

Univerza  
v Ljubljani  
Fakulteta  
*za gradbeništvo  
in geodezijo*

*Janova 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
telefon (01) 47 68 500  
faks (01) 42 50 681  
fgg@fgg.uni-lj.si*



Univerzitetni program Gradbeništvo,  
Prometna smer

Kandidat:

**Primož Kunstič**

## **Kapacitete javnega prometa**

**Diplomska naloga št.: 2842**

**Mentor:**  
doc. dr. Marijan Žura

Ljubljana, 27. 10. 2005

## **IZJAVA O AVTORSTVU**

Podpisani **PRIMOŽ KUNSTIČ** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:  
**»KAPACITETE JAVNEGA PROMETA«**.

Izjavljam, da se odpovedujem vsem materialnim pravicam iz dela za potrebe elektronske  
separatoteke FGG.

Ljubljana 10.09.2005

## **BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK**

**UDK:** 656.132.021(043.2)

**Avtor:** Primož Kunstič

**Mentor:** doc. dr. Marijan Žura

**Naslov:** Kapacitete javnega prometa

**Obseg in oprema:** 110 str., 29 pregl., 20 sl., 12 graf., 14 en.

**Ključne besede:** javni promet, kapacitete avtobusnih postajališč, prog, potnikov

### **Izvleček**

Diplomsko delo obravnava izračun kapacitet postajnih mest, postajališč in avtobusnih prog ter metode za izboljšanje kapacitet na različnih tipih avtobusnih pasov. Kapaciteta javnega prometa je kompleksen pojem. Hkrati obravnava gibanje potnikov in javnih prevoznih sredstev. Kapaciteta postajališč je odvisna od same oblike mreže avtobusnih prog, števila, lokacije in velikosti postajališč, lege postajališč (na vozišču ali izven vozišča), obremenjenosti avtobusnih pasov z ostalimi vozili, tipov avtobusov (standardni, zglobni) in avtobusnih pasov (pasovi v mešanem prometu, posebne pasovi) ter pogostosti voženj avtobusov na posameznih progah.

V splošnem delu naloge so predstavljene metode za izračun kapacitet in hitrosti za različne prometne situacije in načine obratovanj avtobusov na avtobusnih pasovih povzete po priročniku TCQSM, 2. izdaja (*Transit Capacity and Quality of Service Manual*-,2nd Edition).

V praktičnem delu naloge so prikazane izvedene analize javnega prometa (JP LPP) na trasi študijskega območja, od postajališča Slovenija avto na Celovški cesti do postajališča Kolizej na Gosposvetski cesti, v Ljubljani glede na različne načine obratovanja avtobusov po metodologiji HCM 2000 (*Highway Capacity Manual 2000*) in primerjave med njimi.

Uporabljene so različne metode za izboljšanje kapacitet in s tem kakovosti storitev javnega prometa, in sicer sprememba plačilnega sistema, uvedba posebnih avtobusnih pasov (rumeni pas) in kombinacija obeh metod. Kapaciteta postajališč avtobusnih prog vpliva na čase postankov avtobusov, čase potovanj avtobusov med postajališči na progah, potovalne hitrosti avtobusov in kapaciteto prepeljanih potnikov oziroma na kakovost storitev javnega prevoza.

## **BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION**

**UDC:** 656.132.021(043.2)  
**Author:** Primož Kunstič  
**Supervisor:** Assist. Prof. Dr. Marijan Žura  
**Title:** Public transport capacity  
**Notes:** 110 p., 29 tab., 20 fig., 12 graph., 14 eq.  
**Key words:** public transport, bus capacity, passenger capacity

### **Abstract**

This diploma focuses on methods for calculating bus capacity and speed for a variety of facility and operating types. Bus capacity is a complex topic: it deals with the movement of both people and vehicles, depends on the size of the buses used and how often they operate, and reflects the interaction between passenger traffic concentrations and vehicle flow. It also depends on the operating policy of the service provider, which normally specifies service frequencies and allowable passenger loadings. Ultimately, the capacities of bus routes, bus lanes, and bus terminals, in terms of persons carried, are generally limited by the ability of stops or loading areas to pick up and discharge passengers, the number of vehicles operated, and the distribution of boardings and alightings along a route.

In the theoretical part methods for determining bus capacities and bus speed for various traffic situations and operating types along the bus routes are taken from *Transit Capacity and Quality of Service Manual*, 2nd Edition. In the practical part analyses of bus public transport on studying area Slovenija avto-Kolizej in Ljubljana are shown, according to different conditions of bus operating based on *Highway Capacity Manual 2000* and comparisons between them. Different methods for increasing bus capacity and quality of public transport in Ljubljana, such as changing the system of fare payment, creating arterial bus lanes and combinations of both are used. Bus capacity influences on dwell times, travel times, travel speed of buses and on capacity of transported passengers. All these factors influence on the quality of public bus transport.

## **ZAHVALA**

Za strokovno pomoč in vodenje pri nastajanju diplomske naloge se zahvaljujem mentorju doc.dr. Marijanu Žuri.

Posebna zahvala staršema za vso podporo pri študiju in Meti, ki je vnesla sproščenost v moje življenje.

## KAZALO VSEBINE

<b>1 UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2 OSNOVE ZA IZRAČUN KAPACITET [VOZIL] POSTAJALIŠČ .....</b>	<b>2</b>
<b>2.1 Postajno mesto .....</b>	<b>3</b>
<b>2.2 Avtobusno postajališče .....</b>	<b>4</b>
<b>2.3 Avtobusna proga.....</b>	<b>5</b>
<b>2.4 Kapaciteta [potnikov].....</b>	<b>5</b>
<b>2.1 KAPACITETA POSTAJNEGA MESTA .....</b>	<b>7</b>
<b>2.1.1 Čas postanka .....</b>	<b>7</b>
<b>2.1.1.1 Določitev časa postanka .....</b>	<b>8</b>
<b>Metoda 1: Merjenje na terenu.....</b>	<b>9</b>
<b>Metoda 2: Predpostavitev časa postanka .....</b>	<b>12</b>
<b>Metoda 3: Izračun časa postanka .....</b>	<b>13</b>
<b>2.1.1.2 Vpliv invalidov na vozičkih na čas postanka .....</b>	<b>16</b>
<b>2.1.2 Čas za ponovno vključitev avtobusov v promet.....</b>	<b>16</b>
<b>2.1.2.1 Ocena časa za ponovno vključitev avtobusov v promet.....</b>	<b>17</b>
<b>2.1.3 Variabilnost časov postankov in delež prihodov avtobusov na zasedeno postajno mesto .....</b>	<b>18</b>
<b>2.1.4 Kvocient zelenega časa (g/C) .....</b>	<b>23</b>
<b>2.1.5 Izračun kapacitete postajnega mesta.....</b>	<b>24</b>
<b>2.2 KAPACITETA POSTAJALIŠČ .....</b>	<b>26</b>
<b>2.2.1 Določitev lokacije postajališč.....</b>	<b>26</b>
<b>2.2.2 Oblike postajališč.....</b>	<b>29</b>
<b>2.2.3 Izračun kapacitete postajališč .....</b>	<b>31</b>
<b>2.3 KAPACITETA AVTOBUSNIH PROG .....</b>	<b>33</b>
<b>2.4 KAPACITETA [POTNIKOV] .....</b>	<b>34</b>
<b>2.4.1 Neenakomernost povpraševanja .....</b>	<b>34</b>
<b>2.4.2 Izračun kapacitete [potnikov] .....</b>	<b>35</b>

2.4.2.1 Posamezno postajališče .....	36
2.4.2.2 Avtobusna proga.....	37
<b>3 METODE ZA IZBOLJŠANJE KAPACITET.....</b>	<b>38</b>
3.1 Posebni avtobusni pasovi .....	39
3.2 Prioritetni prometni signali .....	42
3.3 Fizične spremembe .....	45
3.4 Spremembe načinov obratovanj .....	46
3.4.1 Sprememba lokacije postajališča .....	46
3.4.2 Združevanje postajališč .....	47
3.4.3 Vožnja avtobusov v koloni.....	48
3.4.4 Tehnični normativi .....	48
3.5 Zakonska prioriteta za avtobuse.....	48
<b>4 KAPACITETA - POSEBNI PASOVI .....</b>	<b>51</b>
4.1 Kapaciteta [vozil] postajališč prog na posebnih pasovih .....	51
4.2 Tipi obratovanj avtobusov na posebnih pasovih .....	52
4.3 Zamude zaradi desnega zavijanja prometa .....	53
4.4 Izračun kapacitete postajališč prog na posebnih pasovih.....	56
4.5 Hitrosti avtobusov na posebnih pasovih.....	59
4.5.1 Vrednosti časov potovanj.....	60
4.5.2 Kolizija med avtobusi.....	61
<b>5 KAPACITETA – MEŠANI PROMET .....</b>	<b>64</b>
5.1 Tipi obratovanj avtobusov na pasovih v mešanem prometu.....	64
5.2 Kapaciteta postajališč prog v mešanem prometu.....	65
5.3 Hitrost avtobusov na pasovih v mešanem prometu.....	67
<b>6 PRIMERI: Analiza kapacitet postajališč študijskega območja .....</b>	<b>69</b>
6.1 Opis obstoječega stanja .....	69
6.2 Primer 1: Kapaciteta trase Slovenija avto – Kolizej: - obstoječe stanje po HCM 2000 .....	73

<b>6.3 Primer 2: Kapaciteta trase Slovenija avto - Kolizej: - sprememba plačilnega sistema vozovnic.....</b>	<b>76</b>
<b>6.4 Primer 3: Kapaciteta postajališč trase Slovenija avto - Kolizej: - uvedba posebnega avtobusnega pasu .....</b>	<b>80</b>
<b>6.5 Primerjava primerov z obstoječim stanjem po HCM 2000.....</b>	<b>83</b>
<b>7 ZAKLJUČEK .....</b>	<b>88</b>
<b>8 PRILOGE.....</b>	<b>89</b>
<b>9 VIRI .....</b>	<b>94</b>



## KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Čas za zadovoljitev potreb potnikov (avtobusi z enimi vstopnimi vrati) .....	14
Preglednica 2: Čas za zadovolj. potreb potnikov (avtobusi z enimi in več vstopnimi vrati) ...	15
Preglednica 3: Povprečne zamude avtobusov pri ponovnem vključevanju v promet .....	18
Preglednica 4: Vrednosti $Z$ za različne deleže prih. avtobusov na zasedeno postaj. mesto....	21
Preglednica 5: Ocena največje kapacitete postajnega mesta (bus/h).....	25
Preglednica 6: Primerjava posameznih lokacij postajališč na avtobusni progi .....	28
Preglednica 7: Faktorji učinkovitosti postajnih mest. ....	31
Preglednica 8: Ocene največjih kapacitet linearnih postajališč na vozišču.....	32
Preglednica 9: Razlogi za zamude avtobusov v križiščih na pasovih v mešanem prometu.....	39
Preglednica 10: Prioritetnih prometni signali za avtobuse. ....	43
Preglednica 11: Vpliv metod za izboljšanje kapacitet na potovalne čase avtobusov in zamude ostalih vozil .....	49
Preglednica 12: Primerjava prioritetnih metod.....	50
Preglednica 13: Kapacitete vozil, ki zavijajo desno (voz/h) .....	54
Preglednica 14: Faktorji lokacije avtobusnega postajališča .....	56
Preglednica 15: Ilustrativen prikaz kapacitete postajališč prog na posebnih pasovih v mestih	57
Preglednica 16: Ocene osnovnih obratovalnih časov $t_r$ .....	61
Preglednica 17: Ocene osnovnih izgubljenih obratovalnih časov $t_l$ .....	61
Preglednica 18: Uravnalni faktor hitrosti avtobusov zaradi kolizij med avtobusi, $f_b$ .....	62
Preglednica 19: Opis postajališč na študijskem območju.....	70
Preglednica 20: Volumni potnikov na posameznem postajališču .....	70
Preglednica 21: Čas postanka, čas za ponovno vključitev avtobusov v promet in čas za zadovoljitev potreb potnikov .....	71
Preglednica 22: Volumni voznega (avtobusnega) pasu, desnih zavijalcev, pešcev v posameznih križiščih, ki so pred ali za postajališčem in kvocienti zelenega časa .....	72
Preglednica 23: Uravnalni faktor kapacitete postajališč prog v mešanem prometu.....	74
Preglednica 24: Kapaciteta posameznega postajališča po HCM 2000.....	75
Preglednica 25: Postajališče št. 1: vzorec avtobusov iz štetja in merjenja (volumni vstopajočih, izstopajočih potnikov, čas postanka) na terenu v 10 minutnem intervalu v jutranjem koničnem času od 7:00 do 7:10 med delavnikom.....	77

Preglednica 26: Vpliv spremembe plačilnega sistema na čas postanka na posameznem postajališču .....	78
Preglednica 27: Kapaciteta posameznega postajališča (po HCM 2000, sprememba plačilnega sistema).....	79
Preglednica 28: Kapaciteta desnih zavijalcev, uravnalni faktor kapacitete postajališč prog na posebnih pasovih .....	81
Preglednica 29: Kapaciteta postajališč (po HCM 2000, sprememba plačilnega sistema, posebni avtobusni pas, kombinacija spremembe plačilnega sistema in posebnega avtobusnega pasu) .....	82

## KAZALO SLIK

Slika 1: Postopek za določitev kapacitete postajališč.....	2
Slika 2: Zveza med postajnim mestom, postajališčem in avtobusno progo .....	3
Slika 3: Primer obrazca za zbiranje podatkov o času za zadovoljitev potreb potnikov .....	10
Slika 4: Vzorec obrazca za določitev časa postanka. ....	12
Slika 5: Primer postajališča na vozišču      Slika 6: Primer postajališča izven vozišča.....	17
Slika 7: Standardna normalna porazdelitev časov postankov .....	20
Slika 8: Lokacije avtobusnih postajališč na vozišču. ....	27
Slika 9: Oblike avtobusnih postajališč.....	29
Slika 10: Specifični faktorji, ki vplivajo na kapaciteto prog na posebnih avtobusnih pasovih	33
Slika 11: Faktorji, ki vplivajo na kapaciteto [potnikov].....	34
Slike 12: Oblika posebnega obvoznega pasu .....	40
Slike 13: Oblike posebnih obvoznih pasov v križiščih .....	41
Slike 14: Koncepti prioriteten signalov za avtobuse.....	44
Slike 15: Primeri podaljšanja roba postajališča (fizična sprememba).....	45
Slika 16: Primer obveščanja o prednosti avtobusov pred ostalimi vozili.....	49
Slika 17: Tipi obratovanja avtobusov na posebnih progah.....	52
Slika 18: Primera konfliktov: z avtobusi, v križišču .....	53
Slika 19: Tipi obratovanj avtobusov v mešanem prometu .....	64
Slika 20: Obseg študijskega območja.....	69

## KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Zveza med deležem prihodov avtobusov na zasedeno postajno mesto, časovnim varnostnim faktorjem in kapaciteto postajnega mesta.....	22
Grafikon 2: Kapaciteta prog na posebnih pasovih .....	58
Grafikon 3: Vpliv naraščanja volumnov avtobusov na hitrost (kolizije med avtobusi).....	63
Grafikon 4: Največje kapacitete v mešanem prometu.....	67
Grafikon 5: Primerjava izračunov kapacitet postajališč glede na uporabo različnih metod za izboljšanje kapacitet [vozil].....	83
Grafikon 6: Časi postankov na posameznih postajališčih po spremembi plačilnega sistema ..	84
Grafikon 7: Čas za ponovno vključitev avtobusov v promet po uvedbi posebnega avtobusnega pasu na trasi študijskega območja .....	85
Grafikon 8: Vpliv različnih metod na izboljšanje kapacitete postajališč trase študijskega območja izraženo v %. .....	86
Grafikon 9: Kapaciteta kritičnega postajališča Kolizej (tj. kapaciteta trase).....	87
Grafikoni 10: Kapaciteta s 400 vozili na uro na določeni lokaciji s postajališči izven vozišč. 89	
Grafikoni 11: Kapaciteta z 800 vozili na uro na določeni lokaciji s postajališči izven vozišč	90
Grafikoni 12: Kapaciteta avtobusov na postajališčih na vozišču .....	92

## KAZALO ENAČB

Enačba 1: Faktor koničnega ure (PHF) .....	13
Enačba 2: Volumen potnikov 15 minutnega koničnega intervala.....	13
Enačba 3: Povprečni čas postanka.....	15
Enačba 4: Standardna normalna variabilnost časov postankov, ki ustreza določenemu deležu prihodov avtobusov na zasedeno postajno mesto.....	20
Enačba 5: Časovni varnostni faktor.....	20
Enačba 6: Kapaciteta postajnega mesta.....	24
Enačba 7: Kapaciteta postajališča.....	31
Enačba 8: Kapaciteta [potnikov] posameznega postajališča .....	36
Enačba 9: Kapaciteta [potnikov] avtobusne proge .....	37
Enačba 10: Uravnalni faktor zaradi desnih zavijalcev .....	55
Enačba 11: Kapaciteta postajališč prog na posebnih pasovih .....	56
Enačba 12: Potovalna hitrost avtobusov.....	59
Enačba 13: Uravnalni faktor kapacitete v mešanem prometu .....	65
Enačba 14: Kapaciteta postajališč prog v mešanem prometu.....	66

## UPORABLJENI SIMBOLI

$PHF$  ... faktor konične ure

$P_h$  ... volumen potnikov v konični uri

$P_{15}$  ... volumen potnikov v 15 minutnem koničnem intervalu

$t_d$  ... povprečni čas postanka (s)

$P_a$  ... število izstopajočih potnikov z avtobusa skozi najbolj prometna vrata (p)

$t_a$  ... čas izstopanja potnikov (s/p)

$P_b$  ... število vstopajočih potnikov na avtobus skozi najbolj prometna vrata (p)

$t_b$  ... čas vstopanja potnikov (s/p)

$t_{oc}$  ... čas za odpiranje in zapiranje vrat

$s$  ... standardna deviacija časov postankov

$t_{om}$  ... časovni varnostni faktor

$t_i$  ... vrednost časa postanka, katera ne bo presežena pogosteje kot zelena ocena napake

$c_v$  ... koeficient variabilnosti časov postankov

$B_l$  ... kapaciteta postajnega mesta

3,600 ... število sekund v eni uri

$g/C$  ... kvocient zelenega časa

$t_c$  ... čas za ponovno vključitev avtobusov v promet

$Z$  ... standardna normalna variabilnost časov postankov, ki ustreza določenemu deležu prihodov avtobusov na zasedeno postajno mesto

$B_s$  ... kapaciteta postajališča

$N_{el}$  ... število učinkovitih postajnih mest

$P_s$  ... kapaciteta potnikov na posameznem postajališču (p/h)

$P$  ... kapaciteta potnikov na avtobusni progi (p/h)

$P_{max}$  ... maksimalno dovoljeno število potnikov na avtobus (p/bus)

$f$  ... frekvenca avtobusov na postajališču z največjim številom potnikov (bus/h)

$B$  ... kapaciteta avtobusne proge

$f_r$  ... uravnalni faktor kapacitete zaradi desnih zavijalcev na progah na posebnih pasovih

$f_l$  ... faktor lokacije avtobusnega postajališča

$v_r$  ... volumen desnih zavijalcev v specifičnih križiščih (vozil/h)

$c_r$  ... kapaciteta desnih zavijalcev v specifičnih križiščih (vozil/h)

$f_i$  ... faktor oviranja vzporednega voznega pasu

$v$  ... volumen vozil na vzporednem voznem pasu (vozil/h)

$c$  ... kapaciteta vozil na vzporednega voznem pasu (veh/h)

$S_t$  ... potovalna hitrost (km/h)

$t_r$  ... obratovalni čas avtobusov (min/km)

$t_l$  ... izgubljeni obratovalni čas avtobusov (min/km)

$f_d$  ... uravnalni faktor kolizij med avtobusi

$f_m$  ... uravnalni faktor kapacitete na voznem (avtobusnem) pasu v mešanem prometu

## 1 UVOD

Kapaciteta javnega prometa je kompleksen pojem. Hkrati obravnava gibanje potnikov in javnih prevoznih sredstev.

Kapaciteta postajališč avtobusnih prog je odvisna od same oblike mreže avtobusnih prog, števila, lokacije in velikosti postajališč, lege postajališč (na vozišču ali izven vozišča), obremenjenosti avtobusnih pasov z ostalimi vozili, tipov avtobusov (standardni, zglobni) in avtobusnih pasov (pasovi v mešanem prometu, posebni pasovi) ter pogostosti voženj avtobusov na posameznih progah.

V zadnjem desetletju se je način življenja Slovencev močno spremenil. Priče smo velikemu porastu motornega prometa. Izgradnja avtocest po Sloveniji prebivalcem iz predmestij in sosednjih manjših mest omogoča hiter dostop v večja mesta (npr. v Ljubljano). Posledica so velike prometne gneče v mestnih središčih, še posebej v koničnih časih. Ena izmed rešitev tega problema je prilagoditev in izboljšanje kakovosti javnega potniškega prometa novemu načinu življenja. Namen diplomske naloge je prikazati nekaj metod za izboljšanje kakovosti javnega prometa in primerjave med njimi.

V splošnem delu naloge so predstavljene metode za izračun kapacitet in hitrosti za različne prometne situacije in tipe obratovanj avtobusov na avtobusnih progah povzete po priročniku TCQSM, 2. izdaja (*Transit Capacity and Quality of Service Manual, 2nd Edition*).

V praktičnem delu naloge so prikazane analize javnega prometa (JP LPP) na trasi študijskega območja, od postajališča Slovenija avto na Celovski cesti do postajališča Kolizej na Gosposvetski cesti, v Ljubljani glede na različne pogoje obratovanja avtobusov po metodologiji HCM 2000 (*Highway Capacity Manual 2000*) in primerjave med njimi.

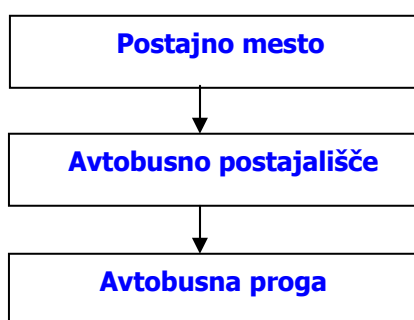
Uporabljene so različne metode za izboljšanje kapacitet in s tem kakovosti javnega prometa, in sicer sprememba plačilnega sistema, uvedba posebnega avtobusnega pasu (rumeni pas) Tip 2 in kombinacija spremembe plačilnega sistema in posebnega pasu.



## 2 OSNOVE ZA IZRAČUN KAPACITET [VOZIL] POSTAJALIŠČ

Pri računanju kapacitete (*po HCM 2000*) ločimo dve vrsti kapacitete, in sicer kapaciteto [vozil], tj. avtobusov, postajališč avtobusnih prog in kapaciteto [potnikov] na avtobusnih progah. Kapaciteta [vozil] postajališč avtobusnih prog izraža število avtobusov, ki lahko v določenem časovnem obdobju prevozijo določeno točko (lokacijo) na trasi oziroma progi (postajo, postajališče, vozišče). Kapaciteto postajališč določimo najprej za posamezno postajno mesto nato določimo kapaciteto posameznega postajališča glede na število postajnih mest na postajališču in na koncu kapaciteto postajališč za celotno avtobusno progo glede na kritično postajališče proge:

1. *Postajno mesto*; tj. območje na avtobusnem postajališču namenjeno vstopanju in izstopanju potnikov.
2. *Avtobusno postajališče*; tj. območje sestavljeno iz enega ali več postajnih mest. Število postajnih mest je odvisno od števila avtobusov, ki se istočasno ustavijo na posameznem postajališču.
3. *Avtobusna proga*; tj. točno določena pot avtobusa z avtobusnimi postajališči. Avtobusna proga ima začetno, končno in vmesna postajališča.

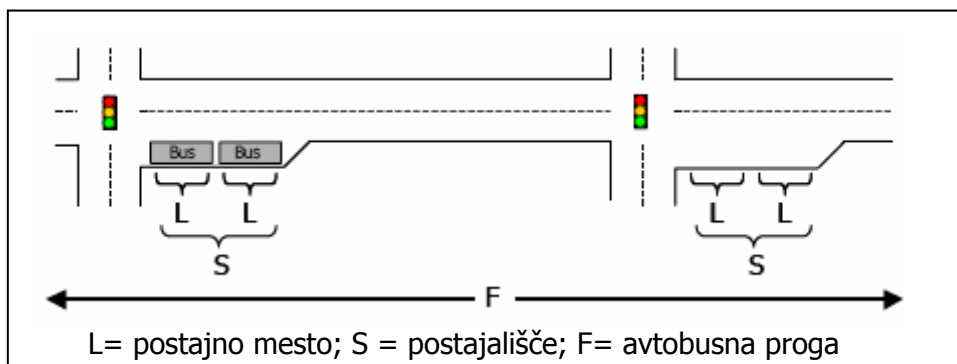


Slika 1: Postopek za določitev kapacitete postajališč

Fig. 1: Capacity calculation process

Kapaciteta posameznih postajališč je odvisna od kapacitete posameznih postajnih mest na postajališčih. Kapaciteta posameznih avtobusnih prog pa je omejena s kapaciteto *kritičnega*

postajališča avtobusne proge. Kritično postajališče ima navadno največje volumne vstopajočih in izstopajočih potnikov ter najdaljši čas postanka avtobusov.



Slika 2: Zveza med postajnim mestom, postajališčem in avtobusno progo

Fig. 2: Bus loading areas, stops and facilities

## 2.1 Postajno mesto

Kapaciteta postajnega mesta je odvisna od:

- Časa postanka – tj. povprečna vrednost časov postankov avtobusov na posameznem postajališču od trenutka popolne zaustavitve avtobusov na postajališču do trenutka popolnega zaprtja vrat na avtobusih. Čas postanka vključuje čas potreben za vstopanje in izstopanje potnikov ter odpiranje in zapiranje vrat na avtobusih;
- Časa za ponovno vključitev avtobusov v promet – tj. minimalni potreben čas, da posamezen avtobus izpelje, in izprazni postajno mesto na postajališču naslednjemu avtobusu, in se ponovno vključi v promet. Vključuje tudi čakalni čas avtobusov na vozišču v primeru zasedenosti postajnega mesta na postajališču;
- Variabilnosti časov postankov – tj. standardna deviacija časov postankov deljena s povprečnim časom postanka;
- Deleža prihodov avtobusov na zasedeno postajno mesto.

S kombinacijo časov postankov in časov za ponovno vključitev avtobusov v promet na posameznih postajnih mestih dobimo povprečno vrednost časa postanka avtobusov na postajališču. S kombinacijo variabilnih časov postankov in deleža prihodov avtobusov na zasedeno postajno mesto dobimo dodaten čas, ki zagotavlja večini avtobusov, da postajno mesto ni zasedeno, ko pripeljejo do postajnega mesta. Seštevek obeh kombinacij pa izraža minimalni časovni presledek med avtobusi, da se izognemo kolizijam med njimi. *Kapaciteto avtobusov na postajnem mestu (voz/h)* določimo tako, da časovno enoto 3600s (tj. 1 ura) delimo z minimalnim časovnim presledkom med avtobusi v sekundah.

## 2.2 Avtobusno postajališče

Kapaciteta postajališč je odvisna od:

- *Števila postajnih mest* – dve postajni mesti na postajališču lahko sprejmeta več avtobusov kot eno postajno, ampak ne dvakrat več;
- *Oblike postajnega mesta* – sama oblika postajnega mesta določa, koliko dodatne kapacitete avtobusov na postajališču omogoča posamezno postajno mesto;
- *Vodenja prometa* – prometni signali (semaforji) določajo število avtobusov, ki lahko pripeljejo na postajališče v določenem časovnem obdobju. Če je avtobus pripravljen, da odpelje s postajališča, rdeča luč na semaforju pa to preprečuje, bo avtobus imel daljši čas postanka, kar pomeni, da bo kapaciteta avtobusnega postajališča manjša od predvidene.

## 2.3 Avtobusna proga

Kapaciteta postajališč avtobusnih prog je odvisna od:

- *Kritične kapacitete kritičnega postajališča na avtobusni progi* – na podlagi avtobusnega postajališča z najmanjšo kapaciteto določimo kapaciteto postajališč na avtobusni progi. Kritično postajališče je postajališče z najdaljšim časom postanka avtobusov zaradi velikega prometnega toka ostalih vozil na avtobusnih pasovih in desnih zavijalcev pri postajališčih pred križiščem ali pa zaradi kratkih zelenih časov semaforjev;
- *Operativne procedure* – model avtobusne proge, ki ima postajališče razporejeno na več avtobusnih postajališč (npr. tri postajališča na 250 m odseku; na posameznem postajališču ustavi točno določena skupina avtobusnih prog) ima večjo kapaciteto postajališč kot model avtobusne proge na kateri se vsi avtobusi ustavijo na vsakem postajališču.

## 2.4 Kapaciteta [potnikov]

Kapaciteta [potnikov] izraža število potnikov, ki se lahko prepeljejo preko določene točke (lokacije) v določenem času pod specifičnimi pogoji vožnje (brez nerazumnih zamud, nesreč, drugih omejitev) in s sprejemljivo zanesljivostjo. Največje število potnikov (kapaciteta), ki jih lahko prepeljemo na avtobusni progi v določenem časovnem obdobju je odvisno od:

- *Kapacitete postajališč avtobusnih prog* – tj. največje število avtobusov, ki lahko vozijo na avtobusni progi v določenem časovnem obdobju;
- *Največjega načrtovanega števila potnikov na avtobusih na posameznih avtobusnih progah;*
- *Karakteristik potreb potnikov* – razpoložljivost kapacitet postajališč posameznih avtobusnih prog je odvisna od števila potnikov v določenem časovnem obdobju

obratovanja avtobusnih prog. *Faktor konične ure* se uporablja za reduciranje teoretične kapacitete (tj. število avtobusov na uro pomnoženo s številom potnikov na posameznem avtobusu) na *kapaciteto [potnikov]*, ki jo lahko določimo na podlagi obstoječega stanja na avtobusni progi vsak dan. Enkrat, ko je kapaciteta postajališč avtobusnih prog v določenem časovnem obdobju znana, lahko enostavno izračunamo število prepeljanih potnikov. Glej poglavje 2.4.2.

## 2.1 KAPACITETA POSTAJNEGA MESTA

### 2.1.1 Čas postanka

Povprečni čas postanka avtobusov na postajnem mestu je osnova za določitev kapacitet postajnega mesta. Kapaciteta posameznega postajnega mesta je osnova za določanje kapacitet avtobusnih postajališč in avtobusnih prog. Čas postanka je najbolj pomembna komponenta za določitev kapacitet postajališč.

Čas postanka lahko izmerimo pri:

- vstopanju potnikov, tj. v popoldanskem koničnem času, ko pripeljejo avtobusi relativno prazni na postajališča, kjer vstopa veliko število potnikov,
- izstopanju potnikov, tj. v dopoldanskem koničnem času na isti lokaciji,
- ali pa celoten čas izmenjave potnikov, tj. vstopanje in izstopanje potnikov na večjih prestopnih postajališčih.

V vseh primerih je čas postanka sorazmeren vstopnim in/ali izstopnim volumnom potnikov in celotnemu času, ki je potreben za zadovoljitev potreb posameznega potnika.

Na čas postanka vpliva pet glavnih faktorjev. Dva se navezujeta na potrebe potnikov, ostali trije pa se navezujejo na čas za zadovoljitev potreb potnikov pri vstopanju in izstopanju.

Faktorji:

- *Potrebe potnikov in vstopanje-izstopanje.* Število potnikov, ki vstopajo/izstopajo in razmerje vstopajočih in izstopajočih potnikov skozi vrata avtobusa z *največjim volumnom* je ključni faktor za določitev časa za zadovoljitev potreb potnikov.
- *Razdalja med avtobusnimi postajališči.* Manj kot je postajališč na avtobusni prog, večje je število potnikov na teh postajališčih. Željeno je ravnovesje med majhnim številom postajališč z relativno dolgim časom postanka ter relativno dolgim

pešačenjem potnikov do postajališč in velikim številom postajališč, ki zmanjšujejo potovalno hitrost avtobusov, podaljšujejo čas potovanja zaradi pospeševanj, zaviranj in ustavljanj pred rdečimi semaforji po vsakem postanku.

- *Plačilni sistem vozovnic.* Povprečni plačilni čas vozovnic ima velik vpliv na čas za zadovoljitev potreb potnikov pri vstopanju. Nekateri plačilni sistemi omogočajo vstopanje na avtobus skozi več kot ena vrata, kar omogoča hitrejše zadovoljevanje potreb potnikov in s tem krajši čas postanka.
- *Tipi avtobusov.* Če se je potrebno vzpenjati na avtobus ali sestopati z njega, tj. visoko podni avtobusi, se podaljša celoten čas za zadovoljitev potreb potnikov. Bolj primerni so nizko podni avtobusi.
- *Kroženje potnikov na avtobusu.* Če imamo na avtobusu veliko potnikov na stojiščih, potrebujemo več časa za izpraznitev predela avtobusa, kjer se izvajajo plačila vozovnic, ker se morajo ostali potniki pomikati proti zadnjemu delu avtobusa.

Čas postanka se podaljša tudi v primeru vstopanja/izstopanja invalidov na vozičkih na/z avtobusa vključno z namestitvijo na točno določen prostor za invalide na avtobusih. Ti dogodki niso zelo pogosti zato jih označimo kot slučajni dogodki in so vključeni v variabilni čas postanka. S kombinacijo vseh petih faktorjev lahko zelo skrajšamo čas postanka avtobusov.

#### **2.1.1.1 Določitev časa postanka**

Imamo tri metode za določitev časa postanka:

1. *Merjenje na terenu* – s to metodo ovrednotimo obstoječe avtobusne proge;
2. *Predpostavitev vrednosti* – metoda je primerna za planiranje časov postankov, če nimamo na voljo podatkov o vstopnih/izstopnih volumnih potnikov;

3. *Izračun časa postanka* – metoda je primerna za oceno časa postanka, kadar imamo na voljo podatke o vstopno/izstopnih volumnih potnikov.

### **Metoda 1: Merjenje na terenu**

Najbolj natančna metoda za direktno (tj. na terenu) določitev časov postankov avtobusov na postajališčih. Povprečen čas postanka avtobusov na posameznem postajališču in standardno deviacijo (odklon postankov od povprečnega časa postanka avtobusov) določimo na podlagi številnih merenj.

*Postopek merjenja na terenu:*

- **ČAS ZA ZADOVOLJITEV POTREB POTNIKOV**

Število vstopajočih/izstopajočih potnikov na večini postajališč je majhno (po podatkih iz raziskav imamo povprečno dva potnika na avtobusno postajališče). V takšnih primerih je čas postanka relativno neodvisen od časa za zadovoljitev potreb potnikov in jih zato pri tej metodi ne uporabljamo.

Pri določevanju ustreznega časa postanka za zadovoljitev potreb potnikov na podlagi katerih ovrednotimo razlike med sistemi (npr. sistem vrat z enojnimi ali dvojnimi vrati, sistem avtobusov z visokim in nizkim podom, različni plačilni sistemi vozovnic), morajo biti meritve izvedene izključno na postajališčih z največjimi volumni potnikov.

Za določitev časa postanka moramo najprej zbrati ustrezne podatke. Zberemo jih lahko na naslednji način:

Na postajališču na katerem delamo študijo moramo:

1. zapisati številko posameznega avtobusa (proge),
2. zapisati čas popolne zaustavitve avtobusa na postajališču,
3. zapisati čas popolnega odprtja vrat na avtobusu,



4. prešteti število potnikov, ki izstopajo in vstopajo,
5. zapisati čas konca glavnega toka potnikov na postajališču (ta podatek je subjektiven vendar bistven v korelaciji s tokom potnikov na enoto časa. Čas zaradi omahovanja ljudi, ki ne vedo ali bi vstopili ali ne, ne upoštevamo.),
6. po koncu toka potnikov zabeležiti število potnikov, ki so ostali na avtobusu (Opomba: Če je število sedežev na avtobusu znano, lahko ocenimo število potnikov s štetjem praznih sedežev in potnikov, ki stojijo),
7. zapisati čas popolnega zaprtja vrat na avtobusu,
8. zapisati čas izpeljevanja avtobusa,
9. zapisati vse posebne izredne dogodke (npr. vstopanje/izstopanje invalidov na avtobus).

Čas za zadovoljitev potreb potnikov izračunamo za posamezen avtobus z razliko med časom odprtja vrat in časom konca glavnega toka potnikov. Čas za zadovoljitev potreb posameznega potnika pa izračunamo z deljenjem števila vstopajočih ali izstopajočih potnikov s celotnim časom.

**Obrazec za določitev časa za zadovoljitev potreb potnikov št.: \_\_\_\_\_**

**Datum:** \_\_\_\_\_ **Čas:** \_\_\_\_\_

**Proga:** \_\_\_\_\_ **Lokacija:** \_\_\_\_\_ **Smer proge:** \_\_\_\_\_

Številka avtobusa (proge)	Čas prihoda	Čas odprtja vrat	Čas konca glavnega toka	Čas zaprtja vrat	Čas odhoda	Število vstopajočih potnikov		Število izstopajočih potnikov		Število potnikov na avtobusu po odhodu	Op.:
						spredaj	zadaj	spredaj	zadaj		

Slika 3: Primer obrazca za zbiranje podatkov o času za zadovoljitev potreb potnikov

Fig. 3: Sample passenger service time data collection sheet

## • ČAS POSTANKA

Postopek za določitev časov postankov je podoben metodi za določitev časov za zadovoljevanje potreb potnikov s to razliko, da čase postankov najlažje določimo na avtobusu. Opazovalec se vozi z avtobusom po celi progi večkrat dnevno v različnih časovnih obdobjih obratovanja avtobusne proge. En opazovalec lahko nadzira oboje vrat na standardnih avtobusih. Če ima avtobus (zglobni) več kot dvojne vrata morata biti vsaj dva ali več opazovalcev. Za določitev časa postanka si lahko pomagamo tudi z avtomatskimi števci potnikov.

Navadno imajo posamezne avtobusne proge enake tipe avtobusov. Za različne tipe opreme, kot so enojna ali dvojna vrata, visoko ali nizko-podni avtobusi, velikost avtobusov potrebujemo ločene podatke. Na Sliki 4 je vzorec obrazca za zbiranje podatkov. Ta obrazec lahko uporabimo tudi pri zbiranju podatkov o zamudah, npr., zamude zaradi prometnih zamaškov, zamude v križiščih. Za določitev časa postanka moramo zbrati ustrezne podatke. Zberemo jih na naslednji način:

Z mesta opazovanja (tj. na avtobusu) moramo:

1. zapisati številko postajališča ali ime postajališča,
2. zapisati čas popolne zaustavitve avtobusa na postajališču,
3. zapisati čas popolnega odprtja vrat na avtobusu,
4. prešteti število potnikov, ki izstopajo in vstopajo,
5. zapisati čas konca glavnega toka potnikov na postajališču,
6. po koncu toka potnikov zabeležiti število potnikov, ki so ostali na avtobusu (Opomba: Če je število sedežev na avtobusu znano, lahko ocenimo število potnikov s štetjem praznih sedežev in potnikov, ki stojijo),
7. zapisati čas popolnega zaprtja vrat na avtobusu,
8. zapisati čas speljevanja avtobusa (Opomba: čakalne čase na mestih ali križiščih kjer se čas postanka raztegne zaradi rdeče luči na semaforju ne upoštevamo v času postanka. Čakalne čase zaradi posredovanja informacij šoferjev potnikom, zaradi plačevanja vozovnic ter podobnih dogodkov tudi ne upoštevamo pri določevanju časa postanka.),

9. zapisati vse posebne izredne dogodke (npr. čas vstopanja/izstopanja invalidov na vozičkih. Upoštevanje teh dogodkov pri določevanju časa postanka je odvisno od pogostosti tek pojavov.).

**Obrazec za določitev časa postanka št.: \_\_\_\_\_**

**Datum: \_\_\_\_\_ Čas: \_\_\_\_\_**

**Proga: \_\_\_\_\_ Lokacija: \_\_\_\_\_ Smer proge: \_\_\_\_\_**

Postajališče in ime postajališča	Čas prijoda	Čas , ko se vrata odprejo	Konec glavnega toka	Čas , ko se vrata zaprejo	Čas odhoda	Število vstopajočih potnikov		Število izstopajočih potnikov		Število potnikov na avtobusu po odhodu	Op.
						spredaj	zadaj	spredaj	zadaj		

Slika 4: Vzorec obrazca za določitev časa postanka.

Fig. 4: Sample dwell time data collection sheet

## Metoda 2: Predpostavitev časa postanka

Kadar nimamo na voljo terenskih podatkov o času postanka ali o volumnih potnikov na avtobusnih postajališčih, čas postanka na kritičnih postajališčih predpostavimo. Značilne predpostavljene vrednosti: 60 sekund za postajališča v centru mesta, glavne postaje, glavna prestopna postajališča in parkiraj in se pelji postajališča; 15 sekund na vseh ostalih postajališčih.

### Metoda 3: Izračun časa postanka

Pri tej metodi potrebujemo podatke o številu potnikov (vstopajočih in izstopajočih) na posameznih postajališčih na podlagi anket ali ocene. Čas postanka določimo po korakih, in sicer:

Korak 1: *Ocena urnega volumna potnikov* - samo na postajališčih z velikimi volumni potnikov.

Korak 2: *Določitev koničnega volumna potnikov na podlagi urnega volumna*. Enačba 1 prikazuje izračun faktorja konične ure (PHF). Faktor konične ure potrebujemo za določitev enakovrednih urnih volumnov na podlagi 15 minutnih intervalov in za zagotovitev ustreznih kapacitet [potnikov] glede na potrebe skozi celoten konični čas. Tipična vrednost PHF je od 0,60 do 0,95 za javni promet. Vrednost  $PHF = 0,75$ , kadar obratovanje avtobusov na avtobusnih progah ni uravnano s koničnim časom (avtobusi imajo točno določen vozni red ne glede na konični čas). Vrednost  $PHF = 0,85$ , kadar je obratovanje avtobusov na avtobusnih progah uravnano s predvidenimi koničnimi časi. Vrednost  $PHF \approx 1,0$  pomeni, da je sistem preobremenjen. Z določenimi ukrepi oziroma metodami, npr. povečanje števila avtobusov, uporaba večjih avtobusov, izboljšamo vrednost PHF. Enačba 1 prikazuje faktor konične ure PHF.

$$PHF = \frac{P_h}{4P_{15}}$$

Enačba 1: Faktor koničnega ure (PHF)

Eq. 1: Peak hour factor

Enačba 2 pa prikazuje volumen potnikov 15 minutnega koničnega intervala.

$$P_{15} = \frac{P_h}{4(PHF)}$$

Enačba 2: Volumen potnikov 15 minutnega koničnega intervala

Eq. 2: passenger volume during the peak 15 minutes

PHF ... faktor konične ure

$P_h$  ... volumen potnikov v konični uri

$P_{15}$  ... volumen potnikov v 15 minutnem koničnem intervalu

Korak 3: *Določitev časa za zadovoljitev potreb potnikov.* Preglednica 1 prikazuje ocene časa za tipične situacije (eno-kanalen tok potnikov, ki vstopajo skozi ena vrata). Preglednica 2 pa prikazuje ocene časa za situacije vstopanja potnikov skozi ena in več kot ena vstopna vrata za naslednje plačilne sisteme vozovnic: brezplačni prevozi, predplačniški sistem vozovnic, plačila vozovnic na avtomatih na avtobusu. Izbira plačilnega sistema vozovnic vpliva na čas postanka avtobusov.

Preglednica 1: Čas za zadovoljitev potreb potnikov (avtobusi z enimi vstopnimi vrati)

Table 1: Passenger service times with single-channel passenger movement

Situacija	Čas za zadovoljitev potreb potnikov (s/p)	
	Območje časov	Predlagani čas
<b>VSTOPANJE</b>		
Predplačilo	2.25-2.75	2.5
Posamezna vozovnica ali žeton	3.4-3.6	3.5
Točen denar	3.6-4.3	4.0
Plačilna kartica	4.2	4.2
Čip kartica	3.0-3.7	3.5
<b>IZSTOPANJE</b>		
Predplačilo	2.25-2.75	2.5
Posamezna vozovnica ali žeton	3.4-3.6	3.5

Opomba: Vrednosti so v sekundah. Prišteti moramo 0,5 s/p, če imamo potnike, ki stojijo na avtobusu; odšteti 0,5 s/p, če imamo nizko-podne avtobuse.

Preglednica 2: Čas za zadovoljitev potreb potnikov (avtobusi z enimi in več vstopnimi vrati).

Table 2: Passenger service times with multiple-channel passenger movement

Število vhodnih/izhodnih vrat	Čas za zadovoljitev potreb potnikov (s/p)		
	vstopanje	Izstopanje spredaj	Izstopanje zadaj
1	2.5	3.3	2.1
2	1.5	1.8	1.2
3	1.1	1.5	0.9
4	0.9	1.1	0.7
6	0.6	0.7	0.5

Opomba: Čas vstopanja naraste za 20%, če imamo potnike, ki stojijo na avtobusu; pade za 15%, če imamo izstopanje spredaj, 25% za izstopanje zadaj in 20%, če imamo nizko-podne avtobuse.

Korak 4: *Uravnava časov za zadovoljitev potreb potnikov za dvosmerne tokove skozi enojna vrata.* V situacijah, kadar imamo med 25-50% potnikov z nasprotno smeri glavnega toka potnikov, čas za zadovoljitev potreb potnikov pri vstopanju in izstopanju naraste za 20%.

Korak 5: *Izračun časa postanka.* Čas postanka je čas potreben za zadovoljitev potreb potnikov na najbolj prometnih vratih vključno s časom, ki je potreben za odpiranje in zapiranje vrat. Čas odpiranja in zapiranja vrat je 2-5 sekund pri normalnem delovanju.

$$t_d = P_a t_a + P_b t_b + t_{oc}$$

Enačba 3: Povprečni čas postanka

Eq. 3: Average dwell time

$t_d$  ... povprečni čas postanka (s)

$P_a$  ... število izstopajočih potnikov z avtobusa skozi najbolj prometna vrata (p)

$t_a$  ... čas izstopanja potnikov (s/p)

$P_b$  ... število vstopajočih potnikov na avtobus skozi najbolj prometna vrata (p)

$t_b$  ... čas vstopanja potnikov (s/p)

$t_{oc}$  ... čas za odpiranje in zapiranje vrat

### **2.1.1.2 Vpliv invalidov na vozičkih na čas postanka**

Novejši avtobusi pri nas so tudi že prilagojeni za prevoz invalidov na invalidskih vozičkih. Pri visoko-podnih avtobusih z dvigalom za vozičke je čas vstopanja/izstopanja 60-200 sekund. Pri tem je vstopanje/izstopanje preostalih potnikov onemogočeno. Nizko-podni avtobusi skrajšajo čas vstopanja/izstopanja za 30-60 sekund. Če invalidi na vozičkih redno uporabljajo določeno postajališče, potem mora biti čas vstopanja/izstopanja invalidov vključen v povprečni čas postanka. Če so ti dogodki redki, vpliv tega časa upoštevamo v variabilnem času postanka.

### **2.1.2 Čas za ponovno vključitev avtobusov v promet**

Čas za ponovno vključitev avtobusov v promet s postajališča izven vozišča je časovno obdobje od trenutka popolnega zaprtja vrat na avtobusu in izpeljevanja s postajališča do popolne izpraznitve postajališča ter vključitve v promet. Del časa je sestavljen iz časa izpeljevanja in časa potovanja po odseku, ki je enak dolžini avtobusa. V primeru postajališča na vozišču je to edina komponenta časa za ponovno vključitev avtobusov v promet.

V primeru postajališča izven vozišča se pojavi še ena komponenta časa izpraznitve. To je čas potreben, da se avtobus z ustrezno oblikovanega postajnega območja ponovno vključi v promet na vozišču. Zamuda zaradi ponovne vključitve avtobusov v promet je odvisna od volumna prometnega toka na preseku postajališča in narašča z naraščanjem volumna prometa na vozišču. Zamuda je odvisna tudi od vpliva semaforjev, npr. rdeča luč, vzdolž avtobusne proge. Nastanejo lahko kolone vozil ob avtobusnih postajališčih. Posledica je daljši čas za ponovno vključitev avtobusov v promet. Ta problem je rešljiv tudi zakonsko, tj. z zakonsko določitvijo prednosti avtobusom pri vključevanju v promet s postajališč izven vozišč.

Javno prevozna podjetja se izogibajo postajališčem izven vozišč na zelo prometnih cestah v izogib zamudam zaradi ponovnega vključevanja avtobusov v promet. Boljša so postajališča izven vozišč v izogib zamudam preostalega prometa in manjša je verjetnost naletov vozil v kolonah.



Slika 5: Primer postajališča na vozišču  
Fig. 5: On-line



Slika 6: Primer postajališča izven vozišča  
Fig. 6: Off-line.

#### 2.1.2.1 Ocena časa za ponovno vključitev avtobusov v promet

Na podlagi raziskav komponent časa za ponovno vključitev avtobusov v promet je razpon tega časa od 9 do 20 sekund. Čas potreben za izpeljevanje avtobusa in potovanje po odseku, ki je enak dolžini avtobusa, znaša 10 sekund. Na postajališčih izven vozišč lahko zamude zaradi ponovnega vključevanja avtobusov v promet izmerimo na terenu ali pa jo izberemo iz Preglednice 3. Preglednica 3 se nanaša na slučajne prihode avtobusov na postajališča. Ocene časa za ponovno vključitev avtobusov v promet v primeru, da na prometni tok vozil mimo avtobusnih postajališč vplivajo semaforji ali v primeru, da morajo avtobusi čakati kolono vozil, da se izprazni preden se ponovno vključijo v promet določimo s simulacijo ali uporabimo podatke po HCM 2000. Kadar nimamo na voljo podatkov predpostavimo čas za ponovno vključitev avtobusov v promet 7 sekund.



Preglednica 3: Povprečne zamude avtobusov pri ponovnem vključevanju v promet

Table 3: Average bus re-entry delay

<b>Vzporedni vozni pas, Volumen mešanega prometa (voz/h)</b>	<b>Povprečna zamuda pri vključevanju (s)</b>
100	1
200	2
300	3
400	4
500	5
600	6
700	8
800	10
900	12
1000	15

Vir: HCM 2000 (Highway Capacity Manual) simulacija po metodi nesignaliziranih križišč (manj prometna ulica, desno zavijanje pri znaku STOP), predpostavljene so 7 sekundni kritični časi za ponovno vključitev avtobusov v promet in slučajni prihodi avtobusov. Zamude temeljijo na 12 postankih avtobusov na uro.

### 2.1.3 Variabilnost časov postankov in delež prihodov avtobusov na zasedeno postajno mesto

Posamezni avtobusi na posameznih postajališčih nimajo enakega časa postanka, ker je čas postanka odvisen od števila potnikov (vstopajočih in izstopajočih), ki ni vedno enako. Učinek variabilnosti časov postankov na kapaciteto avtobusov izrazimo s *koeficientom variabilnosti časov postankov*  $c_v$ , tj. standardna deviacija časov postankov deljena s povprečnim časom postanka. Če je  $c_v$  enak nič, so vsi časi postankov enaki. Če je  $c_v$  enak 1.0, je standardna deviacija časov postankov enaka povprečnemu času postanka. To pomeni, da bo imel približno eden od treh avtobusov dvakrat večji čas postanka kot je povprečni čas postanka.

Navadno so vrednosti  $c_v$  od 0,4 do 0,8. Priporočena vrednost  $c_v$ , dobljena z merjenji na terenu, je 0,6. Faktorji, ki vplivajo na variabilnost časov postankov so enaki faktorjem, ki vplivajo na čas postanka.

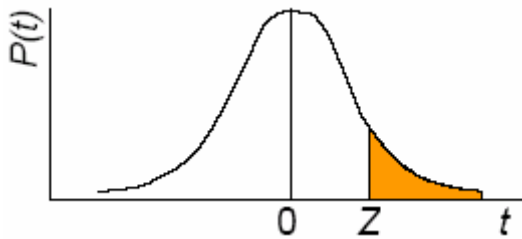
Kapaciteta postajnega mesta je največja, kadar lahko avtobus takoj po izpraznitvi predhodnega avtobusa zapelje na to območje. Ta pogoj je neželen zaradi naslednjih razlogov: (1) zmanjša se hitrost avtobusov zaradi čakanja na izpraznitev območja, (2) zaradi dodatnih zamud trpi zanesljivost urnika voženj, (3) avtobusi ovirajo ostali promet na avtobusni progi daljše časovno obdobje. Zato analiza kapacitet postajališč vključuje tudi delež prihodov avtobusov na zasedeno postajno mesto (pogostost prihodov avtobusov do zasedenega postajnega mesta).

Delež prihodov avtobusov na zasedeno postajno mesto se uporablja v kombinaciji z variabilnostjo časov postankov in povprečnim časom postanka za določitev *časovnega varnostnega faktorja*, ki se prišteje k času postanka in času za ponovno vključitev avtobusov v promet, da se napake ne bodo pojavljale pogosteje od predvidenih. Časovni varnostni faktor je največji čas prekoračitve povprečnega časa postanka avtobusov ne, da bi bila pri tem prekoračena kapaciteta postajališča ali posameznega postajnega mesta.

Če je delež prihodov avtobusov na zasedeno postajno mesto večji kot je dovoljen, je časovni varnostni faktor nižji, zanesljivost urnika voženj avtobusa je manjša, kapaciteta postajnega mesta pa je večja. Obratno, če je delež prihodov avtobusov na zasedeno postajno mesto nižji je časovni varnostni faktor večji, zanesljivost urnika voženj je večja, kapaciteta postajnega mesta je manjša.

Čas postanka posameznega avtobusa je matematična slučajna spremenljivka  $z$ . Če imamo večje število  $Z = \sum_{i=1}^n z_i$  enako porazdeljenih slučajnih spremenljivk potem lahko čase

postankov aproksimiramo s standardno normalno porazdelitvijo, tj. Gaussova porazdelitev. Slika 7 prikazuje standardno normalno porazdelitev časov postankov.  $Z$  je standardna normalna variabilnost časov postankov avtobusov, ki ustreza določenemu deležu prihodov avtobusov na zasedeno postajno mesto; glej Preglednica 4. Področje pod porazdelitveno krivuljo časov postankov na Sliki 7 in desno od točke  $Z$  predstavlja verjetnost, da ne bo noben čas postanka avtobusov daljši od te vrednosti.



Slika 7: Standardna normalna porazdelitev časov postankov

Fig. 7: Standard normal distribution

$$Z = \frac{t_{om}}{s} = \frac{t_i - t_d}{s}$$

Enačba 4: Standardna normalna variabilnost časov postankov, ki ustreza določenemu deležu prihodov avtobusov na zasedeno postajno mesto

Eq. 4: Standard normal variable corresponding to a desired failure rate

$Z$  ... standardna normalna variabilnost časov postankov, ki ustreza določenemu deležu prihodov avtobusov na zasedeno postajno mesto

$s$  ... standardna deviacija časov postankov

$t_{om}$  ... časovni varnostni faktor

$t_d$  ... povprečni čas postanka

$t_i$  ... vrednost časa postanka, katera ne bo presežena pogosteje kot je želen delež prihodov avtobusov na zasedeno postajno mesto

Enačba 5 prikazuje časovni varnostni faktor izražen iz Enačbe 4, ki ustreza želenemu deležu prihodov avtobusov na zasedeno postajno mesto, kadar je zasedenost postajnega mesta blizu svoje kapacitete:

$$t_{om} = sZ = c_v t_d Z$$

Enačba 5: Časovni varnostni faktor.

Eq. 5: Operatin margin

$c_v$  ... koeficient variabilnosti časov postankov

Preglednica 4: Vrednosti  $Z$  za različne deleže prihodov avtobusov na zasedeno postajno mesto

Table 4: Values of  $Z$  associated with given failure rates

Delež prihodov na zasedeno postajno mesto	$Z$
1.0%	2.330
2.5%	1.960
5.0%	1.645
7.5%	1.440
10.0%	1.280
15.0%	1.040
20.0%	0.840
25.0%	0.675
30.0%	0.525
50.0%	0.000

V centrih mesta je priporočena vrednost deleža prihodov avtobusov na zasedeno postajno mesto med 7,5% in 15% za oceno kapacitet [vozil]. To predstavlja razmerje med konstantno potovalno hitrostjo avtobusov in dosego večjih potrebnih kapacitet v centrih mest. Zgornja meja, 15%, predstavlja zasedenost postajališča približno 10 minut v eni uri (kolone ostalih vozil pred avtobusnim postajališčem). Predstavlja pa tudi mejno vrednost, kjer hitrost avtobusom prične hitro padati. Simulacije kažejo, da je hitrost avtobusov, pri 15% deležu prihodov avtobusov na zasedeno postajno mesto, za 20% nižja kot pri načrtovanih voznjah avtobusov blizu kapacitet.

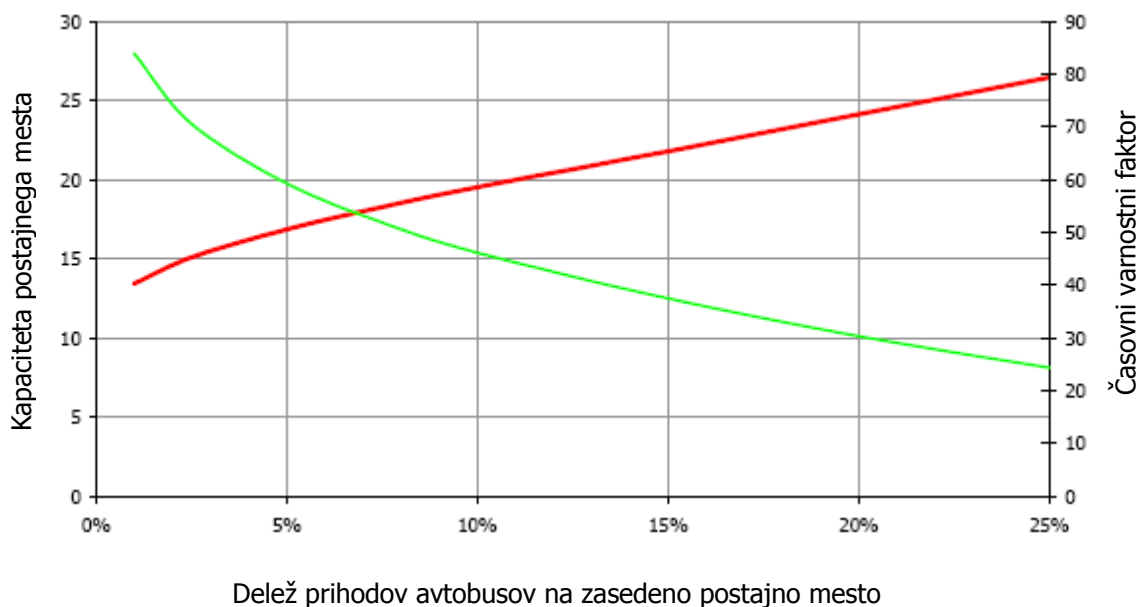
V območjih izven centra mest je vrednost deleža prihodov avtobusov na zasedeno postajno mesto 2,5% priporočena v katerikoli situaciji, še posebno, če je predvideno avtobusno postajališče izven vozišča, kjer bodo nastajale kolone na avtobusni progi pri vsaki zasedenosti postajališča. Sprejemljiv delež prihodov avtobusov na zasedeno postajno mesto je 7,5%.

Matematično največja kapaciteta je pri deležu prihodov avtobusov na zasedeno postajno mesto 50%, v praksi pa je razpoložljiva kapaciteta dosežena pri deležu prihodov avtobusov na zasedeno postajno mesto 25%. Za dosego vrednosti 50% se zahteva zelo natančna kontrola glavnih avtobusnih prog z edino variabilnostjo, tj. volumen potnikov pri vstopanju na

posamezen avtobus, kar pa v praksi zelo težko dosežemo. Še več, interferenca avtobusov bi bila tako velika, da ne bi mogli vsi ustaviti na vseh postajališčih avtobusnih prog. Tudi hitrosti avtobusov bi bile ekstremno nizke pri deležu prihodov avtobusov na zasedeno postajno mesto 50%. To pomeni zelo slabo kvaliteto zadovoljevanja potreb potnikov. Delež prihodov avtobusov na zasedeno postajno mesto manjši od 25% je priporočljiv za uravnoteženje kapacitet avtobusov na postajališčih in zanesljivosti urnika voženj avtobusov. Grafikon 1 prikazuje zvezo med deležem prihodov avtobusov na zasedeno postajno mesto, časovnim varnostnim faktorjem in kapaciteto postajnega mesta.

Grafikon 1: Zveza med deležem prihodov avtobusov na zasedeno postajno mesto, časovnim varnostnim faktorjem in kapaciteto postajnega mesta

Graph. 1: Relationship between failure rate, operating margin and loading area bus capacity



- ... časovni varnostni faktor
- ... kapaciteta

#### 2.1.4 Kvocient zelenega časa (g/C)

Na kapaciteto postajnih mest ali postajališč vplivajo tudi semaforizirana križišča na trasi avtobusnih prog. Avtobusi lahko na postajališča za križiščem ali med križiščema pripeljejo samo v zeleni fazi semaforja v smeri avtobusne proge. Krajša kot je zelena faza na semaforju, manjša je kapaciteta postajnih mest ali postajališč. Semaforizirana križišča na trasi avtobusnih prog vplivajo na kapaciteto postajališč pred križiščem. Avtobusi po koncu vstopanja in izstopanja potnikov ne morejo odpeljati s postajališča, ker morajo počakati na zeleno fazo na semaforju. Posledica je daljši čas postanka in s tem manjša kapaciteta postajnih mest ali postajališč. Glede na naravo obnašanja avtobusov na avtobusnih progah, krajše dolžine faz na semaforjih v smeri avtobusnih prog nudijo več možnosti, da avtobus pelje skozi zeleno fazo na semaforju.

Vpliv semaforjev na kapaciteto postajnih mest ali postajališč določimo s *kvociantom zelenega časa g/C*, tj. kvocient med zeleno fazo na semaforjih v smeri avtobusnih prog in ciklusom semaforjev v križišču. Na podlagi izkušenj lahko predpostavimo, da povprečni čas zelene faze na semaforjih v smeri avtobusnih prog znaša 54s, dolžina ciklov semaforjev v križišču pa 120s. Iz tega sledi kvocient  $g/C = 0,45$ . Kvocient  $g/C$  na postajališčih, ki niso pod vplivom semaforjev je enak 1,0, ker dostop do postajališč ni odvisen od semaforjev.

Kvocient  $g/C$  vpliva na enačbo za izračun kapacitete postajnega mesta v dveh primerih. Prvič, numerator kvocienta v enačbi je 3,600  $g/C$ , zaradi deleža števila avtobusov, ki lahko pripeljejo na postajališče za križiščem ali med križiščema, ali odpeljejo s postajališče pred križiščem v eni uri. Drugič, čas postanka v imenovalcu enačbe izrazimo kot  $(g/C)t_d$  zaradi postankov, ki nastopijo v zeleni fazi semaforja na avtobusnih progah. Čas postanka v rdeči fazi semaforja nima vpliva na kapaciteto postajnega mesta, ker avtobus ne more pripeljati na ali odpeljati s postajnega mesta v času rdeče faze. Kapaciteto avtobusnih prog lahko povečamo z regulacijo zelenih faz na semaforjih, npr. podaljšamo zelene faze.

## 2.1.5 Izračun kapacitete postajnega mesta

Kapaciteta postajnega mesta v eni uri,  $B_l$ , je:

$$B_l = \frac{3,600(g/C)}{t_c + (g/C)t_d + t_{om}} = \frac{3,600(g/C)}{t_c + (g/C)t_d + Zc_v t_d}$$

Enačba 6: Kapaciteta postajnega mesta

Eq. 6: Capacity of loadin area

$B_l$  ... kapaciteta postajnega mesta

3,600 ... število sekund v eni uri

$g/C$  ... kvocient zelenega časa

$t_c$  ... čas za ponovno vključitev avtobusov v promet

$Z$  ... standardna normalna variabilnost časov postankov, ki ustreza določenemu deležu prihodov avtobusov na zasedeno postajno mesto

$t_{om}$  ... časovni varnostni faktor

$t_d$  ... povprečni čas postanka

$c_v$  ... koeficient variabilnosti časov postankov

Preglednica 5 prikazuje ocene največjega števila avtobusov (kapacitete) na postajnem mestu, ki temelji na 25% deležu prihodov avtobusov na zasedeno postajno mesto, brez semaforjev protitočno na avtobusni progi in pri različnih kombinacijah časov postankov in časih za ponovno vključitev avtobusov v promet.

Preglednica 5: Ocena največje kapacitete postajnega mesta (bus/h)

Table 5: Estimated maximum capacity of loading areas

Čas postanka (s)	Čas izpraznitve	
	10 s	15 s
15	116	100
30	69	63
45	49	46
60	38	36
75	31	30
90	26	25
105	23	22
120	20	20

Opomba: delež prihodov avtobusov na zasedeno postajno mesto 25%, koeficient variabilnosti časov postankov 60%,  $g/C=1,0$

V poglavju 8 so Grafikoni 10, 11, 12, ki prikazujejo kapaciteto postajnega mesta, ki je manjša od največje kapacitete in temelji na priporočenih deležih prihodov avtobusov na zasedeno postajno mesto ter različnih lokacijah postajališč.



## 2.2 KAPACITETA POSTAJALIŠČ

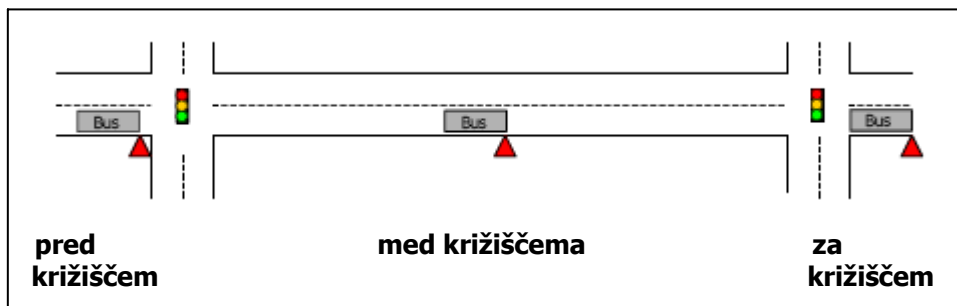
### 2.2.1 Določitev lokacije postajališč

Avtobusno postajališče je območje, kjer se avtobusi ustavljajo, vstopajo in/ali izstopajo potniki in je sestavljeno iz enega ali več postajnih mest. Kapaciteta postajališč je odvisna od kapacitete posameznega postajnega mesta, od števila predvidenih postajnih mest in od oblike postajnega mesta.

Glede na število predvidenih postajnih mest na postajališču določimo kapaciteto postajališča. Velikost avtobusnega postajališča je odvisna: od razdalj med postajališči, od lokacije avtobusne proge, tj. center mesta ali predmestje, in/ali od potreb po parkiriščih ob robu vozišča. Kadar na avtobusnem postajališču predvidimo več kot tri postajna mesta, lahko s tem zmedemo potnike, ker ne bodo vedeli na katerem postajnem mestu se bo avtobus ustavil. Posledica je daljši čas postanka, zaradi dodatnega pešačenja na postajališču.

Avtobusna postajališča locirana izven vozišča imajo večjo kapaciteto kot postajališča na vozišču, kadar predvidimo štiri ali več postajnih mest. Avtobusna postajališča na vozišču imajo večjo kapaciteto v primerjavi s postajališči izven vozišč, kadar predvidimo eno ali dve postajni mesti. Če pa predvidimo tri postajna mesta je kapaciteta pri obeh tipih postajališč približno enaka. Zaradi zamud, ki se pojavijo pri ponovnem vključevanju avtobusov v promet s postajališča in vpliva teh zamud na potovalne hitrosti avtobusov in čase potovanja, se javno prevozna podjetja skušajo izogibati uporabi postajališč izven vozišč razen, v primerih relativno visokih hitrostnih omejitev na vozišču (tj. hitrost 60 km/h ali 70 km/h).

Avtobusna postajališča so največkrat locirana na naslednjih treh tipičnih lokacijah: (1) *pred križiščem*, tj. lokacija postajališča tik pred križiščem, (2) *za križiščem*, tj. lokacija postajališča tik za križiščem, (3) *med križiščema*, tj. lokacija postajališča med dvema križiščema.



Slika 8: Lokacije avtobusnih postajališč na vozišču.

Fig. 8: Bus stop locations

Lokacija avtobusnega postajališča vpliva na kapaciteto postajališč, kadar lahko ostala vozila na avtobusnem pasu zavijajo desno v ulico razen, v primerih posebnih avtobusnih pasov in enosmernih ulic. Postajališča za križiščem imajo najmanjši vpliv na kapaciteto dokler, se avtobusi lahko izogibajo kolonom zaradi desnih zavijalcev pri približevanju križiščem v primerjavi s postajališči med križiščema in postajališči pred križiščem.

Kapaciteta postajališč ni edini faktor, ki ga moramo upoštevati pri izbiri lokacije avtobusnih postajališč. Upoštevati moramo tudi faktorje kot so: potencialni konflikti z ostalimi vozili, ki vozijo po avtobusni progi, možnosti za prestopanje potnikov, peš razdalje potnikov, generacije potnikov, ciklusi semaforjev, lokacije avtobusnih prog, psihološke ovire in možnosti za izvedbo prednostnih prevoznih storitev.

Postajališča pred križiščem se npr. postavijo, kadar je dovoljeno parkiranje ob robu vozišča, saj imajo avtobusi več prostora da se ponovno vključijo v promet. Zaželeno so tudi pred križišči, kjer avtobusi zavijajo desno. Kjer pa avtobusi vozijo po zunanjem voznem pasu in je v križiščih veliko desnih zavijalcev je bolj zaželeno postajališče za križiščem. Postajališče za križiščem je bolje postaviti predvsem pri levem zavijanju avtobusov v križiščih. Postajališča med križiščema so običajno postavijo le v primerih velikih generatorjev prometa in kadar ni zadostnega prostora v neposredni bližini križišč.

Preglednica 6 prikazuje prednosti in slabosti posamezne lokacije postajališč. Za zagotovitev dobre prometne kot tudi prevozne ureditve javnega prometa moramo preučiti tudi velikost, lokacijo in samo obliko posameznega avtobusnega postajališča.

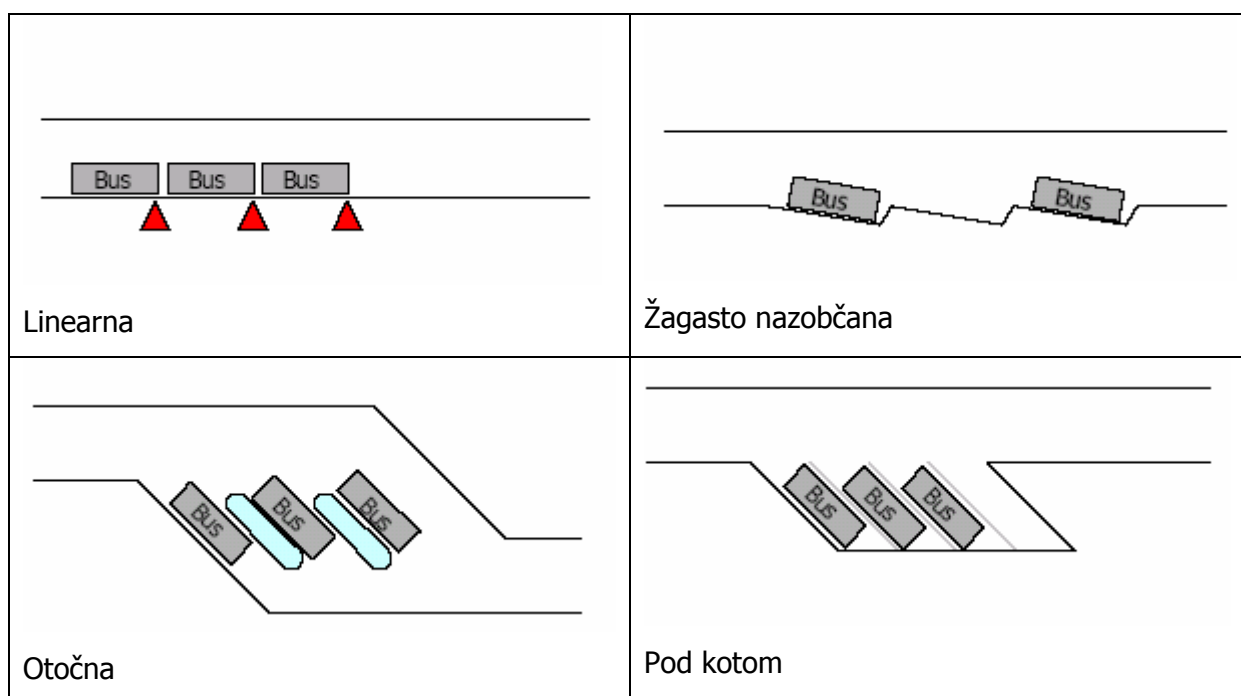
Preglednica 6: Primerjava posameznih lokacij postajališč na avtobusni progi.

Table 6: Bus stop location comparison

<b>Lokacija</b>	<b>Prednosti</b>	<b>Slabosti</b>
<b>za križiščem</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- zmanjšuje konflikte med avtobusi in desnimi zavijalci</li> <li>- omogoča večjo kapaciteto za desne zavijalce</li> <li>- zmanjšuje težave s pregledno razdaljo (sight distance) pri vstopu v križišče</li> <li>- spodbuja pešce, da prečkajo cesto za avtobusom</li> <li>- na račun križišča zmanjšuje povprečno pot zaustavljanja</li> <li>- avtobusi lahko izkoristijo vrzeli v prometnem toku</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- lahko pripomore k dodatnemu zaustavljanju prometa v prometnih konicah</li> <li>- lahko oslabi pregledno razdaljo za vozila, ki prečkajo križišče</li> <li>- lahko povečuje težave povezano s pregledno razdaljo za pešce, ki prečkajo križišče</li> <li>- lahko pride do dvojnega zaustavljanja (v križišču na rdeči luči in na postajališču)</li> <li>- lahko se povečuje število naletov, saj vozniki ne pričakujejo dvojnega zaustavljanja avtobusa</li> <li>- lahko povzroči kolono vozil v križišču (kadar ustavi za križiščem in na vozišču)</li> </ul>
<b>pred križiščem</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- zmanjšuje oviranje gostega prometa za križiščem</li> <li>- omogoča potnikom najkrajši dostop iz prehoda do avtobusa</li> <li>- širina križišča omogoča, da se avtobus vključi v promet</li> <li>- zmanjšuje se možnost dvojnega zaustavljanja</li> <li>- omogoča potnikom da vstopajo in izstopajo, ko avtobus čaka na rdeči luči</li> <li>- omogoča vozniku pregled nad prihajajočim prometom in ostalimi avtobusi s potencialnimi potniki</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- povečujejo konflikte med avtobusi in desnimi zavijalci</li> <li>- ustavljeni avtobusi lahko oslabijo pregled nad semaforji in pešci, ki prečkajo križišče</li> <li>- lahko poslabša pregledno razdaljo za vozila iz stranske ceste na desni strani</li> <li>- povečuje težave s pregledno razdaljo za pešce, ki prečkajo križišče</li> </ul>
<b>med križiščema</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- zmanjšuje težave s pregledno razdaljo za pešce in voznike</li> <li>- na čakališču lahko prihaja do manjše gostote pešcev</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- zahteva dodaten prostor kjer je parkiranje prepovedano</li> <li>- spodbuja pešce, da prečkajo cesto izven prehoda za pešce</li> <li>- povečuje razdaljo, katero mora pešec prehoditi pri prečkanju križišča (ceste)</li> </ul>

## 2.2.2 Oblike postajališč

Postajna mesta na postajališčih in večjih postajah za prestopanje potnikov razdelimo po obliki v 4 kategorije (Slika 9): linearne, žagasto nazobčane, otočne, pod kotom. Zadnje tri oblike so nelinearna postajna mesta, ki dovoljujejo avtobusom, da se ustavijo na postajališčih ali odpeljejo z njih neodvisno drug od drugega. Največja prednost nelinearnih oblik postajnih mest je ta, da podvojitvev območij podvoji kapaciteto postajališč in, da se avtobusi lahko neodvisno gibljejo drug mimo drugega. Postajališča nelinearnih oblik imajo točno predpisan tip avtobusa za posamezno postajno mesto in nimajo zamud zaradi potnikov, ki bi hodili po postajališču in bi motili predhodne avtobuse, ker njihov avtobus pripelje na postajališče za predhodnimi avtobusi. Nelinearna postajališča se redko uporabljajo za javni mestni potniški promet.



Slika 9: Oblike avtobusnih postajališč.

Fig. 9: Bus stop design types

Največ postajališč po obliki na mreži javnega mestnega potniškega prometa je linearnih. Prvi avtobus, ki pripelje na postajališče, zasede prvo postajno mesto in tako naprej. Vsako

naslednje predvideno postajno mesto na postajališču je manj učinkovito kot predhodno zaradi naslednjih treh razlogov:

1. Zadnja postajna mesta na postajališču so manjkrat zasedena kot prvo postajno mesto.
2. Ker potniki ne vedo na katerem postajnem mestu bo avtobus ustavil, morajo hoditi vzdolž postajališča, da pridejo do svojega avtobusa, ki je na enem od zadnjih postajnih mest. Posledica je daljši čas postanka avtobusa, tj. pri enakem volumnu potnikov, ki vstopajo je čas postanka na zadnjih postajnih mestih daljši kot na prvem.
3. Odvisno od razdalje med ustavljenimi avtobusi na postajališču, tj. drug pred prvim, in možnosti avtobusov, da gredo drug mimo prvega, se lahko dogodi, da drugi avtobus ne more odpeljati s postajnega mesta dokler ne odpelje prvi avtobus.

Prirastek k povečanju kapacitet postajališč, z dodajanjem dodatnih postajnih mest, je odvisen od lege postajnih mest, tj. ali imamo postajališča izven vozišč ali na vozišču, kot tudi od karakteristik dostopov avtobusov na postajališča. Raziskave na terenu so pokazale, da so linearna postajna mesta najbolj učinkovita takrat, kadar avtobusi pripeljejo in odpeljejo s postajališča v obliki *kolone*, tj. drug za drugim pripeljejo in odpeljejo s postajališča. To je skupina dveh ali treh avtobusov, ki skupaj potujejo vzdolž proge s približno enakimi časi postankov ali s časi postankov, ki so dovolj kratki, da se končajo do trenutka, ko se na semaforju prižge zelena faza. Kolone se lahko formirajo z ustreznimi prometnimi signali na avtobusni progi ali mreži, ali pa z namernim usklajevanjem urnikov voženj avtobusov na postajališčih z velikimi volumni potnikov.

Preglednica 7 prikazuje faktorje učinkovitosti postajnih mest na postajališčih izven vozišč, na voziščih, in postajnih mestih na postajališčih na vozišču z avtobusi, ki tvorijo kolone. Faktorji učinkovitosti postajališč izven vozišč so dobljeni na podlagi raziskav kapacitet javnega prometa v New Yorku in New Jerseyju v državi ZDA, za postajališča na vozišču pa v Evropi. Iz Preglednice 7 lahko vidimo, da postajališča s štirimi ali petimi postajnimi mesti nimajo nič večjo učinkovitost kot tri postajna mesta. Za zagotovitev dobre učinkovitosti dveh postajnih mest moramo zagotoviti tri fizična postajna mesta. Preglednica 7 se nanaša samo na linearna

postajna mesta. Vsi ostali tipi postajališč so 100% učinkoviti, t.j., število učinkovitih postajnih mest je enako številu fizičnih postajnih mest.

Preglednica 7: Faktorji učinkovitosti postajnih mest.

Table 7: Efficiency of multiple linear loading areas

Število mest	Postajna mesta na vozišču				Postajna mesta izven vozišča	
	Slučajni prihodi		Prihodi v koloni		Vsi prihodi	
	Učinkovitost posameznega mesta %	Kumulativna učinkovitost mesta	Učinkovitost posameznega mesta %	Kumulativna učinkovitost mesta	Učinkovitost posameznega mesta %	Kumulativna učinkovitost mesta
1	100	1.00	100	1.00	100	1.00
2	75	1.75	85	1.85	85	1.85
3	70	2.45	80	2.65	80	2.65
4	20	2.65	25	2.90	65	3.25
5	10	2.75	10	3.00	50	3.75

Opomba: Avtobusi ne prehitevajo drug drugega.

Povečanje števila postajnih mest na postajališčih ima mnogo manjši učinek na kapaciteto postajališč kot skrajševanje časa postanka avtobusov.

### 2.2.3 Izračun kapacitete postajališč

Kapaciteta postajališča v eni uri,  $B_s$ , je:

$$B_s = N_{el} B_l = N_{el} \frac{3,600(g/C)}{t_c + (g/C)t_d + Zc_v t_d}$$

Enačba 7: Kapaciteta postajališča

Eq. 7: Bus stop bus capacity

$B_s$  ... kapaciteta postajališča

$B_l$  ... kapaciteta postajnega mesta

$N_{el}$  ... število učinkovitih postajnih mest

3,600 ... število sekund v eni uri

$g/C$  ... kvocient zelenega časa

$t_c$  ... čas za ponovno vključitev avtobusov v promet

$Z$  ... standardna normalna variabilnost časov postankov, ki ustreza določenemu deležu prihodov avtobusov na zasedeno postajno mesto

$t_d$  ... čas postanka

$c_v$  ... koeficient variabilnosti časov postankov

Preglednica 8 prikazuje ocene največjih kapacitet linearnih avtobusnih postajališč na vozišču za različno število postajnih mest, za različne čase postankov in kvociente zelenega časa. Grafikonu za načrtovanje kapacitet avtobusnih postajališč za različne situacije so prikazani v poglavju 8; glej Grafikon 10, 11, 12.

Preglednica 8: Ocene največjih kapacitet linearnih postajališč na vozišču.

Table 8: Estimated maximum capacity of linear bus stops

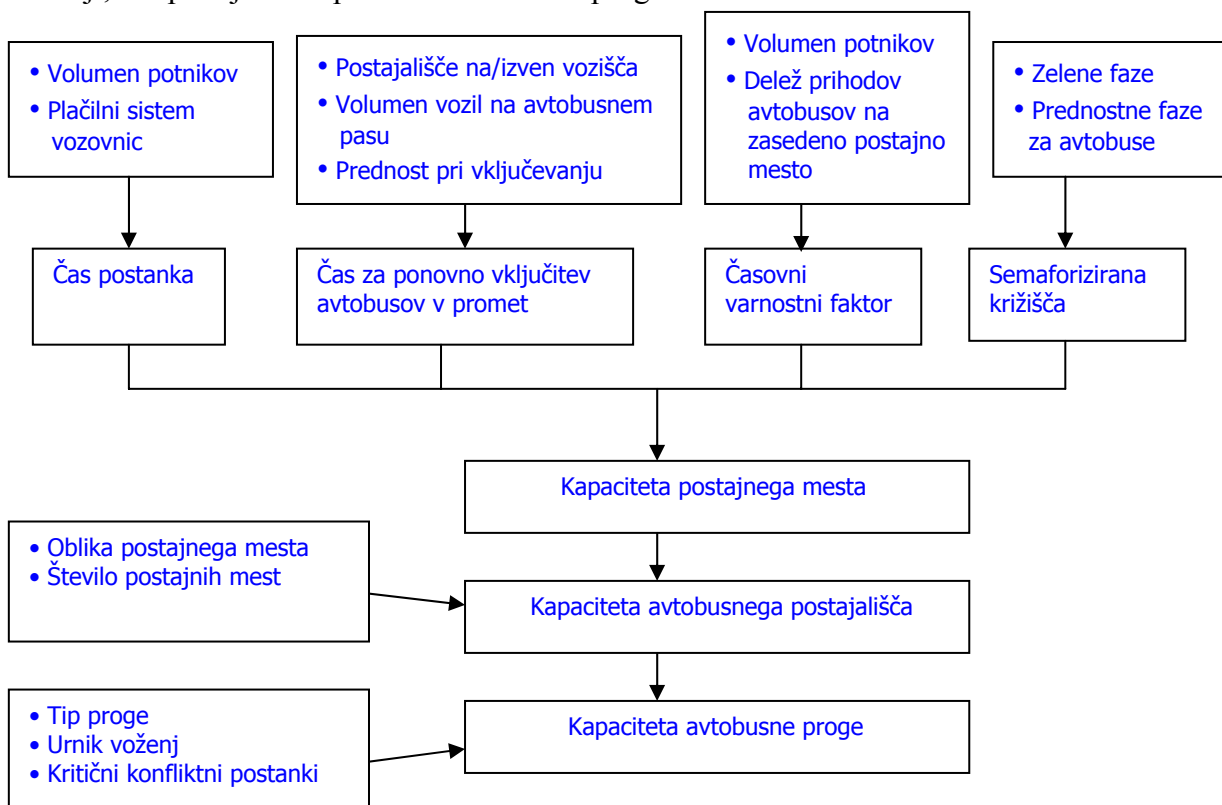
čas postanka (s)	Število linearnih postajnih mest na postajališčih na vozišču									
	1		2		3		4		5	
	$g/C$ 0.50	$g/C$ 1.00	$g/C$ 0.50	$g/C$ 1.00	$g/C$ 0.50	$g/C$ 1.00	$g/C$ 0.50	$g/C$ 1.00	$g/C$ 0.50	$g/C$ 1.00
30	48	69	84	120	118	169	128	182	133	189
60	27	38	48	66	68	93	74	101	76	104
90	19	26	34	46	48	64	52	69	54	72
120	15	20	26	35	37	49	40	53	41	55

Opomba: čas za ponovno vključitev avtobusov v promet je 10 sekund, delež prihodov avtobusov na zasedeno postajno mesto 25%, koeficient variabilnosti časov postankov 60% in slučajni prihodi avtobusov na postajališča na vozišču. Za določitev kapacitete linearnih avtobusnih postajališč moramo vrednosti za posamezno postajno mesto pomnožiti s številom postajnih mest na posameznem postajališču.

## 2.3 KAPACITETA AVTOBUSNIH PROG

Kapaciteta avtobusnih prog je močno odvisna od optimalnosti same proge, tj. manj kot imamo kolizij avtobusov z ostalim prometom boljša je kapaciteta. Izračun kapacitete avtobusnih prog za različne koncepte avtobusnih pasov (posebni avtobusni pasovi in pasovi v mešanem prometu) je predstavljen v poglavju 4 in 5.

Kapaciteto avtobusnih prog določimo v veliki meri glede na *kapaciteto kritičnih postajališč*, tj. na avtobusnih postajališčih, ki imajo najdaljše časovne presledke med avtobusi. To so lahko postajališča z najdaljšimi časi postankov, postajališča za križiščem po levem zavijanju avtobusov z relativno kratko zeleno fazo, ki je določena za levo zavijanje ali postajališča pred križiščem z velikim prometnim tokom desnih zavijalcev. Na Sliki 10 so prikazani specifični faktorji, ki vplivajo na kapaciteto avtobusnih prog.



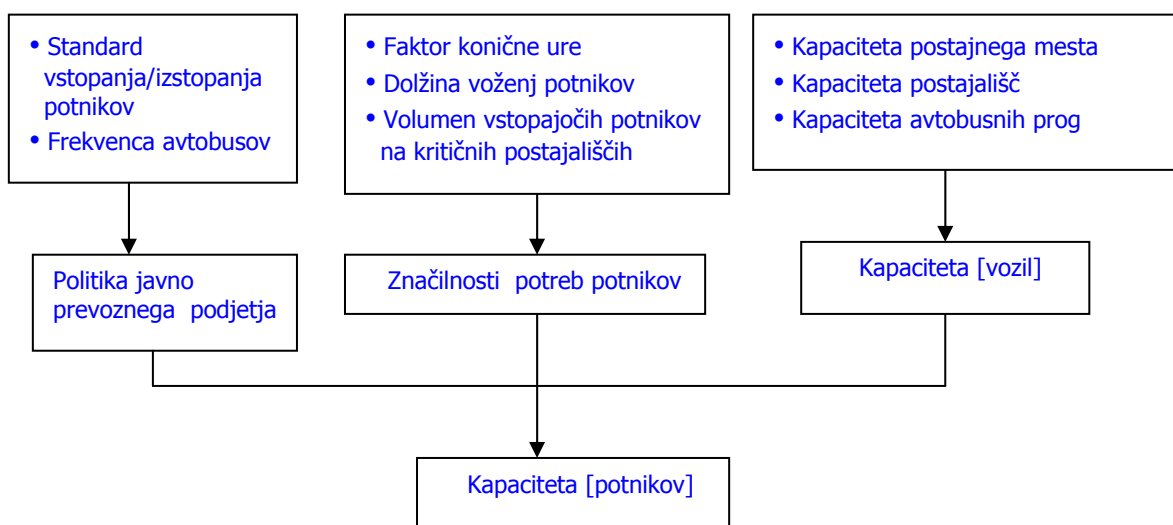
Slika 10: Specifični faktorji, ki vplivajo na kapaciteto prog na posebnih avtobusnih pasovih

Fig. 10: Capacity factors for exclusive bus lanes



## 2.4 KAPACITETA [POTNIKOV]

Ko je kapaciteta postajališč znana, je relativno enostavno določiti kapaciteto [potnikov]; glej poglavje 2.4.2 Enačba 8 in 9. Slika 11 prikazuje dodatne faktorje, ki se nanašajo na kapaciteto avtobusnih postajališč, katere moramo preučiti preden določimo kapaciteto [potnikov] za posamezna avtobusna postajališča.



Slika 11: Faktorji, ki vplivajo na kapaciteto [potnikov]

Fig. 11: Person capacity factors

### 2.4.1 Neenakomernost povpraševanja

Število vstopajočih potnikov, ki jih lahko prepeljemo na posamezni avtobusni progi je odvisno od tega, kako so potrebe potnikov prostorsko porazdeljene vzdolž avtobusne proge in od porazdelitve potreb potnikov v posameznih časovnih obdobjih obratovanja avtobusne proge.

Med vožnjo po avtobusni progi v eni uri bo število potnikov variiralo. Faktor konične ure, Enačba 1, izraža potrebne volumne potnikov v 15 minutnih časovnih obdobjih znotraj konične ure. Avtobusna mreža mora biti dimenzionirana tako, da bodo kapacitete, v konični uri, zadostne za potrebe potnikov. Ker potrebe potnikov v celotni konični uri niso enake in, ker posamezni avtobusi nimajo enakega števila vstopajočih in izstopajočih potnikov v konični

uri, bo dejanska kapaciteta v konični uri manjša od izračunane konice na podlagi potrebnih koničnih volumnov potnikov.

Povprečna *dolžina voženj potnikov* vpliva na število potnikov, ki lahko vstopijo na posamezen avtobus na avtobusni progi. Če so potovanja potnikov dolga (tj. potniki vstopijo na začetnih postajališčih in izstopijo šele na končnih postajališčih posamezne avtobusne proge), avtobusi na progi ne morejo prepeljati toliko potnikov, kot avtobusi, kjer potniki vstopajo in izstopajo na mnogih postajališčih. *Porazdelitev vstopajočih potnikov* med postajališči vpliva na čas postanka na posameznem postajališču. Če je vstopanje potnikov skoncentrirano na eno postajališče, je kapaciteta avtobusne proge manjša, ker bo čas postanka na tem postajališču določal kapaciteto [vozil] in kapaciteto [potnikov] na celotni avtobusni progi. Kapaciteta na postajališčih z največjim številom vstopajočih in izstopajočih potnikov je večja, kadar so volumni vstopajočih potnikov enakomerno porazdeljeni med postajališči na avtobusni progi.

#### **2.4.2 Izračun kapacitete [potnikov]**

Dva faktorja, ki morata biti pod kontrolo javnega prevoznega podjetja sta *načrtovanje največjega števila potnikov*, ki je dovoljeno na avtobusih, tj. odvisno od kombinacije politike javnega prevoznega podjetja in od števila avtobusov, ki jih imajo na razpolago, in *frekvenca avtobusov*. Največje načrtovano število potnikov je sinonim za kapaciteto z razumnim številom potnikov, ki stojijo na avtobusu in predstavlja zgornjo limito pri načrtovanju največjega števila potnikov. Največje načrtovano število potnikov je med 125 in 150% kapacitete sedežev na avtobusu. S povečanjem načrtovanega največjega števila potnikov povečamo kapaciteto in poslabšamo kakovost storitev potnikom.

Mejna vrednost števila potnikov na avtobusu, tj. gneča, je presežena pri 150% kapacitete sedežev na avtobusu. Udobje potnikov, ki stojijo in ostalih potnikov je neustrezno. To je za potnike nesprejemljivo. Mejno vrednost števila potnikov na avtobusu ovira kroženje potnikov in s tem vstopanje in izstopanje potnikov. Povečajo se zamude in zmanjšajo kapacitete postajališč. Mejna vrednost števila potnikov predstavlja največjo teoretično vrednost kapacitete potnikov na avtobusu, ki pa ne ustreza vsakemu avtobusu v vsakem časovnem obdobju obratovanja proge in presega največjo uporabno kapaciteto. *Mejne vrednosti števila*

*potnikov na avtobusu ne smemo uporabiti pri izračunu kapacitet [potnikov]. Če jo uporabimo, bo prišlo na nekaterih avtobusih do gneče zaradi koničnih značilnosti potreb potnikov. Javno prevozno podjetje, katerega politika zahteva, da morajo vsi potniki sedeti na avtobusu, ima manjšo potencialno kapaciteto potnikov pri danem številu avtobusov, kot javno prevozno podjetje, katerega politika dovoljuje tudi stojišča ali pa ima na voljo večje avtobuse. Frekvenca avtobusov določa, koliko potnikov lahko prepeljemo na posamezni avtobusni progi, čeprav so avtobusna postajališča ali avtobusne proge fizično sposobne večjega števila avtobusov kot jih je dejansko načrtovanih.*

Pri določevanju kapacitet potnikov moramo primerjati največje število potnikov, *ki jih prepeljemo* glede na obstoječ vozni red, z največjim številom potnikov, *ki bi jih lahko prepeljali*, da bi bila avtobusna proga optimalno izkoriščena. Enačba 8 prikazuje kapaciteto [potnikov] na posameznem postajališču, Enačba 9 pa kapaciteto [potnikov] na posamezni avtobusni progi.

#### **2.4.2.1 Posamezno postajališče**

Enačba 8 prikazuje kapaciteto [potnikov] na posameznem avtobusnem postajališču. Kapaciteta [potnikov] na posameznem postajališču je odvisna od števila potnikov, ki vstopajo in izstopajo na postajališču in kapacitete [vozil] postajališč.

$$P_s = B_s P_{15}$$

Enačba 8: Kapaciteta [potnikov] posameznega postajališča

Eq. 8: Person capacity

$P_s$  ... kapaciteta [potnikov] posameznega postajališča (p/h)

$B_s$  ... kapaciteta [vozil] posameznega postajališča (bus/h)

$P_{15}$  ... 15 minutna konična izmenjava potnikov na avtobus (p/h)

### 2.4.2.2 Avtobusna proga

Enačba 9 prikazuje največjo kapaciteto [potnikov] posamezne avtobusne proge, ki je odvisna od postajališča z največjim številom potnikov, ki je določeno na podlagi največje kapacitete [vozil] postajališč.

$$P = \min \begin{cases} P_{\max} f(PHF) \\ P_{\max} B(PHF) \end{cases}$$

Enačba 9: Kapaciteta [potnikov] avtobusne proge

Eq. 9: Person capacity

$P$  ... kapaciteta [potnikov] avtobusne proge (p/h)

$P_{\max}$  ... največje dovoljeno število potnikov na avtobusu (p/bus)

$f$  ... frekvenca avtobusov na postajališču z največjim številom potnikov (bus/h)

$B$  ... kapaciteta [vozil] avtobusne proge

$PHF$  ... faktor konične ure

Glede na kapaciteto [potnikov] izberemo optimalni tip avtobusa ter število avtobusov za posamezno avtobusno progo in za posamezna časovna obdobja obratovanja proge.

### 3 METODE ZA IZBOLJŠANJE KAPACITET

Zelo veliko metod je bilo razvitih v mestih po vsem svetu z namenom narediti javni prevoz konkurenčen osebnim avtomobilom in zagotoviti visoko kvaliteto storitev potnikom.

Značilne zamude javnega prometa v mestih so zaradi zastojev v prometu. Zastoji povzročajo daljše potovalne čase potnikov zato morajo s časom javna prevozna podjetja priskrbeti dodatne avtobuse na posameznih avtobusnih progah, da lahko ohranijo normalno obratovanje avtobusov na glavnih progah in s tem normalen prevoz ljudi. To pa pomeni večje obratovalne stroške. Želja prevoznih podjetij je, da so stroški čim manjši.

Metode za izboljšanje kapacitet [vozil] postajališč pri načrtovanju prog nudijo možnost za zmanjšanje zamud avtobusov, ki obratujejo na pasovih v mešanem prometu. Cilj teh ukrepov je izboljšanje zanesljivosti voznega reda, skrajševanje potovalnih časov in zamud uporabnikom javnih prevozov. To pomeni, da lahko z izboljšavami privabijo nove uporabnike javnih prevozov, povečajo prevozno kapaciteto in ali izboljšajo kvaliteto storitev potnikom.

Metode za izboljšanje kapacitet [vozil] postajališč pri načrtovanju prog so pravzaprav fizične izboljšave, spremembe načinov obratovanj, posebni avtobusni pasovi, prioritetni prometni signali in zakonske prioritete avtobusov, katere omogočajo hitrejše potovanje z javnimi prevoznimi sredstvi, npr. avtobusi in večjo učinkovitost javno prevoznega sistema, npr. avtobusnih mrež. Metode lahko tudi zmanjšajo variabilnost potovalnih časov in izboljšajo zanesljivost voznega reda avtobusov na avtobusnih progah. Pri uporabi teh metod moramo upoštevati tudi celotno spremembo zamud osebnih vozil in potnikov na avtobusih. Metode morajo biti stroškovno upravičene, dolgoročne in predvsem morajo privabiti nove potnike.

Pri načrtovanju izboljšav transportnega sistema, tj. avtobusna mreže, moramo preučiti vpliv spremembe avtobusne mreže na vse ostale uporabnike prometnih poti, tj. zamude posameznikov. Npr. z določitvijo prednostne faze v križišču za avtobuse izboljšamo čas potovanja potnikom, ki potujejo z avtobusom, medtem, ko kolesarjem, pešcem in voznikom osebnih vozil poslabšamo čas potovanja.

### 3.1 Posebni avtobusni pasovi

Zelo pomembna metoda za izboljšanje kapacitet [vozil] postajališč je uvedba posebnih avtobusni pasov, ki so namenjeni samo avtobusom. Ponujajo veliko rešitev za izboljšanje avtobusnih pasov v mešanem prometu. Preglednica 9 prikazuje razloge za zamude avtobusov, ki obratujejo na pasovih v mešanem prometu. Te zamude zmanjšujejo kapaciteto, hitrost avtobusov in zanesljivost voženj glede na vozni red. Posledično pade kakovost storitev za potnike in lahko se povečajo obratovalni stroški javnim prevoznim podjetjem.

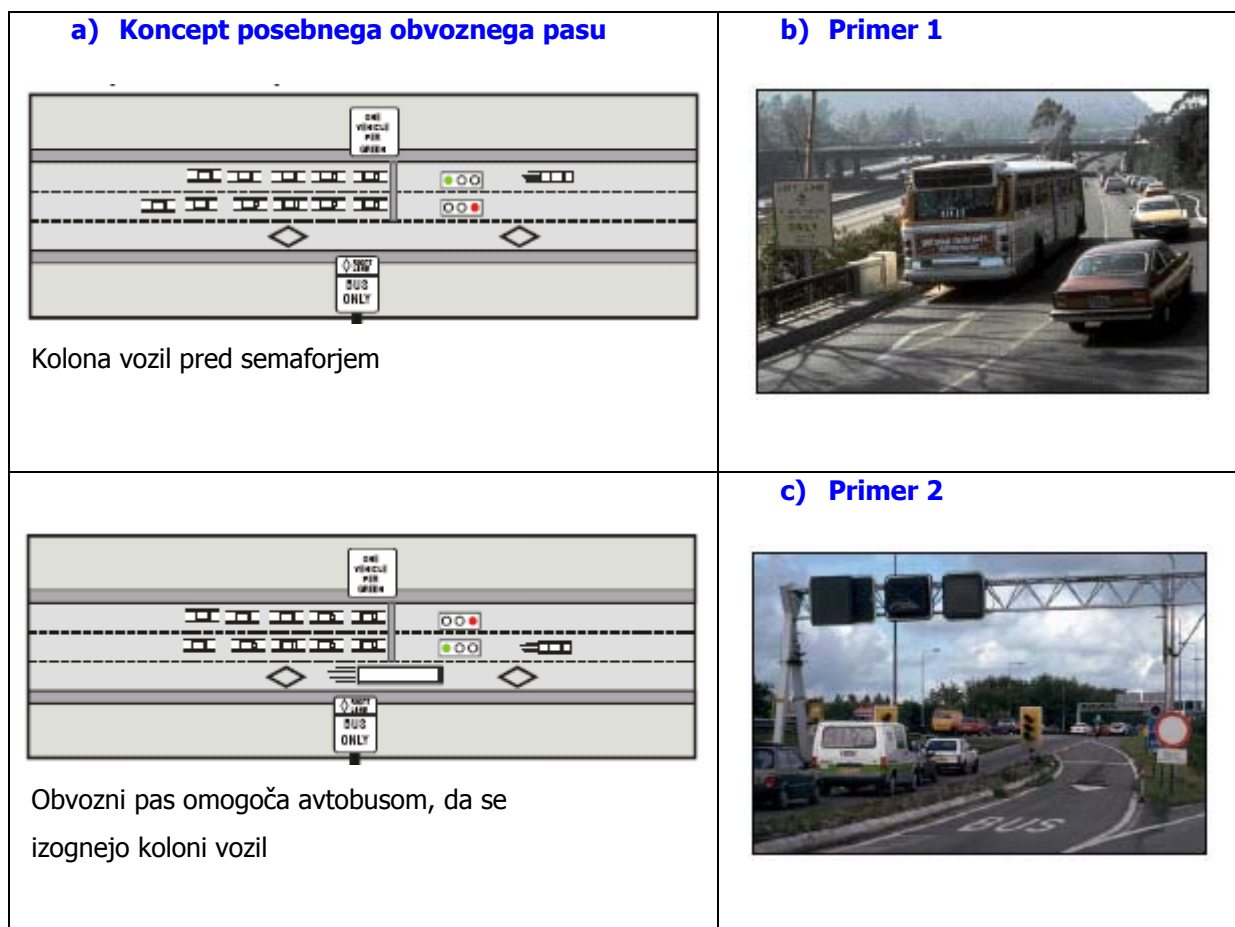
Preglednica 9: Razlogi za zamude avtobusov v križiščih na pasovih v mešanem prometu

Table 9: Sources of delay for buses operating in mixed traffic at intersections

Tip križišč	Razlog za zamudo
Signalizirana	Nezadostna zelena faza v smeri avtobusnih prog Slaba sinhronizacija semaforjev z avtobusi Neustrezna detekcija vozil pred semaforji
Vsa	Kolone vozil pri dostopu do križišča Parkirni manevri na vozišču Neustrezna širina voznega pasu Vključevanje avtobusov v promet na postajah izven vozišč Blokade dostopov do postaj zaradi prometnih tokov desnih zavijalcev Blokade voznih pasov zaradi prometnih tokov levih zavijalcev

Kadar imamo relativno velike volumne vseh vozil na voziščih (prenatranost avtobusov in ostalih vozil) lahko z dodatnim voziščem, tj. dodatni posebni avtobusni pas, ki je namenjena predvsem avtobusom, zelo izboljšamo obratovanje javnega prometa. Podrobna obravnava posebnih avtobusnih pasov je opisana v poglavju 4.

Ena izmed oblik posebnih avtobusnih pasov je obvozni avtobusni pas, ki dovoljuje avtobusom, da se izognejo kolonom ostalih vozil na vozišču, tj. poseben krajši obvozni pas, ki je namenjen samo avtobusom za prehitevanje kolon vozil. Na Slikah 12 je prikazan poseben obvozni avtobusni pas.



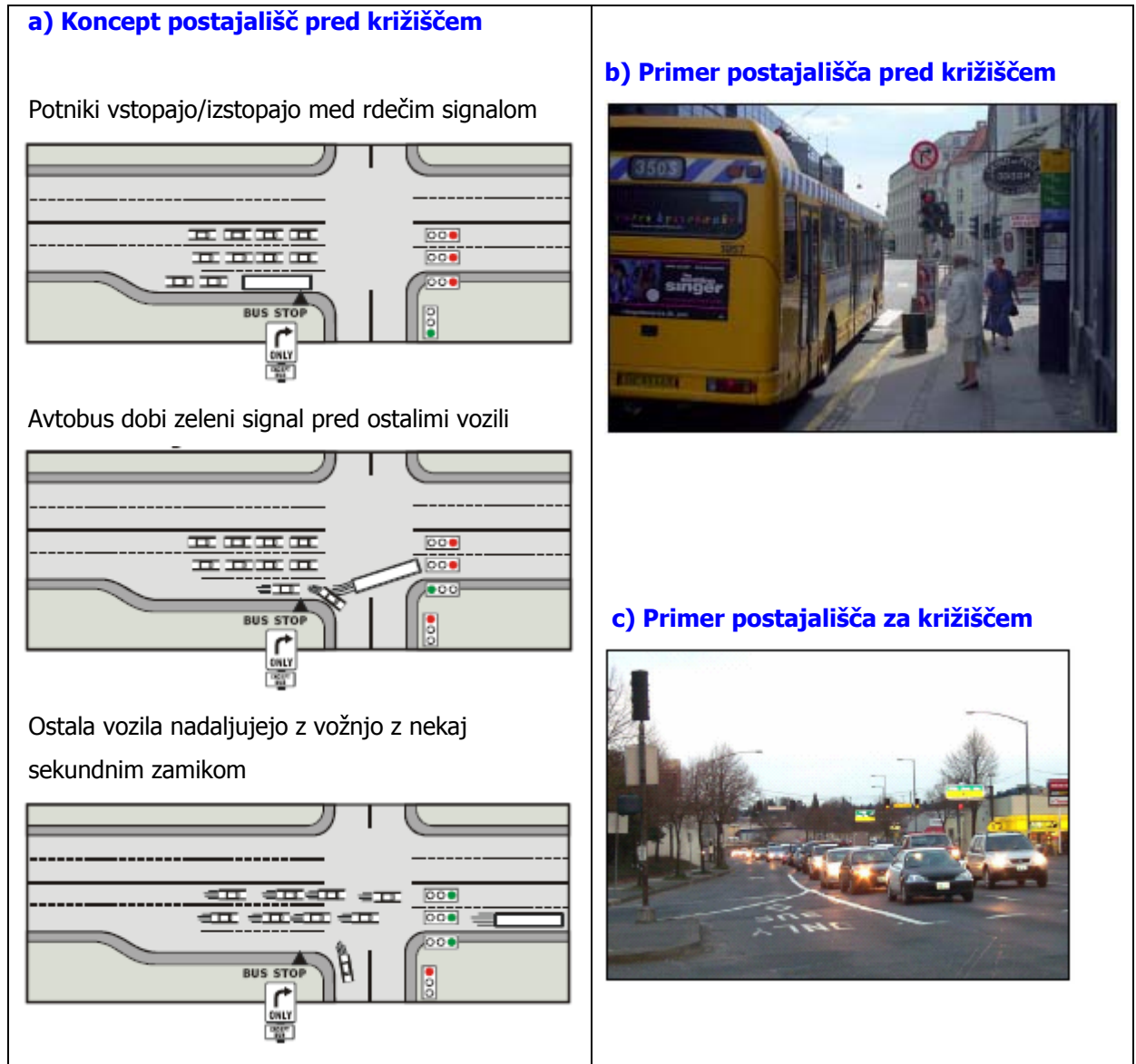
Slike 12: Oblika posebnega obvoznega pasu

Fig. 12: Queue bypasses

Še ena izmed oblik posebnih avtobusnih pasov je obvozni avtobusni pas v križiščih, ki omogoča avtobusom, da se izognejo dolgim kolonom vozil v signaliziranih križiščih. Kratki posebni avtobusni pasovi in ostali ukrepi za kontroliranje prometa v križiščih omogočajo avtobusom potovanja skozi prenatrpana križišča z ostalimi vozili z manjšimi zamudami. Pasovi za desno zavijanje ostalih vozil, ki so na voljo tudi avtobusom (posebni obvozni avtobusni pasovi), katerim ni nujno zaviti ali dolga postajališča izven vozišč omogočajo avtobusom, da se izognejo večjemu delu kolon vozil pred križišči.

V nekaterih primerih lahko na desnem voznem pasu uporabimo posebno zeleni signal na semaforju za avtobuse, katerim omogoča prednost pri vožnji skozi križišče pred ostalimi vozili na vzporednem voznem pasu. V tem času avtobus zapusti desni vozni pas in se vključi na levi vozni pas pred kolono ostalih vozil, ki se je ustavila pred rdečo lučjo na semaforju.

Avtobus pa lahko izkoristi ustavljanje na desnem voznem pasu pred rdečim signalom na semaforju tudi kot postajališče za križiščem izven vozišča. Tako skrajšamo čakalne čase za izpraznitev kolon vozil na voznem pasu.



Slike 13: Oblike posebnih obvoznih pasov v križiščih

Fig. 13: Bus queue jumps



### 3.2 Prioritetni prometni signali

Prioritetni prometni signali so lahko *pasivni*, *aktivni* in *v realnem času*. S pasivnimi prioritetnimi signali uravnavamo obratovanje avtobusov na posameznih progah z uporabo pred-signalov na semaforjih, glede na signalni sistem, tj. uravnavanje posameznih signalnih faz v ciklusu semaforjev v križišču ali na preseku, kljub temu ali je avtobus prisoten ali ne za pridobitev prednosti. Npr. skrajšanje signalnih faz semaforjev na mestnih cestnih mrežah je pasivni prednostni ukrep. Pasivni ukrepi se lahko nanašajo samo na eno križišče, tj. enostavna sprememba signalnih faz semaforja v križišču, ali pa na mrežo semaforjev, tj. sprememba signalnih faz mreže semaforjev skozi katere potekajo avtobusne proge.

Z aktivnimi prioritetnimi ukrepi uravnavamo signalne faze semaforjev potem, ko je detektiran prihod avtobusov v križišče. Odvisno od namena uporabe in sposobnosti opreme za kontrolo signalov je lahko aktivna prioriteta *pogojna* ali *brezpogojna*. Brezpogojna aktivna prioriteta se vzpostavi pri vsaki detekciji prihoda avtobusa v križišče. Pogojna aktivna prioriteta pa se glede na informacije iz naprav na avtobusu o lokaciji avtobusa (AVL naprave), tj. ali avtobus zaostaja za voznim redom ali ne in za koliko zaostaja, in/ali informacije iz naprav na avtobusu, ki avtomatično šteje potnike (APC naprave), tj. koliko je potnikov na avtobusu, in na podlagi podatkov kontrolorja prioritetnih signalov, tj. kdaj je bila nazadnje dana prioriteta avtobusu v križišču, vzpostavi ali ne. To je odvisno od prej naštetih informacij in posameznega avtobusa, ki se približuje posameznemu križišču.

Prioritetni prometni signali v realnem času obravnavajo prihode avtobusov in avtomobilov tako na posameznem križišču kot tudi na mreži križišč. Za takšne ukrepe potrebujemo posebno opremo, ki je sposobna uravnavati signalne faze semaforjev na terenu glede na trenutne prometne pogoje in lokacije avtobusov.

Pred-izpraznitev, tj. zagotavljanje proste poti avtomobilom za izpraznitev križišča, obravnavamo ločeno od ostalih prioritetnih prometnih signalov, ker se nanaša na spremembe normalnih signalnih faz in sekvenc prometnih signalov. Ker so tudi faze za pešce pri prečkanju ceste pred-izpraznjene se lahko zato pešci znajdejo sredi ceste, ko je na semaforju že signal za prepoved prečkanja. Če so tudi faze signalov za avtobuse pred-izpraznjene, lahko

pride do kolizij avtobus-pešec in tako je vprašljiva varnost pešcev. Z vidika obratovanja vozil lahko pred-izpraznitev zmoti koordinacijo med prometnimi signali. To lahko povzroči značilno prenatrpanost v križišču, ki vpliva na prihajajoče avtobuse.

Preglednica 10: Prioritetnih prometni signali za avtobuse.

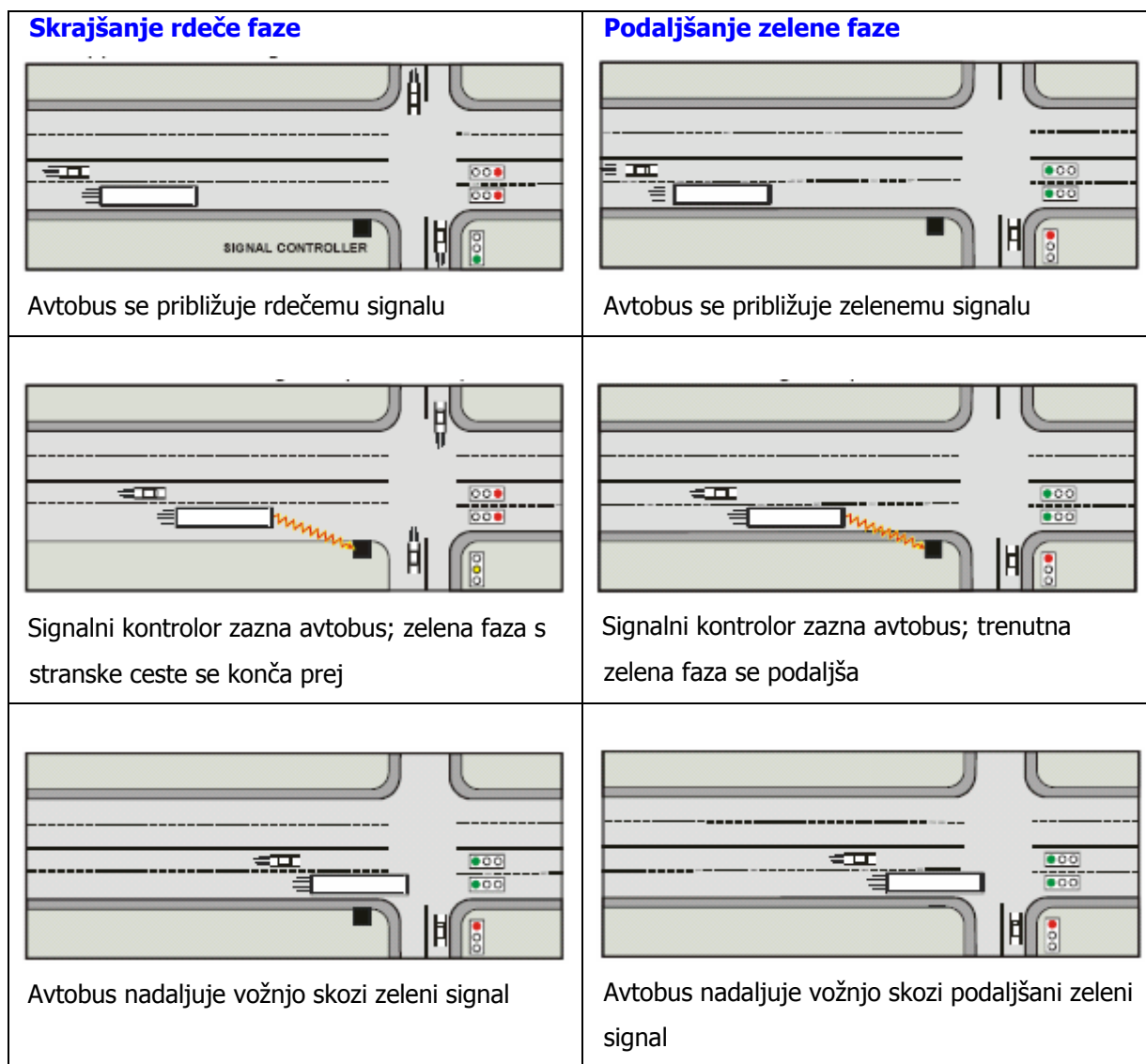
Table 10: Bus signal priority systems

<b>Ukrep</b>	<b>Opis:</b> <b>Pasivna prioriteta</b>
Uravnava dolžin signalnih faz semaforjev Delitev faz	Skrajšanje dolžin signalnih faz na izoliranih križiščih v korist avtobusom Vpeljava posebnih faz v križiščih za vožnje avtobusov s tem, da ohranimo originalno dolžino ciklusa semaforjev
Časovni plani posameznih območij Obvozni signali	Prednostno napredovanje avtobusov skozi zamike signalov Avtobusi uporabljajo posebne pasove namenjene samo njim ali posebne signalne faze
Uravnava dolžin posameznih faz	Podaljšanje zelenega časa za prihode avtobusov
<b>Aktivna prioriteta*</b>	
Podaljševanje zelene faze Zgodnji start (skrajšanje rdeče faze) Posebne faze Preprečevanje faz	Podaljšanje faze za avtobusa Skrajšanje ostalih faz za zgodnejšo zeleno fazo za avtobuse Dodatek k fazi za avtobuse Preskok neprednostnih faz
<b>Prioriteta v realnem času*</b>	
Kontrola optimalnosti zamud Kontrola mreže	Sprememba signalnih faz na račun skrajšanja celotne zamude posameznikov Sprememba signalnih faz z upoštevanjem učinka na celotni sistem
<b>Pred-izpraznitev*</b>	
Pred-izpraznitev	Trenutna faza se konča in signal preide na fazo za avtobus

Opomba: \*Kateri koli ukrep je lahko pogojen ali brezpogojen.

Sistemi prioritetni prometnih signalov se razlikujejo po obsegu. Preprosti sistemi, ki so odvisni od posredovanja avtobusnega operaterja lahko še vedno konkurirajo tehnološki opremi na avtobusih, ki omogoča optimalno obratovanje avtobusov na avtobusnih progah. Veliko je odvisno od doslednosti operaterja. Avtomatski sistemi, ki ne potrebujejo posredovanja operaterja so bolj zaželeni, ker operater lahko pozabi aktivirati sistem v križiščih, ki so opremljena s prioriteto signalno opremo. Avtomatske sisteme z dvosmerno podatkovno komunikacijo in z AVL opremo lahko nastavimo tako, da se prioritetni signali aktivirajo takrat, ko se avtobusi znajdejo v posebnih prioritetnih okoliščinah, tj. avtobus zaostaja glede na vozni red, itd.. S prioritetnimi ukrepi oziroma sistemi lahko skrajšamo čase potovanj tudi do 20%.

Slike 14 prikazujejo aktivne prioritete ukrepe, tj. skrajšanje rdečega časa in podaljševanje zelenega časa. Imamo več vrst naprav s katerimi lahko optimiramo vožnje avtobusov skozi križišča, in sicer z napravami ob cesti lahko detektiramo prihajajoči avtobus in tako izvedemo ustrezno prioriteto, z napravami na avtobusu pa lahko zahtevamo prednost v križišču pri signalnemu operaterju.



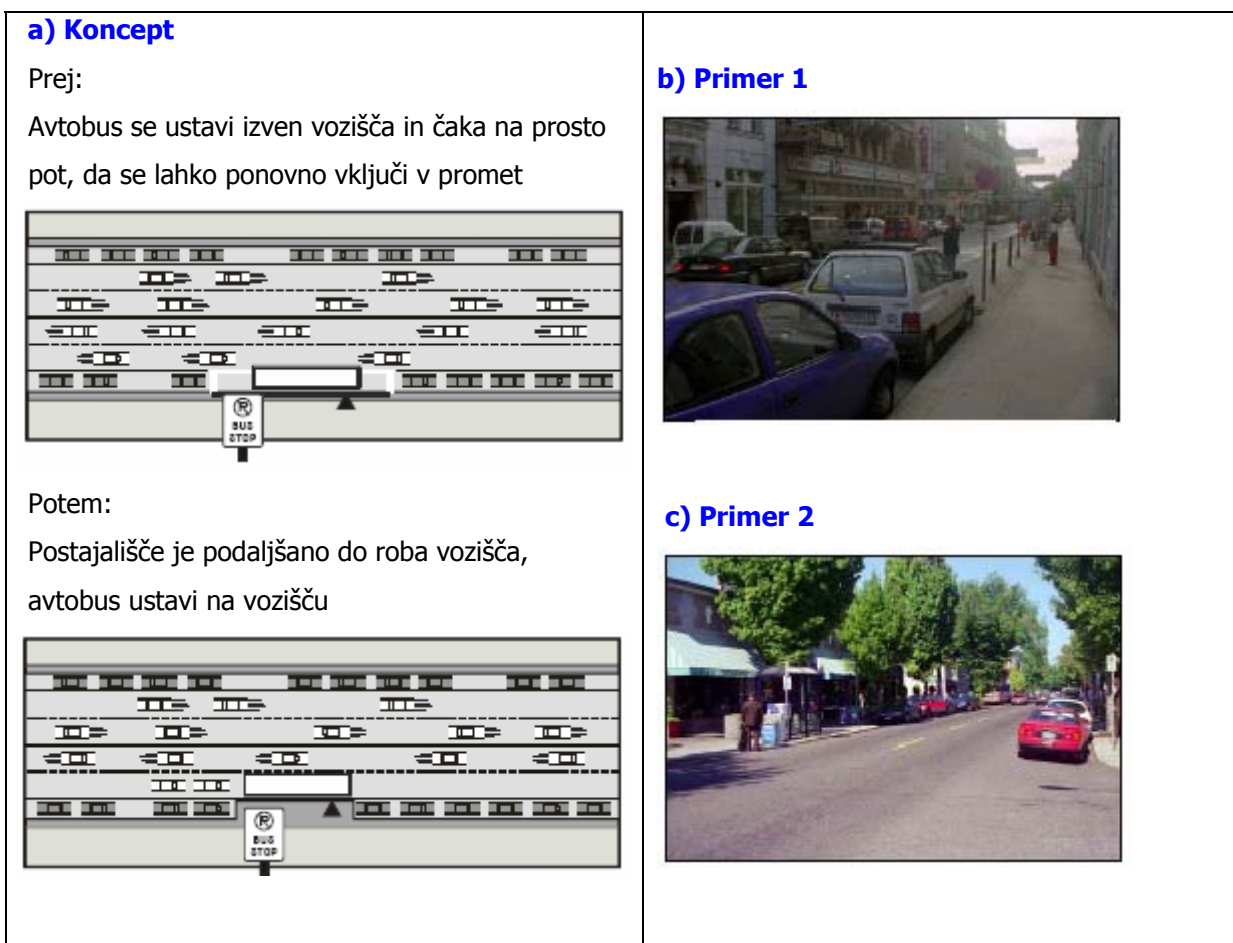
Slike 14: Koncepti prioritetenih signalov za avtobuse.

Fig. 14: Bus signal priority concept

### 3.3 Fizične spremembe

Podaljšanje roba postajališča do roba vozišča je fizična sprememba oziroma metoda za izboljšanje kapacitet. S to metodo skrajšamo čas postanka, ker se avtobusom ni potrebno ponovno vključiti v promet (sprememba postajališča izven vozišča v postajališče na vozišču). Postajališča s podaljšanim robom navadno uporabljamo, kadar imamo parkirišča ob robu vozišča in velike volumne prometa na avtobusnem pasu. Kadar je postajališče locirano pred ali za križiščem, podaljšan rob postajališča skrajša pot pešcem pri prečkanju ceste.

Kadar podaljšujemo rob postajališča moramo paziti, kako bomo speljali kolesarsko pot, če je že prej obstajala in predvideti morebitne konflikte kolesarjev-pešcev ter kolesarjev-avtomobilov.



Slike 15: Primeri podaljšanja roba postajališča (fizična sprememba)

Fig. 15: Curb extensions

### **3.4 Spremembe načinov obratovanj**

Izboljšanje avtobusnih prog, prometnih signalov in fizične spremembe niso edine metode za izboljšanje javnega prevoza. Javna prevozna podjetja lahko z izbiro ustrezne oblike avtobusne mreže in z različnimi načini obratovanj avtobusov na posameznih avtobusnih progah še dodatno povečajo kapaciteto [vozil] in hitrost avtobusov ter kakovost storitev za potnike. Več o spremembah obratovanj je opisano v naslednjih podpoglavjih.

#### **3.4.1 Sprememba lokacije postajališča**

Sistemi prioritetnih prometnih signalov na posebnih avtobusnih pasovih so pogosto uravnani glede na prometni tok ostalih vozil, tj. signali na semaforjih v nizu križišč so časovno določeni tako, da se prižge zelena faza na semaforju (v smeri kolone vozil) v posameznemu križišču takoj, ko kolona vozil zapusti prvo križišče in se približa naslednjemu križišču itd.. V primeru lokacij postajališč samo na eni strani križišča, npr. postajališča pred križiščem, avtobusi pogosteje pripeljejo do postajališča v zeleni fazi semaforja v križišču. Zaradi tega nastanejo dodatne zamude (daljši potovalni časi avtobusov), ker se v času, ko potniki vstopajo in izstopajo na semaforju prižge rdeča faza in avtobusi morajo še enkrat ustaviti ter čakati na zeleno fazo.

S spremembo lokacije avtobusnega postajališča, npr. postajališče pred križiščem prestavimo za križišče, tj. postajališče za križiščem, lahko avtobusi izkoristijo obstoječe signalne faze semaforjev. Primer, avtobus zapusti postajališče pred križiščem s kolono ostalih vozil, ko se na semaforju prižge zelena faza, nato avtobus nadaljuje vožnjo skozi naslednji semafor oziroma križišče z ostalimi vozili in se ustavi na postajališču za križiščem. V času, ko bodo potniki vstopali in izstopali se bo na semaforju pred postajališčem prižgala rdeča signalna faza in avtobus se bo tako lažje in hitreje ponovno vključil v promet. V nadaljevanju vožnje se lahko avtobus ponovno ustavi na postajališču pred križiščem na katerem je prižgana rdeča signalna faza na semaforju. V času, ko bodo potniki vstopali in izstopali se bo na semaforju ponovno prižgala zelena faza in avtobus bo nadaljeval vožnjo skozi zeleno signalno fazo.

Pred spremembo lokacije postajališča je potrebno najprej preučiti faktorje iz Preglednice 6, ki se nanašajo na dostope pešcev do postajališč in pogoje prestopanja med avtobusnimi progami.

### **3.4.2 Združevanje postajališč**

Z določitvijo najmanjšega števila avtobusnih postajališč na avtobusnih progah izboljšamo potovalne čase in hitrosti avtobusov. Paziti moramo, da se časi postankov na kritičnih postajališčih ne povečajo z ukinitvijo določenih vmesnih postajališč in zaradi potnikov, ki morajo zato uporabiti bližnja postajališča, katera že imajo primerno število potnikov.

Pri združevanju postajališč moramo zagotoviti ravnovesje med udobnostjo uporabe določenega postajališča in potniki na avtobusu, katerim se povečuje zamuda z vsakim postankom avtobusa na postajališču. Zgodi se lahko, da ukinitvev postajališča potnike, ki delajo ali živijo v bližini tega postajališča odvrne od uporabe javnega prevoza, kadar morajo potniki prehoditi veliko razdaljo do drugega postajališča. V interesu javnega prevoznega podjetja je, da ne odvrtaajo ljudi od uporabe javnega prevoza, zato morajo v primeru pregostih postajališč dosledno in objektivno določiti katero postajališče bodo ukiniteli. Z izboljševanjem kakovosti storitev javnega prevoza moramo privabiti še več ljudi, ne pa jih odvrtaati.

Na progah z velikimi volumni potnikov lahko kot alternativo združevanju postajališč določimo celodnevna ali konično določena postajališča, tj. manjša postajališča preskočimo, ali hitre proge, tj. vključujejo samo nekaj pomembnih postajališč. Celodnevna ali konično določena postajališča in hitre proge so povezane z obstoječimi progami na katerih se avtobusi ustavljajo na vsakem postajališču. Z združevanjem postajališč omogočimo potnikom na daljših relacijah hitrejše potovanje. Potniki raje prestopajo na postajališčih na katerih ustavljajo avtobusi več prog ali pa se odpravijo peš do zelenega postajališča v bližini kot, da čakajo na lokalni avtobus. Z združevanjem postajališč lahko izboljšamo čase potovanj avtobusov med postajališči do 30%.

### **3.4.3 Vožnja avtobusov v koloni**

Kolona avtobusov je skupina (strnjen niz) avtobusov, ki vozijo na pasovih avtobusnih prog. Medsebojna prehitevanja avtobusov so tako skoraj onemogočena, potovalne hitrosti pa se povečajo. Kolone avtobusov so premišljeno formirane na podlagi natančnega voznega reda in nadzora na terenu. Na določenih postajališčih pred križiščem, kjer gori rdeča faza na semaforju, določeno število avtobusov zberemo v koloni in jih nato skupaj odpravimo vzdolž avtobusne proge. Kolone lahko formiramo tudi s kombinacijo posebnih avtobusnih pasov, ki so namenjeni samo avtobusom in uravnavanjem prometnih signalov na semaforjih, čeprav prihodi avtobusov niso najbolj točni glede na vozni red.

### **3.4.4 Tehnični normativi**

Razvijanje tehničnih normativov, ki določajo najmanjšo in največjo velikost avtobusnih postajališč in kriterije za uvedbo posebnih avtobusnih pasov, olajšuje javno prevoznim podjetjem izboljšanje obstoječih kapacitet [vozil] postajališč avtobusnih prog in s tem kakovost storitev javnega prevoza.

### **3.5 Zakonska prioriteta za avtobuse**

Zakonska prioriteta za avtobuse je tudi ena izmed metod za izboljšanje kapacitete avtobusov na postajališčih avtobusnih prog. Zakonska prioriteta je določilo o prednosti avtobusov pri vključevanju v promet s postajališč izven vozišč pred vsemi ostalimi vozili. Neupoštevanje tega se po zakonu kaznuje. Pred leti je bil takšen zakon sprejet tudi pri nas v Sloveniji.



Slika 16: Primer obveščanja o prednosti avtobusov pred ostalimi vozili

Fig.16: Yield-to-bus laws

Preglednica 11: Vpliv metod za izboljšanje kapacitet na potovalne čase avtobusov in zamude ostalih vozil

Table 11: General planning guidelines on the effects of bus preferential treatments

<b>Metoda</b>	<b>Izboljšanje potovalnega časa avtobusov</b>	<b>Vpliv na zamude ostalih vozil</b>	<b>Dodatne pozornosti</b>
Signalne faze uravnane z avtobusi	Do 10%	Najmanjši	Pri tej metodi morajo biti avtobusi opremljeni s posebnimi detektorji, da jih lahko ločimo od ostalih vozil
Prednostni prometni signali	3-15% celotnega potovalnega časa (izboljšanje zamud do 75%)	Najmanjši do srednji (odvisno od strategije in lokacije)	Izboljšanje časa potovanja je funkcija obstoječih zamud zaradi prometnih signalov
Pred-izpraznitveni signal za avtobuse	do 20%, do 90% zamud signalov	Potencialno pomemben	Potencialni razdor med signalno koordinacijo in kapaciteto potnikov
Posebni ukrepi za zavijanja avtobusov	Odvisno od proge	Minimalen	Vprašanje varnosti lahko zahteva spremembo signalizacije za avtobuse
Obvoz kolon ostalih vozil avtobusov na posebnih pasovih	5-25%	Ni vpliva, če uporabljajo obstoječo progo za zavijanje	Prednostni zeleni signal v križišču lahko pospeši odhod avtobusov na progah s preskoki kolon vozil
Podaljšanje roba postajališča	Ni dovolj podatkov	Potencialno pomembno	Potencialen vpliv na splošni promet
Združevanje postajališč	3-20% celotnega obratovalnega časa, do 75% časa postanka	Ni vpliva	Lahko se poslabša dostopnost potnikov do javnega prometa



Preglednica 12: Primerjava prioriternih metod.

Table 12: Bus preferential treatments comparison

<b>Metoda</b>	<b>Prednosti</b>	<b>Slabosti</b>
<b>METODE ZA PROMETNO SIGNALIZACIJO IN AVTOBUSNE PROGE</b>		
Posebni pasovi namenjeni samo avtobusom	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Večja hitrosti avtobusov, manjše zamude</li> <li>• Boljša zanesljivost</li> <li>• Boljša preglednost</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prometno/parkirni učinki - izločitev obstoječih potovalnih ali parkirnih pasov mora biti natančno preiščeno</li> </ul>
Prednostni prometni signali	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manjše zamude zaradi prometnih signalov</li> <li>• Večja zanesljivost voženj po voznem redu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Možnost motenj koordiniranih prometnih signalov</li> <li>• Potrebna je ustrezna interna koordinacija</li> </ul>
Obvozi kolon ostalih vozil avtobusov na posebnih pasovih	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manjše zamude zaradi kolon vozil na določenih odsekih</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avtobus mora imeti na voljo posebni pas, ki je daljši od kolone vozil</li> </ul>
Obvozi kolon ostalih vozil avtobusov na posebnih pasovih v križiščih	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manjše zamud zaradi kolon vozil pred semaforji</li> <li>• Obvoz kolon ostalih vozil pred križiščem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Na voljo mora biti desni vozni pas daljši od kolone vozil</li> <li>• Potrebne so posebne prednostne signalne faze za avtobuse</li> <li>• Krajši zelene faze za ostala vozila</li> <li>• Večja pozornost voznikov avtobusov zaradi kratkega prednostnega zelenega časa</li> </ul>
Podaljšanje roba postajališča	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ni zamud pri ponovnem vključevanju avtobusov v promet</li> <li>• Boljše udobje potovanj (avtobusom ni potrebno zavijati izven vozišč in se ponovno vključevati v promet)</li> <li>• Večja udobnost avtobusnih postajališč</li> <li>• Krajša razdalja za prečkanja peščev</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potrebna sta vsaj dva vozna pasova v smeri potovanja avtobusa v izogib blokiranju prometa med vstopanjem in izstopanjem potnikov</li> <li>• Prekinitev kolesarske proge</li> </ul>
<b>METODE OBRATOVANJA AVTOBUSOV</b>		
Sprememba lokacije avtobusnega postajališča	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uporaba obstoječih sinhroniziranih signalov z avtobusi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Večja peš razdalje pri prestopanju potnikov na avtobuse čez cesto</li> </ul>
Zgoščevanje avtobusnih postajališč	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manjše število postajališč</li> <li>• Večja hitrost avtobusov</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Večja peš razdalja do postajališč</li> <li>• Največkrat ni urejenega dostopa do najbližjega postajališča</li> </ul>
Kolone avtobusov	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medsebojno prehitavanje avtobusov je skoraj onemogočeno</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Težko izvedljivo formiranje kolon</li> </ul>
Tehnični normativi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hitrejša in lažja spreminjanje posameznih parametrov za izboljšanje obratovanj</li> <li>• Podpirajo konsistentno transportno načrtovanje in oblikovanje avtobusnih mrež</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Normativi so lahko togi</li> </ul>

## **4 KAPACITETA - POSEBNI PASOVI**

V tem poglavju so predstavljene metoda za izboljšanje kapacitete [vozil] postajališč avtobusnih prog na posebnih pasovih in pasovih, ki so fizično ločeni od ostalega prometa. Značilnosti posebnih avtobusnih pasov: (1) na vozišču je vsaj en posebni vozni pas (rumeni pas), ki je namenjen izključno avtobusom, izjema so križišča, in (2) oviran prometni tok, tj. semaforji, stop znaki vzdolž prog.

### **4.1 Kapaciteta [vozil] postajališč prog na posebnih pasovih**




Kapaciteta postajališč prog na posebnih pasovih je odvisna od:

- Kritičnega avtobusnega postajališča vzdolž proge.
- Tipa posebnega avtobusnega pasu.
- Vožnje avtobusov v kolonah ali slučajno.
- Kvocienta volumna in kapacitete ostalih vozila na vzporednih voznih pasovih.
- Lokacije avtobusnega postajališča in volumnov desnih zavijalcev na avtobusnem pasu.

Kapaciteta postajališč prog na posebnih pasovih je kapaciteta [vozil] kritičnih postajališč vzdolž posebnih pasov, kadar nimamo v uporabi posebnih operativnih procedur, kot so razporeditev postajališča na več postajališč in kadar je prepovedano desno zavijanje za ostala vozila. Kapaciteta kritičnega postajališča je odvisna od povprečnega časa postanka na postajališču, signalnih faz semaforjev, števila predvidenih postajnih mest in ostalih faktorjev, glej poglavje 2.1 in 2.2. Kako ocenimo kapaciteto postajališč prog na posebnih pasovih v primerih, da je dovoljeno desno zavijanje za ostala vozila iz posebnih pasov, je opisano v naslednjih podpoglavjih.

## 4.2 Tipi obratovanj avtobusov na posebnih pasovih

Postopki za izračun kapacitet postajališč proga na posebnih pasovih, ki so opisani v tem poglavju, definirajo tri tipe posebnih pasov; Slika 18. Razlikujejo se glede na možnosti uporabe vzporednih voznih pasov na vozišču (omogočanje medsebojnega prehitevanja avtobusov).

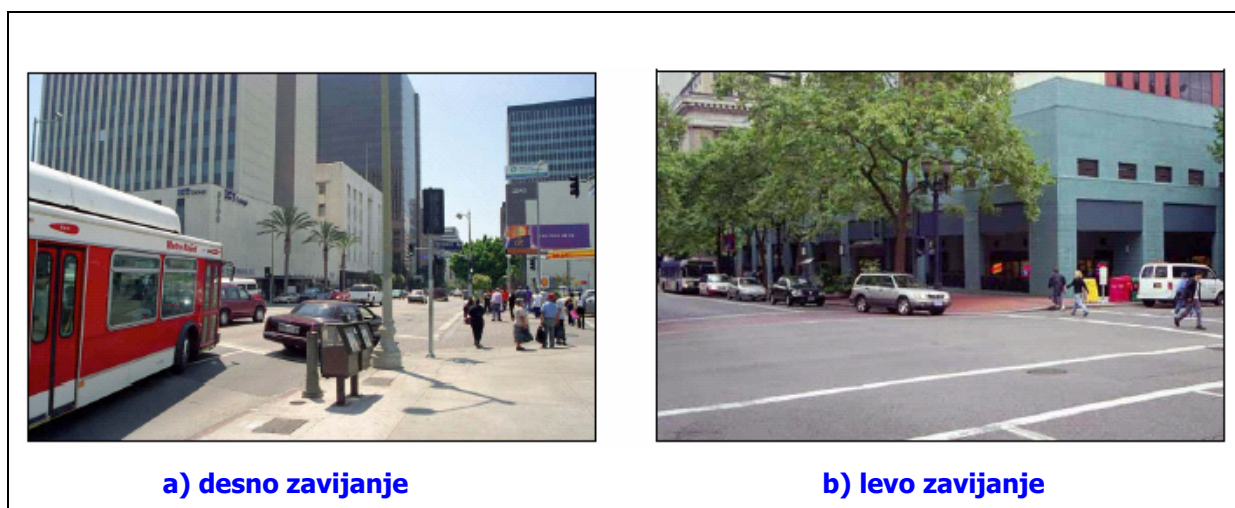
<p><b>Tip 1</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"><li>• Avtobusi nimajo na voljo vzporednih voznih pasov</li><li>• Nasprotni prometni tok vozil</li><li>• Proge so fizično ločene od ostalega prometa</li></ul>
<p><b>Tip 2</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"><li>• Avtobusi imajo/nimajo na voljo delno uporabo vzporednega voznega pasu; odvisno od volumna ostalih vozil</li><li>• Desno zavijanje ostalih vozil je/ni prepovedano</li></ul>
<p><b>Tip 3</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"><li>• Avtobusi imajo na voljo uporabo vzporedni avtobusni pas</li><li>• Prepovedano desno zavijanje z avtobusnega pasu (razen avtobusi)</li><li>• Pasovi so lahko tudi fizično ločeni. Na sliki je enojni avtobusni pas s postajališčem izven vozišča</li></ul>

Slika 17: Tipi obratovanja avtobusov na posebnih progah

Fig. 17: Ekskluzive bus lane types

### 4.3 Zamude zaradi desnega zavijanja prometa

Prometni tok desnih zavijalcev na nek način tekmuje z avtobusi za prostor v križiščih. Navadno ostala vozila zavijajo desno iz avtobusnega pasu, ponekod (Houston, ZDA) tudi iz vzporednih avtobusnih pasov. Desna zavijanja lahko povzročijo zastoje za avtobusi, pri postajališčih pred križiščem, za desno zavijanje. Obratno, promet desnih zavijalcev lahko blokira avtobuse ali izpraznitveni zeleni signal namenjen avtobusom. Koliziji desnih zavijalcev in avtobusov dodamo še volumne pešcev, ki prečkajo cesto in s tem blokirajo desno zavijanje. Lokacija avtobusnega postajališča, tj. pred križiščem, za križiščem, med križiščema, tudi vpliva na celotni čas zamud zaradi desnih zavijanj ostalih vozil.



Slika 18: Primera konfliktov: z avtobusi, v križišču

Fig. 18: Examples of avto turning conflicts with buses

Konflikti med avtobusi in desnimi zavijalci so največji v primerih postajališč pred križiščem in kadar avtobusi nimajo na voljo popolne uporabe avtobusnega pasu. Velik volumen ostalih vozil, ki zavijajo desno, lahko blokirajo dostop do postajališča. Obratno, avtobusi na postajališčih, ki zadovoljujejo potrebe potnikov, tj. vstopanje in izstopanje, pri zeleni luči na semaforju pa blokirajo desno zavijanje ostalim vozilom. Obseg kolizij lahko zmanjšamo s podaljšanjem razdalje med STOP črto v križišču in avtobusnim postajališčem. Pri lokacijah postajališč za križiščem in med križiščema je vpliv desnih zavijanj na hitrost avtobusov najmanjši, kadar lahko tudi avtobusi uporabljajo vzporedni vozni pas. Določevanje postajališč

na lokacijah, kjer ni desnih zavijanj prav tako zmanjša vpliv na zamude. Navadno so desna zavijanja prepovedana za ostali promet, kadar imamo dvojne posebne avtobusne pasove.

Tako, kot nastajajo zamude zaradi desnega zavijanja preko posebnih avtobusnih pasov desnih zavijalcev, nastajajo zamude tudi zaradi pešcev, ki prečkajo prehod vzporeden avtobusnemu pasu. Zamude zaradi pešcev se nanašajo na začetni čas zelenega signala na semaforju, ki je namenjen vožnji avtobusov po avtobusnem pasu, ker skupina pešcev še ni popolnoma prečkala prehoda za pešce.

Z vožnjo po avtobusnem pasu in izkoriščanjem prostora na avtobusnem pasu za izvedbo zavijanja desni zavijalci zmanjšujejo kapaciteto [vozil] prog in jemljejo delež zelenega časa, ki je na voljo avtobusom. Za volumne avtobusov, ki so manjši od polovice kapacitete avtobusne proge, je vpliv majhnih volumnov desnih zavijanj na kapaciteto avtobusne proge ali hitrost avtobusov majhen, razen, če so volumni pešcev veliki. Preglednica 13 prikazuje oceno kapacitet ostalih vozil, ki zavijajo desno iz posebnih avtobusnih pasov. Ocene so narejene za nivo načrtovanja po *HCM 2000*.

Preglednica 13: Kapacitete vozil, ki zavijajo desno (voz/h)

Table 13: Right-turn vehicle capacities for planning applications (veh/h)

Konfliktni volumni pešcev (ped/h)	g/C kvocient za avtobusne proge					
	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60
0	510	580	650	730	800	870
100	440	510	580	650	730	800
200	360	440	510	580	650	730
400	220	290	360	440	510	580
600	70	150	220	290	360	440
800	0	0	70	150	220	290
1,000	0	0	0	0	70	150

Opomba: Izračuni predpostavljajo, da avtobusni pas izkoriščajo za desno zavijanje vsa vozila razen avtobusi.

Vir: Poglavje 16, Highway Capacity Manual 2000.

Vpliv desnih zavijanj na kapaciteto postajališč prog na posebnih pasovih lahko ocenimo tako, da pomnožimo kapaciteto proge, brez desnih zavijanj, z uravnalnimi faktorjem kapacitete

postajališč prog na posebnih pasovih. Vrednosti uravnalnega faktorja kapacitete postajališč prog na posebnih pasovih zaradi desnih zavijanj,  $f_r$ , določimo z Enačbo 10.

$$f_r = 1 - f_l \left( \frac{v_r}{c_r} \right)$$

Enačba 10: Uravnalni faktor zaradi desnih zavijalcev

Eq. 10: Right-turn adjustment factor

$f_r$  ... uravnalni faktor zaradi desnih zavijanj iz posebnih avtobusnih pasov

$f_l$  ... faktor lokacije avtobusnega postajališča (Tabela 14)

$v_r$  ... volumen desnih zavijalcev v specifičnih križiščih (voz/h)

$c_r$  ... kapaciteta desnih zavijalcev v specifičnih križiščih (voz/h)

Vrednosti faktorja lokacije avtobusnega postajališča,  $f_l$ , so prikazane v Preglednici 14. V situacijah, kjer so desna zavijanja dovoljena je vrednost faktorja od 0,5, t.j., postajališča za križiščem z vzporedno progo, ki je na voljo avtobusom, do 1,0, tj. postajališča pred križiščem, kjer so avtobusi omejeni na eno progo. Faktor 0,0 imamo pri Tip 3 posebnih avtobusnih pasov, kjer desna zavijanja niso dovoljena za ostala vozila. Faktor izraža možnost izogibanja (avtobusov) desnim zavijalcem. V kritičnih križiščih lahko na nekaterih posebnih avtobusnih pasovih prepovemo vsa desna zavijanja in skrajšamo zeleni signal za pešce na semaforju zato, da izboljšamo kapaciteto postajališč prog na posebnih pasovih.

Preglednica 14: Faktorji lokacije avtobusnega postajališča

Table 14: Bus stop location factors

Lokacija avtobusne postaje	Tip avtobusne proge		
	Tip 1	Tip 2	Tip 3
Pred križiščem	1.0	0.9	0.0
Med križiščema	0.9	0.7	0.0
Za križiščem	0.8	0.5	0.0

Opomba:  $f_i = 0,0$  za avtobusne pasove z nasprotnim prometnim tokom in postajališča med križiščema ne glede na lokacijo avtobusnih postajališč ali tipe posebnih avtobusnih pasov, kjer desna zavijanja niso dovoljena ali pa ne motijo obratovanja avtobusov.

#### 4.4 Izračun kapacitete postajališč prog na posebnih pasovih

Faktor oviranja za desno zavijanje je uporabljen v Enačbi 11 za oceno kapacitet postajališč prog na posebnih pasovih. Na podlagi izračunane kapacitete [vozil] določimo kapaciteto [potnikov]; glej Enačba 8.

$$B = B_l N_{el} f_r$$

Enačba 11: Kapaciteta postajališč prog na posebnih pasovih

Eq. 11: Capacity calculation

$B$  ... kapaciteta postajališč prog na posebnih pasovih (bus/h)

$B_l$  ... kapaciteta postajnega mesta postajališč (bus/h)

$N_{el}$  ... število učinkovitih postajnih mest

$f_r$  ... uravnalni faktor zaradi desnih zavijanij iz posebnih avtobusnih pasov

Pri določevanju kritičnih postajališč moramo testirati več avtobusnih postajališč, da lahko določimo katero bo določalo kapaciteto postajališč prog na posebnih pasovih, ker ima lahko eno postajališče velik čas postanka, drugo pa ima lahko velike kolizije z desnimi zavijalci. V poglavju 8 so Grafikoni, ki prikazujejo kapacitete postajališč prog na posebnih pasovih, ki temeljijo na teh enačbah.

Preglednica 15: Ilustrativen prikaz kapacitete postajališč prog na posebnih pasovih v mestih

Table 15: Illustrative downtown busway capacities

Postaje: na/izven voziča	Pogoji vstopanja-izstopanja							
	A		B		C		D	
	na	izven	na	izven	na	izven	na	izven
<b>POTNIKI, KI VSTOPAJO NA POSTAJALIŠČIH Z NAJVEČJIMI VOLUMNI</b>								
Število potnikov, ki vstopi na avtobus	20	20	20	20	20	20	30	30
Čas vstopanja na potnika (s/p)	2.0	2.0	1.2	1.2	0.7	0.7	0.5	0.5
Čas postanka (s)	40.0	40.0	24.0	24.0	14.0	14.0	15.0	15.0
<b>KAPACITETA</b>								
Kapaciteta postajnega mesta (bus/h)	42	42	65	65	100	100	95	95
Št. učinkovitih postajnih mest	2.45	2.65	2.45	2.65	2.45	2.65	2.45	2.65
Kapaciteta postajališča (bus/h)	103	111	159	172	245	265	233	251
<b>ŠTEVILO POTNIKOV NA URO NA NAJVEČJIH POSTAJNIH MESTIH</b>								
Vrednost koničnega ure (15 min x 4)	4,120	4,440	6,360	6,880	9,800	10,600	13,980	15,060
Povprečna—konična ura	2,760	2,970	4,260	4,600	6,570	7,100	9,370	10,090

Pogoji vstopanja-izstopanja A: ena vrata, standardni avtobus, istočasno vstopanje in izstopanje.

Pogoji vstopanja-izstopanja B: dvoje vrat, standardni avtobus, istočasno vstopanje in izstopanje skozi oboje vrat.

Pogoji vstopanja-izstopanja C: štiri vrata (dvojna), standardni avtobus, istočasno vstopanje in izstopanje.

Pogoji vstopanja-izstopanja D: šest vrat, zglobni avtobus, vstopanje in izstopanje skozi vsa vrata.

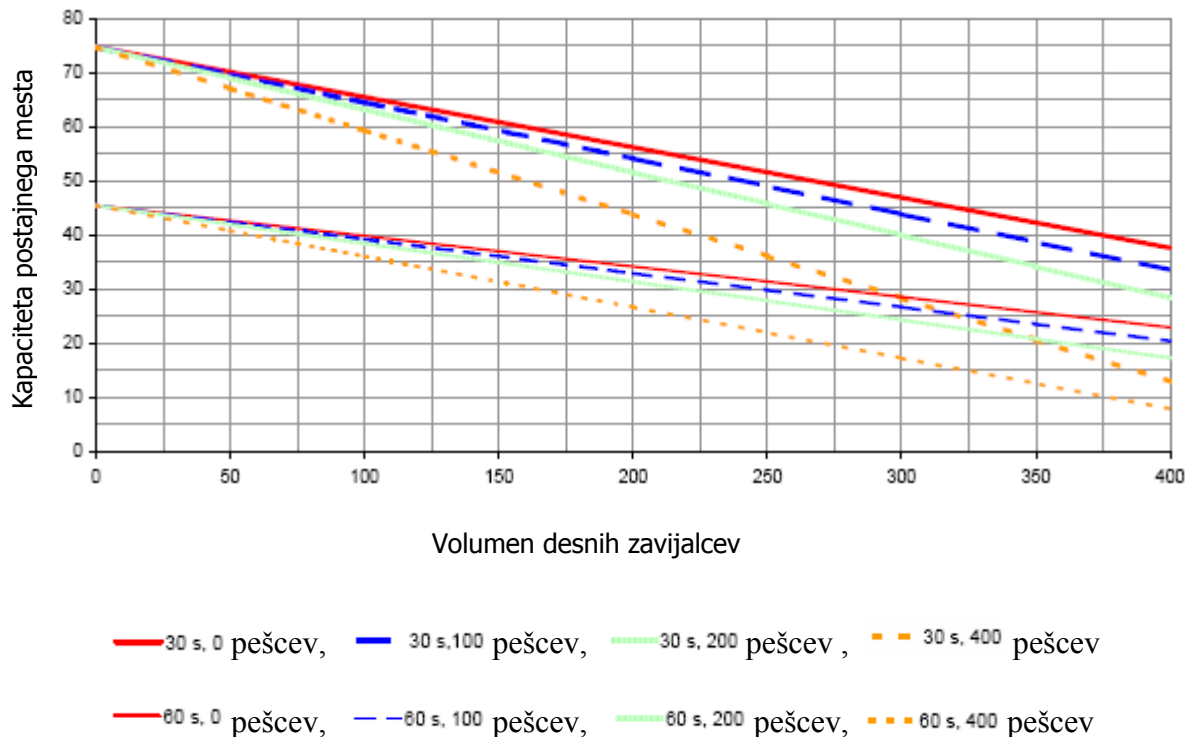
Opomba: čas za vključitev avtobusov v promet 10s, delež prihodov avtobusov na zasedeno postajno mesto 7,5%, koeficient variabilnosti 60%, 3 linearna postajna mesta,  $g/C = 1,0$ , slučajni prihodi avtobusov,  $PHF = 0,67$ , 50% potnikov vstopi na postajališčih z največjimi volumni potnikov, standardni avtobus (40 sedežev), zglobni (60 sedežev), ni stojišč.

Grafikon 2 prikazuje vpliv časa postanka, volumnov desnega zavijanja iz posebnih pasov in konfliktnih volumnov pešcev na kapaciteto postajališč prog na posebnih pasovih. Kapaciteta temelji na različnih časih postankov avtobusov, volumnih desnih zavijalcev in pešcev in predpostavkah navedenih v opombi Grafikona 2.



Grafikon 2: Kapaciteta prog na posebnih pasovih

Graph. 2: Illustrative bus lane vehicle capacity



Opomba:  $g/C = 0,5$ , postajališče pred križiščem, Tip 2 posebni avtobusni pas, 2 linearni postajni mesti na postajališču, čas za ponovno vključitev avtobusov v promet 15s, delež prihodov avtobusov na zasedeno postajno mesto 25%, koeficient variabilnosti časov postankov 60%, slučajni prihodi avtobusov, dovoljena je faza signala na semaforju za desno zavijanje, vsa vozila na progi, minimalni volumen avtobusov glede na volumen desnih zavijalcev.

Iz Grafikona 2 vidimo, da pri majhnih volumnih desnih zavijalcev in pešcev, čas postanka določa kapaciteto postajališč prog na posebnih pasovih. Majhni konfliktni volumni pešcev (manj kot 200 na uro) imajo majhen vpliv na kapaciteto, veliki volumni pešcev pa precejšen, še posebno, če se poveča volumen desnih zavijalcev. Konfliktni volumni potnikov nimajo vpliva na kapaciteto, kadar ni desnih zavijalcev (premice na grafikonu se stekajo v eno točko). Vidimo tudi, da se premice pri danih volumnih pešcev približujejo točki, kjer je kapaciteta desnih zavijalcev presežena in kapaciteta [vozil] avtobusne proge enaka nič. Med tema ekstremoma kapaciteta počasi pada z naraščanje volumna desnih zavijalcev do točke, kjer potreben volumen avtobusov preseže kapaciteto avtobusne proge.

Če želimo povečati kapaciteto postajališč prog na posebnih pasovih moramo kontrolirati desne zavijalce v križiščih z velikimi volumni pešcev. Dejavniki za povečanje kapacitete vplivajo tudi na hitrost avtobusov. Za povečanje kapacitete in hitrosti lahko uporabljamo tudi sistem razporeditve postajališča na več postajališč, kadar desna zavijanja niso pomemben faktor kapacitete.

#### 4.5 Hitrosti avtobusov na posebnih pasovih

Najboljši način za določitev potovalne hitrosti avtobusov je direktno merjenje na terenu. Kadar to ni možno, npr. pri načrtovanju novih kapacitet avtobusnih prog, hitrost ocenimo z samo vožnjo po prog, predpostavimo povprečno število ustavljanj s simulacijo časov postankov in naredimo dve ali tri vožnje v koničnih in ostalih časovnih obdobjih. Vozni red predpostavimo na podlagi podobnih prog in reguliramo potrebne čase obratovanj avtobusov, ki temeljijo na izkušnjah podobnih prog ali pa uporabimo analitične postopke.

Na hitrost avtobusov na posebnih avtobusnih pasovih vplivajo tudi velikost samega avtobusnega postajališča, čas postanka, zamude zaradi semaforjev in prometni tok desnih zavijalcev in kolizija z ostalimi avtobusi. Ti faktorji so izraženi v Enačbi 12, ki jo lahko uporabljamo za oceno potovalne hitrosti avtobusov po progah na posebnih pasovih. Obratovalni čas avtobusov je določen na podlagi Preglednic 15 in 16. V času je upoštevano: velikost avtobusnega postajališča, čas postanka, zamude zaradi semaforjev in prometnega toka vozil. Enačba 12 prikazuje potovalno hitrost avtobusov glede na obratovalni čas avtobusov.

$$S_t = \left( \frac{60}{t_r + t_l} \right) f_b$$

Enačba 12: Potovalna hitrost avtobusov

Eq. 12: Travel speed

$S_f$  ... potovalna hitrost (km/h)

$t_r$  ... obratovalni čas avtobusov (min/km)

$t_l$  ... izgubljeni obratovalni čas avtobusov (min/km)

$f_d$  ... uravnalni faktor kolizij med avtobusov, glej Preglednica 18

#### 4.5.1 Vrednosti časov potovanj

Preglednici 16 in 17 skupaj določata oceno osnovnih obratovalnih časov avtobusov, kot funkcijo ustavljalnega prostora, povprečnega časa postanka na postajališču (ne samo kritično postajališče) in obratovalnega okolja. Te vrednosti so bile dobljene na podlagi opazovanj na terenu. Prvič, osnovni čas obratovanja avtobusa je določen iz Preglednice 16. Obratovalni čas izraža hitrost pri kateri bo avtobus potoval brez zamud zaradi semaforjev ali prometnega toka. Drugič, izgubljeni čas obratovanja avtobusa je določen iz Preglednice 17 in zajema vpliv semaforjev in ostalega prometa, ki si deli z avtobusi avtobusni pas. Če imamo na voljo dejanske izgube, jih lahko uporabimo namesto ocen danih v Preglednici 17.

Povprečne hitrosti lahko izračunamo za vse razdalje in serije ustavljanj. Pri preučevanju koridorja vplivajo na hitrost: dolžina študijskega območja, število avtobusnih postajališč in časi postankov na posameznem postajališču. Kapacitete postajališč prog na posebnih pasovih izračunamo glede na kritično postajališče proge, kjer se kombinacija časa postanka in variabilnosti časov postankov izraža kot najmanjša izračunana kapaciteta. Za izračun hitrosti uporabljamo največjo kapaciteto (tj. pri deležu prihodov avtobusov na zasedeno postajno mesto 25%). Odsek, katerega izberemo za analizo, mora imeti homogene karakteristike v smislu geometrije vozišč, oblik avtobusnih prog, frekvenc ustavljanj in časov postankov avtobusov. Za oceno hitrosti avtobusov na posameznem odseku uporabimo povprečni čas postanka in največji kvocient  $v/c$ . Odsek mora biti dolg vsaj 400 m, če pa se le da 800 m.

Preglednica 16: Ocene osnovnih obratovalnih časov  $t_r$

Table 16: Estimated base bus running time  $t_r$  (min/mi)

Čas postanka (s)	Število postajališč na 1609 m (1 milja)							
	2	4	5	6	7	8	10	12
10	2.40	3.27	3.77	4.30	4.88	5.53	7.00	8.75
20	2.73	3.93	4.60	5.30	6.04	6.87	8.67	10.75
30	3.07	4.60	5.43	6.30	7.20	8.20	10.33	12.75
40	3.40	5.27	6.26	7.30	8.35	9.53	12.00	14.75
50	3.74	5.92	7.08	8.30	9.52	10.88	13.67	16.75
60	4.07	6.58	7.90	9.30	10.67	12.21	15.33	18.75

Opomba: Podatki temeljijo na merjenih na terenu. Vrednosti med časi v preglednici dobimo z interpoliranjem.

Preglednica 17: Ocene osnovnih izgubljenih obratovalnih časov  $t_l$

Table 17: Estimated base bus running time losses  $t_l$  (min/mi)

Pogoji:	Avtobusna proga:	desnega zavijanja ni	zamude zaradi desnega zavijanja	prometni zamaški	mešani prometni tok
<b>POSEBNI AVTOBUSNI PASOVI V MESTU</b>					
Tipični		1.2	2.0	2.5-3.0	3.0
Semaforji uravnani glede na avtobuse		0.6	1.4		
Semaforji pogostejši kot postajališča		1.5-2.0	2.5-3.0	3.0-3.5	3.5-4.0
<b>POSEBNI AVTOBUSNI PASOVI IZVEN MEST</b>					
Tipični	0.7				1.0
Razni	0.5-1.0				0.7-1.5

Opomba: Podatki temeljijo na merjenih na terenu. Zamude zaradi prometa so prikazane za konične ure.

#### 4.5.2 Kolizija med avtobusi

Hitrosti avtobusov na posebnih avtobusnih pasovih prične pojenjati takoj, ko pas postaja nasičen z avtobusi. Z naraščanjem števila avtobusov na avtobusnem pasu narašča tudi verjetnost, da bo en avtobus oviral drugega. Posledica so zamude. Enako se dogodi tudi, v primerih povečevanja števila postajnih mest ali zahtev po prehitevalnih manevrih. Preglednica 18 prikazuje uravnavni faktor hitrosti avtobusov na posebnih avtobusnih pasovih zaradi kolizij

med avtobusi. Faktorji so določeni za Tip 1 in Tip 2 posebnih avtobusnih pasov z 80 sekundnimi cikli semaforjev,  $g/C$  kvocientom 0,5, časi postankov od 20s do 50s in koeficientom variabilnosti časov postankov 33%.

Preglednica 18: Uravnalni faktor hitrosti avtobusov zaradi kolizij med avtobusi,  $f_b$

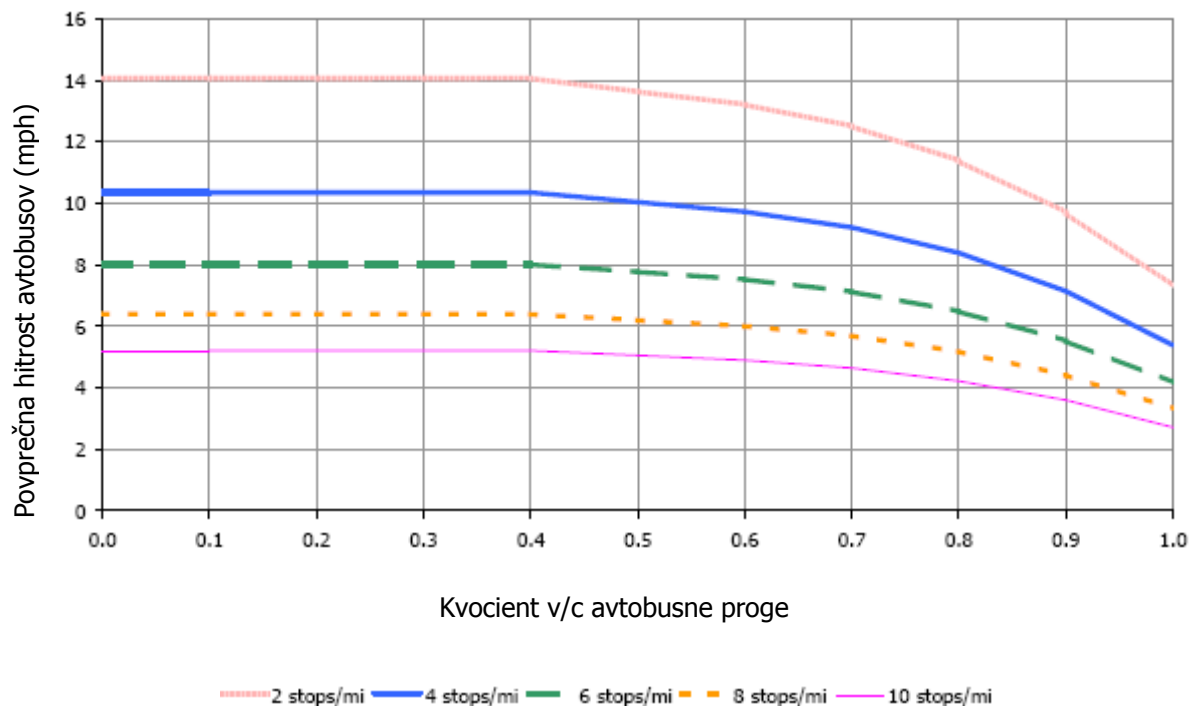
Table 18: Bus-bus interference factor  $f_b$

<b>Kvocient v/c avtobusne proge</b>	<b>Faktor kolizije med avtobusi</b>
<0.5	1.00
0.5	0.97
0.6	0.94
0.7	0.89
0.8	0.81
0.9	0.69
1.0	0.52
1.1	0.35

Grafikon 3 prikazuje vpliv naraščanja volumnov avtobusov na hitrost avtobusov. Do približno 70% kapacitete avtobusne proge je vpliv na hitrost avtobusov majhen.

Grafikon 3: Vpliv naraščanja volumnov avtobusov na hitrost (kolizije med avtobusi)

Graph. 3: Illustrative bus-bus interference factor effects



Opomba: predpostavljene so časi postankov 30 s, avtobusni pasovi v mestu z zamudami zaradi desnega zavijanja in tipičen cikel semaforjev



## 5 KAPACITETA – MEŠANI PROMET

Obratovanje avtobusov v mešanem prometu je najbolj pogosto obratovanje avtobusov pri nas v Sloveniji, tako v mestih kot tudi izven mest. Vključuje male in velike avtobuse, standardne in zglobne avtobuse, stalne avtobusne proge in proge po potrebi.

Kapaciteto [vozil] postajališč prog v mešanem prometu izračunamo na enak način kot kapaciteto postajališč prog na posebnih pasovih s tem, da moramo tu upoštevati še kolizije avtobusov z ostalimi vozili na progi. Kolizije so največje na postajališčih izven vozišč, kjer morajo avtobusi čakati na prosto pot za ponovno vključitev v promet.

### 5.1 Tipi obratovanj avtobusov na pasovih v mešanem prometu

Na Sliki 20 sta prikazana dva tipa obratovanj avtobusov v mešanem prometu. Ključna razlika med njima je način izpeljevanja s postajališča.

<p><b>Tip 1</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"><li>• Enojen avtobusni pas v smeri avtobusne proge</li><li>• Po avtobusnem pasu tudi ostala vozila</li><li>• Zaradi parkiranja ob robu pasu in zavijalnih manevrov lahko nastanejo zamude</li></ul>
<p><b>Tip 2</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"><li>• Dva avtobusna pasova v smeri avtobusne proge</li><li>• Po avtobusnem pasu vozijo tudi ostala vozila</li><li>• Avtobusi lahko zapustijo pas ob robu vozišča, da se lahko ognejo ustavljenim vozilom ob robu vozišča</li></ul>

Slika 19: Tipi obratovanj avtobusov v mešanem prometu

Fig. 19: Types of mixed traffic bus operations

## 5.2 Kapaciteta postajališč prog v mešanem prometu

Volumen mešanega prometa s katerim si avtobusi delijo vozni pas vpliva na kapaciteto [vozil] postajališč prog v mešanem prometu na dva načina. Prvič, zaradi kolizij, ki nastanejo z ostalimi vozili, npr. v križiščih je lahko preprečen dostop avtobusov do postajališč ali pa obtičijo v kolonah. Drugič, pri postajališčih izven vozišč lahko nastanejo dodatne zamude pri ponovnem vključevanju avtobusov v promet. Zaradi tega se lahko poslabša kapaciteta; glej poglavje 2. Zamudo upoštevamo v času za ponovno vključitev avtobusov v promet, ki ga uporabimo za izračun kapacitete postajališč prog v mešanem prometu. Kolizije avtobusov z ostalimi vozili so izražene z naslednjim uravnalnim faktorjem kapacitete:

$$f_m = 1 - f_l \left( \frac{v}{c} \right)$$

Enačba 13: Uravnalni faktor kapacitete v mešanem prometu

Eq. 13: Mixed traffic adjustment factor

$f_m$  ... uravnalni faktor kapacitete v mešanem prometu

$f_l$  ... faktor lokacije avtobusnega postajališča, glej Preglednico 14

$v$  ... volumen ostalih vozil na voznem (avtobusnem) pasu skozi specifično križišče

$c$  ... kapaciteta voznega pasu skozi specifično križišče

Uravnalni faktor kapacitete postajališč prog v mešanem prometu je pravzaprav enak uravnalnemu faktorju zaradi desnih zavijalcev, glej Enačba 10, na posebnih avtobusnih pasovih. Razlika je tem, da imamo tu pasove v mešanem prometu. To pomeni, da je promet ostalih vozil na progi večji, zavija lahko desno, levo ali pa gredo naravnost. Zaradi tega je kapaciteta postajališč prog v mešanem prometu manjša kot kapaciteta postajališč prog na posebnih avtobusnih pasovih.

Z Enačbo 14 izračunamo kapaciteto postajališč prog v mešanem prometu. Ko je kapaciteta [vozil] znana, uporabimo Enačbo 8, za določitev kapacitete [potnikov] prog v mešanem



prometu. Grafikone 10, 11, 12 iz poglavja 8 lahko uporabimo za ocene kapacitet [vozil], ki temeljijo na Enačbi 13 za različne situacije.

$$B = B_l N_{el} f_m$$

Enačba 14: Kapaciteta postajališč prog v mešanem prometu

Eq. 14: Mixed traffic bus capacity

$B$  ... kapaciteta postajališč prog v mešanem prometu (bus/h)

$B_l$  ... kapaciteta postajnega mesta postajališč prog v mešanem prometu (bus/h)

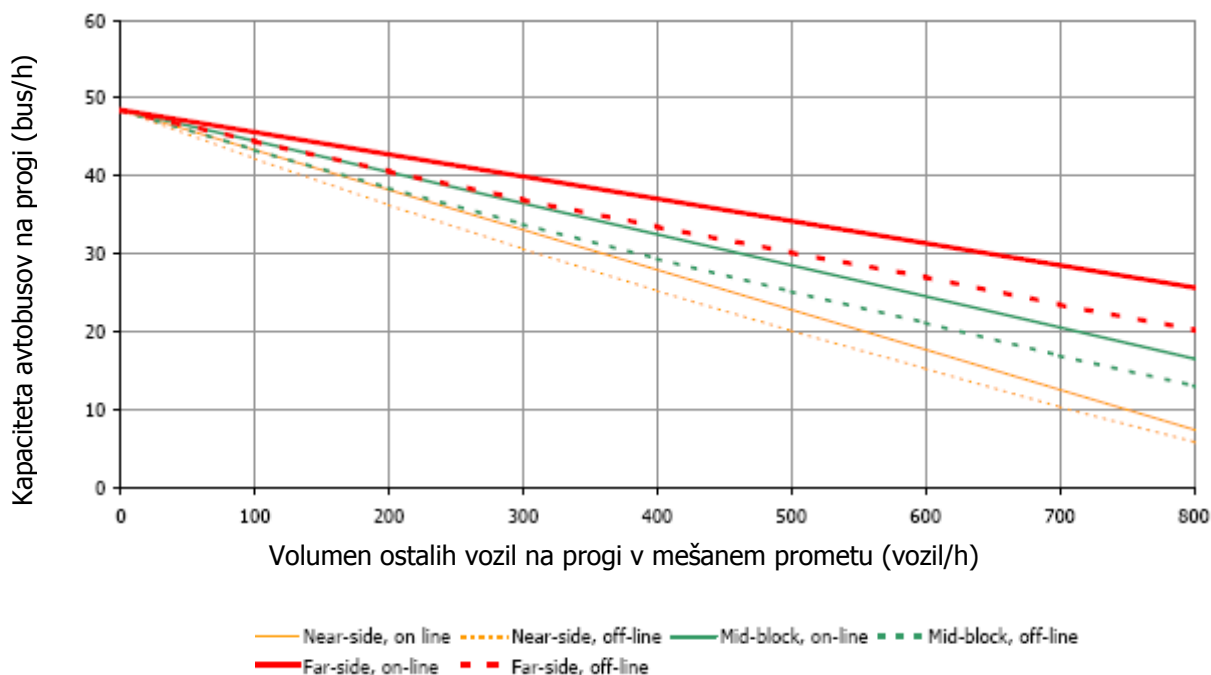
$N_{el}$  ... število učinkovitih postajnih mest na posameznem postajališču

$f_m$  ... uravnalni faktor kapacitete v mešanem prometu zaradi kolizij avtobusov z ostalimi vozili na kritičnih postajališčih

Grafikon 4 prikazuje slabšanje kapacitete postajališč prog v mešanem prometu z naraščanjem volumnov ostalih vozil na voznem (avtobusnem) pasu in različne kapacitete glede na lokacijo avtobusnih postajališč. Na progah v mešanem prometu imajo lahko postajališča na vozišču večjo kapaciteto kot postajališča izven vozišč, tj. odvisno od volumna ostalih vozil na avtobusnem pasu in od števila postajnih mest.

Grafikon 4: Največje kapacitete v mešanem prometu

Graph. 4: Illustrative mixed traffic maximum bus vehicle capacity



Opomba: predpostavljena je Tip 2 pas v mešanem prometu, 1 linearno postajno mesto na postajališču, čas postanka 30 sekund, delež prihodov avtobusov na zasedeno postajno mesto 25%, koeficient variabilnosti časov postankov 60%, kvocient zelenega časa  $g/C=0,5$

### 5.3 Hitrost avtobusov na pasovih v mešanem prometu

Tako kot na posebnih avtobusnih pasovih je tudi na pasovih prog v mešanem prometu najboljši način za določitev potovalne hitrosti avtobusov merjenje na terenu. Če merjenje na terenu ni možno, npr. pri načrtovanju novih kapacitet avtobusnih prog, hitrost ocenimo (1) s samo vožnjo po progi, predpostavimo povprečno število ustavljanj s simulacijo časov postankov in naredimo dve ali tri vožnje v koničnih in ostalih časovnih obdobjih. (2) Vozni red predpostavimo na podlagi podobnih prog in reguliramo potrebne čase obratovanj avtobusov, ki temeljijo na izkušnjah podobnih prog (3) ali pa uporabimo analitične postopke.

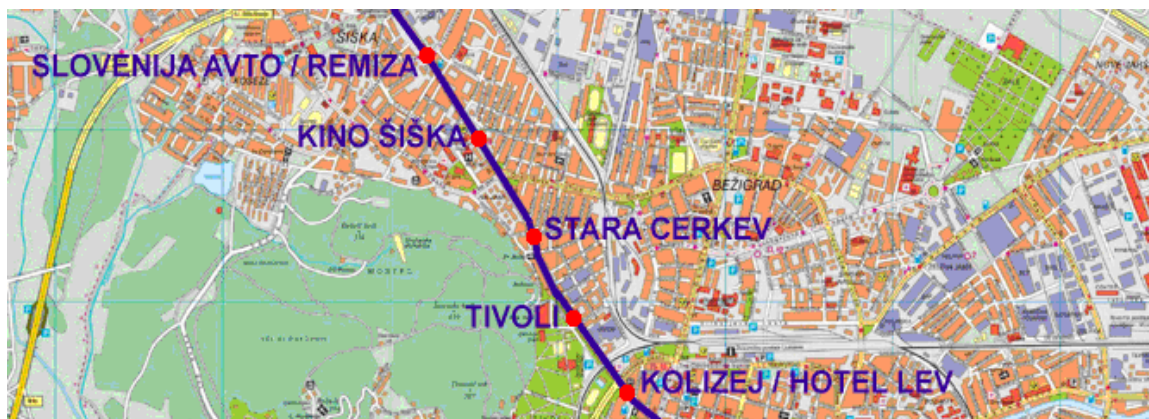
Na hitrosti avtobusov na vozni (avtobusni) pasovih v mešanem prometu vplivajo časi postankov, velikost območja avtobusnih postajališč, zamude zaradi semaforjev, kolizije z

ostalim vozili na voznih (avtobusnih) pasovih. Metoda za oceno hitrosti avtobusov v mešanem prometu je enaka metodi za oceno hitrosti avtobusov na posebnih pasovih.

## 6 PRIMERI: Analiza kapacitet postajališč študijskega območja

Namen analize je preveriti ustreznost kapacitet [vozil] posameznih postajališč LPP-ja (Ljubljanski potniški promet) in z določenimi metodami izboljšati kapaciteto postajališč trase študijskega območja. Doseči želimo krajše čase postankov avtobusov, čase za ponovno vključitev avtobusov v promet, čase za zadovoljitev potreb potnikov. S tem dosežemo tudi krajše čase potovanja med postajališči in večje potovalne hitrost avtobusov. Vse to zagotavlja večjo kakovost storitev mestnega potniškega prometa z vidika uporabnika. Študijsko območje poteka od postajališča Slovenija avto do postajališča Kolizej.

### 6.1 Opis obstoječega stanja



Slika 20: Obseg študijskega območja

Fig. 20: Studying area

Študijsko območje obsega 5 postajališč in poteka od postajališča Slovenija avto na Celovški cesti v Šiški do postajališča Kolizej v centru Ljubljane. Avtobusi vozijo po voznem pasu v mešanem prometu. Izjema je zadnji del trase, in sicer pred križiščem zadnjega postajališča Kolizej, kjer avtobusi vozijo po posebnem pasu, ki je namenjena samo avtobusom (rumeni pas, Tip 2). Lokacija posameznih postajališč: - za križiščem: Slovenija avto, Stara cerkev in Kolizej; - med križiščema: Kino Šiška; - pred križiščem: Tivoli.

Preglednica 19: Opis postajališč na študijskem območju.

Table 19: Studying area bus stops

Št. postajališča	Ime postajališča	Lokacija postajališča	Izven/na vozišču	Št. postajnih mest	Proge na postajališču
1	Slovenija avto	Za križiščem	Izven	3	(1,3,5,8,15,16,22)
2	Kino Šiška	Med križiščema	Izven	3	(1,3,5,8,15,16,22)
3	Stara cerkev	Za križiščem	Izven	2	(1,3,5,7,8,15,16)
4	Tivoli	Pred križiščem	Izven	3	(1,3,5,7,8,15,16)
5	Kolizej	Za križiščem	Izven	4	(1,3,5,7,8,21)

V sklopu analize študijskega območja Slovenija avto - Kolizej je bilo v mesecu septembru 2005 opravljeno štetje potnikov (vstopajočih, izstopajočih), merjenje časov postankov avtobusov, časov za ponovno vključitev avtobusov v promet, časi odpiranja in zapiranja vrat na avtobusih, štetje volumnov vozil (vsa vozila, samo desni zavijalci v določenih križiščih) na voznem pasu po katerem vozijo tudi avtobusi in volumnov pešcev v križiščih. Štetja in meritve so bile opravljene na terenu v jutranjem koničnem času od 7:00 do 8:00 med delavnikom.

Preglednica 20 prikazuje različno obremenitev posameznih postajališč s potniki na trasi študijskega območja, frekvenco avtobusov in število avtobusnih prog v jutranjem koničnem času od 7:00 do 8:00. Potniki vstopajo samo skozi sprednja vrata, izstopajo pa na zadnjih vratih. Tip avtobusov: zglobni, število sedežev 37, stojišč 118, skupaj 155. V Preglednici 20 so prikazani povprečni volumni vstopajočih in izstopajočih potnikov na avtobus na posameznem postajališču, kateri so dobljeni na podlagi merjenj na terenu, september 2005.

Preglednica 20: Volumni potnikov na posameznem postajališču

Table 20: Passenger volume at bus stops

Št. postajališča	Ime postajališča	Volumni Potnikov (p/bus)		Frekvenca Avtobusov * (bus/h)	Št. prog	Način prihoda
		Vstopajoči	Izstopajoči			
1	Slovenija avto	13	5	34	6	Slučajen
2	Kino Šiška	8	2	39	6	Slučajen
3	Stara cerkev	4	2	41	7	Slučajen
4	Tivoli	2	2	41	7	Slučajen
5	Kolizej	5	15	38	5	Slučajen

Opomba: \* Frekvenca avtobusov (bus/h) – kapaciteta avtobusov na posameznem postajališču.

V Preglednici 21 so prikazani povprečni časi postankov avtobusov na posameznem postajališču, časi za ponovno vključitev avtobusov v promet in časi za zadovoljitev potreb potnikov, ki so dobljeni na podlagi terenskih meritev na posameznem postajališču študijskega območja v jutranjem koničnem času od 7:00 do 8:00 med delavnikom, septembru 2005. V času postanka je vključen čas za odpiranje in zapiranje vrat. Celoten čas za odpiranje in zapiranje vrat znaša 4 sekunde. Čas za zadovoljitev potreb potnikov pri izstopanju (zadnja vrata, 2-3 vrat) je zanemarljiv v primerjavi časom pri vstopanju (vstop spredaj, ena vrata), kadar imamo velike volumne vstopajočih potnikov. Zato je pri določevanju časa za zadovoljitev potreb potnikov pri analizi obstoječega stanja študijskega območja merodajen tisti volumen potnikov (vstopajoči, izstopajoči), ki dejansko vpliva na čas postanka.

Preglednica 21: Čas postanka, čas za ponovno vključitev avtobusov v promet in čas za zadovoljitev potreb potnikov

Table 21: Dwell time, clearance time and passenger service time

<b>Št. postajališča</b>	<b>Ime postajališča</b>	<b>Čas postanka (s)</b>	<b><math>t_c</math> (s)</b>	<b><math>t_p</math> (s/p)</b>
1	Slovenija avto	22	9	1.8
2	Kino Šiška	20	11	2.7
3	Stara cerkev	12	10	3.2
4	Tivoli	12	20	3.8
5	Kolizej	23	16	1.8
				<b>Povprečen čas: 2.7 s/p</b>

Opomba:  $t_c$  - čas za ponovno vključitev avtobusov v promet,  $t_p$  - čas za zadovoljitev potreb potnikov .

Vir: Podatki v preglednici so dobljeni na podlagi meritev na terenu v sklopu analize študijskega območja, September 2005.

Konfliktni volumni ostalih vozil in pešcev so pomembni, ker vplivajo na kapaciteto [vozil] posameznih postajališč. Kapaciteta prog v mešanem prometu je manjša kot kapaciteta prog na posebnih avtobusnih pasovih, ki so namenjene samo avtobusom (rumeni pasovi), ker lahko vozila v križiščih vozijo naravnost ali pa zavijajo desno in levo. Kadar imamo posebne avtobusne pasove jih lahko ostala vozila uporabljajo le za desno zavijanje (tj. odvisno od tipa posebnega avtobusnega pasu). To pomeni, da so konfliktni volumni ostalih vozil na posebnih avtobusnih pasovih manjši, kapaciteta postajališč pa je večja.

Po HCM 2000 znaša kapaciteta voznega pasu (vsa vozila) na vozišču v centrih mest 1700 vozil/h.

Volumen voznega (avtobusnega) pasu je sestavljen iz dveh komponent, in sicer iz volumna ostalih vozil na avtobusnem voznem pasu, ki vozijo naravnost in volumna ostalih vozil, ki zavijajo desno. Poleg tega na kapaciteto postajališč vplivajo tudi volumni pešcev v križiščih in kvocient zelenega časa g/C.

Preglednica 22: Volumni voznega (avtobusnega) pasu, desnih zavijalcev, pešcev v posameznih križiščih, ki so pred ali za postajališčem in kvocienti zelenega časa

Table 22: Adjacent lane volume, right-turn volume, pedestrian volume and g/C ratio

<b>Št. postajališča</b>	<b>Ime postajališča</b>	<b>Volumen voznega pasu (voz/h)</b>	<b>Volumen desnih zavijalcev (voz/h)</b>	<b>Volumen pešcev (p/h)</b>	<b>Kvocient g/C</b>
1	Slovenija avto	882	125	225	0.88
2	Kino Šiška	1030	0	0	1.00
3	Stara cerkev	835	71	312	0.94
4	Tivoli	1365	562	195	1.00
5	Kolizej	0*	1030*	0*	0.37

Opomba: \* Poseben avtobusni pas (rumeni pas), ki je namenjena samo avtobusom pred križiščem, ni ostalih vozil na progi, žep v križišču za desno zavijanje je ločen od posebne proge in dovolj velik, da desni zavijalci ne ovirajo avtobusov.

Vir: Podatki v preglednici so dobljeni na podlagi meritev na terenu v sklopu analize študijskega območja, September 2005.

## 6.2 Primer 1: Kapaciteta trase Slovenija avto – Kolizej: - obstoječe stanje po HCM 2000

### NAMEN

Kolikšna je kapaciteta [vozil] postajališč trase Slovenija avto – Kolizej po HCM 2000? Ali je obstoječa situacija ustrezna?

### ZNANI PODATKI

- Kvocient  $g/C$  vzdolž trase; glej Preglednica 22.
- Vsa postajališča so linearna, izven vozišča.
- Čas postanka avtobusov; glej Preglednica 21.
- Desna zavijanja so dovoljena, trasa v mešanem prometu.
- Obstoječe kapaciteta posameznih postajališč, glej Preglednica 20.
- Število postajnih mest, glej Preglednica 19.
- Uravnalni faktor kapacitete postajališč prog v mešanem prometu  $f_m$ .
- Čas za ponovno vključitev avtobusov v promet, glej Preglednica 21.

### PREDPOSTAVKE

- Predpostavljen koeficient variabilnosti časov postankov je 0.60.
- Prihodi avtobusov so slučajni.
- Verjetnost, da avtobus pripele do postajnega mesta in je le to zasedeno je 10%,  $Z=1.28$ .
- Avtobusi na postajališču ustavijo enkrat (na enem postajnem mestu) in ne nujno vedno pri postajališčni tabli kot je to potrebno po trenutni uredbi LPP-ja v Ljubljani.



## IZRAČUN KAPACITETE POSTAJALIŠČ

Vsi potrebni podatki so znani. Kapaciteta kritičnega postajališča določa kapaciteto postajališč trase Slovenija avto – Kolizej. Avtobusni pas je v mešanem prometu. Uravnalni faktor kapacitet postajališč prog v mešanem prometu  $f_m$  za posamezno postajališče:

Preglednica 23: Uravnalni faktor kapacitete postajališč prog v mešanem prometu

Table 23: Mixed traffic adjustment factor

Št. postajališča	$f_m$
1	0.74
2	0.58
3	0.75
4	0.44
5	1.00

Kapaciteto posameznih postajališč izračunamo tako, da kapaciteto postajnega mesta pomnožimo s številom učinkovitih postajnih mest na posameznem postajališču in uravnalnim faktorjem kapacitete na voznem (avtobusnem) pasu v mešanem prometu, ki vpliva na posamezno postajališče:

1. Primer izračuna kapacitete postajališča št. 1:  $B_s = B_l N_{el} f_m$

$$B_s = \frac{3,600(g/C)}{t_c + (g/C)t_d + t_{om}} N_{el} f_m = \frac{3,600 * 0.88}{9 + 22 * 0.88 + 1.280 * 0.6 * 22} * 2.65 * 0.74 \approx 137 bus / h$$

## REZULTAT

Preglednica 24: Kapaciteta posameznega postajališča po HCM 2000

Table 24: Bus capacity (HCM 2000)

<b>Št. postajališča</b>	<b>Bs (bus/h) - obstoječe stanje</b>	<b>Bs (bus/h) – po HCM 2000</b>
1	34	137
2	39	174
3	41	220
4	41	138
5	38	102*

Opomba: \*Kritično postajališče trase Slovenija avto-Kolizej

## ZAKLJUČEK

Iz primerjave obstoječe stanja in izračuna kapacitet po HCM 2000 ugotovimo, da je kritično postajališče Kolizej. Postajališče ima najdaljši čas postanka avtobusov in čas za ponovno vključitev avtobusov v promet. Kapaciteta trase študijskega območja je 102 avtobusa na uro v jutranjem koničnem času od 7:00 do 8:00 med delavnikom.

Ugotovimo tudi, da je obstoječe stanje, kar se tiče obstoječe kapacitete (frekvence avtobusov) na postajališčih študijskega območja, sicer ustrezno, vendar zelo neizkoriščeno. To pomeni, da bi lahko na trasi prepeljali precej več potnikov ali zmanjšali gnečo na avtobusih v koničnih časih in skrajšali čas potovanja med postajališči ter s tem izboljšali kakovost storitev mestnega potniškega prometa.

### **6.3 Primer 2: Kapaciteta trase Slovenija avto - Kolizej: - sprememba plačilnega sistema vozovnic**

#### **NAMEN**

Kako sprememba plačilnega sistema vozovnic vpliva na kapaciteto postajališč trase Slovenija avto – Kolizej po HCM 2000?

Obstoječe stanje: Vstopanje samo skozi sprednja vrata. Sistem plačila: mesečne vozovnice, žeton, denar.

Novo stanje: vstopanje in izstopanje skozi vsa vrata. Sistem plačila: predplačilo (postavitev avtomatov za vozovnice na postajališčih, kjer lahko potniki, predhodno kupijo vozovnice: za eno ali več voženj, dnevno, tedensko, mesečno)

#### **ZNANI PODATKI**

- Volumni vstopajočih in izstopajočih potnikov, glej Preglednica 21.
- Čas za zadovoljitev potreb potnikov, glej Preglednica 21.
- Povprečni čas postanka na posameznem postajališču; glej Preglednica 21.
- Obstoječe kapacitete postajališč, glej Preglednica 20.
- Število vrat na avtobusu: 4.

#### **PREDPOSTAVKE**

- Čas za zadovoljitev potreb potnikov pri vstopanju, če spremenimo plačilni sistem vozovnic (samo predplačilo) in vstopanje na vsa vrata: 0.9s.
- Čas za zadovoljitev potreb potnikov pri izstopanju: 0.9s.
- Avtobusi na postajališču vedno ustavijo samo enkrat (na enem postajnem mestu) in ne nujno vedno pri postajališčni tabli kot je to potrebno po trenutni uredbi LPP-ja v Ljubljani.

## IZRAČUN ČASA POSTANKA IN KAPACITETE POSTAJALIŠČ

1. Primer izboljšave časa postanka na postajališču št.1 na trasi študijskega območja. Čas je določen na podlagi vzorca avtobusov iz štetja volumnov vstopajočih ter izstopajočih potnikov v 10 minutnem intervalu v jutranjem koničnem času od 7:00 do 7:10 med delavnikom, glej Preglednica 28. Čas za zadovoljitev potreb pri vstopanju in izstopanju potnikov po spremembi plačilnega sistema je določen na podlagi meritev na terenu (izstopajoči potniki) in Preglednice 2, in sicer 0.9s na potnika pri vstopanju in izstopanju:

postajališče št.1:

$$t_d = \left( \sum_{i=1}^8 ((V_{p_i} * 0.9s) + t_{oz}) \right) / i = (((27 * 0.9) + 4) + ((18 * 0.9) + 4) + ((19 * 0.9) + 4) + ((8 * 0.9) + 4) + ((8 * 0.9) + 4) + ((9 * 0.9) + 4) + ((16 * 0.9) + 4) + ((31 * 0.9) + 4)) / 8 \approx 20s$$

Opomba:  $V_{p_i}$  - vsota volumnov vstopajočih in izstopajočih potnikov na posameznem avtobusu.  $i$  - število avtobusov na postajališču št.1 v 10 minutnem koničnem intervalu,  $t_{oz}$  - čas odpiranja in zapiranja vrat na avtobusu, 4s.

Preglednica 25: Postajališče št. 1: vzorec avtobusov iz štetja in merjenja (volumni vstopajočih, izstopajočih potnikov, čas postanka) na terenu v 10 minutnem intervalu v jutranjem koničnem času od 7:00 do 7:10 med delavnikom

Table 25: Bus stop number 1: Field measurement (passenger volumes, dwell times)

Avtobus; i:	Volumni Potnikov		Čas postanka (s)
	vstopajoči	izstopajoči	
1	23	4	31
2	15	3	25
3	14	5	23
4	8	0	17
5	3	5	13
6	9	0	18
7	4	12	16
8	25	6	32
	<b>Povprečje: 13</b>	<b>Povprečje: 5</b>	<b>Povprečje: 22</b>

Preglednica 26: Vpliv spremembe plačilnega sistema na čas postanka na posameznem postajališču

Table 26: Dwell time after changing the system of fare payment at each bus stop

Št. postajališča	Volumni potnikov		Obstoječi čas postanka (s)	Čas postanka po spremembi plačilnega sistema (s)	Izboljšava časa postanka (%)
	Vstopajoči (p/bus)	Izstopajoči (p/bus)			
1	13	5	22	20	10
2	8	2	20	13	35
3	4	2	12	9	25
4	2	2	12	8	33
5	5	15	23	22	5
					<b>Povprečje: 21.6</b>

Opomba: V času postanka po spremembi plačilnega sistema je upoštevan čas odpiranja in zapiranja vrat avtobusa, in sicer 4s in čas za zadovoljitev potreb potnikov pri vstopanju 0,9s/p in izstopanju 0,9s/p. s/p (sekund /potnika).

S spremembo plačilnega sistema vozovnic lahko izboljšamo čas postanka avtobusov v povprečju za 21.6%. To je samo približna ocena na podlagi vzorca avtobusov v 10 minutnem intervalu v jutranji konični uri od 7:00 do 7:10. Za boljšo oceno časov postankov po spremembi plačilnega sistema bi bila potrebna obsežnejša analiza (na vseh progah LPP-ja). Večji kot je volumen vstopajočih potnikov večji je vpliv obstoječega plačilnega sistema na daljši čas postanka avtobusov. Iz Preglednice 26 je razvidno, da je na postajališču št. 5 čas postanka glede na volumen vstopajočih in izstopajočih potnikov boljši oz. krajši kot na preostalih štirih postajališčih. Razlog je v tem, da so na postajališču št. 5 volumni izstopajočih potnikov večji kot vstopajočih. Potniki lahko izstopajo skozi zadnja vrata (troje vrat), vstopajo pa samo skozi sprednja vrata na avtobusu. Zato je čas za zadovoljitev potreb potnikov krajši.

Vsi podatki so znani. Pri izračunu nove kapacitete trase študijskega območja zaradi spremembe plačilnega sistema uporabimo podatke iz Primera 1.

## REZULTAT

Preglednica 27: Kapaciteta posameznega postajališča (po HCM 2000, sprememba plačilnega sistema)

Table 27: Bus capacity after changing the system of fare payment

<b>Št. postajališča</b>	<b>Bs (bus/h) - obstoječe stanje</b>	<b>Bs (bus/h) – po HCM 2000</b>	<b>Bs (bus/h) – sprememba plačilnega sistema vozovnic</b>
1	34	137	148
2	39	174	238
3	41	220	265
4	41	138	181
5	38	102*	105*

Opomba: \*Kritično postajališče trase Slovenija avto-Kolizej

## ZAKLJUČEK

Iz Preglednice 27 je razvidno, da ima plačilni sistem vozovnic velik vpliv na kapaciteto postajališč trase Slovenija avto – Kolizej in s tem na čase potovanj, kapaciteto [potnikov] in kakovost storitev. Tudi v tem primeru je kritično postajališče Kolizej, ki določa kapaciteto trase študijskega območja, s 105 avtobusi na uro v jutranjem koničnem času od 7:00-8:00 med delavnikom. Vpliv spremembe plačilnega sistema na kapaciteto postajališča Kolizej je majhen v primerjavi s preostalimi postajališči, ker so volumni izstopajočih potnikov na postajališču Kolizej večji glede na vstopajoče in časi za zadovoljitev potreb potnikov krajši, ker lahko izstopajo skozi troje vrat, vstopajo pa samo skozi ena vrata na avtobusu. Dolžina časa za zadovoljitev potreb potnikov vpliva na dolžino časov postankov avtobusov na postajališčih in s tem na kapaciteto postajališč.

### **6.4 Primer 3: Kapaciteta postajališč trase Slovenija avto - Kolizej: - uvedba posebnega avtobusnega pasu**

#### **NAMEN**

Kolikšna je kapaciteta postajališč trase študijskega območja Slovenija avto – Kolizej po uvedbi posebnega avtobusnega pasu (rumeni pas) Tip 2?

Obstoječe stanje: Avtobusni vozni pas je mešanem prometu, razen pred križiščem, za katerim je postajališče Kolizej, je posebni pas namenjen samo avtobusom.

Novo stanje: Uvedba posebnega avtobusnega pasu, ki je namenjena samo avtobusom vzdolž celotne trase študijskega območja. Posebni pas lahko uporabljajo tudi desni zavijalci v določenih križiščih.

#### **ZNANI PODATKI**

- Kvocient  $g/C$  vzdolž trase; glej Preglednica 22.
- Vsa postajališča so linearna, izven vozišča.
- Povprečni čas postanka na posameznem postajališču; glej Primer 2.
- Desna zavijanja so dovoljena, trasa na posebnem pasu (rumeni pas).
- Kapaciteta desnih zavijalcev; glej Preglednica 13.
- Volumen desnih zavijalcev; stran Preglednica 22.
- Obstoječe kapacitete postajališč, glej Preglednica 20.
- Število postajnih mest, glej Preglednica 19.
- Uravnalni faktor kapacitete postajališč prog na posebnih pasovih  $f_r$ .

#### **PREDPOSTAVKE**

- Predpostavljen koeficient variabilnosti časov postankov je 0.60.
- Prihodi avtobusov so slučajni.

- Verjetnost, da avtobus pripelje do postajnega mesta in je le to zasedeno je 10%,  $Z = 1.28$ .
- Predpostavljen čas za ponovno vključitev avtobusov v promet na posameznem postajališču je 7 sekund (minimalni kritični čas po HCM 2000), glej Preglednica 3.
- Avtobusi na postajališču vedno ustavijo samo enkrat (na enem postajnem mestu) in ne nujno vedno pri postajališčni tabli kot je to potrebno po trenutni uredbi LPP-ja v Ljubljani.

## IZRAČUN KAPACITETE POSTAJALIŠČ

Kapaciteta desnih zavijalcev v križiščih pred ali za posameznim postajališčem in uravnlalni faktor kapacitete [vozil] zaradi desnih zavijalcev na posebnih pasovih  $f_r$ :

Preglednica 28: Kapaciteta desnih zavijalcev, uravnlalni faktor kapacitete postajališč prog na posebnih pasovih

Table 28: Right-turn capacity, right-turn adjustment factor

Št. postajališča	$c_r$	$f_r$
1	1150	0.94
2	0	1
3	1190	0.97
4	1290	0.61
5	0	1.0

Opomba:  $c_r$  je odvisna od kvocienta  $g/C$  in volumna pešcev.  $c_r$  dobimo z interpolacijo iz Tabele 13,  $v_r$  glej volumn desnih zavijalcev v Tabeli 24.

1. Primer izračuna kapacitete postajališča št.1:  $B_s = B_l N_{el} f_r$

$$B_s = \frac{3,600(g/C)}{t_c + (g/C)t_d + t_{om}} N_{el} f_r = \frac{3,600 * 0.88}{7 + 0.88 * 22 + 1.280 * 0.6 * 22} * 2.65 * 0.94 \approx 182 \text{ bus} / h$$



## REZULTAT

Preglednica 29: Kapaciteta postajališč (po HCM 2000, sprememba plačilnega sistema, posebni avtobusni pas, kombinacija spremembe plačilnega sistema in posebnega avtobusnega pasu)

Table 29: Bus capacity – arterial bus lane (HCM 2000)

<b>Št. postajališča</b>	<b>Bs (bus/h) - obstoječe stanje</b>	<b>Bs (bus/h) – po HCM 2000</b>	<b>Bs (bus/h) – sprememba plačilnega sistema vozovnic</b>	<b>Bs (bus/h) – posebni pas</b>	<b>Bs (bus/h) – posebni pas – sprememba plač. sistema</b>
1	34*	137	148	182	197
2	39	174	238	225	318
3	41	220	265	316	388
4	41	138	181	206	275
5	38	102*	105*	130*	135*

Opomba: \*Kritično postajališče trase Slovenija avto-Kolizej.

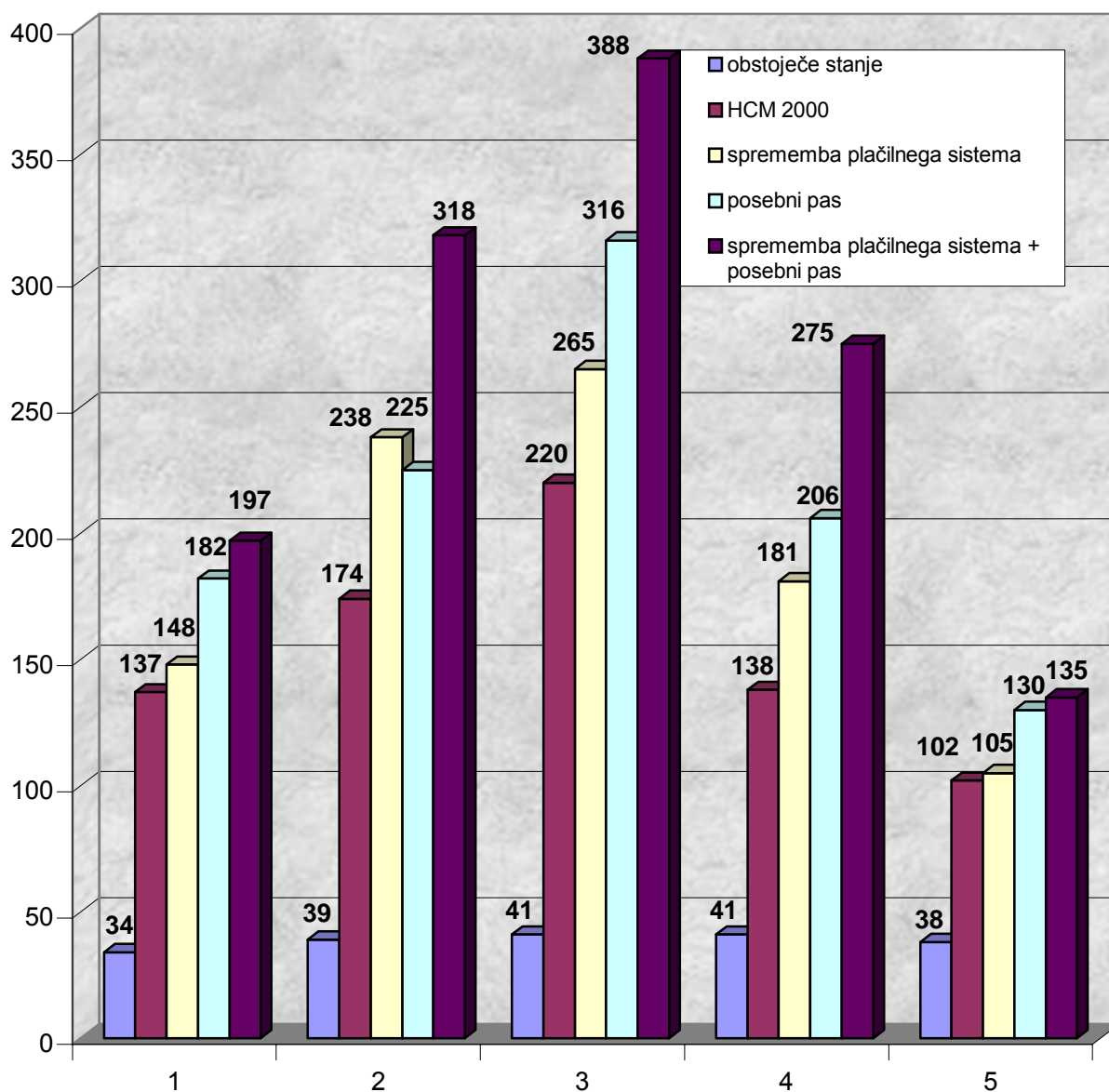
## ZAKLJUČEK

Uvedba posebnega pasu namenjenega samo avtobusom in desnim zavijalcem v določenih križiščih poveča kapaciteto posameznih postajališč na trasi Slovenija avto - Kolizej, ker se volumen ostalih vozil na progi močno zmanjša. S tem dosežemo minimalne kolizije z ostalimi vozili, krajše čase potovanj, večjo kapaciteto [potnikov] in boljšo kakovost storitev. V tem primeru je kritično postajališče Kolizej s kapaciteto 130 avtobusov na uro. To je tudi kapaciteta trase študijskega območja po uvedbi posebnega avtobusnega pasu. S kombinacijo spremembe plačilnega sistema in uvedbe posebnega pasu se kapaciteta postajališč še dodatno poveča zaradi krajšega časa postanka avtobusov in časa za ponovno vključitev avtobusov v promet in s tem kapaciteta trase.

## 6.5 Primerjava primerov z obstoječim stanjem po HCM 2000

Grafikon 5: Primerjava izračunov kapacitet postajališč glede na uporabo različnih metod za izboljšanje kapacitet [vozil]

Graph. 5: Comparison between examples



V Grafikonu 5 je prikazana kapaciteta posameznih postajališč trase študijskega območja od postajališča Slovenija avto na Celovski cesti do postajališča Kolizej na Gosposvetski cesti v Ljubljani glede na različne načine obratovanja avtobusov. Študijsko območje obsega 5 postajališč.

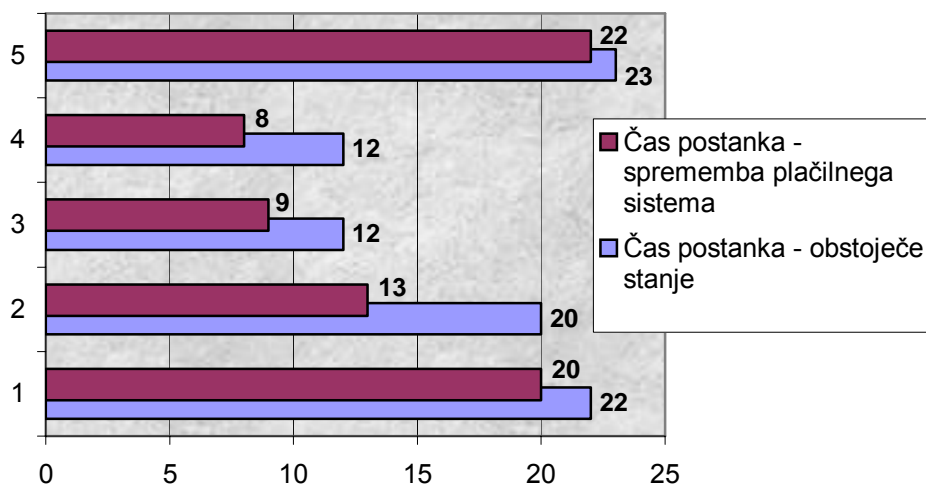
Prvi stolpec, Grafikon 5, prikazuje obstoječo kapaciteto posameznih postajališč.

Drugi stolpec, Grafikon 5, prikazuje kapaciteto postajališč izračunano po HCM 2000 (*Highway Capacity Manual 2000*). Potrebni podatki so bili dobljeni s štetjem in meritvami na terenu študijskega območja. Iz primerjave prvega in drugega stolpca ugotovimo da je so obstoječa postajališča sicer ustrezna, vendar ne izkoriščena.

Tretji stolpec, Grafikon 5, prikazuje kapaciteto postajališč po spremembi plačilnega sistema vozovnic. Spremenjeni plačilni sistem vključuje samo predpačniške vozovnice ter vstopanje in izstopanje skozi vsa vrata na avtobusu. Predvideni so avtomati na posameznem postajališču, ki nudijo različne vozovnice (vozovnice za eno vožnjo, dnevne, tedenske, mesečne). Obstoječi sistem vključuje predplačniške (dnevne, mesečne) vozovnice, žeton in denar. Sprememba plačilnega sistema in uvedba vstopanja in izstopanja skozi vsa vrata skrajša čas za zadovoljitev potreb potnikov in s tem celoten čas postanka avtobusov na postajališčih, glej Grafikon 6. Čas postanka na trasi Slovenija avto – Kolizej se je izboljšal v povprečju za 21.6%. Iz Grafikona 8 je razvidno, da sprememba plačilnega sistema poveča kapaciteto posameznih postajališč trase študijskega območja v primerjavi z obstoječim stanjem po HCM 2000 v povprečju za 19.9%.

Grafikon 6: Časi postankov na posameznih postajališčih po spremembi plačilnega sistema

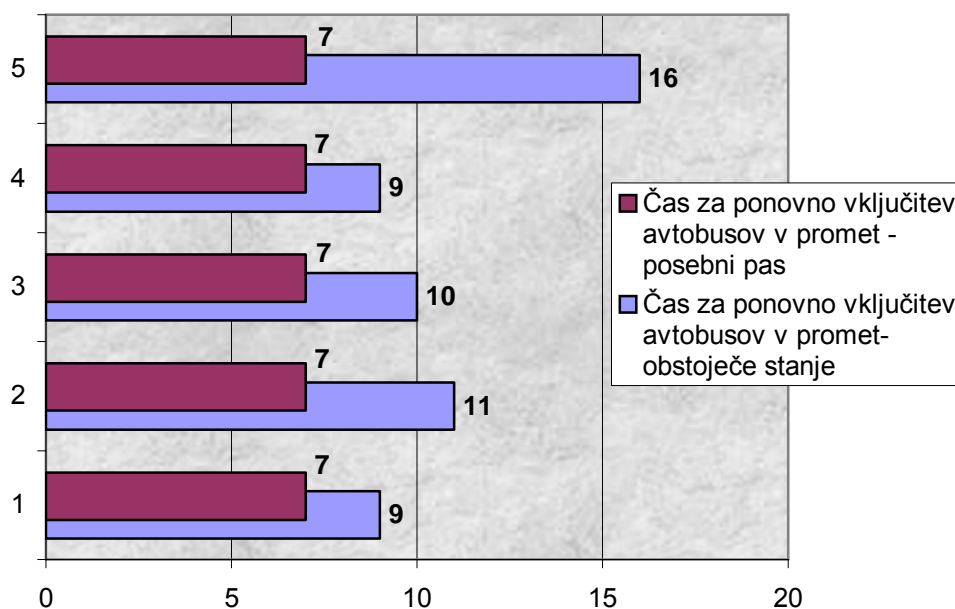
Graph. 6: Dwell times at bus stops after changing the system of fare payment



Četrty stolpec, Grafikon 5, prikazuje kapaciteto posameznih postajališč po uvedbi posebnega pasu namenjen samo avtobusom in desnim zavijalcem v določenih križiščih vzdolž celotne trase študijskega območja. Prvotni vozni (avtobusni) pas na trasi je v mešanem prometu, razen zadnji del trase pred križiščem, za katerim je postajališče Kolizej, je posebni pas (rumeni pas) Tip 2. Prednost posebnih pasov je, da je vpliv ostalih vozil na vožnjo avtobusov po posebnem voznem pasu zelo majhen. Skrajšajo se časi potovanja avtobusov med postajališči, ker se skrajšajo časi za ponovno vključitev avtobusov v promet. V Primeru 1 so časi za ponovno vključitev avtobusov v promet od 9 do 16 sekund, v Primeru 3 pa 7 sekund, glej Grafikon 7. Čas za ponovno vključitev avtobusov v promet se v povprečju skrajša za 57.16%. Na posebnem pasu so postajališča izven vozišča. S tem je omogočeno medsebojno prehitevanje avtobusov. Iz Grafikona 8 je razvidno, da uvedba posebnega pasu na celotni trasi študijskega območja poveča kapaciteto posameznih postajališč v primerjavi z obstoječim stanjem po HCM 2000 v povprečju za 36.51%.

Grafikon 7: Čas za ponovno vključitev avtobusov v promet po uvedbi posebnega avtobusnega pasu na trasi študijskega območja

Graph. 7: Clearance time (arterial bus lanes)

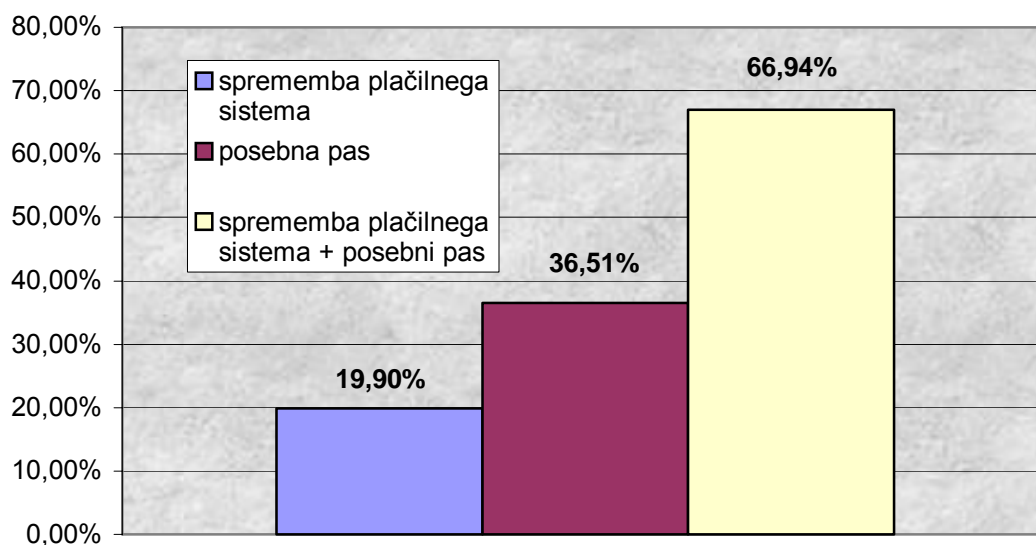


Peti stolpec, Grafikon 5, prikazuje kapaciteto posameznih postajališč trase študijskega območja po spremembi plačilnega sistema in uvedbi posebne avtobusnega pasu vzdolž trase študijskega območja. Kombinacija obeh metod zelo vpliva na kapaciteto, kar je razvidno iz

Grafikona 9. Kapaciteta posameznih postajališč na trasi študijskega območja se v primerjavi z obstoječim stanjem po HCM 2000 v povprečju poveča za 66.94%.

Grafikon 8: Vpliv različnih metod na izboljšanje kapacitete postajališč trase študijskega območja izraženo v %.

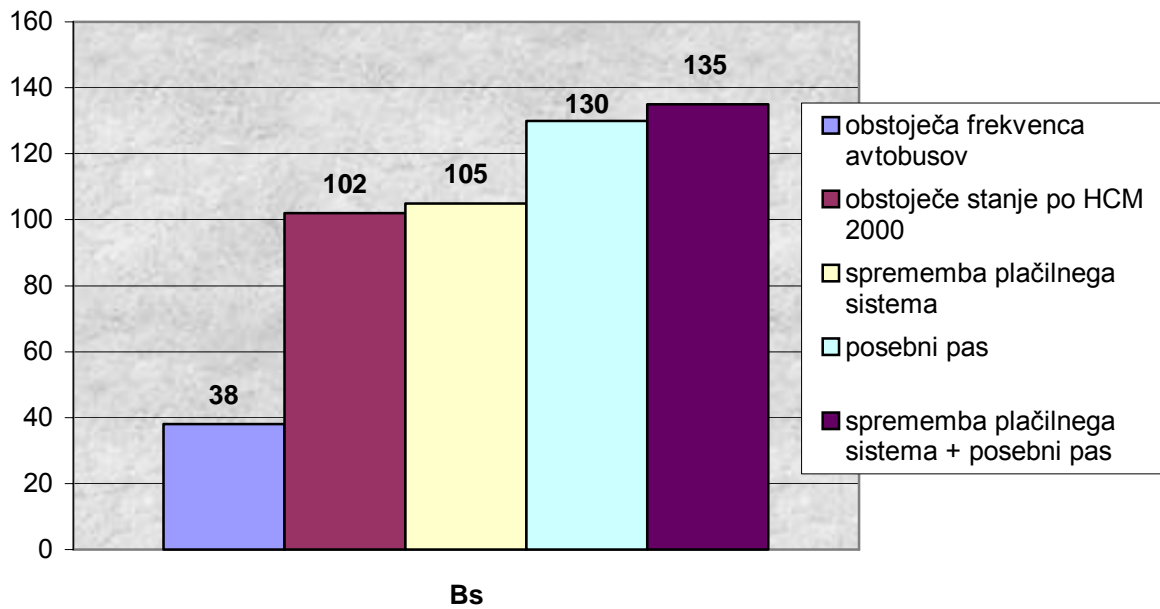
Graph. 8: Preferential treatment influence on bus capacity of studying area



Kapaciteto trase študijskega območja Slovenija avto - Kolizej določa kapaciteta kritičnega postajališča. Iz Grafikona 5 je razvidno, da je kritično postajališče v vseh primerih postajališče Kolizej. Na splošno pa ni nujno, da je vedno isto postajališče kritično. To je odvisno od različnih faktorjev, ki vplivajo na kapaciteto in metod, ki jih uporabimo za izboljšanje kapacitet pri analizah različnih študijskih območij. Grafikon 9 prikazuje kapaciteto kritičnega postajališča Kolizej glede na uporabo različnih metod za izboljšanje kapacitet pri analizi študijskega območja.

Grafikon 9: Kapaciteta kritičnega postajališča Kolizej (tj. kapaciteta trase)

Graph. 9: Critical bus stop



## 7 ZAKLJUČEK

Kapaciteta [vozil] prog izraža število avtobusov, ki prevozijo določen odsek v eni uri, hkrati pa je tudi pomemben dejavnik pri zagotavljanju ustrezne kakovosti javnega prevoza potnikov. Kakovosten javni prevoz pomeni, da so potovalni časi potnikov v center mesta z javnimi prevozi enaki ali boljši kot potovalni časi z osebnimi avtomobili, da ni pretiranih gneč na avtobusih v koničnih časih, da je vozni red voženj avtobusov zanesljiv in dostopnost do postajališč ustrezna.

V mestnem središču v Ljubljani se vsakodnevno srečujemo s prometnimi gnečami, prevelikim številom osebnih vozil in premajhnim številom parkirnih mest. Za izboljšanje situacije v centrih mest moramo najprej izboljšati kakovost javnega prevoza nato urediti dodatna parkirišča šele potem lahko pričnemo z omejevanjem dostopov v center mest z osebnimi vozili.

Iz primerov analize študijskega območja Slovenija avto-Kolizej je razvidno, da je rezerv za izboljšanje kakovosti javnega prevoza v Ljubljani še veliko. V primerih je prikazana uporaba samo nekaj osnovnih metod za povečanje kapacitet prog (tj. sprememba plačilnega sistema, vstopanje in izstopanje skozi vsa vrata, poseben avtobusni pas in kombinacija teh dveh metod). Kapaciteta avtobusnih prog vpliva na čase postankov avtobusov, čase potovanj avtobusov med postajališči, potovalne hitrosti avtobusov in kapaciteto [potnikov] oziroma na kakovost javnega prevoza.

Kakovosten javni prevoz vpliva tudi na kakovost delovnih ter življenjskih razmer v mestih, pospešuje gospodarski razvoj, zagotavlja učinkovit ter okolju prijazen transport na urbanih ter suburbanih področjih in zmanjšuje prometne gneče.

## 8 PRILOGE

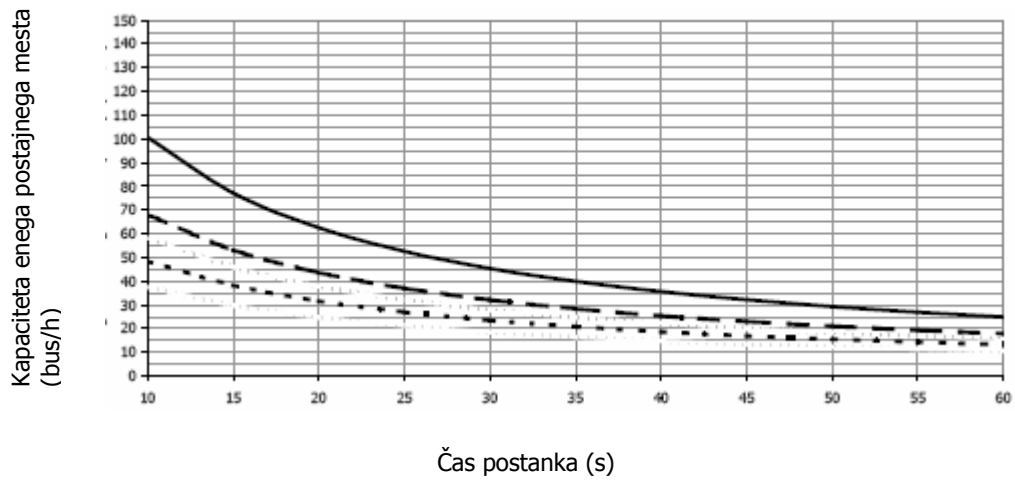
Grafikoni 10: Kapaciteta s 400 vozili na uro na določeni lokaciji s postajališči izven vozišč

Graph. 10: Bus stop capacity with 400 veh/h; off-line stops

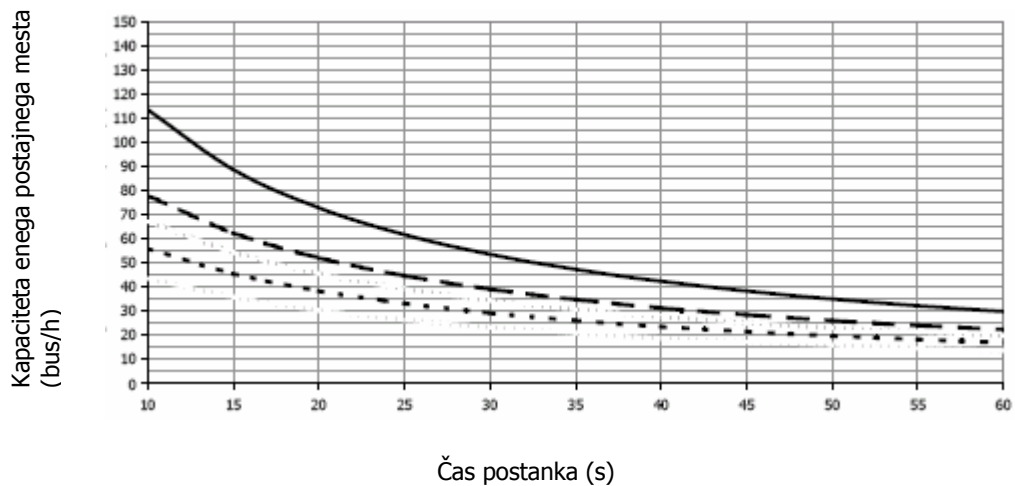
Legenda: — brez semaforjev

—  $g/C = 0.60$  .....  $g/C = 0.50$  - -  $g/C = 0.40$  .....  $g/C = 0.30$

Predmestje, verjetnost, da bo postajno mesto zasedeno 2,5%, 60%  $c_v$

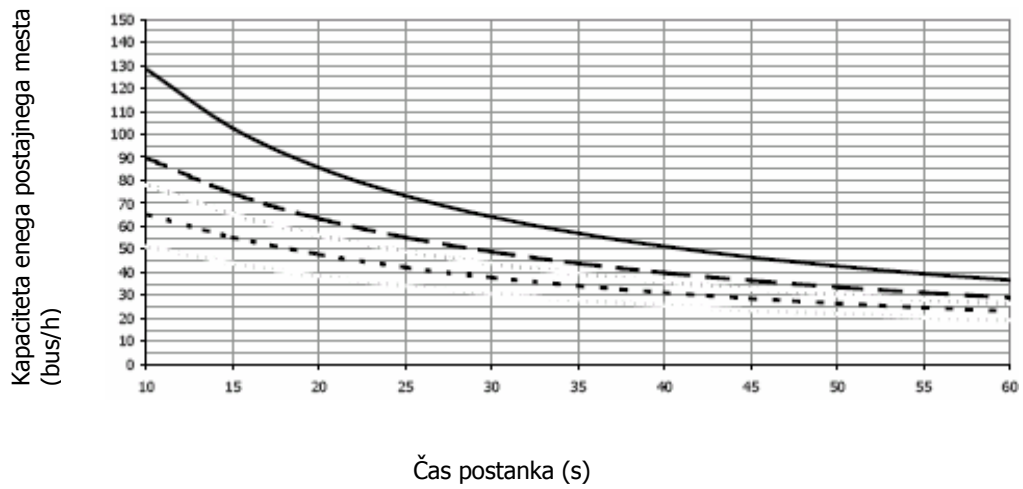


Center mesta, verjetnost, da bo postajno mesto zasedeno 10%, 60%  $c_v$





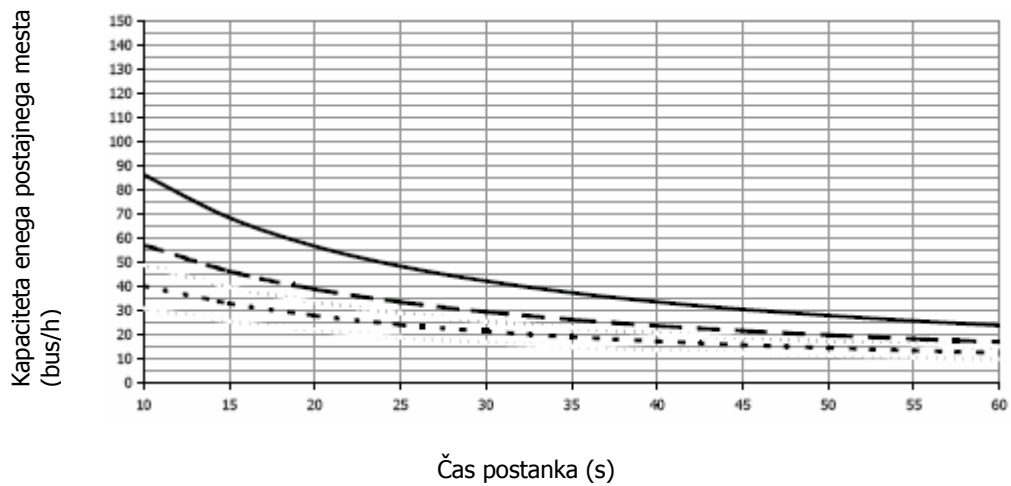
Največja kapaciteta, verjetnost, da bo postajno mesto zasedeno 25%, 60%  $c_v$



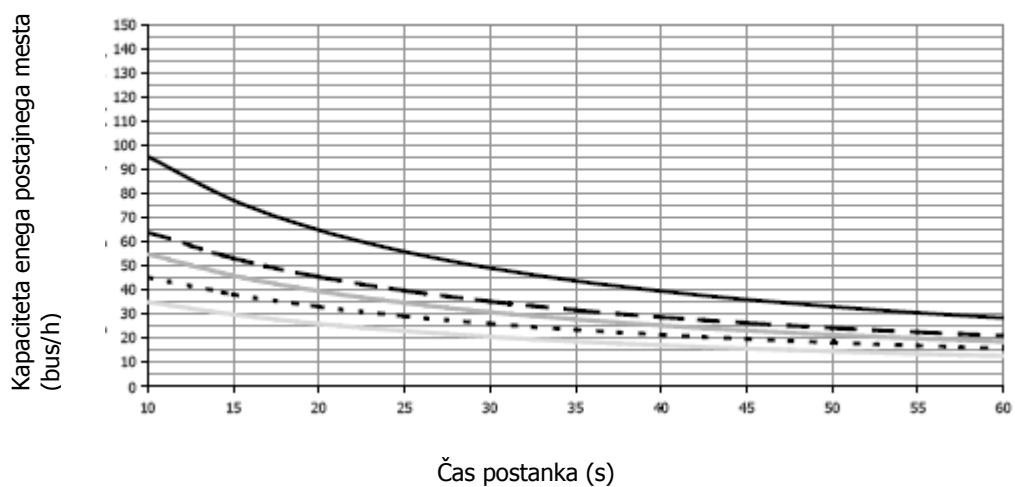
Grafikoni 11: Kapaciteta z 800 vozili na uro na določeni lokaciji s postajališči izven vozišč  
 Graph. 11: Bus stop capacity with 800 veh/h; off-line stops

Legenda: — brez semaforjev  
 — g/C = 0.60    - - - g/C = 0.50    - · - g/C = 0.40    ····· g/C = 0.30

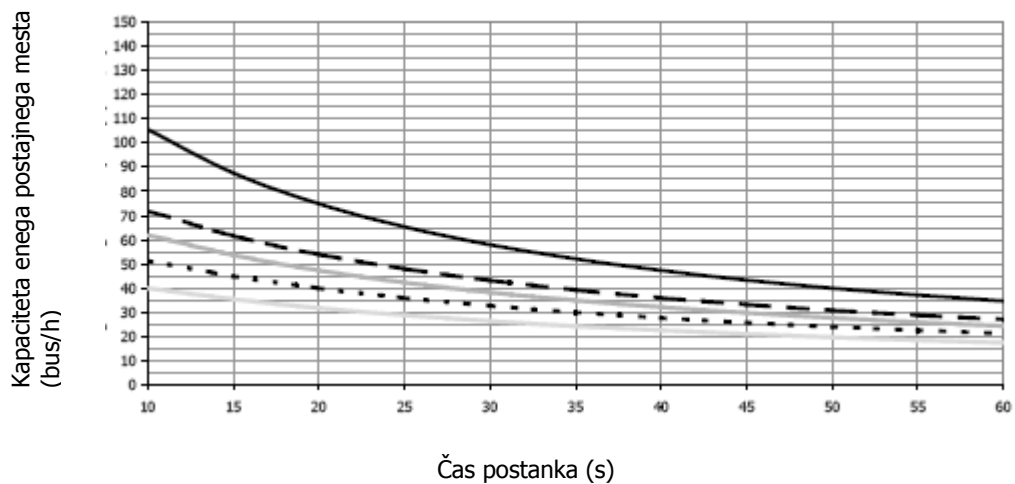
Predmestje, verjetnost, da bo postajno mesto zasedeno 2,5%, 60%  $c_v$



Center mesta, verjetnost, da bo postajno mesto zasedeno 10%, 60%  $c_v$



Največja kapaciteta, verjetnost, da bo postajno mesto zasedeno 25%, 60%  $c_v$



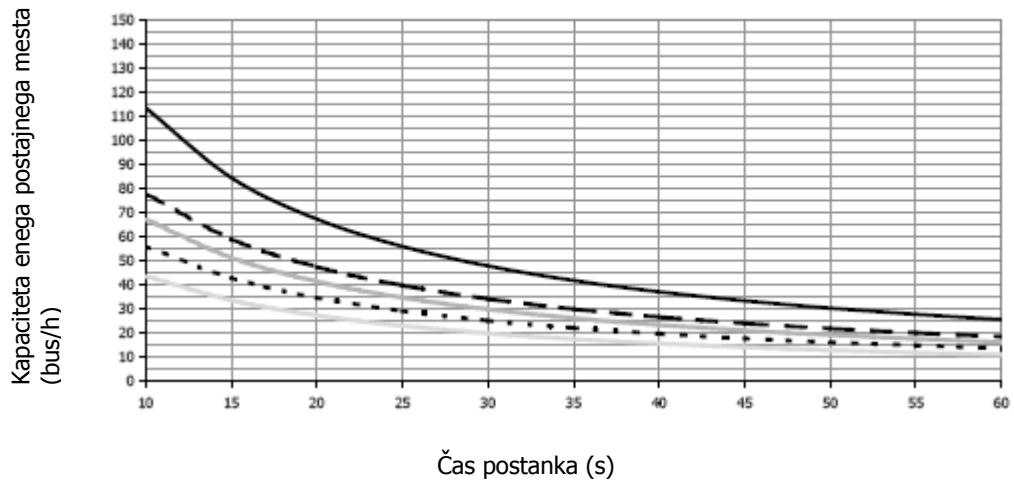
Grafikoni 12: Kapaciteta avtobusov na postajališčih na vozišču

Graph. 12: : Bus stop capacity; on-line stops

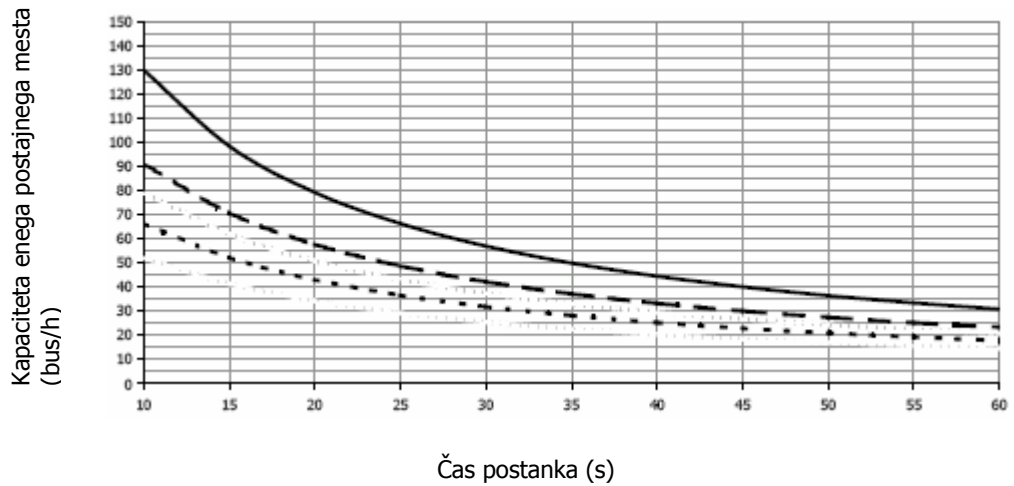
Legenda: — brez semaforjev

—  $g/C = 0.60$  .....  $g/C = 0.50$  - -  $g/C = 0.40$  .....  $g/C = 0.30$

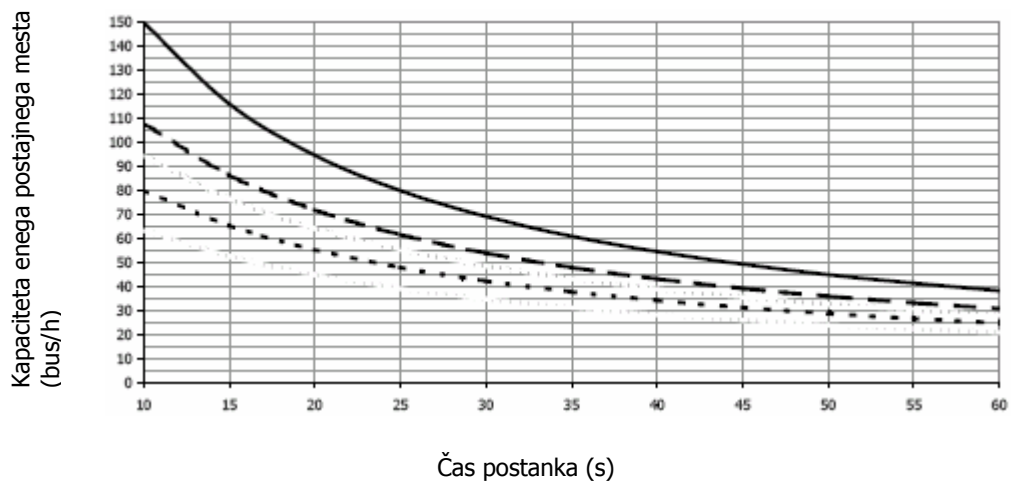
Predmestje, verjetnost, da bo postajno mesto zasedeno 2,5%, 60%  $c_v$



Center mesta, verjetnost, da bo postajno mesto zasedeno 10%, 60%  $c_v$



Največja kapaciteta, verjetnost, da bo postajno mesto zasedeno 25%, 60%  $c_v$



Opomba: Vrednosti iz Grafikonov 10, 11, in 12 moramo pomnožiti s faktorjem učinkovitosti iz Preglednice 7, da dobimo vrednosti za postajališča z dvema ali več postajnimi mesti.

## 9 VIRI

1. Prognos, Prometno tehnični inštitut. 2000. Integrated Transport Demand Management, Draft Final Report, Annex I - Statistics. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Prometno tehnični inštitut.
2. Prognos, Prometno tehnični inštitut. 2000. Integrated Transport Demand Management, Draft Final Report, Annex II – Assignment Plots. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Prometno tehnični inštitut.
3. Prognos, Prometno tehnični inštitut. 2000. Integrated Transport Demand Management, Interim Report I. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Prometno tehnični inštitut.
4. Transportation Research Board: TCRP Report 100 – Transit Capacity and Quality of Service Manual – 2nd Edition. 2003. Washington D.C., ZDA.  
<http://www.trb.org>
5. Transportation Research Board: Highway capacity manual 2000 – HCM 2000. 2000. National Research Council, Washington D.C., ZDA.
6. Vukan R. Vuchic. 1981. Urban Public Transportation. New jersey, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs.
7. Bajt, M. 2000. Avtobusna postajališča in njihov oprema. Seminarska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Prometno tehnični inštitut.
8. LPP (Ljubljanski potniški promet). 2005. Sledenje avtobusom preko GPS sistema Talktrack. Izpis meritev preko GPS sistema prog št. 1, 3, 5, 7, 8,15,16. Ljubljana.

### Uradni predpisi:

9. Zakon o javnih cestah. Uradni list RS, št. 29/97, 18/02, 50/02.
10. Zakon o prevozi v cestnem prometu. Uradni list RS, št. 59/01, 76/03.
11. Pravilnik o tehničnih normativih in minimalnih pogojih, ki jih morajo izpolnjevati avtobusna postajališča na glavnih in regionalnih cestah. Uradni list RS, št. 37/03.