

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:

**Luka Zelenik**

# **Uporaba analitičnih metod za dimenzioniranje križišč v smislu zmanjšanja stroškov prometa**

**Diplomska naloga št.: 2991**

**Mentor:**

doc. dr. Tomaž Maher

**Somentor:**

asist. mag. Robert Rijavec

Ljubljana, 21. 12. 2007

## **IZJAVA O AVTORSTVU**

Podpisani LUKA ZELENIK izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:  
»UPORABA ANALITIČNIH METOD ZA DIMENZIONIRANJE KRIŽIŠČ V SMISLU  
ZMANJŠANJA STROŠKOV PROMETA«

Izjavljam, da prenašam vse materialne avtorske pravice v zvezi z diplomsko nalogo na UL,  
Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo.

Ljubljana, 14.12.2007

---

(podpis)

---

## BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

**UDK:** 504.05:625.739:656.1(043.2)  
**Avtor:** Luka Zelenik  
**Mentor:** doc. dr. Tomaž Maher  
**Somentor:** asist. mag. Robert Rijavec  
**Naslov:** Uporaba analitičnih metod za dimenzioniranje križišč v smislu zmanjšanja stroškov prometa  
**Obseg in oprema:** 82 str., 15 pregl., 21 sl., 12 graf., 10 en.  
**Ključne besede:** stroški uporabnikov, emisije, gorivo, križišče, prometno onesnaževanje, Sidra intersection

### Izvleček

Promet je izjemno dinamična gospodarska dejavnost, ki s svojim obratovanjem povzroča določene stroške. To še posebej velja za področje cestnega prometa, ki predstavlja v sodobnem času enega izmed največjih onesnaževalcev okolja. Stroški zajemajo negativne posledice prometa (onesnaževanje okolja, izpušni plini, hrup, nesreče, poraba goriva in časa itn.), ki obremenjujejo okolje in delno tudi udeležence v prometu.

Stroške prometa delimo na zunanje in notranje stroške. Kot uporabniki prometnega sistema se zavedamo le stroškov, ki jih krijemo sami – notranjih stroškov. Zunanjih stroškov, ki jih kot povzročitelji ne poravnamo sami, se še ne zavedamo v zadostni meri.

V diplomskem delu smo se omejili na stroške prometa v križiščih, ki lahko predstavljajo kriterij za odločanje o tipu križišča oziroma ukrepu v križišču za potrebe rekonstrukcije oziroma novogradnje. Za izračun le-teh smo uporabili programsko opremo Sidra Intersection 3.1, ki analitično določa stroške uporabnikov glede na porabo goriva in časa. Raziskali in določili smo stroškovne parametre, ki so specifični za Slovenijo. Pravtako nam program poda podatke o količini emisij izpušnih plinov in porabi goriva. Tako smo obravnavali tudi prometno onesnaževanje in vpliv uporabe različnih vrst goriva.

V zadnjem delu naloge smo naredili študijo variant ter izračunali stroške prometa za določeno trikrako križišče. Na podlagi praktičnega primera ugotavljamo, da se stroški uporabnikov manjšajo sorazmerno z izboljševalnimi ukrepi v križišču. Zato smo mnenja, da je potrebno pri dimenzioniranju križišč nujno upoštevati tudi stroške prometa in se zavedati njihovega družbenega pomena, predvsem na daljši rok. Danes se nam velikokrat dogaja, da je kriterij odločanja prav investicija, na stroške uporabnikov pa se pozablja.

---

## **BIBLIOGRAFIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION**

**UDC:** 504.05:625.739:656.1(043.2)  
**Author:** Luka Zelenik  
**Supervisor:** Assist. Prof. Tomaž Maher, Ph.D.C.E.  
**Co-supervisor:** Assist. M.Sc. Robert Rijavec  
**Title:** Analytical methods for intersection design in sense of reducing traffic costs  
**Notes:** 82 p., 15 tab., 21 fig., 12 graph., 10 eq.  
**Key words:** operating cost, emission, fuel, intersection, traffic pollution, Sidra intersection

### **Abstract**

Transport is an extreme dynamic activity, which causes certain costs like any other economic branch in its own operation. This specially applies on road traffic, which is one of the biggest factors of environmental pollution. Costs include negative traffic consequences (environmental pollution, exhaust emissions, noise, traffic accidents, fuel consumption, time, etc.) which are burdening the environment and partially also the traffic participants.

Traffic expenses are divided on external and internal costs – the ones that are covered by traffic participants themselves. Unfortunately we're not sufficiently aware of external costs, which are caused but not covered by traffic participants.

This thesis is limited on costs of traffic in intersections, which can represent a deciding criterion for intersection type. Calculations were done by software Sidra Intersection 3.1, a traffic tool that analytically estimates operating costs (regards to fuel consumption and total travel time) and pollutant emissions. By given this data, we discussed the influence of use of different fuels on traffic pollution. We made a research and afterwards defined cost parameters which are specific for Slovenia.

In the last section of this thesis we made a study of different variants and calculated the traffic costs for specific three-lane intersection. Based on practical example we can state, that traffic costs in intersections get reduced, proportionally with diverse and small improvements. In our opinion it is necessary to consider the traffic costs in intersection design and be aware of their social meaning, especially on long-term. Nowadays we take into consideration too often only investment cost as deciding criterion, by ignoring operating costs.

## **ZAHVALA**

Ob tej priložnosti se najlepše zahvaljujem doc. dr. Tomažu Maherju in somentorju asist. mag. Robertu Rijavcu za sodelovanje in pomoč pri izdelavi diplomske naloge.

Zahvala gre tudi Mark Besleyu iz podjetja Akcelik and Associates Pty Ltd , ki mi je pomagal z nasveti in podatki o programski opremi Sidra Intersection.

Posebna zahvala pa gre mojim Staršem in moji Ani, ki so mi ves čas študija stali ob strani in skupaj z menoj verjeli v moj uspeh.

## KAZALO VSEBINE

<b>1</b>	<b>UVOD .....</b>	<b>1</b>
1.1	Namen in cilj naloge .....	2
<b>2</b>	<b>PROMETNO MOTORNO ONESNAŽEVANJE .....</b>	<b>3</b>
2.1	Prometno motorno onesnaževanje v Evropski uniji .....	3
2.2	Prometno motorno onesnaževanje v Sloveniji .....	3
2.3	Emisije plinov v prometu .....	6
2.3.1	Vrste emisij .....	6
2.3.2	Emisijski standardi EURO .....	9
2.4	Motorno onesnaževanje glede na vrsto pogona .....	10
2.4.1	Primer ekonomike pri izbiri motornega pogona .....	12
2.4.1.1	Dnevni prevoz na delo .....	12
2.4.1.2	Letna poraba in povrnitev stroška nakupa dražjega diesel avtomobila .....	12
2.4.2	Trend gibanja prodaje goriva .....	13
2.5	Alternativna pogonska goriva .....	14
2.5.1	Avtoplin .....	14
2.5.2	Biogorivo .....	15
2.5.2.1	Biodizel .....	16
2.6	Ukrepi .....	17
2.6.1	Obveščanje potrošnikov o emisiji CO <sub>2</sub> motornih vozil .....	18
2.6.2	Ukrepi v urbanih središčih .....	19
2.7	Premislek .....	19
<b>3</b>	<b>STROŠKI PROMETA .....</b>	<b>20</b>
3.1	Zunanji stroški prometa .....	20
3.1.1	Glavni zunanji stroški prometa .....	21
3.1.2	Ovrednotenje zunanjih stroškov prometa .....	22
3.1.3	Zunanji stroški prometa v Sloveniji .....	23
3.1.4	Ocena zunanjih stroškov prometa v Sloveniji .....	24
3.1.5	Zunanji stroški prometa zaradi emisij .....	26

---

<b>3.1.6</b>	<b>Zunanji stroški zaradi klimatskih sprememb (toplogrednih emisij prometa)</b>	<b>27</b>
<b>3.1.7</b>	<b>Primer iz prakse .....</b>	<b>29</b>
<b>3.2</b>	<b>Notranji ali direktni stroški prometa .....</b>	<b>29</b>
<b>3.2.1</b>	<b>Poraba goriva in stroški uporabnikov v Sloveniji.....</b>	<b>29</b>
<b>3.3</b>	<b>Ukrepi.....</b>	<b>30</b>
<b>3.3.1</b>	<b>Ukrepi v prometni infrastrukturi .....</b>	<b>30</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Premislek.....</b>	<b>31</b>
<b>4</b>	<b>PROGRAMSKA OPREMA SIDRA INTERSECTION 3.X.....</b>	<b>32</b>
<b>4.1</b>	<b>Orodje za izračun ocene stroškov uporabnikov, porabe goriva in emisij v     križišču.....</b>	<b>32</b>
<b>4.2</b>	<b>Vhodni podatki in analitični modeli SIDRA.....</b>	<b>33</b>
<b>4.3</b>	<b>Glavni parametri osnovnega modela SIDRA .....</b>	<b>36</b>
<b>4.3.1</b>	<b>Karakteristike vozila.....</b>	<b>36</b>
<b>4.3.2</b>	<b>Prometno-tehnični elementi ceste .....</b>	<b>38</b>
<b>4.3.3</b>	<b>Stroškovni parametri .....</b>	<b>39</b>
<b>4.4</b>	<b>Stroškovni parametri za Slovenijo - predlog .....</b>	<b>39</b>
<b>4.4.1</b>	<b>Obratovalni stroški vozila .....</b>	<b>40</b>
<b>4.4.1.1</b>	<b>Razmerje obratovalni strošek vozila na maloprodajna cena goriva .....</b>	<b>41</b>
<b>4.4.2</b>	<b>Časovni strošek.....</b>	<b>43</b>
<b>4.4.3</b>	<b>Masa vozila.....</b>	<b>43</b>
<b>4.5</b>	<b>Enačbe osnovnega modela .....</b>	<b>45</b>
<b>4.5.1</b>	<b>Osnovna enačba za porabo goriva in emisije izpušnih plinov .....</b>	<b>45</b>
<b>4.5.1.1</b>	<b>Enačbe emisij izpušnih plinov .....</b>	<b>46</b>
<b>4.5.1.2</b>	<b>Enačbe porabe goriva .....</b>	<b>46</b>
<b>4.5.2</b>	<b>Enačbe stroškov uporabnikov.....</b>	<b>46</b>
<b>4.5.2.1</b>	<b>Primer izračuna stroškov uporabnikov .....</b>	<b>48</b>
<b>4.6</b>	<b>Rezultati modela.....</b>	<b>49</b>
<b>4.7</b>	<b>Zaključek.....</b>	<b>50</b>

---

<b>5</b>	<b>UKREPI V KRIŽIŠČU IN IZRAČUN STROŠKOV UPORABNIKOV NA PRAKTIČNEM PRIMERU .....</b>	<b>51</b>
<b>5.1</b>	<b>Križišče Barjanska cesta – Priključek na AC.....</b>	<b>52</b>
<b>5.1.1</b>	<b>Vhodni podatki .....</b>	<b>52</b>
<b>5.1.1.1</b>	<b>Obremenitve .....</b>	<b>52</b>
<b>5.1.1.2</b>	<b>Planska doba .....</b>	<b>53</b>
<b>5.2</b>	<b>Jutranja konica (7:00-8:00) .....</b>	<b>53</b>
<b>5.2.1</b>	<b>Nesemaforizirano križišče .....</b>	<b>54</b>
<b>5.2.2</b>	<b>Semaforizirano križišče .....</b>	<b>56</b>
<b>5.2.3</b>	<b>Semaforizirano križišče z dodatnim pasom .....</b>	<b>58</b>
<b>5.2.4</b>	<b>Krožno križišče .....</b>	<b>60</b>
<b>5.2.5</b>	<b>Primerjava variant (<i>Jutranja konica</i>).....</b>	<b>62</b>
<b>5.3</b>	<b>Popoldanska konica (15:00-16:00) .....</b>	<b>65</b>
<b>5.3.1</b>	<b>Nesemaforizirano križišče .....</b>	<b>66</b>
<b>5.3.2</b>	<b>Semaforizirano križišče .....</b>	<b>68</b>
<b>5.3.3</b>	<b>Semaforizirano križišče z dodatnim pasom za desne zavijalce.....</b>	<b>70</b>
<b>5.3.4</b>	<b>Krožno križišče .....</b>	<b>71</b>
<b>5.3.5</b>	<b>Primerjava variant (<i>Popoldanska konica</i>).....</b>	<b>73</b>
<b>5.4</b>	<b>Vrednotenje rezultatov .....</b>	<b>75</b>
<b>5.4.1</b>	<b>Letni stroški uporabnikov .....</b>	<b>75</b>
<b>5.4.2</b>	<b>Skupni stroški uporabnikov v planski dobi.....</b>	<b>76</b>
<b>5.4.2.1</b>	<b>Rast stroškov uporabnikov v planski dobi.....</b>	<b>78</b>
<b>5.4.3</b>	<b>Ugotovitev .....</b>	<b>79</b>
<b>6</b>	<b>ZAKLJUČEK.....</b>	<b>80</b>
	<b>VIRI.....</b>	<b>81</b>



## KAZALO SLIK

Slika 1: Promet proizvaja stroške.....	1
Slika 2: Deleži posameznih zunanjih stroškov glede na eksternalije, Slovenija (2002) .....	24
Slika 3: Vez I-J od začetne vstopne točke križišča I do izstopne točke križišča J.....	34
Slika 4: Štiri-stopenjski osnovni model vožnje.....	34
Slika 5: Pogovorno okno » <i>Cost Parameters</i> « za vnos stroškovnih parametrov .....	40
Slika 6: Primer izpisa rezultatov modela v delovnem oknu Sidra .....	50
Slika 7: Situacija križišča Barjanska cesta – Priključek na AC .....	52
Slika 8: Jutranja maksimalna urna obremenitev v križišču (EOV/h).....	53
Slika 9: Geometrija nesemaforiziranega križišča.....	54
Slika 10: Stroški uporabnikov (v EUR/h) in poraba goriva (v l/h) .....	55
Slika 11: Geometrija semaforiziranega križišča.....	56
Slika 12: Stroški uporabnikov (v EUR/h) in poraba goriva (v l/h) .....	57
Slika 13: Geometrija semaforiziranega križišča z dodatnim pasom za desne zavijalce .....	58
Slika 14: Stroški uporabnikov (v EUR/h) in poraba goriva (v l/h) .....	59
Slika 15: Geometrija krožnega križišča .....	60
Slika 16: Stroški uporabnikov (v EUR/h) in poraba goriva (l/h).....	61
Slika 17: Popoldanska maksimalna urna obremenitev v križišču (EOV/h).....	65
Slika 18: Stroški uporabnikov (v EUR/h) in poraba goriva (l/h).....	67
Slika 19: Stroški uporabnikov (v EUR/h) in poraba goriva (l/h).....	69
Slika 20: Stroški uporabnikov (v EUR/h) in poraba goriva (l/h).....	70
Slika 21: Stroški uporabnikov (v EUR/h) in poraba goriva (l/h).....	72

## KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Končna poraba goriva v prometu, v 1000 tonah/leto .....	13
Preglednica 2: Zunanji stroški prometa za Slovenijo in EU 17 .....	26
Preglednica 3: Vrednosti parametrov za porabo goriva in emisij plinov .....	37
Preglednica 4: Karakteristični podatki za lahka in težka vozila.....	38
Preglednica 5: Vrednosti stroškovnih parametrov v evrih po posameznih državah .....	44
Preglednica 6: Povzetek analize nesemaforiziranega križišča .....	54
Preglednica 7: Povzetek analize semaforiziranega križišča .....	56
Preglednica 8: Povzetek analize semaforiziranega križišča .....	59
Preglednica 9: Povzetek analize krožnega križišča .....	60
Preglednica 10: Primerjava parametrov vseh variant križišča .....	62
Preglednica 11: Prometni parametri nesemaforiziranega križišča .....	66
Preglednica 12: Prometni parametri semaforiziranega križišča .....	68
Preglednica 13: Prometni parametri semaforiziranega križišča z dodatnim pasom za desne zavijalce.....	70
Preglednica 14: Prometni parametri krožnega križišča .....	71
Preglednica 15: Primerjava parametrov vseh variant križišča .....	73

## KAZALO GRAFIKONOV

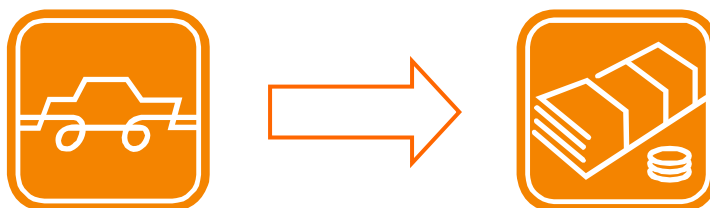
Grafikon 1: Koncentracije emisij CO <sub>2</sub> iz cestnega prometa v Sloveniji, od Kjotskega protokola 1986 do 2005.....	8
Grafikon 2: Vrednosti stroškov uporabnikov.....	63
Grafikon 3: Vrednosti porabe goriva .....	63
Grafikon 4: Vrednosti emisij CO <sub>2</sub> (kg/h) in NO <sub>x</sub> (kg/h).....	64
Grafikon 5: Vrednosti emisij CO (kg/h) in zamude (voz-h/h).....	64
Grafikon 6: Vrednosti stroškov uporabnikov.....	73
Grafikon 7: Vrednosti porabe goriva .....	74
Grafikon 8: Vrednosti emisij CO <sub>2</sub> in NO <sub>x</sub> (v kg/h).....	74
Grafikon 9: Vrednosti emisij CO (kg/h) in zamude (voz-h/h).....	74
Grafikon 10: Primerjava letnih stroškov uporabnikov .....	76
Grafikon 11: Skupni diskontirani stroški uporabnikov v 10-ih letih .....	77
Grafikon 12: Procentualna rast stroškov uporabnikov .....	78



## 1 UVOD

Promet s svojo dejavnostjo na različne načinebremeni družbeno okolje. Za svoje nemoteno delovanje in rast potrebuje prostor in sredstva. Kljub temu, da nam nudi visoko stopnjo udobja in mobilnosti ter tako zagotavlja določeno kvaliteto življenja, sodobni promet s svojim razvojem nenehno spreminja okolje in navade ljudi z vsemi pozitivnimi in negativnimi posledicami.

Promet kot vsaka gospodarska panoga povzroča oziroma proizvaja določene stroške. Med stroške prometa štejemo vse negativne posledice prometa, ki obremenjujejo okolje in delno tudi udeležence v prometu: onesnaževanje okolja, izpušni plini, hrup, nesreče, poraba goriva in časa itn. To so predvsem posredni stroški za katere nihče konkretno ne odgovarja in katerih nihče ne pokrije. Poleg tega so to stroški, ki jih je težko ovrednotiti, saj je ocena le-teh kompleksna in zelo zahtevna.



Slika 1: Promet proizvaja stroške

Kako ovrednotiti stroške zaradi emisij toplogrednega plina CO<sub>2</sub>? Katera vrsta goriva manj onesnažuje okolje in je zato posledično stroškovno bolj ugodna? Kakšen strošek predstavlja čiščenje in odprava posledic onesnaženega zraka? To je le nekaj vprašanj, ki si bi jih morali zastaviti vsi udeleženci v prometu.

Neposreden ali posreden uporabnik prometa se zaveda le stroškov, ki jih plača sproti iz lastnega žepa. Pozabljamo in ne zavedamo pa se vseh ostalih stroškov prometa, ki se kopičijo že nekaj časa, vendar jih še nismo začeli šteti oziroma poravnati. Ne moremo se jim izogniti, lahko jih le začnemo upoštevati in reducirati v čim večji meri.

## 1.1 Namen in cilj naloge

V diplomski nalogi se bomo osredotočili na negativne ekonomske in ekološke učinke prometa na mikro lokacijah ter na možnosti zmanjšanja le-teh z minimalnimi in učinkovitimi projektantskimi ukrepi in rešitvami.

Problem stroškov prometa se lahko obravnava in rešuje na lokalni, regionalni ali državni ravni. Mi se bomo omejili na lokalno oziroma mestno raven, in sicer na najmanjšo enoto cestnega omrežja – križišče.

Zaradi povečanega prometa v mestih povsod po Evropi prihaja do vsakodnevnih zastojev z mnogimi škodljivimi posledicami, kot so izguba časa in onesnaževanje okolja. Zaradi tega evropsko gospodarstvo vsako leto izgubi 100 milijard EUR oziroma 1% BDP EU (Zelena knjiga o mestnem prometu, 2007).

To je primer stroškov mestnega prometa, ki jih kot projektanti poizkušamo reducirati z različnimi metodami in ukrepi. V nalogi smo z uporabo analitičnih metod ovrednotili stroške prometa oziroma stroške uporabnikov v križišču. Obenem smo razložili analitični model računanja stroškov in emisij v programski opremi Sidra Intersection 3.1 ter določili vse vhodne stroškovne parametre za Slovenijo, ki do sedaj še niso bili ustrezno ovrednoteni.

V mestnih območjih je veliko križišč, kjer je prometna ureditev že zastarela, neustrezna in posledično neekonomična iz vidika stroškov uporabnikov. Na ta način mesto oziroma uporabniki prometa po nepotrebnem letno izgubljajo velike vsote denarja.

Poleg nastavitve analitičnega modela je bil glavni namen naloge preučiti kako lahko z minimalnimi ukrepi dosežemo čim večji učinek oziroma prihranek stroškov uporabnikov. Naredili smo primer primerjave stroškov med obstoječim stanjem križišča in tremi različnimi variantami rekonstrukcije.

Cilj naloge je bil dokazati, da je potrebno pri projektiranju križišč upoštevati oziroma bolj aktivno vključiti tudi stroške uporabnikov, saj je oziroma bo v prihodnosti to eden od ključnih kazateljev pri načrtovanju novih ali rekonstrukcijah starih prometnih poti, križišč.

## **2 PROMETNO MOTORNO ONESNAŽEVANJE**

### **2.1 Prometno motorno onesnaževanje v Evropski uniji**

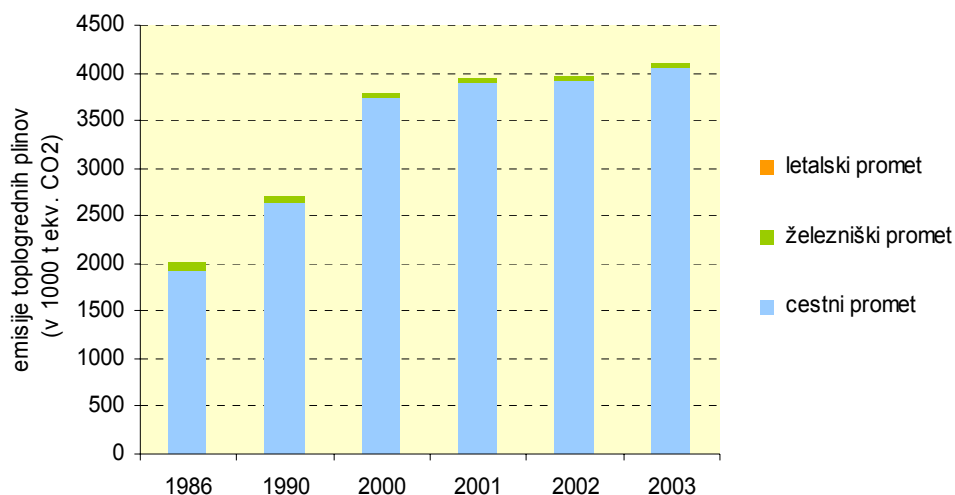
Obremenjevanje okolja iz prometa postaja vse intenzivnejše. Prometna infrastruktura fizično posega v prostor, promet na njej pa obremenjuje okolje z emisijami škodljivih snovi. Promet porabi tretjino vse primarne energije in je eden največjih porabnikov neobnovljivih virov energije. 27 odstotkov celotne porabe energije v Evropski uniji (v nadaljnjem besedilu: EU) odpade na cestni promet.

Velik del prometa predstavljajo osebna vozila, ki so pomemben del vsakdanjega življenja številnih Evropejcev, avtomobilska industrija pa je pomemben vir zaposlovanja in rasti v mnogih regijah EU. Vendar uporaba osebnih vozil bistveno vpliva na podnebne spremembe, saj približno 12% vseh emisij ogljikovega dioksida - CO<sub>2</sub>, glavnega toplogrednega plina (v nadaljnjem besedilu: TGP), v EU nastane zaradi porabe goriva osebnih vozil. Kljub bistvenemu izboljšanju na področju tehnologije vozil - zlasti učinkovitosti porabe goriva, ki zmanjšuje tudi emisije CO<sub>2</sub> - se vpliv večjega prometa in velikosti osebnih vozil ni nevtraliziral. Čeprav je celotna EU v obdobju 1990-2004 zmanjšala emisije vseh toplogrednih plinov za malo manj kot 5%, se je emisija CO<sub>2</sub> zaradi cestnega prometa povečala kar za 26% (Rezultati pregleda strategije Skupnosti ..., 2007).

### **2.2 Prometno motorno onesnaževanje v Sloveniji**

V Sloveniji povzroča promet dobrih 20% emisij TGP. Glavnina teh emisij odpade na cestni promet in skoraj 40% emisij CO<sub>2</sub>, ki nastajajo zaradi prometa, povzroča raba avtomobilov v mestih (Gradivo za novinarje - ARSO, 2003).

Delež cestnega prometa glede na skupne emisije dušikovih oksidov NO<sub>x</sub> v Sloveniji je 65%, medtem ko znaša ta delež v EU 45%. Ugotovimo lahko torej zaskrbljujoče dejstvo, da so se emisije iz prometa glede na izhodiščno leto 1986 skoraj podvojile!



Emisije TGP iz prometa v Sloveniji v obdobju od Kjotskega protokola 1986 do 2003 (v 1000 t ekv. CO<sub>2</sub>) (Slovenia's National Inventory Report 2006, Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change 2006, Ljubljana, MOP – ARSO, 2006)

Glavni vir emisij prometa v urbanih središčih, kjer je zrak najbolj onesnažen, predstavljajo dnevne migracije prebivalstva, zato je njihova preusmeritev na sredstva javnega prevoza eden ključnih ukrepov za izboljšanje kvalitete zraka in posredno zmanjšanje emisij TGP. Tako se dnevno vozi v **Ljubljano** 70.000 delovnih migrantov. Tem je treba dodati še upravne, šolske, nakupovalne in poslovne migrante. Po ocenah Mestne občine Ljubljana, MOL, tako v Ljubljano dnevno migrira okrog 120.000 ljudi; zaradi delovnih in drugih obveznosti se v jutranji konici (6h-8h) z avtomobilom iz regije v Ljubljano pripelje 40.000 avtomobilov, v obratni smeri pa 6.000 avtomobilov. Zaradi zastojev na vpadnicah se specifične emisije TGP povečajo tudi do 50%. Emisije CO<sub>2</sub> samo zaradi dnevnih migracij v Ljubljano znašajo 165.000 ton CO<sub>2</sub> ob povprečni zasedenosti avtomobila z 1,2 potnika (Gradivo za novinarje - ARSO, 2003).

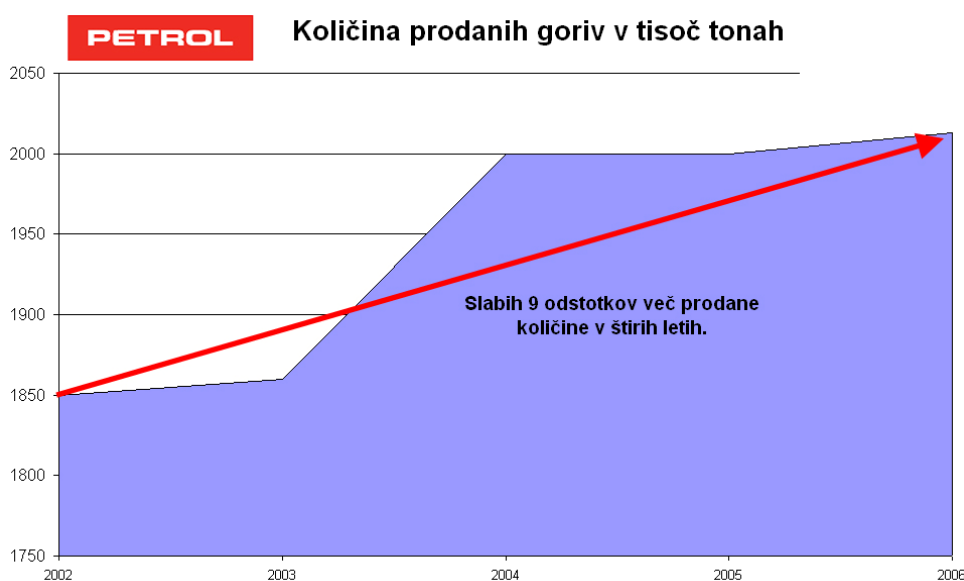
Kljub tehničnim izboljšavam motornih vozil se zaradi povečane potrebe po mobilnosti emisije TGP v ozračje povečujejo. Stanje poslabšuje spreminjanje strukture prometa, saj se delež cestnega prometa neprestano povečuje, medtem ko delež železniškega prometa počasi pada. Z nadaljnjim razvojem cestne infrastrukture se lahko pričakuje podobno tudi v prihodnje, saj se primerjalne prednosti cestnega prometa povečujejo.

V celoti se povečuje tovorni promet, a predvsem cestni, kar dodatno obremenjuje okolje.



V potniškem prometu je težnja zmanjševanja uporabe javnih prevozov še izrazitejša, tako v mestnem kot v medmestnem potniškem prometu. Obseg javnega prometa se je zaradi razmeroma nizkih cen motornih goriv, nizkih stroškov parkiranja ter slabe razvitosti zmanjšal. Zmanjševanje števila potnikov vpliva na ekonomijo javnih potniških prevozov in otežuje obnavljanje voznega parka. Obnavljanje voznega parka pozitivno vpliva na zmanjševanje emisije dušikovih oksidov, vendar se zaradi vse večjega števila vozil ti učinki zmanjšujejo.

Zaradi porasta števila motornih vozil (4,5% letno v obdobju od 1995 do 2001) in povečane mobilnosti se je ustrezno povečala tudi poraba motornih goriv, s tem pa emisija CO<sub>2</sub> kot najpomembnejšega toplogrednega plina. V zadnjih štirih letih je skupna količina prodanih goriv (podatek Petrol) narasla za slabih 9%, vendar se rast v zadnjih dveh letih počasi umirja.



Količina prodanih goriv, v 1000 tonah ([www.podlupo.si](http://www.podlupo.si))

Za zmanjševanje emisij TGP je izrednega pomena tudi aktivna prometna politika lokalnih skupnosti v smeri spodbujanja uporabe javnih prevoznih sredstev s hkratno ustrežno ponudbo sodobnega javnega prevoza. Osebni avtomobil mora v urbanih središčih postati breme. Dnevne migracije prebivalstva je treba v kar največji meri preusmeriti na sredstva javnega prevoza, ki pa morajo biti konkurenčna po času prevoza, ceni in tudi po udobju.

## 2.3 Emisije plinov v prometu

### 2.3.1 Vrste emisij

Promet močno vpliva na kakovost zraka predvsem v gosteje naseljenih področjih. Strupen izpuh zaradi izgorevanja fosilnih goriv v motorjih z notranjim izgorevanjem vsebuje dušikove okside, ogljikov monoksid, benzen in delce. V ozračju se ob prisotnosti ultravijoličnega sevanja posledično tvorijo foto-oksidanti, predvsem ozon. Najbolj pereča od naštetih sta ozon in atmosferski delci.

Onesnaževala v splošnem delimo na:

- Primarna onesnaževala (CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, delci, benzen) so v ozračju kot posledica emisij iz prometa, industrije, ipd.
- Sekundarna onesnaževala (ozon - O<sub>3</sub>) nastanejo v ozračju s kemijsko transformacijo ob prisotnosti sončnega sevanja iz primarnih onesnaževal.

Najpomembnejši polutanti v prometu so:

#### ○ NO<sub>x</sub> \_ dušikovi oksidi

Najpomembnejša sta dušikov oksid (NO) in dušikov dioksid (NO<sub>2</sub>). Prvi nastaja pri procesih izgorevanja, glavni vir je promet. V atmosferi NO oksidira in tvori NO<sub>2</sub>. Uporaba katalizatorjev je zmanjšala onesnaženost z NO<sub>x</sub>. Sodelujejo pri nastajanju kislega dežja in tvorbi ozona.

#### ○ SO<sub>2</sub> \_ žveplov dioksid

Nastaja pri izgorevanju fosilnih goriv z visoko vsebnostjo žvepla, glavni viri so industrijske emisije in promet. Posledica SO<sub>2</sub> je tudi kisel dež.

#### ○ CO \_ ogljikov monoksid

Nastaja pri nepopolnem izgorevanju goriv v motorjih. Visoke koncentracije CO so v tunelih, na parkiriščih ter povsod, kjer je dotok svežega zraka omejen. Z oddaljenostjo od vira se vse več CO pretvarja v CO<sub>2</sub>. Sodeluje pri nastanku troposferskega ozona.

○ **CO<sub>2</sub> \_ ogljikov dioksid**

Nastaja pri procesih izgorevanja organskih snovi-goriv, pri katerih prihaja do oksidacije ogljika. Čeprav nima vpliva na zdravje, ima med plini najbolj močan toplogredni učinek. Povzroča tanjšanje zaščitne plasti zemljine atmosfere in kot posledico pregrevanje ozračja.

○ **PM \_ particular matter, trdni delci**

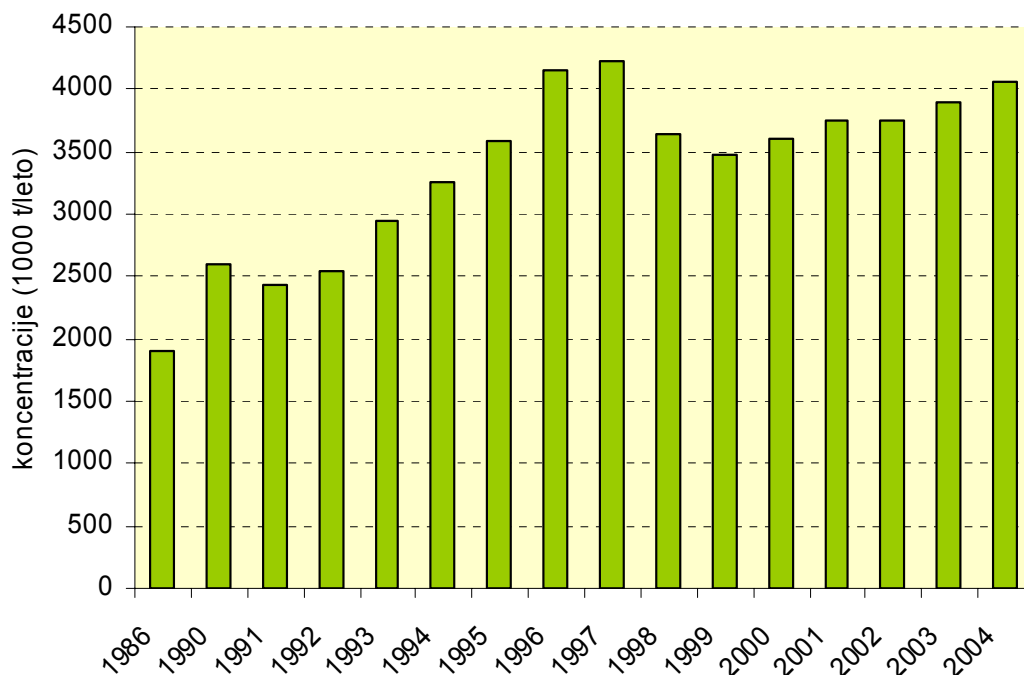
Nastajajo v atmosferi zaradi mešanja različnih polutantov. Med njimi so toksične spojine, kot na primer težke kovine in ogljikovodiki. Velikost teh delcev je od 0,001 do 50 µm. Glavni vir drobnih delcev (<10 µm) so dizelska vozila.

○ **O<sub>3</sub> \_ ozon:**

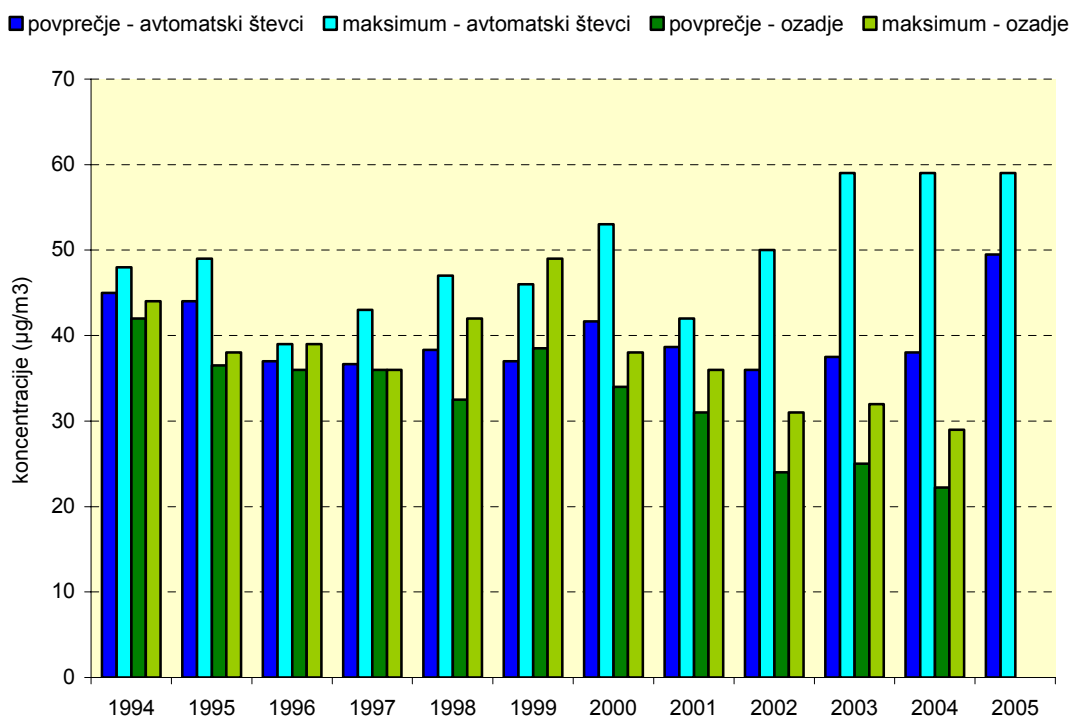
Ločimo stratosferski ozon, ki deluje kot ščit pred ultravijoličnim sevanjem Sonca ter ozon v troposferi, ki je sekundarni polutant in nastaja pri foto-kemijskih reakcijah med dušikovim dioksidom in halokarbonati v atmosferi. Povzroča nastanek smoga in povečuje toplogredni učinek.

○ **VOC \_ volatile organic compounds, topne organski spojine**

Mednje sodijo različni polutanti, med drugim ogljikovodiki, topila in nekatere organske spojine. Ogljikovodiki - HC izvirajo iz topil, barv in vozil kot posledica slabega izgorevanja. Prispevajo k toplogrednemu učinku.



Grafikon 1: Koncentracije emisij CO<sub>2</sub> iz cestnega prometa v Sloveniji, od Kjotskega protokola 1986 do 2005



Povprečne in maksimalne koncentracije NO<sub>2</sub> za avtomatske števec in ozadje v Sloveniji, 1994-2005 (Zbirka podatkov avtomatskih meritev državne mreže za spremljanje kakovosti zraka (DMKZ), ARSO, 2005)

### 2.3.2 Emisijski standardi EURO

Evropska unija s pomočjo emisijskih standardov EURO regulira in omejuje dovoljene mejne vrednosti emisij škodljivih snovi iz motornih vozil. Prvi standard v skladu z evropskimi direktivami EURO I je bil določen leta 1993. Zadnji in doslej najstrožji standard EURO IV, ki je stopil v veljavo 2005, še dodatno zmanjšuje specifično emisijo CO, NO<sub>x</sub>, HC in trdnih delcev. Zaradi vse večjih pritiskov glede varovanja okolja in takojšnjega zmanjševanja vrednosti emisij je na v pripravi že predlog UBA<sup>1</sup> za naslednji, še strožji standard EURO V, ki naj bi stopil v veljavo naslednje leto.

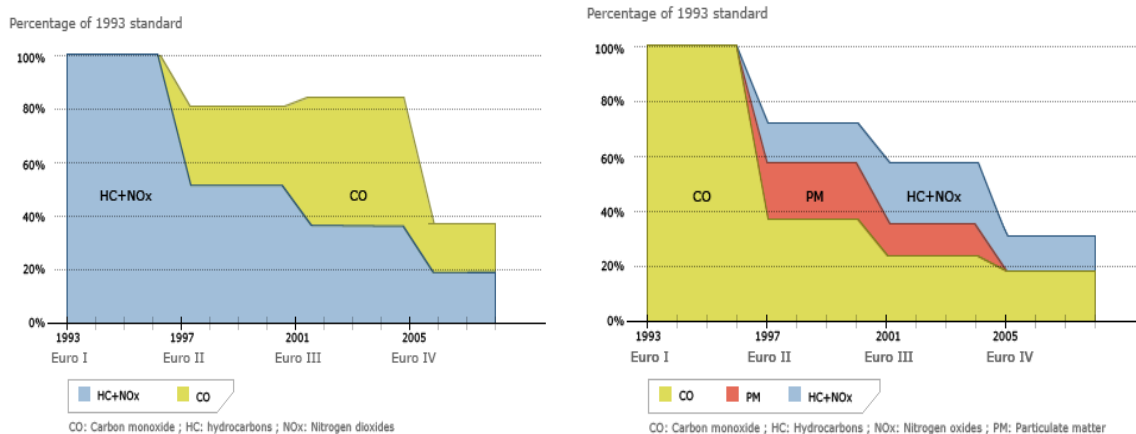
Passenger cars	PM (g/km)		NO <sub>x</sub> (g/km)		HC (g/km)		CO (g/km)	
	petrol	diesel	petrol	diesel	petrol	diesel	petrol	diesel
<b>Euro I</b> (1993)		0,14	--	--	--	--	--	--
<b>Euro II</b> (1996)		0,10	0,25	0,81	0,34	--	3,20	1,06
<b>Euro III</b> (2000)		0,05	0,15	0,50	0,20	--	2,30	0,64
<b>Euro IV</b> (2005)		0,025	0,08	0,25	0,10	--	1,00	0,50
<b>Euro V</b> (2008)		0,0025	0,08	0,08	0,05	0,05	--	--

EURO standardi za osebna vozila (1993-2005) in UBA predlog (2008) ([www.acidrain.org](http://www.acidrain.org))

V primerjalni tabeli so zbrane mejne vrednosti vseh dosedanjih in enega bodočega predloga EURO emisijskih standardov za specifične emisije onesnaževal: PM-delce, NO<sub>x</sub>, HC-hidrokarbonate in CO. Vse vrednosti so izražene v gramih na prevožen kilometer (g/km), kar pomeni največ koliko gramov emisij lahko proizvede bencinski oziroma dizelski motor na prevožen kilometer, da bo še ustrezal kriterijem določenih standardov. Leva stran stolpca za trdne delce je prazna, ker pri izgorevanju bencinskih goriv ni nobenih delcev.

<sup>1</sup> UBA – »Umweltbundesamt Dessau-Roßlau«, Zvezni urad za okolje

Z novo strategijo, predlagano februarja 2007 in dopolnjeno najkasneje do sredine 2008, želi Evropska komisija do leta 2012 s celovitim pristopom doseči cilj EU, in sicer da bi povprečne emisije ogljikovega dioksida (CO<sub>2</sub>) iz novih vozil znašale samo še 120 g/km.



Zniževanje mejnih vrednosti emisij za bencin in dizel (v odstotkih) glede na začetno vrednost standarda EURO I iz leta 1993 ([www.sustainability.psa-peugeot-citroen.com](http://www.sustainability.psa-peugeot-citroen.com))

Kot lahko razberemo iz grafov so se dovoljene mejne vrednosti emisij za bencinske in dizelske motorje v 12 letih oziroma po štirih zaporednih, stopnjevalnih EURO standardih znižale tudi do petkrat glede na prvotno določene vrednosti iz leta 1993!

## 2.4 Motorno onesnaževanje glede na vrsto pogona

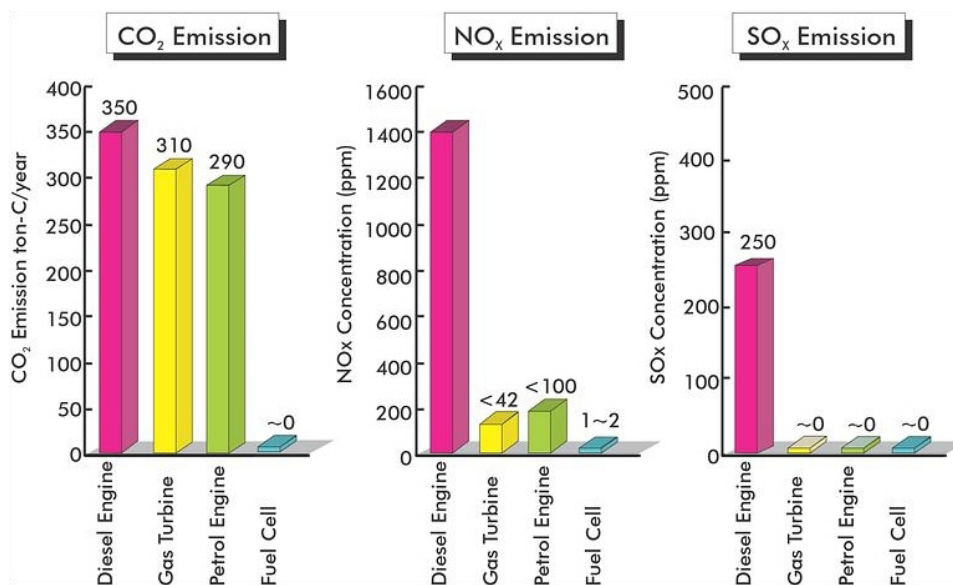
Število registriranih motornih vozil v Sloveniji iz leta v leto narašča, vendar se stopnja obnavljanja voznega parka v kategoriji osebnih vozil umirja. Povprečna starost avtomobila v Sloveniji je okoli sedem let, v razvitejših državah pa devet in tudi več let. Število registriranih osebnih vozil na tisoč prebivalcev se je v obdobju med 1990 in 2003 povečalo iz 289 na 446 (Česen, M. s sod., 2006).

Posledično pa narašča tudi poraba naftnih derivatov. Delež motornih vozil z dizelskim motorjem se povečuje, kar dodatno obremenjuje okolje z emisijo NO<sub>x</sub>, CO in trdnimi delci. Sodobni dizelski avtomobili imajo v primerjavi z bencinskimi do 20-krat večjo emisijo NO<sub>x</sub>. V prid dizelskim motorjem moramo omeniti dejstvo, da imajo manjšo specifično porabo in

boljši izkoristek goriva napram bencinskim. Kljub manjši porabi pa imajo dizelska vozila večji izpust emisij CO<sub>2</sub> kot bencinska. Pravtako obremenjujejo okolje z emisijami delcev (PM), ki jih bencinski motorji ne proizvajajo.

Rezultati analize o izpušnih vrednostih plina CO<sub>2</sub> glede na porabljen liter goriva, ki jo je opravil avstralski urad za toplogredne pline Australian Greenhouse Office (Department of the environment and water resources, Australian government), kažejo, da se na porabljen liter bencina sprosti v ozračje 2,4<sup>2</sup> kg emisij CO<sub>2</sub>, medtem ko se na liter dizla 2,7 kg. Te vrednosti so bile izračunane ob predpostavki letno prevoženih 15.000 kilometrov.

Dizelski motorji tako veliko bolj onesnažujejo ozračje kot motorji na bencinski ali kateri drugi pogon. Na spodnji sliki je prikazana primerjava letnih vrednosti emisij izpušnih plinov med dizelskim motorjem, plinsko turbino, bencinskim motorjem in gorivno celico za poljubno štirikrako križišče. Emisije CO<sub>2</sub> so podane v tonah na leto, medtem ko so emisije NO<sub>x</sub> in SO<sub>x</sub> podane v ppm<sup>3</sup> na letni ravni.



Primerjava vrednosti emisij CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> in SO<sub>x</sub> glede vrsto pogona (<http://www.siliconchip.com.au>)

<sup>2</sup> več v poglavju 4.3.1, vrednost f<sub>CO2</sub> v Preglednici 3

<sup>3</sup> ppm (*parts per million*) - število delcev na milijon, je enota za zelo nizke koncentracije, ki nam pove kakšen je delež določene snovi v drugi snovi (v milijoninkah)

V strukturi lahkih tovornih vozil in osebnih vozil s prostornino motorja nad dva litra je prodor dizelskih motorjev v Sloveniji še izrazitejši, vendar je njihov skupni delež še vedno nižji kot v zahodnoevropskih državah. Razlog je predvsem, da so avtomobili z dizelskim motorjem v najbolj prodajanem segmentu osebnih vozil še vedno občutno dražji od bencinskih različic.

#### **2.4.1 Primer ekonomike pri izbiri motornega pogona**

Izbira vrste motorja oziroma pogona pri nakupu osebnega vozila je povezana s stroški – začetnimi stroški investicije pri nakupu vozila in nato nadaljnimi stroški obratovanja (stroški goriva, vzdrževanje, maziva, itn.). Naslednja primera ponazarjata primerjavo stroškov med bencinskim in dizelskim pogonom. Ugotovimo lahko, da so notranji stroški dizelskega motorja konkretno manjši napram bencinskemu motorju, kljub višji nakupni ceni. Po drugi strani pa lahko zatrdimo, da so zunanji stroški, ki jih posredno povzročajo dizel vozila in jih ne krije uporabnik sam, glede na količine emisij izpušnih plinov višji. Te stroške je težje ovrednotiti in se jih zato tudi ne zavedamo v tolikšni meri kot stroškov, ki nas bremenijo sproti in neposredno kot uporabnika.

##### **2.4.1.1 Dnevni prevoz na delo**

V Sloveniji povprečno prevozi uporabnik, ki se vozi sam, na do 15 km oddaljeno delo:  
 $15 \text{ km} \times 2 \text{ smeri} = 30 \text{ km/dan} \times 20 \text{ dni/mesec} = 600 \text{ km/mesec} \times 11 \text{ mes/leto} = \underline{6600 \text{ km/leto}}$ ,  
kar pomeni ocenjen strošek (podatek Petrol, dne 22.5.2007):

**diesel:** poraba 6l/100km pri 0,962 EUR/l = 396 l ... **380,95 EUR letnega stroška**

**bencin 95:** poraba 9l/100km pri 1,103 EUR/l = 594 l ... **655,18 EUR letnega stroška**

##### **2.4.1.2 Letna poraba in povrnitev stroška nakupa dražjega diesel avtomobila**

Povprečna poraba goriva in ocena stroška avtomobila, ki prevozi 20000 km na leto je:

**diesel:** poraba 6l/100km pri 0,962 EUR/l = 1200 l ... **1154,40 EUR letnega stroška**

**bencin 95:** poraba 9l/100km pri 1,103 EUR/l = 1800 l ... **1985,40 EUR letnega stroška**



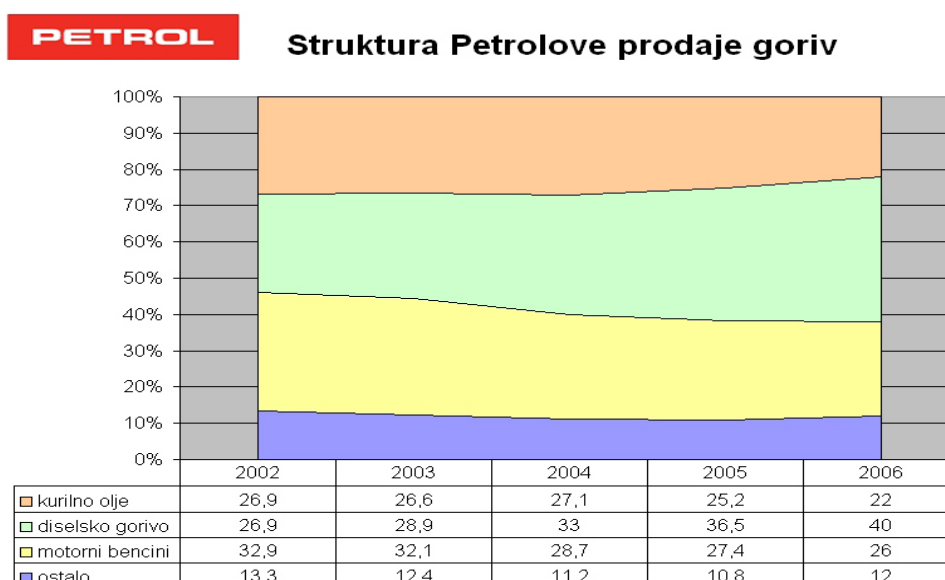
## 2.4.2 Trend gibanja prodaje goriva

Glede na trend gibanja razmerja med motorji na bencinski oziroma dizelski pogon, ki ga lahko spremljamo v ostalih razvitejših članicah EU, lahko predpostavimo, da se bo število dizelskih motorjev v prihodnje pri nas (konstantno) povečevalo. To nam potrjujejo tudi podatki v Preglednici 1\*, kjer je vidno izrazito naraščanje deleža prodaje dizelskih goriv in hkrati upadanje deleža motornih bencinov (neosvinčen 95 in 98-oktanski skupaj).

Preglednica 1: Končna poraba goriva v prometu, v 1000 tonah/leto

Vrsta goriva	2003	2004	2005	2006
<b>Bencin</b>	749	666	656	640
<b>Diesel</b>	575	708	805	897

Zraven lahko dodamo še dejstvo, da velika večina vozil tovornega in potniškega prometa (od manjših kombijev do tovornjakov s priklopniki, avtobusi, itd.) na naših cestah uporablja dizelsko gorivo. Vse to pomeni še večjo obremenitev okolja s škodljivimi emisijami v prihodnosti.



Struktura Petrolove prodaje goriv od 2002 do 2006 ([www.podlupo.si](http://www.podlupo.si))

\* Vir: Statistični urad RS, [www.stat.si](http://www.stat.si)

Opazno povečanje deleža dizelskih goriv v strukturi prodaje pomeni tudi, da se skladno z varčnimi avtomobili znižuje povprečna poraba goriv na uporabnika, kar lahko pomeni, da se avtomobilska industrija počasi že zaveda negativnih posledic in se trudi izdelovati čim bolj »ekološko prijazne« motorje s čim manjšo porabo goriva z namenom povečanja prodaje. Iz števila prodanih avtomobilov ugotovimo, da jim to tudi dobro uspeva. V naslednjih letih bo zanimivo spremljati delež prodaje razreda »ostalnih goriv«, med katerimi bodo počasi, vendar zagotovo, čedalji večji delež začela zavzemati biogoriva in druga alternativna pogonska goriva.

## **2.5 Alternativna pogonska goriva**

Raziskave in tehnološki razvoj so močno osredotočeni na čiste in energetske učinkovite tehnologije vozil ter alternativna goriva. Okoljske zahteve so povezane predvsem z zniževanjem vsebnosti žvepla kot enega ključnih okoljskih parametrov – na uporabo goriva »brez žvepla« naj bi nepreklicno prešli že leta 2009. Pomemben korak k temu je ponudba avtoplina – alternativnega pogonskega goriva, ki je okolju prijaznejše.

### **2.5.1 Avtoplin**

Avtoplin je utekočinjen naftni plin (UNP), ki se uporablja za pogon motornih vozil. Je okolju prijazno gorivo, saj prispeva k znižanju (Goriva Petrol, 2007):

- ogljikovega dioksida (CO<sub>2</sub>) za 15%,
- dušikovega oksida (NO) za 34% in
- ogljikovega monoksida (CO) za 50%!

Zato se avtoplin zelo pogosto uporablja v javnem mestnem potniškem prometu (Dunaj, Moskva, Budimpešta, Praga,...) in je v nekaterih mestih celo predpisano pogonsko gorivo.

Avtoplin je lahko hlapljiva tekočina z visokim oktanskim številom (104), ki je po svoji visoki energijski vrednosti najbližje bencinu. Z vgradnjo sodobnih naprav za uporabo avtoplina je poraba avtoplina v primerjavi z bencinom samo še nekaj odstotkov nižja, moč motorja pa

ostaja skoraj enaka. Plinski pogon je možno naknadno vgraditi v skoraj vsa vozila na bencinski ali dieselski pogon.

V svetu je avtoplin dodobra uveljavljeno pogonsko gorivo, ki ga uporablja okrog 7 milijonov vozil. V Evropi jih je največ v sosednji Italiji, sledijo še Poljska, Nizozemska, Francija in Avstrija. V svetovnem merilu je za Italijo in Nizozemsko na tretjem mestu Južna Koreja in nato Avstralija. Slovenija je čisto pri dnu lestvice.

Ostale prednosti avtoplina so (Istrabenz plini, 2007):

- o daljša življenjska doba (katalizator, motor)
- o tišje delovanje motorja (do 50 %)
- o znižanje stroškov goriva
- o ekonomska učinkovitost predelave (investicija se hitro povrne)
- o doseganje večjih razdalj zaradi uporabe dveh oblik goriva
- o enostavno preklapljanje med plinskim in bencinskim pogonom

Poleg ekološke sprejemljivosti in zmanjšanja škodljivih emisij je največja prednost avtoplina njegova relativno nizka cena, ki je v primerjavi s ceno bencina ali dizla nižja za približno 38 odstotkov (upoštevane so cene goriv na dan 8.10.2007, Vir: Petrol). To pomeni velike prihranke pri stroških goriva.

Glavna ovira pri uporabljanju avtoplina pri nas je njegova dobava oziroma oskrba, saj je zaenkrat še premalo bencinskih servisov, kjer ga lahko kupimo. Avtoplin je trenutno na voljo le na enajstih bencinskih servisih dveh slovenskih energetske družbe oziroma v osmih različnih krajih po Sloveniji – Koper, Kozina, Košana, Sežana, Lom (smer Primorska), Ljubljana, Celje in Maribor.

### **2.5.2 Biogorivo**

Med biogorivo štejemo vse vrste goriva, ki je pridobljeno iz bioloških virov oziroma organskih snovi. Biogorivo predstavlja alternativo uporabi fosilnih goriv in vse bolj rastoči ceni nafte. Poleg trdnih (les, ostanki goriv) in plinskih biogoriv (bioplin) poznamo tudi tekoča goriva, kot so biodizel, bioetanol, sintetična biogoriva itd.

V svetovnem merilu ima Brazilija med vsemi državami najboljše razvito mrežo za ponudbo biogoriva. Sem spadajo tako polnilne postaje kot tudi tovarne, ki proizvajajo kot biogorivo uporaben etanol. Po mnenju analitikov bi druge države potrebovale leta, da bi razvile podobno razvit in učinkovit sistem, kot so ga ustvarili Brazilci. Več kot dve tretjini vseh prodanih novih avtomobilov v letu 2006 poganja biogorivo, čisto ali mešano z bencinom.

### **2.5.2.1 Biodizel**

Naftna družba Petrol je zelo dejavna in napredna pri uvajanju in ponudbi novih, ekološko bolj varčnih vrst biogoriv, še posebej na področju dizelskih goriv. Tako je julija lansko leto, že začela v svoje dizelsko gorivo vmešavati biodizel v razmerju 95:5, torej gorivo pridobljeno iz surovih rastlinskih olj (npr. oljna ogrščica, soja). S tem naj bi se tudi Slovenija odzvala na priporočilo Evropske unije o zmanjšanju porabe fosilnih goriv oziroma Direktivo o promociji uporabe biogoriv in drugih obnovljivih virov v transportne namene (2003/30/ES), ki predvideva, da naj bi do leta 2010 goriva vsebovala 5,75% energentov iz alternativnih virov, do leta 2020 pa že 20%. Ker referenčna vrednost 2% do leta 2005 ni bila dosežena, potekajo razprave o spremembi Direktive o biogorivih.

V Sloveniji zaenkrat uporabljamo dizelsko gorivo s 5-odstotnim deležem biodizla, v Franciji je ta delež 20-odstotni, v Nemčiji in Avstriji, ki v Evropi veljata za vodilni na tem področju, pa uporabljajo že 100-odstotni biodizel.

Ekološke prednosti biodizla:

- netoksičnost
- zmanjšanje emisij CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, ogljikovodikov HC itn.
- biorazgradljivost (v treh tednih se razgradi 99% v primeru razlitja po tleh)
- možnost proizvodnje iz rabljenih jedilnih olj in živalskih maščob
- majhno onesnaževanje okolja v primeru razlitja pri transportu

## 2.6 Ukrepi

Ker naraščanje prometnih emisij ogroža tako podnebje kot tudi doseganje ciljev, ki jih je Sloveniji naložil Kjotski sporazum, je Slovenija sprejela naslednje ukrepe:

- trošarinske dajatve za goriva,
- nadzor sestave izpušnih plinov in nastavitev motorjev motornih vozil,
- obveščanje potrošnikov o porabi goriva in emisiji CO<sub>2</sub> za nova motorna vozila,
- sporazum Evropske komisije z avtomobilskimi proizvajalci ter
- spodbujanje rabe biogoriv.

Poleg tega se načrtujejo še ukrepi na področju spodbujanja rabe javnega potniškega prometa in razvoja nemotornih oblik prometa ter povečanje deleža železnic pri prevozu blaga.

Kljub naštetim ukrepom pa je pri reševanju tega problema potreben celovitejši pristop. Treba bo oceniti **zunanje stroške prometa**<sup>4</sup> in jih vključiti v ceno prometa. Nujno bo treba dvigniti kakovost javnega potniškega prometa. Ljudi bo treba nenehno obveščati in osveščati o vplivih prometa na okolje, zdravje in družbo. Do zdaj prometna politika v Sloveniji v zvezi s tem še ni ponudila celovitega pristopa.

V urbanih središčih in aglomeracijah bodo pričakovani učinki z intenzivno prometno politiko v smeri zagotavljanja pogojev za razvoj javnega prometa najbolj razvidni v izboljšanju kakovosti zraka. Z omejevanjem osebne cestnega prometa bo posledično na voljo več infrastrukturnih površin za javni prevoz ter druge oblike trajnostnega prometa (npr. kolesarske poti). V primeru intenzivnega razvoja uporabe javnih prevoznih sredstev do leta 2010 lahko pričakujemo zmanjšanje emisij CO<sub>2</sub> za okrog 100.000 ton na leto. Zagotoviti pa je tudi treba, da bo uporaba javnega prevoznega sredstva po kriterijih dostopnosti, cene, udobja in časa prevoza za uporabnika najsmotrnejša odločitev.

Z RePPRS<sup>5</sup> se je Slovenija zavezala, da bo v obdobju od 2008 do 2012 emisije toplogrednih plinov zmanjšala za 8% glede na izhodiščno leto 1986.

---

<sup>4</sup> Več v poglavju 3.1

<sup>5</sup> RePPRS - Resolucija o prometni politiki Republike Slovenije, Ur.l.RS št. 58/06

### 2.6.1 Obveščanje potrošnikov o emisiji CO<sub>2</sub> motornih vozil

Ozaveščenost odgovornih organov glede okoljske problematike, ki je povezana s porabo goriv in z emisijami izpušnih plinov, se že kaže v sprejemanju novih omejitev in pravilnikov na tem področju. V začetku leta 2004 je začel veljati Pravilnik o obveščanju potrošnikov o varčni rabi goriv in emisijah CO<sub>2</sub> novih osebnih vozil<sup>6</sup>, ki predpisuje vsebino informacij in način obveščanja potrošnikov o varčni rabi goriv in emisijah CO<sub>2</sub> za vsa nova osebna vozila, ki so prvič dana v promet za prodajo ali najem na območju RS. Vsi dobavitelji oziroma prodajalci vozil morajo na prodajnem mestu na vsak model novega osebnega vozila na opazen način pritrčiti informacijo o porabi goriva in emisijah CO<sub>2</sub> v skladu z zahtevami pravilnika.

Pravilnik predvideva tudi pripravo priročnika o porabi goriva in emisijah CO<sub>2</sub>, ki bo vseboval:

- seznam vseh modelov novih osebnih vozil, ki so v tekočem letu naprodaj v RS,
- vrsto in vrednost uradne porabe goriva, izraženo v litrih na 100 kilometrov (l/100 km),
- uradne specifične emisije CO<sub>2</sub>, izražene v gramih na kilometer (g/km),
- seznam 10 modelov novih osebnih vozil z najučinkovitejšo rabo goriva ter specifične emisije CO<sub>2</sub> glede na vrsto goriva, in
- razlage o učinkih emisij toplogrednih plinov ter njihove okoljske posledice.

Vsi ti podatki so dostopni na svetovnem spletu (<http://co2.temida.si>); na vpogled sta dve lestvici 10 najučinkovitejših in ekološko najbolj varčnih modelov na bencinski in dizelski pogon, kakor tudi specifični podatki za znamke osebnih avtomobilov in večino njihovih modelov, ki so na prodaj pri nas.

Tako so potrošniki pri nakupu novega osebnega vozila bolj obveščeni o varčni rabi goriv ter emisijah CO<sub>2</sub>. Hkrati pa takšne primerjave med znamkami oziroma modeli spodbujajo in omogočajo nakup vozila s čim manjšo porabo goriva oziroma nižjimi emisijami CO<sub>2</sub>.

---

<sup>6</sup> Ur.l.RS št. 86/03 369, Ur.l.RS št.133/03 491, Ur.l.RS št. 43/04 511.

10 najbolj CO<sub>2</sub> varčnih avtomobilov na bencinski pogon (<http://co2.temida.si/naj10.php>)

Znamka in model	Povprečna poraba [l/100km]	Emisija CO <sub>2</sub> [g/km]
SMART FORTWO COUPE 45	4,7	113
RENAULT TWINGO 1,2	5,8	115
KIA PICANTO 1,0	4,9	118
SMART ROADSTER 60 AUT.	5,1	121
KIA PICANTO 1,1	5,2	125
OPEL CORSA 1,0 12V	5,3	127
HONDA JAZZ 1,2	5,5	129
FIAT PUNTO 1,9 JTD ELX	5,3	130
SMART FORFOUR 1,1	5,5	130
FIAT PANDA 1,2	5,6	133

## 2.6.2 Ukrepi v urbanih središčih

Dejstvo je zaskrbljujoče in terja uvajanje učinkovitejših in čistejših načinov prevoza, s katerimi bi zmanjšali onesnaževanje zraka, hrupa, segrevanje ozračja in s tem vplive avtomobilskega prometa na zdravje ljudi in kakovost življenja v mestih.

Reševanje problema je seveda zapleteno, drago in dolgotrajno. Med ključne ukrepe na področju trajnostne mobilnosti v urbanih središčih sodijo:

- o cenovna politika na področju motornih goriv
- o povečevanje deleža biogoriv (npr. biodizel)
- o uporaba alternativnih pogonskih goriv v javnem mestnem potniškem prometu (npr. avtoplin)
- o izboljšanje storitev javnega prevoza
- o zagotavljanje pogojev za razvoj drugih oblik trajnostnega prometa

## 2.7 Premislek

Ne smemo pozabiti dejstva, da smo naravo dobili od naših prednikov le na posodo in jo bomo morali pustiti zanamcem. V kakšnem stanju jo bomo pustili za seboj, smo odgovorni mi vsi. Še posebej je to izrazito pri odnosu do uporabe avtomobila, ker ta zadeva nas vse in nihče ne more pogledati stran, kot da se ga ne tiče.

### 3 STROŠKI PROMETA

Promet je dejavnost z izjemno dinamiko rasti, še posebej na področju cestnega prometa, in predstavlja v sodobnem času enega izmed največjih onesnaževalcev okolja. Zaradi tega je glavna naloga prometne politike EU nadzorovanje in zagotavljanje čimbolj trajnostno uravnoveženega razvoja – tako po kvaliteti kot kvantiteti. To je razvidno tudi iz vsebine temeljnih prometno-političnih dokumentov, kot so:

- o Zelena knjiga, 1995, »Towards Fair and efficient pricing in transport«,
- o Bela knjiga, 1998, »Fair Payment for infrastructure use«,
- o Bela knjiga, 2001 in 2006, »European transport policy for 2010« in
- o Zelena knjiga, 2007, »Za novo kulturo mobilnosti v mestih«.

Negativne posledice prometa (onesnaževanje okolja, izpušni plini, hrup, nesreče, **poraba goriva in časa** itn.), ki obremenjujejo okolje in delno tudi udeležence v prometu, poizkušamo ovrednotiti kot stroške. Ocena stroškov prometa je kompleksna in zelo zahtevna, saj na tem področju še ni enotne in splošno sprejete metodologije za njihov izračun.

Pri ocenjevanju stroškov jih delimo na **zunanje** in **notranje stroške prometa**.

Na splošno lahko zapišemo, da zunanjih stroškov ne poravnajo povzročitelji sami, temveč splošna javnost, medtem ko notranje stroške v celoti pokriva posamezni uporabnik prometnega sistema. Skupni prometni družbeni stroški so vsota zunanjih in notranjih stroškov (Evropska agencija za okolje - EEA, 2002).

#### 3.1 Zunanji stroški prometa

Zunanji stroški prometa (uporabljajo se tudi termini kot npr. eksterni stroški, mejni družbeni stroški) so tisti negativni vplivi prometa na družbo, katerih poravnave ne prevzema uporabnik prometnega sistema, ki jih je povzročil.



Tako kot vsaka gospodarska dejavnost tudi promet s svojim »obratovanjem« povzroča določene stroške, ki se jih javnost kot posredni ali neposredni udeleženec v prometu še ne zaveda v zadostni meri. V ekonomskih izračunih že prihaja do vse večjega vključevanja zunanjih ali eksternih stroškov<sup>7</sup> prometa med ekonomske spremenljivke (preko davkov, taks, cestnin,...). Iz tega lahko razberemo, da prometna gneča stane, da parkirna mesta niso zastonj, da s povzročanjem hrupa škodujemo zdravju tistih, ki jih hrup doleti. Prihodnost torej prinaša zahtevo po poravnavi zunanjih stroškov prometa (v skladu z dejansko izvedenim obsegom aktivnosti) tistih, ki uporabljajo prometne storitve oziroma tistih, ki bodo onesnaževali okolje.

### 3.1.1 Glavni zunanji stroški prometa

Glavni zunanji stroški, ki jih povzroča promet in so opredeljeni v omenjenih dokumentih EU:

- **Prometne nesreče** – pri uporabi prometnega sistema prihaja do nezgod in posledično do stroškov, ki jih le delno pokrijejo zavarovalnice (smrtna žrtev, medicinska oskrba, invalidnost,...)
- **Onesnaževanje zraka in emisije** – emisije delcev (PM), ogljikovega monoksida (CO), topne organske spojine (VOC), dušikovi oksidi (NO<sub>x</sub>) in žveplov dioksid (SO<sub>2</sub>) škodujejo zdravju, okolju in zgradbam
- **Sprememba klime in TGP** – toplogredni plini (še posebej CO<sub>2</sub>) imajo dolgotrajen vpliv na podnebne spremembe po svetu ter za posledice širjenje puščav, rast gladine morja, škoda v poljedelstvu,...
- **Hrup** – promet povzroča hrup, ki na različne načine negativno vpliva na ljudi kot motnje, stres, resne zdravstvene težave,...
- **Zastoji** – število novih vozil dodatno povečuje že tako gost prometni tok, še posebej osebna vozila, kar ohromi celoten sistem in vodi do znatnih izgub za vse uporabnike. Zaradi zastojev postaja celoten sistem neučinkovit.
- **Ostali stranski stroški v okolju** – dodatni stroški v naravi in pokrajini, stroški razsekanosti in utesnjenosti v urbanih okoljih, dodatni stroški zaradi priprave, vzdrževanja in razgradnje elementov prometnega sistema.

---

<sup>7</sup> Eksterni stroški so katerikoli (škodljivi) učinek proizvodnje ali potrošnje, ki ni vključen v funkcijo koristnosti proizvajalca ali potrošnika. Proizvajalec ali potrošnik, katerega aktivnost generira eksterne stroške v navedenem smislu, nima nikakršnih obveznosti, da bi moral te stroške poravnati (Elvik, 1994).

Najpomembnejši kategoriji teh stroškov so prometne nesreče ter lokalno in globalno onesnaženje zraka. Hrup in zastoji imajo lahko pomemben delež v posebnih okoliščinah, npr. pri prometu v mestih. Zato nekateri avtorji obravnavajo stroške zastojev posebej in jih zaradi drugačnega merjenja in ovrednotenja ne uvrščajo med osnovne eksternalije prometa. Medtem ko vsi ostali stroški obremenjujejo tako uporabnike, ki so in tiste, ki niso udeleženi v prometu, se zastoji nanašajo samo na udeležence prometnega sektorja. Iz tega razloga jih ne smemo kumulirati z ostalimi zunanjimi stroški prometa.

V naši nalogi se bomo omejili na stroške zaradi emisij in toplogrednih plinov, ki skupaj predstavljajo dobro polovico vseh zunanjih stroškov prometa. Z uporabo analitičnih metod bomo poleg stroškov uporabnikov v križišču izračunali tudi vrednosti emisij izpušnih plinov.

### 3.1.2 Ovrednotenje zunanjih stroškov prometa

Ocena velikosti zunanjih stroškov prometa ni enostavna in je običajno sestavljena iz dveh ključnih korakov:

- ocenjevanje v osnovni enoti merjenja (npr. število smrtnih žrtev prometnih nesreč, nivo hrupa, obseg izgubljenega časa v prometnih zastojih,...)
- ovrednotenje oziroma preračun osnovnih enot merjenja v denarno enoto

Tu nastane problem, ker v strokovni praksi ni enotnega mnenja, kaj šele standarda, normativa ali smernic o postopku izračunavanja. Medtem ko pri določanju mere in njenega obsega še lahko uporabimo informativne elemente (pojave, ki jih merimo, opazujemo ali štejemo), pa se pri monetarizaciji pojavlja problem vpeljevanja normativnih elementov oziroma elementov družbenega vrednostnega sistema. Zato je v strokovni literaturi moč zaslediti zelo širok razpon ocen vrednosti posameznega pojava.

Za lažje ovrednotenje zunanjih stroškov v Sloveniji lahko privzamemo metodologijo po viru dveh neodvisnih svetovalcev INFRAS<sup>8</sup> in IWW<sup>9</sup>, ki sta v EU vodilna na tem področju.

---

<sup>8</sup> INFRAS – svetovalno podjetje za raziskave, Zürich, Švica

<sup>9</sup> IWW – Institut für Wirtschaftspolitik und Wirtschaftsforschung, Universität Karlsruhe, Nemčija

Inštituta vzajemno sodelujeta, raziskujeta in se ukvarjata s problematiko prometnih stroškov. Svoje ugotovitve in rezultate raziskav sta prvič predstavila v študiji leta 1995.

Metodologija predstavljena v zadnjih dveh študijah »External costs of Transport – accident, environmental and congestion costs in western Europe, 2000« in »External costs of transport, 2004« se uporablja in citira kot referenčna na evropski prometno-politični sceni. Metodologija je dovolj splošna, da je izvedljiva tudi v realnem slovenskem prostoru.

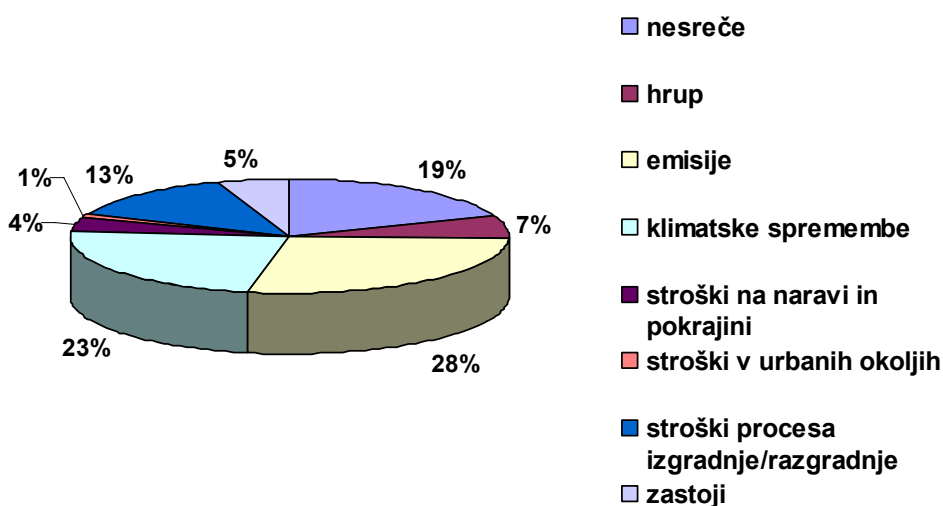
### **3.1.3 Zunanji stroški prometa v Sloveniji**

V Sloveniji smo prvo celovito oceno zunanjih stroškov prometa dobili leta 2004 s študijo »Analiza eksternih stroškov prometa«, ki je bila opravljena v okviru Ciljnega raziskovalnega programa »Konkurenčnost Slovenije 2001-2006«. V študiji so podani izračuni skupnih in povprečnih zunanjih stroškov prometa za Slovenijo za leto 2002 po posameznih prevoznih načinih, izdelana pa je tudi napoved za 2010. V analizi so ločeno obdelani in izračunani zunanji stroški zaradi glavnih eksternalij, v dodatku pa še dodatni zunanji stroški zaradi ostalih stranskih eksternalij. Izračuni temeljijo na že zgoraj omenjeni metodologiji povzeti po INFRAS/IWW, ki je dovolj splošna, enostavna in razširjena v Evropi, da zagotavlja medsebojno primerljive izračune.

Ministrstvo za promet je, kmalu zatem leta 2006, z RePPRS dočila nove smernice obravnavanja in vrednotenja zunanjih stroškov prometa. Predlog RePPRS se v izhodiščih zavzema za eno izmed možnih oblik finančnih ukrepov za zaračunavanje zunanjih stroškov in sicer za politiko zaračunavanja uporabnin prometne infrastrukture ob upoštevanju zunanjih stroškov, povzročenih z izvajanjem prometne dejavnosti. Taka politika naj bi zagotovila skladnejšo obremenitev infrastrukture posameznih podsistemov in skladnejši razvoj prometne dejavnosti v Sloveniji. Pomankljivost predloga je bila, da ni prevedel navedenih izhodišč v konkretne in količinsko opredeljene cilje ter jih podkrepil s prometno-političnimi ukrepi za reševanje te problematike.

### 3.1.4 Ocena zunanjih stroškov prometa v Sloveniji

Ocena zunanjih stroškov prometa v Sloveniji leta 2002 po dražjem scenariju se giblje okoli 2,3 milijarde evrov, medtem ko znaša skupna ocena zunanjih stroškov za leto 2000 (brez stroškov zaradi zastojev) v državah EU 17<sup>10</sup> 650 milijard evrov. Preračun v delež BDP pokaže, da znašajo stroški med 6 in 9,8% BDP, kar je po podatku INFRAS/IWW na ravni povprečja EU 17 (7,3%). Več kot 90% vseh zunanjih stroškov prometa v Sloveniji povzroča cestni promet. Primerjava zgradbe zunanjih stroškov prometa v Sloveniji z EU kaže na izstopajoče visok delež zunanjih stroškov prometa v Sloveniji zaradi emisij in klimatskih sprememb. Najmanjše deleže predstavljajo zastoji, hrup ter stroški v naravnih in urbanih okoljih.



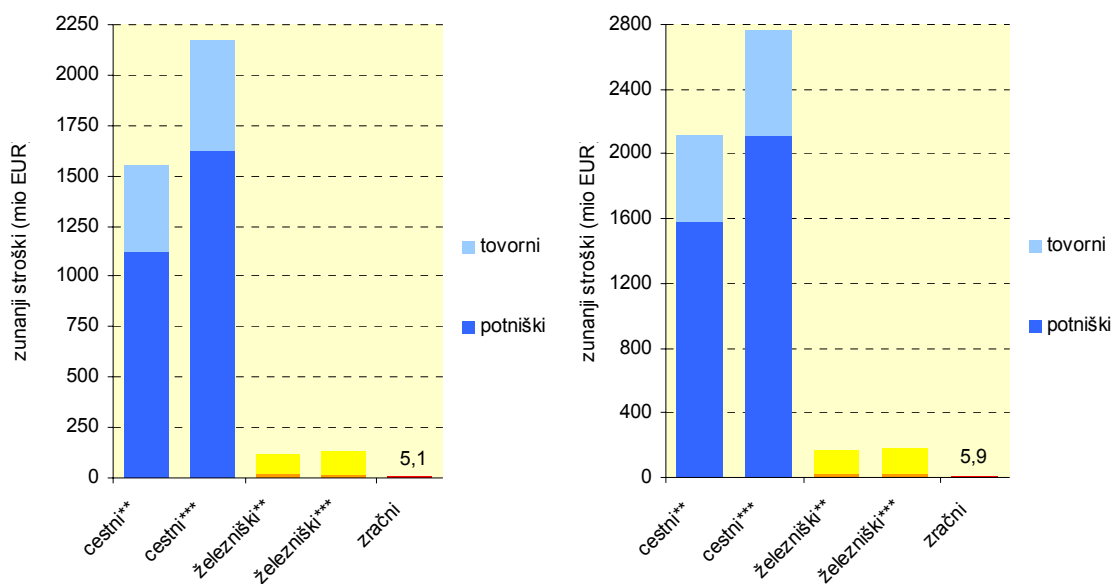
Slika 2: Deleži posameznih zunanjih stroškov glede na eksternalije, Slovenija (2002)

Skupni zunanji stroški prometa v Sloveniji za leto 2002 so preračunani in prikazani v evrih. Ker se pri globalnih vplivih toplogrednih plinov v strokovni literaturi pojavlja izjemno širok spekter ocen škode oziroma posledic, sta v izračunih in prikazu rezultatov prikazani dve mejni vrednosti - po spodnji oceni \*\* so klimatske spremembe vrednotene 14 EUR na tono CO<sub>2</sub>, po zgornji oceni \*\*\* pa 135 EUR na tono CO<sub>2</sub>. Za ostale povzročitelje zunanjih stroškov so strokovno določene srednje oziroma najverjetnejše vrednosti.

<sup>10</sup> EU 17 zajema poleg 15-ih držav članic EU še Švico in Norveško (Externe Kosten des Verkehrs INFRAS-IWW, 2004)

V študiji so pripravljene tudi napovedi zunanjih stroškov prometa za leto 2010. Izmed razpoložljivih metod napovedi – trendna, modelska in ciljna – je uporabljena kombinacija slednjih. Obseg prometnega dela, potovalne navade in še nekateri parametri so povzeti po modelu TREMOVE<sup>11</sup>. Pri napovedi števila žrtev nesreč ter BDP je uporabljena ciljna metoda, ki povzema ciljne vrednosti iz strateških dokumentov.

Na naslednjih dveh diagramih so primerjalno prikazani podatki o obsegu že znanih zunanjih stroškov za leto 2002 ter podatki o oceni vrednosti le-teh za leto 2010. V prihajajočih letih se naj bi stroški najbolj povečali v cestnem prometu.



Obseg (2002) in ocena (2010) zunanjih stroškov po prevoznih načinih v Sloveniji (Lep s sod., Analiza eksternih stroškov prometa, 2004)

Skupni zunanji stroški prometa v Sloveniji 2002 in ocena stroškov za 2010 (Lep M. s sod., 2004) ter za EU 17 za leto 2000 (INFRAS/IWW, 2004). Zunanje stroške prometa zaradi primerljivosti z drugimi državami v preglednici izražamo v milijonih EUR (Preglednica 2).

<sup>11</sup> TREMOVE – model in programska oprema za raziskavo učinkov različnih ekoloških in prometnih politik na emisije v transportnem sektorju

Preglednica 2: Zunanji stroški prometa za Slovenijo in EU 17

<b>ZUNANJI STROŠKI</b> (v mio EUR)	<b>SLO</b> 2002	<b>SLO</b> ocena 2010	<b>EU 17</b> 2000	<b>EU 17</b> 2000 (povprečje)
nesreče	440,6	811,1	156.439	9.202,3
hrup	153,6	200,3	45.644	2.684,9
emisije	629,1	819,0	174.617	10.271,6
zastoji	123,5	197,0	posebej	Posebej
klimatske spremembe**	56,0	58,8	27.959	1.644,7
klimatske spremembe***	541,0	568,3	195.714	11.512,6
stroški na naravi in pokrajini	88,4	88,4	20.014	1.177,3
stroški v urbanih okoljih	24,0	24,0	10.472	616,0
stroški procesa izgradnje/razgradnje**	157,2	205,3	/	/
stroški procesa izgradnje/razgradnje***	307,3	363,1	47.376	2.786,8
<b>Skupaj**</b>	<b>1.672,4</b>	<b>2.404,0</b>	<b>482.520,0</b>	<b>28.383,5,3</b>
<b>Skupaj***</b>	<b>2.307,5</b>	<b>3.071,2</b>	<b>650.275,0</b>	<b>38.251,5</b>

### 3.1.5 Zunanji stroški prometa zaradi emisij

Promet, povzročitelj številnih stroškov, narašča tako hitro, da kljub tehničnemu napredku vozil, postaja prevladujoč vir onesnaževanja. Največji delež 28% zunanjih stroškov iz prometa predstavljajo stroški zaradi emisij.

Pri določanju zunanjih stroškov zaradi onesnaževanja prometa je potrebno upoštevati, da le-te sestavlja več segmentov:

- zdravstvene posledice,
- škode na materialih in zgradbah,
- škode zaradi zmanjšanja pridelka in škode v gozdovih.

Škodljive zdravstvene posledice povzročata prisotnost škodljivih primesi v prizemnem sloju zraka, predvsem žveplovih in dušikovih spojin, ogljikovodikov (HC), raznih vrst drobnih

delcev (PM) ter ozon ( $O_3$ ), ki nastaja kot produkt fotokemičnih reakcij v onesnaženem zraku, v katerem je veliko dušikovih oksidov ( $NO_x$ ). Zaradi zapletenosti izračunov in pomanjkanja potrebnih vhodnih podatkov, ki opredeljujejo razredčevanje in transport onesnaženosti v zraku, se modelni izračuni za določanje imisijskih koncentracij skoraj ne uporabljajo. Kot osnovo za izračun lahko uporabimo metodologijo INFRAS/IWW, ki za indikatorje pri določanju škodljivih posledic uporablja skupne emisije trdnih delcev manjše od aerodinamičnega premera  $10\ \mu m$ . PM10 delci so bili izbrani kot indikator emisij s strani INFRAS/METEOTEST 2003 ter večine ostalih študij stroškov zaradi onesnaževanja. Za ocenitev škode v kmetijstvu in na zgradbah pa se uporabljajo emisijske vrednosti dušikovih oksidov ( $NO_x$ ).

Kot nazoren primer ocene škode zaradi zdravstvenih posledic lahko navedemo podatek za povprečne evropske stroške zdravljenja v slučaju (cenik 1995), ki ga navajata INFRAS/IWW (2000) in WHO<sup>12</sup> (1999):

- kroničnega bronhitisa (odrasla oseba nad 25 let) = 209.000,00 EUR/primer
- posameznega napada astme (za vse starosti) = 31,00 EUR/napad

Največ skupnih zunanjih stroškov zaradi vplivov onesnaženja prometa na zdravje ljudi, škode v kmetijstvu in škode na zgradbah v letu 2002, sta povzročili kategoriji osebnih vozil (47,1%) ter srednjih in težkih tovornjakov (29,4%). Razmerje med cestnim in železniškim prometom, glede na vrednost posameznih zunanjih stroškov, je približno 10:1.

### **3.1.6 Zunanji stroški zaradi klimatskih sprememb (toplogrednih emisij prometa)**

Podnebne spremembe so že nekaj časa velik problem, s katerim se sooča ves Svet. Dejavnosti družbe so povzročile znaten porast tgp v ozračju. Povzročeno škodo, ki je iz dneva v dan večja, poizkušamo zaježiti in umiriti z različnimi protokoli, omejitvami in standardi, ki predpisujejo znižanje emisij tgp v določenem časovnem obdobju.

Med njimi so najpomembnejšimi ogljikov dioksid ( $CO_2$ ), metan ( $CH_4$ ) in didušikov monoksid ( $N_2O$ ). Gre za pline, ki se dolgo časa zadržujejo v atmosferi, so inertni in nestrupeni.

---

<sup>12</sup> WHO - *World Health Organization*, svetovna zdravstvena organizacija

Njihova značilnost pa je, da absorbirajo dolgovalovno sevanje, ki ga Zemlja oddaja v vesolje, del njegove energije vrnejo nazaj ter tako vplivajo na njeno toplotno bilanco. Antropogene emisije toplogrednih plinov so predvsem povezane s proizvodnjo in porabo fosilnih goriv, z nekaterimi industrijskimi procesi, s kmetijstvom in z ravnanjem z odpadki. V prometu so neposredne emisije posledica porabe fosilnih goriv.

Za izračun zunanjih stroškov zaradi emisij TGP lahko uporabimo različne metode oziroma pristope. Študija, v kateri so bili prvič izračunani podatki za Slovenijo za leto 2002, je uporabila podobno kot študija INFRAS (External costs of transport, 2000) alternativen pristop, ki temelji na izogibnih stroških. Tako se škoda zaradi emisij vrednoti kot potrebni strošek za njihovo zmanjšanje.

Pri omilitvi klimatskih sprememb še ni doseženega globalnega političnega konsenza o stopnji dolgoročnega zmanjševanja emisij. Kjotski protokol predstavlja le prvi korak k zmanjševanju emisij, zato so tudi stroški zmanjševanja emisij zmerni. Za stroške velja, da so odvisni od stopnje izkoriščenosti potencialov za zmanjševanje in zato različni od države do države.

Za **Slovenijo** »Operativni program za zmanjševanja emisij toplogrednih plinov do leta 2012« ocenjuje, da bodo stroški za zadostitve obveznostim Kjotskega protokola (1.obdobje 2008-2013) znašali med 13,3 in 33 milijonov evrov letno. Kot ocena je privzeta srednja vrednost prej omenjene ocene in tako ocenjeni stroški zmanjšanja emisij tgp za kratkoročno zadostitev zahtev Kjotskega protokola znašajo 14 EUR/t CO<sub>2</sub>. Ta ocena služi kot spodnja meja za izračun zunanjih stroškov zaradi emisij tgp prometa. Kot zgornja meja je upoštevano zmanjšanje emisij za 50%, kar bi po IPCC (Third assesment report, 2002) zadostovalo za dolgoročno stabilizacijo koncentracij CO<sub>2</sub> v atmosferi. Ocena stroškov v tem primeru je znatno višja in po stari oceni INFRAS (2000) znaša 135 EUR/t CO<sub>2</sub>.

V zadnji, najnovejši študiji INFRAS/IWW (2004) znaša spodnja meja za izračun zunanjih stroškov zaradi emisij tgp prometa 20 EUR/t CO<sub>2</sub>, zgornja meja za dolgoročno zmanjšanje emisij TGP za polovico vrednosti do leta 2030 pa 140 EUR/t CO<sub>2</sub>.



### **3.1.7 Primer iz prakse**

Posledice spremembe klime se že kažejo v obliki novih dodatnih stroškov tudi v javnem transportu. Pri visokih, poletnih temperaturah se tirnice zelo segrejejo in deformirajo, kar posledično iz varnostnih razlogov upočasni vožnjo vlaka. V Londonu so poleti 2003 zamude mestnih vlakov zaradi vročine, brez stroškov za popravilo prog, stale mesto 512.000,00 EUR.

Zanimiv je tudi podatek, da je lahko temperatura zraka v podzemni železnici tudi za 10°C višja kot zunaj na prostem. To nam pove, da bodo morali za udobno vožnjo potnikov izpopolniti sistem dotoka svežega zraka, vgrajevati dodatne klimatske naprave v vagone, kar pomeni še dodatni stroški zaradi segrevanja ozračja.

## **3.2 Notranji ali direktni stroški prometa**

V nasprotju z zunanji, notranje stroške prometa v celoti pokriva posamezni uporabnik prometnega sistema. Med slednje spadajo: nakup in vzdrževanje vozila, gorivo, takse, davki, porabljen čas, itn. To so stroški, ki jih uporabnik sistema oziroma lastnik vozila poravnava sam in sproti. Večino notranjih stroškov prometa se lahko ovrednoti. Problem nastane pri vrednosti porabljenega časa, ki jo bomo tako kot vrednosti ostalih stroškov uporabnikov definirali v naslednjem poglavju.

### **3.2.1 Poraba goriva in stroški uporabnikov v Sloveniji**

Za predstavo o porabi goriva in delnih stroškov uporabnikov pogledimo najprej nekaj grobih števil in naredimo približen izračun. V Sloveniji je več kot 600.000 gospodinjstev. Po nekaterih podatkih je v uporabi več kot 900.000 avtomobilov. Za približno analizo bomo v ta namen predpostavili, da je večina avtomobilov v gospodinjstvih primerna. Ugotovimo, da je v povprečnem gospodinjstvu že 1,5 avtomobila, ali da vsako drugo gospodinjstvo uporablja dva avtomobila. In te številke še naraščajo.

Ob predpostavki, da z avtomobilom povprečno prevozimo 20.000 km letno in ob upoštevanju povprečni porabi neosvinčenega 95-oktanskega bencina 9 l/100 km znaša letna raba energije za osebni prevoz 1800 litrov po avtomobilu, kar pomeni letno porabo v Sloveniji več kot milijardo in pol litrov goriva - v denarju več kot **1,5 milijarde evrov!**

### 3.3 Ukrepi

Spremljanje, zmanjševanje in zaračunavanje zunanjih stroškov prometa je eden osrednjih ciljev novejših okoljskih in prometnih politik EU, vse pogosteje pa tudi v Sloveniji. Redno spremljanje obsega in zgradbe zunanjih stroškov namreč predstavlja pomembno informacijo načrtovalcem in upravljalcem prometnega sistema, ki lahko z učinkovito prometno politiko zmanjšajo družbene stroške povzročene s prometnimi dejavnostmi družbe.

V okoljskih in prometnih politikah EU izpostavljajo dve vrsti političnih ukrepov, s katerimi se poskušajo zmanjšati zunanji stroški prometa:

- **omejevalni ukrepi**, ki neposredno zmanjšujejo tiste vplive prometa, ki povzročajo največje zunanje stroške (npr. prepoved določenih oblik prometa v mestnih soseskah),
- **finančni ukrepi** (npr. davki, takse, subvencije), ki so usmerjene v spreminjanje vedenja uporabnikov v smeri uporabe trajnostnih prevoznih načinov.

Evropska komisija trenutno pripravlja nov model za oceno in internacionalizacijo zunanjih stroškov prometa (*Impact assessment on the internalisation of external costs*), ki naj bi bil najkasneje predstavljen javnosti do 10. junija 2008. S tem modelom naj bi lažje ovrednotili in med seboj primerjali vrednosti stroškov med posameznimi državami znotraj EU.

#### 3.3.1 Ukrepi v prometni infrastrukturi

Načrtovanje in vzdrževanje prometne infrastrukture ima velik vpliv na stroške prometa - zmanjšamo jih lahko s pravilno uporabo ukrepov v smislu ekonomičnosti gradnje in rekonstrukcije cestne mreže. Stroški prometa morajo biti upoštevani že pri samem načinu

oziroma pristopu projektiranja. To velja predvsem za notranje stroške oziroma stroške uporabnikov, ki bi morali biti ovrednoteni in vključeni že v fazi idejnega projekta.

Ukrepi na cestni mreži v smislu zmanjšanja zamud v križiščih - pristopi pri projektiranju in vodenju prometa:

- višinski potek ceste oziroma t.i. izguba višine
- izbira tipa križišča
- uporaba ITS<sup>13</sup> in signalizacije
- prioriteta JPP<sup>14</sup> (nove prometnice za JPP oziroma izboljšanje prioritete)
- ustrezno vzdrževanje in posodobitev obstoječe prometne infrastrukture
- razvoj novih prometnih povezav

Glede na dejstvo, da je poraba goriva v križiščih največja in posledično tudi stroški uporabnikov, jih je potrebno upoštevati pri dimenzioniranju ter jih na ta način načrtno zmanjševati (glej poglavje 4.2). Pri nas to velikokrat spregledamo, še posebej v primeru (majhnih) križišč, čeprav je to z Uredbo o enotni metodologiji za pripravo in obravnavo investicijske dokumentacije na področju javnih financ (UL RS, št. 60, 9.6.2006) nekako pravno določeno. Ta uredba določa pripravo in obravnavo investicijske dokumentacije za vse investicijske projekte in druge ukrepe, ki se financirajo po predpisih, ki urejajo javne finance. Tako bi morali v fazi strokovne presoje upravičenosti projektov pri analizi stroškov in koristi upoštevati tudi stroške uporabnikov.

### 3.3.2 Premislek

Namesto zaključka lahko naredimo v premislek primerjavo cene prevoza ene osebe v avtomobilu. Po nekaterih podatkih se v Sloveniji 70% ljudi prevaža v avtomobilu samih. Nepopolnjeno vozilo vsekakor pomeni neracionalno rabo energije.

Cena takšne vožnje je:

- **enaka** ceni vožnje z **letalom**
- **25-krat** dražja od vožnje 100 ljudi z **vlakom**
- **15-krat** dražja od vožnje 50 ljudi z **avtobusom!**

<sup>13</sup> ITS – informacijski transportni sistem

<sup>14</sup> JPP – javni potniški promet

## 4 PROGRAMSKA OPREMA SIDRA INTERSECTION 3.X



Programski paket SIDRA INTERSECTION (Signalised & Unsignalised Intersection Design and Research Aid) se uporablja kot programsko orodje za dimenzioniranje nesemaforiziranih, semaforiziranih in krožnih križišč ter priključkov.

Sidra je napreden mikro-analitični program za izračun križišč, ki je bil prvič predstavljen leta 1984. Osnovni računski model je zasnovan na metodologiji HCM<sup>15</sup>. Program so razvili pri avstralskem podjetju Akcelik & Associates Pty Ltd iz Melbournu.

Sidra uporablja analitične prometne modele skupaj z metodo iterativne aproksimacije za določitev ocene kapacitet, zamud, dolžine kolon, stroškov uporabnikov, porabe goriva, itd.

### 4.1 Orodje za izračun ocene stroškov uporabnikov, porabe goriva in emisij v križišču

Oceno stroškov uporabnikov, porabe goriva in emisij polutantov za analizo prometnih pogojev v križišču ali na cestnem odseku uporabljamo v oblikovne, operativne in načrtovalne namene pri upravljanju prometa.

V nadaljevanju bomo opisali metodo modeliranja stroškov uporabnikov, porabe goriva in emisij (CO<sub>2</sub>, CO, HC, NO<sub>x</sub>) s pomočjo programske opreme **Sidra Intersection 3.1**<sup>16</sup> (v nadaljnem besedilu: SIDRA).

---

<sup>15</sup> HCM - Highway Capacity Manual

<sup>16</sup> Zadnja programska verzija je Sidra Intersection 3.2, izdana avgusta, 2007

Sidra uporablja 4-stopenjski osnovni model za oceno porabe goriva in emisij plinov. Strošek uporabnikov vključuje:

- **neposredne obratovalne stroške vozila (*direct vehicle operating cost*)** - stroški goriva ter dodatni stroški obratovanja: pnevmatike, maziva, popravila in redno vzdrževanje, in
- **strošek izgube časa (*time cost*)** za potnike in vozila.

Ocena porabe goriva je preračunana v neposreden obratovalni strošek vozila.

Pri izračunu stroškov izgube časa program upošteva skupni potovalni čas, zasedenost vozila, povprečni dohodek in faktor vrednosti časa, ki preračuna povprečni zaslužek v vrednost časa. Obratovalni stroški za pešce zajemajo le strošek časa.

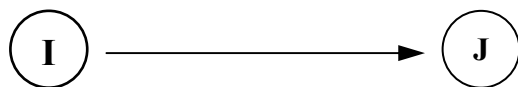
## 4.2 Vhodni podatki in analitični modeli SIDRA

Sidra uporablja za računanje makroskopičen štiri-stopenjski osnovni model. S pomočjo tega modela dobimo za vsak prometni pas svoj način vožnje, ki je sestavljen iz serije elementov: **vožnja, zaviranje, pospeševanje in čas mirovanja v prostem teku** (Slika 4) pri določenih prometnih pogojih odvisnih od geometrije križišča, kontrole prometa in prometnih tokov, izračunanih na osnovi vhodnih podatkov, ki jih sami vnesemo v program.

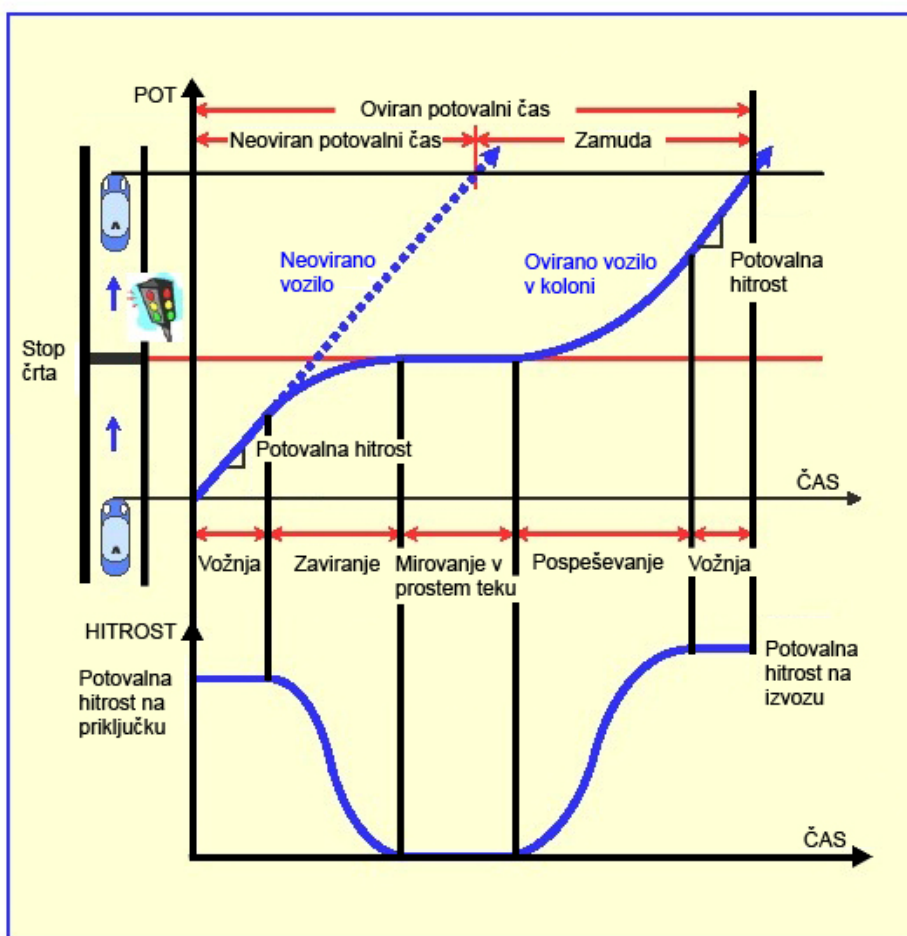
Tako se v SIDRI generirani načini vožnje zelo razlikujejo glede na:

- tip križišča (nesemaforizirano, semaforizirano, krožno križišče),
- faze semaforjev in čase le-teh – v primeru semaforiziranega križišča,
- prometno signalizacijo – v primeru nesemaforiziranega križišča,
- stopnje zastojev in
- geometrijo križišča in s tem povezane hitrosti.

Vrednosti porabe goriva, ki se računajo ločeno za vsako od štirih načinov vožnje, se seštejejo skupaj za celotno vožnjo skozi križišče od začetne vstopne točke I na priključku do končne izstopne točke J na izvozu (Slika 3). Model ločeno upošteva za vsak pas posebej - vozila v koloni (mirujoča) in neovirana vozila (vozeča) ter lahka in težka vozila. Na koncu vse te vrednosti sešteje in izračuna skupno vrednost celotnega prometnega toka za posamezni pas.



Slika 3: Vez I-J od začetne vstopne točke križišča I do izstopne točke križišča J

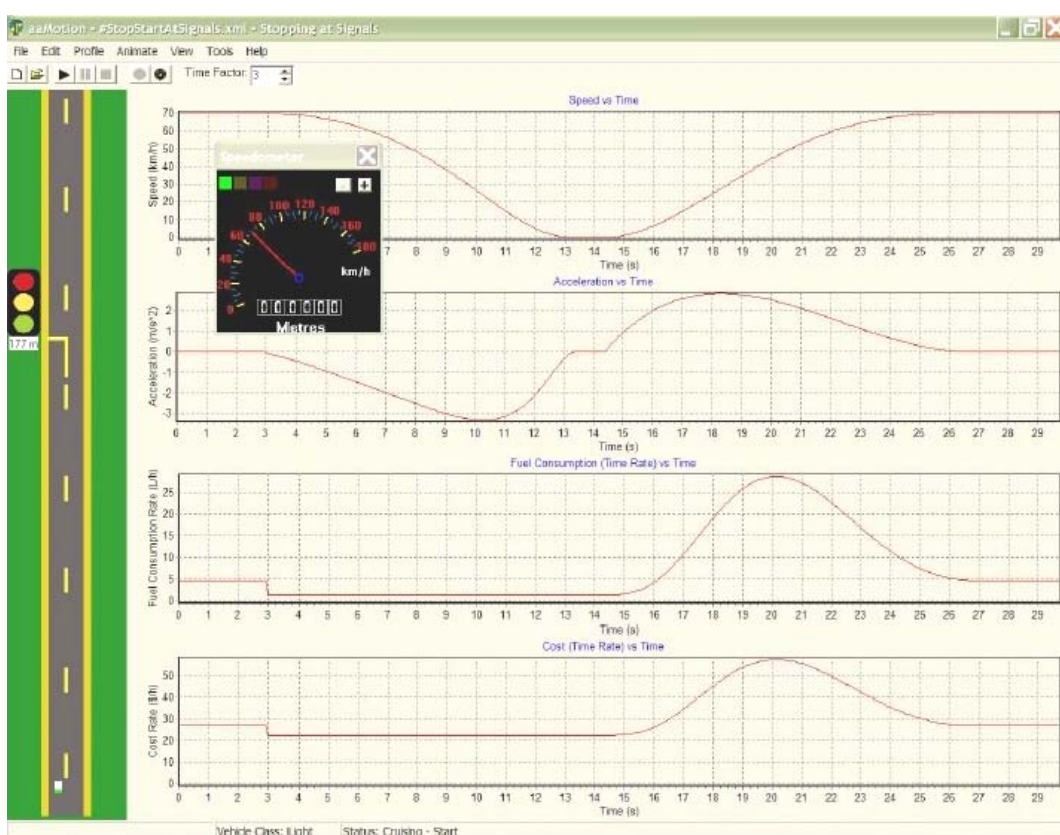


Slika 4: Štiri-stopenjski osnovni model vožnje

Poraba goriva in stroški uporabnikov med vožnjo skozi križišče sorazmerno naraščajo s hitrostjo. Pri pospeševanju je poraba goriva večja kot pri vožnji s konstantno hitrostjo. Najmanjši stroški so v času mirovanja vozila v prostem teku, saj je takrat poraba goriva minimalna. Podatek o tej količini goriva, ki še zagotavlja nemoteno delovanje motorja v prostem teku,  $f_i$ , lahko najdemo v Preglednici 3. Pri konstantni hitrosti in pospešku je poraba goriva ugodna, le malce večja kot v prostem teku. Če motor teče na mestu, pri tem tudi

porablja gorivo, praviloma od enega do dveh litrov na uro. Če to upoštevamo pri vožnji po mestni gneči, kjer je veliko semaforjev, lahko to pomeni tudi 3 do 4 l/100km.

Sovisnost med prometno-tehničnimi elementi ceste ter stroški uporabnikov je prikazana na spodnji sliki. To delovno okno iz programa aaMotion prikazuje porabo goriva in stroške uporabnikov v odvisnosti od hitrosti in pospeška vozila. aaMotion je starejša programska oprema, pravitako razvita pri Akcelik & Associates Pty Ltd, za simulacijo in analizo voznega cikla ali potovanja vozila. Nova verzija Sidra Trip bo izdana decembra letos (2007).



Sovisnosti med hitrostjo in pospeškom vozila ter porabo goriva in stroški uporabnikov (Operating cost, fuel consumption, and emission models in aaSIDRA and aaMOTION, str. 12)

Križišče je prostor na cestni mreži, kjer se ponovljata dva najbolj neugodna načina vožnje - ustavljanje in speljevanje, ki najbolj bremenita okolje in udeležence v prometu. Zato imamo v križiščih največjo porabo goriva in posledično največje stroške uporabnikov, ki jih je potrebno upoštevati pri dimenzioniranju ter jih na ta način načrtno zmanjševati.



### 4.3 Glavni parametri osnovnega modela SIDRA

Modeli stroškov uporabnikov, porabe goriva in emisij onesnaženja uporabljajo pri izračunu naslednje skupine parametrov:

- karakteristike vozila (*vehicle parameters*),
- prometno-tehnične elemente ceste (*traffic and road parameters*),
- stroškovne parametre (*cost parameters*)

#### 4.3.1 Karakteristike vozila

Med karakteristike vozila prištevamo:

- maso vozila (*loaded mass*)
- porabo goriva ali stopnjo emisij v prostem teku (*idle fuel or emission rates*)
- stopnjo učinkovitosti goriva ali emisij (*fuel or emission efficiency rates*)

Te parametri so določeni ob upoštevanju sestave različnih vrst vozil (glede na delež prevoženih kilometrov za posamezno vrsto vozila) in njihovih specifikacij, kot so vrsta goriva (delež motorjev na dizelski pogon), največja moč motorja, razmerje moč/masa vozila, število in premer pnevmatik, koeficient drsnega trenja, naležna površina in koeficient zračnega upora.

Poraba goriva, emisije in stroški se ločeno računajo za *lahka in težka vozila*. Med težka vozila prištevamo vsa vozila z več kot dvema osema ali vozila z dvojnimi kolesi na zadnji osi.

V HCM 2000 je težko vozilo definirano kot »vozilo, ki se med normalnim operiranjem dotika cestišča z več kot štirimi kolesi« (TRB<sup>17</sup>, 2000). Potemtakem lahko med težka vozila štejemo: avtobuse, tovornjake (srednje-težke in težke), tovornjake s priklopnikom, vlačilce s polpriklopnikom, avtomobile s prikolico ter ostala počasi vozeča vozila. Vsa ostala vozila so definirana kot lahka vozila – avtomobili, kombiji, lažji tovornjaki.

Različni parametri osnovnega modela za porabo goriva in emisij plinov so podani v Preglednici 1. Pri emisijah CO, HC in NO<sub>x</sub> so uporabljene iste vrednosti za lahka in težka

---

<sup>17</sup> TRB – »The Transportation Research Board«, prometni oddelek neodvisnega svetovalca US National Research Council



vozila. Izjema so emisije CO<sub>2</sub>, kjer imamo različni vrednosti. Sidra ne loči parametrov glede na vrsto pogona oziroma goriva, temveč uporablja skupne povprečne vrednosti ob upoštevanju deleža dizelskih vozil. Teh parametrov modela ni mogoče spreminjati.

Preglednica 3: Vrednosti parametrov za porabo goriva in emisij plinov

Parameter	Opis	Enota za gorivo	Enota za emisije	Gorivo *	Emisije		
					CO	HC	NO <sub>x</sub>
$f_i$	poraba goriva v prostem teku ali stopnja emisij	ml/h	g/h	1350 (LV) 2000 (TV)	50	8	2
$10^4 B_1$	Učinkovitost	ml/kJ	g/kJ	900 (LV) 800 (TV)	150	0	10
$10^4 B_2$	Učinkovitost glede na pospešek	ml/(kJ.m/s <sup>2</sup> )	g/(kJ.m/s <sup>2</sup> )	300 (LV) 200 (TV)	250	4	2
$M_{vLV}$	Povpr. teža za lahka vozila	kg	kg	1400			
$M_{vHV}$	Povpr. teža za težka vozila			11000			
Stopnja CO <sub>2</sub> v gramih na mililiter goriva: Lahka vozila: $f_{CO2LV} = 2,5$ g/mL Težka vozila: $f_{CO2HV} = 2,6$ g/mL							

Podrobni podatki oziroma karakteristike za lahka in težka vozila so zbrana v Preglednici 4. Podatki za težka vozila so navedeni kot kombinacija vozil s pogonom na bencin ali dizel (70% uporaba dizelskih motorjev).

\* LV – lahko vozilo, TV – težko vozilo

Preglednica 4: Karakteristični podatki za lahka in težka vozila

Razred vozila	Odstotek prevoženih kilometrov (%)	Vrsta goriva (% dizel)	Poraba goriva (ml/h)	Teža vozila (kg)	Najv. moč motorja (kW)
<b>Lahka vozila</b>					
Majhen avto	30	1	900	1100	64
Srednji avto	30	2	1296	1250	80
Velik avto	30	2	1728	1500	110
Kombi	8	13	1728	2000	70
Lahek tovornjak	2	34	1332	2700	75
<b>Privzeto:</b>		<b>3</b>	<b>1350</b>	<b>1400</b>	<b>85</b>
<b>Težka vozila</b>					
	60	48	1620	5500	90
	15	87	1800	10000	120
	15	98	2340	16000	170
	5	100	2520	28000	260
	5	100	2520	38000	300
<b>Privzeto:</b>		<b>70</b>	<b>2000</b>	<b>11000</b>	<b>130</b>

Razred vozila	Število koles	Premer gume (m)	Uporni količnik gume	Naležna površina (m <sup>2</sup> )	Količnik zračnega upora
<b>Lahka vozila</b>					
Majhen avto	4	0,65	1,00	1,8	0,50
Srednji avto	4	0,65	1,00	2,0	0,53
Velik avto	4	0,65	1,00	2,2	0,55
Kombi	4	0,65	1,05	2,6	0,62
Lahek tovornjak	4	0,80	1,25	4,0	0,66
<b>Privzeto:</b>	<b>4</b>	<b>0,65</b>	<b>1,00</b>	<b>2,1</b>	<b>0,54</b>
<b>Težka vozila</b>					
	6	0,80	1,20	5,0	0,70
	6	1,00	1,15	6,0	0,72
	10	1,00	1,10	6,5	0,77
	18	1,00	1,05	7,0	0,82
	22	1,00	1,05	8,0	0,86
<b>Privzeto:</b>	<b>8</b>	<b>0,90</b>	<b>1,15</b>	<b>5,6</b>	<b>0,72</b>

#### 4.3.2 Prometno-tehnični elementi ceste

Prometno-tehnični elementi ceste vključujejo: hitrost, pospešek in vzdolžni nagib nivelete.

### 4.3.3 Stroškovni parametri

Stroškovni parametri so naslednji:

- **Maloprodajna cena goriva (*Pump price of fuel*)**  
vsota prodajne cene goriva brez dajatev + trošarina + DDV
- **Faktor prodajne cene goriva (*Fuel resource cost factor*)**  
razmerje med prodajno in maloprodajno ceno goriva
- **Razmerje obratovalni strošek vozila na maloprodajno ceno goriva (*Ratio of running cost to fuel cost*)**

S pomočjo tega razmerja lahko strošek goriva enostavno preračunamo v vrednost celotnih stroškov obratovanja vozila, ki so ponavadi objavljeni v statistikah avto-moto društev ali v ekonomskih statistikah.

- **Povprečni neto dohodek (*Average income*)**  
je preračunan iz statističnega podatka za povprečni osebni neto dohodek in izražen v urni postavki
- **Faktor vrednosti časa (*Time value factor*)**  
je razmerje med vrednostjo časa in povprečnim neto dohodkom. S pomočjo tega faktorja se iz statističnega podatka za povprečni osebni neto dohodek izračuna vrednost časa ali vrednost delovne ure

Primer: v Avstraliji se ocenjuje, da je čas, ki ga porabimo za vožnjo, čakanje v kolonah, zamude, parkiranje itd. vreden 60% povprečnega neto dohodka. Te vrednosti razberemo iz ekonomskih statistik.

## 4.4 Stroškovni parametri za Slovenijo - predlog

V Sidri lahko izbiramo med že prednastavljenimi stroškovnimi parametri za Avstralijo, Novo Zelandijo in Združene države Amerike (v nadaljnjem besedilu: ZDA). Kot uporabnik lahko sami enostavno določimo parametre za izbrano državo ali regijo, za katero računamo specifične obratovalne stroške. To storimo v pogovornem oknu »*Cost Parameters*«.

Ekonomske parametre lahko vnesemo v Sidra kot splošne nastavitve, ki nato veljajo enako za

vse podprojekte znotraj glavnega projekta, ali pa za vsak podprojekt posebej. Ta funkcija nam omogoča, da lahko računamo stroške uporabnikov za različne regije znotraj iste države.

Tako smo za Slovenijo izračunali in podali predlog lastnih parametrov, s katerimi smo v nadaljevanju ovrednotili stroške v izbranem križišču (glej poglavji 5.2 in 5.3).

Section	Parameter	Value
Vehicle Operating Cost	Cost Unit	€
	Pump Price of Fuel	1,103
	Fuel Resource Cost Factor	0,47
	Ratio of Running Cost to Fuel Cost	2,8
Vehicle Mass	Light Vehicle Mass	1400
	Heavy Vehicle Mass	11000
Time Cost	Average Income	4,93
	Time Value Factor	0,6

Slika 5: Pogovorno okno »Cost Parameters« za vnos stroškovnih parametrov

#### 4.4.1 Obratovalni stroški vozila

- **enota stroška** (v domači valuti) ... **Evro »€«**
- **maloprodajna cena goriva** ... neosvinčen 95-oktanski bencin je **1,103 EUR**, prodajna cena brez dajatev je **0,51914 EUR** (podatek Petrol, dne 22.5.2007)
- **faktor prodajne cene goriva** ...  $\frac{\text{prodajna cena}}{\text{maloprodajna cena}} = \frac{0,51914}{1,10300} = \mathbf{0,47}$
- **razmerje obratovalni strošek vozila na maloprodajna cena goriva** ... **2,8**

#### 4.4.1.1 Razmerje obratovalni strošek vozila na maloprodajna cena goriva

Ta ekonomski parameter nam poda razmerje med maloprodajno ceno goriva in oceno obratovalnih stroškov vozila (v nadaljnjem besedilu: razmerje). Za merodajno ceno goriva smo določili maloprodajno ceno neosvinčenega 95-oktanskega bencina, ki se oblikuje na vsakih 14 dni v skladu z Uredbo o oblikovanju cen naftnih derivatov (UL RS, 91/2007).

Manjši problem nastane pri določitvi obratovalnih stroškov vozila. V navodilih programa Sidra je navedeno, da so stroški obratovanja vozila privzeti iz ustreznih statistik avto-moto društev ali iz ekonomskih analiz. V Sloveniji ni bila do sedaj opravljena še nobena analiza ali raziskava glede obratovalnih stroškov vozil, ki bi nam lahko podala ustrezne podatke. Zato smo si morali pomagati s primerljivimi podatki, ki so nam bili na razpolago. Tako smo lahko izračunali le približne vrednosti obratovalnih stroškov vozila na naslednja dva načina:

##### 1. način

Na osnovi parametrov programske opreme OPCOST (orodje za merjenje cenovnih razmerij med naložbo v cestni infrastrukturni projekt in posledičnimi koristmi uporabnikov) smo povzeli povprečne vrednosti stroškov porabe in goriva, ki se uporabljajo za izračun upravičenosti cestnih projektov. Stroški porabe vključujejo v svojo oceno tudi gorivo tako kot *obratovalni stroški vozila* v Sidri. Vrednosti smo izbrali pri treh različnih hitrostih vožnje: mirujoče stanje (0 km/h), vožnja skozi križišče v mestu (15 km/h) in vožnja skozi križišče izven mesta (50 km/h).

Podatki so podani v SIT, vključujejo DDV in veljajo za osebna vozila na nivoju cen za obdobje november 2005:

- **stroški porabe** (vključno z gorivom):
  - pri 50 km/h: cca. 30 SIT/km ... 1500 SIT/h
  - pri 15 km/h: cca. 60 SIT/km ... 900 SIT/h
  - pri 0 km/h: ... cca. 650 SIT/h

- **stroški goriva** (cena za november 2005 je bila 239,40 SIT za liter neosvinčenega 95-oktanskega bencina):
  - pri 50 km/h (6l/100km): 14,4 SIT/km ... 718 SIT/h
  - pri 15 km/h (9l/100km): 21,5 SIT/km ... 323 SIT/h
  - pri 0 km/h (cca. 2 l/h): ... cca. 480 SIT/h

Končno **razmerje med skupnimi stroški porabe in stroški za gorivo** je naslednje:

- pri 50 km/h: 2,1 : 1
- pri 15 km/h: 2,8 : 1
- pri 0 km/h: 1,4 : 1

V naših dveh primerih bomo upoštevali vrednost razmerja pri hitrosti 15 km/h, ki približno ustreza hitrosti vozila v semaforiziranem križišču. Razmerje pri višji hitrosti 50 km/h bi lahko upoštevali v primeru izvenmestne vožnje po prednostni cesti skozi nesemaforizirano križišče. Za bolj natančne vrednosti (pri zaporednem pospeševanju in zaviranju) bi bilo potrebno izdelati obširnejšo analizo. Najbolj razvite sisteme vrednotenja teh stroškov poznajo v Novi Zelandiji in Avstraliji, kjer te podatke računajo in redno objavljajo avto-moto društva zveznih držav; na primer NZAA - *New Zealand Automobile Association*, RACV - *The Royal Automobile Club of Victoria*, RACQ - *The Royal Automobile Club of Queensland* in ostala.

Treba je poudariti, da se program OPCOST uporablja pri računanju cenovnih razmerij za večja cestna omrežja in zato ni najbolj primeren za vrednotenje posameznih križišč. V našem primeru nam je služil le kot pomoč pri oceni informativne vrednosti razmerja za slovenske razmere.

## **2. način**

Pri drugem načinu za okvirni izračun razmerja bi lahko upoštevali vrednost kilometrine, ki je nekakšen edini javno dostopen in ažuriran podatek v Sloveniji glede obratovalnih stroškov vozil. Vrednost kilometrine za prevoz na službenem potovanju znaša po definiciji Uredbe o višini povračil stroškov v zvezi z delom in drugih dohodkov, ki se ne všttevajo v davčno osnovo (Uradni list RS, št. 140/06) 30% cene neosvinčenega 95-oktanskega bencina in je od

1.1.2007 dalje določena na 0,29 EUR/km (69,5 SIT/km). V tem znesku so zajeti tudi amortizacija, plačilo za uporabo cest idr., zato je ta višji od zgoraj opisanih stroškov porabe. V kilometrini je tudi upoštevano, da se za službena potovanja uporabljajo nadstandardni osebni avtomobili. Iz vsega tega sledi, da kilometrina vendarle ni primerna osnova za izračun razmerja stroškov porabe in stroškov goriva za mestne pogoje (hitrosti med 15 in 50 km/h na analiziranih odsekih in v križiščih) (Oberžan - OMEGA Consult, 2007).

Mi smo na podlagi povprečne vrednosti treh prednastavljenih razmerij v Sidri (2,83) in dejanskega izračuna izbrali končno vrednost razmerja 2,8.

#### 4.4.2 Časovni strošek

- **povprečni neto dohodek**

Povprečna neto plača na uro v RS za februar 2007 znaša **4,93 EUR/h**<sup>18</sup>

- **faktor vrednosti časa** ...  $\frac{\text{vrednost časa}}{\text{povprečni neto dohodek}} \approx \frac{2,96}{4,93} = \mathbf{0,60}$

Po pregledu in izboru vseh možnih informacij, s katerimi razpolagajo na Statičnem uradu Republike Slovenije, smo ugotovili, da v Sloveniji ni na voljo nobenega podatka o *vrednosti časa*. Tri vrednosti, ki so v Sidri že prednastavljene, se gibljejo med 0,4 in 0,6 (povprečje letih znaša 0,53). Čim večji je faktor, za tem večjo se smatra tudi vrednost samega časa. Tako smo ocenili, da je čas tudi v slovenskem prostoru dragocen in izbrali faktor vrednosti časa 0,6. Iz tega sledi približna ocena *vrednosti časa* 2,96 EUR/h.

#### 4.4.3 Masa vozila

Privzeti vrednosti v Sidri za maso lahkega in težkega vozila:

- **masa lahkega vozila** ... 1400 kg
- **masa težkega vozila** ... 11000 kg

---

<sup>18</sup> Trg dela št.13, Plače in pokojnine, 2007

Preglednica 5: Vrednosti stroškovnih parametrov v evrih po posameznih državah\*  
(zadnji podatki: Avstralija, Nova Zelandija, ZDA - Marec, 2006 in Slovenija - Marec, 2007)

Parameter	Simbol	Avstralija	Nova Zelandija	ZDA	Slovenija
<b>Vrednosti faktorja obratovalnih stroškov</b>					
Maloprodajna cena goriva (€/l)	$k_o$				
Faktor prodajne cene goriva	$P_p$	0,760	0,861	0,457	1,103
Strošek vozila/MP cena goriva	$f_r$	0,50	0,60	0,70	0,47
	$f_c$	3,0	2,5	3,0	2,8
<b>Vrednosti za stroške izgube časa</b>					
Povprečni neto dohodek (€/h)	$k_t$				
Faktor vrednosti časa	$W$	17,75	11,31	13,37	4,93
Povprečno št. oseb/vozilo	$f_p$	0,60	0,60	0,40	0,60
	$f_o$	1,5	1,5	1,2	1,2
<b>Izračunane vrednosti</b>					
Obratovalni stroški vozila (€/l)	$k_o = f_c f_r P_p$	1,141	1,292	0,960	1,451
Strošek časa na osebo (€/h)	$f_p W$	10,65	6,78	5,34	2,96
Strošek časa na vozilo (€/h)	$k_t = f_o f_p W$	15,97	10,17	6,41	3,55
<b>Vrednosti vozila</b>					
Lahka vozila – teža (kg)	$M_{vLV}$	1400	1400	1400	1400
Težka vozila – teža (kg)	$M_{vHV}$	11000	11000	11000	11000
Poraba goriva – LV (ml/h)	$f_{iLV}$	1350	1350	1350	1350
Poraba goriva – TV (ml/h)	$f_{iHV}$	2000	2000	2000	2000

Če bi želeli zelo natančno določiti stroške uporabnikov v izbrani regiji Slovenije, bi morali pridobiti regionalne podatke o povprečni mesečni plači za to območje, saj se življenjski standardi po državi glede na regijo zelo razlikujejo.

\* Valutna tečajnica, dne 15. Oktobar 2007: 1 EUR ... 1,57745 AUD ... 1,85758 NZD ... 1,42160 USD



## 4.5 Enačbe osnovnega modela

### 4.5.1 Osnovna enačba za porabo goriva in emisije izpušnih plinov

Za oceno vrednosti *porabe goriva* (ml) ali proizvedenih *emisij izpušnih plinov* (g),  $\Delta F$ , v simulacijskem intervalu ( $\Delta t$ ) je uporabljena naslednja formula:

$$\begin{aligned} \Delta F &= \{ \alpha + \beta_1 R_T v + [\beta_2 M_v a^2 v / 1000]_{a>0} \} \Delta t && \text{za } R_T > 0 \\ &= \alpha \Delta t && \text{za } R_T \leq 0 \end{aligned} \quad (5.1)$$

$R_T$  - skupna vlečna sila (kN) potrebna za vožnjo vozila, vsota odpora kotaljenja, odpora zraka, odpora v krivini, odpora na vzponu in vztrajnostne sile

$M_v$  - bruto masa vozila (kg) skupaj s potniki in ostalim tovorom

$v$  - trenutna hitrost (m/s)

$a$  - trenutni pospešek ( $m/s^2$ ), negativen predznak za pojemek

$\alpha$  - konstantna stopnja porabe goriva (ml/s) ali za emisije (g/s), prisotna pri vseh načinih vožnje (poraba goriva v prostem teku motorja)

$\beta_1$  - razmerje med porabo goriva ali izpuščenimi emisijami glede na proizvedeno moč motorja (ml/kJ ali g/kJ)

$\beta_2$  - razmerje med porabo goriva ali izpuščenimi emisijami pri pospeševanju glede na produkt vztrajnostne energije in pospeška ( $ml/kJ.m/s^2$  ali  $g/kJ.m/s^2$ )

Enačba 5.1 predstavlja model za izračun porabe energije pri porabi goriva in emisij, kjer sta  $P_T$  vlečna moč in  $P_I$  vztrajnostna moč (kW):

$$P_T = R_T v$$

$$P_I = \frac{M_v a v}{1000}$$

#### 4.5.1.1 Enačbe emisij izpušnih plinov

Modeli za oceno emisij izpušnih plinov *Ogljikovega monoksida (CO)*, *Ogljikovodikov (HC)*, *Dušikovih oksidov (NO<sub>x</sub>)* imajo enako strukturo kot zgornji model (5.1) samo z drugimi parametri (glej Preglednico 4).

Vrednosti emisij *Ogljikovega dioksida (CO<sub>2</sub>)* so ocenjene neposredno iz porabe goriva:

$$\Delta F (\text{CO}_2) = f_{\text{CO}_2} \Delta F (\text{gorivo}) \quad (5.2)$$

$\Delta F$  (gorivo) - poraba goriva (ml) izračunana v Enačbi 5.1

$f_{\text{CO}_2}$  - stopnja CO<sub>2</sub> (g/ml) iz Preglednice 3

#### 4.5.1.2 Enačbe porabe goriva

*Trenutne porabe goriva* (ml/s) in *stopnjo trenutne emisije plinov* (g/s) v poljubnem času simulacije,  $f_t$ , posledično računamo:

$$f_t = \frac{\Delta F}{\Delta t}$$
$$f_t = \alpha + \beta_1 R_T v + [\beta_2 M_v a^2 v / 1000]_{a>0} \quad \text{za } R_T > 0 \quad (5.3)$$
$$= \alpha \quad \text{za } R_T \leq 0$$

*Skupna poraba goriva* (l/h) v času celotnega potovanja,  $F_t$ :

$$F_t = 3,6 f_t \quad (5.4)$$

#### 4.5.2 Enačbe stroškov uporabnikov

Ocena stroškov uporabnikov vključuje:

- **neposredne obratovalne stroške vozila** (stroški goriva in ter dodatni stroški obratovanja: pnevmatike, maziva, popravila in redno vzdrževanje) in
- **strošek izgube časa** za potnike in vozila.

Za določitev vrednosti le-teh izračunamo še parametra:

- faktor obratovalnih stroškov ...  $k_o$
- časovni strošek na vozilo ...  $k_t$

Za izračun stroškov uporabnikov so uporabljeni naslednji parametri:

enota stroška (v domači valuti), maloprodajna cena goriva, faktor prodajne cene goriva, razmerje obratovalni strošek vozila/maloprodajna cena goriva, povprečni neto dohodek, faktor vrednosti časa, povprečna zasedenost (oseb/vozilo), skupni potovalni čas (vozil-ur/h).

Karakteristike vozila uporabljene pri računu porabe goriva, masa vozila in poraba goriva v prostem teku, so pravtako upoštevane. Vsi osnovni parametri modela stroškov za Avstralijo, Novo Zelandijo, ZDA in Slovenijo so prikazani v Preglednici 5.

Izračun **faktorja obratovalnih stroškov  $k_o$** , v denarni enoti na liter (EUR/l):

$$k_o = f_c f_r P_p \quad (6.1)$$

$f_c$  - faktor razmerja med stroški goriva in skupnimi stroški obratovanja vključujoč gume, olje, popravila in vzdrževanje

$f_r$  - faktor prodajne cene goriva; prodajna cena goriva je nabavna cena goriva, ki vključuje trgovsko maržo brez trošarin in DDV

$P_p$  - maloprodajna cena goriva v denarni enoti na liter (EUR/l)

Izračun **časovnega stroška na vozilo  $k_t$** , v denarni enoti na uro (EUR/h):

$$k_t = f_o f_p W \quad (6.2)$$

$f_o$  - povprečna zasedenost vozila (št. oseb/vozilo)

$f_p$  - faktor vrednosti časa, količnik med vrednostjo časa in povprečnim neto dohodkom

$W$  - povprečni neto dohodek (povprečni urni zaslužek zaposlenega s polnim delovnim časom) v stroškovni enoti na uro (EUR/h)

**Obratovalni stroški vozila  $\Delta C$** , med simulacijo (med intervalom  $\Delta t$ ) v stroškovni enoti:

$$\Delta C = \frac{k_0 \Delta F}{1000} + \frac{k_t \Delta t}{3600} \quad (6.3)$$

$\Delta F$  - poraba goriva (ml) v intervalu  $\Delta t$  iz Enačbe 5.1

$\Delta t$  - trajanje intervala simulacije (v sekundah)

$k_0, k_t$  - določena v Enačbah 6.1 in 6.2

**Stopnja trenutnih stroškov uporabnikov (EUR/s)** v poljubnem času simulacije,  $c_t$ :

$$c_t = \frac{\Delta C}{\Delta t} \quad (6.4)$$

iz tega sledi:

$$c_t = \frac{k_0 f_t}{1000} + \frac{k_t}{3600} \quad (6.5)$$

Tako lahko, poleg že znanih vrednosti trenutne porabe goriva ( $\Delta F$ ), stroškov ( $\Delta C$ ) in trajanja simulacijskega intervala ( $\Delta t$ ) s pomočjo Enačb 6.3, 6.4 in 6.5 ter časa celotnega potovanja  $T_t$ , točno določimo stroške  $C_t$ .

**Skupni stroški uporabnikov (za vozila)  $C_t$** , v stroškovni enoti na uro, npr. EUR/h:

$$C_t = k_0 F_t + k_t T_t \quad (6.6)$$

$F_t$  - skupna poraba goriva (l/h) iz Enačbe 5.4

$T_t$  - skupni potovalni čas (vozil-ur/h)

$k_0, k_t$  - določena v Enačbah 6.1 in 6.2

#### 4.5.2.1 Primer izračuna stroškov uporabnikov

S pomočjo znanih stroškovnih parametrov ter podatkov o porabi goriva in skupnem potovalnem času, ki jih izračuna Sidra, lahko določimo stroške uporabnikov iz poglavja 5.2.1:

$$C_t = k_o F_t + k_t T_t = \underline{4773,2 \text{ EUR/h}}$$

$$F_t = 1223,7 \text{ l/h}$$

$$T_t = 844,4 \text{ vozil-h/h}$$

$$k_o = 1,451 \text{ EUR/l (podatek iz Preglednice 5)}$$

$$k_t = 3,55 \text{ EUR/h (podatek iz Preglednice 5)}$$

#### 4.6 Rezultati modela

Sidra nam poda rezultate modela, ki zajemajo ocenjene stroške uporabnikov, porabo goriva in emisije izpušnih plinov, v obliki preglednic, grafov in slikovnih prikazov (Slika ). Vrednosti slednjih so zbrane v povzetku rezultatov *Intersection summary*.

Seznam izhodnih podatkov za stroške uporabnikov, porabo goriva in emisije plinov:

**Output tables** (izpis izhodnih podatkov v preglednicah):

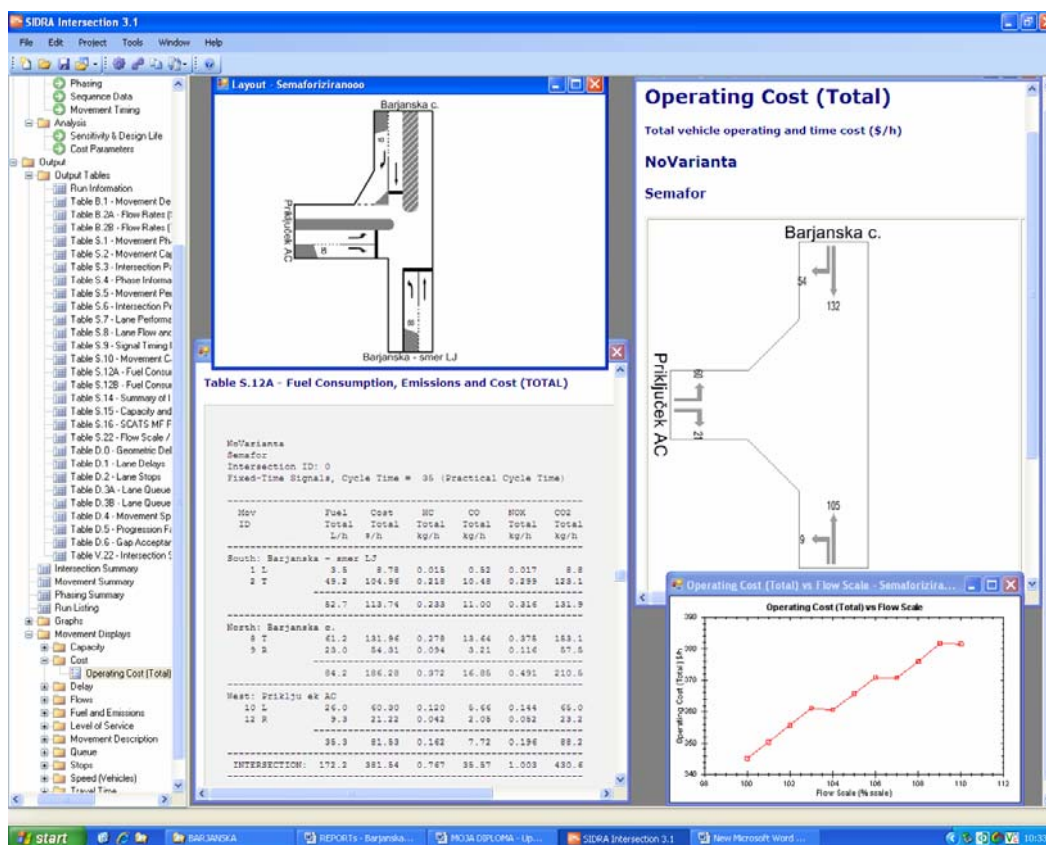
- Table S.12A - Fuel Consumption, Emissions and Cost (TOTAL)  
rezultati podani v enotah na uro – l/h, €/h, kg/h
- Table S.12B - Fuel Consumption, Emissions and Cost (RATE)  
rezultati podani v enotah na kilometer – l/100km, €/km, g/km

**Graphs** (samo pri izbiri funkcije *Sensitivity & Design Life* so izrisani grafi v odvisnosti od planske dobe in stopnje rasti):

- Operating cost (Total) vs Flow Scale
- Fuel Consumption (Total) vs Flow Scale
- Carbon Dioxide, Carbon Monoxide, NO<sub>x</sub>, Hydrocarbons (Total) vs Flow Scale

**Movement displays** (slikovni prikaz po smereh):

- Cost
- Fuel and Emissions



Slika 6: Primer izpisa rezultatov modela v delovnem oknu Sidra

## 4.7 Zaključek

Sidra štiri-stopenjski osnovni model, ki temelji na načinih vožnje, je dobra osnova za zelo natančen model računanja porabe goriva in emisij pri analizah prometnih alternativ križišča. To velja ob pogoju, da se ne upoštevajo poenostavitve prometnih informacij oziroma spremenljivke kot so povprečna potovalna hitrost, povprečna hitrost neoviranega prometnega toka, število ustavitve itn. Medtem ko so parametri za promet, vozila in stroške, ki so uporabljeni v teh modelih, zelo zanesljivi, je treba pri nadaljnjih raziskavah o parametrih vozil bolje preučiti vpliv karakteristik in sestave vozil, še posebej za računske modele emisij.

## 5 UKREPI V KRIŽIŠČU IN IZRAČUN STROŠKOV UPORABNIKOV NA PRAKTIČNEM PRIMERU

Za konkretno primerjavo stroškov uporabnikov glede na različne projektne rešitve in ureditve križišča smo uporabili **križišče Barjanska – A1/0117** (ob priključku Lj-Center) na južni AC obvoznici.

Obstoječe stanje (nesemaforizirano križišče) je prometno nazadovoljivo in iz stališča stroškov uporabnikov neekonomično. Namen praktičnega primera je bil določitev optimalne prometne rešitve ter izračun ocene stroškov uporabnikov za posamezno novo ureditev križišča. S tem smo želeli preveriti kako lahko s pravilnimi projektnimi rešitvami prihranimo pri stroških uporabnikov. Na ta način lahko s finančno ugodnimi in hitrimi projektnimi rešitvami takoj ukrepamo in tako na daljši časovni rok prihranimo veliko denarja.

Za analitični izračun prometnih parametrov križišč smo uporabili programsko opremo Sidra Intersection 3.1. Poleg medsebojne primerjave standardnih prometnih parametrov (po HCM kriteriju) - nivojev uslug, zamud in stopenj nasičenosti, smo v križiščih predvsem upoštevali običajno postranske parametre, kot so: stroški uporabnikov, poraba goriva in stopnja emisij. Obratno kot ponavadi smo tokrat dali glavni pomen slednjim.



## 5.1 Križišče Barjanska cesta – Prikluček na AC



Slika 7: Situacija križišča Barjanska cesta – Prikluček na AC

V okviru diplomskega dela smo preverili trikrako križišče med Barjansko cesto in priključkom Center na južno Ljubljansko obvoznico. Križišče je nesemaforizirano s prednostjo v smeri Barjanske ceste.

Obstoječa ureditev je zelo neekonomična oziroma potratna v smislu stroškov uporabnikov in onesnaževanja okolja. Zato smo naredili analizo za tri možne, izboljševalne ukrepe: semaforizacija križišča, dodatni vozni pas za desne zavijalce in ureditev krožnega križišča.

### 5.1.1 Vhodni podatki

#### 5.1.1.1 Obremenitve

V nalogi smo upoštevali podatke iz štetja prometa Javne razsvetljave Ljubljana d.d., dne 16. novembra 2006. Zaradi različnih urnih prometnih tokov smo posebej obravnavali jutranjo in popoldansko konico. Število vozil v konicah je 2010 EO/h oziroma 2274 EO/h.



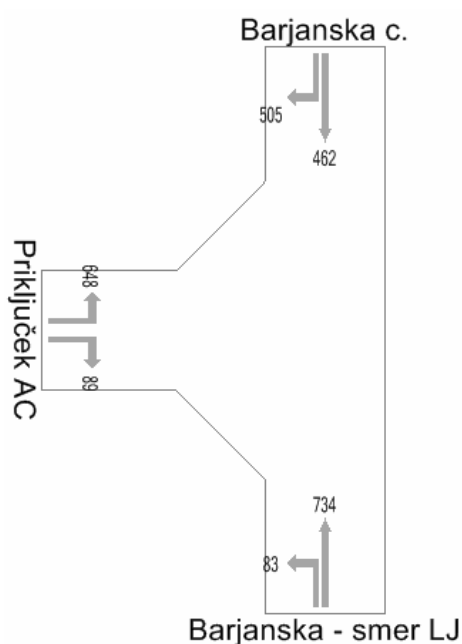
Glavna razlika med obema konicama sta urni obremenitvi na priključku Priključek AC, kjer je število levih zavijalcev zjutraj skoraj dvakrat večje kot popoldne.

### 5.1.1.2 Planska doba

Pri projektiranju novega krožnega križišča smo v skladu s tehničnimi predpisi za rekonstrukcije upoštevali plansko dobo 10-let oziroma podatke o prometnih obremenitvah za leto 2017. Glede na karakteristike mestnega tipa križišča in omejeno nadaljno rast prometa znaša stopnja rasti prometa 1% letno.

## 5.2 Jutranja konica (7:00-8:00)

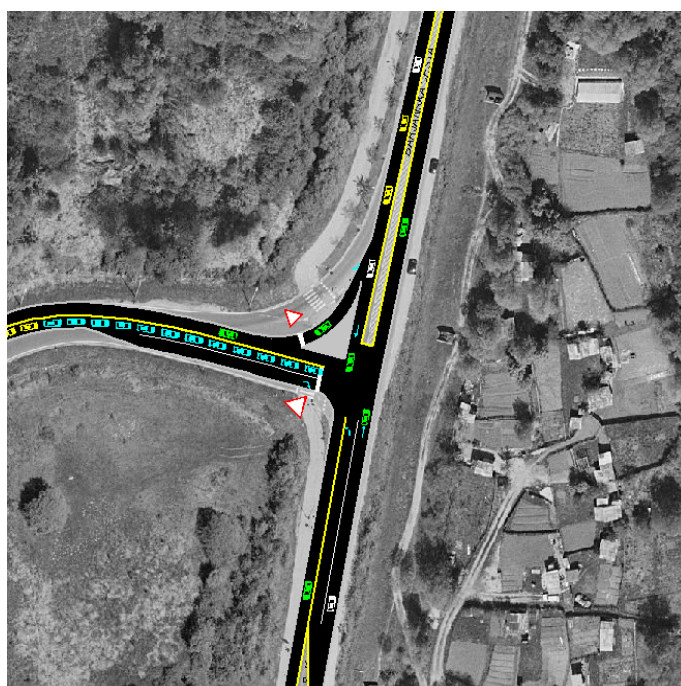
V času jutranje konice prihaja na Priključku AC do velikih zastojev. Levi zavijalci (648 EO/h), ki zavijajo proti Centru, predolgo čakajo na prosto pot, tako da se nabere kolona vse do odstavnega pasu južne obvoznice in s tem povzročajo nevarnost naleta vozil. Poleg tega, da je kapaciteta pasu za leve zavijalce presežena (tj. stopnja nasičenosti je  $>1,0$ ) ter nivo uslug F, je trenutno stanje zelo nevarno, nedopustno in hkrati ogrožujoče za ves promet.



Slika 8: Jutranja maksimalna urna obremenitev v križišču (EOV/h)

### 5.2.1 Nesemaforizirano križišče ...

Križišče Barjanska cesta - Prikluček na AC je trikrako nesemaforizirano. Vsi trije kraki so dvosmerni. Prikluček A (Barjanska cesta – smer LJ) ima poleg pasu za naravnost še poseben žep za leve zavijalce. Prikluček C (Barjanska cesta – smer AC) je razširjen in ima kombiniran pas (za naravnost) z izvoznim lijakom. Prikluček D (Prikluček na AC) ima oba žepa za leve in desne zavijalce.



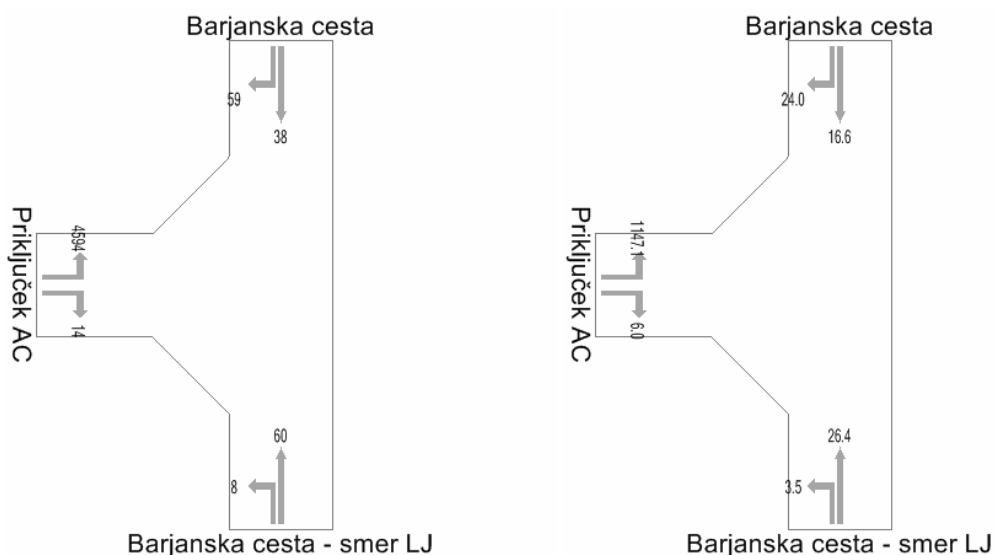
Slika 9: Geometrija nesemaforiziranega križišča

Preglednica 6: Povzetek analize nesemaforiziranega križišča

<b>Stroški uporabnikov</b>	<b>4774 EUR/h</b>	
<b>Poraba goriva</b>	1223,7 l/h	98,1 l/100km
<b>Emisije CO<sub>2</sub></b>	3059,3 kg/h	2452,7 g/km
<b>Zamude</b>	820,55 voz-h/h	
<b>Stopnja nasičenosti</b>	10,80	
<b>Nivo uslug</b>	<b>F</b>	

Medtem ko promet na prednostni Barjanski cesti poteka nemoteno, prihaja na avtocestnem priključku do velikih zastojev, kar povzroča prevelike zamude (820,55 voz-h/h) in posledično enormne stroške uporabnikov (4774 EUR/h). Levi in desni zavijalci na AC-priključku se v koloni počasi premikajo naprej, medtem ko čakajo na prosto pot v križišču. Posledica tega je kombiniran način vožnje, speljevanje in ustavljanje vozil v prvi oziroma drugi prestavi, kar pomeni največjo možno porabo goriva in posledično proizvodnjo emisij izpušnih plinov. Tako imamo na priključku Priključek AC največjo porabo goriva (1223,7 l/h) in največjo vrednost izpuščenih emisij. Podatek o stroških uporabnikov za leve zavijalce (4594 EUR/h), ki je napram stroškom na drugih priključkih tudi do 55-krat večji, nam pove, da je to stroškovno najbolj problematična smer ter, da voznik na tem priključku porabi veliko preveč časa za čakanje oziroma premikanje v koloni.

Teh vrednosti ne moremo ustrezno ovrednotiti, ker nimamo na voljo nobenih primerljivih podatkov oziroma standardov za mejne stroške uporabnikov. Zato bo potrebno izračunati vrednosti še za ostale tri variante in nato le-te primerjati med seboj. Vsekakor pa lahko že zdaj ugotovimo, da je nesemaforizirano križišče zelo neekonomično ter neracionalno, saj so stroški prometa in poraba goriva občutno previsoki.



Slika 10: Stroški uporabnikov (v EUR/h) in poraba goriva (v l/h)

### 5.2.2 Semaforizirano križišče ...

Pri varianti 1 smo se odločili za ukrep semaforizacije križišča. Pri istih prometnih obremenitvah smo za obstoječo geometrijo, s pomočjo programske opreme Sidra, izračunali prometne parametre za semaforizirano različico. Za prometno odvisno vodenje semaforjev je bil določen dvo-fazni krmilni sistem ter programsko izračunan 48-sekundni cikel.



Slika 11: Geometrija semaforiziranega križišča

Preglednica 7: Povzetek analize semaforiziranega križišča

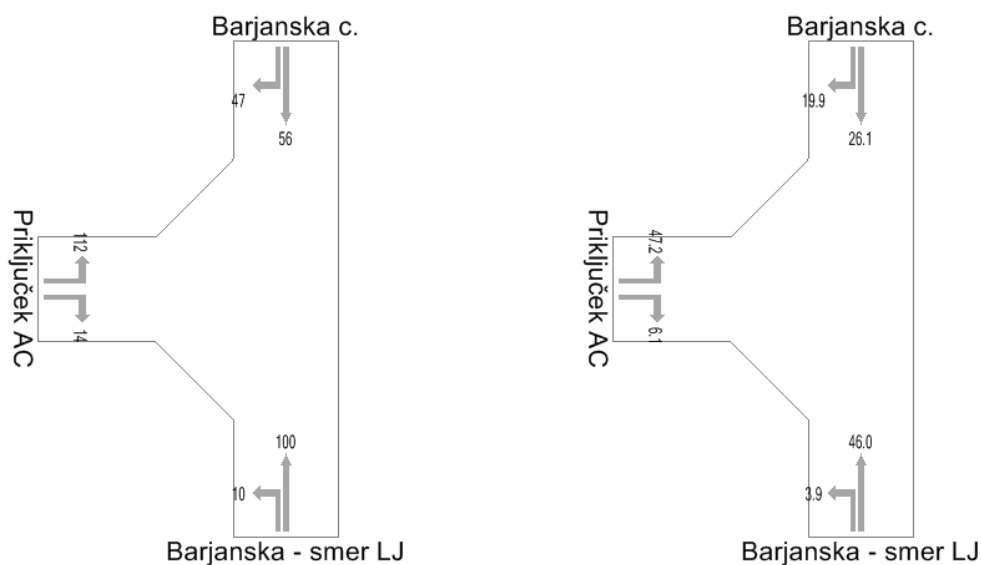
<b>Stroški uporabnikov</b>	<b>339 EUR/h</b>	
<b>Poraba goriva</b>	149,2 l/h	12,0 l/100km
<b>Emisije CO<sub>2</sub></b>	372,9 kg/h	299,0 g/km
<b>Zamude</b>	10,96 voz-h/h	
<b>Stopnja nasičenosti</b>	0,790	
<b>Nivo uslug</b>	<b>B</b>	

S semaforizacijo križišča, ki je časovno in investicijsko ugoden prometni ukrep, smo dosegli izjemne rezultate. Splošni stroški uporabnikov so sedaj **štirinajstkrat** manjši (339 EUR/h) kot prej! Najbolj so se zmanjšali stroški levih zavijalcev na priključku D – iz 4594 EUR/h na 112 EUR/h, kar pomeni, da so se znižali za 97%. Stroški v glavni smeri na Barjanski cesti so se povečali, ker se vozila ustavljajo na semaforju.

Pravtako se je zmanjšala poraba goriva ter plina CO<sub>2</sub>, ki je 8-krat manjša od prejšnje. Največja razlika je na Priključku AC, kjer je poraba goriva levih zavijalcev (47,2 l/h) upadla za 95 odstotkov.

Konkretno izboljšanje vseh prometnih parametrov se kaže tudi v novem nivoju uslug B.

Zamude, ki so v nesemaforiziranem križišču 820,55 voz-h/h, znašajo sedaj le 10,96 voz-h/h.



Slika 12: Stroški uporabnikov (v EUR/h) in poraba goriva (v l/h)

### 5.2.3 Semaforizirano križišče z dodatnim pasom ...



Varianta 2 predstavlja še dodatno manjšo izboljšavo variante 1 ter hkrati preprost in cenovno zelo ugoden projektantski ukrep, ki nam ga ponuja oziroma omogoča sama geometrija tega križišča. Dvo-pasovni priključek Barjanska c. ločuje šrafiran srednji pas, na račun katerega se lahko razširi uvozni pas. Sedanji kombinirani pas z izvoznim lijakom smo spremenili v pas za desne zavijalce, zraven pa na novo dodali oziroma šrafirali horizontalne talne označbe na sredini vozišča in tako pridobili nov vozni pas za naravnost.



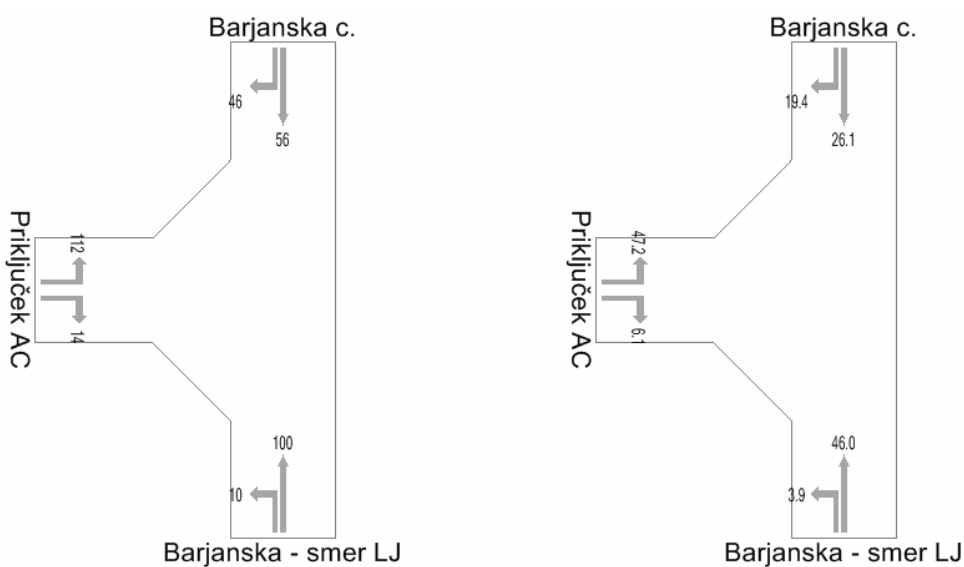
Slika 13: Geometrija semaforiziranega križišča z dodatnim pasom za desne zavijalce

V primerjavi z varianto 1 se vrednosti parametrov križišča niso dosti spremenile. Pri enaki stopnji nasičenosti so stroški upravnika manjši za 1 EUR/h in tudi poraba goriva ter emisije plinov so se rahlo zmanjšale.

Ta ukrep bo prišel bolj do izraza v popoldanski urni konici na priključku Barjanska c., ko poteka glavni prometni tok ravno v tej smeri iz Centra proti ljubljanski obvoznici. Pravi učinek tega ukrepa se bo videl šele na letni oziroma 10-letni ravni.

Preglednica 8: Povzetek analize semaforiziranega križišča

<b>Stroški uporabnikov</b>	<b>338 EUR/h</b>	
<b>Poraba goriva</b>	148,7 l/h	11,9 l/100km
<b>Emisije CO<sub>2</sub></b>	371,6 kg/h	298,0 g/km
<b>Zamude</b>	10,79 voz-h/h	
<b>Stopnja nasičenosti</b>	0,790	
<b>Nivo uslug</b>	<b>B</b>	



Slika 14: Stroški uporabnikov (v EUR/h) in poraba goriva (v l/h)



## 5.2.4 Krožno križišče ...

Varianta 3 predstavlja popolno rekonstrukcijo trenutnega stanja in sicer trikrako, dvopasno krožno križišče. Vsi trije priključki so dvosmerni in imajo po dva uvozna pasova in en izvozni pas. Krožišče ima otok s premerom 40 metrov in 2 pasova širine 5 metrov.



Slika 15: Geometrija krožnega križišča

Preglednica 9: Povzetek analize krožnega križišča

<b>Stroški uporabnikov</b>	<b>327 EUR/h</b>	
<b>Poraba goriva</b>	145,6 l/h	11,2 l/100km
<b>Emisije CO<sub>2</sub></b>	364,0 kg/h	281,0 g/km
<b>Zamude</b>	7,64 voz-h/h	
<b>Stopnja nasičenosti</b>	0,847	
<b>Nivo uslug</b>	<b>B</b>	

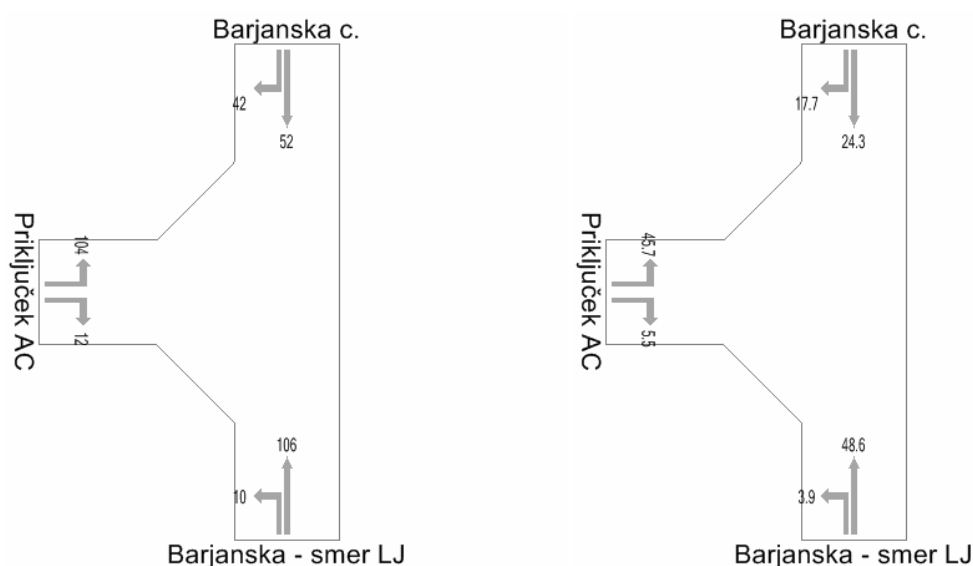


Z zadnjo varianto smo želeli preveriti vpliv popolne spremembe geometrije križišča na stroške uporabnikov. Tako smo izbrali krožno križišče ekvivalentno obstoječemu ter izračunali nove prometne parametre pri istih prometnih obremenitvah.

Rekonstrukcija celotnega križišča je v primerjavi s semaforizacijo časovno in investicijsko daljši oziroma dražji prometni ukrep, ki pa nam (na daljši časovni rok in do določene prometne obremenitve) zagotavlja boljše rezultate.

Splošni stroški uporabnikov so še manjši od stroškov v semaforiziranem križišču in znašajo 327 EUR/h. To pomeni, da »nas« uporaba obstoječega nesemaforiziranega križišča vsako uro stane približno 14,6-krat več kot uporaba novega krožnega križišča. Kaj to konkretno pomeni in koliko denarja lahko prihranimo na daljši rok oziroma plansko dobo desetih let bomo izračunali v naslednjem poglavju. Po priključkih ni bistvenih odstopanj med obema variantama. Celotna poraba v krožišču je 145,6 l/h ali 11,2 l/100km, kar predstavlja le 12% vsega porabljenega goriva v nesemaforiziranem križišču. Tudi pri emisijah CO<sub>2</sub> smo dosegli najnižjo vrednost 364,0 kg/h ali 281,0 g/km, kar pomeni za 88% manj onesnaževanja okolja kot je le-to trenutno.

Najbolj optimalne rezultate izmed treh variant dobimo tudi za vse ostale parametre – tako znašajo zamude le še 7,64 voz-h/h, stopnja nasičenosti 0,847 in posledično je nivo uslug B.







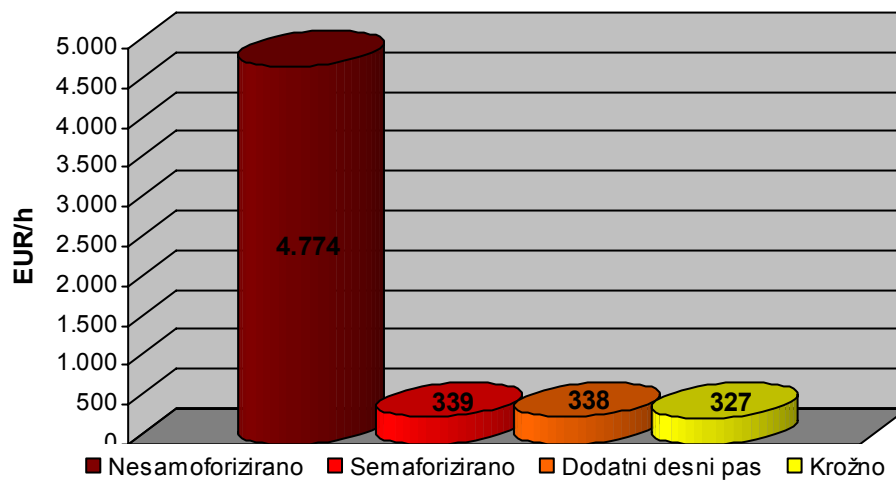
Slika 16: Stroški uporabnikov (v EUR/h) in poraba goriva (l/h)

### 5.2.5 Primerjava variant (*Jutranja konica*)

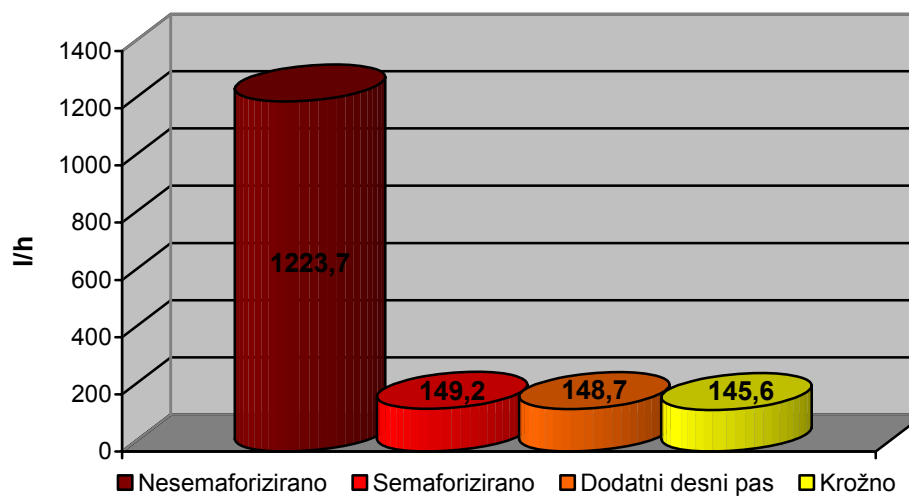
Bistvene lastnosti križišč, oziroma rezultati simulacij posameznih variant, so zaradi večje preglednosti prikazane še združeno v obliki preglednic in grafikonov, kar služi lažji predstavi o upravičenosti izvedbe posamezne vrste križišča.

Preglednica 10: Primerjava parametrov vseh variant križišča

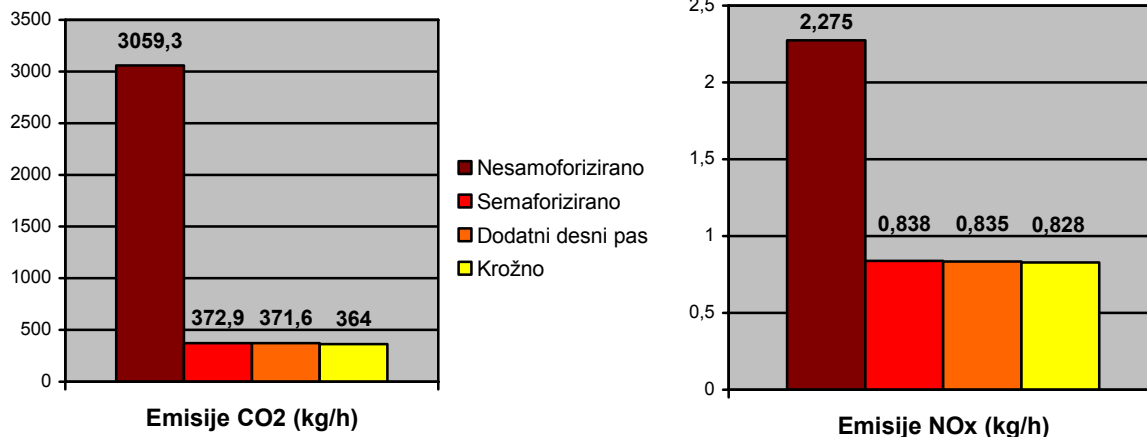
				
<b>Stroški uporabnikov (EUR/h)</b>	<b>4774</b>	<b>339</b>	<b>338</b>	<b>327</b>
<b>Poraba goriva (l/h)</b>	<b>1223,7</b>	<b>149,2</b>	<b>148,7</b>	<b>145,6</b>
<b>Emisije CO<sub>2</sub> (kg/h)</b>	<b>3059,3</b>	<b>372,9</b>	<b>371,6</b>	<b>364,0</b>
<b>Emisije HC (kg/h)</b>	<b>7,032</b>	<b>0,664</b>	<b>0,661</b>	<b>0,627</b>
<b>Emisije CO (kg/h)</b>	<b>60,44</b>	<b>29,49</b>	<b>29,35</b>	<b>28,42</b>
<b>Emisije NO<sub>x</sub> (kg/h)</b>	<b>2,275</b>	<b>0,838</b>	<b>0,835</b>	<b>0,828</b>
<b>Dolžina kolone (m)</b>	<b>1299</b>	<b>115</b>	<b>115</b>	<b>101</b>
<b>Zamude (voz-h/h)</b>	<b>820,55</b>	<b>10,96</b>	<b>10,79</b>	<b>7,64</b>
<b>Stopnja nasičenosti</b>	<b>10,800</b>	<b>0,790</b>	<b>0,790</b>	<b>0,847</b>
<b>Nivo uslug</b>	<b>F</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>A</b>



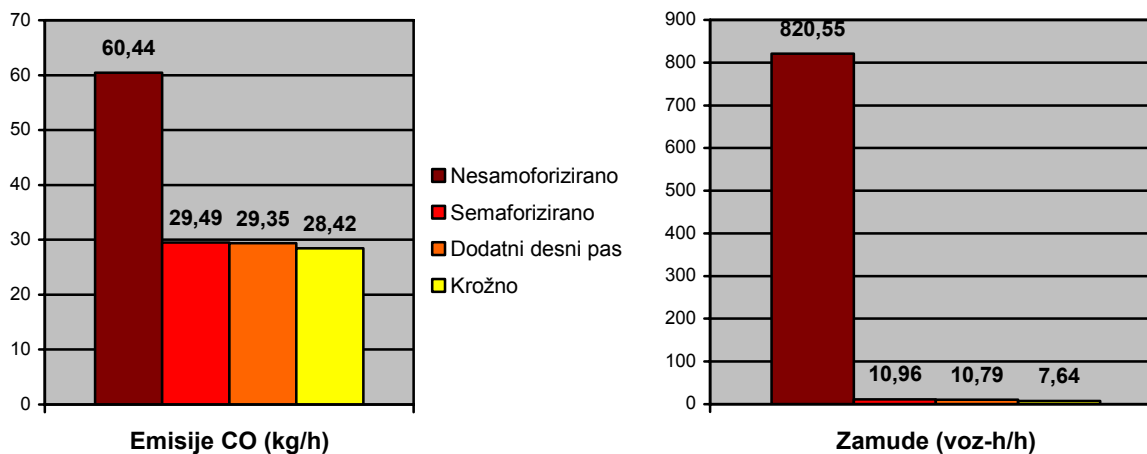
Grafikon 2: Vrednosti stroškov uporabnikov



Grafikon 3: Vrednosti porabe goriva



Grafikon 4: Vrednosti emisij CO<sub>2</sub> (kg/h) in NO<sub>x</sub> (kg/h)

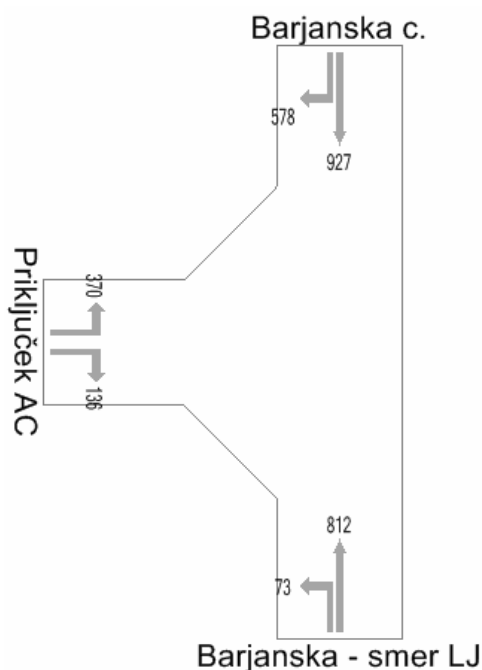


Grafikon 5: Vrednosti emisij CO (kg/h) in zamude (voz-h/h)

### 5.3 Popoldanska konica (15:00-16:00)

V času popoldanske konice sta najbolj obremenjena priključka na Barjanski cesti, kjer sicer promet poteka nemoteno, saj je to prednostna smer. Zato pa posledično prihaja do zastojev na priključku AC. Levi zavijalci (370 EO/h), ki jih je popoldan občutno manj kot v jutranji konici (648 EO/h), še zmeraj predolgo čakajo na prosto pot. Poleg tega, da je kapaciteta pasu za leve zavijalce presežena (tj. stopnja nasičenosti je  $>1,0$ ) ter nivo uslug F, je trenutno stanje prometno nezadovoljivo.

Obremenitve v jutranji konici so bile merodajne za projektiranje vseh variant oziroma ukrepov v križišču, tako da so v popoldanski konici uporabljene iste dimenzije.



Slika 17: Popoldanska maksimalna urna obremenitev v križišču (EOV/h)

### 5.3.1 Nesemaforizirano križišče ...



Omenjeno križišče je ob urni konici močno obremenjeno in na priključku Priključek AC se ustvarjajo daljše kolone.

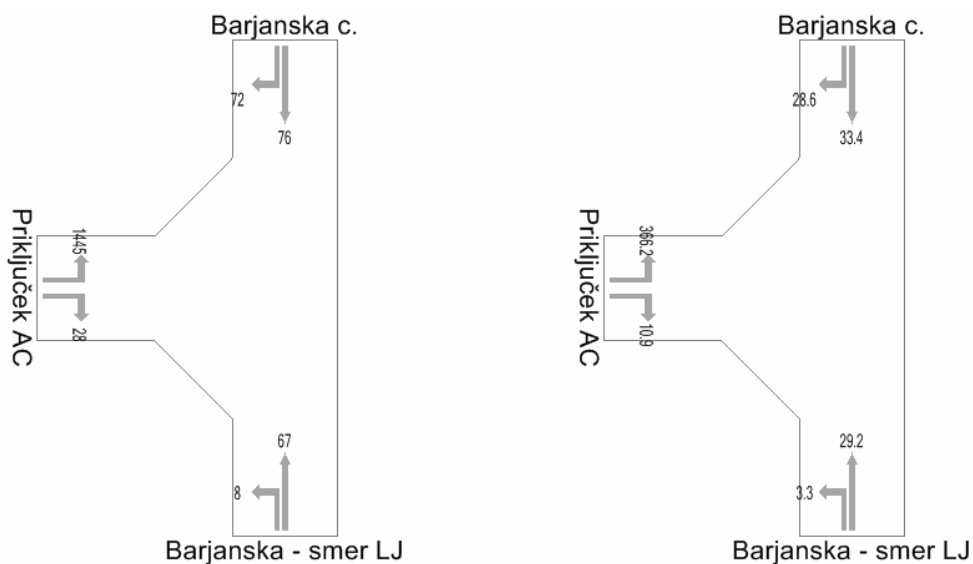
Preglednica 11: Prometni parametri nesemaforiziranega križišča

<b>Stroški uporabnikov</b>	<b>1696 EUR/h</b>	
<b>Poraba goriva</b>	471,7 l/h	32,9 l/100km
<b>Emisije CO<sub>2</sub></b>	1179,2 kg/h	821,8 g/km
<b>Zamude</b>	258,67 voz-h/h	
<b>Stopnja nasičenosti</b>	6,167	
<b>Nivo uslug</b>	<b>F</b>	

Kljub skoraj pol manjšemu številu vozil kot v jutranji konici, prihaja na avtocestnem priključku še vedno do zastojev. To povzroča prevelike zamude (258,67 voz-h/h) in posledično zelo visoke stroške uporabnikov (1696 EUR/h). Levi in desni zavijalci na AC-priključku čakajo v koloni, zaradi gostega prometa v glavni smeri (Barjanski cesta), na prosto pot v križišču. Posledica tega je kombiniran način vožnje, speljevanje in ustavljanje, kar pomeni največjo možno porabo goriva in posledično emisij izpušnih plinov. Tako imamo na Priključku AC največjo porabo goriva (366,2 l/h) in največjo vrednost izpuščenih emisij. Podatek o stroških uporabnikov samo za leve zavijalce (1445 EUR/h), ki je napram stroškom na drugih priključkih tudi do 20-krat večji, nam pove, da se na tem priključku porabi preveč časa in hkrati goriva za čakanje oziroma premikanje v koloni.

Te vrednosti lahko približno ovrednotimo le, če jih primerjamo s podatki iz jutranje konice; stroški uporabnikov so popoldne precej nižji 1696 EUR/h kot zjutraj 4774 EUR/h. Očitno je, da se stroški uporabnikov precej razlikujejo med seboj. Iz tega razloga je smiselno računati stroške za različne dnevne konice.

Tako bo še potrebno izračunati vrednosti za ostali dve varianti in nato le-te primerjati med seboj. Vsekakor pa lahko že zdaj ugotovimo, da je nesemaforizirano križišče zelo neekonomično ter neracionalno, saj so stroški prometa in poraba goriva občutno previsoki.



Slika 18: Stroški uporabnikov (v EUR/h) in poraba goriva (l/h)

### 5.3.2 Semaforizirano križišče ...

Pri varianti 1 smo se odločili za semaforizacijo križišča Barjanska cesta – Priključek na AC. Pri istih prometnih obremenitvah smo za obstoječo geometrijo, s pomočjo programske opreme Sidra, izračunali prometne parametre za semaforizirano različico križišča. Za prometno odvisno vodenje semaforjev je bil določen dvo-fazni krmilni sistem ter programsko izračunan 44-sekundni cikel.

Preglednica 12: Prometni parametri semaforiziranega križišča

<b>Stroški uporabnikov</b>	<b>372 EUR/h</b>	
<b>Poraba goriva</b>	166,7 l/h	11,6 l/100km
<b>Emisije CO<sub>2</sub></b>	416,9 kg/h	290,5 g/km
<b>Zamude</b>	10,71 voz-h/h	
<b>Stopnja nasičenosti</b>	0,828	
<b>Nivo uslug</b>	<b>B</b>	

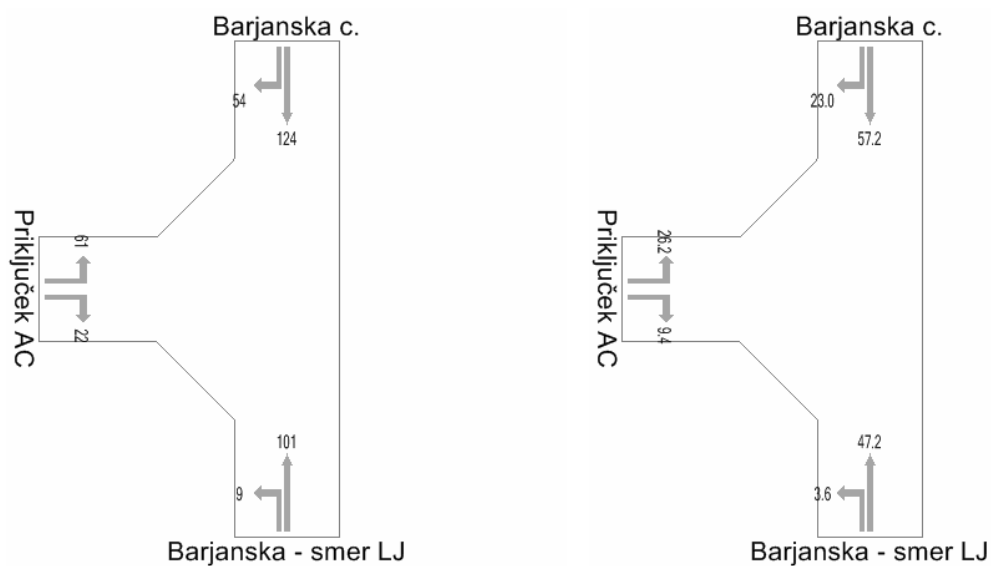
S semaforizacijo križišča, ki je časovno in stroškovno razmeroma ugoden prometni ukrep, smo dosegli izjemne rezultate. Splošni stroški uporabnikov so sedaj več kot **štirikrat** manjši (372 EUR/h) kot prej! Najbolj so se zmanjšali stroški levih zavijalcev na Priključku AC – iz 1445 EUR/h na 61 EUR/h. To pomeni, da so se znižali za skoraj 96% in so sedaj celo manjši od stroškov na ostalih dveh priključkih. Stroški v glavni smeri na Barjanski cesti so se povečali, ker se vozila ustavljajo na semaforju, kar poveča potovalni čas in porabo goriva.

Pravtako so se zmanjšale emisije CO<sub>2</sub> ter poraba goriva, ki je 2,7-krat manjša od prejšnje. Največja razlika je na priključku Priključek na AC, kjer je poraba goriva levih zavijalcev (26,2 l/h) upadla za 93%.



Konkretno izboljšanje vseh prometnih parametrov se kaže tudi v novem nivoju uslug B.

Zamude, ki so v nesemaforiziranem križišču 321,5 sek/vozilo, znašajo sedaj le 10,71 voz-h/h.



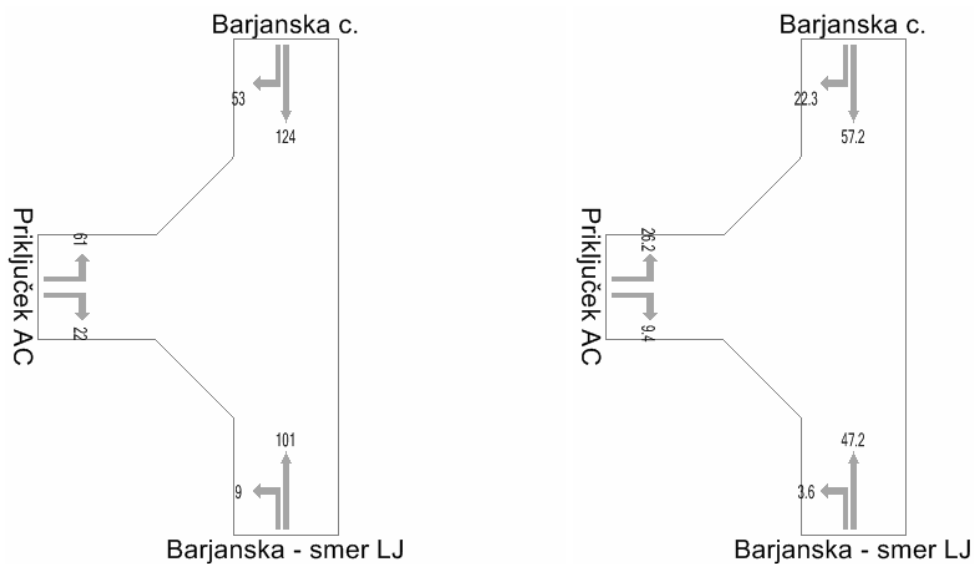
Slika 19: Stroški uporabnikov (v EUR/h) in poraba goriva (l/h)

### 5.3.3 Semaforizirano križišče z dodatnim pasom za desne zavijalce ...



Preglednica 13: Prometni parametri semaforiziranega križišča z dodatnim pasom za desne zavijalce

<b>Stroški uporabnikov</b>	<b>370 EUR/h</b>	
<b>Poraba goriva</b>	166,1 l/h	11,6 l/100km
<b>Emisije CO<sub>2</sub></b>	415,2 kg/h	289,3 g/km
<b>Zamude</b>	10,48 voz-h/h	
<b>Stopnja nasičenosti</b>	0,828	
<b>Nivo uslug</b>	<b>B</b>	



Slika 20: Stroški uporabnikov (v EUR/h) in poraba goriva (l/h)

### 5.3.4 Krožno križišče ...

Varianta 3 predstavlja popolno rekonstrukcijo obstoječega stanja. Vsi trije priključki so dvosmerni in imajo po dva uvozna pasova in en izvozni pas. Krožišče ima otok s premerom  $d = 40,0$  metrov in 2 pasova širine 5,0 metrov.

Preglednica 14: Prometni parametri krožnega križišča

<b>Stroški uporabnikov</b>	<b>349 EUR/h</b>	
<b>Poraba goriva</b>	157,9 l/h	10,8 l/100km
<b>Emisije CO<sub>2</sub></b>	394,8 kg/h	269,2 g/km
<b>Zamude</b>	6,23 voz-h/h	
<b>Stopnja nasičenosti</b>	0,720	
<b>Nivo uslug</b>	A	

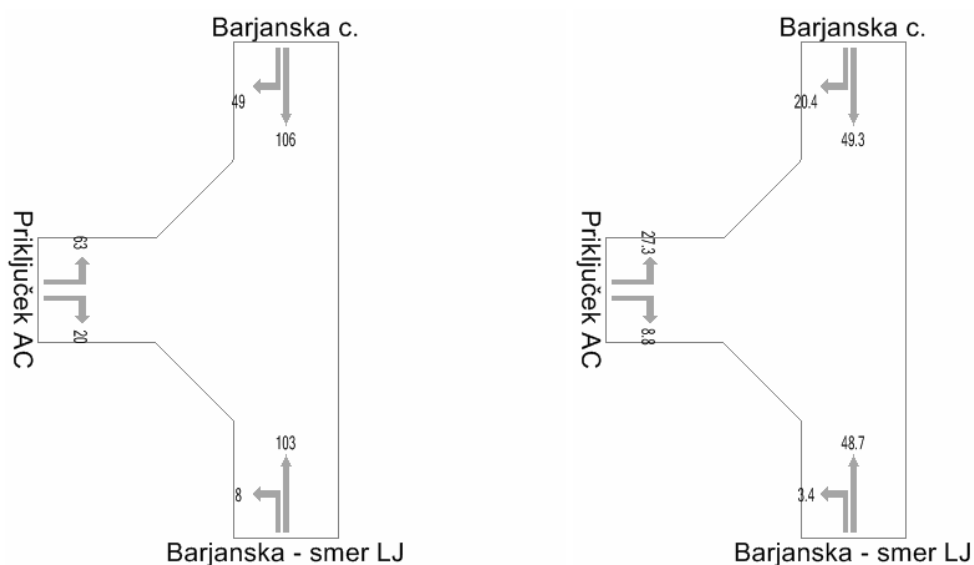
Z zadnjo varianto smo želeli preveriti vpliv spremembe geometrije križišča na stroške prometa. Tako smo izbrali krožno križišče ekvivalentno obstoječemu ter izračunali nove prometne parametre pri istih prometnih obremenitvah.

Splošni stroški uporabnikov so še manjši od stroškov semaforiziranega križišča in znašajo 349 EUR/h. To pomeni, da »nas« uporaba obstoječega nesemaforiziranega križišča vsako uro stane skoraj 5-krat več kot uporaba novega krožnega križišča. Kaj to konkretno pomeni in koliko denarja lahko prihranimo na daljši rok oziroma plansko dobo desetih let smo izračunali v naslednjem poglavju.

Po smereh ni bistvenih odstopanj med Variantama 1 in 3, edina večja razlika je na priključku Barjanska c. v smeri naravnost, kjer znaša strošek uporabnikov samo 106 EUR/h (pri Varianti 1 - 132 EUR/h). Enako velja za isto smer tudi pri porabi goriva, kjer se le-ta zniža za ta obremenjen pas na skromnih 49,3 l/h. Celotna poraba v krožišču je 157,9 l/h, kar predstavlja

le 33% vsega porabljenega goriva v nesemaforiziranem križišču. Tudi pri emisijah CO<sub>2</sub> smo dosegli najnižjo vrednost 394,8 kg/h, kar pomeni za 66% manj onesnaževanja okolja kot je le-to trenutno.





Najbolj optimalne rezultate izmed treh variant dobimo tudi za vse ostale parametre – tako znašajo zamude le še 6,23 voz-h/h, stopnja nasičenosti 0,720 in posledično nivo uslug A.

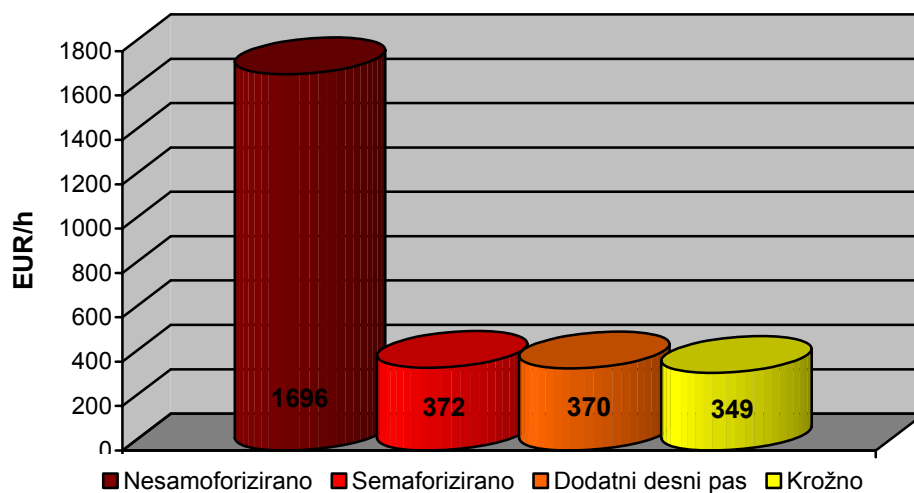


Slika 21: Stroški uporabnikov (v EUR/h) in poraba goriva (l/h)

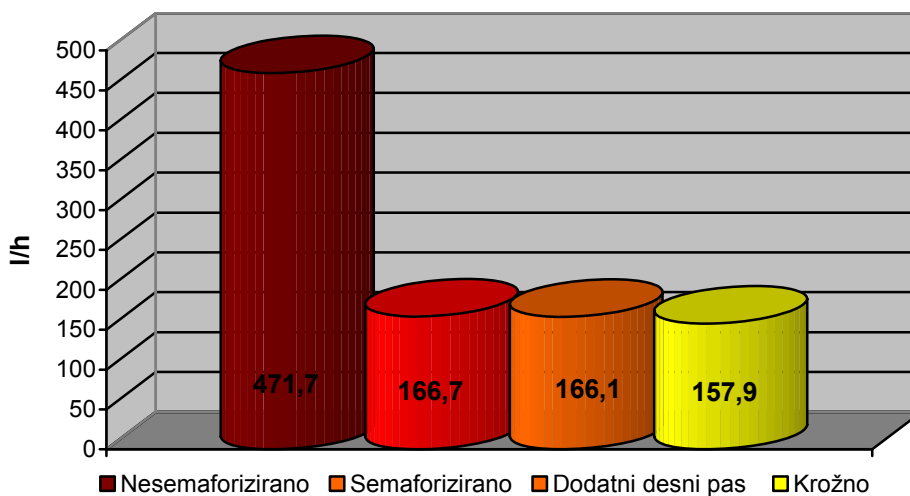
### 5.3.5 Primerjava variant (Popoldanska konica)

Preglednica 15: Primerjava parametrov vseh variant križišča

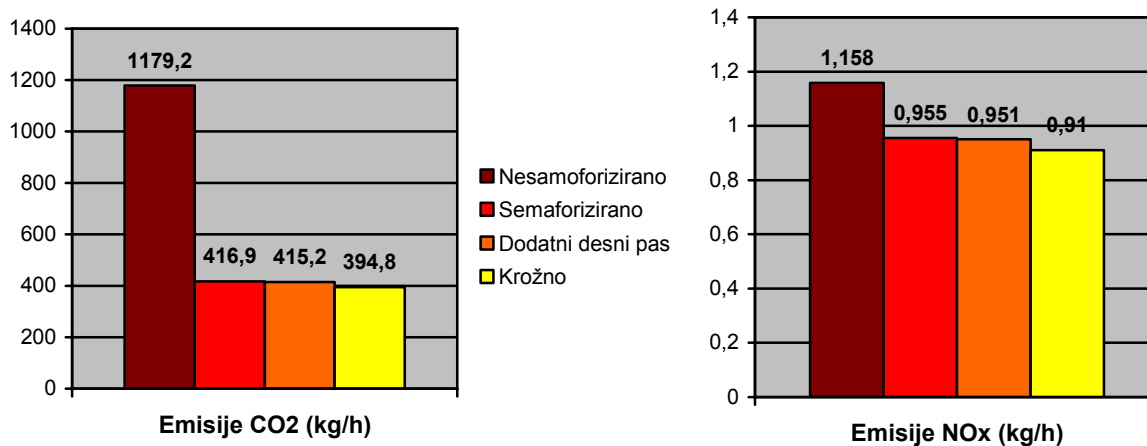
				
<b>Stroški uporabnikov (EUR/h)</b>	<b>1696</b>	<b>372</b>	<b>370</b>	<b>349</b>
<b>Poraba goriva (l/h)</b>	<b>471,7</b>	<b>166,7</b>	<b>166,1</b>	<b>157,9</b>
<b>Emisije CO<sub>2</sub> (kg/h)</b>	<b>1179,2</b>	<b>416,9</b>	<b>415,2</b>	<b>394,8</b>
<b>Emisije HC (kg/h)</b>	<b>2,544</b>	<b>0,735</b>	<b>0,731</b>	<b>0,668</b>
<b>Emisije CO (kg/h)</b>	<b>30,32</b>	<b>33,07</b>	<b>32,88</b>	<b>30,19</b>
<b>Emisije NO<sub>x</sub> (kg/h)</b>	<b>1,158</b>	<b>0,955</b>	<b>0,951</b>	<b>0,910</b>
<b>Dolžina kolone (m)</b>	<b>690</b>	<b>133</b>	<b>133</b>	<b>65</b>
<b>Zamude (voz-h/h)</b>	<b>258,67</b>	<b>10,71</b>	<b>10,48</b>	<b>6,23</b>
<b>Stopnja nasičenosti</b>	<b>6,167</b>	<b>0,828</b>	<b>0,828</b>	<b>0,720</b>
<b>Nivo uslug</b>	<b>F</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>A</b>



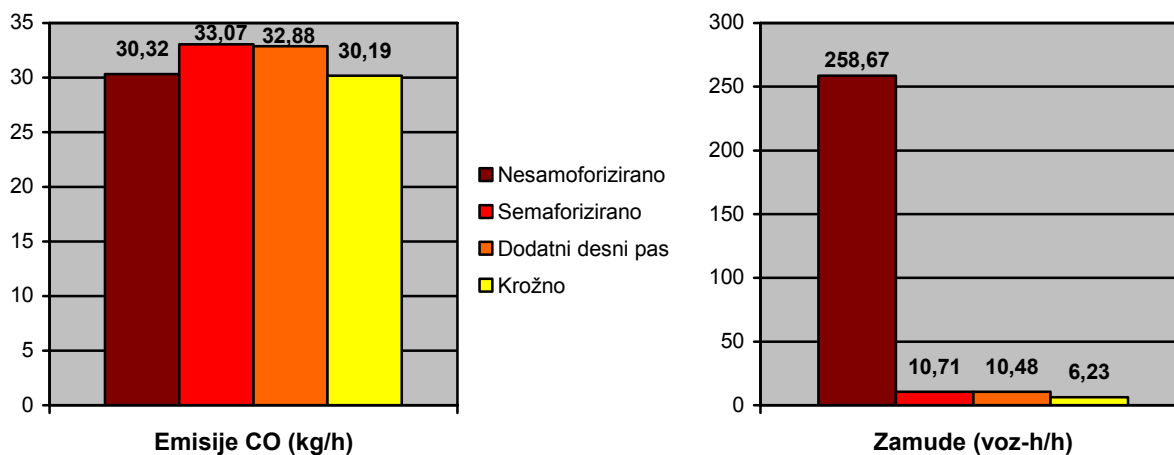
Grafikon 6: Vrednosti stroškov uporabnikov



Grafikon 7: Vrednosti porabe goriva



Grafikon 8: Vrednosti emisij CO<sub>2</sub> in NO<sub>x</sub> (v kg/h)



Grafikon 9: Vrednosti emisij CO (kg/h) in zamude (voz-h/h)

## 5.4 Vrednotenje rezultatov

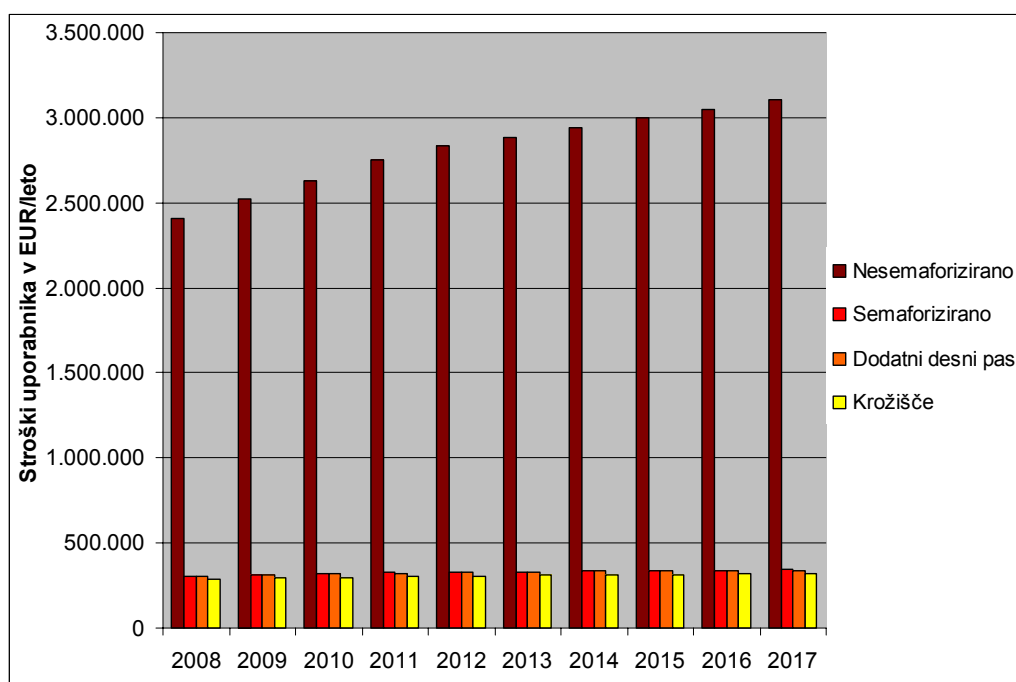
Za končno ovrednotenje rezultatov (jutranje in popoldanske konice) smo naredili skupno primerjavo stroškov prometa vseh štirih variant v planski dobi 10-ih let – posamično po letih in skupaj za celotno plansko obdobje. Tako smo dobili bolj nazorno predstavo o pomenu stroškov uporabnikov pri prometnem dimenzioniranju križišča.

### 5.4.1 Letni stroški uporabnikov

Vrednosti stroškov uporabnikov, ki so v SIDRI podane v evrih na uro (EUR/h), moramo ustrezno preračunati na letno raven – evri na leto. Pri izračunu letnih stroškov smo upoštevali vsoto jutranjih in popoldanskih stroškov v razmerju 1:1, in sicer za vsako konico po 2 uri na dan, ker so takrat obremenitve, zamude in posledično tudi stroški v križišču največji. V preostalih dvajsetih urah dneva promet poteka normalno ne glede na varianto in tako ni večjih medsebojnih razlik, ki bi jih morali upoštevati v izračunih. Nadalje smo upoštevali 5 delovnih dni v tednu in 48 tednov na leto – tako smo letno izpustili vse vikende in en mesec v času poletnih počitnic.

Treba je poudariti, da veljajo te urne predpostavke za naš primer. Drugi viri za območje mesta Ljubljane navajajo različne številke privzetih ur. V končnem poročilu prometne primerjave Prometno in prometno ekonomsko vrednotenje polnega priključka v Šentvidu (2004) so za izračun prihranka časa na dan uporabljene naslednje vrednosti ur:

v jutranji konici 3 ure, v opoldanski 5 ur in v popoldanski 4 ure. Treba je upoštevati, da so to izračuni na delovni dan. To pomeni, da teh izračunov ne smemo računati s faktorjem 365 dni, temveč z ustrezno manjšim.



Grafikon 10: Primerjava letnih stroškov uporabnikov

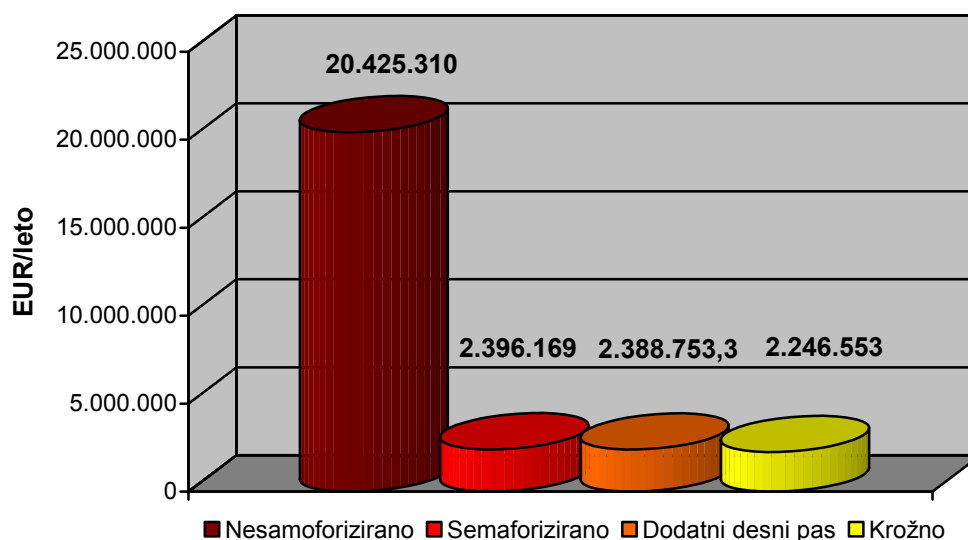
Na grafikonu so prikazani letni stroški uporabnikov za vse štiri obravnavane variante. Stroški za nesemaforizirano križišče so v primerjavi z ostalimi variantami enostavno ogromni; v prvem letu so skoraj 8-krat večji in nato zaradi zasičenosti križišča z letmi neproporcionalno naraščajo, tako da so na koncu planske dobe v povprečju večji že več kot 9-krat. Najmanjši stroški so v krožnem križišču. Skupne vrednosti stroškov v celotnem planskem obdobju so navedene v naslednjem poglavju.

#### 5.4.2 Skupni stroški uporabnikov v planski dobi

Za končni prikaz in primerjavo vsote stroškov prometa v 10-ih letih planske dobe smo uporabili načelo neto sedanje vrednosti, ki se uporablja pri investicijskih odločitvah. S pomočjo neto sedanje vrednosti lahko ugotovimo kateri od izboljševalnih ukrepov se bolje izplača. Kazalci, ki se jih upošteva pri vrednotenju so investicijski stroški, koristi investicije in diskontna stopnja.



Upoštevana ekonomska doba pri vrednotenju variant znaša v našem primeru 10 let. Diskontna stopnja je 6%. Letne stroške uporabnikov, ki so se pojavljali skozi plansko dobo smo najprej diskontirali<sup>19</sup> in jih nato sešteli.



Grafikon 11: Skupni diskontirani stroški uporabnikov v 10-ih letih

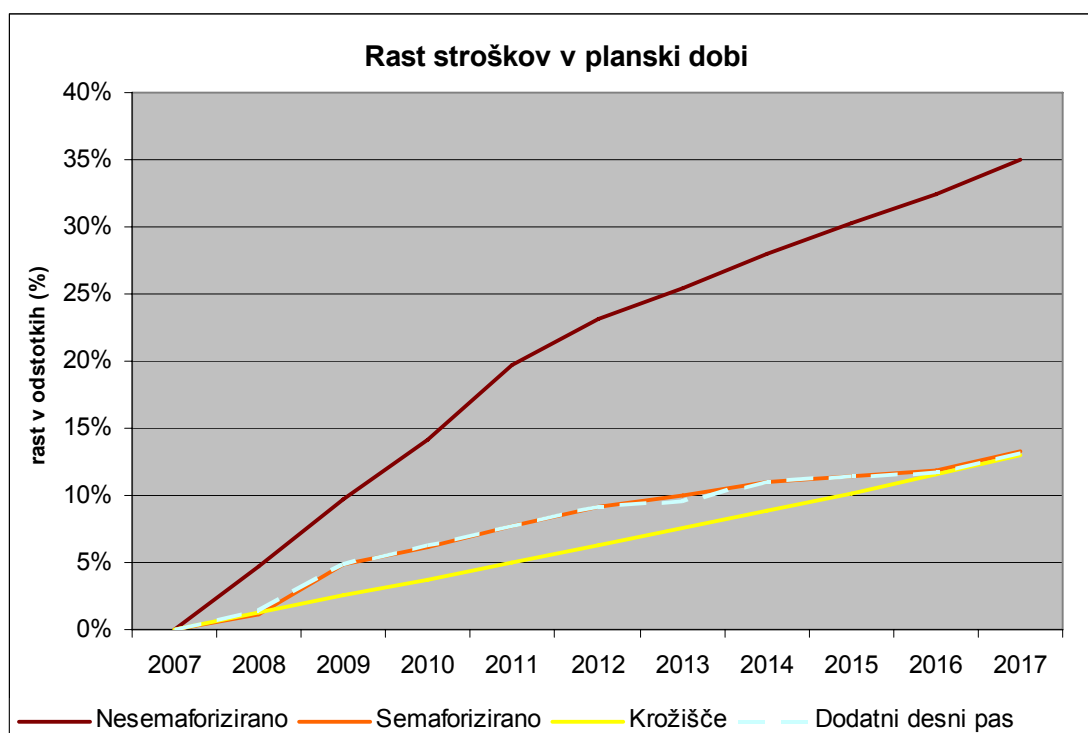
Koristi investicije predstavlja razlika med stroški obstoječega stanja in stroški po opravljeni investiciji (stroški vzdrževanja in operativni stroški, stroški uporabnikov ter stroški prometne varnosti).

V naši nalogi smo se omejili le na primerjavo stroškov uporabnikov in nismo upoštevali stroškov investicije ter vseh ostalih stroškov, ker bi bila to preobširna naloga za to diplomsko delo. Tako ne moremo podati neke končne investicijske odločitve, ampak le primerjalne (neto sedanje) vrednosti celotnih stroškov uporabnikov za vse štiri variante, ki nam lahko služijo za okvirne predinvesticijsko zasnovo ali smernico za nadaljne študije.

<sup>19</sup> diskontiranje je postopek za pretvarjanje prihodnjih denarnih vrednosti v primerljivo sedanjo vrednost s pomočjo diskontne stopnje

### 5.4.2.1 Rast stroškov uporabnikov v planski dobi

Rast stroškov prometa se pri rasti obremenitev razlikuje glede na kapaciteto križišča – v nasičenem križišču rastejo eksponentno oziroma v našem primeru logaritemsko, medtem ko v nenasičenem križišču linearno. Po desetih letih so se stroški v nesemaforiziranem križišču povečali za 35 %, v semaforiziranem 13,2 %, v semaforiziranem z dodatnim pasom za desne zavijalce 13,1% in v krožišču 13 %.



Grafikon 12: Procentualna rast stroškov uporabnikov

### 5.4.3 Ugotovitev

Krožno križišče ima v primerjavi s semaforiziranim večje koristi investicije. In sicer znašajo koristi v 10-ih letih glede na stroške uporabnikov za:

- o semaforizirano križišče ... 18.029.140,7 EUR
- o dodatni desni pas ... 18.036.556,5 EUR
- o krožno križišče ... 18.178.756,8 EUR

Ob eventualnem upoštevanju okvirnih stroškov investicije za obe varianti je potrebno opozoriti, da gre pri varianti 1 le za semaforizacijo obstoječe situacije (oprema, kabli, montažna in gradbena dela) brez večjih gradbenih posegov, kar pomeni minimalno količino zemeljskih del. Varianta 2 obsega šrafitiranje novega dodatnega voznega pasu, kar pomeni le manjši dodatni strošek k varianti 1. Medtem, ko varianta 3 obsega celotno novo ureditev oziroma izgradnjo krožnega križišča, ki obsega tudi zemeljska dela in s tem povezanih gradbenih stroškov. Zato je v našem primeru razmerje stroškov investicij nesorazmerno.

Pridobljeni podatki s strani Javne razsvetljave d.d. o vrednosti investicije semaforizacije križišča Barjanska – Priključek AC bi znašali približno 135.000,00 EUR (Dernič, 2007). Na podlagi primerjave geometrije križišča z ostalimi obstoječimi krožišči - trikrako, dvopasovno, zunanji premer  $D = 60,0$  m - bi lahko ocenili izgradnjo novega krožnega križišča na približno 450.000,00 EUR.

Okvirni stroški investicije semaforizacije ali rekonstrukcije obstoječe ureditve so glede na prihranek oziroma korist nove ureditve križišča povrnjeni že v prvem letu obratovanja (Grafikon 10).

Na podlagi samo teh števil (okvirni stroški investicije in stroški uporabnikov) bi lahko ocenili, da je ugodnejša varianta semaforizirano križišče. Vendar bi za dokončno izbiro ugodnejše variante potrebovali še vse ostale vrednosti zgoraj naštetih stroškov.

Zato smo se s stališča same stroškovne učinkovitosti odločili za krožno križišče, ki je tudi ekološko najbolj optimalna varianta.

## 6 ZAKLJUČEK

Stroški prometa so stvarnost in ne prihodnost, zato je treba ukrepati zdaj. K zmanjšanju stroškov lahko neposredno ali posredno prispeva vsak posameznik sam. Prometni projektant ima pri tem pomembno vlogo, saj lahko s skrbno preiščenim, ekonomičnim načrtovanjem, obnavljanjem in vzdrževanjem prometne infrastrukture pripomore k zmanjšanju oziroma minimaliziranju stroškov prometa. Še posebej pride do izraza v mestnih območjih pri dimenzioniranju križišč, kjer glavne stroške prometa predstavljata količina porabljenega goriva, in posledično izpušnih plinov, ter poraba časa. Tovrstne stroške prometa imenujemo stroški uporabnikov. Poraba goriva je prav tako pokazatelj ustreznosti prometnega režima, čeprav se le redki tega zavedamo. Vsaka zamuda, čakanje v koloni, pogosto speljevanje in zaviranje, predstavlja večjo porabo goriva in časa. Večja poraba goriva in časa pa pomeni večje stroške uporabnikov. Pravtako je količina izpušnih plinov in s tem količina onesnaževanja ozračja bistveni pokazatelj, katera prometna ureditev je sprejemljivejša, predvsem iz ekološkega vidika.

Oceno vrednosti stroškov uporabnikov se lahko analitično ovrednoti s pomočjo programske opreme SIDRA Intersection. V diplomski nalogi smo nazorno definirali in razložili vse stroškovne parametre osnovnega modela, tako da to poglavje naloge predstavlja nekakšen priročnik za uporabo in nastavitve parametrov za izračun stroškov uporabnika v programski opremi SIDRA.

Stroški uporabnikov se manjšajo sorazmerno z že minimalnimi ukrepi v križišču. Zato je potrebno pri dimenzioniranju križišč nujno upoštevati tudi stroške prometa in se zavedati njihovega družbenega pomena, predvsem na daljši rok. Na ta način bodo družbi oziroma uporabnikom prometa prihranjene velike vsote denarja.

## VIRI

- Akcelik, R., Besley, M. 2003. Operating cost, fuel consumption, and emission models in aaSIDRA and aaMOTION. V: 25th Conference of Australian Institutes of Transport Research (CAITR), University of South Australia, Adelaide, Australia, 3. – 5. december 2003. [http://www.sidrasolutions.com/documents/AKCELIK\\_COSTModels\(CAITR%202003\)v2.pdf](http://www.sidrasolutions.com/documents/AKCELIK_COSTModels(CAITR%202003)v2.pdf) (22.4.2007)
- Besley, M. »Cost parameters«. Message to: Zelenik, L. 25. maj 2007. Osebna komunikacija.
- Besley, M. »Operating Cost (Total)«. Message to: Zelenik, L. 5. november 2007. Osebna komunikacija.
- Bitenc, M. 2005. Onesnaževanje zraka zaradi cestnega motornega prometa. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: str. 16-17
- Cuderman, M. 2006. Investicijska dokumentacija kot osnova za odločanje o investicijah v cestno infrastrukturo. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Ekonomska fakulteta: str. 16-22, 30-37
- Čemas, D., Bolte, T., Šegula, A. 2005. Vpliv prometa na kakovost zraka. V: Mednarodni posvet Trajnostna prometna politika v Sloveniji, Ljubljana, 2005. Cipra Slovenija: str. 64-83
- Česen, M. s sod. 2006. Četrto državno poročilo Konferenci pogodbenic okvirne konvencije Združenih narodov o spremembi podnebja. MOP-Ministrstvo za okolje in prostor
- Dernič, P., Popis stroškov. Message to: Zelenik, L. 19. oktober 2007. Osebna komunikacija.
- External costs of transport – accident, environmental and congestion costs in western Europe. Zürich, Karlsruhe, March 2000. INFRAS/IWW  
[http://www.uic.asso.fr/html/environnement/cd\\_external/docs/externalcosts\\_previous\\_en.pdf](http://www.uic.asso.fr/html/environnement/cd_external/docs/externalcosts_previous_en.pdf) (9.5.2007)
- External costs of transport - Update study, Final report. Zürich, Karlsruhe, October 2004. INFRAS/IWW  
[http://www.uic.asso.fr/html/environnement/cd\\_external/docs/externalcosts\\_en.pdf](http://www.uic.asso.fr/html/environnement/cd_external/docs/externalcosts_en.pdf) (9.5.2007)
- Goriva Petrol: [http://www.petrol.si/index.php?sv\\_path=98,104](http://www.petrol.si/index.php?sv_path=98,104) (22.5.2007)
- Gradivo za novinarje, Novinarska konferenca. 10. september 2003, ARSO-Agencija RS za okolje. <http://co2.temida.si/pritiski.htm> (14.4.2007)
- Istrabenz plini: <http://www.istrabenzplini.si/sl/products.cp2?cid=E372BC99-6888-0CE8-8ADA-D050D7BDE58E&linkid=product> (22.5.2007)

Javno posvetovanje o izvajanju prenovljene strategije za zmanjšanje emisij CO<sub>2</sub> iz osebnih vozil in lahkih tovornih vozil. 2007.

[http://ec.europa.eu/reducing\\_co2\\_emissions\\_from\\_cars/index\\_sl.htm](http://ec.europa.eu/reducing_co2_emissions_from_cars/index_sl.htm) (11.5.2007)

Mesarec, B., Lep, M. 2006. Analiza eksternih stroškov prometa. V: 8.slovenski kongres o cestah in prometu. Ljubljana-Portorož, oktober 2006. Ljubljana, DRC-Družba za raziskave v cestni in prometni stroki Slovenije: str. 541-551

Oberžan, M. Obratovalni stroški vozila. Message to: Zelenik, L. 30. maj 2007. Osebna komunikacija.

Pirc, M., Energetsko učinkovita vožnja.

<http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Pirc/PT207.htm> (15.10.2007)

Prometno in prometno ekonomsko vrednotenje polnega priključka v Šentvidu, Končno poročilo prometne primerjave. Ljubljana, april 2004. PNZ Projekt nizke gradnje, d.o.o..

Resolucija o nacionalnem energetskem programu (ReNEP). UL RS št. 57/2004: 7390

Resolucija o prometni politiki Republike Slovenije (RePPRS). UL RS št. 58/2006: 6249

Rezultati pregleda strategije Skupnosti za zmanjšanje emisij CO<sub>2</sub> iz osebnih vozil in lahkih tovornih vozil, Bruselj, 7.2.2007. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2007:0019:FIN:SL:PDF> (11.5.2007)

Sidra Intersection – User Guide, november 2006. Akcelik & Associates Pty Ltd.

Sidra Solutions - Traffic Engineering Software: <http://www.sidrasolutions.com> (13.4.2007)

Trg dela št.13, Plače in pokojnine, Slovenija, februar 2007. Ljubljana, 21.maj 2007.  
Statistične informacije št. 31/2007

Uredba o enotni metodologiji za pripravo in obravnavo investicijske dokumentacije na področju javnih financ, stran 6559. UL RS, št. 60, 9.6.2006

Zelena knjiga - Za novo kulturo mobilnosti v mestih, Bruselj, 25.9.2007.

[http://www.mzp.gov.si/fileadmin/mzp.gov.si/pageuploads/Razno/Zelena\\_knjiga\\_o\\_mestnem\\_prometu.pdf](http://www.mzp.gov.si/fileadmin/mzp.gov.si/pageuploads/Razno/Zelena_knjiga_o_mestnem_prometu.pdf) (3.11.2007)