

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:

**Peter Tovornik**

# **Analiza učinkovitosti posebnih pasov za javni promet**

**Diplomska naloga št.: 2930**

**Mentor:**  
doc. dr. Marijan Žura

Ljubljana, 19. 12. 2006

## BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

<b>UDK:</b>	<b>656.132 (043.2)</b>
<b>Avtor:</b>	<b>Peter Tovornik</b>
<b>Mentor:</b>	<b>prof. dr. Marijan Žura</b>
<b>Naslov:</b>	<b>Analiza učinkovitosti posebnih pasov za javni promet</b>
<b>Obseg in oprema:</b>	<b>82 str., 4 diag., 2 sl., 9 graf., 10 pregl.</b>
<b>Ključne besede:</b>	<b>Gradbeništvo, promet, javni promet, avtobusni promet, posebni pasovi, HOV (High Occupancy Vehicle - Vozila z Višjo Zasedenostjo), BRT (Bus Rapid Transit - Hitri Avtobusni Promet), TSIS (Traffic Software Integrated System)</b>

### Izvleček

Zgornja Celovška cesta se ukvarja s težavami s prometno gnečo že dlje časa. Gneče so skoncentrirane predvsem v čas jutranje (v smeri proti središču mesta) in popoldanske (v smeri proti Gorenjski) prometne konice, pri čemer niso izključene tudi tiste v vmesnem času.

Rešitev, ki se ponujajo, je več in so raznovrstne. V pričujoči nalogi se posvečam eni od potencialnih rešitev in sicer posebnim avtobusnim pasovom. Gre za ukrep, ki zna biti v primeru, da je izkoriščen v pravi meri, zelo učinkovit in v marsikateri situaciji tudi primernejši način potovanja, kot so osebni avtomobili. Predvsem želim poiskati ugodnejšo varianto, ki bo uporabnike mestnega avtobusnega prometa vsaj deloma potisnila v boljši položaj, seveda ne na račun pretiranega zanemarjanja prometa na sosednjem pasu, in s tem dodatno pripomogla k izboljšanju trenutnega stanja.

Novo razmere, nastale ob vpeljavi pasu, seveda odražajo spremembe v koridorju. Te spremembe sem skušal zaobjeti s pomočjo simulacije, s katero bi se pokazalo, kako zares učinkovit bi lahko bil takšen ukrep, do kakšne mere bi se s tem izboljšal javni promet in kako bi to vplivalo na sosednji (-a) pas (-ova) . V prvi vrsti gre za učinkovitost, ki sledi miselnosti, kako zagotoviti čim večji pretok oseb, seveda, ob čim višji hitrosti.

## BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION

<b>UDK:</b>	<b>656.132 (043.2)</b>
<b>Author:</b>	<b>Peter Tovornik</b>
<b>Supervisor:</b>	<b>prof. dr. Marijan Žura</b>
<b>Title:</b>	<b>Bus lane efficiency analysis</b>
<b>Obseg in oprema:</b>	<b>82 p., 4 diag., 2 fig., 9 graph., 10 tab.</b>
<b>Ključne besede:</b>	<b>Civil engeneering, traffic, public transport, bus traffic, special lanes, HOV (High Occupancy Vehicle), BRT (Bus Rapid Transit), TSIS (Traffic Software Integrated System)</b>

### **Abstract**

The upper Celovška road has been dealing with traffic jams for quite some time now. Traffic jams are concentrated in time of morning (in direction towards towns center) and afternoon (in direction towards Gorenjska) peak hour , whereas jams in between times are not excluded. There are many solutions to solve the problem and are variable. In this assigment I am focusing on one of potential solutions, with special bus lanes. It is a measure that can be, if used in right way, very effective and a lot of times even more pleasant way to travell, comparring to car travell. Most of all I ma trying to find a better solution that will give bus users at lesat a little adventage over car travelling, assuming that it will not have major impact on conditions on adjacent lanes and thus help worsening them.

New conditions, after establishing new lane, are of course resulting in changes in coridor. I tried to see this changes with a help of simulation, which shuld help realise how good the solution realy is, how would this reflect in public transport and what impact would it have on adjacent lanes. First of all it is about efficiency that follows an idea how to reach high person flow with, of course, highest posible speed.

## KAZALO VSEBINE

<b>1</b>	<b>UVOD</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>VOZILA Z VIŠJO ZASEDENOSTJO (HOV)</b>	<b>3</b>
<b>2.1</b>	<b>Učinkovitost pasu</b>	<b>4</b>
<b>2.1.1</b>	<b>Gostota, pretok in hitrost</b>	<b>4</b>
<b>2.1.2</b>	<b>LOS pasu</b>	<b>6</b>
<b>2.2</b>	<b>VVZ pasovi</b>	<b>7</b>
<b>2.3</b>	<b>Cilji VVZ pasov</b>	<b>9</b>
<b>2.3.1</b>	<b>Osnovne zahteve VVZ pasov</b>	<b>11</b>
<b>2.3.2</b>	<b>Uvajanje VVZ pasu</b>	<b>15</b>
<b>2.4</b>	<b>Vpliv na sosednji pas</b>	<b>17</b>
<b>2.5</b>	<b>Perspektiva VVZ pasov</b>	<b>21</b>
<b>3</b>	<b>HITRI AVTOBUSNI PREVOZ (BRT)</b>	<b>23</b>
<b>3.1</b>	<b>Težave javnega prevoza</b>	<b>23</b>
<b>3.2</b>	<b>Izboljšave HAP pasov</b>	<b>27</b>
<b>3.3</b>	<b>Upravičenost HAP pasov</b>	<b>29</b>
<b>3.4</b>	<b>Analize učinkovitosti in njihov doprinos</b>	<b>32</b>
<b>3.5</b>	<b>Kapaciteta in hitrost</b>	<b>35</b>
<b>3.6</b>	<b>Vpliv desnih zavijalcev in pešcev</b>	<b>39</b>
<b>3.7</b>	<b>Nivo uslug HAP prevoza</b>	<b>44</b>
<b>3.8</b>	<b>Izboljšave alternativne poti</b>	<b>46</b>
<b>3.9</b>	<b>Lahka železnica</b>	<b>50</b>
<b>4</b>	<b>OSNOVE DELA S PROGRAMOM TSIS</b>	<b>52</b>
<b>5</b>	<b>REZULTATI MODELA</b>	<b>60</b>
<b>5.1</b>	<b>Izhodišča modela</b>	<b>60</b>

<b>5.2</b>	<b>Primerjava povprečnih hitrosti</b>	<b>60</b>
<b>5.2.1</b>	<b>Namenski pas</b>	<b>61</b>
<b>5.2.2</b>	<b>VVZ uporabniki</b>	<b>62</b>
<b>5.3</b>	<b>Nivo uslug</b>	<b>63</b>
<b>5.4</b>	<b>Primerjava rezultatov simulacije</b>	<b>66</b>
<b>5.4.1</b>	<b>Povprečni potovalni čas</b>	<b>67</b>
<b>5.4.2</b>	<b>Število prepeljanih oseb</b>	<b>68</b>
<b>5.4.3</b>	<b>Učinkovitost</b>	<b>70</b>
<b>5.4.4</b>	<b>Povprečna hitrost</b>	<b>71</b>
<b>5.5</b>	<b>Primerjava HAP pasu</b>	<b>73</b>
<b>6</b>	<b>PRIMERJAVA REZULTATOV TEORIJE IN MODELA</b>	<b>75</b>
<b>6.1</b>	<b>Vpliv desnih zavijalcev</b>	<b>76</b>
<b>6.2</b>	<b>Redukcija osnovne kapacitete sosednjega pasu</b>	<b>77</b>
<b>6.3</b>	<b>Povprečna hitrost pri preskakovanju</b>	<b>78</b>
<b>6.4</b>	<b>Interakcija med avtobusi</b>	<b>78</b>
<b>7</b>	<b>OKOLJEVARSTVO</b>	<b>79</b>
<b>8</b>	<b>ZAKLJUČEK</b>	<b>81</b>

## **KAZALO DIAGRAMOV**

Diagram 1: Razmerje gostote in hitrosti

Diagram 2: Razmerje gostote in pretoka

Diagram 3: Razmerje pretoka in hitrosti

Diagram 4: Nivo uslug

## **KAZALO SLIK**

Slika 1: Navidezno ločeni VVZ pasovi

Slika 2: Protitočni VVZ pasovi

## **KAZALO GRAFIKONOV**

Grafikon 1: Povprečna hitrost ob obeh konicah

Grafikon 2: Potovalni časi različnih pasov ob različnih pogojih

Grafikon 3: Število prepeljanih oseb na uro ob različnih pogojih

Grafikon 4: Skupno število prepeljanih oseb v različnih pogojih

Grafikon 5: Učinkovitost posameznih pasov ob različnih pogojih

Grafikon 6: Skupna učinkovitost pasov ob različnih pogojih

Grafikon 7: Povprečna hitrost vozil ob različnih pogojih

Grafikon 8: Poraba goriva – osebna vozila

Grafikon 9: Poraba goriva – javni promet



## **KAZALO PREGLEDNIC**

Tabela 1: Nivo uslug po HCM – obremenjena smer (popoldanska konica)

Tabela 2: Nivo uslug po tipu ceste – obremenjena smer (popoldanska konica)

Tabela 3: Nivo uslug po HCM – obremenjena smer (dopoldanska konica)

Tabela 4: Nivo uslug po tipu ceste – obremenjena smer (dopoldanska konica)

Tabela 5: Primerjava učinkovitosti posameznega HAP pasu

Tabela 6: Izboljšave glede na osnovno stanje ob različnih pogojih

Tabela 7: Skupne izboljšave (avtobusi + osebna vozila) glede na osnovno stanje ob različnih pogojih

Tabela 8: Primerjava teoretičnih zamud z zamudami v modelu

Tabela 9: Soodvisnost desnih zavijalcev in avtobusov (popoldanska konica)

Tabela 10: Soodvisnost desnih zavijalcev in avtobusov (dopoldanska konica)

## 1 UVOD

V pričujoči nalogi se bom posvetil temi, ki zajema posebne pasove za vozila z višjo zasedenostjo. Ti naj bi omogočili višji nivo uslug njihovim uporabnikom, v isti sapi pa hkrati izboljšali stanje na sosednjih, zelo obremenjenih pasovih.

Težava se zdi še večja prav v Evropi, kjer so večja in hkrati starejša mesta rasla organsko, brez pravega vpogleda v prihodnost in kjer je trenutno zadovoljiv prostor namenjen prometu zadostoval. Volovske vprege pač niso kazale zahteve po prostranih poteh na katerih bi dosegale zeleno potovalno hitrost, ampak se je vse skupaj odvijalo v ustaljenem ritmu, ki je povzročal nejevoljo le pri redkih izbrancih, ki s svojimi vranci vpreženimi v kočije niso odobravalni ovirajoče svojati. A ti so bili vendarle v manjšini.

Vse skupaj seveda nebi povzročalo večjih težav, ko bi se ne zgodila, v tem pogledu, nesrečna industrijska revolucija, ki je sčasoma z novimi pridobitvami začela izpodrinjati organske pogonske agregate. Nova prevozna sredstva so zahtevala nove – boljše pogoje delovanja, ki so omogočali izkoristek moči, ki so jo proizvajali mehanski stroji. Hitrosti so se drastično povišale, z njimi pa tudi uporabnikova pričakovanja glede potovalnih časov. Vsemu skupaj pa je postavil piko na i gospod Ford, ki je svojati z volovskimi vpregami omogočil okus piša v laseh (ne da bi za to morala rabiti lastne kalorije). Od tod naprej je šlo vse le še navzdol za nivo uslug, ki je pod navalom kmalu klecnil.

Tudi danes, mogoče še bolj kot poprej, se jim šibijo kolena pod silnim bremenom. To seveda ni nič presenetljivega, ko pa je jasno, da se število prebivalcev ponekod večja, s čemer se, normalno, povečuje tudi število prevoznih sredstev, spet drugje pa se ob stagnaciji rasti prebivalstva viša standard, iz česar brez pomisleka sledi udejanjanje pravice do lastninjenja sebi dragega prevoznega sredstva. Čim več njih in čim večim.

In tukaj nastanejo težave, ko povprečna zasedenost osebnih vozil skoraj ne presega magične meje 1,1 osebe na vozilo, in še to držijo na nivoju tisti, ki so prisiljeni v souporabo, ali pa so nenavadno močno ozaveščeni.

Ta naloga bo razdeljena v dva dela. Prvi del se bo nanašal na posebne pasove na splošno in sicer na tiste, namenjene osebnim vozilom, ki jih zasedata vsaj dve osebi in tiste, morda bolj (ali nemara dosti bolj) zanimive, namenjena javnemu prometu, oziroma bolj natančno avtobusom. Tukaj bom predstavil različne oblike pasov, njihovo delovanje in njihovo

učinkovitost, ki sama po sebi vedno ni očitna na prvi pogled. Še posebej, če dotično opazuješ v naravi. Takšne pasove seveda spremlja še kupica spremljajočih storitev, ki pripomorejo k boljšemu, včasih pa sploh k izvajanju njihove namembnosti. Sem bi prištel razne signalizacije, nadzorovanja uporabnikov, usklajevanja v križiščih, zagotavljanje spremljajoče infrastrukture in ostale stvari, katere se zlahka spregleda, četudi predstavljajo bistven del pri celotni izpeljavi zamisli.

Drugi del naloge se bo, za razliko od predhodnega, navezoval na konkretni problem. V tem delu si bom dal opraviti z navideznim vstavljanjem takšnih pasov na Celovško cesto v Ljubljani. Osredotočil se bom predvsem na njen zgornji del, kjer bom opazoval, prek simuliranega prometa, odziv gostote in pretočnosti prometa na obstoječi cesti, pri čemer sprva ne bom predvidel nikakršnih vplivov novega pasu v številu uporabnikov, nato pa uporabil približne podatke, dobljene iz raziskav drugje po svetu in novemu pasu predpisal vpliv, ki mu zagre.

K temu se posvečam v upanju, da res pridem do vzpodbudnih rezultatov, ki bi potrdili upravičenost podobnega ukrepa. A kljub morebitnemu virtualnemu uspehu, je tu prisotna še malenkost v obliki nepredvidljive človeške nravi in dolgoletne vzgoje v okolju, ki zna vse izsledke in prizadevanja postaviti na laž. V tem primeru nam ostaja le upanje in to je, kot vemo, po svojem bistvu prilagodljivo. Še vedno obstaja možnost sankcij ob neuporabi, tem bi lahko sledilo nagrajevanje, ki bi se na koncu izrodilo v spremembo namembnosti. Tudi prav.

## 2 VOZILA Z VIŠJO ZASEDENOSTJO (HOV)

Cesta kot sama je pravzaprav povsem spodobna zamisel, ki glede na svojo širino, oziroma število pasov, uspe zadovoljiti pretok določenemu številu vozil. In, kot že rečeno, je to nekaj časa povsem zadovoljivo funkcioniralo, dokler je bilo število vozil nizko. Pa tudi ob začetku njihovega množenja je vse izgledalo še dosti složno, predvsem zato, ker če se je nekam peljalo z avtomobilom, je veljalo to izkoristiti v najboljši meri in se vozilo napolni razmeram in možnostim primerno. Ko pa je lagodje posijalo tudi v ta del življenja, so se začele pojavljati težave. Število prepeljanih ljudi je sčasoma začelo upadati njihovo število pa je začelo drseti proti tistemu udeleženih avtomobilov in ker to ni šlo na račun manj prepeljanih, je moralo iti na račun več avtomobilov. Seveda je to vodilo do "polnih" cest in gneče, ki jih ljudje, kljub temu, da smo močno družabna bitja, ne maramo prav močno. Razlog za nejevoljo tako gotovo ni toliko gneča, kot to, da gneča hodi z roko v roki z znižanimi potovalnimi hitrostmi, celo zastoji. Do tega je prihajalo, in vedno bolj tako, ob raznih konicah, ko je na poti iz takšnih in drugačnih razlogov največ ljudi. Predvsem velja to za ožja in širša središča mest, a nikakor ne nujno le tam. Avtomobil tako izgubi svoj namen ravno takrat, ko bi to nikakor ne smel.

Volivci morajo ostati, smiselno je edino tako, zadovoljni, zato jih ne gre kaznovati, ampak je nadvse primerno, da se skuša njihovo zagato omiliti, če ne povsem odpraviti. Tako je prva misel namenjena širjenju obstoječega vozišča, oziroma gradnji njegove alternative, kar je povsem v redu, saj so nove poti nujne pri razvoju in širjenju mest, ni pa povsem v redu spoznanje, da se ne moremo več širiti, ali da bi nas to stalo več kot smo pripravljeni vložiti.

Pojavile so se potrebe po novih rešitvah, takšnih, ki bodo slonele na principu pohval in nagrad za tiste, ki bi bili pripravljeni v svojem vozilu peljati še koga, oziroma se peljati z nekom, ki gre tako ali tako v isto smer. To nosi s sabo svoj delež pomanjkljivosti, predvsem manko "svobode", vendar zna koga prihranek časa prepričati in prav na to karto se je igralo, ko se je rojevala zamisel o HOV (High Occupancy Vehicle) pasovih, ali poslovenjeno pasovi za vozila z višjo zasedenostjo (VVZ).

## **2.1 Učinkovitost pasu**

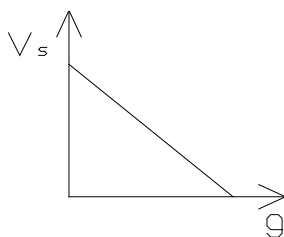
### **2.1.1 Gostota, pretok in hitrost**

O uvodoma nakazani težavi bi lahko rekli, da izvira v preskromni infrastrukturi oziroma, v prevelikem številu vozil, čeprav to ni povsem res, pa vendar večinoma tako. Še posebej je tak pogled priljubljen med laičnimi uporabniki, katerih težavo predstavlja preveč souporabnikov, ki jim kratijo prostor in povzročajo gnečo. Nikakor ni moč oporekati, da tudi to ni prav. Vsaj do neke mere.

Prometni tok bi se morda lahko prav dobro primerjalo s tistim vode. Ko ta teče preko poljubne cevi, njen pretok nikakor ni največji takrat, ko je cev polna in prav tako ni pretok vozil na cesti največji, ko je ta najbolj zasedena, kvečjemu ravno nasprotno. Kar iščemo in želimo udejanjiti na cestah, je najboljše možno razmerje med hitrostjo, pretokom in gostoto prometa. Z njim bomo dosegli najučinkovitejšo izrabo obstoječe infrastrukture. Kaj takšnega je na običajni cesti seveda težko doseči, saj nimamo pravih orodij s katerimi bi nadzorovali promet na njih. Zato pa je toliko bolj nadzorljiv promet na pasovih, ki so zaradi svoje namembnosti tako ali drugače ločeni od preostalega dela vozišča. Takšna sta seveda sistema VVZ in VVZC, kjer spuščamo na rezervirane pasove tudi solo voznike, dokler to dopušča število uporabnikov, za kar pa je potreben stalen nadzor.

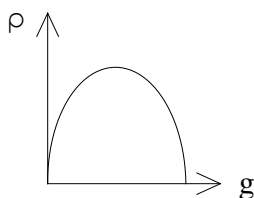
Išče se tako območje, ki bo dajalo najučinkovitejše rezultate v realnih pogojih. Predstavlja ga trirazsežni diagram zgoraj omenjenih količin:

- Hitrost in gostota prometa sta linearno povezana, kar pomeni, da lahko vozila ob nižji gostoti razvijajo višje hitrosti in obratno, ko gostota prometa naraste, se zmanjšajo hitrosti, tudi na račun spreminjanja varnostnih razdalj. Te spremembe nastopajo v valovih, ko se glede na oddaljenost od vodilnih vozil hitrost vedno bolj zmanjšuje. Razlog temu so razni prilivi vozil preko priključkov ali pojav ozkega grla, ki ni vedno konstrukcijskega izvora, ampak ga lahko povzročijo tudi počasnejša vozila (na primer tovorna vozila).



**Diagram 1: Razmerje gostote in hitrosti**

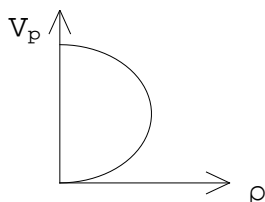
- Povezavo med pretokom in gostoto predstavlja kvadratna parabola, katere tangens naklonskega kota predstavlja srednjo prostorsko hitrost ( $V_s = q/g$ ). Pretok narašča do točke, ki predstavlja nasičeni tok. Še več, hitrost valovanja, ki se pojavlja v tem delu je pozitivna, a manjša od srednje prostorske hitrosti – potuje v smeri prometnega toka. V točki, kjer dosežemo nasičen prometni tok, je hitrost valovanja enaka nič, kar pomeni, da vsi udeleženci ohranjajo neko konstantno potovalno hitrost – idealne razmere. Po tej točki se pojavi "negativna" hitrost valovanja, ali bolje, hitrost valovanja je nižja od srednje prostorske hitrosti, kar povzroča motnje, ki potujejo v obratni smeri prometnega toka in v skrajnem primeru povzročijo, da gre srednja potovalna hitrost proti vrednosti nič, ali jo celo doseže.



**Diagram 2: Razmerje gostote in pretoka**

- Tudi hitrost in pretok sta povezana s parabolo, iz česar je razvidno, da imamo lahko pri istem pretoku dve hitrostni skrajnosti. Tako je lahko nizek pretok posledica nizkega števila vozil (gostota), ki dosegajo visoke potovalne hitrosti, lahko pa imamo enak pretok tudi ko je število vozil visoko, a se ravno zaradi prevelike gostote ne more doseči potovalna hitrost, ki bi omogočala višje pretoke. Hkrati je lepo razvidna srednja potovalna hitrost, ki omogoča najvišji pretok iz tega pa ustrezajočo gostoto. Na podlagi teh podatkov bi bilo mogoče v kontroliranih okoljih pravočasno posredovati in

ohranjati optimalne pogoje. V kolikor bi se ob tem pojavljale konstantne težave, bi bilo na mestu, da se takšno okolje (VVZ, VVZC) razširi.



**Diagram 3: Razmerje pretoka in hitrosti**

### 2.1.2 LOS pasu

V povezavi z zgornjimi odvisnostmi ne moremo mimo še ene kvalifikacije. Gre za nivo uslug, ki ga opredeljuje šest stopenj, te pa so odvisne od razmerja med potovalno hitrostjo in gostoto prometnega toka. Tako predstavlja prva od stopenj – A, promet, ki se odvija v režimu prostega prometnega toka. Gostota prometnega toka je tu nizka, kar rezultira v visoki potovalni hitrosti. Pri naslednjih stopnjah gostota raste in potovalna hitrost pada, običajno pa oboje. Stopnje padajo do kritične točke, ko prepustnost doseže kapaciteto. Takrat potovalna hitrost pade na okoli 50 km/h. Ta točka se doseže v tako imenovanem nestabilnem toku, čemur sledi zasičeni prometni tok – nivo F, ko začne propustnost upadati skupaj s hitrostjo zaradi prevelikega števila vozil.

Glede na nivo, ki ga dosežemo na posamezni cesti, lahko ustrezno ukrepamo. Če se ta vseskozi giblje v območju prostega prometnega toka, je takšna cesta neizkoriščena in bi bilo vredno nekaj storiti v smeri njenega dviga. Najsmotrnejši je tako stabilni tok, kjer sicer ne dosežemo idealne kapacitete voznega pasu, vendar pa smo ji ob zadovoljivi potovalni hitrosti blizu. Vsekakor smo tako na varni strani ločnice, ki jo predstavlja idealna kapaciteta, kateri nepredvidljivo sledi režim zasičenega toka z zastoji. Ko je ta dosežen, so ukrepi s katerimi skušamo popraviti, ali vsaj omiliti stanje, povečanje širine voznega pasu, povečanje geometrijskih elementov ceste ali dodajanje pasov, kamor sodijo seveda tudi namenski pasovi za vozila z višjo zasedenostjo, odvisno pač od lokacije in danih možnosti.

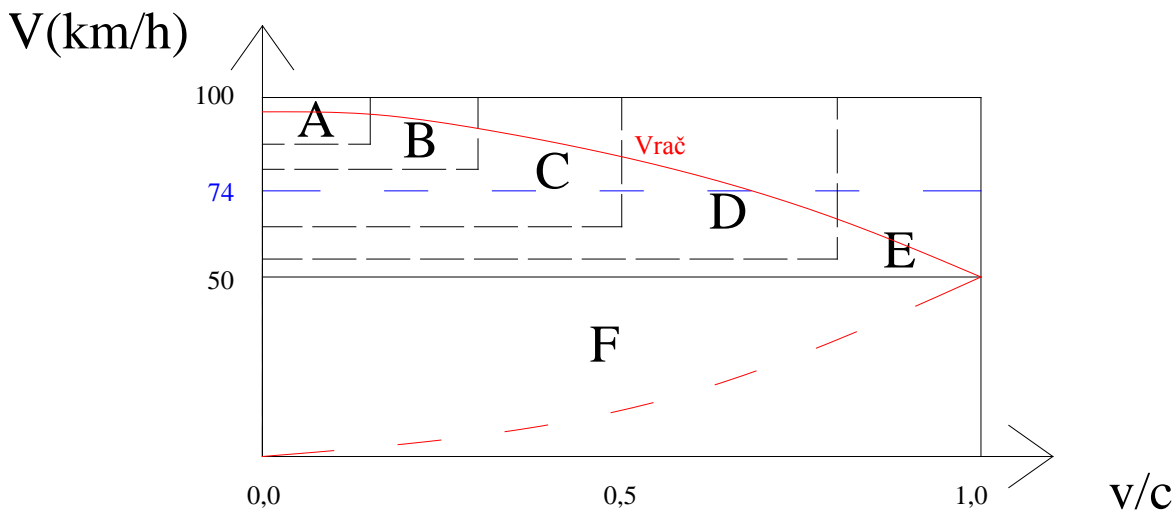


Diagram 4: Nivo uslug

- A – prosti prometni tok
- B – prosti prometni tok z zmanjšano hitrostjo
- C – stabilni prometni tok
- D – stabilni prometni tok z bistveno zmanjšano hitrostjo
- E – nestabilni prometni tok
- F – zasičeni prometni tok

Vsekakor pa ni ne primerno in ne pravilno, da se spreminjajo namembnosti obstoječim pasovom (iz mešanega v VVZ pas) večpasovnih cest (4+), s čimer se omeji že tako omejen prostor solo voznikom, namesto da bi bil dosežen namen izboljšanja tamkajšnjega stanja. Predvsem to se skuša s posebnimi pasovi doseči, saj se, kot je razvidno iz dokumentiranih podatkov posameznih koridorjev, stanje ne samo ne izboljša, ampak se utegne ob takšnem posegu celo poslabšati.

## 2.2 VVZ pasovi

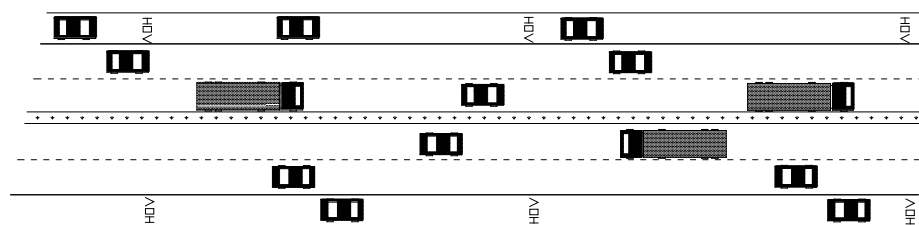
Zgoraj omenjeni VVZ pasovi so posebni pasovi namenjeni izključno vožnji vozil, v katerih sta najmanj dve ali tri osebe, odvisno od določil posamezne skupnosti. Njihov namen je, da se znižajo potovalni časi, ali bolje, da se skozi nek odsek v časovni enoti prepelje več potnikov kot na sosednjih – običajnih pasovih. Te pasove uporabljajo tako uporabniki deljenih prevozov z avtomobili ali kombiji (carpool, vanpool) kot tudi uporabniki javnih prevoznih sredstev – avtobusov. Zaradi boljše izkoriščenosti vozil, se tako zdi, da ti pasovi niso dovolj



izkoriščeni in dajejo vtis praznosti, četudi v dejanskih številkah običajno oskrbijo več potnikov kot navadni pasovi.

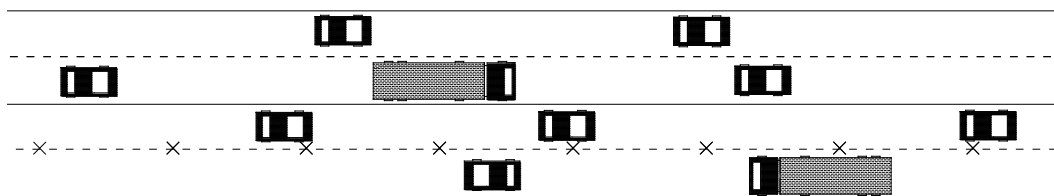
VVZ pasovi se pojavljajo v različnih oblikah in sicer:

- Navidezno ločeni pasovi; ko je posebni pas od običajnega ločen le s talno označbo. Ta rešitev je morda najmanj zadovoljiva, saj lahko vozila prosto prehajajo med obema pasovoma brez večjih težav in tako zmanjšujejo učinkovitost VVZ pasu. Ne samo, da je problematično prepletanje VVZ in sosednjega pasu, ampak je namenski pas tako še bolj podvržen izkoriščanju udeležencev, ki niso upravičeni do njegove uporabe.



Slika 1: Navidezno ločeni VVZ pasovi

- Protitočni pasovi; so zares pasovi druge polovice večpasovne ceste (vsaj štiri pasovne), kjer poteka promet v nasprotni smeri. V času prometnih konic, se lahko na manj obremenjeni strani (odvisno od trenutne atrakcije – dopoldne v, popoldne iz mesta) "odvzame" pas in se ga nameni vozilom z višjo zasedenostjo. Kot omenjeno je na tem pasu običajen tok nasproten, kar predstavlja veliko nevarnost in je temu potrebno nameniti veliko pozornost.



Slika 2: Protitočni VVZ pasovi

Je pa res, da je takšno izkoriščanje zelo prikladno, še posebej, če je tok v nasprotni (manj atraktivni) smeri dosti nižji od razpoložljive kapacitete. Takrat lahko kratkoročna "izposoja" pasu močno pripomore k pretočnosti bolj obremenjene smeri.

- ločeni pasovi; ki so pravzaprav ceste namenjene VVZ in nujno ne sledijo obstoječi cesti. Ta rešitev v veliki večini primerov ne upraviči izjemno visokih stroškov, ki jih prinaša izgradnja takšne infrastrukture, še posebej zato, ker je njeno izkoriščenost vnaprej težko zagotoviti. In če pas, oziroma cesta, ne prinese zelenih rezultatov, ji navadno kljub prednostim, ki jih nosi s sabo, tako za običajna, kot tudi za urgentna vozila, ki jim prinašajo bistveno višjo učinkovitost, spremenijo namembnost in postane običajna cesta, ki je posebna v svoji ceni, na kateri pa spet prihaja do zastojev, kljub vsem vložkom, ki jih je skupnost namenil izgradnji.

### **2.3 Cilji VVZ pasov**

Zakaj se skupnosti posvečajo VVZ pasovom, je deloma že bilo omenjeno. Gre pravzaprav za teženje h kar najboljši izkoriščenosti obstoječe infrastrukture, pri čemer se skuša iztisniti največjo uporabnost iz nekega pasu. Ta je dosežena, ko je dosežen nek pretok oseb, ki je seveda dosti višji od tistega na običajnem pasu in močno variira glede na število uporabnikov. Tukaj nastopi še en razlog in sicer bolj teoretičen, kjer se lahko bolj fleksibilni posamezniki odločijo za alternativo, ki prinaša prihranek časa, hkrati pa pripomore k izboljšanju razmer na sosednjih pasovih tistim, ki jim izbira iz različnih razlogov ni omogočena.

Z uvajanjem VVZ pasov si zastavljamo več ciljev, na podlagi katerih lahko trdimo, da je bila odločitev zanje ne samo pravilna, ampak da smo z njimi dosegli zadane izboljšave. Takšni cilji so vsaj trije:

- Povečan pretok ljudi: poudarek je na pretoku ljudi in ne vozil. Gre za cilj, ki mora biti nedvoumno dosežen, da sploh lahko govorimo o uspešnosti VVZ pasu. Za mero uspešnosti se zatečemo k primerjavam nekaterih ključnih parametrov obstoječih pasov z novim:

- Karakteristike pretoka ljudi na običajnih in VVZ pasovih
- Primerjava deleža prepeljanih ljudi glede na delež vozil
- Povečanje uporabe VVZ pasu glede na celotno povečanje potovanj

- Vpliv VVZ pasov na celotno zasedenost v koridorju

- Izboljšana učinkovitost avtobusov kot mestnega transporta : ta način prevoza je ob carpool-ih<sup>1</sup> in vanpool-ih<sup>2</sup> glavni razlog za visoko število prepeljanih oseb. Visoka zasedenost in s tem dobri rezultati so upravičeni zaradi dveh ključnih elementov, ki jih VVZ prinaša:

- Izboljšana (višja) delovna hitrost avtobusov, ki jo je v mešanem toku prenatrpanih mestnih ulic in vpadnic pravzaprav nemogoče doseči

- Izboljšana zanesljivost voznega reda, ki je v veliki meri posledica višje hitrosti

To sta pravzaprav glavna razloga, da se ljudje odločijo za javni prevoz – hitrost in zanesljivost. Ob pravem promoviranju in zagotavljanju spremljajočih uslug na spodobnem nivoju, se zna število uporabnikov znatno povečati, še posebej tistih, ki živijo in imajo opravke v neposredni bližini takšnih koridorjev.

- Izboljšanje celokupne učinkovitosti ceste: še eden izmed ciljev, ki jih želimo doseči je učinkovitost v celotnem prerezu neke problematične ceste (tako običajni, kot VVZ pasovi).

---

<sup>1</sup>**Carpool** ali deljeni prevoz, je oblika prevoza, ko več oseb družno uporablja eno vozilo. Najbolj običajno gre za prevoze na delo, ko posamezniki, ki sicer premorejo lastno prevozno sredstvo, raje izberejo možnost deljenega prevoza, s čimer prihranijo nekaj denarja, istočasno pa zavedno ali ne izvajajo zamisel, deluj lokalno, misli globalno – prispevajo k zmanjševanju večih vrst onesnaženja in someščanom nudijo odtenek več prostora na cesti. Za takšne posameznike se običajno nameni posebna infrastruktura, kot so zbirališča s parkirnimi prostori in VVZ pasovi rezerviranim posebej zanje.

<sup>2</sup>**Vanpool** je podzvrst deljenega prevoza – carpool-a, kjer se za prevoz uporabljajo kombiji, zato je število oseb v tem primeru večje, hkrati s čimer je relativno manjša tudi poraba goriva, katerega stroški se porazdelijo med uporabnike, kot tudi stroški vzdrževanja. Vozila so lahko ne samo last posameznika, temveč del raznih programov, ki jih izvaja država ali pa sam delodajalec. Uporabniki s podobno ali isto destinacijo si s tem zagotovijo zanesljivejši urnik in krajši čas potovanja na rovaš višje potovalne hitrosti, poleg tega pa se mednje razdelijo tudi spremljajoči stroški, zaradi česar je takšna oblika prevoza dosti prikladnejša, je pa res, da hkrati s tem ne omogoča svobode, kakršna je na primer variiranje delovnega časa in hkrati omejuje zasebnost, ki jo prinaša osebno vozilo in solo vožnja.

Izboljšave ne predstavljajo samo večje število prepeljanih potnikov, ampak je pomembna tudi hitrost njihovega potovanja, saj se skladno z njo dvigne tudi razred oziroma nivo uslug. Razlika med preходом 1000 ljudi ob potovalni hitrosti 30km/h, ali 50 km/h, je bistvena tako za voznike, ki jim višja hitrost nudi višje udobje, kot posameznike, ki so drugače vezani na bližino tako obremenjene ceste.

### **2.3.1 Osnovne zahteve VVZ pasov**

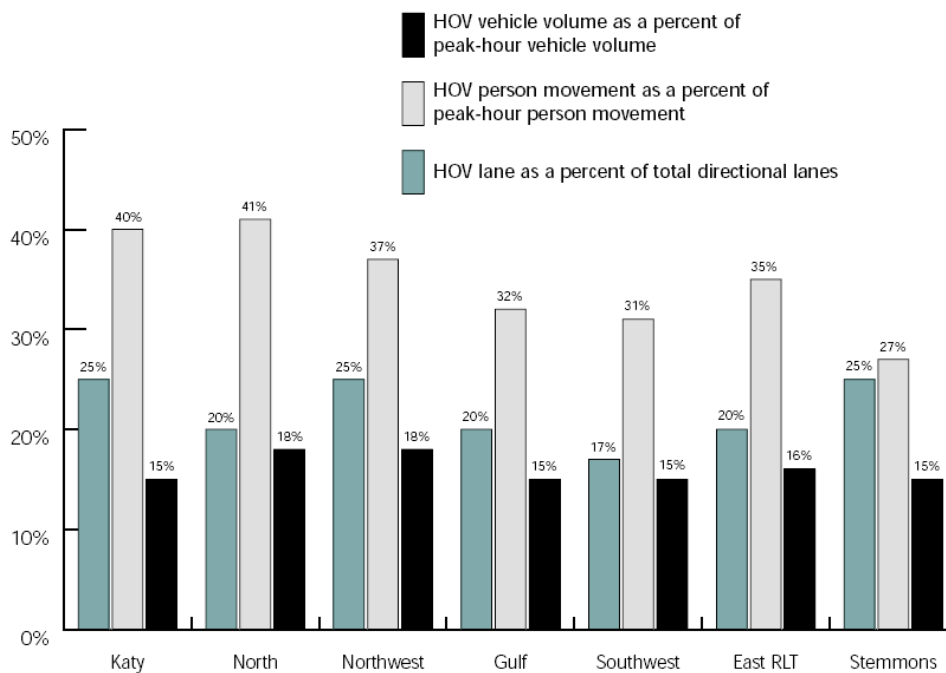
Takšni so torej trije glavni cilji, ki bi si jih morali zastaviti pred vpeljevanjem, ali gradnjo VVZ pasov. A vendar spremljajo te tri cilje zahteve, ki se jim moramo pokoravati, če želimo, da takšni pasovi zares dosežejo svoj namen. Seveda je takšnih pogojev in zahtev več, pa vendar so nekako glavne tile:

- Nevmešavanje v običajne pasove: tukaj gre za težave, ki se pojavljajo na običajnih pasovih v času umeščanja in zagotavljanja VVZ pasov. Sprva so takšni pasovi bili namreč vrinjeni k obstoječim, še posebej tam, kjer so bili ti širši. To je vodilo k zoženju pasov, kar je vodilo k nižji stopnji varnosti in večji možnosti konfliktov. Takšen pristop se je izkazal za nesprejemljivega, čemur je sledilo namensko načrtovanje z rekonstrukcijo obstoječega cestišča, kar je ublažilo poprejšnje težave. Nikakor pa s tem niso odpravili vse možne točke, kjer utegne priti do prepletanja prometa med običajnimi in VVZ pasovi. Vzpostaviti je bilo potrebno nadzor, s katerim zaznamo potencialno nevarne točke za pojav ozkih grl, povečanega števila nesreč, bistvenega znižanja hitrosti ali splošne gneče in jih skušati pravočasno odpraviti, ter s tem omogočiti prilagodljivost VVZ pasov, da ti dosežejo raven zelene učinkovitosti.
- Finančna učinkovitost: pojavijo se vprašanja, ali so VVZ pasovi finančno učinkoviti, ali so primerljivi z dodajanjem novih pasov, ki bi bili sicer namenjeni običajnemu – mešanemu prometu. Zaradi omejenih virov, morajo vse izboljšave zagotoviti finančno učinkovitost. Torej morajo VVZ pasovi izkazati ugodno razmerje med ceno in koristnostjo. Še več, izkazati morajo ugodnejše razmerje tudi v primerjavi z alternativami, kot je dodajanje novih "običajnih" pasov.

Proučevani koridorji v primerjavi so se vsi izkazali za neprimerno učinkovitejše napram ukrepom, kot so dodajanje pasov za mešani promet, razen pri enem primeru, katerega učinkovitost ni tako izrazita, kar sicer ne pomeni, da ne izboljšuje razmer, temveč bolj to, da ni zagotovila, da se ta isti ukrep obnese enako dobro v vseh okoljih.

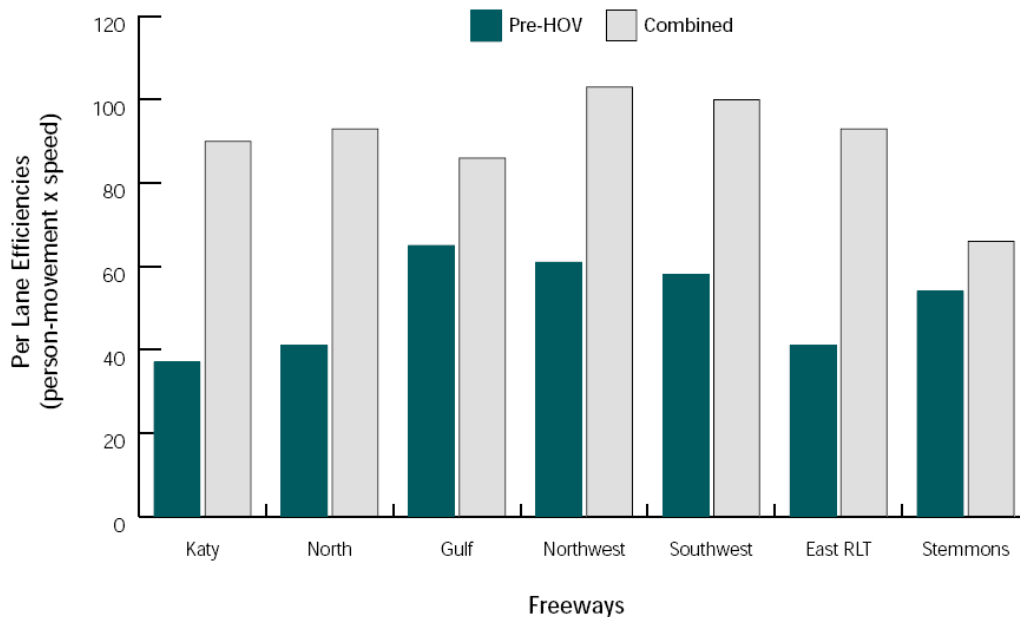
Vsi obravnavani koridorji premorejo poseben pas, ki je fizično ločen od ostalega prometa, zato do pravih konfliktov med posebnim in sosednjim pasom ni prišlo. Ta isti element (konflikti med pasovi) zna biti, kot bo razvidno iz primera v nadaljevanju, močno moteč, še posebej, če gre za pasove, ki so namenjeni VVZ vozilom le v času konic.

Učinkovitost se kaže v številu prepeljanih potnikov v primerjavi z ostalimi pasovi...



Število prepeljanih oseb v času konice (Stockton W.R., Daniels G., Skowronek D. A., Fenno D.W. 1999. ABC's of HOV. Texas transportation institute. The Texas A&M University System. Str. 20)

... in hitrosti, ki jo dosegajo uporabniki...



**Učinkovitost pasov (prepeljane osebe × hitrost) (Stockton W.R., Daniels G., Skowronek D. A., Fenno D.W. 1999. ABC's of HOV. Texas transportation institute. The Texas A&M University System. Str. 21)**

... kar se ob ugodnem razpletu odraža tudi v boljših pogojih ostalih udeležencev. Na sploh se je izkazala za pravilno filozofija, da se ne trudimo zmanjšati gnečo, ampak skušati zagotoviti kar najučinkovitejše potovanje uporabnikom. Zmanjšanje gneče pride kot posledica uspešnega udejanjenja zastavljenega cilja.

V ameriški državi Texas so tako primerjali koristi VVZ pasov s ceno njihove umestitve, ki jo sestavljajo tako cena izgradnje, kot tudi vzdrževalni in ostali naložbeni stroški. H koristim VVZ pasov prištevamo finančne zaradi prihranka časa in prihranke zaradi manjše porabe goriva. Ko so primerjali te prihranke s ceno izgradnje VVZ pasu, so se pojavila razmerja, (glede na pas za mešani promet) med ceno in koristmi v mejah razmerij od 6:1 pa do, v skrajnem primeru, 48:1 v korist VVZ pasov in so v vseh primerih presegle finančno učinkovitost v primerjavi z alternativnimi rešitvami, celo z izgradnjo dveh pasov namenjenih mešanemu prometu.

- Javna sprejemljivost: je še ena od pomembnih zahtev, ki jo moramo doseči, če želimo, da ideja zares zaživi. Obstajajo namreč primeri, ko so že zgrajeni VVZ pasovi zaradi javnega pritiska, ki je sledil iz nepoučenosti in slabe, če sploh kakšne predstavitve njegove koristnosti, enostavno ukinili in mu spremenili namembnost v običajni pas. Tako se ljudje

večinoma ne zavedajo prednosti in se pogosto pritožujejo predvsem nad nezasedenostjo VVZ pasov, četudi so ti praviloma učinkovitejši od običajnih pasov, tako po številu prepeljanih oseb, kot tudi po hitrosti, ki se na njih uporabljajo. Bistven del poleg same izgradnje pasu, je tako predstavitev namena in koristi, ki jih prinašajo takšni pasovi in postopno privajanje ljudi in njih poučevanje, do te mere, da se tudi njih skuša vpeljati kot uporabnike novega sistema. Šele s tako pripravljenimi udeleženci v prometu se lahko upa na dobre rezultate in javno sprejemljivost takšnih pasov, četudi dajejo vtis neizkoriščenosti in praznosti, saj se to pozitivno odraža na sosednjih običajnih pasovih.

- Okoljski vpliv: VVZ pasovi naj bi imeli pozitiven ali vsaj nevtralen (v primerjavi z vplivom dosedanjih pasov) vpliv na okolje – najbolj se izpostavlja poraba goriv in kvaliteta zraka, a poleg teh nastopajo še druge emisije, kot je hrup. Poudarek ja na naj bi, saj nas logika napeljuje na misel, da manj avtomobilov z več potniki pač narekuje manjšo količino izpuhov, torej manjšo onesnaženost in seveda manj virov hrupa. Vendar je s trenutno razpoložljivimi pripomočki izboljšave težko zaznati, še posebej zato, ker predstavljajo uporabniki VVZ pasov manjšinski delež v primerjavi s preostalim prometom, celo v času konic. Za res opazno spremembo bi se zato moral delež običajnega prometa v primerjavi z uporabniki VVZ znatno znižati.

So pa vseeno v zvezni državi Texas ob večletnem ukvarjanju s to tematiko na koncu izpostavili neke splošne zaključke, ki sicer temeljijo na splošnih dokazih, a so se ti pojavljali konstantno tekom raziskave. Pretok ljudi je bil na različnih VVZ pasovih višji od tistega na običajnih za vsaj deset, pa vse do stodvajset odstotkov. Iz podatkov je razvidno, da je prisotnost VVZ pasu vzrokovala znatno višji povprečni zasedenosti vozil. To se je pojavilo na vseh cestah s takšnimi pasovi in sčasoma se je zasedenost povišala za deset ali celo več odstotkov. Vpeljava VVZ pasov je imela očitno tudi vpliv na podaljšanje aktualnosti deljenega prevoza (carpool) in celo povečala njihovo število, medtem pa so na cestah, kjer niso nudili VVZ pasov, zabeležili njih zmanjšanje. Tako je, na primer na cestah, kjer je bilo število deljenih prevozov pred uvedbo VVZ pasov nizko, z novo pridobitvijo zraslo njihovo število za dodatnih štirideset do petdeset odstotkov.

Vpeljava VVZ pasov se je pokazala za pravo pot do splošne višje zasedenosti vozil v nekem koridorju. V primerjavi s tamkajšnjim državnim povprečjem 1,09 osebe na vozilo (kar je

podobno kot pri nas), se je povprečje v času konic povečalo na od 1,24 do 1,5 osebe na vozilo. In medtem, ko se je število deljenih prevozov v splošnem znižalo za 32% v obdobju zadnjih dvajsetih let, se je na VVZ pasovih njihovo število povečalo tudi za 100%.

Uporaba VVZ pasov s strani avtobusnega prometa je pomembna za njihovo uspešnost. Če bi se jih izključilo iz kroga uporabnikov, bi se to odražalo v dosti nižji učinkovitosti VVZ sistema, s tem pa bi postala njihova upravičenost toliko bolj vprašljiva.

V koridorjih, kjer avtobus prej ni predstavljal prevladujoče oblike prevoza, lahko zaradi uvedbe VVZ pasov poraste tudi za petdeset odstotkov.

Glede na razmere pred uvedbo VVZ pasov, se je povprečna potovalna hitrost avtobusov močno povišala. Povprečno so se hitrosti v času prometnih konic več kot podvojile z nekako 40 km/h na 85 km/h (hitre ceste). Posledica tega je bila, da so se potovalni časi skrajšali, vozni redi pa postali veliko bolj zanesljivi, s tem pa je tudi zrasla atraktivnost takšne oblike vožnje.

Pogled vpliva VVZ pasov na skupno učinkovitost nekega koridorja je razkril, da se ta poveča nekako v mejah med trideset in neverjetnih stoštirideset odstotki. Skupno učinkovitost so merili kot kombinacijo števila ljudi, ki so uporabljali celotno infrastrukturo v času prometnih konic in hitrostjo s katero so potovali.

Koristi, ki jih ponujajo VVZ pasovi za primer Texasa, so zlahka presegla ceno njihove izgradnje, vključujoč ceno vzdrževanja. V vseh primerih pa so razmerja cena – korist VVZ pasov presegli tista običajnih pasov. VVZ pasovi so zanimive alternative zaradi nižjega števila vozil, kar omogoča višje potovalne hitrosti. Za učinkovito delovanje in privlačnost sistema, je potrebno precej denarja nameniti tudi spremljajoči infrastrukturi, kot so namenska parkirišča in transportni centri. Da mora ta zasedati razumljive okvirje je jasno, saj lahko v primeru, ko se z njimi pretirava, izdatno vplivamo na nižje razmerje med ceno in koristmi, celo tako močno, da postane to v skrajnem primeru vprašljivo.

### **2.3.2 Uvajanje VVZ pasu**

Javnost, tako tista, ki takšno storitev uporablja, kot ona druga, ki je ne, na splošno podpira tak sistem prevoza, četudi je pri neuporabnikih zaslediti negodovanja okoli neizkoriščenosti. Je pa nakazana nedvoumna vera v koristnosti VVZ pasov v povezavi z okoljskimi problemi, od samega onesnaženja do porabe virov energije, četudi teh zaradi deleža, ki ga v splošnem



predstavlja VVZ ni mogoče natančno določiti. Vendar je čutiti, da, v ameriškem slogu, obstaja možnost, da temu le ni tako, vse dokler ni nedvoumno dokazano, da 5–1 vendarle ni 5. VVZ pasovi so učinkovita alternativa za prepolne koridorje, ki dosegajo določene kriterije, med drugim:

- Razlika med hitrostmi na običajnem in VVZ pasu bo dovoljšna, da bo prišlo do takšnega prihranka časa, ki bo vzbudil zanimanje za deljeno vožnjo ali uporabo avtobusa kot boljšo izbiro napram osebnim vozilom.
- Karakteristika koridorja in določenost infrastrukture, ki vključuje naravnost oziroma usmerjenost k večjim centrom in možnost, da se v celoti obide preobremenjene predele.
- Učinkovita integracija javnega prevoza v delovanje VVZ pasov.

Ena od prednosti VVZ pasov je tudi predvidljivost potovalnega časa, katerega variiranje je dosti nižje kot na običajnih pasovih. Na eni od opazovanih cest se je to znižalo celo za šestkrat.

Socialno – ekonomski in demografski faktorji, ki so tipično vezani na deljene prevoze, so dokaj konsistentni v VVZ koridorjih. Predvsem zato, ker so zgrajeni z namenom, da se v čim krajšem času prepotuje čim večja razdalja, kar je ravno to, kar čislajo uporabniki deljenih prevozov. Najpogosteje se tak način transporta udejanja v koridorjih, kjer je veliko družin z nizkimi dohodki. Ta faktor se je pravzaprav izkazal za enega najodločilnejših, če ne kar najbolj, za uporabo deljenega prevoza. Velikost družine ali cena parkiranja po drugi strani skoraj ne vplivata na takšno izbiro.

Težave, ki jih zaznajo kot takšne neuporabniki sistema VVZ, se znajo udejanjiti kot resnične. Še bolj pa je pomisleka vredna opazka, da je, kljub večjemu številu prepeljanih oseb skozi nek odsek, zasedenost teh pasov še zmeraj na tako nizkem nivoju, da bi se moglo ta prostor koristneje izkoristiti kot da ostaja neizrabljen. Porodila se je zamisel, da bi del prometa sosednjih pasov preusmerili na namenski – VVZ pas. S tem bi se še dodatno zmanjšalo število uporabnikov na običajnih pasovih ob že dozdajšnjem zmanjšanju zaradi uporabnikov VVZ sistema, kar bi se odražalo v morda le teoretičnih, skoraj neopaznih izboljšavah, pa vendar izboljšavah. Ob tem nam morajo na prvem mestu ostati prvotni uporabniki VVZ pasov, ki jim novoprišleki ne smejo zniževati stopnje usluge. Ti morajo za uporabo VVZ pasu plačevati cestnino, hkrati pa mora biti njihovo število kontrolirano glede na razmere na pasu. Tak

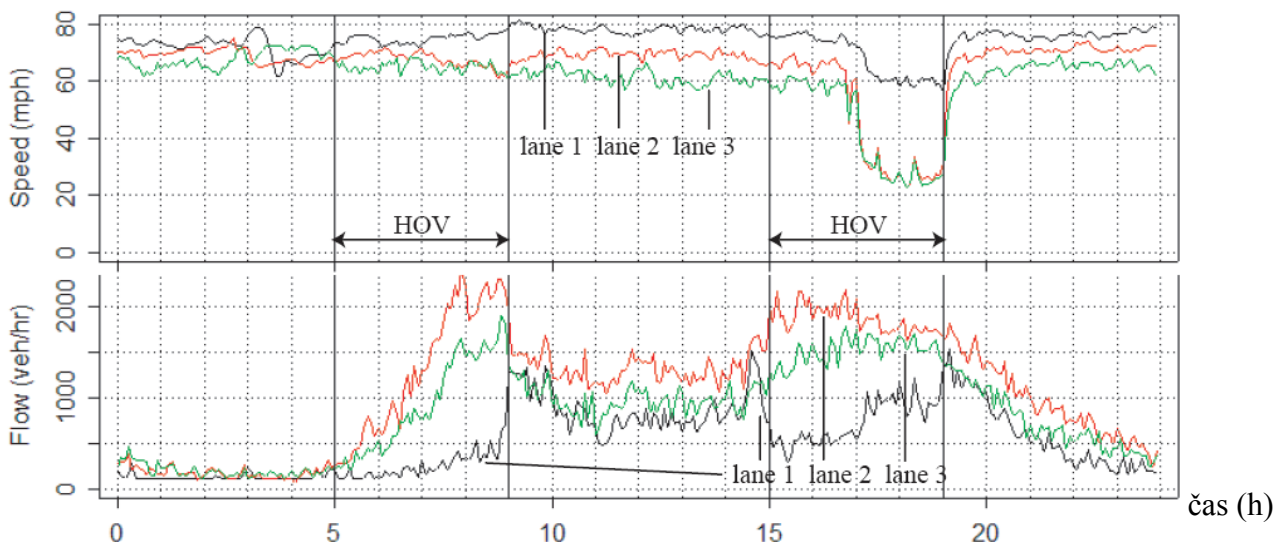
sistem (VVZC) omogoča kar najboljšo izkoriščenost namenskega pasu, ki poleg tega, da omogoča višje potovalne hitrosti tistim, ki so pripravljeni uporabiti deljeni ali javni prevoz, omogoča to uslugo tudi ostalim udeležencem v zameno za plačilo. S tem se sosednji pasovi v manjši meri še dodatno razbremenijo, kar je pravzaprav glavni cilj VVZ sistema, zato je vključitev "tujcev" v tak sistem s tega stališča povsem opravičena. Je pa glavna težava v miselnosti ljudi, saj se jih večina ne zaveda pomena sistema in učinka, ki ga nosi v svojem bistvu, če se tudi sami odločijo za njega uporabo. Hkrati pa niso pripravljeni plačevati za, v splošnem, brezplačno uporabo infrastrukture.

#### **2.4 Vpliv na sosednji pas**

Obstaja zamisel, ki se vsaj sprva zdi posrečena in zanimiva, a vendar v isti sapi prav tako neprepričljiva in sumničena vzbujajoča. Gre za to, da naj bi dodatni VVZ pas ne bil potreben čez celoten dan, temveč le v času prometnih konic, ko bi se na večpasovni cesti za obdobje jutranje in popoldanske konice rezerviralo enega od pasov le za VVZ uporabnike. Takšna smer bi, kljub zmanjšanemu številu pasov namenjenih običajnemu prometu, premogla večje število potnikov v enakem časovnem obdobju in tako zagotovila boljše razmere na običajnih pasovih kot bi bile, če bi zunanjemu pasu ne spremenili trenutne namembnosti. Na drugi strani nas lahko bega manjše število običajnih pasov za čas, ko se promet močno poveča in so že tako obremenjene poti deležne navala, ki mu niso kos. Četudi poleg njih tiči obljubljajoči VVZ pas. In res se izkaže, da zna biti temu tako, še posebej tam, kjer število solo voznikov presega razpoložljive kapacitete pasov, VVZ pas pa v isti sapi ne dosega učinka kakršnega so si bili snovalci načrtali. Ironija je, da zna takšna "rešitev" gnečo še stopnjevati, kot se je v praksi že dogajalo.

Eden takšnih primerov je viden na dobro nadzorovani in dokumentirani cesti v zalivskem območju San Francisca, kjer se eden izmed treh pasov v času konic med peto in deveto uro zjutraj, ter tretjo in sedmo uro zvečer, spremeni v VVZ pas. V času jutranje konice, ko je vzpostavljen VVZ režim zaradi manjšega števila vozil ne pride do bistvenih odklonov in promet poteka v režimu prostega prometnega toka, hkrati pa je VVZ pas neizkoriščen kar se tiče gostote prometa. Prav tako je neizkoriščen v smislu pretoka oseb, če upoštevamo, da je povprečna zasedenost na običajnih pasovih 1,1 osebe na vozilo, na VVZ pasovih pa 2,1 osebe na vozilo. Tako se jutranja sprememba izkaže za precej nepotrebno. Ob njeni ukinitvi bi celo

prispevali nekaj malega k izboljšanju splošnih pogojev na vseh treh pasovih, čeprav tudi tu v teh razmerah ni zaznati večjih težav.

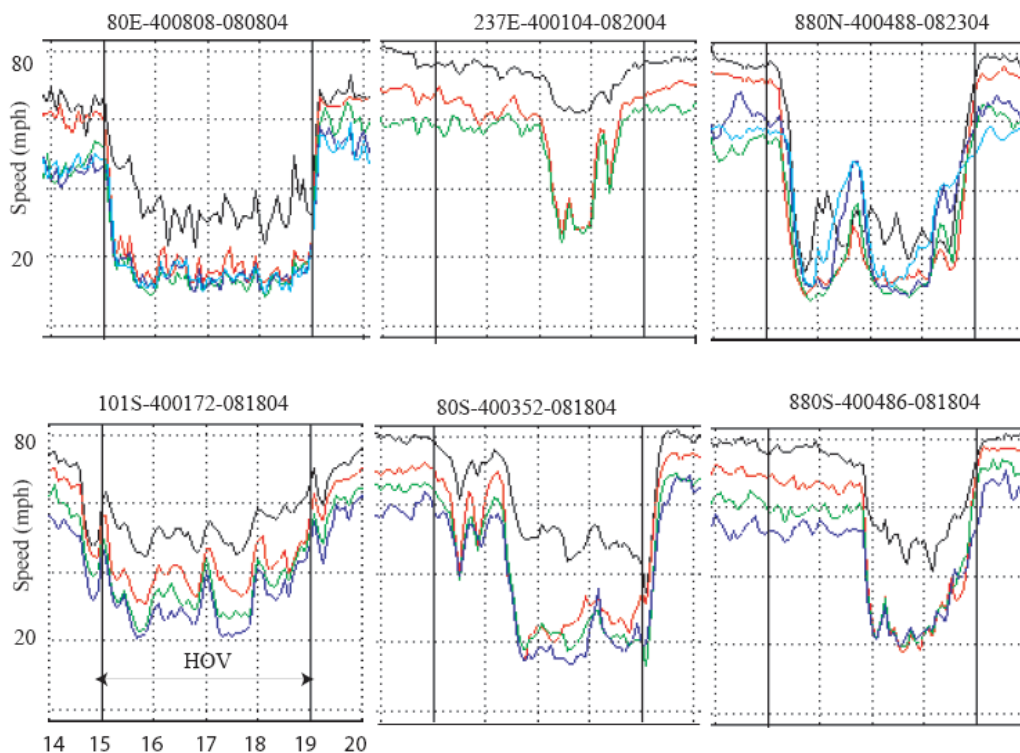


Dnevni pretok in hitrost ceste z začasnim VVZ pasom (Chen C., Varaiya P., Kwon J. 2005. An Empirical Assessment Of Traffic Operations. University of California, Berkeley. Str. 13)

Jutranji konici sledijo podobni pogoji, ko sicer manjše število vozil (nižja gostota) brez težav vozi v režimu prostega toka. Takšne razmere se ohranjajo do tretje ure popoldan, ko nastopi čas popoldanske konice. Okoli tretje ure pretok na VVZ pasu znatno upade, kar se pozna na povečanem "pritisku" na preostalih dveh, kjer se pretok vseskozi giblje okoli kapacitete pasu ( $\approx 1800$  voz/h). Vendar pa kljub temu skoraj do sedemnajste ure vsi trije pasovi ostajajo v režimu prostega toka. Po tej uri se gostota na VVZ pasu poveča, hkrati pa se tu še vedno ohranja prosti tok. Za preostala pasova pa temu ni tako, saj se po peti uri zmanjša pretok in zaradi velikega števila vozil posledično tudi hitrost. Oba pasova zapadeta v stanje prezasedenosti. Padec v pretoku vozil je celo tako velik, da se ob koncu konice (ob sedmi uri) nekako izenači s tistim VVZ pasu.

Vpliv nastopa VVZ pasu je razviden iz dogodkov, ki sledijo takoj po sedmi uri, torej po ukinitvi VVZ režima. Med peto in sedmo uro morata sosednja pasova trpeti "VVZ kapacitetno kazen". Takoj po sedmi uri vsi pasovi ponovno vstopijo v režim prostega toka, medtem ko skupni tok doseže maksimum celotnega dne. In vendar moramo vzeti v obzir, da se na VVZ pasovih vozi vsaj enkrat več ljudi pri enkrat višji hitrosti in da VVZ pas od pete ure naprej premore pretok vsaj dva tisoč oseb na uro pri režimu prostega toka.

Upočasnitve, ki se pojavijo na VVZ pasovih v času izvajanja posebnega režima, so posledica prostorske omejenosti, ko VVZ postane nekakšna enopasovna hitra cesta s precej višjimi potovalnimi hitrostmi, kot jih premorejo sosednji pasovi. To namreč onemogoča prehitevanje, zaradi česar se morajo vsi uporabniki prilagajati posameznikom, ki vozijo z neko nižjo hitrostjo – polži. Dokaz, da je temu res tako, je razviden iz grafa odvisnosti hitrosti od pretoka, kjer so prikazana pet minutna povprečja istega pasu med šestnajsto in devetnajsto uro (VVZ režim) in devetnajsto in dvajseto uro (običajen pas). V prvem primeru se pokaže močno znižanje hitrosti ko naraste pretok, četudi je pas v režimu prostega toka. V drugem primeru upada hitrosti ne zabeležimo, predvsem zato, ker gre za zunanji pas, ki ga navadno uporabljajo hitrejši vozniki. Podobne rezultate so zabeležili še na šestih opazovanih "zalivskih" cestah s podobnim sistemom, ko hitrost po koncu konice občutno poskoči.



**Dnevni pretok in hitrost šestih cest z začasnim VVZ pasom (Chen C., Varaiya P., Kwon J. 2005. An Empirical Assessment Of Traffic Operations. University of California, Berkeley. Str. 15)**

Trije razlogi obstajajo za te tako imenovane polže. Najprej je tu možnost posameznih počasnih voznikov, kjer ni pravega ukrepa, s katerim bi jih prisilili h drugačni vožnji. Nadalje

se pojavi možnost uskokov iz sosednjega počasnejšega pasu, zaradi katerega se pojavijo anomalije. Kako težko se je povsem znebiti takšnih motenj v primeru, kjer ne obstajajo fizične prepreke, gotovo ni smiselno izpostavljati. Gre pač za človeško oportunistično nprav, ki se jo deloma uspe omiliti s sistemom kazni, a vendar v popolnosti nikakor ne. Tretja možnost predstavlja nelagodje, ko se hitro vozeči vozniki vozijo mimo počasnejših na sosednjem pasu, ob čemer se pojavi vprašanje varnosti in vozniki na VVZ pasu upočasnijo vožnjo.

Zadnja od razlogov sta hkrati tudi argumenta za fizično ločitev takšnih posebnih pasov. V isti sapi bi to pomenilo, da bi takšna ločitev bila permanentna in bi se tak pas težko uporabljalo za namene običajnega prometa. Še posebej zato, ker vidimo, da je pretok v času njegove vzpostavitve – če upoštevamo podatke o povprečni zasedenosti vozil – pretok oseb pogosto ne dosega tistih sosednjih pasov, ali pa se v najboljšem primeru gibljejo nekje okrog njihovih dosežkov. V takšnih primerih je vztrajanje pri podobnem VVZ pasu nesmiselno, če zaradi neučinkovitosti posebnega pasu ne samo da nastaja večja gneča na sosednjih pasovih, ampak je tudi cena vožnje na njih nekajkrat dražja kot običajno. Dobršen del te višje cene odpade na neprimeren nadzor na vstopnih rampah<sup>3</sup>.

V takšnih primerih bi bilo morda bolj smiselno ukiniti časovno pogojene VVZ pasove in uvesti nadzor na rampah (ramp metering), hkrati pa omogočiti VVZ/VVZC uporabnikom obvoz ramp, kar bi prav tako vplivalo na odločitev voznikov za uporabo VVZ sistema.

---

<sup>3</sup>**Ramp metering** – nadzor na rampah; je prav to, kar pove ime. Gre za nadzor nad pritokom vozil, ki glede na razmere, ki vladajo na vstopajoči cesti, s pomočjo eno ali dvofazne signalizacije (rdeča ali kombinacija zelene in reče luči). Z nadzorom pritoka se uravnava gostota vozil na cesti, ki se jo ob gnečah skuša obdržati na ravni, ki še omogoča normalno vožnjo (ohranja se zastavljeni pretok - brez zastojev). V ta namen so rampe opremljene z namenskim prostorom, kjer vozila čakajo na dovoljenje za vstop (pri čemer se tega prostora ne sme preseči). Poleg tega se lahko na tak način učinkovito razbijejo strnjene kolone vozil (ki nastanejo na primer ob zeleni luči), kar povzroči njihovo enakomernejšo porazdelitev vzdolž ceste. Spet druga korist, pa so obvozi, ki se jih nekateri vozniki raje poslužijo, ko se pojavi gneča ob vstopu in s tem na svoj način pomagajo k razbremenitvi ceste. Takšne nadzorne točke imajo običajno tudi obvoz za VVZ in avtobuse.

## 2.5 Perspektiva VVZ pasov

Kljub vsem vloženim naporom, se promet iz leta v leto povečuje. In ker je povečanje hitrejše in obsežnejše, kot naše reakcije nanj, se skladno s tem večja število zastojev, s tem število neizkoriščenih ur, ki jih vozniki preždiyo v prepočasnih, morda celo stoječih vozilih, vse to pa se lahko izrazi v obliki finančnih izgub, tako zaradi izgubljenih ur, kot zaradi dodatne porabe uporabnikom ne povsem znano, odvisno pač od tega koliko cenijo svoj čas in kako dojemajo goriva. Če to morda ni tako izrazito v okolju z relativno malo vozili, kot je naše, pa vendar je teh mnogokrat preveliko za kapacitete, ki jih zmore obstoječa infrastruktura, je to toliko bolj pomembno in opazno tam, kjer je vsled količine vozil to bolj izraženo, četudi mnogim njegovo izgubo in spremljajoče dodatne izdatke tekom celotnega leta, vsekakor pa je nazadnje pomemben vpliv na družbo kot celoto in njeni odzivi na problem.

Skozi opazovanja v dobrih dveh desetletjih, ki so jih in jih še izvajajo v združenih državah, je moč razbrati občuten porast opazovanih količin. Te so rasle kljub novogradnjam in izboljšanju obstoječih prometnic. V preglednici, je moč videti kako so se letne zamude zaradi vožnje v času konic povečale skoraj za trikrat, kako se je število urbanih območij z velikimi prometnimi težavami v času konic povečalo kar za desetkrat, se povečal indeks potovalnega časa (razmerje med časom potrebnim za neko potovanje v normalnih razmerah in v času prometnih konic), kar se je odražalo v več kot petkrat večjih zamudah, v katerih se je porabilo skoraj šestkrat več goriva, to pa se je poznalo na ceni, ki jo prinesejo gneče in je kar petkrat večja kot pred dvajsetimi leti. Ta trend seveda ne upada, niti ne stagnira, kar pokaže primerjava količin dveh zaporednih let. Je pa po drugi strani vidno, da potrebno število dodatnih pasov, ki bi obdržali današnjo raven gneč, upada, prav tako kot potrebno število novih uporabnikov javnega prevoza. Skupaj z velikimi stroški, ki se v takšnih razmerah pojavljajo, rastejo z novimi rešitvami tudi prihranki, ki jih prinašajo tehnične rešitve in javni prevoz.

Gneče, ki so v zadnjih dveh desetletjih rasle skoraj linearno, imajo močan vpliv na celoten transportni sistem in niso omejene zgolj na velika mesta, ampak prizadenejo vedno več okolij. Iz trenda, ki vlada, je razvidno, da bodo srednje velika mesta v nekako desetih letih dosegla raven prometnih težav, ki danes pestijo velika mesta. Ocene škode, ki segajo v desetine milijard dolarjev, so določene iz parametrov, ki jih je lahko oceniti. To so ure zamud in dodatna poraba goriva. Niso pa upoštevani drugi, kot so negotovost trajanja potovanja pošiljk, razne zamude, preseljevanje podjetij in ostali, ki spremljajo nastale težave.

Kot je razvidno iz slike in je nenazadnje tudi logično, se največji zastoji pojavljajo v velikih urbanih območjih. Vendar pa so težave z gnečami različnih izvorov. Lahko so pogojene z oblikovanjem območij, geografskimi značilnostmi, nesrečami, vremenom, okvarami, določitvijo višine investicij ...

Seveda se ne skuša na vsak način sanirati in izboljšati položaj, ampak se mora, glede na potrebe družbe, določiti sprejemljiva raven gneče (kje, koliko). Težave, ki so se pojavile, so nastale relativno hitro, se kopičile in postale prekompleksne, da bi jih bilo mogoče rešiti z eno samo vsemogočo rešitvijo. To je treba, v dobri veri, da vendarle dosežemo neko sprejemljivo stanje, graditi zlagoma z razumnimi plani in projekti značilnimi za specifične lokacije in probleme, vendar pa tačas vsaj kratkoročno razrešiti problematične točke in ozka grla dokler plani niso dorečeni in se lahko začnejo udejanjati dolgoročne rešitve. Rešitev bo seveda morala vsebovati večje kapacitete, torej dodatne pasove, ceste, obvoznice, hkrati pa tudi večjo učinkovitost, s katero se bo doprineslo k izboljšanju pogojev že obstoječih kapacitet. K temu prispevajo informacijske tehnologije, poučevanje voznikov in njih seznanjanje z novostmi, z raznovrstnostjo opravljanja potovanj itd., tudi z nekakšnim obvladovanjem potovanj, pri čemer mislim na večje število opravljanja storitev "iz naslanjača", ki je v današnjem času ne samo možna, ampak tudi zelo dostopna možnost s katero se zmanjša število "nepotrebnih" poti, opravljanje nenujnih poti v času izven prometnih konic, večjem uporabljanju javnih in deljenih prevozov. Upoštevati je nadalje potrebno razlike znotraj nekega urbanega območja, ki ga lahko v grobem razdelimo na komercialni, poslovni in stanovanjski del, pri čemer ima vsak svoje potrebe in jih lahko z nadaljnjim razvojem prometnih povezav usmerjamo – predvsem njihovo širjenje in aktualnost lokacij, s čimer se lahko elegantno izognemo neprimernim območjem oziroma območjem, kjer je neka dejavnost nezaželena. Seveda moramo vedeti, da takšni načrtovani ukrepi ne bodo povsem odpravili gneče. Ne zato, ker bi bilo to docela nemogoče, ampak zato, ker je nerealistično pričakovati stanje prostega prometnega toka v središčih mest, ali v bližini ključnih atraktivnih točk. Za kaj takega bi bili primorani porabiti enostavno preveč sredstev in časa, ki jih lahko porabimo za realnejše, družbeno koristne cilje, katerih obseg je manjši, a imajo morda celo pozitivnejši vpliv. Nikakor pa ni razloga, da bi se takšna mesta dušila v gnečah cel dan, če lahko z nekaterimi primernimi ukrepi zagotovimo normalno delovanje prometa v času izven prometnih konic.

### **3 HITRI AVTOBUSNI PREVOZ (BRT)**

#### **3.1 Težave javnega prevoza**

Zanimivejša oblika izboljšanja prometnih razmer, tako splošno, še posebej pa v našem okolju, je tista omejena izključno na javni promet. Predvsem se tukaj navezujem na avtobusni promet, ki pa v strnjениh urbanih območjih ne slovi kot najboljša ali najpriljubljenejša izbira prevoza. Tako se zdi, da so nanj obsojeni tisti nesrečniki, ki ne premorejo lastnega prevoznega sredstva, ali pa si lastijo kaj neobičajna nagnjenja. Razlogov za takšen odnos je več. Prvi, so že sama vozila kot taka, ki pogosto niso zmožna ponuditi zadovoljivega nivoja udobja in praktičnosti, saj so navadno starejše izdelave, kar za sabo potegne težave, ki so jim njihovi sodobniki zlahka kos. Še posebej je to očitno pri tistih, ki so fizično kakorkoli omejeni in če pomislimo, da zna biti teh uporabnikov znaten delež, ki imajo vsi po vrsti težave pri vstopu in izstopu, to le še izpostavi drugo hibo, zaradi katere se ljudje radi ognejo javnemu prevozu – počasnost. Dejstvo je, da je javni prevoz z avtobusi počasen način potovanja, ki v praksi dosega le delež potovalne hitrosti ostalega prometa, posledica česar je tudi nezanesljivost zastavljenega voznega reda na katerega se je praktično nemogoče zanesti in čigar smiselnost je pri labilnih pogojih, v katerih deluje, kaj vprašljiva.

Kar želimo doseči, je sistem, ki bo omogočil višje obratovalne hitrosti, večjo zanesljivost uslug in povečano pripravnost za vsakršnega uporabnika. Za kaj takšnega je treba izkoristiti razpoložljivo tehnologijo in uvesti operativne izboljšave, kar pa je pravzaprav temelj na katerem sloni ideja sistema BRT, ali poslovenjeno HAP (hitri avtobusni prevoz). Še enkrat več se je namreč pokazala potreba po prevozu, ki bi predstavljal zanimivo alternativo solo vožnjam po prenatrpanih cestah, za kar bi lahko bil prevoz z lokalnimi avtobusi idealna rešitev, ko bi ga le ne obremenjevale zgoraj naštetе težave, ki ga pri potencialnih uporabnikih mečejo v slabo luč. Naj dodam, da povsem upravičeno tako, zakaj stari sistem je bil več kot potreben osvežitve. Od tod se je izoblikoval HAP, katerega odlike so zanesljivost, hitrost, visoka frekvenčnost, atraktivnost in nenazadnje cenenost, še posebej, če vzamemo v poštev vse spremljajoče stroške, kot so parkirna, dodatna poraba goriva v gneči, čas. Skratka HAP naj bi bil vse, kar si je prejšnji sistem želel biti, pa mu ni uspelo. Vse to je omogočeno predvsem zaradi "izoliranosti" avtobusnih pasov, do katerih imajo ostala vozila le redko dostop, odvisno od določil posameznih skupnosti, in spremljajoče storitve. Primerjava



pretočnosti (oseb/h) HAP z običajnimi mešanimi pasovi nakaže koridorje v katerih ima smisel predvideti takšen sistem, seveda, če obstajajo pogoji za njegovo umestitev.

	<b>1982</b>	<b>1993</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>
<b>Letne zamude v konicah (ure)</b>	16	40	47	47
<b>Indeks potovalnega časa (potovalni čas v konici / potovalni čas v prostem toku)</b>	1,12	1,28	1,37	1,37
<b>Urbana območja z letnimi zamudami na potnika več kot 20 ur</b>	5	37	50	51
<b>Skupno ur zamude (v milijardah \$)</b>	0,7	2,4	3,6	3,7
<b>Poraba dodatnega goriva</b>	0,4	1,3	2,2	2,3
<b>Stroški zamud (v milijardah \$)</b>	12,5	39,4	61,5	63,1
<b>Potreba po dodatnih pasovih za ohranjanje nivoja gneče (v km)</b>	12300	10400	7930	8050
<b>Potreba po dodatnem dnevnem številu uporabnikov javnega prometa (v milijardah)</b>	8,6	8,2	7,2	7,3
<b>Prihranki ur na leto zaradi javnega prevoza (v milijardah)</b>	269	696	1097	1096
<b>Prihranki letnih stroškov zaradi javnega prevoza (v milijardah \$)</b>	4,6	9,0	18,2	18,2

Časovni razvoj zamud in stroškov v ZDA (Schrack D., Lomax T. 2005. The 2005 urban mobility report. Texas Transportation Institute. The Texas A&M University System. Str. 1)

Dejavnikov, ki preprečujejo avtobusnemu prometu v urbanem okolju, da bi povišal operativno hitrost z le okoli 60% (nižje vrednosti so zlahkoma dosegljive) tiste ostalega prometa je seveda več. Najbolj očitne so zamude v prometu, kjer so hitrosti avtobusov omejene na hitrost preostalega prometa, ki je zaradi števila vozil v urbanih središčih močno

zmanjšana, toliko bolj, kolikor so ta "obljudena". Vendar ta zamuda zajema le splošno zamudo v gneči. Med drugim sem prištevamo še zamude v križiščih, kjer je potovanje omejeno s svetlobnimi signali, pa tudi neposrečeno postavljenimi postajališči pred križišči, zaradi česar se pojavijo težave pri ponovnem vključevanju v promet ob zpuščanju postajališča, nevšečnosti z desnimi zavijalci, ki povzročajo dodatne zastoje, toliko izrazitejše pri dvopasovnih cestah brez možnosti prehitevanja, saj jim navadno ni namenjen poseben pas, kot v primeru levih zavijalcev, in izgube k čemur pripomorejo tudi pešci. Ob naštetih pa precejšen delež zamud zakrivi dejavnik, ki sploh ni povezan s samo vožnjo. Gre namreč za zamude na postajališčih. Če pogledamo na način vkrcanja, to niti ni tako presenetljivo, saj je, za razliko od izkrcanja, to omejeno le na ena vrata. Poleg tega, da se izkrcanje vrši na večjem številu vrat, se to hkrati dogaja brez zamudnega plačevanja voznine, kar daje zamudam na postajališčih še dodatno breme. Namreč, četudi se, na primer večina uporabnikov odloča za različne načine predplačila (karte, žetoni), še vedno obstaja delež uporabnikov, ki plačujejo vožnjo na samem avtobusu. Poleg tega je treba biti pozoren na veljavnost predplačniških oblik, kar že v osnovi omejuje vkrcanje le na ena vrata. Ta predstavljajo pravzaprav ozko grlo, ki je toliko bolj izrazito, na bolj frekvenčnih postajališčih z množico uporabnikov. Brez dvoma, bi potovanje bistveno pohitrili, ko bi omogočili tako izstop z, kot vstop na avtobus na vseh razpoložljivih vratih.

Izvori zamud so tako zelo pestri, zato se tudi njih odpravljanja, ali boljše omiljevanja, lotevamo na različne načine:

- Zamude v prostem toku: tem se je zoperstaviti le z odpravo hitrostnih omejitev.
- Zamude zaradi gneče v prometu: tem zamudam se izognemo, če uspemo zmanjšati splošno gnečo, ali pa, če postavimo avtobuse v privilegiran položaj z vpeljavo posebnih pasov. Tudi z zagotavljanjem lažjega ponovnega vključevanja avtobusov v prometni tok lahko deloma pripomoremo k zmanjšanju zamud.
- Zamude v križiščih: z vpeljevanjem prioritet v križiščih občutno vplivamo na pomemben izvor zamud. Če se omejimo samo na svetlobne signale (semaforje), nam obstoječa tehnologija omogoča, da z malenkostnimi variacijami zagotavljamo lažja napredovanja. Predvsem pridejo tu v poštev najavljanja, zaradi česar se iztekajoča zelena faza podaljša za nekaj sekund, ali pa se rdeča, ki se ob približevanju vozila

- izteka, skrajša. Velika odstopanja tu, zaradi podirajoči faz, ne pridejo prav v poštev, še posebej ne v občutljivejših koridorjih in križiščih v labilnem medsebojnem stanju.
- Zamude zaradi desnih zavijalcev: do teh zamud prihaja, ko se na istem pasu pojavljajo tako avtobusi, kot druga vozila, ki s svojim (desnim) zavijanjem onemogočajo prosto nadaljevanje poti skozi križišče. Temu se je moč izogniti na več načinov. Lahko postavim postajališča za križišče, tako da lahko avtobusi zavijalce prehitijo po sosednjem pasu (izvedljivo le na štiri in več pasovnicah), nadalje lahko desna zavijanja na problematičnih odsekih enostavno prepovemo, a to povsod ni izvedljivo, lahko pa desni zavijalci zavijajo z običajnega pasu, ob upoštevanju signalizacije, ki opozarja na bližajoči se avtobus.
  - Zamude na postajališčih: sem štejemo čas vkrcanja potnikov, pobiraje voznin ipd. Na to vrsto zamud lahko vplivamo z izboljšanim sistemom plačevanja voznin (vpeljemo predplačniški sistem, uporabo pametnih kartic ...) in z lažjim vkrcanjem z uporabo avtobusov z nizkim dnom v povezavi s primernejšo višino robnikov oziroma ramp. Prav tako se zmanjša čas, če se odločimo za daljše razdalje med postajališči in s tem povezanim njih manjšim številom, a biti moramo pozorni na sprejemljivost takšnih posegov.

Res je, da se HAP sistem naslanja na pasove, namenjene izključno avtobusom mestnega prometa, a vendar njihova oblika in izvajanje takšnega prometa ni strogo zakoličena, zato se pojavljajo v različnih oblikah. Tako so možni navidezno ločeni pasovi, ki so od sosednjih pasov ločeni le s talno oznako, "nasprotnotočni" pasovi, kjer je omogočeno v ozkih predelih potovanje v nasprotni smeri prometnega toka, obstajajo pa tudi t.i. arterijska oblika, ki je zelo razširjena predvsem v državah južne Amerike. Tam pasovi potekajo po sredini cestišča, med obema tokovoma. Nadalje se pojavljajo razne oblike zgoraj naštetih, ki potekajo v bolj nevsakdanjih okoliščinah, na primer deloma v tunelu, kar jih postavi za nekakšno obliko podzemne železnice. Vsi ti pasovi si ne delijo enake podobe, a jih v skupno pojmovanje družijo ideja pasu namenjenem izključno avtobusnem mestnem prometu.

### 3.2 Izboljšave HAP pasov

Zamude, ki jih prinašajo postanki, deloma izvirajo iz stare zasnove in takratne ideje, po kateri se skuša avtobusni prevoz narediti prikladen kar največjemu številu potencialnih uporabnikov, zato je potemtakem dobro, da se jim ga dostavi v neposredno bližino, tako rekoč pred nos. Iz te želje po čim večji ustrežljivosti je postalo število postajališč preveliko. Ne zaradi samega števila, ampak zato, ker so razdalje na katerih se pojavljajo nenadoma postale prekratke. Avtobusi so tako prisiljeni narediti nov postanek ko ravno dosežejo neko potovalno hitrost, še raje že prej. Postajališča morajo biti zato primerno oddaljena med seboj – običajno od štiristo do šeststo, nikakor pa ne manj kot tristo metrov, pa vse do več kot kilometer, celo dva, odvisno od potreb in okoliščin. Kot primerjavo ustreznosti, si lahko zamislimo takšno potovanje po delu Dunajske ceste v Ljubljani, ki vodi čez center mesta. Če začnemo pri postajališču drama, nas takoj za križiščem čaka postajališče Pošta, ki mu sledi nekaj daljša – primernejša razdalja do Bavarskega dvora. A za njim, nas po križišču čaka novo postajališče pri sejmišču in za naslednjim spet novo pri Bežigranskem dvoru... Postavitev za križišče je sicer prava, a očitno pregosta, da bi lahko vožnja postala res tekoča, še posebej, ker se moramo vmes bosti tako z desnimi zavijalci, kot deloma s preostalim prometom in skoraj obveznimi postanki pred križišči.

Možnost prehitevanja na postajališčih je še ena iz množice, ki prav tako pohitrijo promet. Kjer avtobusi uporabljajo za svojo dejavnost obstoječe ceste, to ni težava, še posebej zato, ker so postajališča pomaknjena v prostor ob cesti in tako omogočajo obvoz. Na posebnih pasovih pa je potrebno posvetiti pozornost tudi temu, da je kaj takšnega sploh izvedljivo. Najbolj pride to do izraza v obdobju ekspresnih povezav, ko izbrani avtobusi nekatera od postajališč "preskakujejo" in s tem omogočajo hitrejše potovanje. Smisel teh potovanj bi brez možnosti prehitevanja bila nična, saj bi hitrost narekovalo najpočasnejše vozilo.

Velik del pozornosti odpade na vozila, saj so v mestnem prometu še zmeraj pogost stara vozila, ali vsaj takšna s klasično obliko, torej z visokimi vkrcevalnimi stopnicami, ki uporabljajo dizelske agregate. Vendar pa trend drži k boljšim, učinkovitejšim in prilagodljivejšim vozilom. Ta naj bi, v svoji novi pojavi, vključevala raznovrstne izboljšave, kot so:

- Nizko dno; avtobusi brez odvečnih stopnic, katerih dno je poravnano z višino robnika postajališča omogoča enostavnejše, predvsem pa hitreje vstopnaje v vozilo.
- Več in širša vrata; več vrat omogoča večji pretok ljudi v časovnem okviru, kakor k temu pripomore tudi njihova širina. Če so vsa vrata namenjena tako vstopu kot izstopu, je njihova učinkovitost toliko večja in časi postankov občutno nižji.
- Čisto vozilo; tu mislimo predvsem na alterantivne agregate vozil, ki predstavljajo izjemno nizko stopnjo onesnaževanja (ki pa jo navadno izničijo ostala vozila).
- Dualnost; možnost preklapljanja med različnimi oblikami pogona.
- Namenskost; vozila, ki bodo nudila kar najboljšo podobo in udobje.

Novejša, če že ne čisto nova pridobitev k izboljšanju sistema mestnega prometa, je informacijski sistem. Z njim si pomagamo tako pri informiranju uporabnikov, kot tudi v prometu. Ni nujno, da uporabljamo obe možnosti hkrati, a vendar nudi sistem tudi tako veliko prednosti. Pri delu namenjenem potnikom gre za raznovrstne prikazovalnike preko katerih se potnike obvešča o napredovanju potovanja tako v samih vozilih (ime ali številka trenutnega postajališča, obvestila o obvozu...), kot tudi na postajališčih (oddaljenost določenega avtobusa, razmere na cesti, obvozi ...). To morda ne vpliva na sam čas potovanja, postane pa sistem prilagodljivejši in uporabnejši za uporabnike (gotovo bolj od običajnega, kjer se informacije širijo od ust do ust (obvozi, zastoji), in je tako izguba časa znatna). K zmanjšanju potovalnega časa pa zna znatno pripomore del informacijskega sistema namenjen vozilom. Sem vključujemo prednostno signalizacijo v križiščih, kjer z naznanjanjem preko sistema sprejemnikov in oddajnikov vplivamo na signalizacijo v križišču tako, da se bližajočemu avtobusu omogočeni nemoteno napredovanje. Zamisel se zdi zelo uporabna in bi večinoma takšna tudi bila, ko bi nam takšni prihodi vedno znova ne rušili faz in s tem onemogočili njihovo kakršnokoli učinkovito postavitev. Tako je kaj podobnega mogoče izvesti le v omejenih primerih, kjer je takšno "vtikanje" v faze in njih rušitev sprejemljiva. Bolj uporabno je zato podaljševanje faz, kjer bi se lahko zelena faza ob napovedi avtobusa podaljšala za nekaj sekund, kar bi dosti elegantno odpravilo nepotrebne postanke že tako počasnega transporta. Enako velja za podobne primere, kakršen je, na primer dvižni most. Prav tako bi takšen sistem omogočal obveščanja o razmerah v tunelih in posameznih odsekih poti, kar bi ob dovolj zgodnji najavi bilo mogoče obvoziti ter s tem prihraniti na času, hkrati pa bi to predstavljalo večjo zanesljivost potovanja, še posebej v primerjavi z osebnimi vozili, to pa bi

se nedvomno odrazilo s širjenjem kroga uporabnikov. Še ena od prednosti, ki bi jo bilo mogoče izrabljati, je eleganten mimovoz gneč, ki so običajne za cestnine in nadzor na rampah. Namesto odvečnega čakanja v vrstah, bi lahko avtobusom omogočili hitrejši obvoz takšnih mest, na podoben način, kot ga poznamo z naših avtocest, ki bi ga poleg avtobusov uporabljali tudi koristniki VVZ sistema, seveda tam, kjer je to mogoče.

Tam, kjer se je HAP dobro razvil, je število njegovih uporabnikov vse prej kot zanemarljivo. Po zbranih podatkih iz večjih mest severne Amerike, je teh vsaj toliko kot uporabnikov lahke železnice – tramvajev, navadno pa več. Pravzaprav se njihovo število večkrat bliža tistemu podzemne železnice in tako predstavlja pomemben delež javnega transporta. To velja za velika, razvita mesta, kjer obstaja večja izbira glede javnega prevoza, medtem ko je število uporabnikov avtobusnega mestnega prometa v mestih revnejših držav, recimo južne Amerike, bistveno večji, hkrati pa je večji tudi delež napram ostalim oblikam prevoza in kot tak prej omenjenim bogatejšim mestom nedosegljiv.

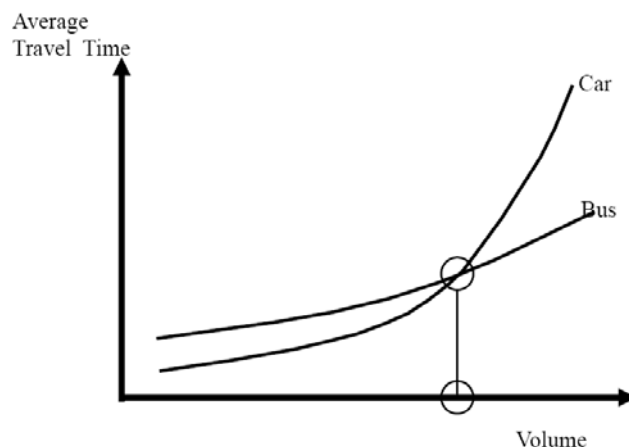
### **3.3 Upravičenost HAP pasov**

Kdaj je sploh smiselno in upravičeno iti v projekt kot je izgradnja posebnih pasov, ki bi načeloma služili le mestnemu avtobusnemu prometu? Se lahko zanašamo na načelo zgradite in prišli bodo? Do neke mere gotovo da. Ampak, ali jih bo prišlo dovolj? Nekako prvinska misel je, da se posebnih pasov ne zagotavlja za nekaj izjem, oziroma zelo majhno skupino uporabnikov. Iz tega sledi, da bi za kaj podobnega želeli na takšnem pasu vsaj takšen pretok oseb, kot na sosednjih pasovih. Če vzamemo za primer čas konice, ko so avtobusi praviloma polni (privzemimo, da dvodelni avtobus zmore kakšnih osemdeset potnikov) in recimo, da koridor na katerem je postavljen posebni pas uporabljamo tri različne linije, poleg tega pa vsak avtobus na posamezni od njih vozi s frekvenco pet minut (kar bi na takšni liniji ne smelo biti težko dosegljivo), lahko ocenimo pretok na tem pasu na približno 2800 oseb na uro. To je precej vzpodbuden rezultat, toliko bolj, če si zamislimo, da bi te iste ljudi posadili vsakega v svoje vozilo in jih spustili na sosednje pasove. Da se račun ne izide je očitno, zato recimo, da se namesto HAP pasu doda obstoječim še en pas. S pretokom 1800 vozil na uro se tudi tu težko najde rešitev, s katero bi razmere izboljšali. Kar je še posebej zanimivo in pomembno pri odločanju za izgradnjo HAP pasu, toliko bolj v mestu kot je Ljubljana, kjer avtobusni promet v javnem prometu praktično nima alternative je, da je v preučenihih mestih (tako severno ameriških, kot evropskih in avstralskih) ob njihovi vzpostavitvi poraslo število

uporabnikov med trideset in sedemdeset odstotki, v povprečju pa nekje okoli štirideset. To so nekako številke, ki kažejo v prid posebnim pasovom in spremljajočim izboljšavam, četudi golo število prepeljanih oseb ni vse, kar govori v prid HAP pasovom. Sem nedvomno velja prišteti povprečne potovalne čase. Iz spodnjega grafa je razvidno, da avtomobili omogočajo nižje potovalne čase, če ne zaradi drugega zato, ker še zdaleč nimajo toliko postankov.

Ampak to velja samo do neke točke pogojene s številom vozil, dosežene običajno nekje v začetku prometnih konic, lahko pa tudi ob drugih posebnih priložnostih. V tem delu se ob relativno nizkem pritoku novih vozil potovalni časi močno povečajo in občutno presežejo tiste avtobusov. Za nekoga, ki je primoran potovati v tem času, je izkoriščanje HAP uslug nedvomno prava izbira. Tudi kar se tiče potovalnih stroškov. Dočim ti v začetku govorijo v prid avtomobilom, pa se po preseženem nivoju, ki ga naznanja še sprejemljiv volumen vozil, začnejo postavljati na stran avtobusov. Če zdaj upoštevamo še stroške bencina, nejevoljo, ki jo prinaša vožnja v gneči in posredne stroške, ki jih nosijo zamude, je nemogoče, da se nebi spet izpostavil avtobusni promet, ki prinaša HAP sistemu tudi časovno zanesljivost.

Povprečne hitrosti, ki se jih dosega, so odvisne od večih dejavnikov. Odvisno je, ali gre za potovanje z vsemi postanki, ali le delnimi, razdalj med postajališči ter njihovo opremljenostjo in ostalih spremljajočih uslug. Od tega so odvisni prihranki časa, ki predstavljajo znatne težave pri priljubljenosti, ko avtobusi delujejo v običajnih pogojih mestnega prometa. V vseh primerih, kjer so poskrbeli za HAP sistem, se je pojavil časovni prihranek v višini tridesetih procentov v primerjavi s prejšnjim načinom. Potovanje, ki je tako prej trajalo dvajset minut (kar je daleč od redkega, če seveda ne izstopite že čez dve postaji) se je tako znižalo na štirinajst minut, to pa je znaten prihranek, pomemben toliko bolj, ker je tako rekoč zagotovljen.



**Potovalni časi avtobus – osebni avto (Seo Y., Park J., Jang H., Lee Y. 2005. Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol. 5, pp. 339 - 351, 2005. A study on setting-up a methodology and criterion of exclusive bus lane in urban area. Str. 342)**

Do sem vse lepo in prav, a kakšni so stroški, ki jih nosi takšna infrastruktura? Ti so odvisni od tipa pasu, lokacije in hkrati tudi zahtevnosti izgradnje. Iz razpoložljivih podatkov prej omenjenih opazovanih mest sledijo takšne številke: okoli 160 mio. dolarjev za kilometer če je šlo za gradnjo tunela, 4,4 mio. dolarjev za kilometer za gradnjo avtobusnih pasov, 3,9 mio. dolarjev za kilometer sredinskih – arterijskih pasov in 0,6 mio. dolarjev za kilometer za pasove ob mešanem prometu – običajne avtobusne pasove (v te cene so vključeni tako objekti spremljajoče infrastrukture, kot vozila).

Izboljšave v prometu seveda niso edina korist, ki jih za sabo potegne izgradnja HAP pasov. Ob in v neposredni bližini tako opremljenega koridorja se, podobno kot ob železniških sistemih, pokažejo v razvoju območja. Zaradi stalne frekvence javnega (in učinkovitejšega) javnega prevoza takšna zemljišča postanejo zelo zanimiva za razvoj stanovanjskih naselij. Bližina velikega števila ljudi nadalje vodi h gradnji raznih trgovskih centrov in storitvenih dejavnosti, ta pa prinašajo nova delovna mesta. V tem oziru, je del stroškov izgradnje HAP pasov tako rekoč povrnjen, pri čemer upoštevamo še povišanje cen samih zemljišč, ki, če so v občinski ali državni lasti (odvisno kdo je financiral gradnjo), nanese še dodatne obliže na izdatke. Kot omenjeno gre za načrtno razvijanje določenih delov mest, ki se vključuje v predhodne razvojne načrte in so zato kot taki lahko, tudi kar se financ tiče, uspešnejši prav zaradi prednosti časa in ciljev, ki jih je v tem času potrebno doseči. Ampak usmerjen razvoj je le del smisla takšnih pasov. Tisti primarni še vedno ostaja izboljšanje prometnih razmer.



### **3.4 Analize učinkovitosti in njihov doprinos**

Obstajajo številne analize, ki se ukvarjajo s podobnimi, če ne enakimi izhodišči, zato se zdi pomembneje pogledati, kako so prišli do svojih zaključkov, še boljše, kakšni so zaključki, ki so jih bili deležni in kakšne metodologijo so pri tem uporabili. To bo podlaga na kateri bomo lahko primerjali kasnejše rezultate izhajajoče iz simulacije in stanja, ki vlada na odseku danes. Obravnava se tri oblike pasu. Vsi so namenjeni izključni uporabi avtobusov, le da pri prvi obliki ni mogoča uporaba sosednjega pasu, kar je po drugi strani dovoljeno v drugem primeru, medtem ko sta pri tretji obliki namenjena avtobusnemu prometu kar dva namenska pasova in zato ni pravih težav, kar se tiče prehitevanja in kjer so desni zavijalci, za razliko od prejšnjih oblik izključno prepovedani.

Kapaciteta postajališč je odvisna od števila tamkajšnjih peronov, zelenih časov v ciklu in časa vkrcanja potnikov. Časi vkrcanja znajo močno variirati glede na povprečje, zato je treba pri modelu računati tudi s tem, hkrati pa moramo upoštevati, da se vkrcanje ne vrši le v času zelene faze, temveč naključno skozi ves čas cikla (torej tudi ob rdeči fazi).

Podobno, kot v mešanem prometnem toku, so tudi za HAP sistem določeni nivoji uslug, ki pa se jih lahko določa na različne načine. Potovalna hitrost in gostota prometa sta tista parametra, ki ju poznamo iz "običajnega" določevanja nivojev, a se tu vključujejo novi. To so število prepeljanih oseb na uro, čas gneče, ki nastaja za postajališčem (v procentih) in tudi hitrost, s katerimi operirajo avtobusi.

Da bi določili kar se da natančno kapaciteto, moramo osnovno (teoretično) kapaciteto prilagoditi z redukcijskimi faktorji, s katerimi prikažemo vpliv preskakovanja postajališč (hitre linije) in konfliktov z desnimi zavijalci. Če sosednji pas to dopušča, je lahko preskakovanje postajališč prav tako hitro kot potovanje v prostem toku, dočim je s približevanjem sosednjega pasu kapaciteti potovalna hitrost bistveno nižja (in s tem učinkovitost takšnega pristopa), zaradi težav ob vključevanju avtobusov na tak pas. Drugi faktor – desni zavijalci, lahko avtobusom odvzamejo velik del časa zelene faze, toliko bolj, če se ob desnih zavijalcih pojavlja še znaten tok pešcev v vzdolžni smeri potovanja avtobusa.

Niso pa samo vozila sosednjega pasu tista, ki vplivajo na avtobusni promet, ampak je vpliv obojestranski. Odvisen je od vrste pasu, števila avtobusov in, ali avtobusni pas nadomešča pas za mešani promet, ali pa je bil dodan brez kratenja prostora ostalim udeležencem. Prvi od treh tipov pasov, na katere smo HAP v splošnem uokvirili, ima minimalen vpliv na sosednji pas, saj je avtobusni promet omejen izključno nanj. Dva namenska pasova odvzameta ostalemu

prometu prav toliko pasov (ker sta namenjena izključno avtobusnemu prometu) in s tem kapaciteto dveh pasov. To seveda ni povsem res, odvisno od poprejšnje uporabe avtobusnega prometa in razvrstitve pasov, vendar pa, kot že pokazano, znata takšna pasova v pravih pogojih (v nasprotnem bi bila odločitev zanj nesmiselna) preseči kapaciteto (v oseba na uro) sosednjega(-ih) pasu(-ov). V gotovo najpogostejšem primeru, ko imajo avtobusi poleg namenskega pasu možnost izkoriščanja tudi sosednjega (običajno le za prehitevalne namene), bo vpliv nekje med obema skrajnostima, ki ju predstavljata prejšnji obliki, s tem, da bo sosednji pas izkoriščal le delež avtobusov.

Hitrosti avtobusov, ki delujejo na glavnih mestnih cestah, so zelo variabilne, saj so takšni tudi vplivi (pogostost in dolžina postankov, medsebojni vplivi avtobusov in ostalih vozil, k čemur štejemo tudi stoječa vozila ob cesti, prometno signalizacijo ...). Posledično hitrosti avtobusov, ki delujejo v mestnem okolju, variirajo nekje med 15% in 30%, medtem ko hitrost ostalega prometa variira za 10% do 15%, torej polovico manj.

	<b>Zamude izključno zaradi prometne signalizacije</b>		<b>Zamuda zaradi prometne signalizacije in desnih zavijalcev</b>	
	<b>Potovalni čas (min/km)</b>	<b>Hitrost avtobusa (km/h)</b>	<b>Potovalni časi (min/km)</b>	<b>Hitrost avtobusa (km/h)</b>
<b>3 postajališča na kilometer</b>				
<b>Vkrcevalni čas 20 sekund</b>	4,00	14,8	4,53	13,2
<b>Vkrcevalni čas 40 sekund</b>	5,28	11,4	5,78	10,5
<b>5 postajališč na kilometer</b>				
<b>Vkrcevalni čas 20 sekund</b>	4,27	12,2	5,39	11,1
<b>Vkrcevalni čas 40 sekund</b>	6,53	9,2	7,04	8,5

Zamude avtobusov zaradi prometne signalizacije in desnih zavijalcev (Transportation Research Board 1997. TCRP Report 26, Operational Analysis of Bus Lanes on Arterials Str. 5)

Ko tako pas za avtobuse, kot sosednji pas dosežeta kapaciteto, oziroma se ji približata, je hitrost hitre linije (preskakovanje postajališč) višja od tiste, ki opravlja vse postanke le za okoli 15%. Prav zato, da zmanjšamo motnje potovanja, je smiselno, da zaradi različnih časov postankov, postajališča običajnih in hitrih linij ločimo. V primeru pasu brez možnosti izkoriščanja sosednjega pasu, pa zagotoviti postajališčne niše, ki omogočajo prehitevanje počasnejših vozil.

Za normalno delovanje avtobusnega prometa, je pomembno, da poskrbimo za proste poti, kar v središču mest ni tako enostavno. Predvsem so težave z brezvestnim parkiranjem na neoznačenih mestih ob, ali celo na posebnih pasovih. Tu so najbolj izpostavljene vsakovrstne dostave, taksi službe, pa tudi naključna osebna vozila, kar vse prispeva k dodatnim zamudam. Za analizo kapacitete avtobusnega pasu in hitrosti na njem sicer ne bomo upoštevali "čistosti" poti, vseeno pa bomo upoštevali več parametrov, ki jih bomo vključili vanjo. Osnovni parametri iz katerih izhajamo, so: vrsta avtobusnega pasu, vzorec postankov, faze semaforjev (trajanje cikla, zelena faza), časi postankov, volumen avtobusov in ostalega prometa, velikost postajališč (število peronov).

Pri oceni kapacitete pasu najprej določimo osnovno kapaciteto. Nadalje določimo faktorje, ki jih bomo upoštevali pri osnovni kapaciteti – dostopnost sosednjega pasu in vzorec postajališč, vpliv desnih zavijalcev, ter razmerje kapaciteta, volumen za posebne pasove in nivo uslug.

Prav tako si želimo oceniti hitrost avtobusa, za kar moramo najprej oceniti splošno (idealno) hitrost avtobusa, čemur dodamo vplive kot so dostopnost sosednjega pasu, vzorec postankov, interakcija med avtobusi ter oceno nivoja uslug "toka".

Kapaciteta prometa ima opravka s tokom tako ljudi, kot vozil. Odvisna je torej od velikosti in konfiguracije vozil ter pogostosti njihovega delovanja. Prav tako je odvisna od zveze med koncentracijo uporabnikov in frekvenčnostjo vozil na nekem območju, ki je odvisna od pristopa prevoznih podjetij in njihovih interesov glede posameznih območij, števila in velikosti njihovih vozil, ki jih pogojuje povpraševanje uporabnikov in njihov pritok, oziroma usah.

Kapaciteta avtobusnega pasu je pomembna iz večih razlogov. Ker govorimo predvsem o mestnih ulicah, še več, o prometnejših ulicah mestnega jedra in glavnih vpadnicah, je pomembna zmožnost takšnega pasu, da oskrbi vsa vozila in potnike, ki jo želijo uporabljati. Nadalje je pomembno za oceno števila postajališč (in peronov), ki jih potrebujemo za oskrbo

različnih tokov avtobusov in potnikov vzdolž posameznih cest (koridorjev), ali na terminalih. Nazadnje pa je kapaciteta pomembna še za oceno kako bo hitrost avtobusov upadla, ko se bo volumen pasu približeval kapaciteti.

### 3.5 Kapaciteta in hitrost

Izhajajoč iz priročnika HCM in poročila TCRP (glede na obseg njihovih raziskav in izkušnje, se zdi to smiselno), bom v nadaljevanju predstavil enačbe, s pomočjo katerih se oceni kapaciteta avtobusnega pasu in hitrost, ki jo na njem razvijejo vozila.

Pomemben faktor so nedvomno postajališča, ki s svojo velikostjo, oziroma številom peronov določajo število avtobusov, ki lahko uporabljajo pas hkrati. V nemotenem toku lahko tako izhajamo iz osnovne enačbe za kapaciteto perona :

$$K_p = 3600 \text{ sek}/r,$$

$r$  predstavlja razdaljo med dvema zaporednima avtobusoma, čakajoča v liniji, v sekundah.

Bolj nazoren se zdi zapis:

$$K_p = 3600 \text{ sek}/(t_r + D),$$

Kjer je  $t_r$  razdalja med zaporednima voziloma v sekundah,  $D$  pa povprečni čas postanka na postajališču v sekundah.

Če upoštevamo še redukcijski faktor  $R$ , s katerim skušamo zajeti razne verjetnosti za neuspešnost (nezmožnost avtobusov, da v popolnosti udeležijo vse postanke in kritični vkrcevalni časi ter druge verjetnosti neuspeha), dobi enačba obliko :

$$K_p = 3600 \text{ sek}/(t_r + D) * R$$

Največjo kapaciteto v HCM so določili za vrednost  $R = 0,833$  in predvideno 30% neuspešnostjo. Ta vrednost predstavlja nivo uslug E.

Ker avtobusi najpogosteje delujejo na cestah s semaforiziranim nadzorom odvijanja prometa v križiščih, je v enačbi smiselno, celo nujno upoštevati tudi to dejstvo. Vkranje (postajališča nameščena pred križiščem) se ne vrši le v času zelene faze glede na cel cikel, ampak tudi za

časa rdeče faze (naključni prihodi vozil), zato zmanjšamo vkrcevalni čas za faktor  $z/C$  (delež zelene faze napram celotnemu ciklu):

$$K_p = 3600 \text{ sek} / (t_r + (z/C)D) * R * (z/C)$$

Takšna enačba predvideva enakomerno razporeditev vkrcevalnega časa med zeleno in rdečo fazo, glede na njun delež v ciklu.

Da združimo kapaciteto perona v kapaciteto postajališča, zgornjo enačbo enostavno pomnožimo s številom efektivnih peronov postajališča. Kapaciteto najbolj obremenjenega postajališča (na primer z najdaljšimi vkrcevalnimi časi) se smatra – v oziru avtobusov na uro, za kapaciteto avtobusnega pasu. Kapaciteta postajališča, je zaradi zgornje definicije hkrati tudi kapaciteta avtobusnega pasu (v avtobusih na uro) – kapaciteta enega pasu brez možnosti prehitevanja se tako glasi :

$$K_n = 3600 \text{ sek} / (t_r + (z/C)D) * R * (z/C) * N_p$$

Zgornji enačbi (za signalizirano in nesignalizirano varianto – moten in nemoten tok) lahko nadalje z dodajanjem parametrov še izboljšamo.

$$K_p = 3600 \text{ sek} / t_r + (D + Z_a + S_d),$$

$$K_p = z/C * 3600 \text{ sek} / (t_r + z/C * D + Z_a * S_d),$$

$S_d$  predstavlja standardno deviacijo vkrcevalnih časov in  $Z_a$  verjetnost, da se za postajališčem ne bo ustvarila gneča.

Iz zapisanih formul je mogoče razbrati, da:

- Se kapaciteta zmanjšuje s povečevanjem vkrcevalnih časov.
- Se kapaciteta večja z višanjem razmerja časov zelene faze v primerjavi s celotnim ciklom.
- Povečanje kapacitete ni neposredno proporcionalno povečanju razmerja  $z/C$ , saj  $t_p$  (čas praznjenja) ni povsem odvisen od njega.

- Se kapaciteta s povečanjem spremenljivost vkrcevalnih časov zmanjšuje. Kapaciteta pasu utegne tako biti v primeru, ko jo uporabljajo vozila, katerih potovalni časi so primerljivi, večji, kot če imajo takšna vozila vkrcevalne čase, ki močno nihajo in se nagibajo k obema skrajnostima, tako k povsem kratkim, kot pretirano dolgim postankom, ter dajejo tako popačeno sliko povprečnega potovalnega časa.
- Kapaciteta odraža sprejemljivo stopnjo izgub.

Izgube (%)	$Z_a$
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

Vrednosti parametra  $Z_a$  za različne deleže izgub (Transportation Research Board 1997. TCRP Report 26, Operational Analysis of Bus Lanes on Arterials Str. 18)

Možnost prilagajanja, ki jo nudi HAP sistem, dovoljuje drugotne poti in vzorce postankov, pripomore k izboljšanju hitrosti in kapacitete sistema. Glavna razlika med primerjajočimi oblikami avtobusnih pasov je ta, da drugi primer predvideva možnost delne uporabe sosednjega pasu (obvoz drugih avtobusov, ali vrste desnih zavijalcev ter nepredvidenih ovir) namenjenega mešenemu prometu.

Uporaba faktorjev s katerimi vplivamo na kapaciteto avtobusnega pasu je tako sledeča. Skupno število avtobusov, ki jih je mogoče oskrbeti s serijo postajališč predstavlja vsoto kapacitet posameznega postajališča, pri čemer uporabimo še redukcijske faktorje, ki predstavljajo neenakomerne prihode in učinke visokih volumnov vozil na sosednjem pasu. To lahko povzamemo z enačbo :

$$K_s = \sum K_i * f_k ,$$

kjer  $K_s$  predstavlja skupno kapaciteto,  $K$ -ji kapaciteto posameznega postajališča v nizu,  $f_k$  pa faktor prilagajanja kapacitete, ki ga povzamemo z enačbo :

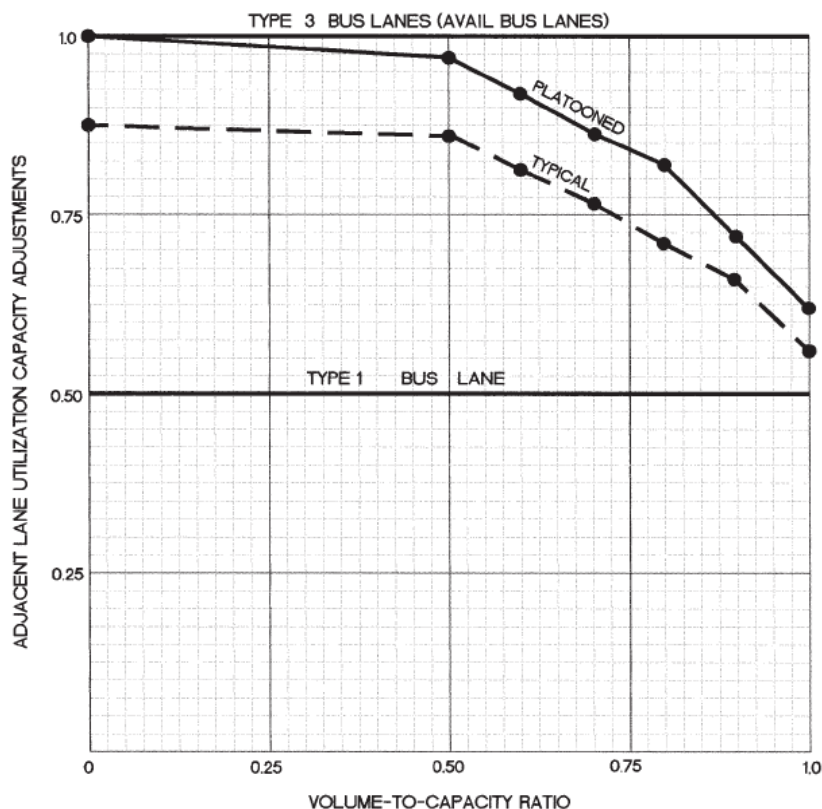
$$f_k = (1 + I * s * (N_p - 1)) / N_p ,$$

pri čemer  $I$  predstavlja prilagoditveni faktor za polno izkoriščenje postajališč pri preskakovanju,  $s$  faktor oviranja na sosednjem pasu, ki ga določimo z enačbo :

$$s = 1 - x * (v/c)^3 ,$$

tu  $x$  privzamemo kot konstantno vrednost ( $x = 0,8$  – vpliv "preskakovanja" postajališč),  $v$  je volumen prometa na sosednjem pasu ( $v$  vozilih na uro),  $c$  kapaciteta sosednjega pasu,  $N_p$  pa število menjajočih se "preskakovanj" v nizu. Te vrednosti se kažejo v povečani kapaciteti pri "preskakovanju", tudi če je sosednji pas polno zaseden, saj takšni avtobusi nimajo zamud zaradi vkrcevalnih časov na vsakem postajališču.

Kot nakazano, se faktorji  $f_k$  dodajo vsoti kapacitet posameznih postajališč. V splošnem postanejo vplivi sosednjega pasu znatnejši šele pri deležu kapacitete tega pasu, ki preseže 75%.



Dostopnost sosednjega pasu za avtobuse (Transportation Research Board 1997. TCRP Report 26, Operational Analysis of Bus Lanes on Arterials str. 26)

### 3.6 Vpliv desnih zavijalcev in pešcev

Del prometa, ki pride v fizični kontakt z avtobusi na posebnem pasu so seveda desni zavijalci. Ti praviloma zavijajo z namenskega pasu v kolikor ni to striktno prepovedano. Takrat ali zavijajo s svojega pasu, lahko pa da se desno zavijanje na posameznih križiščih enostavno prepove. Kadar takšne prepovedi ni, so konflikti med obema vrstama uporabnikov seveda neizbežni, toliko bolj, ko je postajališče locirano pred križiščem, običajno semaforiziranem. Desni zavijalci se zato gnetejo za, oziroma med avtobusi na postajališčih, jim kratijo uporabni prostor in, morda še bolj pereče, jemljejo dobršen del časa zelene faze, kar potencira morebiten velik tok in frekvenca pešcev v smeri vzporedno avtobusni poti. Izgube izkoristka zelene faze se najbolj odražajo na začetku faze, ko je volumen pešcev, čakajočih na prosto pot, največji. V primeru torej, da posebni pas ni fizično ločen od sosednjih, zna predstavljati ta problem velik delež v seštevku celotne zamude, je pa pogojen tudi s samo postavitvijo postajališča, saj se avtobusni promet odziva na desne zavijalce različno, glede na to, ali je



postajališče postavljeno pred, ali za križišče, pri čemur se odpre večja možnost obvoza stoječih vozil.

In kakor osebna vozila motijo promet avtobusov, toliko bolj, če je postajališče postavljeno pred križišče, tako hkrati stoječi avtobusi v času vkrcanja ovirajo tok desnih zavijalcev. Količina takšnih vzajemnih motenj se manjša z razdaljo med stop linijo in postajališčem. Zato so postajališča najprimerneje nameščena za križišči, ali med dvema sosednjima, na splošno pa na razdalji, ki glede na dane pogoje v kar največji meri omejuje stike med avtobusi in desnimi zavijalci.

Omenjena faktorja, tako zavijalci, kot pešci, lahko v računu upoštevamo s faktorjem, ki bo glede na pogoje, ki vladajo v križišču, ustrezno zmanjšal celokupno kapaciteto pasu. Ob upoštevanju le pešcev kot tistega elementa, ki vpliva na zastoje, lahko odločimo ustrezen faktor iz spodnje tabele.

<b>Volumen pešcev v paralelni smeri (pešcev na uro)</b>	<b>Faktor</b>	<b>Nasičeni tok (vozil na uro)</b>
0	0,85	1445
50	0,83	1410
100	0,80	1360
200	0,75	1275
300	0,71	1205
400	0,66	1120
500	0,61	1035
800	0,47	800
1000	0,37	630
1200	0,28	475
1500	0,12	205
1700	0,05	85

**Faktor vpliva pešcev na tok (Transportation Research Board 1997. TCRP Report 26, Operational Analysis of Bus Lanes on Arterials str. 29)**

Na mestnih cestah predvidimo zasičeni tok pri 1700 vozilih na uro (glede na uro zelene faze).

Iz tabele, je razvidno, da že ob pomanjkanju kakršnegakoli toku pešcev zgornje število vozil

iz različnih vzrokov, značilnih za križišča, ne dosegamo, posledica česar je, da tudi spremljajoči faktor ne zaseda 100%, temveč le 85%. Faktor nadalje, ob naraščajočem številu pešcev ustrezno pada in pri nasičenem toku pešcev ustvarja zasičen tok na paralelnem voznem pasu že ob dobrih osemdesetih vozilih na uro.

Ti rezultati se potrdijo tudi v spodnji tabeli, kjer upoštevamo tako število pešcev (pešcev na uro), kot število desnih zavijalcev (zavijalcev na uro), ob predpostavki, da zaseda zelena faza polovico časa celotnega cikla. Rezultati prikazujejo delež celotne kapacitete, ki ga, ob različnih pogojih v križišču, zasedajo desni zavijalci.

Volumen pešcev v paralelni smeri	Kapaciteta ob polovični zeleni fazi (z/C = 0,5)	V/C desnih zavijalcev			
		Št. Desnih zavijalcev na uro			
		100	200	300	400
0	720	0,14	0,28	0,42	0,56
50	700	0,14	0,29	0,43	0,57
100	680	0,15	0,29	0,44	0,59
200	640	0,16	0,31	0,47	0,62
300	600	0,17	0,33	0,50	0,67
400	560	0,18	0,36	0,54	0,71
800	400	0,25	0,50	0,75	1,00
1200	240	0,42	0,83	/	/
1500	100	1,00	/	/	/

Faktor vpliva pešcev in desnih zavijalcev na tok (Transportation Research Board 1997. TCRP Report 26, Operational Analysis of Bus Lanes on Arterials Str. 29)

Če sta bili zgornji tabeli sestavljeni na podlagi opazovanj skozi daljše obdobje, pa je možno faktor, s katerim prikažemo vpliv desnih zavijalcev na osnovno – polno kapaciteto pasu, določiti tudi preko enačbe :

$$f_D = 1 - L_p * (V_D / C_D) .$$

$L_p$  je faktor, ki ponazarja pozicijo postajališča glede na križišče, ki pa je hkrati pogojen s tipom pasu (eden od treh že prej omenjenih, pri čemer tretji tip ni obremenjen z zavijalci zaradi same narave pasu z dvema namenskima pasovima). Vsi faktorji so prikazani v tabeli.

Tip postajališča	Tip avtobusnega pasu		
	Enojni bus pas		Dvojni bus pas
	Tip 1	Tip 2	Tip 3
<b>Pred križiščem</b>	1,0	0,9	/
<b>Med križišči</b>	0,9	0,7	/
<b>Za križiščem</b>	0,8	0,5	/

Faktor  $L_p$  za različno nameščena postajališča (Transportation Research Board 1997. TCRP Report 26, Operational Analysis of Bus Lanes on Arterials Str. 30)

Ti faktorji pravzaprav prikazujejo možnost avtobusov za obvoz desnih zavijalcev.  $V_D$  predstavlja volumen desnih zavijalcev v posameznem križišču,  $C_D$  pa njihovo kapaciteto.

Čeprav govorimo predvsem o avtobusih in poudarjamo pomembnost njihovega učinkovitega delovanja, ne smemo pozabiti, da se ta bolj ali manj odraža na sosednjih pasovih namenjenih mešanemu prometu. Posebni pasovi, tako eno, kot dvopasovni, širijo vpliv, ki ga lahko na podlagi opazovanj povzamemo:

- Če se pas prvenstveno uporablja za avtobuse, bo izguba kapacitete vozil relativno majhna.
- Nasprotno pa na cestah, kjer je bil avtobusni promet poprej majhen, ali ga sploh ni bilo, ocena o izgubi enega pasu povsem drži, če upoštevamo še, da so desni zavijalci prepovedani. V nasprotnem primeru, je kapaciteta ustrezno večja.
- Dva namenska pasova bi zmanjšala kapaciteto ceste za dva pasova, a temu ni povsem tako, saj takšni ukrepi izhajajo iz dejanskih potreb, ki jih narekujejo okoliščine in v katerih predstavljajo avtobusi takšen delež vozil, da takšna predpostavka ne more predstavljati neposredne resnice. Se pa, na prvi pogled morda nepričakovano, lahko zgodi, da deni zavijalci, ki so na takšnih pasovih navadno prepovedani, pravzaprav povišajo hitrost in pretok prometnega toka sosednjih pasov.
- Avtobusni pas 2. tipa se giblje med skrajnima vrednostima, ki ju predstavljata 1. in 3. tip pasu.

- Izgube nastajajo že ob vstopu na postajališče in njega zapuščanju. Do tega pride zaradi zaviranja in kasnejšega pospeševanja, zaradi česar si pridelamo 3 do 4 sekunde zamude pri posameznem postanku.

Najbolj zanimiv, vsaj kar se vpliva na mešani promet tiče, je gotovo drugi tip pasu, ki omogoča, da avtobusi deloma izkoriščajo tudi sosednji pas. V ta namen so bile postavljene različne simulacije, iz katerih bi se dalo razbrati splošen vpliv. Zamude, ki so se kazale, so variirale in dosegale, ko se je volumen avtobusov približal kapaciteti pasu, vrednost od 2 do 9 sekund, v povprečju pa nekako 4 sekunde. Iz raznih poskusov in opazovanj je tako nastala formula za izračun faktorja vpliva avtobusov s katerim reduciramo osnovno kapaciteto sosednjega pasu namenjenega mešanemu prometu. Predlagana formula se tako glasi :

$$f_p = 1 - (4 * N_p / 3600) ,$$

kjer je  $f_p$  faktor aktivnosti prehitevajočih avtobusov,  $N_p$  pa število avtobusov, ki manevrirajo z namenskega na sosednji pas. Več avtobusov kot zapusti namenski pas, večji bo vpliv na sosednji pas (za katerega predvidimo, da je dobro zaseden), zato potrebujemo oceno za določitev dejanskega števila avtobusov, ki se poslužujejo takšnega manevra. Seveda se lahko dokopljemo do števil z enostavnim štetjem v dejanskih okoliščinah, lahko pa se po drugi strani spet naslonimo na rezultate, ki odražajo rezultate daljših raziskav in se poslužimo enačbe :

$$N_p = (N_s - 1) / N_s * v_b (v_b/c_b)^3 ,$$

kjer predstavlja  $N_s$  število "preskočenih" postajališč,  $v_b$  volumen avtobusov na posebnem pasu in  $c_b$  kapaciteto posebnega pasu.

Iz raziskav je prav tako razvidno, da so, v primeru, ko avtobusi delujejo ob polovični izrabi kapacitete avtobusnega pasu, potrebe po prehitevanju, celo pri "preskakovanju" zelo majhne. Z višanjem izrabe in doseganju kapacitete pasu, se ustrezno povečujejo tudi potrebe po prehitevanju med avtobusi.

Iz enačbe sledi, da bi število avtobusov na sosednjem pasu predstavljalo polovico skupnega pretoka avtobusov v primeru opravljanja vsakega drugega postanka in dve tretjini, ko bi šlo za

postanke na vsakem tretjem postajališču. Sicer so to številke, ki bi se jih doseglo šele ko bi se na posebnem pasu približali kapaciteti, pa vendar dajejo občutek, kako velik utegne biti vpliv na sosednji pas, četudi v izjemnih primerih.

Poleg tega, koliko potnikov bomo uspeli prepeljati, je pomembno predvsem kako jih bomo prepeljali, bolje, kako hitro, saj iz tega izhaja nivo uslug, ki bo skušal prepričati uporabnike. Za določanje hitrosti je gotovo najboljše neposredno merjenje na določenih odsekih v obdobjih, ki so nam zanimiva, na primer ob konicah. Ni pa to najbolj praktično, ali pa nam izmerjeni podatki ne dajejo iskanih informacij. To je še posebej res v primerih, ko vemo, da se bodo razmere, ki trenutno vladajo, spremenile, ali pa se bodo recimo spremenili vzorci postankov, časi porabljeni za vkrcavanje in druge lastnosti potovanj. Tako se je primerneje nasloniti na rezultate že narejenih raziskav, s pomočjo katerih bomo povzeli od hitrosti odvisen nivo uslug ter zveze s pomočjo katerih bomo ocenili iskano hitrost, kar bo mogoče v nadaljevanju, preko rezultatov simulacije, tudi oceniti.

### **3.7 Nivo uslug HAP prevoza**

Nivo uslug, še posebej pri javnem prometu, zna biti različno ocenjevan. Poznamo kategorizacijo, ki primerja število potnikov na vozilo, ali število vozil, ki jih uspe v eni uri oskrbeti nek pas. Nobena od teh kategorizacij pa ne predstavi kako učinkovito, oziroma, kako hitro se nek avtobus prebija skozi promet. Tu pride na vrsto še ena kategorizacija, ki upošteva povprečno hitrost (v min/km) avtobusov na glavnih mestnih cestah – vpadnicah in v ožjih mestnih središčih. Pričakovano je, da je ta nivo uslug, zaradi specifičnih lastnosti mestnega prometa, postavljen nekoliko bolj ohlapno v primerjavi s tistim mešanega prometa in že v sami opredelitvi, četudi označen enako, ne predstavlja neposredne primerjave (nivoji A-F).

Spodaj sta predstavljeni dve tabeli. Prva predstavlja opredelitev nivoja uslug povzeto po priročniku HCM in velja za ceste s hitrostjo prostega toka med 40 km/h in 60 km/h, kar zaobjema tudi naše mestne ceste s hitrostno omejitvijo na 50 km/h. Za lažjo predstavbo so razredi predstavljeni tako s hitrostjo vozil (v km/h), kot z njihovim potovalnim časom (v min/km). Druga tabela je podrobneje razdeljena na ceste v specifičnem okolju in z okvirnim številom postajališč. Teh se na enem kilometru, odvisno od primera, zvrsti od enega, do štirih. Ceste so razdeljene na urbane vpadnice, mestna središča, kjer je prometni tok navadno najgostejši in dele vpadnic, ki še potekajo v delih predmestij in so tako manj obremenjene.

Nivo uslug	Kriteriji po HCM	
	km/h	min/km
<b>A</b>	≥40,3	≤1,49
<b>B</b>	≥30,6	≤1,96
<b>C</b>	≥20,9	≤2,86
<b>D</b>	≥14,5	≤4,14
<b>E</b>	≥11,3	≤5,32
<b>F</b>	<11,3	>5,32

Nivo uslug po HCM (Transportation Research Board 1997. TCRP Report 26, Operational Analysis of Bus Lanes on Arterials Str. 33)

Nivo uslug	Mestno središče		Vpadnice		Vpadnice - predmestje	
	km/h	min/km	km/h	min/km	km/h	min/km
<b>A</b>	≥16,1	≤3,73	≥26,9	≤2,24	≥34,1	≤1,74
<b>B</b>	≥10,8	≤5,60	≥20,5	≤2,92	≥26,1	≤2,30
<b>C</b>	≥8,1	≤7,45	≥14,0	≤4,29	≥17,7	≤3,42
<b>D</b>	≥6,4	≤9,32	≥9,7	≤6,21	≥12,7	≤4,72
<b>E</b>	≥5,3	≤11,18	≥7,6	≤7,70	≥9,7	≤6,21
<b>F</b>	<5,3	>11,18	<7,6	>8,01	<9,7	>6,21

Nivo uslug glede na tipe cest (Transportation Research Board 1997. TCRP Report 26, Operational Analysis of Bus Lanes on Arterials str.33)

Natančna uvrstitev neke poti v določen razred je še težavnejša kot pri mešanem prometu. To gre na račun nezanesljive, variabilne hitrosti in s tem neposredno potovalnega časa, ki, odvisno od konkretnega primera, odstopa od povprečja tudi za 30%, oziroma enkrat več kot ostali promet.

Hitrost, ki jo dosegajo avtobusi seveda ni tista osnovna hitrost v prostem prometnem toku, ampak je poleg z osnovnimi vplivi, ki so pogojeni z opravljanjem dejavnosti in okolja v katerem delujejo - razdalja med postajališči, vkrcevalni časi, prometna signalizacija - obremenjena še z ostalimi spremljajočimi vplivi, ki za razliko od prejšnjih niso nujno prisotni povsod, ali jih, v najboljšem primeru, sploh ni. Kakorkoli že, najpogosteje se zgodi, da so in jih je v tem oziru, preko dodanih faktorjev k osnovni hitrosti, dobro vključiti v določevanju pričakovane hitrosti.

Pomudimo se najprej pri "preskakovanju" postajališč, torej primeru, ko določeni avtobusi v okviru hitrejšega servisa ne izvajajo postankov na vseh postajališčih, da bi tako pridobili na

času. Obravnavamo samo razdalje med postajališči, ki so pri takšnem servisu v uporabi (navadno enkrat večja razdalja kot običajno, če vršimo postanke na vsakem drugem postajališču). Teoretično tak avtobus (zaradi vzorca postajališč in manjšega števila vkrcavanj) dosega enkrat višjo hitrost, ali več, če preskakuje več postajališč. Vse je odvisno od tipa pasu, možnosti izmikanja (en pas brez možnosti uporabe sosednjega ima s tem obilico težav) in dostopnosti sosednjega pasu (zaradi česar utegne pas z možnostjo uporabe sosednjega pasu – 2. tip, prehajati med obema skrajnostima:  $v/c = 1$ , pri uporabi izključno enega pasu in  $v/c = 0$ , pri dveh namenskih pasovih). V skrajnem primeru lahko dosežemo razmere, v katerih "preskakujoči" avtobusi zmorejo enako potovalno hitrost kot da bi izvajali postanke na vseh postajališčih, le da ne vršijo vseh vkrcavanj. Do tega resda običajno pride šele pri razmerju  $v/c = 1$  sosednjega pasu, a se vplivi začnejo kazati že pri 40% izrabi volumna ceste.

Enačba, ki upošteva tako promet avtobusnega, kot sosednjega pasu (enačba za faktor vzorca postankov) in s katero prilagajamo osnovno hitrost, je zapisana v obliki:

$$f_s = 1 - (d_1/d_2) * (v/c)^2 * (v_b/c_b),$$

njeni posamezni členi pa predstavljajo:  $d_1$  razdaljo postajališč za primer vršenja vseh postankov (v metrih),  $d_2$  razdaljo postajališč za "preskakovanja" (v metrih),  $v$  volumen sosednjega pasu (v voz/h),  $c$  njegovo kapaciteto (v voz/h),  $v_b$  volumen avtobusnega pasu (v voz/h) in  $c_b$  kapaciteto enega avtobusnega pasu (v voz/h).

### 3.8 Izboljšave alternativne poti

Za različne vrednosti razmerja  $v/c$  sosednjega in avtobusnega pasu so v spodnji tabeli podane ustrezajoče vrednosti faktorja  $f_s$ . Iz tabele je mogoče razbrati, da ob konicah, ko sta razmerji  $v/c$  avtobusnega in sosednjega pasu približno 0,8, dosežejo avtobusi pri "preskakovanju" okoli 75% hitrosti napram tisti v prostem toku (oziroma, ko je sosednji pas neovirano dostopen - prazen), ali bolje, dosega hitrosti, ki so za 50% višje od onih, ki jih dosega avtobusi, ki se "preskakovanja" ne poslužujejo. Ko obe razmerji dosežeta vrednost 1, pa vrednost 0,5 predstavlja enako hitrost, kot jo dosega avtobusi omejeni na en sam pas.

v/c pasu za mešani promet	v/c avtobusnega pasu			
	0,0	0,5	0,8	1,0
0,0	1,00	1,00	1,00	1,00
0,2	1,00	0,99	0,98	0,98
0,5	1,00	0,96	0,90	0,87
0,8	1,00	0,84	0,74	0,68
1,0	1,00	0,75	0,60	0,50

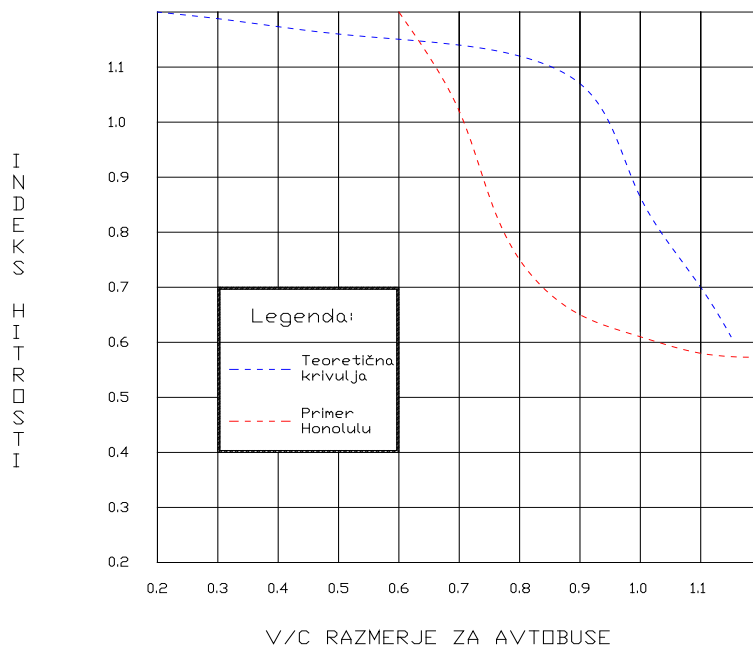
Vrednosti  $f_s$  za različne v/c (Transportation Research Board 1997. TCRP Report 26, Operational Analysis of Bus Lanes on Arterials Str. 37)

Naslednja od prilagoditev je interakcija med samimi avtobusi, do katere pride, ko postane pas prenasičen z vozili, čemur sledijo ustrezno nižje hitrosti in potovalni časi. To se zgodi zaradi povečane verjetnosti, da se bodo ob nastalih pogojih avtobusi srečevali, pri čemer bodo vsi omejeni na hitrost vodečega (najpočasnejšega), ali pa se bodo morali posluževati raznih obvozov in prehitevanj. To še posebej velja za avtobusni pas tipa 1, kjer so prehitevanja možna edinole ob koristenju namenskih niš (namenjene postajališčem, ali pa prav za omogočeno izogibanje). Nekako povprečni parametri (trajanje cikla 80 sekund, razmerje z/C = 0,5, 29 – 50 sekund vkrcevalni časi, 600 metrov razdalja med postajališči, 30% variacija vrcevalnih časov) podajo krivuljo v grafu, prav tako pa so pričakovani indeksi zapisani v tabeli za različna razmerja v/c avtobusnih peronov.

Volumen avtobusov	Tip 1 – vsa postajališča	Tip 2 - preskakovanje
40	1,00	0,90
60	0,94	1,00
80	0,94	1,00
100	0,91	1,00
120	0,88	0,97
140	0,54	1,00
160		0,90
180		0,88
200		0,43
220		0,29

Interakcija med avtobusi (Transportation Research Board 1997. TCRP Report 26, Operational Analysis of Bus Lanes on Arterials Str. 38)





**Interakcija med avtobusi (Transportation Research Board 1997. TCRP Report 26, Operational Analysis of Bus Lanes on Arterials Str. 39)**

Iz obojega sledi, da vpliv interakcije med avtobusi ni znaten vse do razmerja  $v/c = 0,7$ . Od tu naprej začne rasti, dokler se pri vrednosti  $v/c = 0,9$  ne začne drastično zmanjševati, kar gre ob povečanem volumnu pravzaprav pričakovati. Kot vedno pa obstajajo tudi izjeme, ki se v svojem okolju obnašajo povsem drugače. Tak primer je na primer ena od prometnejših cest v Honolulu, kjer začne indeks hitrosti padati dosti prej in se hkrati tudi niža hitreje, kot nakazuje teoretična krivulja.

Desni zavijalci se zdijo najbolj zloglasni, ko se govori o dodatnih zamudah v križiščih, še posebej če so pospremljeni z močnim tokom pešcev v paralelni smeri. Sicer ne v vsakem primeru, saj volumen avtobusov, ki je manjši od 50% dovoljuje okoli 100 (tudi do 200) desnih zavijalcev na uro, ne da bi to močno vplivalo na avtobusni promet. Težave nastanejo ob višjih volumnih (seveda najbolj pri postajališčih nameščenih pred križiščem, kjer avtobusi nimajo možnosti prehitevati zavijajoče kolone), toliko bolj zaradi zmede zavijalcev ob stiku z avtobusi, katerih postanki variirajo in se znajo zavleči v zeleno fazo. Na podlagi rezultatov raziskav in simulacij, je možno oblikovati tabelo, v kateri so redukcijski faktorji hitrosti prikazani v odvisnosti od postankov, desnih zavijalcev (v voz/h) in števila avtobusov na uro.

	Vkevalni čas 20 sek.				Vkrcevalni čas 40 sek			
Znižanje hitrosti v procentih	10	15	20	25	10	15	20	25
Št. Avtobusov na uro	Št. Desni zavijalcev na uro				Št. Desni zavijalcev na uro			
40	330	390	450	500	280	340	400	450
80	300	340	380	420	200	230	250	260
120	220	250	280	300	110	130	140	160
150	156	190	210		20	30	10	50

Soodvisnost desnih zavijalcev in avtobusov (Transportation Research Board 1997. TCRP Report 26, Operational Analysis of Bus Lanes on Arterials Str. 30)

Vpliv desnih zavijalcev je posredno vključen že v prejšnjih faktorjih (medsebojni vpliv avtobusov, dostopnost sosednjega pasu) v obliki razmerja  $v/c$  avtobusnega pasu, ki ustrezno znižuje hitrost glede na zasedenost pasu. Iz tega razmerja tako sledi, da se, z zmanjševanjem kapacitete avtobusnega pasu, povečuje razmerje med volumnom in kapaciteto in da se povprečna hitrost avtobusov ter kapaciteta avtobusnega pasu z višanjem volumna in števila desnih zavijalcev, ustrezno zmanjšujeta.

### 3.9 Lahka železnica

Skoraj nedopustno bi bilo, ko bi se vsaj malo ne pomudil pri primerjavi, ki se zdi močno na mestu. Še posebej vzlic dejstvu, da ima primerjajoči sistem množico pristašev tudi pri nas skupaj z bolj ali manj resnimi načrti njega izgradnje v Ljubljani. Gre seveda za lahko mestno železnico, ki si je v mnogih stvareh zelo podoben s HAP sistemom, a se po drugi strani spet ločuje po lepem številu njih, morda še bolj tako zaradi posameznikov, ki s svojo ideološko predstavo favorizirajo eno ali drugo obliko javnega mestnega prevoza in ob tem nakazujejo zajetne razkorake med sicer sorodnima sistemoma.

Vzrok, da sta si sistema podobna leži v dejstvu, da se HAP v veliki meri zgleduje po lahki železnici, pri čemer želi v svojem okvirju združiti vse prednosti, ki jih ta ponuja in jih dostaviti pod dostopnejšimi pogoji. Da so vse prednosti HAP sistemu nedosegljive, o tem ni dvoma, kakor tudi ne o tem, da bi bilo vredno dvakrat preveriti dostopnost (ne samo finančno, kot sledi), ali dosega obljubljeni nivo, ki se razkriva ob hitri primerjavi.

Že res, da znajo pristaši enega in drugega sistema slepo vleči vsak na svojo stran in jo povsem prepričljivo tudi zagovarjati, a kot že tolikokrat prej, tudi tu leži resnica nekje vmes. Dejstvo je, da noben od sistemov ne predstavlja idealne odločitve v vseh danih pogojih. Zato je smiselno, da se posamezni konkretni primeri preučijo ter se glede na izsledke upoštevajo najsmotnejše rešitve, ki se najbolj ujemajo z zmožnostmi, idejami in željami posameznih skupnosti in okolja. Poglavitni element, ki se jih zasledi pri odločanju, je gotovo kapital, potreben za izvedbo projekta, tekoče in vzdrževalne stroške, neposredni vplivi, ki jih prinaša posamezni sistem, hkrati pa se pojavijo še druga vprašanja, ki nikakor niso drugotnega pomena. Na primer, kaj prinašajo novosti v smislu izboljšanja okolja, boljših izkoriščenosti zemljišč ali ekonomskega razvoja. Vse to je potrebno oceniti po pomembnosti in obravnavati kot celoto, če se želimo dokopati do pravega odgovora na vprašanje kateri sistem je pravi.

Nivo uslug, hitrost, zanesljivost in stroški zavisijo od posameznega okolja, kakor tudi sprejetost med uporabniki.

Da bi iz obstoječih podatkov avtobusnega mestnega prometa lahko izvlekli vzporednice in na njihovi osnovi oblikovali pričakovanja o HAP sistemu je seveda zelo težko. Predvsem sta tukaj razliki v samem načinu delovanja in številu ljudi, ki jih bo ta prepričal.

Poleg neposrednih in vzdrževalnih stroškov, ki jih nosita s sabo HAP in lahka železnica, je pošteno, da pri obravnavi hitrosti in potovalnih časov ne upoštevamo le rezultatov neposrednih potovanj, temveč celotne čase in hitrosti, kjer se k osnovnim potovanjem prišteje

tudi del, ki je potreben da se opravi celotno potovanje – od izvora do cilja. S tem dobimo primerljivejše rezultate, ki vključujejo tudi dostopnost prevoza in nadaljnjo vezavo na ostale linije.

	<b>HAP</b>	<b>Lahka železnica</b>
<b>Delovno okolje</b>	Mestni javni promet, mešani in prednostni prometni pasovi	Mestni javni promet, mešani in prednostni prometni pasovi
<b>Minimalna širina pasu</b>	3,5 m za en pas	3,7 m (en tir), 7,4 m (dva tira)
<b>Dolžina vozila</b>	Od 12 do 25 m	Od 14,6 do 36,6 m
<b>Kapaciteta vozila</b>	Od 60 do 140	Od 80 do 200
<b>Pogon</b>	Bencin, dizel, elektrika, hibrid	Elektrika, dizel
<b>Vkrcaje</b>	Ulica, nizki in visoki platoji	Ulica, nizki in visoki platoji
<b>Najvišja hitrost</b>	90 km/h	90 km/h
<b>Cena vozil</b>	Od 350.000 eur naprej	Od 1.800.000 eur naprej
<b>Prikladnost postajališč</b>	Informacije, prodajalna, usluge	Informacije, prodajalna, usluge
<b>Minimalni razmaki vozil</b>	60 do 90 sekund	60 do 90 sekund
<b>Povprečna delovna hitrost</b>	10 km/h (mešani promet), 90 km/h (namenski pasovi)	10 km/h (mešani promet), 90 km/h (namenski pasovi)
<b>Kapaciteta</b>	Od 4.000 do več kot 20.000 potnikov na uro (odvisno od uporabljenih vozil in pasov)	Od 5.000 do več kot 20.000 potnikov na uro (odvisno od uporabljenih vozil in pasov)
<b>Cena pasov</b>	Od 1 do 70 milijonov eur za kilometer	Od 10 do 120 milijonov eur za kilometer
<b>Vzdrževalni stroški</b>	Od 40 do 90 eur na vozilo na uro	Od 80 do 190 eur na vozilo na uro
<b>Prilagodljivost</b>	Možno uvajanje novih linij in njihovo prilagajanje	Linije so omejene na načrtane koridorje

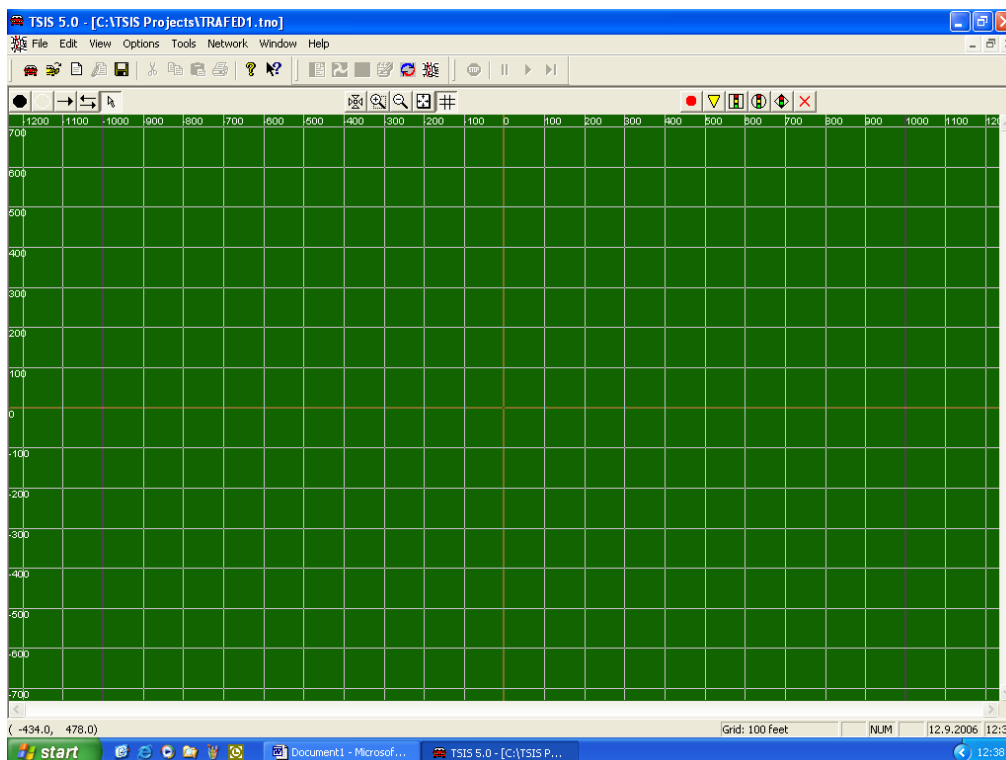
Primerjava lastnosti VVZ sistema in tramvaja

#### 4 OSNOVE DELA S PROGRAMOM TSIS

Za simuliranje obstoječega stanja na obravnavanem območju, ki se razteza od križišča Celovške ceste in M.O.C., do križišča Celovške ceste in Kosmačeve ulice, in posledic, ki izhajajo iz vključenih novosti, sem uporabil program TSIS, v katerem je mogoče upoštevati tudi javni promet. V smislu kratke obnove priprave modela, sledi kratek oris po korakih, kako do njega priti. To pot brez dodatnega dela z njegovo optimizacijo.

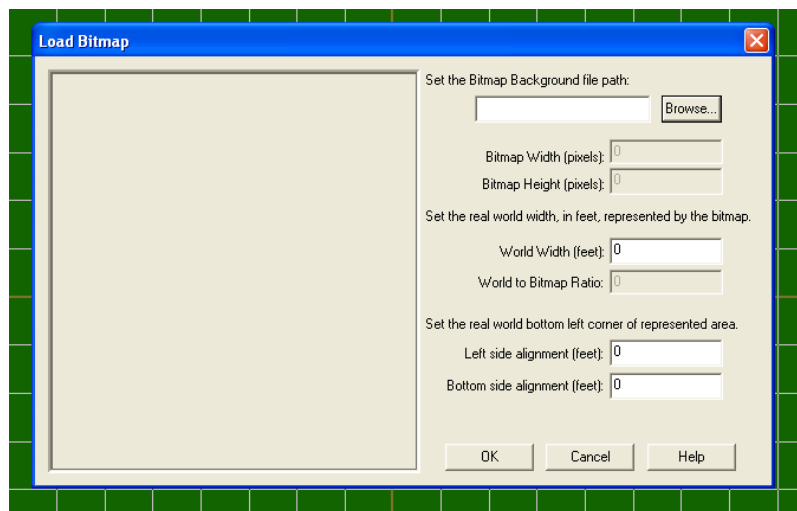
Koraki ki sledijo veljajo za različico programa 5.0 in se utegnejo od ostalih verzij razlikovati, a verjamem, da je princip pri vse v splošnem isti.

Za začetek hočemo izrisati mrežo, ki bo predstavljala delovno območje našega modela. To je mogoče v razdelku TRAFED (file-new-TRAFED file):



**Delovno okno programa TSIS**

Na trenutno prazno mrežo lahko vključimo podlogo, torej sliko območja v katerem bo naš model stal. To storimo preko visečega menija Network (Network-Load Bitmap).

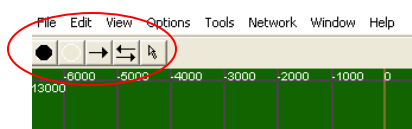
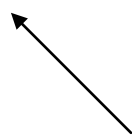


Izbor podlage – bitmap

Izberemo pot do slike, ki nam predstavlja podlaga, a mora biti ta izključno \*.bmp datoteka. V primeru da temu ni tako, jo je potrebno poprej konvertirati (npr. Photoshop). Ko je slika vstavljena, jo je v razdelku World Width potrebno umeriti, da dobimo pravšnje razmerje, ko rišemo (vse dolžine so v Feet-ih!). Da je temu tako, potrebujemo neko znano dolžino (npr. razdalja med dvema križiščema), ki jo primerjamo s to razbrano iz slike. Pravo razmerje lahko vstavimo naknadno (Network-Load Bitmap).

Zdaj lahko začnemo graditi mrežo, ki je v grobem sestavljena iz dveh gradnikov. To sta node (vozlišče) in link (vez). Pri postavki node lahko izbiramo med surface node (vezi na običajnih cestah) in freeway node (rezerviranimi za hitre ceste). Med povezavami na drugi strani, sta na izbiro le eno in dvosmerna povezava. Elemente, ki jih morda še potrebujemo izdelujemo s pomočjo osnovnih gradnikov.

Osnovni gradniki mreže



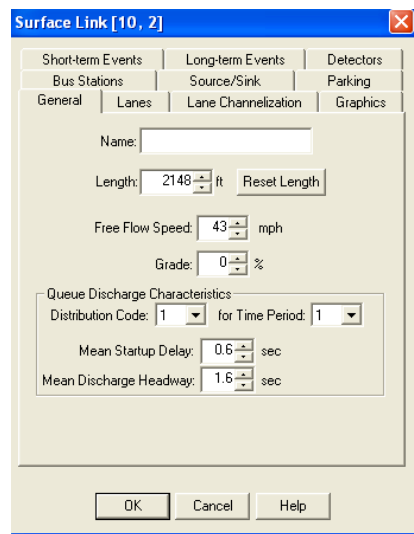
Če se vezi končajo brez vozlišča, se to mesto predvidi kot vstopno mesto v sistem. Ta mesta so označena s števili med 8000 in 8999. Če se znotraj mreže pojavijo nova križišča, oziroma razcepi, so ti označeni s števili od 1 do 6999, poseben primer pa so notranji izvori, ki so označeni s števili od 2000 do 2999. Vsakem takem mestu je potrebno določiti število vozil, ki preko njega vstopajo v sistem. To storimo z dvoklikom na njegov začetek (ali desni miškin gumb – Edit Node), pri čemer se odpre pogovorno okno:

Entry Volumes or Counts	
Start time	Flow
0	1926
*	

#### Določanje lastnosti izvorom

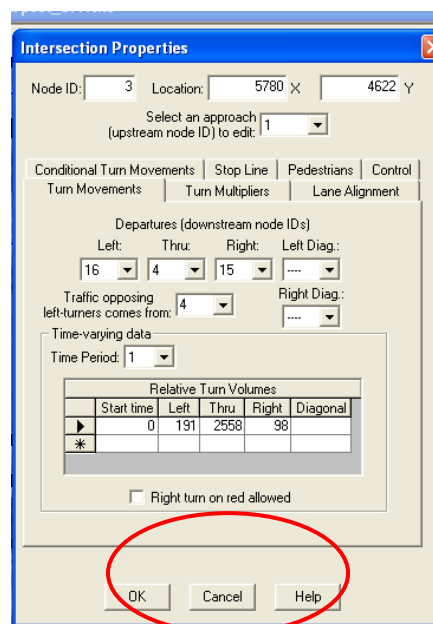
kjer pod postavko Flow vpišemo volumen prihajajočih vozil iz dane smeri. Prav tako se tukaj določi delež kamionov in uporabnikov Carpool-ov v procentih od skupnega volumna.

Vezi med vozlišči so prvenstveno nastavljene na dvopasovne, a je to moč spremeniti z dvoklikom nanje (ali desni miškin gumb – Edit Link). Poleg tega lahko tu določamo hitrost na odseku (v mph), žepe za zavijalce – število in dolžino, določimo agresivnost voznikov (vključevanje, speljevanje), namenimo kak pas prvenstveno določenim uporabnikom, ali namenu, določujemo avtobusna postajališča, zanke ...



**Določanje lastnosti povezavam**

Križišča moramo opremiti s podatki o smereh vožnje skozi njih. V osnovi so ta razdeljena na enakomerne deleže, zato jih je potrebno ustrezno popraviti preko pogovornega okna Intersection Properties (dvoklik na križišče, ali desni miškin gumb – Edit Node).

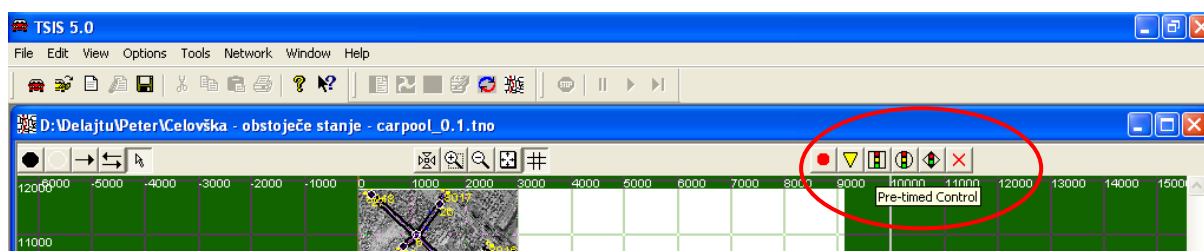


**Določanje lastnosti v križišču po smereh**



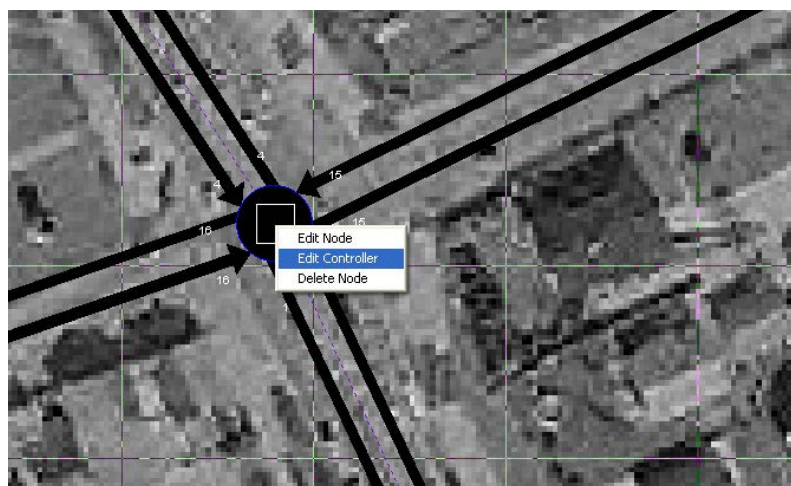
Nastavitev po smereh je možna s številom dejanskega prometa, ali pa procentualno po smereh, kjer mora seštevek vseh postavk znašati sto.

V križiščih so navadno postavljeni semaforji, ki jih moramo vnašati sami s pomočjo ukaza Pre-timed Control.



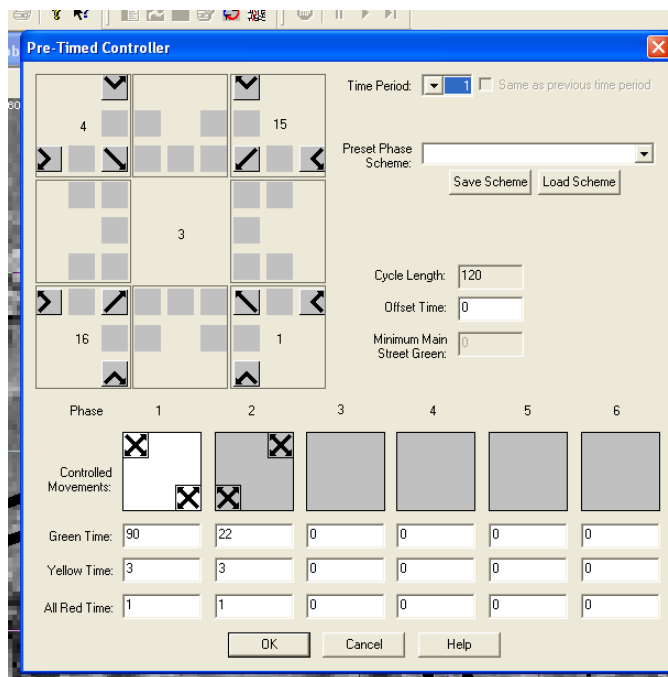
#### Izbor tipa signalizacije

Ko postavimo semaforje, jim moramo določiti program. Tega nastavimo preko pogovornega okna Pre-timed Controller. Do njega dostopimo z desnim klikom na vozlišče s semaforjem in izberemo možnost Edit Controller.




#### Izbor semaforja posameznega križišča

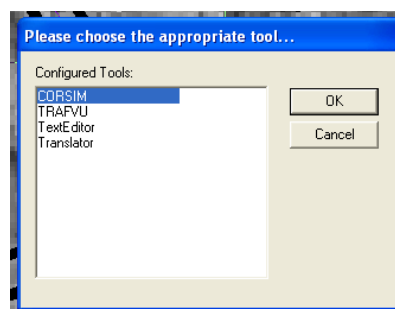
Zdaj se nam odpre pogovorno okno :



**Določanje faz posameznega križišča**

Tu grafično določimo faze, jim predpišemo trajanje zelene faze in vmesni časov.

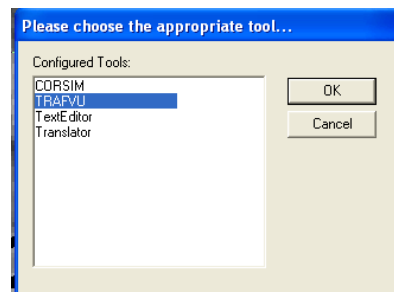
Ko nam uspe doseči želeno obliko mreže, preko znaka Translator  pripravimo vhodno datoteko \*.trf. Zdaj dotično datoteko odpremo z delom programa CORSIM (File-Open-\*.trf).



**Izbor "orodja" CORSIM**

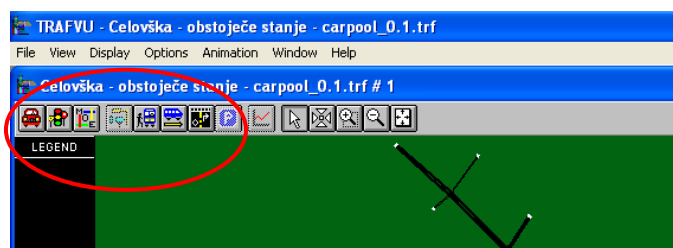
Da se prepričamo o pravilnosti vnesenih podatkov, pogledamo v novonastalo datoteko \*.out, kjer nas na dnu, v primeru napak, čaka opozorilo.

V nasprotnem primeru lahko pogledamo simulacijo, ki jo poženemo s ponovnim izborom datoteke \*.trf, a jo tokrat poženemo s TRAFVU delom.



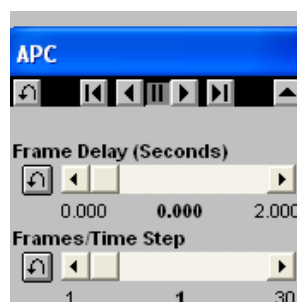
Izbor "orodja" TRAFVU za pogon simulacije

Odpre se nam novo okno. Sprva prazno cest opremimo z vozili, semaforji, postajališči... v izbirnem meniju.



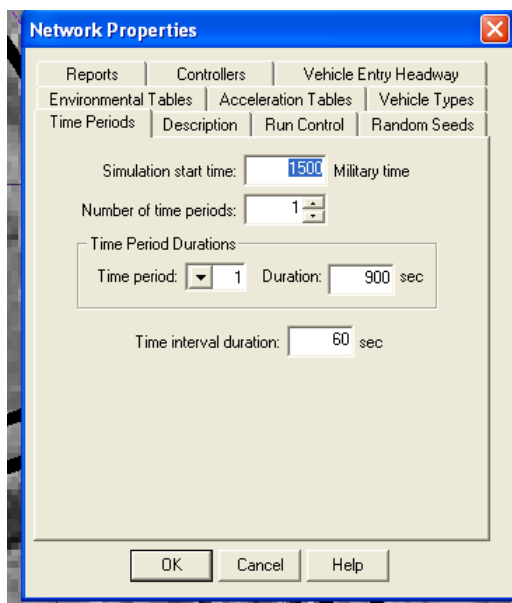
izbirni meni znotraj okolja TRAFVU

V oknu APC, določimo hitrost odvijanja simulacije (Frame Delay in Frames/Time Step).



Kontrole odvijanja simulacije

Ko smo namestili potrebno stisnemo gumb Play, čemur sledi simulacija. Če smo čas simulacije predhodno pozabili nastaviti, ali pa se izkaže, da nastavljeni čas ni primeren, lahko to spremenimo v TSIS, v visečem meniju Network (Network-Properties).



**Pogovorno okno za določanje lastnost mreže**

V zavihku Time Periods, smemo določiti začetek simulacije (Simulation start time), dolžino trajanja simulacije (Duration) in dolžino časovnega intervala (Time interval duration).

Če je simulacija pravilna, torej odraža stanje, ki ga lahko prepoznamo kot realno, je vzpostavitev modela dejanskega stanja s tem končana in lahko začnemo vnašati spremembe, s katerimi mislimo, da utegnemo stanje izboljšati, ali ne pretirano poslabšati (odvisno pač od namena). V kolikor pa model vstavljenim izmerjenim količinam navkljub ne predstavlja dejanskega stanja, je potrebno tak model optimizirati, da se zagotovijo kar najboljši rezultati in nenazadnje smiselnost našega početja.

## **5 REZULTATI MODELA**

### **5.1 Izhodišča modela**

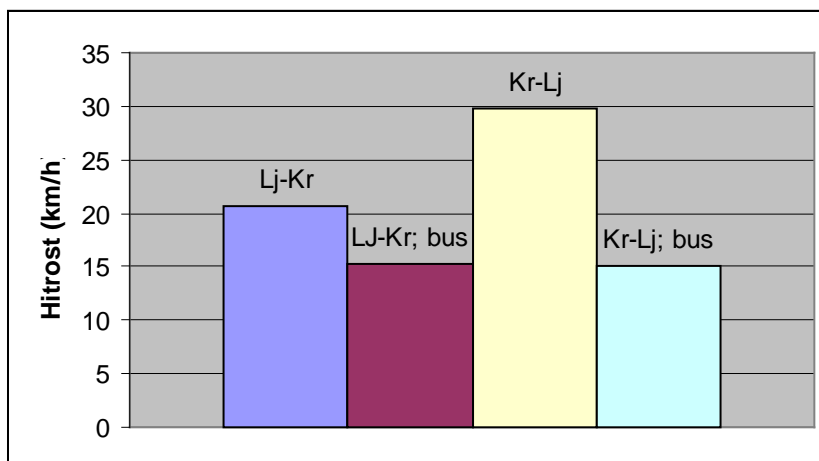
Območje, ki sem ga obravnaval se razteza od križišča Celovške ceste in M.O.C., do križišča Celovške ceste in Kosmačeve ulice. V navezi s programom TSIS, sem vzpostavil simulacijo prometa na tem območju in se osredotočil na pogoje, ki vladajo na Celovski cesti, tako v smeri proti Gorenjski, kot v smeri središča mesta Ljubljane.

Obravnavani sta bili torej obe konici, tako dopoldanska, kot popoldanska. Prva je omejena s časovnim okvirjem med 7 in 8 uro, ko je smer proti centru najbolj obremenjena, druga konica pa med 15<sup>30</sup> in 16<sup>30</sup> uro, ki predstavlja nekako najbolj obremenjeno popoldansko uro, ko se velika večina dnevnih migrantov vrača domov.

Ker je popoldanska konica, tista, ki sem jo prvenstveno opazoval, bom primerjavo najprej začel z njo. Model v svoji osnovni obliki daje rezultate, ki ne potrebujejo nikakršnih posegov, ampak kažejo zadovoljivo stanje. Iz prej omenjenih razlogov, je to seveda pričakovano nerealno. Modificiran model je zatorej tisto izhodišče, ki bo dajalo podatke na katere se bodo navezovali rezultati ob upoštevanju novega pasu. Vse številke, ki se bodo omenjale predstavljajo EOV (enota osebnih vozil) in so zatorej v njih zaobjeta tudi ostala prevozna sredstva. Modificirana oblika, na katero se bom od zdaj naprej skliceval kot osnovno, daje sledeče rezultate: povprečna hitrost, ki jo dosega osebna vozila vzdolž koridorja v smeri proti Ljubljani (manj obremenjena smer), je 29,7 km/h, tista zanimivejša, je seveda smer iz Ljubljane proti Gorenjski (bolj obremenjena smer). Tu znaša povprečna hitrost osebnih vozil 20,7 km/h in je morda še zmeraj za kak kilometer na uro previsoka glede na realno stanje, pa vendar se je zdela nastala situacija v simulaciji dober odraz dejanskega stanja. Zato lahko sklepam, da bodo rezultati, ki bodo posledica raznih ukrepov, tako verno odražali njihovo učinkovitost.

### **5.2 Primerjava povprečnih hitrosti**

Avtobusni promet, naše prvenstveno zanimanje, seveda ne dosega hitrosti osebnih vozil. V bolj obremenjeni smeri tako dosega v povprečju hitrost 15,2 km/h, medtem ko je tista v manj obremenjeni smeri celo za odtenek nižja - 15 km/h, čeprav je hitrost prometnega toka tam v povprečju višja za 9 km/h. Tako dosega javni promet le dobrih 70% hitrosti ostalega prometa, oziroma v manj obremenjeni smeri celo le dobrih 50%.



**Grafikon 1: Povprečna hitrost ob popoldanski konici**

\* Lj-Kr - hitrost osebnih vozil v smeri proti Gorenjski

**Kr-Lj - hitrost osebnih vozil v smeri proti mestu**

**Lj-Kr; bus - hitrost javnega prometa v smeri proti Gorenjski**

**Kr-Lj; bus - hitrost javnega prometa v smeri proti mesta**

Vzroke za nižjo hitrost gre gotovo iskati v razporeditvi postajališč, vkrcevalnih časih in izkoriščenosti sosednjega pasu, ki pogojujejo vključevanje avtobusov v prometni tok ob zupuščanju postajališča. In pa, seveda, desni zavijalci. Ti zadržujejo avtobuse za seboj. Ob njihovem večjem številu to predstavlja pomemben faktor pri podaljšanem potovalnem času, torej neposredno tudi pri potovalni hitrosti. Hkrati pa ob previsoki izkoriščenosti sosednjega pasu ne obstaja možnost obvoza, še posebej če vemo, da se avtobusi navadno ne vključujejo v promet skrajno levega pasu. Izkoriščenost sosednjih pasov v bolj obremenjeni smeri na primer zavzame vrednost okoli 75%, v manj obremenjeni nekoliko manj - 60%. Ta podatek se seveda nanaša na oba pasova in upravičeno lahko privzamemo, da je desni pas nekaj bolj obremenjen, zato je dostopnost tega pasu še nižja, torej še manj dostopna avtobusom ob ponovnem vključevanju. Dejanska situacija je torej daleč od tiste izhajajoče iz štetja v križiščih. Vsakršen poizkus izboljšave bi bil torej dobrodošel.

### **5.2.1 Namenski pas**

Tak poizkus je vzpostavitev namenskega avtobusnega pasu vzdolž celotnega koridorja. Pričakovati je bilo, da se bodo razmere s tem občutno izboljšale in iz rezultatov simulacije razberemo, da je temu res tako. Hitrost avtobusnega prometa se v bolj obremenjeni smeri poviša na 23,5 km/h, v nasprotni smeri pa na 27,6 km/h. Dosežemo torej povišanje za 8,3

km/h ali skoraj 55% v smeri iz Ljubljane, medtem ko je v nasprotni smeri povišanje še izrazitejše - 12,6 km/h ali 84%. Ti novi hitrosti sta tako primerljivi s hitrostmi, ki so jih v osnovnem primeru dosegala osebna vozila. Če privzamemo za povprečno zasedenost avtobusov le 15 oseb na vozilo (ki pa je v času konic vendarle višja), oskrbi tak pas 1905 oseb na uro, kar je v primerjavi s sosednjima pasovoma (3114 oseb na uro ob upoštevanju zasedenosti vozil 1,1 oseb/vozilo) bistveno več - 22%. Število oseb, prepeljanih z javnim prometom bi tako ob tej predpostavki poraslo glede na osnovno stanje za 1335 oseb. Takšna številka gotovo ni zanemarljiva, še posebej če vzamemo v misel idejo, da bi teh 1335 oseb posadili v osebne avtomobile in jim namenili pas, ki je zdaj namenjen avtobusom. To bi pomenilo 1214 avtomobilov, kar ni tako daleč od volumna pasu, ki še zdaleč ne dosega pretok idealnih 1900 vozil na uro. Stanje bi se s tem seveda izboljšalo, za kako dolgo je seveda vprašljivo, a tu je bolj pomembno dejstvo, da bi bil avtobusni promet spet "obsojen" na slabše pogoje v katerih bi se ne mogel predstaviti kot dobra alternativa.

Ne samo, da bi se povečalo število prepeljanih oseb z avtobusi, kot predvideno, ampak gre upravičeno pričakovati, da se to zgodi v dobršnem delu na račun tistih, ki osebna vozila zanemarijo v prid javnega prevoza. Delež teh nisem predvidel, lahko pa sklepam, da so lahko razmere le boljše od teh pridobljenih iz rezultatov.

### **5.2.2 VVZ uporabniki**

Lahko pa se poigramo z idejo, da na pas za avtobuse "spustimo" vozila, ki s svojo naravo predstavljajo manjšino. Seveda imam v mislih vozila z višjo zasedenostjo, ki jim na račun učinkovitejše izrabe vozil omogočamo udobnejšo vožnjo, hkrati pa na ta račun doprinesemo deloma k boljšim razmeram na sosednjih pasovih. Uvajanje takšnih uporabnikov na posebni pas gotovo ne predstavlja večjih ovir javnemu prometu, če upoštevamo, da je avtobusov, ki delujejo v koridorju v okviru ene ure manj kot 130 in torej še zdaleč ne izkoriščajo kapacitete pasu v takšni meri, da bi nekaj dodatnih vozil bistveno vplivalo na njihove manevrske sposobnosti.

Glede na to, da ne gre pričakovati bistvenega vpliva VVZ uporabnikov na pretočnost avtobusnega pasu, je na tem mestu zanimivejši vpliv, ki bi ga "izključitev" takšnih uporabnikov imela na pretočnost sosednjih pasov. V ta namen sem predvidel dva okvirna volumna, ki bi naj ponazorila delež tistih, ki so se odločili za izrabo VVZ možnosti, ali pa se zanj že v osnovi kvalificirajo. Prvi predstavlja 5% upad volumna, medtem ko je delež

drugega 10% in je kot tak morda nerealen a bo dobro služil za primerjavo učinkovitosti. V številkah to pomeni predvideni upad volumna osebnih vozil za nekako 140, oziroma 280 vozil na uro, ki bi jih na drugi strani moral posebni pas zlahka oskrbeti.

Pri 5% "izpadu", tako hitrosti osebnih vozil še malenkost narastejo in sicer na dobrih 40 km/h, ali drugače za 5,5%. Razlika, pričakovano, ni tako izrazita kot ob uvedbi namenskega avtobusnega pasu, pa vendar dovolj velika, še posebej, če upoštevamo dejstvo, da nam praktično ni bilo potrebno za tovrstno izboljšavo dodati ničesar, le dopolniti namenskost pasu. Ob tem pridobijo tako VVZ uporabniki, kot ostali, zato bi bilo ne izkoristiti možnosti negospodarno. Kar je razbrati iz 10% "izpada", je dejstvo, da vpliv niti slučajno ne raste linearno in da tako izboljšave niso enkrat boljše kot pri 5%. V bolj obremenjeni smeri se povprečna hitrost toka osebnih vozil poveča za 1km/h, v manj obremenjeni za desetino kilometra več. Iz tega gre sklepati, da bi relativno majhen delež uporabnikov VVZ že predstavljal zadovoljivo izboljšavo, ki bi jo nadalje potenciran delež sicer večal, a ne tako drastično, da bi veljalo tak način prevoza izpostavljati zgolj v luči bistveno boljših rezultatov pri povprečnih hitrostih vozil na sosednjem pasu. Večina razlogov za izpostavljanje sistema VVZ tiči v že omenjenih ugodnih vplivih, ki jih ima predvsem na okolje, tako kar se tiče porabe goriv, kot relativne količine izpušnih plinov.

### **5.3 Nivo uslug**

Tudi kar se tiče nivoja uslug, so razmere podobne. Sprva, v osnovnem stanju, so avtobusi operirali v pogojih, ki so jih postavili v razred E na podlagi kriterijev po HCM, glede potovalnega časa, medtem ko glede hitrosti komajda dosežejo kategorijo D. Če upoštevamo opredelitev nivoja uslug glede na predlagan tip ceste in privzamemo, da gre vendarle za vpadnico, potem avtobusi operirajo, glede na potovalni čas v kategoriji D, upoštevajoč povprečno hitrost pa kategorijo C. Torej je taka ponazoritev nivoja uslug nekoliko milejša, a moramo upoštevati, da je namenjena prav avtobusnemu prometu in je kot take ni moč neposredno primerjati s kategorijami v katere razvrščamo osebna vozila.

Kaj se sme potemtakem pričakovati od primera, ko imamo na voljo dodaten namenski pas? Pravzaprav pričakovano dosti. Po HCM-ovi razdelitvi se avtobusi gibljejo tako glede na povprečni potovalni čas, kot povprečno hitrost v okvirih razreda C. Razdelitev glede na tip ceste, pa jo ponovno v obeh primerih postavlja v kategorijo višje, torej B. Tak prometni tok že



predstavlja nivo uslug, ki bi mogel biti zanimiv za potencialne nove uporabnike, še posebej, ko bi nivo uslug sosednjih pasov postal nesprejemljiv.

**Preglednica 1: Nivo uslug po HCM – obremenjena smer (popoldanska konica)**

Nivo uslug	Kriteriji po HCM	
	km/h	min/km
<b>A</b>	≥40,3	≤1,49
<b>B</b>	≥30,6	≤1,96
<b>C</b>	≥20,9	≤2,86
	<sup>2</sup> 23,51	<sup>2</sup> 2,81
<b>D</b>	≥14,5	≤4,14
	<sup>1</sup> 15,27	
<b>E</b>	≥11,3	≤5,32
		<sup>1</sup> 4,31
<b>F</b>	<11,3	>5,32

**Preglednica 2: Nivo uslug po tipu ceste – obremenjena smer (popoldanska konica)**

Nivo uslug	Mestno središče		Vpadnice		Vpadnice - predmestje	
	km/h	min/km	km/h	min/km	km/h	min/km
<b>A</b>	≥16,1	≤3,73	≥26,9	≤2,24	≥34,1	≤1,74
<b>B</b>	≥10,8	≤5,60	≥20,5	≤2,92	≥26,1	≤2,30
			<sup>2</sup> 23,51	<sup>2</sup> 2,81		
<b>C</b>	≥8,1	≤7,45	≥14,0	≤4,29	≥17,7	≤3,42
			<sup>1</sup> 15,27			
<b>D</b>	≥6,4	≤9,32	≥9,7	≤6,21	≥12,7	≤4,72
				<sup>1</sup> 4,31		
<b>E</b>	≥5,3	≤11,18	≥7,6	≤7,70	≥9,7	≤6,21
<b>F</b>	<5,3	>11,18	<7,6	>8,01	<9,7	>6,21

\* 1 Osnovno stanje

2 Posebni pas

Kljub temu, da se ob prehodu iz osnovnega stanja na tisto s posebnim pasom potovalni čas bistveno zniža (v bolj obremenjeni smeri za 35%, v manj obremenjeni smeri "le" za 24%) in je napram prej nižji za 44%, oziroma za 31%, se delež potovanja, ki ga tvorijo zamude obdrži na slabih 72%. Zamude torej v celotnem obsegu obdržijo visok delež, kar gre gotovo iskati v

naravi transportnega sistema, saj medtem, ko na osebna vozila vplivajo skorajda izključno semaforji (in seveda same kolone), vplivi na avtobuse niso zreducirani samo nanje, ampak obsegajo večji krog dejavnosti, ki že v osnovi postavijo avtobuse v podrejeni položaj (poleg semaforjev vsaj še postanki na postajališčih, desni zavijalci in posredno pešci, vključevanje v promet v kolikor ni namenskega pasu, ali pa kljub temu, ko so postajališča nameščena preblizu križiščem in se dodatno zapletajo predvsem z desnimi zavijalci).

Dopoldanska konica se glede deležev, ki jih zamude zavzemajo v okviru celotnega potovalnega časa ne oddalji od tistih pri popoldanski konici. Še vedno se gibljemo pri osnovnem modelu okrog 80% in ob uvedbi dodatnega pasu okoli 72%. Glavne razlike tako ostajajo v nivoju uslug, ki jih pas nudi v času dopoldanske konice. Ta je, v osnovnem primeru, praviloma vsaj za razred nižji od primera z dodatnim pasom in medtem, ko po HCM-ovih kriterijih hitrosti še dosegamo spodoben nivo, se pri potovalnem času izkaže, da tudi dodatni pas ne pripomore k doseganju nivoja, ki bi predstavljal brezskrben manevrirni prostor za prihodnost, ampak bi bil že danes v sprejemljivem, nikakor pa ne zelenem okvirju.

**Preglednica 3: Nivo uslug po HCM – obremenjena smer (dopoldanska konica)**

Nivo uslug	Kriteriji po HCM	
	km/h	min/km
<b>A</b>	≥40,3	≤1,49
<b>B</b>	≥30,6	≤1,96
<b>C</b>	≥20,9	≤2,86
	<sup>2</sup> 26,44	
<b>D</b>	≥14,5	≤4,14
	<sup>1</sup> 11,73	<sup>2</sup> 3,40
<b>E</b>	≥11,3	≤5,32
<b>F</b>	<11,3	>5,32
		<sup>1</sup> 5,52

\* 1 Osnovno stanje

2 Posebni pas

Kriteriji, ki povzemajo tip pasu, so nekaj bolj odpustljivi, zato tukaj pasovi zasedejo višje nivoje. Osnovno stanje sicer še zmeraj caplja v območju nivoja D, zato pa se izkaže, da bi se ob dodanem posebnem pasu razmere precej izboljšale. Glede na potovalni čas, povzdigne nova razporeditev nivo uslug javnega prometa v nivo C, a je pri tem z rezultati bliže nivoju B

kot D. Če pa se osredotočimo na primerjavo hitrosti, ta pokaže še boljše rezultate, ko se novi pas z lahkoto drži v območju nivoja B.

**Preglednica 4: Nivo uslug po tipu ceste – obremenjena smer (dopoldanska konica)**

Nivo uslug	Mestno središče		Vpadnice		Vpadnice - predmestje	
	km/h	min/km	km/h	min/km	km/h	min/km
<b>A</b>	≥16,1	≤3,73	≥26,9	≤2,24	≥34,1	≤1,74
<b>B</b>	≥10,8	≤5,60	≥20,5	≤2,92	≥26,1	≤2,30
			<sup>2</sup> 26,44			
<b>C</b>	≥8,1	≤7,45	≥14,0	≤4,29	≥17,7	≤3,42
				<sup>2</sup> 3,40		
<b>D</b>	≥6,4	≤9,32	≥9,7	≤6,21	≥12,7	≤4,72
			<sup>1</sup> 11,73	<sup>1</sup> 5,52		
<b>E</b>	≥5,3	≤11,18	≥7,6	≤7,70	≥9,7	≤6,21
<b>F</b>	<5,3	>11,18	<7,6	>8,01	<9,7	>6,21

\* 1 Osnovno stanje

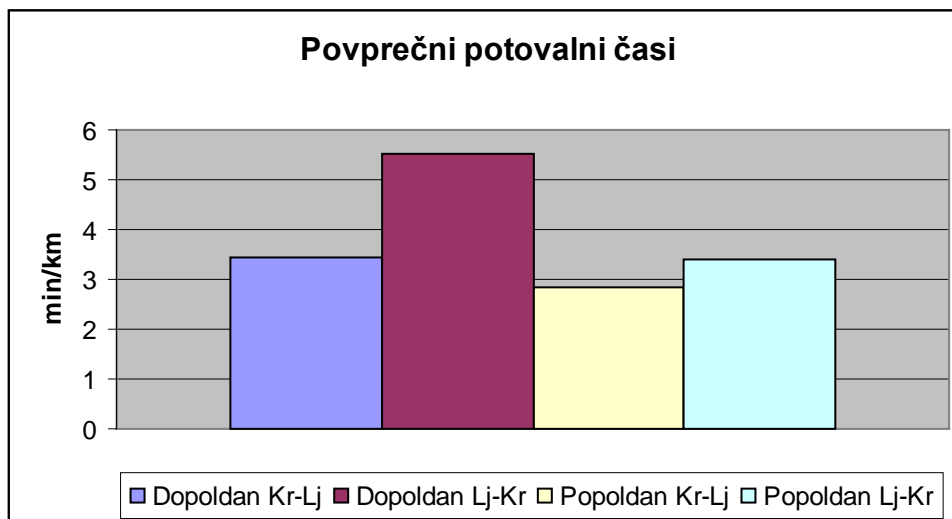
2 Posebni pas

#### 5.4 Primerjava rezultatov simulacije

Kot razlog, da bi ljudje začeli uporabljati javni prevoz raje kot osebni, je najbolj očiten tisti neposredni – vidni. Torej bi morali avtobusi dosegati vsaj takšne potovalne čase, kot jih dosegajo avtomobili, ali pa se tem zelo približati. Seveda so tu še drugi zadržki in osebna prepričanja, pa vendar bi gotovo marsikdo premislil o uporabi avtobusa, ko bi ga ta vsako jutro smelo puščal stoječega v gneči. Potrebno bi se bilo sicer odpovedati zasebnosti, ki jo nosi osebno vozilo, medtem ko zanesljivosti pravzaprav ne, vsaj v predvidenem okvirju, ko bi obstajala visokofrekvenčna linija, vodeča do obronka mesta, kjer bi lahko v sklopu P+R sistema prihajajoči pustili svoja vozila, medtem ko bi "domačine" pripeljal skorajda pred dom.

Glede na to, da skušamo prikazati javni avtobusni promet kot udobnejšo in primerljivo storitev, primerjajoč jo z avtomobili, bom primerjal obe možnosti v štirih lastnostih - povprečnem potovalnem času, številu prepeljanih oseb, učinkovitosti in povprečni hitrosti.

### 5.4.1 Povprečni potovalni čas



Grafikon 2: Potovalni časi javnega prometa različnih pasov

\* **Dopoldan Kr-Lj** – čas popoldanske konice v smeri proti mestu

**Dopoldan Lj-Kr** – čas popoldanske konice v smeri proti Gorenjski

**Popoldan Kr-Lj** – čas dopoldanske konice v smeri proti mestu

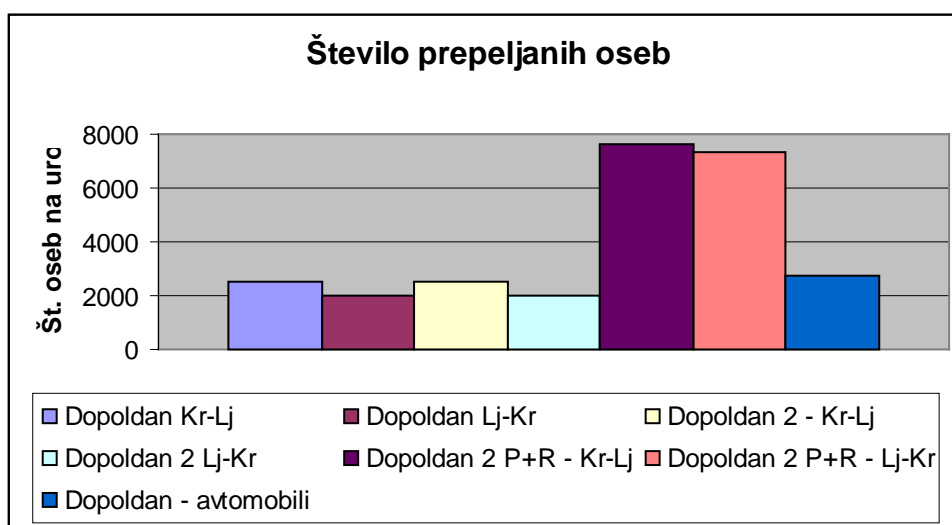
**Popoldan Lj-Kr** – čas dopoldanske konice v smeri proti Gorenjski

Povprečni potovalni časi so predstavljeni v porabljenih minutah za prevoženo razdaljo enega kilometra. Osnovno stanje daje vrednosti okoli 4,3 minute za avtobusni promet, medtem ko avtomobili za enako pot porabijo skoraj minuto manj - 3,4 minute. Procentualno izraženo, je to za dobro petino manj, torej dobrih 200 metrov v razdalji. Pot dolgo slabe tri kilometre tako opravimo 2,7 minute hitreje, kar je za relativno kratko razdaljo precejšen prihranek časa. Komur je mar predvsem za čas torej, v trenutnih razmerah ne bo posegal po javnem prometu, kljub zamudam s parkirnim mestom, še posebej če predvidimo, da ta isti čas, morda še kaj več, porabi za čakanje na, pošteno rečeno, nič kaj zanesljiv prihod avtobusov.

Predvideni posebni pas za javni promet, pričakovano dosega boljše razmere, kar potrjujejo tudi rezultati simulacije. Zdaj potrebujemo 2,8 minute za premagani kilometer, kar je 35% izboljšanje, za pot pa potrebujemo 4,5 minut manj kot poprej. Kar se zdi izvrstno, ko bi se tudi razmere na sosednjih pasovih ne izboljšale v enaki meri. Tako ostaja razlika v potovalnih časih skoraj enaka, torej 0,9 minute. Avtomobili spet predstavljajo znatno hitrejšo potovanje in smiselnost javnega prevoza v tej luči še vedno ostaja vprašljiva. Vsaj dokler se promet na sosednjih pasovih ne bi povečal za delež, ki bi spremenil razmere v prid javnega prometa.

### 5.4.2 Število prepeljanih oseb

Tukaj bi šlo iskati največjo upravičenost namenskega avtobusnega pasu. Če bi se izkazalo, da avtobusni promet prepelje bistveno več uporabnikov od tistih na sosednjih pasovih in bi s potencialno novimi uporabniki še dodatno izboljšali razmere na sosednjih pasovih, bi se zdel tak pas povsem upravičen. Ker gre za mestno cesto, volumen ceste ne dosega števila 1900 vozil na uro, ki se ga rado uporablja za maksimalno kapaciteto v prostem prometnem toku. Tukaj pas doseže kvečjemu število 1600, najraje nekaj manj, okoli 1400 vozil na uro.



Grafikon 3: Število prepeljanih oseb na uro ob različnih pogojih

\* Dopoldan Kr-Lj – čas dopoldanske konice v smeri proti mestu

Dopoldan Lj-Kr – čas dopoldanske konice v smeri proti Gorenjski

Dopoldan 2 - Kr-Lj – čas dopoldanske konice, upoštevajoč dodatni pas, v smeri proti mestu

Dopoldan 2 - Lj-Kr – čas dopoldanske konice, upoštevajoč dodatni pas, v smeri proti Gorenjski

Dopoldan 2 P+R - Lj-Kr – čas dopoldanske konice, upoštevajoč dodatni pas in P+R, v smeri proti Gorenjski

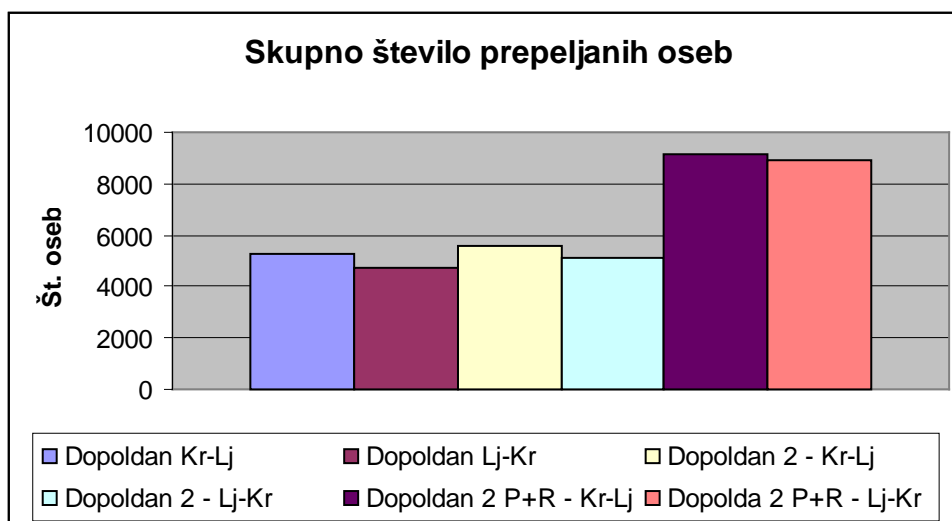
Dopoldan 2 P+R - Kr-Lj – čas dopoldanske konice, upoštevajoč dodatni pas in P+R, v smeri proti mestu

Dopoldan - avtomobili – čas dopoldanske konice v smeri proti Gorenjski – obstoječa pasova

V obeh možnostih sem predvidel, da so avtobusi dodobra zapolnjeni, konec koncev gre za čas prometnih konic, ko je pretok ljudi največji. Torej je pri vseh izračunih upoštevano, da je povprečna zasedenost posameznega avtobusa 60 oseb, medtem ko je za avtomobile upoštevana neslavna številka 1,1 osebe na vozilo.

Že osnovni pretok avtobusov zagotavlja ob zgornji predpostavki 2500 oseb na uro. Če prestavimo to število v osebna vozila, to pomeni 2273 novih vozil, ki bi jih dodali dosedanjim 1370. Gre za številko, ki bi ob današnjih razmerah vodila v kaotično stanje.

Ob uvedbi dodatnega pasu se razmerje še izraziteje nagne na stran avtobusov. To gre predvsem na rovaš dodatne linije, ki bi naj oskrbela povpraševanje tistih, ki bi puščali svoja vozila ob prihodu nekje v predmestju, pa vendar. Bistveno višje število avtobusov pomeni 7600 oseb na uro, ali 6900 novih vozil, kar bi ne zmožel noben pas, za takšno število njih, ki bi zadovoljili takšno število, pa enostavno ni prostora.



Grafikon 4: Skupno število prepeljanih oseb v različnih pogojih

\* Dopoldan Kr-Lj – čas dopoldanske konice v smeri proti mestu

Dopoldan Lj-Kr – čas dopoldanske konice v smeri proti Gorenjski

Dopoldan 2 - Kr-Lj – čas dopoldanske konice, upoštevajoč dodatni pas, v smeri proti mestu

Dopoldan 2 - Lj-Kr – čas dopoldanske konice, upoštevajoč dodatni pas, v smeri proti Gorenjski

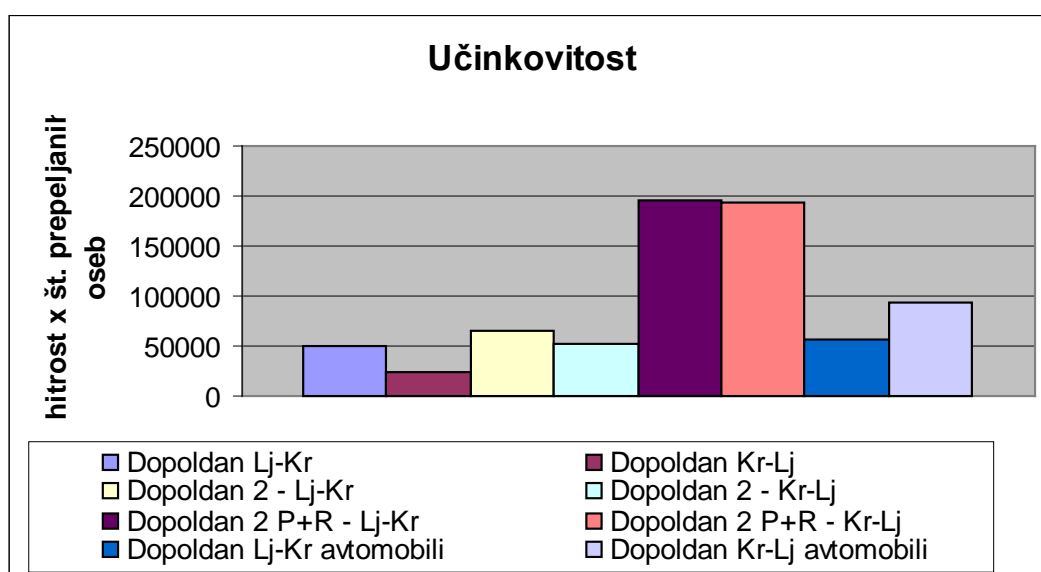
Dopoldan 2 P+R - Kr-Lj – čas dopoldanske konice, upoštevajoč dodatni pas in P+R, v smeri proti mestu

Dopoldan 2 P+R - Lj-Kr – čas dopoldanske konice, upoštevajoč dodatni pas in P+R, v smeri proti Gorenjski

Glede skupne količine prepeljanih oseb, premore osnovno stanje oskrbeti 5200 oseb in je skoraj enak tistemu, ki upošteva posebni pas za javni promet (5580 oseb), saj je glavna razlika v osnovi le v nekaj izboljšanih razmera na sosednjih pasovih (povečan pretok za 380 vozil na uro – oba pasova). Predvidena gosta frekvenca avtobusov povezana z P+R sistemom, bi seveda dajala še bistveno boljše rezultate (9100 oseb na uro), a ostaja ta možnost samo kot prikaz potenciala, ki ga nosi namenski pas za javni promet.

### 5.4.3 Učinkovitost

Mero učinkovitosti sem opredelil kot zmnožek pretoka oseb na posameznem pasu in njegove povprečne hitrosti. Pravzaprav gre za združek dveh pomembnih faktorjev, ki nakazujeta katera od možnosti je primernejša. Spet gre za iskanje najboljšega razmerja med dvema skrajnostma. Na eni strani uporabnike, ki potujejo z nadpovprečnimi potovalnimi hitrostmi, a je njihovo število ustrezno majhno in na drugi strani visoko število prepeljanih oseb čez nek odsek, a ob izjemno nizki potovalni hitrosti.



Grafikon 5: Učinkovitost posameznih pasov

\* Dopoldan Lj-Kr – čas dopoldanske konice v smeri proti Gorenjski

Dopoldan Kr-Lj – čas dopoldanske konice v smeri proti mestu

Dopoldan 2 - Lj-Kr – čas dopoldanske konice, upoštevajoč dodatni pas, v smeri proti Gorenjski

Dopoldan 2 - Kr-Lj – čas dopoldanske konice, upoštevajoč dodatni pas, v smeri proti mestu

Dopoldan 2 P+R - Lj-Kr – čas dopoldanske konice, upoštevajoč dodatni pas in P+R, v smeri proti Gorenjski

Dopoldan 2 P+R -Kr-Lj – čas dopoldanske konice, upoštevajoč dodatni pas in P+R, v smeri proti mestu

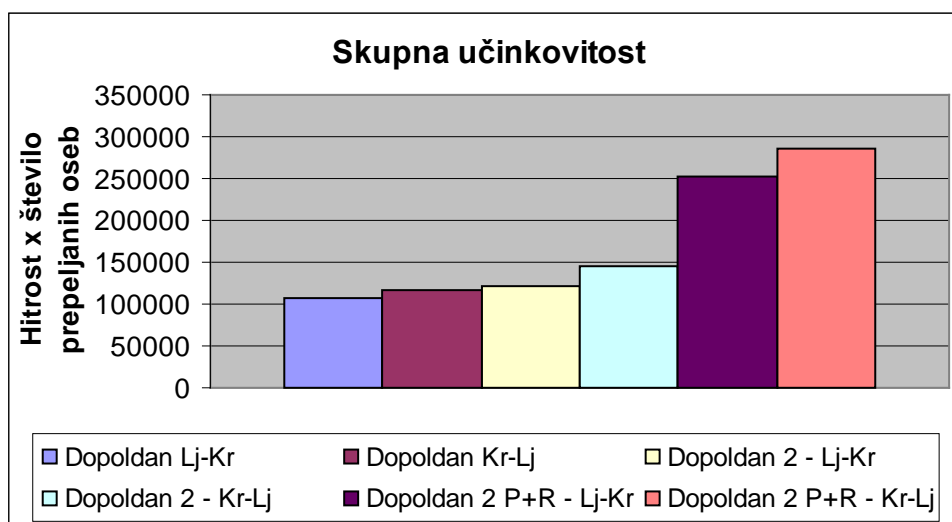
Dopoldan Lj-Kr - avtomobili – čas dopoldanske konice v smeri proti Gorenjski – obstoječa pasova

Dopoldan Kr-Lj - avtomobili – čas dopoldanske konice v smeri proti mestu – obstoječa pasova

Osnovno stanje, ki vlada danes, brez dvoma nakazuje, da je učinkovitost samega avtobusnega prometa precejšnja, še posebej, če upoštevamo, da velja rezultat, ki ga dosegajo avtomobili na sosednjem pasu, za oba pasova.

Še višjo učinkovitost dosežemo z novim pasom, ki zaradi višje povprečne hitrosti izkazuje višjo učinkovitost, še posebej pride do izraza bolj obremenjena smer, kjer je razlika med

hitrostmi večja. Daleč najučinkovitejša bi bila učinkovito izrabljena ideja P+R. Njena učinkovitost, ob predpostavljenih lastnostih, bi bila kar trikrat višja. Če si zamislimo, kako bi se to odražalo na sosednjih pasovih, vidimo, da bi pravzaprav ne potrebovali drugih pasov. Vseeno gre le za teoretično možnost, ki služi bolj kot prikaz potenciala in ne predstavlja toliko realne možnosti.



Grafikon 6: Skupna učinkovitost pasov ob različnih pogojih

\* Dopoldan Lj-Kr – čas dopoldanske konice v smeri proti Gorenjski

Dopoldan Kr-Lj – čas dopoldanske konice v smeri proti mestu

Dopoldan 2 - Lj-Kr – čas dopoldanske konice, upoštevajoč dodatni pas, v smeri proti Gorenjski

Dopoldan 2 - Kr-Lj – čas dopoldanske konice, upoštevajoč dodatni pas, v smeri proti mestu

Dopoldan 2 P+R - Lj-Kr – čas dopoldanske konice, upoštevajoč dodatni pas in P+R, v smeri proti Gorenjski

Dopoldan 2 P+R -Kr-Lj – čas dopoldanske konice, upoštevajoč dodatni pas in P+R, v smeri proti mestu

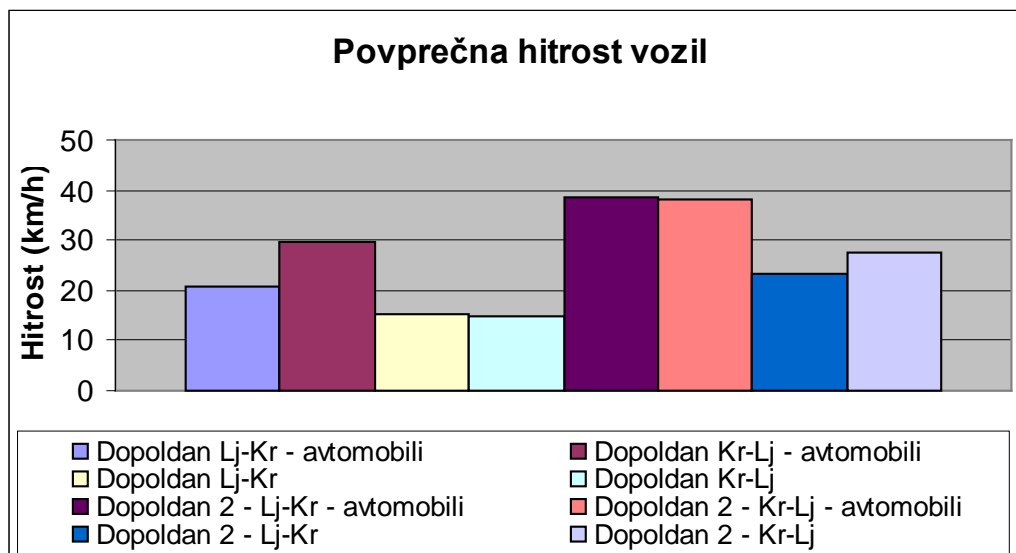
#### 5.4.4 Povprečna hitrost

Tisto kar najbolj opazimo je seveda hitrost s katero premagujemo razdalje. V okolju, kot je zgornja Celovška cesta, je utopično pričakovati, da bi vozila dosegala vsaj približno dovoljeno hitrost (70 km/h). Avtobusi so zaradi svojih dodatnih zamud še bolj omejeni pri doseganju relativno visokih povprečnih hitrosti in v tem oziru le težka konkurirajo osebnim vozilom.

Če se osredotočim le na bolj obremenjeno smer, se povprečna hitrost avtobusov komajda prebije čez 15 km/h, čeprav utegne prav tako biti še nižja. Ostali promet sicer ne posega s



številko v višave, pa vendar z dobrimi 20 km/h zlahka preseže avtobuse. Obe hitrosti sta daleč od zelenih. Ko bi se povzpeli za vsaj 10 km/h, bi to predstavljalo izrazito izboljšanje.



Grafikon 7: Povprečna hitrost vozil ob različnih pogojih

- \* Dopoldan Lj-Kr - avtomobili – čas dopoldanske konice v smeri proti Gorenjski – obstoječa pasova
- Dopoldan Kr-Lj - avtomobili – čas dopoldanske konice v smeri proti mestu – obstoječa pasova
- Dopoldan Lj-Kr – čas dopoldanske konice v smeri proti Gorenjski
- Dopoldan Kr-Lj – čas dopoldanske konice v smeri proti mestu
- Dopoldan 2 - Lj-Kr- avtomobili – čas dopoldanske konice, upoštevajoč dodatni pas, v smeri proti Gorenjski
- Dopoldan 2 - Kr-Lj- avtomobili – čas dopoldanske konice, upoštevajoč dodatni pas, v smeri proti mestu
- Dopoldan 2 - Lj-Kr – čas dopoldanske konice, upoštevajoč dodatni pas, v smeri proti Gorenjski
- Dopoldan 2 - Kr-Lj – čas dopoldanske konice, upoštevajoč dodatni pas, v smeri proti mestu

Kar se pravzaprav tudi zgodi, ko uvedemo posebni pas. Hitrost avtobusnega prometa se, osredotočenega na svoj pas, povzpne na 23,5 km/h (za dobrih 50%), medtem ko je ta na sosednjem pasu 38,5 km/h, kar je pravzaprav že zavirljiva hitrost, še posebej v luči prejšnjega rezultata, ki je približno 46% slabši. Kot že predstavljeno, gre za rezultate, ki zagotavljajo, da pasova nudita visok nivo uslug. Pravzaprav sta hitrosti že skoraj v območju kategorije A, kar pomeni, da tak pas nikakor ni optimalno izkoriščen, seveda pa moramo ta rezultat vzeti vsaj z nekaj malega rezerve, ko vendarle predpostavimo, da ga utegnejo uporabljati VVZ uporabniki, ki pa vseeno ne vplivajo v res znatni meri s svojim številom na avtobusni promet.

### 5.5 Primerjava HAP pasu

Če povzamemo obe obliki izvajanja javnega prometa jima določimo prevlado v zgornjih štirih lastnosti, dobimo sledeče rezultate:

**Preglednica 5: Primerjava učinkovitosti posameznega HAP pasu**

	<b>Osnovno stanje</b>	<b>HAP pas</b>
<b>Povprečni potovalni čas</b>	3,4 min/km	2,8 min/km
<b>Število prepeljanih oseb</b>	2500 oseb/uro	2500 (7600 – P+R) oseb/uro
<b>Učinkovitost</b>	50400	64400
<b>Povprečna hitrost</b>	15,2 km/h	23,5 km/h

Kar sledi iz teh rezultatov, je, da je posebni pas dosti učinkovitejši od sedanje oblike vršenja javnega prevoza. Ne samo, da se za 18% zniža povprečni potovalni čas in poviša hitrost za 54%, ampak ima tak pas tudi ugoden vpliv na promet sosednjih pasov, predvsem zato, ker ga deloma uporabljajo tudi desni zavijalci, ki s tem omogočijo ostalim udeležencem prosto pot skozi križišče.

**Preglednica 6: Izboljšave glede na osnovno stanje ob različnih pogojih**

(Izboljšave v %)	<b>Osnovno stanje</b>		<b>HAP pas</b>	
	<b>Bus</b>	<b>Avto</b>	<b>Bus</b>	<b>Avto</b>
<b>Potovalni čas</b>	0%	0%	-35%	-43%
<b>Število prepelajnih oseb</b>	0%	0%	+232%	+12%
<b>Učinkovitost</b>	0%	0%	+411%	+108%
<b>Povprečna hitrost</b>	0%	0%	+53%	+86%

Iz preglednice je razvidno, da nov pas prinaša izključno izboljšave v vsaki od postavk, tako za avtobusni promet, kot tudi promet osebnih vozil na sosednjih pasovih.

**Preglednica 7: Skupne izboljšave (avtobusi + osebna vozila) glede na osnovno stanje ob različnih pogojih**

(Skupne izboljšave vseh pasov)	Osnovno stanje	HAP pas
<b>Potovalni čas</b>	0%	-43%
<b>Število prepelajnih oseb</b>	0%	+90%
<b>Učinkovitost</b>	0%	+195%
<b>Povprečna hitrost</b>	0%	+86%

Če pogledamo celotno sliko in zaobjamemo tako promet osebnih vozil, kot javni prevoz v celoto, je izboljšava razmer ob novem pasu za javni promet morda še najbolj izrazita. Medtem, ko bi ob dodajanju običajnega pasu sicer dobili boljše rezultate, od teh, ki vladajo danes, pa bi takšna rešitev morda vseeno ne prinašala pravih rezultatov, še posebej v luči javnega prometa, ki bi, novemu pasu navkljub, dosegal boljše rezultate od teh danes, a gotovo ne dosegal potencialov učinkovitosti.

## 6 PRIMERJAVA REZULTATOV TEORIJE IN MODELA

V nadaljevanju bom primerjal rezultate simulacije z onimi, ki sem jih predstavil v začetnem delu. Predvsem pričakujem, glede na to, da gre za rezultate obsežnih raziskav, sicer opravljenih v kaj drugačnem okolju, pa vendar, da bodo pokazali, kako zanesljivi bi znali biti rezultati moje simulacije, upoštevajoč, da zna, zaradi kakšnih specifičnih vplivov okolja, prihajati mestoma do večjih odstopanj.

**Preglednica 8: Primerjava teoretičnih zamud z zamudami v modelu**

	<b>Zamuda zaradi prometne signalizacije in desnih zavijalcev</b>	
	<b>Potovalni časi (min/km)</b>	<b>Hitrost avtobusa (km/h)</b>
<b>3 postajališča na kilometer</b>		
<b>Vkrcevalni čas 20 sekund</b>	4,53	13,2
	<sup>1</sup> 4,3	<sup>1</sup> 15,2
<b>Vkrcevalni čas 40 sekund</b>	5,78	10,5

Glede na zamude je model precej ustrezen. Rezultati so sicer nekaj preveč optimistični, še posebej zato, ker sem pri postankih upošteval 40 sekundne zamude pri vkrcanju. Vendar pa je po drugi strani pretok pešcev na odseku zanemarljiv in so pravzaprav desni zavijalci tisti, ki najbolj vplivajo na zamude.

Vključevanje avtobusov na sosednji pas, je precej otežkočeno, upoštevajoč, da je volumen pasov v urbanem okolju približno 1700 vozil na uro. Ob tej predpostavki, so razmerja med volumnom in kapaciteto sledeča:

- osnovno stanje; 0,79
- HAP pas; 0,88

Iz teh števil bi šlo sklepati, da z vpeljavo HAP pasu bistveno znižamo dostopnost sosednjega pasu, pa vendar temu ni povsem tako. Čeprav je potreba po čem podobnem nižja, se vendarle

utegne pojaviti potreba po izrabi sosednjega pasu, ki v v/c razmerju izkazuje slabše možnosti. A gre višji faktor predvsem na račun bolj tekočega prometa, ki je lahko mestoma takim manevrom celo prijaznejši od statičnega prometa kot ga poznamo danes.

### 6.1 Vpliv desnih zavijalcev

Desni zavijalci so pač tisti del, ki ustvarja dodatne zamude, še posebej v navezi z vzporednim tokom pešcev. Medtem, ko gre pri osnovnem primeru za povzročanje splošne gneče, pa pri dodatnem HAP pasu odpade gneča povsem na stran avtobusnega prometa, ko se desni zavijalci umaknejo nanj in dajo tako prostor vzdolžnemu prometu. Vpliv desnih zavijalcev lahko določimo s pomočjo formule :

$$f_D = 1 - L_p * (V_D / C_D)$$

ali pa enostavneje uporabimo tabele, s pomočjo katerih ocenimo procentualni delež k znižanju hitrosti. Ob predpostavki, da vkrcevalni časi v povprečju znašajo 40 sekund, dobimo, glede na število desnih zavijalcev, naslednje rezultate;

**Preglednica 9: Soodvisnost desnih zavijalcev in avtobusov (popoldanska konica)**

Znižanje hitrosti v procentih	Vkrcevalni čas 40 sek			
	10	15	20	25
Št. Avtobusov na uro	40			
Št. Desni zavijalcev na uro	280	340	400	450

Križišče	Št. desnih zavijalcev	Znižanje hitrosti v procentih
Celovška c. – M.O.C.	239	10%
C.c. – Korenčanova ul.	65	Manj kot 10%
C.c. – Pečnikova ul.	57	Manj kot 10%
C.c. – c. A.B.	256	10%
C.c. – Podgorska c.	18	Zanemarljivo znižanje
C.c. – Za šolo	20	Zanemarljivo znižanje
C.c. - AC	1027	Več kot 25%
C.c. – Kosmačeva ul.	534	25%

V okviru dopoldanske konice, se zares veliki vplivi pojavijo le v dveh križiščih, v vseh ostalih pa delež ne doseže 10%.

**Preglednica 10: Soodvisnost desnih zavijalcev in avtobusov (dopoldanska konica)**

	Vkrcevalni čas 40 sek			
Znižanje hitrosti v procentih	10	15	20	25
Št. Avtobusov na uro	40			
Št. Desni zavijalcev na uro	280	340	400	450

Križišče	Št. desnih zavijalcev	Znižanje hitrosti v procentih
Celovška c. – M.O.C.	615	25%
C.c. – Korenčanova	26	Zanemarljivo znižanje
C.c. – Pečnikova ul.	94	Manj kot 10%
C.c. – c. A.B.	190	10%
C.c. – Podgorska c.	1	Brez znižanja hitrosti
C.c. – Za šolo	26	Zanemarljivo znižanje
C.c. - AC	0	Brez znižanja hitrosti
C.c. – Kosmačeva ul.	0	Brez znižanja hitrosti

Podobna slika se kaže tudi za čas dopoldanske konice, ko so težave z desnimi zavijalci še manjše kot ob popoldanski konici, resen vpliv pa se kaže le v enem primeru.

Iz teh rezultatov gre sklepati, da desni zavijalci ne predstavljajo resnejšega problema, toliko bolj, ker se jim ni potrebno podrežati močnim tokovom pešcev in tako tudi v veliki meri ne ovirajo avtobusnega prometa.

## 6.2 Redukcija osnovne kapacitete sosednjega pasu

Do tega pride izključno v primeru dodanega HAP pasu, ko je možno izrabljati sosednji pas.

Pri tem upoštevamo sledeče predpostavke:

- število preskočenih postajališč je 2
- volumen avtobusov je znan in sicer 43 vozil na uro
- kapaciteta avtobusov predvidimo, je okoli 60 vozil na uro (2 vozili na minuto)

$$f_p = 1 - (4 * N_p / 3600) = 1 - (4 * 0,989 / 3600) = 0,999$$

$$N_p = (N_s - 1) / N_s * v_b * (v_b/c_b)^3 = (2 - 1) / 2 * 43 * (43/120)^3 = 0,989$$

Tudi če bi se pokazala potreba po manevriranju ob preskakovanju vsakega drugega postajališča, bi to imelo zanemarljiv vpliv na promet sosednjega pasu. Za kaj takšnega operira v obravnavanem koridorju enostavno premalo avtobusov, da bi lahko s svojim številom resneje vplivali na sosednji pas.

### 6.3 Povprečna hitrost pri preskakovanju

Hitrosti, ki jih lahko dosežajo avtobusi, ki se poslužujejo preskakovanja, so lahko v idealnih okoliščinah enkrat višje kot tiste vozil, ki se ga ne. Upoštevajoč, da so razdalje med postajališči pri preskakovanju ravno enkrat daljše, da je volumen sosednjega pasu 1370 vozil na uro in kapaciteta 1700 vozil na uro, ter volumen na posebnem pasu 43 vozil, oziroma kapaciteta 60 vozil na uro, lahko iz enačbe:

$$f_s = 1 - (d_1/d_2) * (v/c)^2 * (v_b/c_b)$$

določimo, da gre ob uporabi preskakovanja pričakovati hitrost vozil, ki so višja za približno 50%, v primerjavi s tistimi, ki se poslužujejo izključno posebnega pasu. V idealnih okoliščinah, kot rečeno, bi ta hitrost znašala ravno enkrat več.

### 6.4 Interakcija med avtobusi

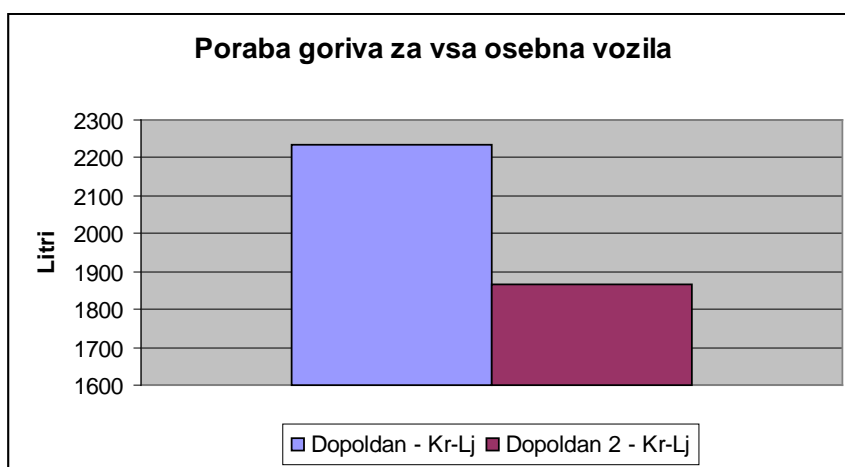
Do znatnega medsebojnega vpliva pride šele, ko presežemo razmerje  $v/c = 0,7$  (razen v izjemnih primerih, kot na primer Honolulu, kjer je po doseženem razmerju  $v/c = 0,6$  hitrost začela izjemno hitro upadati). Da bi prišlo do resnejšega vpliva v našem primeru, bi morali vpeljati vsaj še enkrat toliko avtobusov, kot sem jih ob novi progi predvidel (ob predpostavljeni kapaciteti, bi dosegli razmerje  $v/c = 0,36$ ). Tako do resnejšega vpliva med avtobusi, kjer bi eni resno omejevali delovanje drugih pravzaprav ne pride, oziroma je ta vpliv tako nizek, da ne pušča resnejših posledic v avtobusnem prometu namenskega pasu.

## 7 OKOLJEVARSTVO

Naj se za konec pomudim še malo pri vplivu vozil na okolje. Glede na to, da so rezultati prejšnjih primerjav kazali podobne ugotovitve za dopoldansko in popoldansko konico, se bom tukaj pomudil le pri dopoldanski in predpostavil, da popoldanska konica prinaša podobne rezultate.

Pravzaprav bom izhajal iz porabe goriva, na podlagi česar se da sklepati tudi na manjše količine ostalih škodljivih plinov, ki nastajajo pri izgorevanju, kot so vodikov ogljik, dušikove in kisikove spojine.

Primerjava je razdeljena na del, ki pripada osebnim vozilom (tovarna so šteta posredno, preko števila eov, v katera smo jih prvenstveno spremenili) in del, ki odpade na javni promet. Pri slednjem bo poraba v novih razmerah zagotovo višja, saj je tam predvidenih bistveno več vozil. Zanimivo bo videti, če so prihranki pri osebnih vozilih takšni, da ta porast vozil javnega prevoza, uspejo preseči, ali ga vsaj izenačiti z stanjem, ki trenutno vlada.



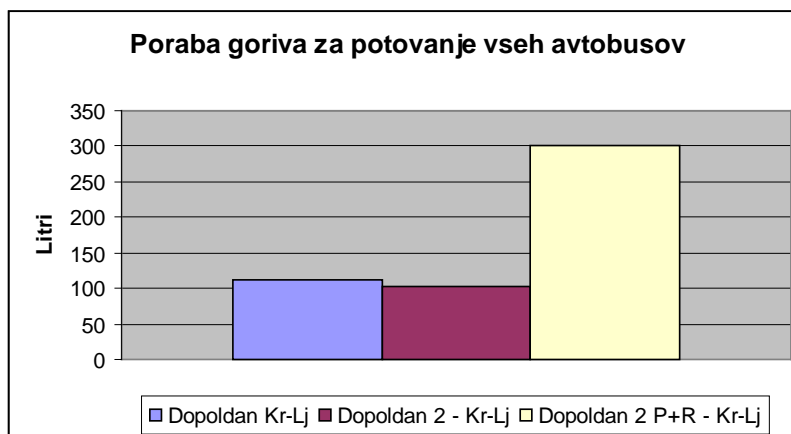
**Grafikon 8: Poraba goriva – osebna vozila**

**\*Dopoldan Kr-Lj – čas dopoldanske konice v smeri proti mestu**

**Dopoldan 2 - Kr-Lj – čas dopoldanske konice, upoštevajoč dodatni pas, v smeri proti mestu**

Rezultati pokažejo, da se ob vzpostavitvi VVZ pasu zaradi bistveno boljših razmer zmanjša poraba goriva pri osebnih vozilih za 20%, z 2235 litrov na 1865 litrov. V času ene ure se tako prihrani 370 litrov bencina.





**Grafikon 9: Poraba goriva – javni promet**

**\*Dopoldan Kr-Lj – čas dopoldanske konice v smeri proti mestu**

**Dopoldan 2 - Kr-Lj – čas dopoldanske konice, upoštevajoč dodatni pas, v smeri proti mestu**

**Dopoldan 2 P+R - Kr-Lj – čas dopoldanske konice, upoštevajoč dodatni pas in P+R, v smeri proti mestu**

Na drugi strani se poraba goriv javnega prevoza občutno poveša. V obeh primerih VVZ pasu poraste ta za 300%. Če upoštevamo, da je v današnjem stanju na odseku približno 43 vozil na uro in je v primeru P+R sistema okoli 125 vozil, je to povsem pravi odziv, malenkostno pa se pozna tudi potovanje z manjšimi zamudami, ki v primeru zdajšnjega števila avtobusov dosega malenkostne izboljšave. Tu je poraba namesto 112 litrov, 102 litre v uri.

Razlika, ki nastane pri dodatnih avtobusih je tako le 10 litrov in imamo torej, upoštevajoč prihranke iz prometa osebnih vozil, v najboljšem primeru še vedno 380 litrov na uro prihranka.

Morda se ne sliši prav veliko, a vidik ni le finančen, ampak gre za celokupno zmanjšani vpliv na okolje, tako z manjšo porabo goriv, kot tudi z zmanjšano količino nevarnih izpustov.

## 8 ZAKLJUČEK

Vsako mesto se slej ko prej znajde pred dejstvom, da njegova infrastruktura, takšna, ali drugačna, ne more več kljubovati novonastalim razmeram. Bolj pereč del med infrastrukturami so gotovo prometne povezave, saj te ne prizadenejo le prebivalcev mest, ampak tudi širši krog uporabnikov. Težave se lahko rešujejo na različne načine, z novimi povezavami, dodatnimi pasovi, najraje več njih in podobnim. Vse kar potrebujemo so finance. Težava se pojavi, ko prostora ni in bi radi dosegli pozitivne učinke s kar najmanjšimi izdatki. Tukaj nastopijo alternative, ko v prvi vrsti ne pomislimo na še en pas namenjen mešanemu prometu, ampak kako čim učinkoviteje izrabiti obstoječi prostor.

Glede na to, da sem se čez celo nalogo posvečal posebnim pasovom za avtobuse, ni težko uganiti, katera rešitev bi lahko bila takšna. Gre za precej neizkoriščeno obliko prevoza, še posebej v mestu kot je Ljubljana, kjer ne obstaja alternativ v obliki tramvaja ali podzemne železnice.

Ker se ljudje le stežka poistovetijo kot uporabniki avtobusnega prometa, je na tem mestu najprej pomembno, da se mu ustvari nova podoba, kjer ne bo več sinonim za neugledno, počasno in nezanesljivo vozilo.

K temu bi se močno pripomoglo z namenski pasom, namenjenim prvenstveno javnemu avtobusnemu sistemu. Z njim bi lažje dosegali zelene rezultate in, kar je najpomembnejše, uspešneje dali takšni obliki prevoza pravo veljavo.

Tako osnovan pas, bi, ob pravilnih predpostavkah o frekvenčnosti in zasedenosti, dosegal bistveno boljše rezultate kot običajen pas. Število prepeljanih oseb bi v konicah znašalo tudi 1000 oseb več, ob precej višji hitrosti od zdajšnje. In ne samo to, izboljšale bi se tudi razmere na sosednjih pasovih, tako da bi bili deležni, ob uvedbi takšnega pasu, splošne izboljšave v celotnem prometnem toku.

Ker sem se osredotočil samo na čas konic, je na mestu dvom, kako učinkovit bi bil tak pas izven njih. Gotovo bi veljalo obdržati režim skozi cel dan, saj se izven konic tudi preostali promet umiri. V kolikor pa bi se pokazala potreba po začasni spremembi režima, zaradi neizkoriščenosti pasu, bi to ne predstavljalo večjih težav. Gre pač za zelo prilagodljivo obliko pasu, ki ji lahko brez večjih posegov namenjamo različne režime.

Zagotovo gre za najbolj smotrni poseg, predvsem za koridor, ki ne nudi veliko prostora za širjenje, kar nakazujejo rezultati. Predvsem zgovorna je učinkovitost, ki smeje preseže tisto osnovnega stanja. Pravzaprav je oblika s HAP pasom v vseh pogledih boljša od primerjanih oblik, z gotovostjo pa bi se kosala tudi ob uvedbi pasu namenjenega mešanemu prometu, predvsem zato, ker bi se tak pas slej ko prej izkazal za sliko sosednjih in kot tak ne prinesel boljše rešitve, le avtobusni promet bi še vedno ostajal tretjerazredna rešitev.

## **VIRI**

Transportation Research Board. 2003. TCRP Report 90, Bus Rapid Transit. Washington D.C. Transportation Research Board. 63 strani.

Transportation Research Board. 1997. TCRP Report 26, Operational Analysis of Bus Lanes on Arterials. Transportation Research Board. 49 strani.

Chen C., Varaiya P., Kwon J.. 2005. An Empirical Assessment Of Traffic Operations. University of California, Berkeley. 20 strani.

Seo Y., Park J., Jang H., Lee Y.. 2005. Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol. 5, , 2005. A study on setting-up a methodology and criterion of exclusive bus lane in urban area. Strani 339 – 351.

Stockton W.R., Daniels G., Skowronek D. A., Fenno D.W. 1999. ABC's of HOV. Texas transportation institute. The Texas A&M University System. 29 strani.

Schrank D., Lomax T. 2005. The 2005 urban mobility report. Texas Transportation Institute. The Texas A&M University System. 28 strani.

Zimmerman L. S. 2002. Smart urban transport. Comparison of Bus Rapid Transit & Light Rail Transit characteristics. 102 strani.