

Gerard Krawczyk  
Politechnika Warszawska Wydział Transportu

Michał Rozwałka  
Politechnika Warszawska Wydział Transportu

## **PRIORYTETY W STEROWANIU RUCHEM ZBIOROWEJ KOMUNIKACJI AUTOBUSOWEJ**

**Streszczenie:** W referacie przedstawiono sposoby i metody uprzywilejowania autobusowej komunikacji publicznej. Szczególną uwagę poświęcono wydzielonym pasom ruchu dla pojazdów autobusowej komunikacji zbiorowej oraz priorytetom przy sygnalizacjach świetlnych. Dodatkowo opisano niekonwencjonalne sposoby uprzywilejowania. Referat zawiera również wyniki badań z przeprowadzenia symulacji dla zamodelowanego odcinka ciągu skrzyżowań wzdłuż jednej z ulic w Warszawie.

**Słowa kluczowe:** Priorytety dla autobusów, wydzielony pas ruchu, bus pas, priorytet przejazdu przez skrzyżowanie.

### **1. METODY I ŚRODKI UPRZYWILEJOWANIA AUTOBUSÓW**

Stosowane metody i środki zapewniające priorytet komunikacji zbiorowej można podzielić na prawne i techniczne. Środki prawne to przepisy, które zapewniają priorytet autobusom włączającym się do ruchu z przystanków na obszarach zabudowanych. Przepisy te reguluje Ustawa „Prawa o ruchu drogowym”.

Do najczęściej stosowanych metod i środków uprzywilejowania autobusów należą:

- wydzielone pasy ruchu o kierunku zgodnym z ruchem pozostałych pojazdów,
- wydzielone pasy „pod prąd” – o kierunku przeciwnym do ruchu użytkowników na pozostałych pasach (wydzielony kierunek ruchu),
- przeznaczenie części przekroju istniejących jezdni dla komunikacji zbiorowej, np. torowiska w środku (lub w pasie dzielącym) także dla autobusów,
- przeznaczenie całego przekroju istniejących jezdni dla komunikacji zbiorowej, z ewentualnym dopuszczeniem ruchu: taksówek, rowerów, pojazdów zaopatrzenia i pojazdów specjalnych.
- budowa specjalnych dróg autobusowych i torowisk tramwajowych, niezależnych od przebiegu ulic,

- wydzielenie pasów ruchu na drogach szybkiego ruchu i priorytet przy wjeździe na te drogi,
- priorytet przy sygnalizacji odosobnionej i skoordynowanej.
- stosowanie „bram”, które tylko autobusom (trolejbusom) pozwalają na przejazd krótkim odcinkiem ulicy pomiędzy dwoma ulicami, lub na wjazd do obszaru.

Inne środki uprzywilejowania:

- dopuszczenie ruchu na wprost przy nakazie skrętu w lewo dla innych pojazdów i cofnięcia linii zatrzymań na sąsiednim wlocie (ze względu na promień skrętu autobusu),
- ograniczenie możliwości parkowania i wyładowania towarów tak, aby nie utrudniać ruchu na pasie przy-krawężnikowym i w obrębie przystanku,
- stosowanie pasów przy-krawężnikowych o większej szerokości,
- stosowanie przed-sygnarów, dla autobusów skręcających w lewo z wydzielonego pasa przy-krawężnikowego,
- uwzględnienie komunikacji zbiorowej przy wprowadzaniu systemów ulic jednokierunkowych,
- stosowanie wspólnych przystanków ułatwiających przesiadanie,
- wprowadzanie przejść dla pieszych w innym poziomie.

### 1.1. Wydzielone pasy ruchu

Najczęściej spotykany sposób uprzywilejowania komunikacji zbiorowej to wydzielone pasy ruchu dla autobusów z pozostawieniem na sąsiednich pasach ruchu pozostałych pojazdów w tym samym kierunku. Najczęściej tego typu rozwiązania stosuje się na głównych ulicach w śródmieściu i na ulicach radialnych, które prowadzą ruch do centrum. Dla autobusów wprowadza się pas przy-krawężnikowy, dopuszczając często ruch rowerów, taksówek, mikrobusów i pojazdów uprzywilejowanych. W wielu przypadkach wydzielone pasy ruchu dla autobusów prowadzą do wyłączoności z ruchu centrum oraz funkcjonują w porach szczytu komunikacyjnego.

Podstawowymi zadaniami takiego rozwiązania są:

- zwiększenie prędkości podróży i regularności pojazdów komunikacji zbiorowej przez usunięcie z danej ulicy innych pojazdów,
- stworzenie na jezdni odpowiedniej przestrzeni co pozwala autobusom zatrzymywać się, a nawet oczekiwać, bez blokowania ruchu innych pojazdów,
- możliwość ominięcia kolejek innych pojazdów przez autobusy,
- unikanie utrudnień w ruchu na pasie przy-krawężnikowym, powodowanych przez: parkujące pojazdy, taksówki, pojazdy dowożące towar i innych użytkowników oraz naturalny podjazd do przystanków,
- możliwość funkcjonowania jedynie w godzinach szczytu,

Pasy przy-krawężnikowe wykazują również pewne wady, z których najważniejsze to:

- trudności wzajemnego wyprzedzania się autobusów
- możliwość dyskryminacji autobusów przez nakaz jazdy po pasie w godzinach pozaszczytowych,
- odcięcie innym pojazdom dostępu do obiektów wzdłuż pasa,

- niemożliwość stosowania jednakowej organizacji ruchu w ciągu doby ze względu na konieczność dopuszczenia dowozu towarów w pewnych okresach doby,
- zagrożenie bezpieczeństwa ruchu przy skrętach autobusów w lewo i w prawo oraz przy wprowadzaniu rozwiązania.

Decyzja o przeznaczeniu pasa przy-krawężnikowego dla autobusów zależy od natężenia ruchu kołowego i potoku pasażerów w autobusach. Przy dużym stopniu obciążenia ruchem przez pojazdy indywidualne, pasy są uzasadnione nawet przy bardzo niewielkim ruchu autobusowym. Przy niższym stopniu obciążenia ruchem wprowadzenie pasów uzasadniają wyższe natężenia ruchu autobusowego; np.: przy stopniu obciążenia ruchem 0,8 pas autobusowy uzasadnia natężenie autobusów 60 autobusów na godzinę.

Wydzielone pasy dla autobusów mają różną długość. Jest ona uzależniona od lokalizacji danego pasa i waha się od kilkudziesięciu metrów w śródmieściu, do kilku kilometrów w ulicach radialnych. Szerokość pasa autobusowego nie może być mniejsza od 3,0 metry. Przy małym natężeniu ruchu lepiej umieszczać pasy tylko w rejonie występujących utrudnień oraz kończyć w odległości 20-60 metrów od linii zatrzymań w celu zmniejszenia ujemnego wpływu na przepustowość skrzyżowania i dopuszczenie na te pasy pojazdów skręcających w prawo.

Przepustowość wydzielonego pasa dla autobusów jest uzależniona od obecności przystanków na odcinkach między skrzyżowaniami i ich przepustowość. Przy braku przystanków lub lokalizacji przystanków w zatokach, przepustowość pasa autobusowego osiąga 600 autobusów na godzinę, zaś przy lokalizacji przystanków na pasie – 120 autobusów na godzinę.

Wydzielone pasy autobusowe muszą być odpowiednio oznakowane, z wykorzystaniem oznakowania pionowego i poziomego. Jeśli na pasie wydzielonym dopuszcza się także ruch innych pojazdów, to pod napisem BUS należy określić rodzaj takich pojazdów np. TAXI.

## **1.2. Uprzywilejowania przy sygnalizacji**

Sygnalizację świetlną stosuje się w celu segregacji w czasie kolidujących ze sobą potoków pojazdów oraz pieszych. Podstawowym jej zadaniem jest kierowanie ruchem pojazdów i pieszych przez przekazywanie użytkownikom odpowiednich sygnałów informujących o prawie lub zakazie przejazdu bądź przejścia i ostrzeganie przed niebezpieczeństwem.

Największe straty czasu są ponoszone przez pojazdy komunikacji zbiorowej na skrzyżowaniach sterowanych sygnalizacją świetlną. Część strat spowodowanych przez kolejki innych pojazdów na wlotach, pomagają uniknąć wydzielone pasy ruchu dla autobusów. Wtedy pozostają jedynie straty wynikające z programu sygnalizacji. W przypadkach, w których wprowadzenie wydzielonych pasów, jest niemożliwe pojazdy komunikacji zbiorowej ponoszą pełne straty co prowadzi do znacznych nieregularności kursowania pojazdów na linii.

Kiedy pojazdy komunikacji zbiorowej przejeżdżają przez skrzyżowanie z sygnalizacją stało-czasową, straty czasu nawet przy braku kolejek pojazdów na wlocie, mogą być duże i sięgać długości sygnału czerwonego. Dla redukcji tych strat często wystarczy bardziej wnikliwa analiza inżyniera ruchu i proste sposoby, jednak znacznie większe możliwości

stwarza sygnalizacja akomodacyjna wymagająca specjalnych sterowników i detektorów, które w przypadku braku wydzielonych pasów reagują tylko na przejazd autobusów. Umożliwia ona:

- generowanie specjalnej, dodatkowej fazy ruchu,
- wydłużenie sygnału zielonego przy dojeździe pojazdu komunikacji zbiorowej w czasie trwania sygnału zielonego,
- zmianę sekwencji faz (przywołanie fazy), ze skróceniem wyświetlanej fazy i wcześniejsze wyświetlanie fazy dla pojazdów komunikacji zbiorowej - przy ich dojeździe w czasie trwania sygnału czerwonego,
- jak c) z rekompensatami dla faz nie objętych priorytetami,
- sterowanie w oparciu o bieżącą analizę zysków i strat.

Dla uzyskania maksymalnych korzyści dojeżdżające autobusy (tramwaje) nie powinny być blokowane przez kolejki pojazdów - zwłaszcza pomiędzy punktem detekcji a linią zatrzymań. W przypadku występowania kolejek pojazdów, należy rozważyć wprowadzenie wydzielonego pasa ruchu.

Na ogół korzyści komunikacji zbiorowej, z zastosowania systemów akomodacyjnych, są największe kiedy:

- potok autobusów jest nieduży,
- faza z udziałem pojazdów komunikacji zbiorowej stanowi małą część cyklu,
- napełnienie środków komunikacji zbiorowej jest duże,
- sygnalizacja jest wielofazowa, a ruch pieszy nie powoduje dużych ograniczeń akomodacji

W arteriach i sieciach skrzyżowań z sygnalizacją przebiega zazwyczaj wiele linii komunikacji zbiorowej. Od lat siedemdziesiątych metody sterowania ruchem w optymalizacji koordynacji obok strat czasu i zatrzymań pojazdów uwzględniają także straty czasu pasażerów komunikacji zbiorowej.

### **1.3. Inne środki uprzywilejowania**

Bardzo efektywnym sposobem jest wprowadzanie bram, przez które mogą przejeżdżać tylko pojazdy komunikacji zbiorowej. Ograniczenie wjazdów jest realizowane przez specjalne oznakowanie, lub specjalnie podnoszone i opuszczane elementy w jezdni wraz z systemem detekcji. Te elementy, stosowane dość powszechnie w Holandii oraz w Anglii mogą być niebezpieczne w przypadku, gdy kierowca ich nie zauważy a porusza się za autobusem. Ten sposób może być także stosowany przy wjeździe w strefy wyłączone z ruchu kołowego.

W przypadku skrzyżowań relacji autobusowych lub trolejbusowych uprzywilejowanie można zapewnić przez:

- zwolnienie z zakazu skrętów w lewo lub w prawo (dla innych pojazdów) albo zwolnienie z nakazu jazdy w lewo - wprowadzonym z uwagi na ochronę centrum,
- zapewnienie odpowiednich promieni skrętów, a jeśli to niemożliwe, to cofnięcie linii zatrzymań na sąsiednim wlocie, dla ułatwienia skrętu,
- wydzielenie pasa dla skręcających w lewo autobusów i specjalnej fazy dla autobusów w programie sygnalizacji,

- wprowadzenie przed-sygnalów z pod-fazą dla autobusów skręcających z wydzielonego pasa przy krawężnikowego w lewo.

## **2. WPROWADZENIE PRIORYTETU DLA KOMUNIKACJI AUTOBUSOWEJ NA WYBRANYM ODCINKU W WARSZAWIE**

Dla celów projektu został wybrany ciąg skrzyżowań wzdłuż ulicy Puławskiej w Warszawie łączący Ursynów z Piasecznem, który charakteryzuje się bardzo wysokim natężeniem ruchu. Do projektu wybrano następujące skrzyżowania ulicy Puławskiej z ulicami: Mysikrólika, Płaskowickiej, Żoły.

Na badanym odcinku został wydzielony jeden skrajny pas ruchu, na którym wprowadzono ograniczenia ruchu jedynie dla autobusów komunikacji miejskiej.

Pas dla autobusów został oddzielony od pozostałych za znaku drogowego poziomego P-2b. Na wydzielonym pasie umieszczono znaki poziome P-22 („BUS”). W odpowiednich miejscach na badanym odcinku zostały wprowadzone dodatkowo znaki poziome F-10 (przed skrzyżowaniami, które segregują ruch na wlocie) oraz dodatkowo znaki D11 (za skrzyżowaniem) i D12 (na odcinku między skrzyżowaniami). Na wlotach skrzyżowań, w odległości 40 metrów od linii zatrzymania, na pasie autobusowym zostały zamontowane pętle indukcyjne współpracujące detektorami indukcyjnymi, które charakteryzują się możliwością zaprogramowania takiej wartości czułości dzięki czemu istnieje możliwość wykalibrowania detektora aby wykrywał przejazd autobusów. Zadaniem detektora jest wydłużenie sygnału zielonego dla trwającej fazy ruchu o czas potrzebny do przejazdu danego skrzyżowania przez nadjeżdżający na dany wlot autobus.

Badany odcinek został zamodelowany w programie VISSIM a algorytm pracy sterownika został zaprojektowany w programie VisVAP. Symulacje przeprowadzono w programie VISSIM, która pozwoliła na ocenę wymaganych parametrów ruchu. Dla celów tego projektu badanym parametrem ruchu był czas przejazdu.

Pomiary zostały wykonane dla trzech wariantów:

- **Wariant 1** – dla aktualnego układu geometrycznego pasów ruchu.
- **Wariant 2** – z dodatkowym, wydzielonym pasem dla autobusów.
- **Wariant 3** – z dodatkowym detektorem wykrywającym autobusy na wydzielonym pasie ruchu.

### **2.1. Wyniki przeprowadzonej symulacji**

Tabela poniżej przedstawia zestawienie czasów przejazdu przez badany odcinek w zależności od zastosowanego wariantu.

Tablica 1

**Zestawienie średnich czasów przejazdu przez badany odcinek dla poszczególnych typów pojazdów**

Typ pojazdu	Autobus		Autobus		Samochód		Samochód	
	Piaseczno		Centrum		Piaseczno		Centrum	
Kierunek	Czas przejazdu [s]	Ilość pojazdów [poj]	Czas przejazdu [s]	Ilość pojazdów [poj]	Czas przejazdu [s]	Ilość pojazdów [poj]	Czas przejazdu [s]	Ilość pojazdów [poj]
Wariant 1 (bez bus, bez detektora)	302	12	295	12	191	2092	155	2658
Wariant 2 (z bus, bez detektora)	228	12	280	12	253	1590	185	2260
Wariant 3 (z bus, z detektorem)	194	12	270	12	193	2011	216	2290

Ważnym parametrem dla przeprowadzonych badań jest ilość pasażerów, która podróżuje przez badany odcinek. Na podstawie rozkładów jazdy ZTM założono, iż przez badany odcinek przejeżdża średnio autobus co 5 minut, natomiast na podstawie pomiarów ruchu założono, iż na godzinę przez badany odcinek przejeżdżają średnio 4 autobusy linii prywatnych, jeden autobus PKS oraz 74 taksówki w kierunku Centrum i 55 taksówek w kierunku Piaseczna.

Założono, że maksymalna pojemność autobusu ZTM wynosi 140 osób a autobusów prywatnych (w tym PKS) 50 osób. Średnio taksówką podróżuje 1,5 pasażera (nie wliczając kierowcy).

Poniższa tabela przedstawia ilość pasażerów podróżujących przez badany odcinek w czasie pomiaru, który wynosił 4000 sekund (ok 66 minut), przy zapelnieniu pojazdów komunikacji publicznej 100% oraz dla wariantu z wydzielonym pasem dla autobusów wyposażonym w detektor wydłużający sygnał zezwalający dla pojazdów komunikacji zbiorowej.

Tablica 2

**Zestawienie ilości pasażerów podróżujących przez badany odcinek**

Typ pojazdu	Autobus ZTM	Autobus prywatny	Taxi	<b>Łącznie BUS pas</b>	Samochód osobowy
Piaseczno	1680	240	82	<b>2002</b>	2011
Centrum	1680	240	111	<b>2031</b>	2290

Aby wydzielony pas dla autobusów był wykorzystywany efektywnie należy zwiększyć liczbę pojazdów komunikacji publicznej o tyle, aby średnio co minutę przejeżdżał autobus ZTM. Jednocześnie z pewnością wzrosła by atrakcyjność możliwości wykorzystania dodatkowego pasa dla pojazdów prywatnej komunikacji zbiorowej. Można więc założyć, iż w czasie badania 4000 sekund przez badany odcinek mogło by przejeżdżać 66 autobusów ZTM i 11 autobusów zbiorowej komunikacji publicznej.

Poniższa tabela przedstawia prognozowane ilości pasażerów podróżujących przez badany odcinek dla różnego poziomu zapelnienia pojazdów i dla wariantu z wydzielonym pasem dla autobusów wyposażonym w detektor wydłużający sygnał zezwalający dla pojazdów komunikacji zbiorowej.

Tablica 3

**Zestawienie prognozowanej ilości pasażerów podróżujących przez badany odcinek dla różnego poziomu zapelnienia pojazdów**

Typ pojazdu	Autobus ZTM 100%	Autobus ZTM 80%	Autobus ZTM 60%	Autobus prywatny 100%	Autobus prywatny 80%	Autobus prywatny 60%	Taxi	Samochód osobowy
Piaseczno	9240	7392	5544	550	440	330	82	2011
Centrum	9240	7392	5544	550	440	330	111	2290

Z powyższej tabeli wynika, iż nawet przy 60% zapelnieniu pojazdów komunikacji zbiorowej liczba pasażerów podróżujących przez badany odcinek jest ponad dwukrotnie większa niż w przypadku pojazdów komunikacji indywidualnej.

### 3. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Ponieważ udowodniono, iż nierealne jest stosowanie strategii pro samochodowej oraz koncepcji miasta bez samochodu, jedynym słusznym rozwiązaniem jest wprowadzenie takiego sposobu zarządzania ruchem w mieście, który zaspokoi potrzeby komunikacyjne wszystkich użytkowników dróg. Jednym z takich sposobów jest uprzywilejowanie w ruchu dla środków komunikacji zbiorowej. Pamiętać należy, iż priorytet nie może być karą. Wprowadzanie rozwiązań, zapewniających priorytet w ruchu środkami komunikacji zbiorowej musi być poprzedzone wnikliwą i rzetelną analizą korzyści i ujemnych skutków ich wprowadzenia, tak aby przez nieprzemysłane rozwiązania nie dewaluować tych rozwiązań, czyniąc więcej złego niż dobrego oraz dopuszczając w efekcie do niezamierzonych strat ekonomicznych. Wprowadzając priorytety uzyskuje się większą niezawodność obsługi (punktualność, krótszy czas jazdy), co jest bardzo ważne dla pasażerów.

Konieczność wprowadzania priorytetów może wystąpić w dwóch sytuacjach:

- jako wynik analizy istniejących złych warunków ruchu komunikacji zbiorowej,
- przy wprowadzaniu innych zmian w organizacji ruchu.

Warunkiem koniecznym wprowadzenia priorytetów jest aby suma zysków w czasach podróży uczestników ruchu przeważała sumę strat, lub suma strat nie przekraczała pewnej określonej wartości, co może wynikać z polityki komunikacyjnej.

Z wyników przeprowadzonej symulacji na zamodelowanym ciągu trzech skrzyżowań ulicy Puławskiej można wywnioskować, iż wprowadzony priorytet dla komunikacji autobusowej wpływa znacząco na skrócenie czasu przejazdu. Poniższa tabela przedstawia procentowe zmiany czasów przejazdu w zależności od zastosowanego wariantu symulacji.

### Procentowe zmiany czasów przejazdu

Kierunek	Piaseczno		Centrum	
	Autobus	Samochód	Autobus	Samochód
Wariant 2 (z bus, bez detektora)	-33%	+33%	-6%	+20%
Wariant 3 (z bus, z detektorem)	-56%	+1%	-9%	+40%

Na podstawie analizy ilości pasażerów podróżujących przez badany odcinek wywnioskować można, iż liczba osób korzystających z komunikacji publicznej oraz taksówek jest zbliżona do liczby osób podróżujących pojazdami indywidualnymi i to przy założeniu stuprocentowego zapelnienia pojazdów komunikacji publicznej. Oznacza to, że przy obecnym rozkładzie jazdy, wydzielony pas dla autobusów nie był by w pełni wykorzystywany dlatego należało by zwiększyć liczbę pojazdów komunikacji publicznej. Z przeprowadzonej analizy prognozowanego ruchu dla różnego stopnia zapelnienia pojazdów autobusów wynika, iż liczba pasażerów korzystających z szybszej komunikacji publicznej stałaby się wielokrotnie większa od liczby pasażerów podróżujących komunikacją indywidualną co znacznie poprawiłoby jakość komunikacji na badanym odcinku.

### Bibliografia

1. Datka S., „Inżynieria ruchu”, WKŁ, Warszawa 1999r.
2. Gaca S., Suchorzewski W., Tracz M., „Inżynieria ruchu drogowego, teoria i praktyka” WKiŁ, Warszawa, 2008r.
3. Leśko M., Guzik J., „Sterowanie ruchem drogowym. Sygnalizacja świetlna i detektory ruchu pojazdów”, WPS, Gliwice 2000r.
4. Rudnicki A., „Kryteria i mierniki oceny miejskiej komunikacji zbiorowej” IGKM, Kraków 1998r.
5. Sambor A., „Możliwości poprawy jakości komunikacji miejskiej metodami inżynierii ruchu” INTERNET: [www.katedr.republika.pl/hmozl.htm](http://www.katedr.republika.pl/hmozl.htm)
6. Sambor A., „Priorytety w ruchu dla pojazdów komunikacji miejskiej” IGKM, Warszawa, 1999.
7. Suchorzewski W., „Wariantowe polityki komunikacyjne dla Warszawy i województwa stołecznego” TEC, Warszawa, 1994r
8. Wyszomirski O., „Zarządzanie komunikacją miejską” GFKM, Gdańsk 1999.

### PRIORITIES IN THE COLLECTIVE CONTROL OF THE BUS COMMUNICATION NETWORK

**Abstract:** The Paper presents the means and methods of the privileges set in place for the public transport network. Special attention was devoted to an additional assigned public transport road lane for bus communication, collective as well as the privileges attained at sectors where traffic lights are in place. Additionally discussed are the ways in which road privileges are factored into the communication network. The paper also includes the results of studies executed from making simulations on a selected sector of road in Warsaw.

**Keywords:** Privileges for buses, additional assigned road lane, bus pass, priority at intersections with traffic lights.