
- materiału i kształtu elementu, z którego jest wykonana (ograniczenie niszczenia bocznej powierzchni kół autobusów),
- pojawiania się jej przed przystankiem (przeciwdziałanie ujemnym skutkom niewłaściwego najechania autobusu na początek przystanku) - powinna w planie przybliżać się łagodnym skosem do kierunku równoległego do osi PAT.

W przypadku przystanków bez wysepek wskazana jest ich przebudowa i wykonanie wysepki pomiędzy PAT a pasami ogólnodostępnego ruchu kołowego. Jeżeli jednak nie ma na nią miejsca, należy stosować służbę sygnalizacyjną i pozostać przy zasadzie wsiadania i wysiadania jak na przystankach tramwajowych bez wysepek, również w przypadku zatrzymywania się przy nich autobusów (autobus nie podjeżdża do krawężnika na granicy jezdni i chodnika tylko zatrzymuje się na PAT). Należy zaznaczyć, że obowiązujące przepisy [6] dopuszczają taki przypadek (art.26, ust.6: "... przepisy te stosuje się odpowiednio przy ruchu innych pojazdów komunikacji publicznej").

Następnym problemem związanym z przystankami, jest postulowane w jednym z wcześniejszych punktów skrócenie czasu wymiany pasażerów na przystanku, które należy analizować z punktu widzenia inżynierii ruchu pieszego:

- właściwa aranżacja przystanków (szerokość przystanku, rozmieszczenie urządzeń przystankowych, rezygnacja ze stosowania kiosków, wzniesienie krawędzi peronu),
- stosowanie przystanków podwójnych,
- stosowanie dojść do przystanków z obu końców wysepek.

Ostatni z wymienionych elementów wraz z postawieniem pieszych przed samochodami w hierarchii udzielania priorytetu w sterowaniu ruchem stanowi element rekompensaty za pogorszenie pieszym dostępu do przystanków autobusowych, które określono wcześniej jako argument przeciw stosowaniu PAT.

5.8. Tabor

Wszystkie pojazdy korzystające z PAT powinny być wyposażone w urządzenia ich identyfikacji przez systemy sterowania ruchem.

Spośród eksploatowanych w miastach polskich podstawowych typów autobusów miejskich, jeden z nich w mniejszym stopniu nadaje się do wykorzystania w eksploatacji PAT. Chodzi tu o trzyosiowe, jednoczołowe (nieprzegubowe) autobusy o długości 15 m. Autobusy tego typu wymagają znacznie większych poszerzeń skrajni podczas przejazdu w ciasnych lukach (skręty na skrzyżowaniach) niż pozostałe typy autobusów (dwuosiowe o długościach do 12 m i trzyosiowe przegubowe o długościach 16-18 m). Dotychczasowe doświadczenia z eksploatacji opisywanych autobusów pokazują, że "nie mieszczą" się one nawet w przypadku poprawnie zaprojektowanej i zbudowanej infrastruktury drogowej (we Wrocławiu kilkakrotnie wystąpiła potrzeba poprawiania nowo zbudowanych skrzyżowań, w celu dostosowania ich do przejazdu opisywanych autobusów). Nawet jeśli autobusy tego typu przyporządkowane zostają tylko do wybranych linii, na długości których nie mają problemów z przejazdem, należy pamiętać, że zdarzają się sytuacje, kiedy z powodu wypadku lub awarii elementu infrastruktury miejskiej autobusy kierowane są na trasy objazdowe, a wtedy ryzyko utknięcia takiego autobusu i w efekcie sparaliżowania ruchu na objeździe staje się wysokie.

Podobnie jak przystanki, również eksploatowany na PAT tabor jest odpowiedzialny za postulowane w jednym z wcześniejszych punktów skrócenie czasu wymiany pasażerów na przystanku. Kluczowym problemem staje się właściwa aranżacja wnętrza pojazdów komunikacji zbiorowej: ilość i rozmieszczenie siedzeń oraz drzwi, niska podłoga. Niestety w większości przypadków nowoczesne tramwaje niskopodłogowe posiadają mniejszą ilość drzwi niż tramwaje starszego typu. Producenci tłumaczą to skróceniem czasu wsiadania pasażera dzięki zastosowaniu niskiej podłogi. Niestety porównawcze pomiary czasu wymiany pasażerów na przystanku dla tramwajów starych i nowych wypadają na niekorzyść tych drugich. Analizowany powyżej typ autobusu trzyosiowego o długości 15 metrów, również pod względem ilości drzwi (tylko trzy) można ocenić jako mniej przydatny do zastosowania w przypadku PAT. Warto w tym miejscu wspomnieć o prototypie autobusu miejskiego Autosan H10-30, który przy długości 10 m posiadał aż czworo drzwi. Co prawda autobus ten nie wyszedł poza fazę prototypu, jednakże w miastach włoskich eksploatowane są autobusy firmy Iveco o analogicznym układzie. Należy również wspomnieć o modnej ostatnio praktyce wsiadania do autobusów jedynie pierwszymi drzwiami (w celu wyeliminowania jazd bez ważnego biletu). Rozwiązanie takie w przypadku PAT jest oczywiście nie do przyjęcia.

5.9. Zimowe utrzymanie

W przypadku PAT na odcinkach poza przystankami można stosować metody zimowego utrzymania jak na normalnych jezdniach, konieczne jest jedynie zwiększenie ilości kursów wykonywanych przez pługi i piaskarki. Pewnym problemem mogą być jednak niektóre typy separatorów. W przypadku PAT położonych przy przystankach wskazane jest zastosowanie innego sprzętu (zabierającego śnieg, a nie zgarniającego) albo odśnieżanie ręczne.

5.10. Koszty

Analiza kosztów inwestycyjnych wprowadzania rozwiązań w postaci PAT jest zagadnieniem złożonym. Szacunkowy koszt toru zabudowanego jest dwukrotnie wyższy od klasycznego toru odkrytego (szyny na poprzecznych podkładach i podsypce tłuczniowej). Niestety inwestycje w postaci tworzenia PAT bardzo rzadko polegają jedynie na zamianie toru odkrytego na zabudowany. Niekiedy głównym składnikiem kosztów okazują się nakłady na przebudowę sieci trakcyjnej lub instalacji podziemnych.

Analizy przeprowadzone dla Warszawy [14] wykazały, że średni koszt kilometra pojedynczego PAT (w jednym kierunku) wymagającego zabudowy torowiska waha się w granicach od 1 do 3,7 mln zł. Jednakże w przypadku organizowania PAT na torowisku już zabudowanym (jedynie środkami organizacji i sterowania ruchem) koszt ten może ulec obniżeniu nawet do 0,2 mln zł.

5.11. Etapowanie wdrożenia

Utworzenie na terenie miasta PAT w formie rozwiązania obszarowego albo systemowego jest zadaniem wieloetapowym, a jego realizację należy planować na kilka, a nawet kilkanaście lat. W przypadku podjęcia przez władze miasta decyzji o wdrożeniu systemu PAT, scenariusz działań może być następujący:

1. Opracowanie projektu restrukturyzacji połączeń i systemu taryfowego, w celu określenia rozwiązania docelowego, z możliwością dalszego rozwoju.
2. Określenie granic systemu PAT oraz tras wchodzących w jego skład.
3. Określenie docelowych konfiguracji PAT (przekrojów poprzecznych) na wszystkich trasach systemu.
4. Stopniowe korekty lokalizacji elementów kolidujących z przebiegiem planowanych PAT (słupy trakcyjne, oświetleniowe, uzbrojenie podziemne) - najlepiej w ramach ich wymiany spowodowanej zużyciem eksploatacyjnym.
5. Stopniowa modernizacja istniejących tras (przy okazji ich remontów wynikających ze zużycia eksploatacyjnego) oraz budowa nowych tras.
6. Stopniowe uruchamianie odcinków systemu PAT na trasach nie wymagających nowego systemu sterowania ruchem.
7. Opracowanie i wdrożenie nowego systemu sterowania ruchem.
8. Ostateczne uruchomienie systemu PAT.

5.12. Przepisy i normatywy

Jako jedną z przeszkód wprowadzania rozwiązań w postaci PAT wskazuje się w większości krajowych publikacji poświęconych tej tematyce brak przepisów regulujących ich projektowanie i budowę, co zdaniem autora niniejszego referatu nie do końca jest prawdą.

Rzeczywiście rozwiązania w formie PAT są na tyle nowe, że pod tą nazwą nie pojawiają się nawet w najnowszych rozporządzeniach dotyczących projektowania i

budowy infrastruktury drogowej. Ale czy dokumenty te nie normują w sposób zupełnie wystarczający zagadnienia jakim jest projektowanie torowisk tramwajowych wbudowanych konstrukcyjnie w jezdnie ulic bez ich organizacyjnego wydzielenia z ruchu innych pojazdów? Czy PAT nie jest właśnie taką jezdnią (pasem ruchu), tyle tylko że z wyłączeniem ruchu pojazdów kołowych nie będących autobusami miejskimi?

Rozważany argument może więc mieć jedynie charakter wygodnej wymówki, pozwalającej projektantom i zarządom odsuwać w czasie moment rozpoczęcia stosowania rozwiązań, do których brak im przekonania.

Oczywiście, przedstawione powyżej rozumowanie nie oznacza braku potrzeby opracowania ogólnokrajowych uregulowań technicznych, organizacyjnych i prawnych dotyczących PAT.

5.13. Zmiana sposobu myślenia

Jako podstawową przeszkodę wprowadzania wydzielania pasów ruchu dla pojazdów komunikacji zbiorowej wskazuje się w większości krajowych publikacji poświęconych tej tematyce niski stopień zdyscyplinowania polskich kierowców, którzy nie respektują wprowadzanych wydzieleni. I tu podobnie jak w poprzednim punkcie, zdaniem autora niniejszego referatu, sposób rozumowania nie jest do końca słuszny.

Powoływanie się na wyższy stopień zdyscyplinowania kierowców zagranicznych jest mitem! Gdyby tak było, rozwiązania przedstawione na rysunkach 6, 7 i 8 (wydzielenia w postaci fizycznych barier) nie byłyby w ogóle potrzebne.

Można odnieść wrażenie, że w miastach polskich celowo przy organizowaniu pasów ruchu przeznaczonych wyłącznie dla pojazdów komunikacji zbiorowej wykorzystuje się najmniej skuteczne środki ich wydzielania (jedynie ciągła linia oznakowania poziomego, a w Warszawie nawet przerywana), po to aby rozwiązania tego typu bardzo skutecznie, raz na zawsze skompromitować i nie wracać do nich więcej.

Zdaniem autora niniejszego referatu konieczna jest zmiana sposobu myślenia, ale nie kierowców, lecz:

- dziennikarzy - tak aby zaprzestali kształtowania opinii, że wydzielanie pasów ruchu dla pojazdów komunikacji zbiorowej to działania mające na celu jedynie utrudnienie poruszania się po mieście,
- policji - która nadzór nad przestrzeganiem wydzielonych pasów powinna potraktować jako jeden ze swych obowiązków, zamiast wydawać opinie w stylu: "pas nie spełni pokładanych w nim nadziei, bo nie będzie możliwości egzekwowania od kierujących przestrzegania oznakowania" (negatywna opinia policji do wytyczenia PAT na trasie W-Z w Warszawie),
- polityków - którzy często poprzestają jedynie na umieszczeniu zapisów o priorytetowaniu komunikacji zbiorowej w politykach transportowych miast, bez zadbania o ich dalszą realizację,
- zarządców - którzy wreszcie powinni pogodzić się ze faktem, że ulice w centrach dużych miast muszą ulec zakorkowaniu, i że jedyny sposób na utrzymanie dostępności komunikacyjnej tych rejonów to nie nieustanne próby zwiększenia przepustowości pasów ruchu dla samochodów kosztem pieszych, rowerzystów i pasażerów komunikacji zbiorowej lecz zupełnie na odwrót - rezygnacja z udogodnień dla pojazdów indywidualnych i stworzenie alternatywy transportu w postaci sprawnie działającego systemu komunikacji zbiorowej,

- projektantów - tak aby wreszcie odważyli się stosować bardziej skuteczne sposoby wydzielania ruchu pojazdów komunikacji zbiorowej, a jednocześnie przestali projektować priorytety dla tramwajów i autobusów, tak jak dla samochodów.

Konieczne jest również bardziej krytyczne podejście do przyjmowania rozwiązań stosowanych w innych, bardziej rozwiniętych państwach. Przykładowo, co do uzasadnienia stosowania wydzielonych pasów autobusowych funkcjonujących tylko w godzinach szczytu nasuwają się dwie następujące wątpliwości:

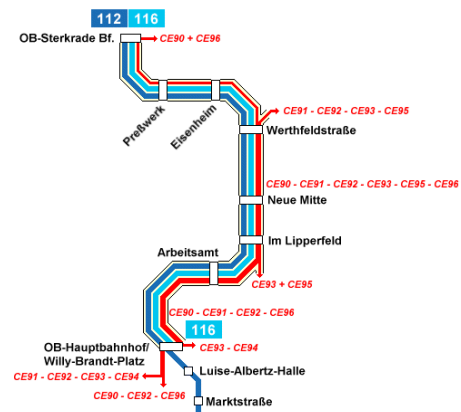
- po pierwsze: czy istnieje taka potrzeba, aby nie mogły być one wydzielone dla autobusów również poza szczytem, czy wtedy aż tak bardzo potrzebne są one innym uczestnikom ruchu?
- po drugie: czy udostępnianie tych pasów ruchu do parkowania przykrawężnikowego poza szczytem jest dobrym pomysłem - to nie zachęca kierowców, aby następnego dnia zostawić samochód i pojechać do pracy autobusem, a co z kierowcami, którzy zapomną, zaśpią albo nie uruchomią samochodu?

6. Doświadczenia w stosowaniu PAT

Na świecie najwięcej rozwiązań w postaci PAT funkcjonuje w Holandii (rys.17) oraz w Niemczech. Ciekawym przykładem PAT według modelu systemowego jest Oberhausen (rys.18). Linia tramwajowa 116 na całej swej długości posiada jezdnię i przystanki wspólne z liniami autobusowymi pośpiesznymi, posiadającymi oznaczenie CE (skrót od City Express).



Rys.17 PAT w Amsterdamie



Rys.18 PAT w Oberhausen

W Polsce rozwiązania w postaci PAT pojawiły się jak dotychczas w trzech miastach: we Wrocławiu, Krakowie i Poznaniu.

W Poznaniu funkcjonuje wspólny przystanek autobusowo-tramwajowy wraz z dojazdami w Al. Marcinkowskiego (rys.19).



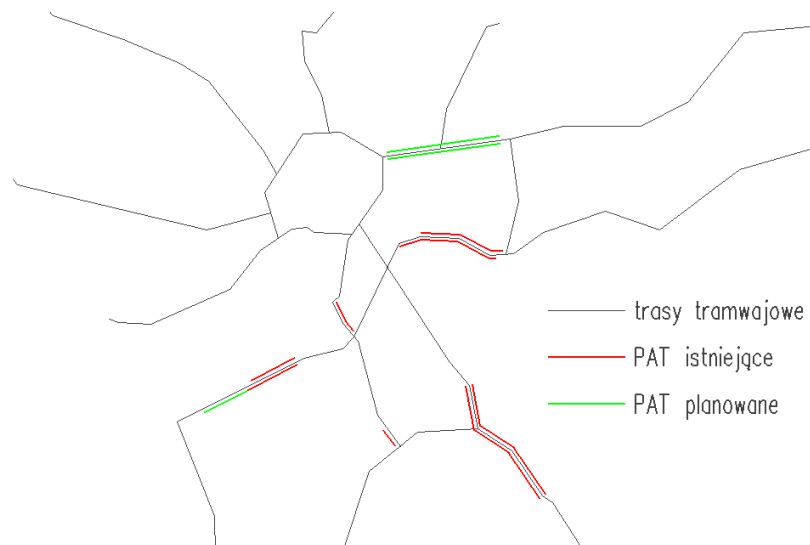
Rys.19 PAT w Poznaniu w Al. Marcinkowskiego

W Krakowie pierwszy PAT oddano do ruchu w roku 1996 [15]. Obecnie funkcjonuje w mieście łącznie około 5,1 km tramwajowego toru pojedynczego przystosowanego do ruchu autobusów. Są to następujące lokalizacje (rys.20):

- ul. Na Zjeździe - Limanowskiego - Wielicka (1996),
- rondo i most Grunwaldzki (1999)
- ul. Grzegórzecka (2000),
- ul. Stradomska (2001),
- ul. Legionów Piłsudskiego (2004).

Planowane są dalsze realizacje PAT:

- ul. Lubicz,
- ul. Monte Cassino.



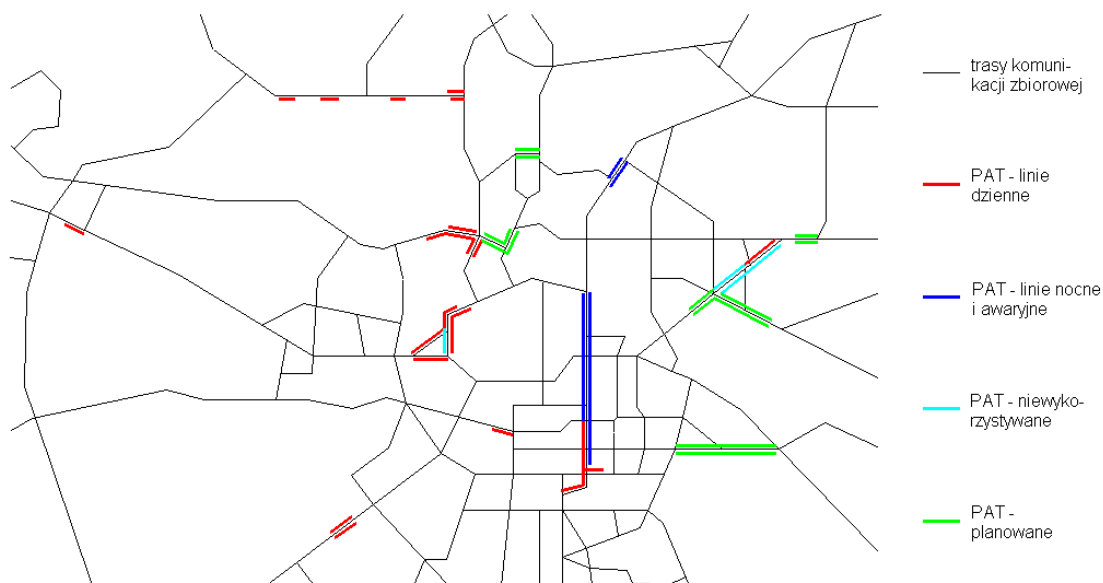
Rys.20 Istniejące i planowane PAT w śródmieściu Krakowa

We Wrocławiu pierwszy PAT oddano do ruchu w roku 1995. Obecnie funkcjonuje w mieście łącznie około 8 km tramwajowego toru pojedynczego przystosowanego do ruchu autobusów. Są to następujące lokalizacje (rys.21):

- ul. Ruska (1995),
- ul. Podwale pomiędzy ul. Łąkową a Świdnicką (1997),
- ul. Pomorska i Dubois (1998),
- ul. Nowy Świat i Kazimierza Wielkiego (1999),
- ul. Piłsudskiego i łącznik przed Dworcem Głównym (1999),
- ul. Kołłątaja (1999),
- ul. Piaskowa i Św. Katarzyny z wlotem na pl. Dominikański (2000),
- ul. Grabiszyńska przy pl. Pereca (2001),
- ul. Legnicka przed skrzyżowaniem z ul. Wejherowską (2001),
- ul. Skargi (2001),
- oś Grunwaldzka pomiędzy pl. Grunwaldzkim a mostem Szczytnickim (2001),
- ul. Jedności Narodowej pomiędzy ul. Słowiańską a Nowowiejską (2004),
- ul. Osobowicka przy obu bramach cmentarza, ul. Serbskiej i Bałtyckiej (2004),
- ul. Św. Mikołaja (2005).

Niektóre z wymienionych PAT wykorzystywane są jedynie przez linie autobusowe nocne i awaryjne (ul. Piaskowa i Św. Katarzyny, ul. Skargi) albo tylko nocne (ul. Jedności Narodowej). Niektóre z odcinków wymienionych PAT nie są jeszcze wykorzystywane w ruchu autobusowym (oś Grunwaldzka) i czekają na realizację sąsiednich inwestycji. Planowane są następujące dalsze realizacje PAT:

- pl. Grunwaldzki,
- ul. Curie-Skłodowskiej,
- skrzyżowanie Al. Kochanowskiego i Różyckiego,
- skrzyżowanie ul. Dubois i Drobnera,
- pl. Powstańców Włkp.,
- ul. Kościuszki.



Rys.21 Istniejące i planowane PAT w śródmieściu Wrocławia

Dziesięcioletni okres pionierskiej eksploatacji PAT we Wrocławiu pozwala na sformułowanie pierwszych uwag i wniosków dotyczących ich funkcjonowania. Generalnie można wyróżnić dwie grupy przyczyn problemów z PAT:

- błędy w projektowaniu i wykonawstwie,
- błędy i przeszkody organizacyjne.

W zakresie pierwszej z wyróżnionych grup, najczęściej kłopotu sprawiają problemy skrajniowe, które ujawniły się zarówno na odcinkach prostych (ul. Piaskowa i Św. Katarzyny w stronę pl. Bema), jak i na łukach (Nowy Świat) oraz na wjazdach i zjazdach (pl. Dominikański, oś Grunwaldzka). W miejscach tych autobusy nie mogą mijać się z tramwajami, albo muszą zachować szczególną ostrożność.

Kolejnym kłopotliwym problemem okazały się błędy w projektowaniu sterowania ruchem. Pierwotne terminy uruchomienia PAT na ul. Dubois oraz Kazimierza Wielkiego ulegały przesunięciom, gdyż na odbiorach okazywało się, że autobusy otrzymywały światło zielone wraz z kolidującymi z nimi strumieniami pieszych. Projektując sygnalizację świetlną dla PAT-a na ul. Jedności Narodowej nie przewidziano fazy dla przejazdu autobusów w ulice Słowiańską i Nowowiejską, w efekcie czego PAT ten jest wykorzystywany tylko przez linie autobusowe nocne, kiedy sygnalizacja pracuje w trybie światła żółtego pulsującego. Błąd ten szczególnie uwidocznił swe negatywne skutki podczas remontu skrzyżowania ul. Sienkiewicza z Piastowską, kiedy to za tramwaje linii 0 i 1 kursował autobus 700, który niestety musiał omijać omawiany PAT, a ze względu na brak zwykłych przystanków autobusowych w obrębie tego skrzyżowania przesiadki na linie tramwajowe 6 i 11 z linii 700 stały się niemożliwe.

Pojedyncze błędy w projektowaniu dotyczyły następujących problemów:

- na pl. Dominikańskim, zamiast płynnego przejścia krawężnika z położenia szlakowego do przystankowego zastosowano załamanie w formie odwróconej litery "z" (rys.22), co może powodować niszczenie opon przy niewłaściwym najechaniu autobusu na krawędź przystanku,



Rys.22 Niewłaściwy przebieg krawężnika - PAT na pl. Dominikańskim

- na ul. Legnickiej geometria wjazdu wymusza na kierowcach autobusów wykonanie czterech bezpośrednio po sobie następujących skrętów (rys.23), co jest negatywnie odbierane przez pasażerów (bardziej odpowiednia byłaby w tym wypadku forma zmiany pasa ruchu).



Rys.23 Niekorzystna geometria wjazdu - PAT w ul. Legnickiej

W zakresie przeszkód organizacyjnych podstawowym problemem jest poziom współpracy pomiędzy zarządzającym a przewoźnikiem. Przykładowo:

- termin uruchomienia PAT na ul. Legnickiej był kilkakrotnie przekładany ze względu na rozbieżności, co do sposobu detekcji autobusów na PAT (MPK było przeciwne wykorzystaniu rozwiązania identycznego, jak przy przestawianiu zwrotnic tramwajowych).
- podczas odbiorów inwestycyjnych często dochodzi do sporów pomiędzy MPK i ZDiK, spowodowanych tym, że MPK wystawia do jazd próbnych trzyosiowe autobusy o długości 15 m, które jak już zostało napisane w niniejszym referacie, nawet przy poprawnie zaprojektowanej i zbudowanej infrastrukturze miewają kłopoty z przejazdem.
- pomimo 10-letniego okresu funkcjonowania rozwiązań typu PAT, po dziś dzień zdarzają się we Wrocławiu kierowcy autobusów wjeżdżający lub zjeżdżający z PAT w nieodpowiednich miejscach, w sposób zagrażający bezpieczeństwu ruchu.

W zakresie błędów organizacyjnych podstawowym problemem jest właściwe odczytanie korzyści płynących z zastosowania PAT i w efekcie przyjęcie najodpowiedniejszego wariantu oraz modelu.

W wyniku niekorzystnego ustalenia granicy inwestycji (niewykonania zabudowy torowiska tramwajowego na odcinku ul. Kazimierza Wlk. przed skrzyżowaniem z ul. Ruską) autobusy linii 144 w celu wprowadzenia na PAT na ul. Kazimierza Wielkiego zostały skierowane na trasę przez ul. Podwale (zwykle zakorkowaną w szczycie) i pl. 1 Maja, co wydłużyło ich przejazd w szczycie nawet o 8 minut.

Na ul. Dubois autobus pośpiesznej linii "C", ze względu na zbyt często rozmieszczone przystanki tramwajowe omija PAT, w efekcie czego w okresie szczytu utyka w korku i jest wyprzedzany przez autobus zwykłej linii "128" korzystający z PAT (rys.24).



Rys.24 Ul. Dubois - przewaga autobusów korzystających z PAT

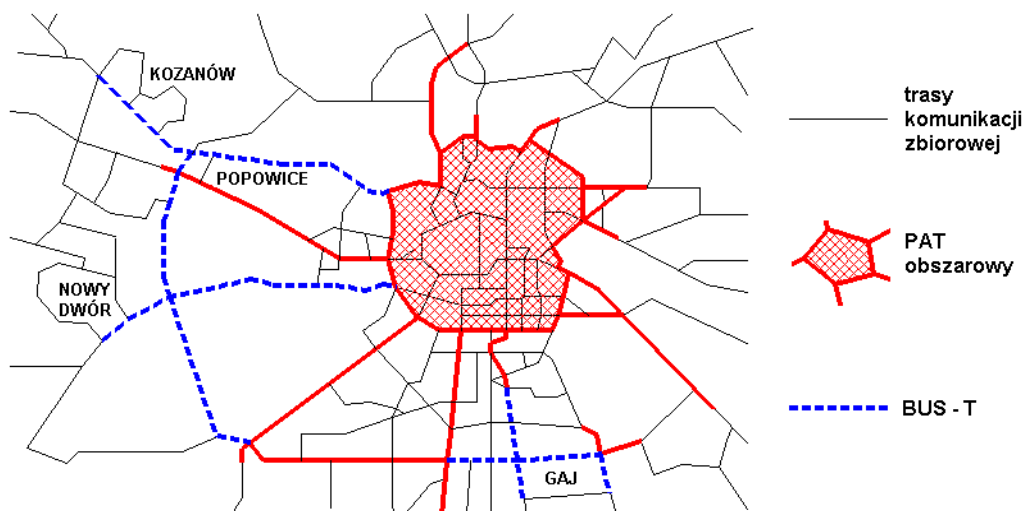
Dotychczasowe zastosowanie PAT we Wrocławiu odbywa się według modelu punktowego (autobusy wprowadza się na torowiska tramwajowe tylko na wybranych ich długościach, tak aby ominąć zakorkowane zwykle w szczycie fragmenty ulic albo ułatwić przesiadanie się pasażerów w węzłach). Mimo niewątpliwych korzyści tego typu rozwiązania pojawiły się nowe problemy:

- pogorszenie płynności oraz bezpieczeństwa ruchu na początkach i końcach tak zaprojektowanych PAT,
- dezorientacja pasażerów wynikająca z faktu, że w niektórych miejscach autobusy i tramwaje odjeżdżają z przystanków wspólnych, w innych zaś z osobnych.

Problemy te można znacznie ograniczyć jeżeli PAT zostanie zastosowany w formie rozwiązania obszarowego (rys.25) obejmującego:

- wszystkie wspólne trasy tramwajowe i autobusowe w obszarze centrum miasta oraz główne trasy wylotowe i obwodowe poza obszarem centrum,
- ważniejsze trasy pozbawione komunikacji tramwajowej, gdzie wskazane jest zastosowanie pasów autobusowych wydzielonych według modelu tramwajowego (BUS-T).

Propozycja takiego rozwiązania dla Wrocławia została przedstawiona w 2003 roku władzom tego miasta [16].



Rys.25 Propozycja zintegrowanego systemu komunikacji tramwajowo-autobusowej dla Wrocławia

Niestety Wrocław jest przykładem niepokojącej tendencji, polegającej na wykorzystywaniu PAT w celach innych, niż te którym pierwotnie miały służyć.

Odcinki PAT wdrożone niedawno na ul. Osobowickiej służą tak na prawdę nie tyle usprawnieniu komunikacji zbiorowej, co uniknięciu blokowania ruchu samochodów (tymczasowy przebieg tranzytu do czasu wybudowania fragmentu obwodnicy śródmiejskiej pomiędzy mostem Milenijnym a ul. Żmigrodzką) przez autobusy stojące na przystanku (brak możliwości wykonania zatok, ze względu na sąsiedztwo wałów powodziowych rzeki Odry). Niestety podobne podejście do problemu wykazano przy opracowywaniu koncepcji przebudowy skrzyżowania ul. Żmigrodzkiej, Bałtyckiej i Kamieńskiego, której autor zaproponował rozwiązania w formie PAT, ale nie tam, gdzie byłyby najbardziej korzystne z punktu widzenia użytkowników komunikacji zbiorowej, lecz wszędzie tam, gdzie autobusy będą "przeszkadzać" w ruchu samochodów. Na szczęście koncepcja ta jak dotąd, nie doczekała się dalszej realizacji

W przypadku niektórych wrocławskich wdrożeń PAT, priorytet dla autobusów uzyskano kosztem ograniczeń nie ruchu samochodowego, lecz kosztem pieszych:

- w celu umożliwienia wyjazdu autobusom z PAT na ul. Ruskiej w stronę pl. Dominikańskiego wprowadzono dodatkową fazę sygnalizacji świetlnej kosztem skrócenia światła zielonego dla pieszych na przejściach przez obie jezdnie ul. Kazimierza Wielkiego, w efekcie czego przestało być możliwe pokonanie obu tych przejść "za jednym razem", a czas ich pokonania wydłużył się o długość cyklu - 80 sekund.
- projektując PAT w osi Grunwaldzkiej założono zbyt szeroki rozstaw osiowy torów, dostosowany do ułożenia na międzytorzu dwóch typowych prefabrykowanych płyt żelbetowych, w efekcie czego niekorzystnemu zawężeniu uległy wysepki przystanków (jest to o tyle dziwne, że producent płyt dawał możliwość zamówienia wymiaru innego niż typowy).

7. Analiza możliwości zastosowania PAT w Warszawie

7.1. Ocena stanu istniejącego

Komunikację zbiorową miasta Warszawy współtworzą cztery podsystemy: kolej, metro, tramwaje i autobusy. Paradoksalnie udział tych czterech środków transportu w przewozach wewnątrzmiastowych jest odwrotnie proporcjonalny do ich zdolności przewozowych. Najmniejszy, nie przekraczający obecnie 1 % udział posiada kolej, i to pomimo dobrze rozwiniętej infrastruktury. Udział ten jest kilkakrotnie mniejszy w porównaniu z okresem lat 70-tych. Metro, począwszy od 1995 roku, sukcesywnie w miarę wydłużania pierwszej linii przejmując pasażerów od swoich konkurentów i obecnie posiada udział około 9 % przewozów komunikacją zbiorową. Tramwaje i autobusy, realizując odpowiednio około 30 i 60 % przewozów w segmencie transportu publicznego, wciąż stanowią podstawę komunikacji zbiorowej w Warszawie.

Warszawa jest największym ośrodkiem komunikacji tramwajowej i autobusowej w Polsce. Jedynie pod względem długości tras ustępuje aglomeracji górnośląskiej, natomiast pod względem ruchu (liczby taboru, realizowanych wozokilometrów) osiąga najlepsze wyniki w kraju, przy czym w przeliczeniu na 1 mieszkańca ustępuje już niektórym innym dużym miastom.

W Warszawie na 32 liniach tramwajowych (w tym 3 okresowych) w szczycie dnia roboczego kursuje około 370 pociągów tramwajowych. Eksploatowanych jest 121 km torowisk tramwajowych. Pomimo dużego udziału torowisk wydzielonych z jezdni

wynoszącego 95 % średnia prędkość komunikacyjna tramwajów osiąga 18,5 km/h, co jest głównie spowodowane stratami czasu na skrzyżowaniach i poprzecznych przejazdach przez torowisko, w efekcie:

- stosowania sygnalizacji świetlnej przydzielających tramwajom przejazdy kolidujące z innymi uczestnikami ruchu (rys.26),
- braku sygnalizacji na niektórych dużych skrzyżowaniach (np. ronda Starzyńskiego i Radosława),
- marginalnego zakresu priorytetów dla tramwajów na skrzyżowaniach z sygnalizacją świetlną,
- braku centralnego systemu sterowania ruchem.



Rys.26 Przydzielanie tramwajom przejazdów kolidujących z innymi uczestnikami ruchu

Złą stroną komunikacji tramwajowej jest wysoka wartość średniego wieku taboru (21,5 lat) oraz niski procent pojazdów niskopodłogowych (6,7 %).

W Warszawie w szczycie dnia roboczego kursuje około 1395 autobusów na następujących ilościach i rodzajach linii:

- 107 zwykłych (w tym 16 okresowych),
- 32 przyspieszonych (w tym 10 okresowych),
- 5 ekspresowych,
- 31 podmiejskich (w tym 4 okresowych).

Długość tras autobusowych linii dziennych wynosi 962 km, a średnia osiągnięta prędkość komunikacyjna dla linii zwykłych - 21,4 km/h. Pomimo, że znaczna część tras przebiega szerokimi dwujezdniowymi ulicami o dwóch lub trzech pasach ruchu w jednym kierunku, w okresach szczytu autobusy grzęzną w korkach, a ich średnia prędkość komunikacyjna spada poniżej tramwajowej. Udział wydzielonych pasów autobusowych jest niewielki (0,8 %), a skuteczność ich wydzielenia bardzo niska (rys.27). Podobnie jak w przypadku tramwajów marginalny jest zakres priorytetów dla autobusów w sterowaniu sygnalizacją świetlną. Średni wiek taboru autobusowego wynosi 11 lat. Dobrą stroną komunikacji autobusowej jest natomiast wysoki procent pojazdów niskopodłogowych (43 %).



Rys.27 Niska skuteczność wydzielenia pasa autobusowego w Al. Niepodległości.

Warszawa posiada stosunkowo dobrze rozwiniętą sieć tras tramwajowych, pozwalających na obsługę głównych kierunków przewozów. Niestety tramwaj nie obsługuje wszystkich rejonów miasta pozbawionych innego rodzaju transportu szynowego (kolei albo metra). Nie dociera do niektórych dużych osiedli na przedmieściach (Gocław, Stegny - Sadyba, Targówek, Tarchomin - Nowodwory) oraz nie obsługuje niektórych kluczowych tras w śródmieściu (Krakowskie Przedmieście - Nowy Świat - Al. Ujazdowskie; Trasa Łazienkowska, Wisłostrada), nie zapewnia też połączenia z lotniskiem Okęcie. Niektóre z wymienionych rejonów pozbawione zostały komunikacji tramwajowej w wyniku nieprzemyślanych likwidacji torowisk w przeszłości (trasa do Wilanowa).

Słabą stroną warszawskiej sieci tramwajowej jest brak rozjazdów umożliwiających zmianę kierunku jazdy na niektórych kluczowych skrzyżowaniach (Al. Jerozolimskich z Al. Jana Pawła II i ul. Marszałkowską) co powoduje duże perturbacje w sytuacji chwilowych zatrzymań ruchu spowodowanych wypadkami lub awariami oraz utrudnia organizowanie objazdów na czas planowych remontów torowisk.

Niedoskonałości sieci tramwajowej są rekompensowane komunikacją autobusową, która oprócz funkcji obsługującej (dowóz do tramwaju i metra) pełni również funkcje głównego środka przewozowego. O przemieszaniu funkcji świadczy również zróżnicowanie typów linii autobusowych na zwykłe, przyspieszone i ekspresowe. Konsekwencją jest pokrywanie się tras linii autobusowych z tramwajowymi. Niestety oba te podsystemy nie współpracują ze sobą. Przystanki tramwajowe lokalizowane są najczęściej przed skrzyżowaniami w osiach ulic, natomiast autobusowe - za skrzyżowaniami, przy zewnętrznych krawędziach ulic, w efekcie czego tramwaje konkurują z autobusami, jeśli weźmiemy pod uwagę odjazdy z różnych, oddalonych od siebie przystanków, pomimo pokrywania się tras.

Ze względu na niewygodne węzły przesiadkowe dąży się do zapewnienia połączeń bezpośrednich, przez co w komunikacji tramwajowej i autobusowej funkcjonują w Warszawie modele dużej liczby linii o niskiej częstotliwości. Ze względu na różne częstotliwości kursowania linie nie są ze sobą synchronizowane, co powoduje bardzo negatywnie odbierane przez pasażerów zjawisko "jeżdżenia stadami". Obecnie na świecie odchodzi się od tego typu rozwiązań ze względu na ich wady: małą

przejrzystość systemu spowodowaną dużą liczbą linii, długi czas oczekiwania na przystanku spowodowany niską częstotliwością, nieefektywne wykorzystanie taboru.

Kolejną wadą linii tramwajowych i autobusowych w obecnym kształcie jest ich skomplikowany przebieg, generujący zjawisko "niepotrzebnego tranzytu". Zdaniem autora niniejszego referatu w Warszawie potrzebna jest gruntowna modyfikacja układu linii tramwajowych i autobusowych polegająca na znacznym ograniczeniu ich liczby, przy jednoczesnym wzroście częstotliwości oraz uproszczeniu ich przebiegu. Próba przeprowadzenia takiej reorganizacji w zakresie linii tramwajowych została podjęta w 2004 roku. Niestety ze względu na krytyczne opinie pasażerów i niektórych jednostek współuczestniczących w zarządzaniu transportem zbiorowym została odłożona na bliżej nieokreśloną przyszłość. Kilkakrotnie natomiast wprowadzono korekty przebiegu linii tramwajowych i autobusowych w związku z otwarciem, a następnie wydłużaniem trasy pierwszej linii metra.

7.2. Określenie modelu PAT najbardziej odpowiedniego dla Warszawy

W przypadku podjęcia decyzji o zastosowaniu PAT, do wyboru są następujące trzy możliwe modele rozwiązania - o charakterze:

- punktowym (pojedyncze odcinki ulic),
- obszarowym (wybrane rejony miasta, np. główne centrum i lokalne centra przedmieść),
- systemowym (cała sieć tramwajowa).

W przypadku Warszawy, za przyjęciem rozwiązania obszarowego albo systemowego przemawia praktycznie jeden, ale za to bardzo mocny następujący argument. Otóż, trasy tramwajowe aż w 90 % pokrywają się z trasami autobusowymi. W celu lepszego wykorzystania obu podsystemów (zastąpienia konkurencji współdziałaniem) celowa jest ich maksymalna (w przypadku rozwiązania obszarowego) albo wręcz pełna (w przypadku rozwiązania systemowego) integracja.

Innego typu argumentem jest niski udział tramwajów niskopodłogowych - obecny, ale i najprawdopodobniej również w przyszłości, co jest spowodowane dużą różnicą cen nowego niskopodłogowego tramwaju i autobusu. W trakcji autobusowej praktycznie już za kilka lat dojdzie do wymiany całego starego taboru na nowy - wyłącznie niskopodłogowy, w tramwajach zaś - nie tak prędko. W celu zrekompensowania pasażerom tramwajów niskiego udziału pojazdów niskopodłogowych pożądana jest więc jak najdalej posunięta integracja komunikacji tramwajowej z autobusową.

Za przyjęciem rozwiązania punkowego przemawiają natomiast następujące argumenty:

- niski procent torowisk zabudowanych - przystosowanych do ruchu innych pojazdów (13 %),
- wysoki procent torowisk usytuowanych z boku ulic (45 %),
- wyczerpanie przepustowości głównych tras tramwajowych w centrum,
- stosunkowo duży procent jednoczłonowych trzyosobowych autobusów (19 %),
- stosunkowo duży udział linii autobusowych przyspieszonych i ekspresowych,
- dobre parametry obecnych tras autobusowych (duży udział ulic dwujezdniowych z 2 lub 3 pasami ruchu w każdym kierunku),
- organizacja i sterowanie ruchem nieodpowiednie dla wdrażania większych rozwiązań systemowych z zakresu usprawniania komunikacji zbiorowej (niski udział sygnalizacji kierunkowych, brak centralnego systemu sterowania ruchem, marginalny zakres priorytetów dla pojazdów komunikacji zbiorowej),

- plany na przyszłość zakładające, iż podstawą systemu komunikacji zbiorowej ma być transport szynowy, natomiast komunikacja autobusowa ma stanowić jedynie uzupełnienie [17].

Podsumowując, w obecnym układzie najbardziej odpowiednim dla Warszawy okazuje się być model rozwiązania punktowego.

Należy jednakże liczyć się z dalszym wzrostem kongestii, który w przyszłości najprawdopodobniej i tak wymusi konieczność zabudowy torowisk tramwajowych w celu umożliwienia przejazdu pojazdom służb ratowniczych, jak również z niebezpieczeństwem zmniejszenia wydatków na komunikację zbiorową, co skutkować może regresem w komunikacji tramwajowej na korzyść rozwoju komunikacji autobusowej. Nie należy więc z góry przekreślać możliwości zastosowania w Warszawie PAT według modeli alternatywnych. Najbezpieczniejszym rozwiązaniem byłoby przyjęcie rozwiązania punktowego, z możliwością jego rozszerzenia poprzez rozwiązanie obszarowe, aż do systemowego.

7.3. Dotychczasowe propozycje zastosowania PAT w Warszawie

W roku 2002 na zamówienie Biura Zarządu miasta stołecznego Warszawy wykonane zostały prace studialne [18], których celem było sprawdzenie możliwości wprowadzenia ruchu autobusów komunikacji miejskiej na torowiska tramwajowe. Ze względu na specyfikę uwarunkowań warszawskich wybrano zastosowanie PAT według modelu punktowego. Jako kryteria wyboru lokalizacji przyjęto:

- utrudnienia w ruchu autobusowym,
- rezerwy w wykorzystaniu przepustowości wydzielonych torowisk,
- niskie koszty adaptacji torowisk,
- kolizyjność PAT z innymi uczestnikami ruchu miejskiego,
- spójność układu linii i przystanków tramwajowych i autobusowych.

W wyniku analiz całego układu tras komunikacji tramwajowej i autobusowej przygotowano program wdrożenia ośmiu najbardziej atrakcyjnych lokalizacji PAT (rys.28):

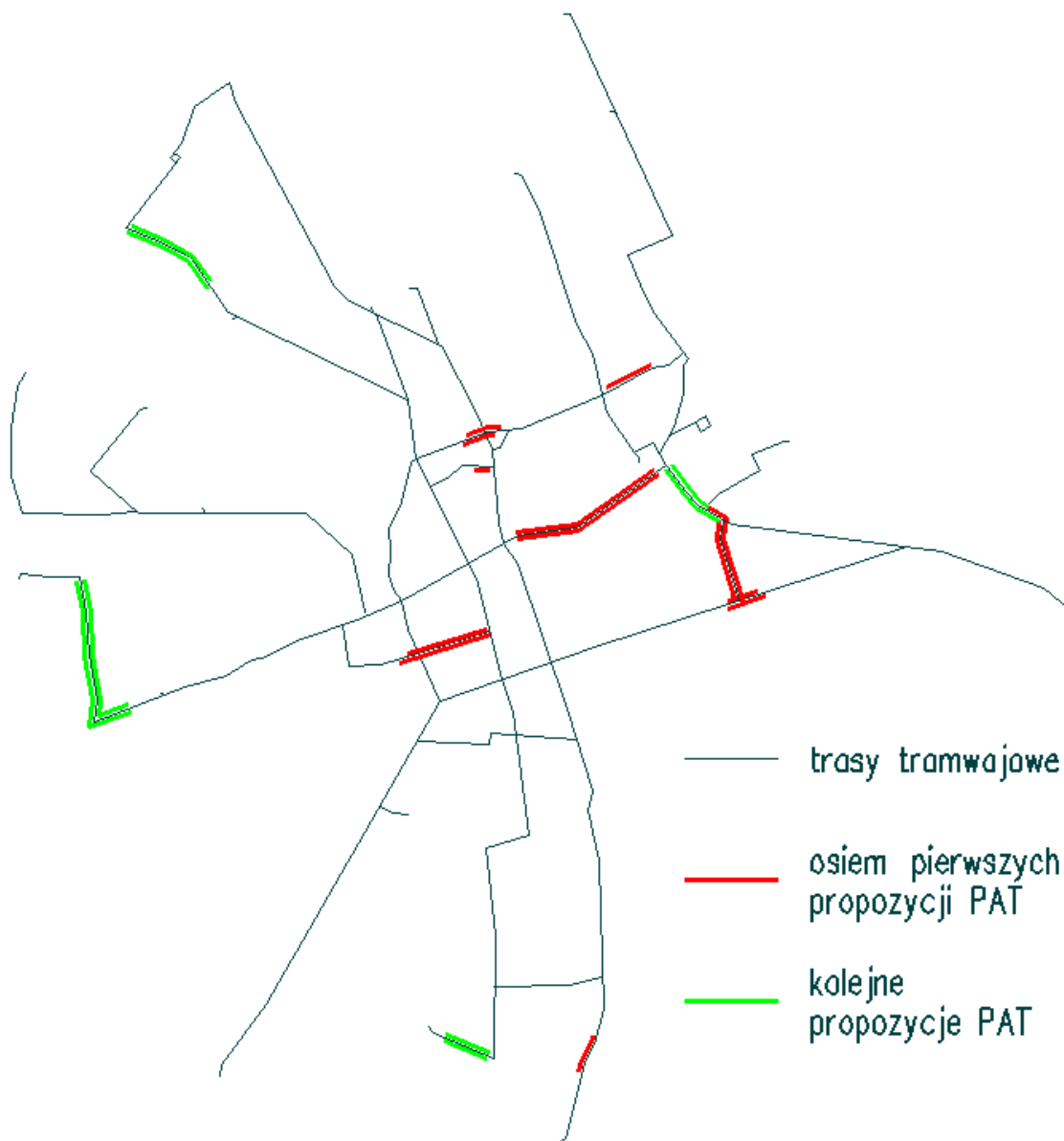
1. na ul. Puławskiej przy skrzyżowaniu z Al. Wilanowską w kierunku południowym,
2. na ul. Słomińskiego przed Dworcem Gdańskim w obu kierunkach,
3. na ul. Starzyńskiego od skrzyżowania z ul. Namysłowską do ronda Starzyńskiego w kierunku zachodnim,
4. na ul. Prostej od ronda Daszyńskiego do ronda ONZ w obu kierunkach,
5. na Al. Solidarności od pl. Bankowego do ul. Targowej w obu kierunkach,
6. na ul. Stawki przed skrzyżowaniem z ul. Andersa w kierunku wschodnim,
7. w obrębie ronda Waszyngtona wzdłuż osi wschód-zachód w obu kierunkach,
8. od ronda Waszyngtona Al. Zieleniecką, ul. Zamojskiego i ul. Targową do skrzyżowania z ul. Kijowską, z powrotem tylko Al. Zieleniecką (tylko dla linii przyspieszonych).

Zaproponowano następujący harmonogram wdrożenia programu:

- rok 2003: lokalizacje nr 1 i 2,
- rok 2004: lokalizacje od nr 3 do nr 6,
- rok 2005: lokalizacje nr 7 i 8.

Największe szanse realizacji (głównie ze względu na niski koszt w stosunku do spodziewanych pozytywnych efektów) posiadał PAT w Al. Solidarności. Niestety ze względu na krytyczne opinie ZTM i Policji jego uruchomienie w końcu 2004 roku nie doszło do skutku.

Co prawda rok 2005 jeszcze się nie zakończył, lecz nie należy oczekiwać aby którakolwiek z zaproponowanych w omawianym opracowaniu lokalizacji PAT została do tego czasu wdrożona.



Rys.28 Propozycje PAT dla Warszawy według opracowania [18]

7.4. Nowe propozycje zastosowania PAT w Warszawie

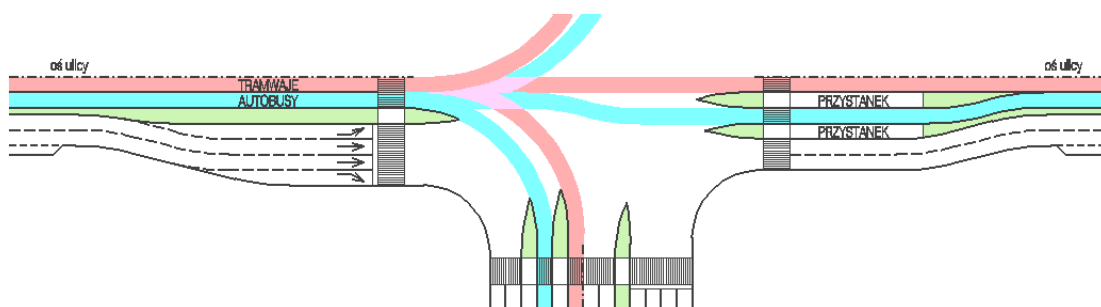
W omawianym w poprzednim punkcie opracowaniu [18], w przypadku pozytywnych doświadczeń z funkcjonowania wdrożonych PAT, zaproponowano następujące kolejne ich lokalizacje (rys.28):

1. na ul. Targowej od Al. Solidarności do ul. Zielenieckiej,
2. na ul. Marynarskiej od ul. Wołoskiej do ul. Taśmowej,
3. na ul. Połczyńskiej od Fortu Wola do ul. Powstańców Śl.,
4. na ul. Powstańców Śl. od ul. Połczyńskiej do ul. Górczewskiej,
5. na ul. Wólczyńskiej od ul. Reymonta do ul. Nocznickiego.

8. Nowy model kształtowania infrastruktury ulicznych środków transportu zbiorowego

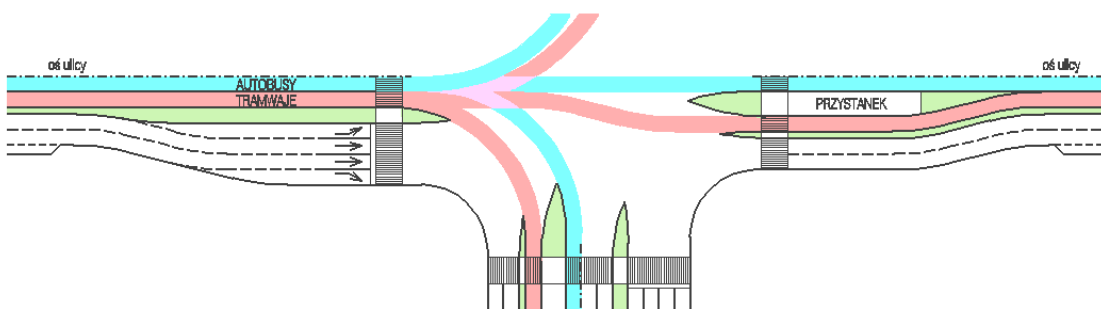
Podstawową przeszkodą zastosowania w Warszawie PAT według modelu obszarowego albo systemowego jest wyczerpanie przepustowości torowisk tramwajowych w centrum.

Przeszkodę tę można jednakże potraktować nie jako argument przeciwko stosowaniu rozwiązania typu PAT, lecz jako powód opracowania nowej, nieco luźniejszej jego formy, w której integracja komunikacji tramwajowej z autobusową nie będzie polegać na tworzeniu wspólnego pasa ruchu, lecz ograniczy się jedynie do wyznaczenia wydzielonego pasa autobusowego, ale w bezpośrednim sąsiedztwie toru tramwajowego. Ideę takiego rozwiązania przedstawiono na rys.29.



Rys.29 PAT jako "pasy sąsiadujące" - wariant z tramwajem w środku

Jeżeli ponadto zamienimy miejscami pas autobusowy z tramwajowym (rys.30), uzyskamy większe uniezależnienie ruchu autobusowego od samochodowego, a w przypadku eksploatacji tramwajów z drzwiami po obu stronach możliwe będzie stosowanie znacznie korzystniejszych z punktu widzenia pasażera pojedynczych przystanków dwukrawędziowych (wspólnych dla tramwajów i autobusów).



Rys.30 PAT jako "pasy sąsiadujące" - wariant z autobusem w środku

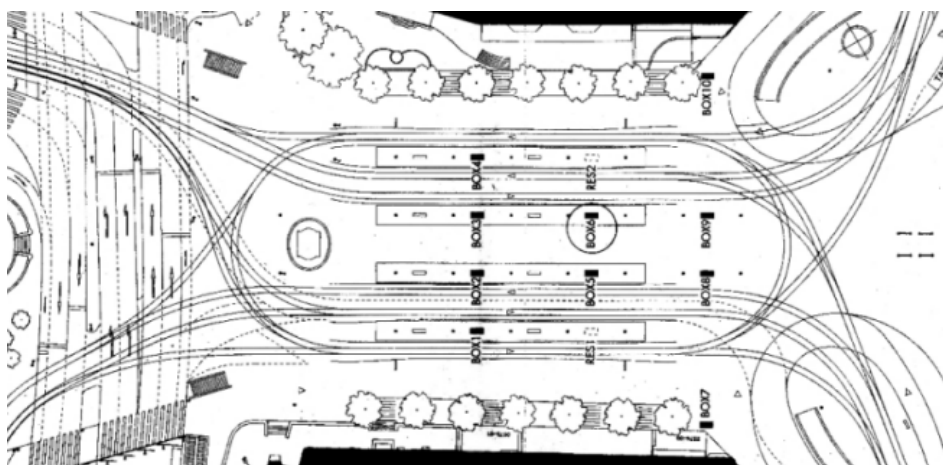
Przy takiej konfiguracji w prosty sposób można również rozwiązać problem blokowania przejazdu autobusów linii przyspieszonych i ekspresowych - jeśli przystanek zlokalizujemy tylko po prawej stronie pasa tramwajowego, po którym dopuścimy również ruch linii autobusowych zwykłych. Rozwiązanie to nawiązuje do stosowanych w systemach metra autobusowego (BRT - Bus Rapid Transit) osobnych wydzielonych pasów dla linii ekspresowych i zwykłych (rys.31).



Rys.31 Bogota - pasy autobusowe zewnętrzne dla linii ekspresowych, wewnętrzne - dla zwykłych [8]

U podstaw proponowanych rozwiązań leży problem niewystarczającej przepustowości torów tramwajowych oraz wydzielonych pasów autobusowych. Należy jednakże zaznaczyć, że przepustowości te odnoszą się do przystanków (gdzie ograniczeniem jest czas wymiany pasażerów) oraz wlotów skrzyżowań (gdzie ograniczeniem jest czas oczekiwania na zielone światło), natomiast na odcinkach pomiędzy nimi przepustowości te są conajmniej dwukrotnie większe. Dlatego w rozwiązaniach przedstawionych na rysunkach 29 i 30 osobne pasy dla tramwajów i autobusów mogą być potrzebne jedynie na wlotach skrzyżowań i na długości przystanków, natomiast na odcinkach pomiędzy nimi najczęściej możliwe będzie ich łączenie, czyli zastosowanie klasycznego PAT.

W dużych węzłach przesiadkowych, w których następuje rozplot linii może być natomiast konieczny nieco inny zabieg - podział na kilka równoległych klasycznych PAT z przystankami, w zależności od dalszego przebiegu linii (integracja ze względu na kierunek ruchu pojazdów komunikacji zbiorowej). Z tego względu przystanki należy lokalizować na wylotach skrzyżowań albo w formie układów wzorowanych na stacjach kolejowych (rys.32). Jednocześnie należy pamiętać o tym, aby przystanki umieszczać jak najbliżej siebie, dbając o jak najkrótszą drogę przejścia z jednych na drugie.



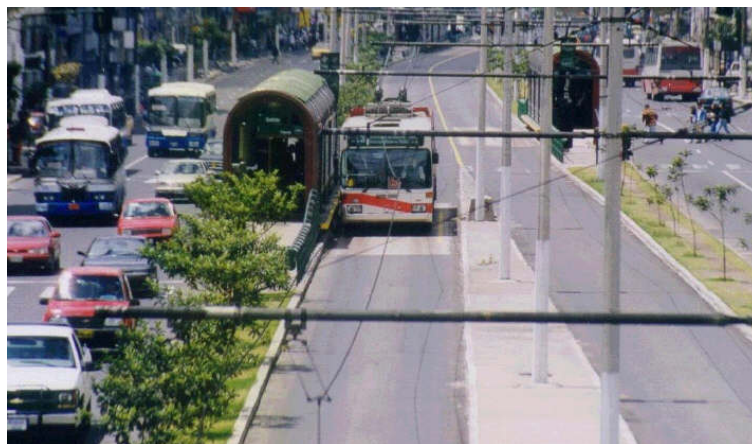
Rys.32 Bazylea - węzeł komunikacji zbiorowej w układzie stacji kolejowej [19]

Dobrym przykładem rozwiązania tego typu może być planowany we Wrocławiu węzeł przesiadkowy na pl. Grunwaldzkim (rys.33).



Rys.33 Planowany układ węzła przesiadkowego na pl. Grunwaldzkim we Wrocławiu [20]

Na odcinkach tras pozbawionych komunikacji tramwajowej wskazane jest natomiast stosowanie opisanego już w referacie (rys.16) sposobu wydzielania pasów autobusowych albo trolejbusowych według modelu tramwajowego (BUS-T) albo w sposób znany z rozwijających się bardzo dynamicznie w obu Amerykach i południowo wschodniej Azji systemów BRT (rys.34).



Rys.34 Quito - pasy trolejbusowe jako osobne wydzielone jezdnie [8]

Zaproponowane w niniejszym punkcie rozwiązania nazwane nowym modelem kształtowania infrastruktury ulicznych środków transportu zbiorowego uniwersalnie można zdefiniować jako wydzielanie z ruchu ogólnego pewnej przestrzeni przekroju poprzecznego ulicy w postaci grup pasów ruchu przeznaczonych wyłącznie dla ulicznych pojazdów komunikacji zbiorowej (tramwajów, autobusów i trolejbusów) wraz z zapewnieniem im priorytetu w sterowaniu ruchem, natomiast bez narzucania z góry ostatecznej konfiguracji wykorzystania tych pasów (przydzielenia konkretnym rodzajom pojazdów), co powinno być w znacznej mierze dowolne, zależne od konkretnych potrzeb.

W tak zdefiniowanym modelu ulega zatarciu klasyczny podział linii komunikacji zbiorowej ze względu na rodzaj pojazdu (tramwajowe, autobusowe, trolejbusowe), nabiera natomiast znaczenia podział ze względu na standard obsługi:

- linie podstawowe, uzupełniające albo peryferyjne,
- linie zwykłe albo pośpieszne (przyspieszone, ekspresowe).

Taki model cechuje znacznie większa elastyczność w dostosowywaniu go do zmian w popycie na usługi transportowe oraz większa atrakcyjność ze względu na:

- zastąpienie konkurencji współdziałaniem,
- możliwość zrekompensowania wad jednych środków zaletami innych.

9. Podsumowanie

Obserwując inne światowe metropolie, należy liczyć się z ciągłym wzrostem zjawiska kongestii w Warszawie. W okresach szczytów komunikacyjnych coraz większy obszar stolicy będzie się zamieniał w jeden wielki korek. Nie podjęcie żadnych działań doprowadzi do paraliżu komunikacyjnego miasta.

O ile komunikacja tramwajowa, dzięki fizycznemu wydzieleniu torowisk, będzie mogła funkcjonować w warunkach kompletnego zatłoczenia motoryzacyjnego, to w przypadku komunikacji autobusowej konieczne jest wprowadzenie zmian. Albo należy je usunąć z obszarów podlegających kongestii, albo wydzielić tak jak torowiska tramwajowe, i tu PAT okazuje się być świetnym instrumentem.

Niestety, niewdrożenie ani jednego z ośmiu proponowanych w opracowaniu [18] odcinków PAT pokazuje, że nie nastał jeszcze czas mówienia gdzie należy w Warszawie zastosować PAT, ale że nadal jesteśmy na etapie mówienia dlaczego w ogóle warto stosować PAT. Czytelnicy niniejszego referatu mogą być rozczarowani, że jego autor nie przedstawił żadnych własnych propozycji lokalizacji nowych PAT w Warszawie, ale zostało to uczynione celowo.

Tak jak już zostało napisane konieczna jest zmiana sposobu myślenia, ale nie użytkowników systemu transportowego (kierowców, pasażerów pojazdów komunikacji zbiorowej) lecz wszystkich osób odpowiedzialnych za jego współtworzenie, eksploatację i kreowanie jego wizerunku.

Skoro PAT według modelu punktowego nie okazał się rozwiązaniem wystarczająco korzystnym, może warto sięgnąć po pełniejsze rozwiązanie, zaproponowane w poprzednim punkcie?

Podsumowując, dla Warszawy możliwe jest zastosowanie PAT według modelu obszarowego albo systemowego dzięki połączeniu rozwiązań PAT w formach "klasycznej" i "pasów sąsiadujących" oraz pasów autobusowych wydzielonych według modelu tramwajowego (BUS-T). Oczywiście jest to zadanie wieloetapowe, którego realizację należałoby przewidywać nawet na kilkanaście lat. Wdrożenie proponowanego rozwiązania wymaga jednakże odejścia od stosowania skrzyżowań z wyspą centralną i sygnalizacją dwufazową na rzecz rozwiązań z wielofazowymi sygnalizacjami z

wydzielonymi relacjami kierunkowymi, co niestety w Warszawie wiązałoby się z gruntowną przebudową dużej liczby skrzyżowań. Z drugiej zaś strony wdrożenie proponowanego rozwiązania mogłoby mieć znaczenie prestiżowe, Warszawa dołączyłaby do miast, w których zastosowano nowe, oryginalne rozwiązanie z zakresu transportu zbiorowego.

Literatura:

- [1] Kruszyna M., Makuch J., Trzciniowicz B., "Autobus na torowisku tramwajowym we Wrocławiu". *Transport Miejski* 9/1999, str. 2-7.
- [2] Brzeziński A., Sambor A., "Uwarunkowania dotyczące wprowadzenia ruchu autobusów komunikacji miejskiej na torowiska tramwajowe". *Transport Miejski* 5/2003, str. 9-11.
- [3] <http://www.igkm.pl>
- [4] Makuch J.: "Pasy autobusowo-tramwajowe jako rozwiązanie systemowe na obszarze centrum miasta", *Autobusy* 7-8/2001, str. 26-35.
- [5] "Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie". *Dziennik Ustaw Rzeczypospolitej Polskiej* Nr 43, pozycja 430.
- [6] "Prawo o ruchu drogowym. Ustawa z dnia 20 czerwca 1997". *Dziennik Ustaw Rzeczypospolitej Polskiej* Nr 98.
- [7] Stiasny M.: "Koniec ery duobusów w Essen", *Autobusy* 1-2/2003, str. 48-51.
- [8] "Bus Rapid Transit. A Sourcebook for Policy-makers in Developing Cities", GTZ; www.sutp.org/publications.aspx
- [9] Kleevers P.-J. F., "Dynamic Traffic Management and Traffic Information in the city of Utrecht".
- [10] Chang J., Chung H.: "Taipei Dedicated Bus Lane", *International Seminar on Human Mobility, Bogota, Colombia 2003*; www.itdp.org/seminar.html
- [11] Makuch J.: "Propozycja organizacji i sterowania ruchem ulicznym w centrach miast według modelu kolejowego", *II Konferencja "Telematyka i bezpieczeństwo ruchu drogowego"*, Katowice - Ustroń Jaszowiec 2002.
- [12] Makuch J.: "Wycinkowy model organizacji i sterowania ruchem z priorytetem dla komunikacji zbiorowej w centrach zatłoczonych miast", *IV Konferencja Naukowo-Techniczna "Telematyka i bezpieczeństwo ruchu drogowego"*, Katowice - Ustroń Zawodzie 2004.
- [13] Makuch J.: "Zastosowanie tworzyw sztucznych w nowoczesnych rozwiązaniach konstrukcji torowisk tramwajowych w Polsce", *XLVII Konferencja Naukowa Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN i Komitetu Nauki PZITB, Tom 4 - Inżynieria Komunikacyjna*, Krynica 2001.
- [14] Brzeziński A., Sambor A., "Koncepcja lokalizacji wspólnych torowisk tramwajowo-autobusowych w Warszawie". *Transport Miejski* 6/2003, str. 10-14.
- [15] Bruchal I., Cebula I., "Przywileje pojazdów transportu zbiorowego w Śródmieściu Krakowa. Wdrożone rozwiązania: pasy wydzielone, wspólne przystanki tramwajowo-autobusowe". *Transport Miejski* 11/2003, str. 2-4.
- [16] Makuch J.: "Propozycja zintegrowanego systemu pasów autobusowo-tramwajowych dla Wrocławia", *Wrocław 2000 Plus. Studia nad strategią miasta*, Wrocław 2003.
- [17] "Polityka transportowa dla miasta stołecznego Warszawy", *Uchwała Rady m. st. Warszawy z dnia 27 listopada 1995 roku*.

- [18] "Analiza możliwości i celowości wprowadzenia autobusów na wybrane torowiska tramwajowe w Warszawie", Zespół Doradców Gospodarczych TOR, Warszawa 2002.
- [19] Wesołowski J.: "Dworzec elementem miejskiego continuum", Technika Transportu Szynowego 7-8/2002, str.: 22-31 oraz "Tramwaj współczesny - spojrzenie urbanisty", Technika Transportu Szynowego 9/2000, str.: 14-21.
- [20] Kruszyna M., Lutogniewski J., Trzciniowicz B.: "Problemy przebudowy dużego skrzyżowania będącego węzłem przystanków komunikacji zbiorowej na przykładzie pl. Grunwaldzkiego we Wrocławiu", IV Konferencja Naukowo-Techniczna "Telematyka i bezpieczeństwo ruchu drogowego", Katowice - Ustroń Zawodzie 2004.