

UNIVERZITET U BEOGRADU

SAOBRAĆAJNI FAKULTET

Nikola Đ. Čelar

**PRILOG ANALIZI SAOBRAĆAJNOG  
PROCESA NA SIGNALISANOJ  
RASKRSNICI**

doktorska disertacija

Beograd, 2013.

UNIVERSITY OF BELGRADE

FACULTY OF TRANSPORT AND TRAFFIC  
ENGINEERING

Nikola Đ. Čelar

**CONTRIBUTION TO THE TRAFFIC  
PROCESS ANALYSIS AT SIGNALIZED  
INTERSECTIONS**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2013.

**Mentor:**

Redovni profesor **dr Smiljan VUKANOVIĆ**,  
Univerzitet u Beogradu Saobraćajni fakultet

**Članovi komisije:**

Redovni profesor **dr Smiljan VUKANOVIĆ**,  
Univerzitet u Beogradu Saobraćajni fakultet

Redovni profesor dr **Jadranka JOVIĆ**,  
Univerzitet u Beogradu Saobraćajni fakultet

Redovni profesor **dr Milan MARTIĆ**,  
Univerzitet u Beogradu Fakultet organizacionih nauka

**Datum odbrane:**

# **PRILOG ANALIZI SAOBRAĆAJNOG PROCESA NA SIGNALISANIM RASKRSNICAMA**

## **Rezime:**

Doktorska disertacija prikazuje originalan pristup analizi saobraćajnog procesa na signalisanoj raskrsnici i utvrđivanju osnovnog pokazatelja efikasnosti – vremenskih gubitaka.

Aktuelne metode i modeli ne obezbeđuju preciznu procenu vrednosti gubitaka. Kao osnovni nedostaci navode se pojednostavljena teorijska interpretacija procesa u okviru neeksperimentalnih, odnosno indirektnost istraživanja i veličina uzorka u okviru eksperimentalnih metoda. Formiranje objektivnih metoda utvrđivanja gubitaka zahteva potpunu spoznaju procesa u kome dolazi do njihovog nastajanja.

U radu je formirana metodologija istraživanja parametara u procesima kretanja vozila u zoni signalisane raskrsnice. Osnovu metodologije predstavlja metod utvrđivanja trajektorija kretanja vozila primenom GPS tehnologije prikupljanja podataka. Primenom metodologije obezbeđuje se formiranje trajektorija vozila visokog nivoa preciznosti i detaljnosti, što predstavlja osnovu za analizu saobraćajnog procesa, utvrđivanje vrednosti osnovnih parametara i njihovog uticaja na vremenske gubitke. Rezultati istraživanja na signalisanim raskrsnicama i formirani zaključci se u određenim segmentima razlikuju od onih koje su utvrdili drugi autori.

Na osnovu istraživanja razvijen je analitički model vremenskih gubitaka za nezasićena stanja. U modelu, ukupni vremenski gubici se posmatraju na mikroskopskom nivou, kroz komponente gubitaka koje nastaju u procesima kretanja vozila u različitim tipovima trajektorija.

Analitički model predstavlja osnovu formiranog metoda eksperimentalnog utvrđivanja vremenskih gubitaka (MEIS). U okviru metoda gubici se utvrđuju na osnovu direktnog istraživanja vremenske komponente kretanja svakog pojedinačnog vozila koje je ostvarilo vremenski gubitak.

Na osnovu rezultata praktične primene na signalisanim raskrsnicama u Beogradu, zaključeno je da je formirani metod validan u postupku utvrđivanja ukupnih

vremenskih gubitaka za nezasićena stanja, kao i da se njegovom primenom eliminišu neki od osnovnih nedostataka postojećih metoda utvrđivanja gubitaka.

**Ključne reči:** Saobraćajni proces, signalisana raskrsnica, vremenski gubici, metode utvrđivanja gubitaka

**Naučna oblast:** Drumski i gradski saobraćaj

**Uža naučna oblast:** Regulisanje i upravljanje saobraćajnim tokovima na mreži puteva i ulica

**UDK broj:** 656.1(043.3)

# **CONTRIBUTION TO THE TRAFFIC PROCESS ANALYSIS AT SIGNALIZED INTERSECTIONS**

## **Abstract:**

The Doctoral dissertation demonstrates an original approach to the analysis of traffic processes at a signalized intersection and to the determination of a key performance indicator – control delay.

Current estimation methods and models do not provide accurate delay assessment. The main disadvantages of existing experimental models are the sample size and indirect research methods. On the other hand, in non-experimental methods, the deficiency is in the need for theoretical simplifications of the actual traffic processes. The determination of objective estimation methods requires comprehensive understanding of the processes where the delays are generated.

This dissertation proposes a methodology for the determination of individual vehicle tracking and traffic flow parameters at a signalized intersection. The foundation of this methodology is the determination of traffic parameters using GPS data collection technology. The implementation of this method provides high resolution trajectory determination, which represents a good basis for traffic process analysis and the assessment of basic parameters and their impact on control delay. The obtained results and conclusions differ moderately in certain segments from those obtained and presented by other authors.

The analytical delay model for unsaturated conditions is developed based on the realized research in this dissertation. Total delays in the model are recorded at the microscopic level and represented as delay components in various trip patterns.

The analytical model represents the basis of the method for experimental delay estimation (MEIS). The control delay is determined directly by researching the time trace of each particular vehicle experiencing delays.

The method is implemented and tested at several signalized intersections in Belgrade. The method is proved to be valid for total delay determination in unsaturated conditions. Correspondingly, some of the most important

disadvantages of existing delay estimation methods are eliminated by its implementation

**Keywords:** Traffic process, signalized intersection, control delay, delay estimation methods

**Scientific field:** Road and Urban Transport

**Field of Academic Expertise:** Traffic control and management

**UDC:** 656.1(043.3)

## SADRŽAJ RADA

Spisak tabela.....	I
Spisak slika i grafikona .....	III
<b>1 UVODNA RAZMATRANJA.....</b>	<b>1</b>
1.1 FORMULACIJA PROBLEMA .....	1
1.2 CILJEVI I HIPOTEZE U ISTRAŽIVANJU .....	4
1.3 OČEKIVANI DOPRINOS.....	5
1.4 SADRŽAJ RADA.....	6
<b>2 OSNOVNI PREDMET ISTRAŽIVANJA.....</b>	<b>8</b>
2.1 POJAM, KOMPONENTE I USLOVI NASTAJANJA VREMENSKIH GUBITAKA .....	8
<b>3 NEEKSPERIMENTALNE METODE I MODELI UTVRĐIVANJA VREMENSKIH GUBITAKA-PREGLED LITERATURE .....</b>	<b>13</b>
3.1 ANALITIČKI MODELI VREMENSKIH GUBITAKA .....	13
3.2 WEBSTEROV (WEBSTER) MODEL VREMENSKIH GUBITAKA.....	16
3.2.1 Model uniformnih vremenskih gubitaka .....	16
3.2.2 Model slučajnih vremenskih gubitaka .....	18
3.2.3 Model vremenskih gubitaka za prezasićena stanja.....	19
3.3 AKČELIKOV MODEL VREMENSKIH GUBITAKA .....	23
3.4 MODEL VREMENSKIH GUBITAKA U PRIRUČNIKU „HIGHWAY CAPACITY MANUAL 2000“ (HCM 2000) .....	25
3.5 MODEL VREMENSKIH GUBITAKA U PRIRUČNIKU „HANDBUCH FÜR DIE BEMESSUNG VON STRAßENVERKEHRSANLAGEN 2001“ (HBS2001).....	28
3.6 KANADSKI MODEL UTVRĐIVANJA VREMENSKIH GUBITAKA .....	30
3.7 MODELI UTVRĐIVANJA VREMENSKIH GUBITAKA U SKANDINAVSKIM ZEMLJAMA .....	31
3.8 HOLANDSKI MODEL UTVRĐIVANJA VREMENSKIH GUBITAKA .....	33
3.9 OCENA ANALITIČKIH MODELA .....	35
3.10 KOMPONENTE VREMENSKIH GUBITAKA.....	37
3.10.1 Relacija Reilija i Gardnera.....	41
3.10.2 Akčelikova relacija .....	41
3.10.3 Teplijeva relacija.....	42
3.10.4 Ostale relacije.....	44
3.10.5 Ocena analitičkih relacija .....	45



3.11	MODELI VREMENSKIH GUBITAKA U SIMULACIONIM METODAMA.....	46
3.11.1	Modeli vremenskih gubitaka u makrosimulacionim programima .....	47
3.11.2	Utvrđivanje vremenskih gubitaka u mikrosimulacionim programima .....	49
<b>4</b>	<b>METODE EKSPERIMENTALNOG ISTRAŽIVANJA VREMENSKIH GUBITAKA .....</b>	<b>53</b>
4.1	METODA PLUTAJUĆEG VOZILA .....	54
4.2	METODA PRAĆENJA PUTANJA VOZILA .....	56
4.3	METODA INDIREKTNOG ISTRAŽIVANJA VREMENSKIH GUBITAKA.....	57
4.4	METODA ISTRAŽIVANJA VREMENSKIH GUBITAKA U PRIRUČNIKU HCM 2010..	58
4.5	OCENA AKTUELNIH METODA EKSPERIMENTALNOG ISTRAŽIVANJA VREMENSKIH GUBITAKA.....	60
<b>5</b>	<b>METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA PARAMETARA PROCESA KRETANJA VOZILA .....</b>	<b>63</b>
5.1	PREDMET I CIJ ISTRAŽIVANJA .....	63
5.2	LOKACIJE ISTRAŽIVANJA .....	64
5.3	PERIOD ISTRAŽIVANJA .....	65
5.4	DEFINISANJE POKAZATELJA I NAČIN NJIHOVOG UTVRĐIVANJA .....	66
5.4.1	Osnovni parametri procesa kretanja vozila .....	66
5.4.2	Brzina na prilazu raskrsnici .....	67
5.4.3	Granični uslovi za nastajanje vremenskih gubitaka.....	67
5.4.4	Vremenski gubici u procesu kretanja vozila .....	69
5.5	METODA ISTRAŽIVANJA.....	70
5.6	VELIČINA UZORKA.....	71
5.7	MERNA OPREMA ZA ISTRAŽIVANJA .....	73
5.8	ORGANIZACIJA ISTRAŽIVANJA .....	76
<b>6</b>	<b>ANALIZA I SINTEZA REZULTATA ISTRAŽIVANJA .....</b>	<b>79</b>
6.1	ANALIZA ISPUNJENOSTI METODOLOŠKIH USLOVA U ISTRAŽIVANJU .....	79
6.2	BRZINA NA PRILAZU RASKRSNICI .....	83
6.2.1	Uticaj brzine na vrednost vremenskih gubitaka.....	83
6.3	PROCES USPORENJA I UBRZANJA VOZILA.....	84
6.3.1	Granični uslovi za nastajanje vremenskih gubitaka.....	84
6.3.2	Analiza procesa usporenja.....	91
6.3.3	Analiza procesa ubrzanja .....	98
6.4	VREMENSKI GUBICI ZAUSTAVLJENOG VOZILA.....	111
6.5	ODNOS KOMPONENTI VREMENSKIH GUBITAKA.....	113

6.6	UTICAJA TIPA TRAJEKTORIJE NA UKUPNE VREMENSKE GUBITKE.....	116
6.7	PROSTORNA KOMPONENTA VREMENSKIH GUBITAKA.....	119
7	MEIS METOD .....	122
7.1	KONCEPT METODE.....	122
7.2	METODA ISTRAŽIVANJA.....	125
8	ANALIZA REZULTATA RAZLIČITIH METODA ISTRAŽIVANJA.....	129
9	ZAKLJUČCI I PREPORUKE.....	133
10	SPISAK LITERATURE (PO ABECEDNOM REDU) .....	143
	PRILOG A. SNIMLJENE VREDNOSTI OSNOVNIH PARAMETARA KRETANJA PLUTAJUĆEG VOZILA PO REALIZOVANIM TRAJEKTORIJAMA.....	151
	PRILOG B. BAZA PODATAKA DOBIJENIH PRIMENOM METODE MEIS.....	163

## Spisak tabela

Tabela 3.1 Izrazi za proračun broja neopsluženih vozila u zavisnosti od stepena zasićenja.....	29
Tabela 3.2 Kvalitet realizacije procesa na raskrsnici na osnovu definisanih indikatora.....	33
Tabela 3.3 Prosečni gubici tokom procesa usporenja/ubrzanja .....	43
Tabela 4.1 Vrednosti korektivnog faktora CF.....	59
Tabela 5.1 Set podataka sa GPS prijemnika - forma zapisa RMC.....	74
Tabela 5.2 Primer izvorne forme podataka sa prijemnika .....	74
Tabela 5.3 Osnovni podaci o istraživanjima na raskrsnici „DJ“ .....	78
Tabela 5.4 Osnovni podaci o istraživanjima na raskrsnici „BO“ .....	78
Tabela 6.1 Rezultati $\chi^2$ testa za raskrsnicu „DJ“ .....	80
Tabela 6.2 Rezultati $\chi^2$ testa za raskrsnicu „BO“ .....	80
Tabela 6.3 Vrednosti stepena zasićenja tokom jedinstvenih perioda-Raskrsnica „DJ“ .....	82
Tabela 6.4 Vrednosti stepena zasićenja tokom jedinstvenih perioda-Raskrsnica „BO“ .....	82
Tabela 6.5 Izlazni rezultati analize brzine na prilazu raskrsnici.....	83
Tabela 6.6 Analiza osetljivosti gubitaka u zavisnosti od brzine na prilazu – raskrsnica „DJ“ .....	84
Tabela 6.7 Analiza osetljivosti gubitaka u zavisnosti od brzine na prilazu – raskrsnica „BO“ .....	84
Tabela 6.8 Realizovani ciklusi na raskrsnici „DJ“ .....	86
Tabela 6.9 Realizovani ciklusi na raskrsnici „BO“ .....	86
Tabela 6.10 Realizovani ciklusi na raskrsnici „TB“ .....	87
Tabela 6.11 Kumulativna raspodela verovatnoća vrednosti ubrzanja po ciklusima - Raskrsnica „DJ“ .....	87
Tabela 6.12 Kumulativna raspodela verovatnoća vrednosti ubrzanja po ciklusima - Raskrsnica „BO“ .....	88
Tabela 6.13 Kumulativna raspodela verovatnoća vrednosti ubrzanja po ciklusima - Raskrsnica „TB“ .....	88
Tabela 6.14 Kumulativna raspodela verovatnoća dužina ciklusa-Raskrsnica „DJ“ .....	90
Tabela 6.15 Kumulativna raspodela verovatnoća dužina ciklusa-Raskrsnica „BO“ .....	90
Tabela 6.16 Kumulativna raspodela verovatnoća dužina ciklusa-Raskrsnica „TB“ .....	90
Tabela 6.17 Parametri procesa usporenja u putanjama sa zaustavljanjem – raskrsnica „DJ“ .....	92
Tabela 6.18 Parametri procesa usporenja u putanjama sa zaustavljanjem – raskrsnica „BO“ .....	92
Tabela 6.19 Prosečno usporenje za trajektorije sa zaustavljanjem po fazama realizacije procesa.....	94
Tabela 6.20 Parametri procesa usporenja u putanjama bez zaustavljanja – raskrsnica „DJ“ .....	95
Tabela 6.21 Parametri procesa usporenja u putanjama bez zaustavljanja– raskrsnica „BO“ .....	95
Tabela 6.22 Prosečni gubici u procesu usporenja, po tipovima trajektorija– raskrsnica „DJ“ .....	97
Tabela 6.23 Prosečni gubici u procesu usporenja, po tipovima trajektorija– raskrsnica „BO“ .....	97
Tabela 6.24 Parametri procesa ubrzanja vozila u putanjama sa zaustavljanjem – raskrsnica „DJ“ .....	99
Tabela 6.25 Parametri procesa ubrzanja vozila u putanjama sa zaustavljanjem raskrsnica „BO“ .....	99
Tabela 6.26 Parametri procesa ubrzanja vozila po fazama – raskrsnica „DJ“ .....	100

<i>Tabela 6.27 Parametri procesa ubrzanja vozila po fazama – raskrsnica „BO“ .....</i>	<i>100</i>
<i>Tabela 6.28 Parametri procesa ubrzanja vozila u putanjama bez zaustavljanja – raskrsnica “DJ“ .....</i>	<i>101</i>
<i>Tabela 6.29 Parametri procesa ubrzanja vozila u putanjama bez zaustavljanja – raskrsnica “BO“ ...</i>	<i>101</i>
<i>Tabela 6.30 Prosečni gubici u procesu ubrzanja, po tipovima trajektorija– raskrsnica „DJ“ .....</i>	<i>102</i>
<i>Tabela 6.31 Prosečni gubici u procesu ubrzanja, po tipovima trajektorija– raskrsnica „BO“ .....</i>	<i>102</i>
<i>Tabela 6.32 Prosečni gubici na raskrsnicama po fazama procesa ubrzanja.....</i>	<i>103</i>
<i>Tabela 6.33 Prosečna vrednosti gubitaka zaustavljenog vozila (putanje sa zaustavljanjem).....</i>	<i>113</i>
<i>Tabela 6.34 Ukupni gubici u putanjama sa zaustavljanjem.....</i>	<i>114</i>
<i>Tabela 6.35 Odnos ukupnih i gubitaka zaustavljenog vozila (putanje sa zaustavljanjem).....</i>	<i>114</i>
<i>Tabela 6.36 Odnos ukupnih i gubitaka zaustavljenog vozila (sve putanje) .....</i>	<i>114</i>
<i>Tabela 6.37 Struktura gubitaka sa aspekta ostvarenog trajektorije– raskrsnica „DJ“ .....</i>	<i>116</i>
<i>Tabela 6.38 Struktura gubitaka sa aspekta ostvarenog tipa trajektorije – raskrsnica „BO“ .....</i>	<i>117</i>
<i>Tabela 6.39 Prostorna komponenta gubitaka na raskrsnicama .....</i>	<i>120</i>
<i>Tabela 7.1 Forma izlaznih rezultata.....</i>	<i>127</i>
<i>Tabela 8.1 Repezentne vrednosti upravljačkih i parametara saobraćajnog toka -Raskrsnica „DJ“ .....</i>	<i>129</i>
<i>Tabela 8.2 Repezentne vrednosti upravljačkih i parametara saobraćajnog toka -Raskrsnica „BO“ .....</i>	<i>130</i>
<i>Tabela 8.3 Uporedni prikaz prosečnih gubitaka dobijenih primenom različitih metoda istraživanja</i>	<i>130</i>

## Spisak slika i grafikona

Slika 1.1 Faktori uticaja na efikasnost saobraćajnog procesa (vremenske gubitke) .....	2
Slika 2.1 Osnovni tipovi putanja na raskrsnici i komponente vremenskih gubitaka .....	9
Slika 2.2 Dijagram osnovnih tipova putanja na signalisanoj raskrsnici.....	11
Slika 3.1 Teorijska interpretacija saobraćajnog procesa na signalisanoj raskrsnici .....	14
Slika 3.2 Osnovni teorijski slučajevi realizacije saobraćajnog procesa na signalisanoj raskrsnici.....	15
Slika 3.3 Teorijska interpretacije procesa na signalisanoj raskrsnici .....	17
Slika 3.4 Teorijska interpretacija saobraćajnog procesa u uslovima prezasićenja .....	20
Slika 3.5 Kumulativni proces nailaska i napuštanja raskrsnice u uslovima prezasićenja.....	20
Slika 3.6 Grafička interpretacija primene modela – zavisnost gubitaka od stepena zasićenja.....	22
Slika 3.7 Osnova Akčelikovog modela gubitaka u uslovima prezasićenja.....	23
Slika 3.8 Promene saobraćajnog zahteva po petnaestominutnim intervalima .....	27
Slika 3.9 Promena vrednosti vremenskih gubitaka po tipovima gubitaka .....	27
Slika 3.10 Slučajni vremenski gubici u modelu Capsal 2 .....	32
Slika 3.11 Interpretacija vremenskih gubitaka u uslovima prezasićenja .....	34
Slika 3.12 Teorijska osnova toplijeve relacije .....	42
Slika 5.1 Kritične tačke u putanji sa zaustavljanjem.....	68
Slika 5.2 Osnovna komponenta instrumenta – GPS prijemnik sa vezom ka eksternoj komponenti .....	73
Slika 5.3 Prikaz izabраниh lokacija istraživanja a.)„DJ“b.)„BO“ .....	77
Slika 6.1 Kumulativna raspodele verovatnoća intervala nailaska dva vozila na raskrsnicu „DJ“ .....	81
Slika 6.2 Kumulativna raspodela verovatnoća intervala nailaska dva vozila na raskrsnicu „BO“ .....	81
Slika 6.3 Profili brzina u trajektorijama uslovno ravnomernog kretanja-Raskrsnica „DJ“ .....	85
Slika 6.4 Profili brzina u trajektorijama uslovno ravnomernog kretanja-Raskrsnica „BO“ .....	85
Slika 6.5 Kumulativne raspodele verovatnoća vrednosti ubrzanja po ciklusima – Sve raskrsnice.....	89
Slika 6.6 Raspodela frekvencija trajanja procesa usporenja na raskrsnicama .....	92
Slika 6.7 Promena usporenja tokom procesa – putanje sa zaustavljanjem.....	93
Slika 6.8 Rastur parova vrednosti prosečnog usporenja i brzine na kraju procesa a.) „DJ“ b.) „BO“.	95
Slika 6.9 Promena usporenja tokom procesa – putanje bez zaustavljanja.....	96
Slika 6.10 Promena ubrzanja tokom procesa – putanje sa zaustavljanjem.....	99
Slika 6.11 Promena ubrzanja tokom procesa –putanje bez zaustavljanja .....	101
Slika 6.12 Zavisnosti prosečnog ubrzanja u fazi 2 u odnosu na razliku brzina a.)„DJ“ b.)„BO“ .....	104
Slika 6.13 Zavisnosti gubitaka u odnosu na prosečno ubrzanje tokom faze 2 a.)„DJ“ b.)„BO“ .....	104
Slika 6.14 Zavisnosti prosečnog ubrzanja vozila u odnosu na interval sleđenja a.)„DJ“ b.)„BO“ .....	105
Slika 6.15 Zavisnost prosečnog ubrzanja u fazi 2 u odnosu na poziciju vozila u redu a.)„DJ“ b.)„BO“	106
Slika 6.16 Zavisnost gubitaka u fazi 2 u odnosu na brzinu na prilazu raskrsnici.....	108

<i>Slika 6.17 Zavisnosti gubitaka u fazi 1 u odnosu na poziciju vozila u redu a.)“DJ“ b.)“BO“ .....</i>	<i>109</i>
<i>Slika 6.18 Zavisnosti srednje vrednosti gubitaka u fazi 1 u odnosu na poziciju vozila u redu.....</i>	<i>109</i>
<i>Slika 6.19 Zavisnosti vremena pražnjenja reda do odgovarajuće pozicije i vremena vožnje od odgovarajuće pozicije do linije zaustavljanja a.)“DJ“ b.)“BO“ .....</i>	<i>112</i>
<i>Slika 6.20 Zavisnosti ukupnih i gubitaka zaustavljenog vozila a.)“DJ“ b.)“BO“ .....</i>	<i>115</i>
<i>Slika 6.21 Zavisnosti učešća putanja odgovarajućeg tipa u odnosu na saobraćajni zahtev.....</i>	<i>118</i>
<i>Slika 6.22 Zavisnosti učešća tipova putanja u odnosu parametre rada svetlosnih signala .....</i>	<i>118</i>

## **1 UVODNA RAZMATRANJA**

### **1.1 FORMULACIJA PROBLEMA**

Vremenske gubitke, u najopštijem smislu, možemo definisati kao dodatno utrošeno vreme tokom realizacije saobraćajnog procesa. U upravljanju saobraćajem, vremenski gubici predstavljaju osnovni pokazatelj efikasnosti procesa na signalisanoj raskrsnici. Izbor vremena, kao baznog indikatora, može se objasniti narednim činjenicama:

- Vreme predstavlja univerzalnu veličinu, fenotipski usađenu u svest čoveka, kao osnovne komponente saobraćajnog sistema;
- Vreme je konvertibilna veličina (pogodno je za kvalifikaciju ili kvantifikaciju drugim veličinama).
- Vreme realizacije procesa na signalisanoj raskrsnici (odnosno, aspekt minimizacije dodatno utrošenog vremena) predstavlja osnovni kriterijum u postupku optimizacije rada svetlosnih signala;
- Vreme je najpravednije raspoređen resurs celokupnog čovečanstva; ono je isto na nivou svih saobraćajnih sistema;

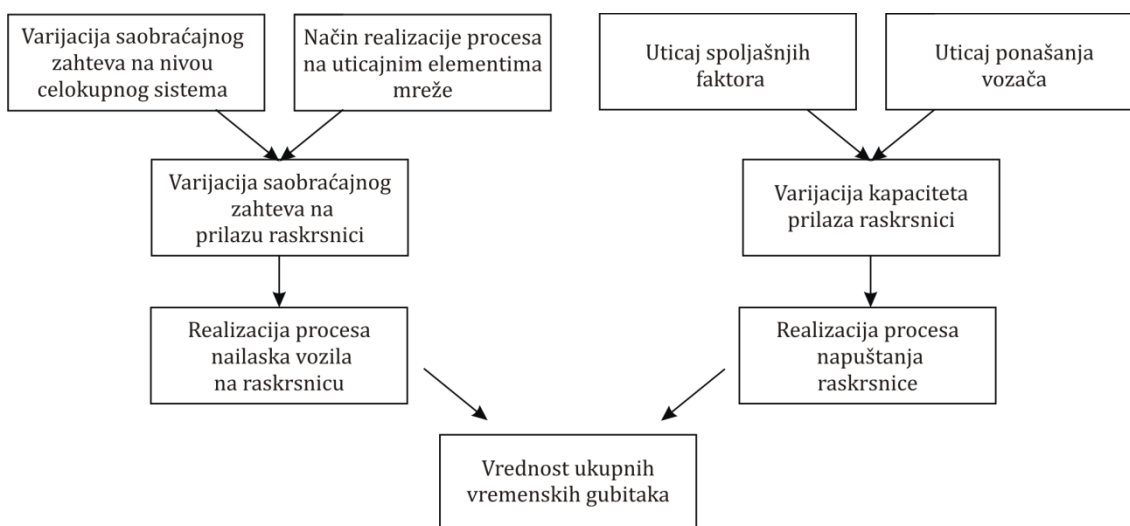
Vremenski gubici su multidisciplinarni indikator. Pored upravljanja saobraćajem, vremenski činioci realizacije putovanja, indirektno se koriste u planiranju i vrednovanju. Vremenski gubici, sadržani kroz formu vremena putovanja, u planiranju saobraćaja, koriste se kao jedan od osnovnih kriterijuma za modeliranje saobraćajnog opterećenja, u postupku dimenzionisanja kapaciteta za zadovoljenje transportnih potreba [34]. Takođe, oni predstavljaju osnovni ulazni parametar u postupak funkcionalnog i ekonomskog vrednovanja primenjenog načina regulisanja i upravljanja saobraćajem [60].

Značaj vremenskih gubitaka u procesu upravljanja na signalisanoj raskrsnici, direktno zavisi od uslova realizacije saobraćajnog procesa. U nezasićenim stanjima (ispod graničnih uslova u realizaciji procesa), način upravljanja, posmatrano sa

aspekta uloge vremenskih gubitaka u optimizaciji rada svetlosnih signala, ima najveći uticaj na efikasnost procesa. Upravljanje sistemom, u uslovima zagušenja, podrazumeva primenu drugojačijih indikatora, kriterijuma optimizacije i strategija upravljanja. [78][81][83].

Odgovor na pitanje o pozitivnoj ili negativnoj konotaciji vremenskih gubitaka u upravljanju, nije izričit. Gubici na signalisanoj raskrsnici predstavljaju očekivanu posledicu, željeni produkt primenjenog načina upravljanja, u onoj meri u kojoj predstavljaju upravljački kontrolisan parametar, odnosno ne ugrožavaju efikasnost realizacije saobraćajnog procesa.

Vrednost vremenskih gubitaka, u uslovima kontantnog načina upravljanja, predstavlja direktan odraz slučajne, dinamičke prirode realizacije dva procesa (proces nailazaka i napuštanja raskrsnice) (Slika 1.1).



Slika 1.1 Faktori uticaja na efikasnost saobraćajnog procesa (vremenske gubitke)

Ostvarivanje osnovnog cilja upravljanja saobraćajem, bazirano je na primeni metoda utvrđivanja vremenskih gubitaka i analizi procesa u kojima dolazi njihovog nastajanja.

Utvrđivanje vrednosti vremenskih gubitaka, bazno se vezuje za primenu neeksperimentalnih metoda (analitičkih i simulacionih).

Osnovna postavka analitičkih modela je da se saobraćajni proces realizuje u tipičnim, merodavnim uslovima stanja i ponašanja elemenata sistema. Struktura modela formirana je na osnovu uprošćene teorijske interpretacije saobraćajnog



procesa. Vrednost gubitaka utvrđuje se indirektno, na osnovu jednostavnih analitičkih relacija između osnovnih parametara procesa. Ulazni parametri modela, pokazatelji stanja procesa, predstavljaju veličine koje su moraju utvrditi istraživanjem. Pokušaj realne interpretacije vremenskih gubitaka, u okviru analitičkih modela, često se ostvaruje primenom heurističkog pristupa (preporučene vrednosti parametara procesa, korektivni faktori -tipičan primer, Vebsterov treći član izraza)

Vremenski gubici na raskrsnici, mogu se utvrditi metodama računarske simulacije. Savremeni mikroskopski simulacioni modeli omogućavaju detaljnu analizu parametara saobraćajnog procesa, na nivou ponašanja svakog pojedinačnog elementa toka. Vrednost vremenski gubitaka utvrđuje se direktno, na osnovu vremenskih parametara kretanja vozila. Pored suštinskog pitanja kvaliteta apstraktne kopije realnog sistema i procesa u njemu, generalni nedostatak metoda simulacije sadržan je u činjenici da modeli generišu samo jedan od mogućih scenarija realizacije saobraćajnog procesa tokom simulacionog postupka.

Metode eksperimentalnog istraživanja, predstavljaju alternativu primeni neeksperimentalnih metoda. Aktuelne metode ovoga tipa, takođe, imaju određene nedostatke, koji se odnose na indirektnost istraživanja osnovnog predmeta, veličinu uzorka u istraživanju, primenjenu tehniku prikupljanja podataka i probleme neposredne primene metoda i sl.

Na osnovu navedenog, generalni problem primene aktuelnih metoda u upravljanju saobraćajem, odnosi se na objektivnost i pouzdanost utvrđenih vrednosti osnovnog parametra procesa.

## **1.2 CILJEVI I HIPOTEZE U ISTRAŽIVANJU**

Osnovni cilj disertacije je formiranje metoda eksperimentalnog istraživanja vremenskih gubitaka na signalisanoj raskrsnici. Istraživanja u okviru rada vođena su narednim, parcijalnim ciljevima:

- Formiranje metodologije istraživanja parametara procesa kretanja vozila u zoni signalisane raskrsnice;
- Utvrđivanje osnovnih parametara procesa kretanja vozila i njihovog uticaja na vremenske gubitke;
- Formiranje analitičkog modela za utvrđivanje vremenskih gubitaka, kao osnove metode njihovog eksperimentalnog istraživanja.

Na osnovu definisanog problema u istraživanju, formirane su osnovne hipoteze.

Polazeći od činjenice da osnovne komponente saobraćajnog sistema (čovjek, vozilo, put i sistem za regulisanje i upravljanje) predstavljaju odraz geografskog prostora u kome se sistem nalazi, formirana je naredna hipoteza:

„Vrednosti osnovnih parametara procesa kretanja vozila i vremenskih gubitaka u pripadajućim procesima, zavise od karakteristika komponenti saobraćajnog sistema “

Osnovna razlika u metodama istraživanja je u načinu utvrđivanja vremenskih gubitaka (eksperimentalno i neeksperimentalno). Značajne razlike postoje i u pristupu predmetu istraživanja u okviru metoda istog tipa. U tom smislu formirana je sledeća hipoteza:

„Vrednost vremenskih gubitaka utvrđena za iste uslovima realizacije saobraćajnog procesa, razlikuje se po primenjenim metodama istraživanja“

Veličina uzorka u istraživanju i tehnika prikupljanja podataka predstavljaju osnovne nedostatke aktuelnih eksperimentalnih metoda. U kontekstu mogućnosti primene savremenih mernih instrumenata, formirana je glavna hipoteza u istraživanju:

„Vrednost prosečnih vremenskih gubitaka moguće je egzaktno eksperimentalno utvrditi, istraživanjem dela procesa kretanja na nivou svakog pojedinačnog vozila“

Istraživanja osnovnog predmeta u okviru teze, ograničena su na:

- individualne izolovane signalisane raskrsnice (analiza procesa u uslovima slučajnog nailaska vozila na raskrsnicu, kao osnovne postavke metoda utvrđivanja vremenskih gubitaka);
- saobraćajne tokove uslovno homogene strukture (eliminacija uticaja strukture toka na realizaciju saobraćajnog procesa)
- proces kretanja vozila bez promene pravca (nastajanje vremenskih gubitaka kao isključive posledice primenjenog načina upravljanja)
- i realizaciju saobraćajnog procesa u nezasićenim stanjima. (stanja saobraćajnog procesa u kojima vremenski gubici predstavljaju osnovni parametar procesa upravljanja)

### **1.3 OČEKIVANI DOPRINOS**

Disertacija prikazuje rezultate naučnog istraživanja saobraćajnog procesa na signalisanoj raskrsnici, sa aspekta različitih metoda i tehnika utvrđivanja vremenskih gubitaka. Rezultati istraživanja i formirani zaključci obezbeđuju osnovu za dalju analitičku, metodološku i praktičnu primenu u domenu saobraćajnog inženjerstva. Kao osnovni doprinosi istraživanja u okviru teze, navedeni su naredni:

- Razvoj analitičkog modela za utvrđivanje vrednosti ukupnih vremenskih gubitaka;
- Formiranje metoda eksperimentalnog istraživanja vremenskih gubitaka, njegova praktična primena i verifikacija;
- Formiranje metodologije istraživanja parametara kretanja vozila u zoni signalisane raskrsnice;
- Usavršavanje postojećih metoda i tehnika istraživanja;
- Formiranje računarskih programa, kao osnove za praktičnu realizaciju primenjenih metoda i tehnika istraživanja;
- Rezultati istraživanja u okviru disertacije, sa više aspekata:
  - Definisana postupka utvrđivanja brzina na prilazu raskrsnici;
  - Definisane postupka za utvrđivanje graničnih vrednosti parametara procesa u kojima dolazi do nastajanja vremenskih gubitaka;

- Utvrđivanje karakteristika procesa kretanja sa vremenskim gubicima;
- Utvrđivanje parametara procesa kretanja na raskrsnici;
- Utvrđivanje uticaja parametara procesa kretanja na ukupne vremenske gubitke;

#### **1.4 SADRŽAJ RADA**

U uvodnom poglavlju prikazana je postavka naučnog problema, određen je predmet istraživanja i izvršeno je formiranje osnovne hipoteze u okviru disertacije. Takođe, navedeni su osnovni ciljevi istraživanja, očekivani naučni doprinos i dat je prikaz sadržaja rada po poglavljima.

Poglavlje 2 prikazuje osnovni predmet istraživanja, kroz definisanje pojma, uzroka nastanka, komponenti i osnovnih tipova vremenskih gubitaka sa aspekta uslova realizacije saobraćajnog procesa.

U trećem delu prikazane su aktuelne neeksperimentalne (analitičke i simulacione) metode i modeli utvrđivanja vremenskih gubitaka. Izvršena je njihova analiza, prikazane su međusobne razlike u pristupu i modelskoj formulaciji i data je ocena modela po pitanju teorijske interpretacije gubitaka i praktične primene. U poslednjem delu poglavlja, dat je prikaz i ocena osnovnih analitičkih relacija između komponenti vremenskih gubitaka.

Poglavlje 4 daje prikaz, analizu i ocenu aktuelnih metoda i tehnika eksperimentalnog istraživanja vremenskih gubitaka. Zaključci u okviru ovoga poglavlja, predstavljaju osnovu za formiranje metodologije osnovnih istraživanja u okviru disertacije.

U poglavlju 5 prikazana je metodologija istraživanja saobraćajnog procesa na signalisanoj raskrsnici. U okviru poglavlja definisan je predmet, osnovni ciljevi i zadaci istraživanja i prikazane su metode utvrđivanja pokazatelja, izbora lokacije i perioda istraživanja, formiranja uzorka i prikupljanja podataka. Formirani merni instrument prikazan je u posebnoj tački. Na kraju poglavlja, prikazan je postupak organizacije istraživanja na odabranim lokacijama.

U poglavlju 6 izvršena je analiza i sinteza rezultata istraživanja. Analizom su obuhvaćeni osnovni parametri procesa kretanja vozila i njihov uticaj na vrednost vremenskih gubitaka. Zaključci ovog poglavlja, predstavljaju osnovu za formiranje analitičkog modela ukupnih vremenskih gubitaka.

U sedmom poglavlju je detaljno prikazan postupak izvođenja analitičkog modela za utvrđivanje vremenskih gubitaka. Formirana metoda i tehnika istraživanja ukupnih gubitaka, bazirana na prikazanom modelu, data je u narednom delu poglavlja.

U osmom poglavlju izvršeno je praktična primena formirane metode eksperimentalnog istraživanja i sproveden je postupak upoređivanja vrednosti gubitaka, dobijenih primenom različitih objektivnih metoda istraživanja, u istim uslovima realizacije saobraćajnog procesa.

Poglavlje 9 navodi zaključke disertacije i definiše pravce daljeg istraživanja.

## **2 OSNOVNI PREDMET ISTRAŽIVANJA**

### **2.1 POJAM, KOMPONENTE I USLOVI NASTAJANJA VREMENSKIH GUBITAKA**

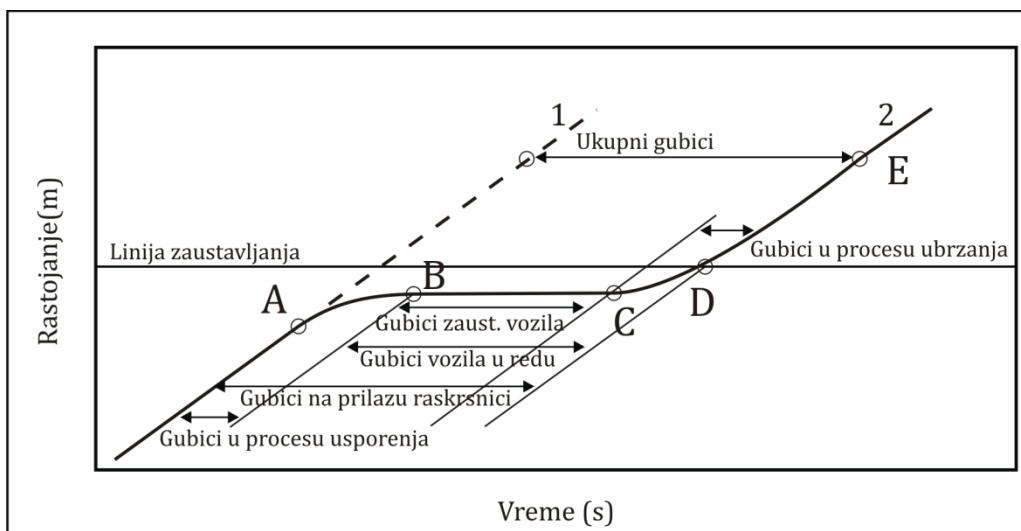
Vremenski gubitak pojedinačnog vozila (multipliciran sa brojem osoba u vozilu), u zoni signalisane raskrsnice, definisan je razlikom vremena realizacije „idealne“ (trajektorije bez vremenskih gubitaka) i realno ostvarene trajektorije vozila u konkretnim uslovima.

Pojam „vremenski gubitak“ ravnopravno se koristi, nezavisno od nivoa posmatranja procesa njihovog nastajanja (mikro ili makro). U tom smislu, on se može odnositi na gubitak pojedinačnog vozila, odnosno na gubitke celokupnog saobraćajnog toka. Terminološki, u okviru disertacije, pojam „ukupni vremenski gubitak“ (sa ili bez epiteta, ukupni, odnosno, vremenski) koristi se isključivo za opisivanje ukupnih vremenskih gubitaka pojedinačnog vozila, ukoliko taksativno nije drugojačije navedeno u okviru konkretnog razmatranja.

Nastajanje vremenskih gubitaka posledica je primenjenog načina regulisanja i upravljanja, preovlađujućih uslova u saobraćajnom toku i geometrije raskrsnice. Osnovni uzrok nastajanja gubitaka je u prirodi primenjenog načina upravljanja. Vremenska preraspodela prava korišćenja površine raskrsnice, dovodi do pojave vremenskih gubitaka, tokom perioda vremena kada nije omogućen prolazak raskrsnicom. Gubici u uslovima konstantnog načina upravljanja (fiksni parametri rada signala), isključivo zavise od preovlađujućih uslova na prilazu raskrsnici. Uslovi na prilazu, odraz su stanja saobraćajnog toka (izraženog vrednošću parametra, stepen zasićenja), koji direktno zavise od saobraćajnog zahteva. Geometrija raskrsnice ima najmanji, ali ne i zanemariv uticaj na vrednost vremenskih gubitaka (pod uticajem geometrije, prvenstveno se misli na horizontalnu defleksiju putanje kretanja vozila).

U postupku definisanja pojma vremenskih gubitaka polazimo od realizacija dva osnovna tipa putanja na signalisanoj raskrsnici. Primenjeni opis trajektorija,

odnosi se na vozila koja pri prolasku raskrsnice ne menjaju svoj pravac kretanja (traka pravo) i nije pogodan za opis trajektorija vozila u skretanju ili vozila u mešovitim trakama.



Slika 2.1 Osnovni tipovi putanja na raskrsnici i komponente vremenskih gubitaka

Putanja 1 predstavlja „idealnu putanju“, odnosno, sa aspekta gubitaka, putanju bez vremenskih gubitaka. Prema teorijskog postavci, putanja ovog tipa, realizuje se u hipotetičkim uslovima ne postojanja uticaja primenjenog načina upravljanja i interakcije između elemenata saobraćajnog toka.

Putanja 2 prikazuje profil kretanja pojedinačnog vozila u kome postoji isključiv uticaj primenjenog načina upravljanja. Vrednost ukupnih vremenskih gubitaka razliku vremena u kojoj formirane putanje dostižu istu presečnu tačku, na izlaznom kraku raskrsnice (tačka izlaska iz gravitacionog uticaja raskrsnice).

Karakteristične tačke u realizaciji putanje 2, predstavljaju ključne tačke u postupku definisanja komponenti vremenskih gubitaka.

- Tačka A - prostorno i vremenski definisana tačka u kojoj putanja vozila počinje da odstupa od „idealne putanje“ (započinjanje procesa usporavanja vozila). Ova tačka se može samo jedanput pojaviti u procesu realizacije trajektorije (svojevrсна, jedinstvenost trenutka nastajanja vremenskih gubitaka);
- Tačka B, karakteriše završetak procesa usporavanja vozila. Ukoliko nije došlo do zaustavljanja vozila, u nekom generalnom posmatranju, pozicije tačka B

i C se poklapaju. Prelazak iz procesa usporenja u proces ubrzanja može se ponoviti više puta u okviru realizacije pojedinačne trajektorije;

- Tačka C predstavlja trenutak započinjanja procesa ubrzanja. Ona se, kao i tačka B, može više puta ponoviti tokom analiziranog procesa;
- Tačka D prostorno je definisana kao jedinstvena tačka/presek, u kojoj vozilo prolazi liniju zaustavljanja;
- Tačka E predstavlja tačku u kojoj se završava proces ubrzanja, odnosno u kojoj dolazi do povratka na idealnu trajektoriju.

Na osnovu analize karakterističnih tačaka u trajektoriji vozila, može se definisati nekoliko različitih komponenti vremenskih gubitaka:

- Vremenski gubici koji nastaju kao posledica procesa ubrzanja/usporenja vozila (acceleration/deceleration delay). Ova komponenta gubitaka nastaje na segmentima trajektorije vozila, između tačaka A i B, odnosno C i D. Vrednost gubitaka definisana je razlikom vremena realizacije idealne trajektorije i trajektorije koja sadrži komponentu ubrzanja/usporenja;
- Vremenski gubici na prilazu raskrsnici (approach delay); razlika vremena realizacije idealne putanje i putanje sa gubicima, od trenutaka nastanka gubitaka (tačka A) do prolaska linije zaustavljanja (tačka E);
- Vremenski gubici zaustavljenog vozila (stopped delay); vremenski period u kome se vozilo nalazi u stanju mirovanja, odnosno predstavlja deo formiranog reda (tačke C i B);
- Vremenski gubici vozila u redu (time in queue delay): period vremena od trenutka zaustavljanja vozila u redu (tačka B), do prolaska linije zaustavljanja (tačka D).
- Ukupni gubici, upravljački gubici (total, control delay), predstavljaju razliku vremena realizacije realne i idealne putanje (ostvaruju se trenutka odstupanja od idealne trajektorije (tačka A), do uslovnog, vremenski pomerenog, povratka na istu (tačka E)).

U teorijskim i praktičnim analizama, ukupni vremenski gubici, se u strukturalnom smislu, najčešće posmatraju sa aspekta realizacija komponenti kretanja vozila u kojima dolazi do njihovog nastajanja. Proces kretanja vozila u zoni signalisane



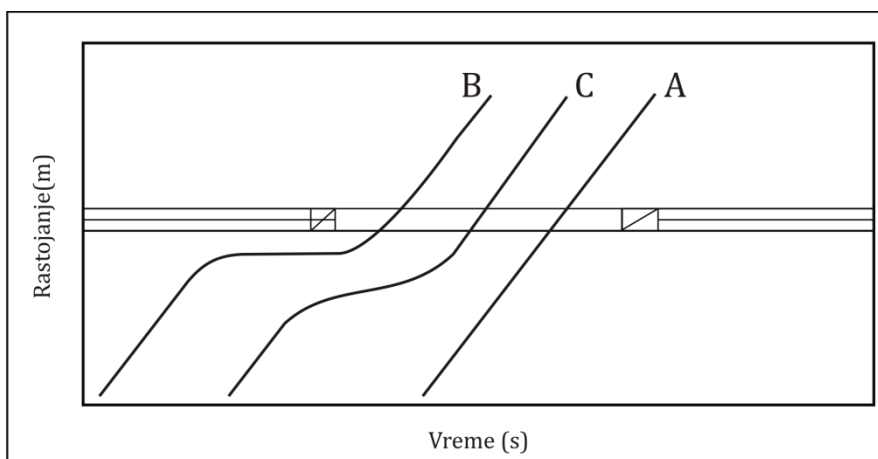
raskrsnice predstavlja sukcesivnu realizaciju tri različita, jasno razdvojena procesa, u kojima se ostvaruju pripadajuće komponente gubitaka:

- Vremenski gubici u procesu usporenja vozila;
- Vremenski gubici zaustavljenog vozila;
- Vremenski gubici u procesu ubrzanja.

Uslovi u saobraćajnom toku na prilazu raskrsnici, kao faktor nastanka gubitaka, okarakterisani su sa tri osnovna stanja realizacije:

- nezasićena stanja;
- zasićena stanja;
- prezasićena stanja ili stanja zagušenja.

Sušтина pomenutih stanja i njihov uticaj na gubitke, može se objasniti korišćenjem uprošćenog prikaza realizacije saobraćajnog procesa, ilustrovanog na narednom dijagramu (Slika 2.2). Trajektorija označena sa (A) opisuje kretanje vozila bez vremenskih gubitaka. Trajektorija (B) prikazuje kretanje vozila sa vremenskim gubitkom nastalim kao posledica zaustavljanja vozila, dok trajektorija označena sa (C), kretanje vozila koje je u zoni raskrsnice promenilo brzinu, ali se nije zaustavilo.



*Slika 2.2 Dijagram osnovnih tipova putanja na signalisanoj raskrsnici*

Nezasićena stanja na signalisanoj raskrsnici se mogu okarakterisati realizacijom sva tri tipa trajektorija, u nekoj slučajnoj kombinaciji. Verovatnoća pojave odgovarajućeg tipa trajektorije zavisi od trenutka njene realizacije u odnosu na period rada svetlosnih signala. Zasićena stanja karakteriše isključiva realizacija trajektorija tipa (B). Time je definisan osnovni uslov nastanka zasićenja - svako vozilo na prilazu raskrsnici mora imati neki vremenski gubitak.

Stanja zagušenja praćena su realizacijom trajektorija tipa (B) i trajektorija koje ne pripadaju osnovnim tipovima (trajektorije cikličnog ponavljanja odgovarajućih komponenti gubitaka). Udeo trajektorija ovog tipa, isključivo zavisi od dostignute vrednosti stepena zasićenja.

Stanje realizacije saobraćajnog procesa, pored uticaja na strukturu realizovanih tipova trajektorija, direktno utiče i na način nailaska vozila na prilaz raskrsnici. Način ili tip nailaska vozila na raskrsnicu, definisan je kao dominantna raspodela trenutaka nailaska vozila u odnosu na aktuelno stanje svetlosnih signala. Vrednost ukupnih vremenskih gubitaka, sa tog aspekta, predstavlja kumulantu vrednosti gubitaka koji se indirektno vezuju, odnosno koji sadrže (u smislu kvantuma) uticaj odgovarajućeg tipa nailaska vozila. U teorijskim interpretacijama procesa nastajanja gubitaka, sa aspekta uslova u saobraćajnom toku i posledične realizacije procesa nailaska vozila, razlikujemo tri tipa vremenskih gubitaka:

- Uniformni gubici (gubici koji nastaju kao posledica ravnomernog nailaska vozila na raskrsnicu) – bazni tip vremenskih gubitaka, čije je nastajanje vezano za teorijsku pretpostavku ravnomernog nailaska vozila u uslovima realizacije nezasićenih stanja;
- Slučajni gubici – nadgradnja uniformnim gubicima, kao posledica realne prirode procesa nailaska vozila, u uslovima realizacije saobraćajnog procesa do granica stanja zasićenja;
- Gubici koji nastaju kao posledica pojave stanja prezasićenja (overflow delay) – nadgradnja na prethodne dve komponente, direktna posledica realizacije saobraćajnog procesa u pomenutim uslovima.

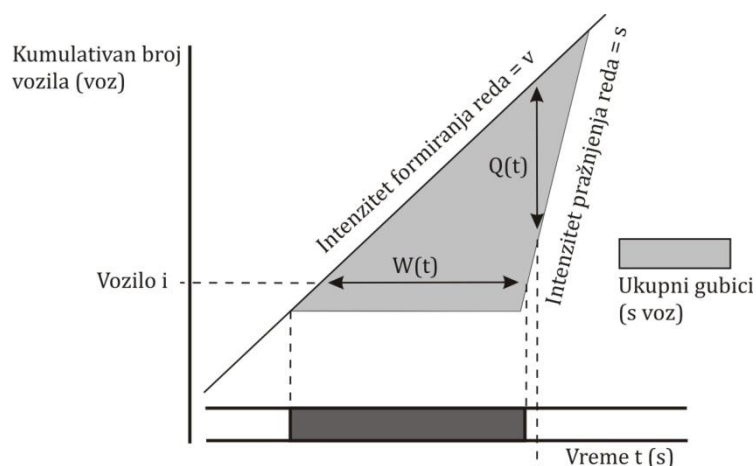
### **3 NEEKSPERIMENTALNE METODE I MODELI UTVRĐIVANJA VREMENSKIH GUBITAKA-PREGLED LITERATURE**

Koncept neeksperimentalnih metoda i modela utvrđivanja vremenskih gubitaka na signalisanim raskrsnicama, zavisi od sistema upravljanja u kojima se primenjuju. U tom smislu, razlikujemo modele vremenskih gubitaka u sistemima zonskog, koridorskog ili upravljanja na individualnoj raskrsnici. Takođe, razlike u modelima posledica su primenjenog načina upravljanja sistemom (fiksni ili adaptibilni). Pored suštinskih razlika u području primene, modeli se prema pristupu u postupku formiranja, mogu podeliti na:

- Statičke i dinamičke (zavisno od polazne pretpostavke o stacionarnosti procesa);
- Makroskopske, mezoskopske i mikroskopske (zavisno od nivoa detaljnosti ulaznih i izlaznih veličina);
- Stohastičke (probabilističke) i determinističke (zavisno od primenjene tehnike modeliranja);
- Analitičke i simulacione (u zavisnosti od načina opisivanja veze između ulaznih i izlaznih veličina).

#### **3.1 ANALITIČKI MODELI VREMENSKIH GUBITAKA**

Osnova za formiranje analitičkih modela bazirana je na teorijskoj interpretaciji saobraćajnog procesa na signalisanoj raskrsnici. Na osnovnom dijagramu (Slika 3.1) prikazan je kumulativni proces formiranja i rasformiranja reda u karakterističnim periodima rada svetlosnih signala.



Slika 3.1 Teorijska interpretacija saobraćajnog procesa na signalisanoj raskrsnici (Izvor:[56])

Teorijska postavka procesa, se zasniva na narednim pretpostavkama:

- Ravnomernost procesa nailaska vozila na raskrsnicu (interval između nailaska dva vozila je konstantan tokom perioda posmatranja);
- Ravnomernost procesa napuštanja raskrsnice (formirani red se prazni konstantnim intenzitetom zasićenog saobraćajnog toka);
- Formirani red se u potpunosti opslužuje tokom pripadajućeg zelenog vremena;

Analizom procesa opsluživanja vozila na signalisanoj raskrsnici (Slika 3.1), uočavaju se tri osnovna pokazatelja:

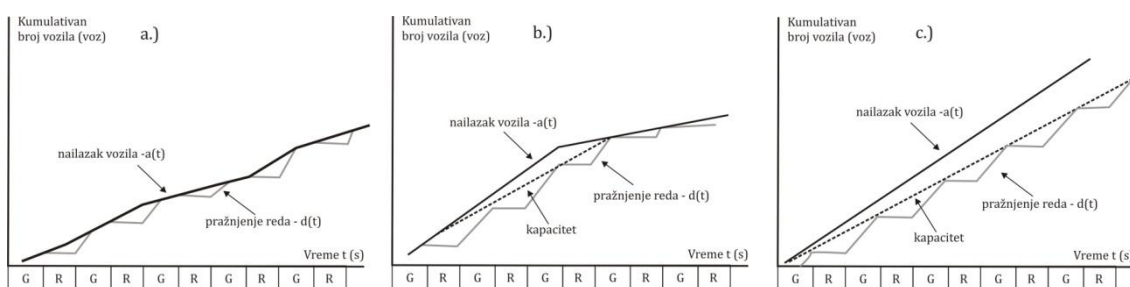
- Ukupno vreme koje pojedinačno vozilo provede u redu, kao razlika vremena između trenutka nailaska i napuštanja;
- Ukupan broj vozila u redu - razlika između kumulativnih krivih nailaska i napuštanja raskrsnice u definisanom trenutku vremena;
- Suma vremenskih gubitaka za sva vozila - površina koju formiraju kumulativne krive nailaska i napuštanja raskrsnice.

U odnosu na realan saobraćajni proces, postavka opisanog modela ima dva osnovna pojednostavljenja:

- Ravnomernost ulaznog potoka vozila;
- Posmatranje reda kao tačkaste formacije (odsustvo prostorne komponente).

Nailazak vozila na individualnu, izolovanu signalisanu raskrsnicu, u realnosti, predstavlja slučajan događaj. Vrednost vremenskog intervala između nailaska vozila može biti konstantna tokom perioda posmatranja, uz značajne varijacije pojedinačnih realizacija oko uspostavljene srednje vrednosti.

Na narednoj slici (Slika 3.2) prikazani su dijagrami koji opisuju tri osnovna slučaja realizacije procesa. Period posmatranja je proširen na veći broj ciklusa. Veličina ulaznog potoka vozila varira tokom vremena, dok je intenzitet izlaznog potoka konstantan tokom perioda posmatranja.



Slika 3.2 Osnovni teorijski slučajevi realizacije saobraćajnog procesa na signalisanoj raskrsnici (Izvor:[56])

Slika 3.2 a.) prikazuje stabilan proces formiranja i pražnjenja reda. Stabilnost procesa, odnosi se na činjenicu da u svakom ciklusu dolazi do potpunog pražnjenja formiranog reda. Takva stanja realizacije procesa nazivaju se nezasićenim. Ukupna vrednost vremenskih gubitaka jednaka je zbiru površina trouglova koje formiraju kumulativne krive nailaska i napuštanja raskrsnice. Vremenski gubici koji nastaju u ovakvim stanjima, nazivaju se uniformni ili ravnomerni gubici.

Na narednom dijagramu (Slika 3.2 b.) prikazana je situacija u kojoj je realizacija procesa u pojedinačnim ciklusima, ili nizu pojedinačnih ciklusa, takva da ne dolazi do potpunog opsluživanja formiranog reda vozila. Na nivou ukupnog perioda posmatranja aktuelan saobraćajni zahtev je u potpunosti opslužen. Gubici koji nastaju kao posledica trenutnih, kratkoročnih debalansa saobraćajnog zahteva i kapaciteta, nazivaju se slučajnim gubicima. Vrednost ovih gubitaka može se utvrditi geometrijski, kao površina (odnosno zbir površina) između krive nailaska vozila i krive kapaciteta.

Na poslednjem dijagramu (Slika 3.2 c.), prikazan je scenario realizacije saobraćajnog procesa uslovima prezasićenja. Tokom čitavog perioda posmatranja procesa, saobraćajni zahtev je veći od kapaciteta raskrsnice. Na nivou posmatranja u okviru pojedinačnih ciklusa, broj neopsluženih vozila i dužina reda sukcesivno raste do kraja perioda analize. Gubici koji nastaju kao posledica konstantne pojave prezasićenih stanja, izvorno se nazivaju „overflow delay“ (gubici usled prezasićenja). Vrednost ovog tipa gubitaka, isključivo zavisi od dužine perioda realizacije prezasićenih stanja.

U narednom delu detaljno su prikazani, sa aspekta primene i citiranosti u stručnoj literaturi, najznačajniji analitički modeli utvrđivanja vremenskih gubitaka na signalisanoj raskrsnici.

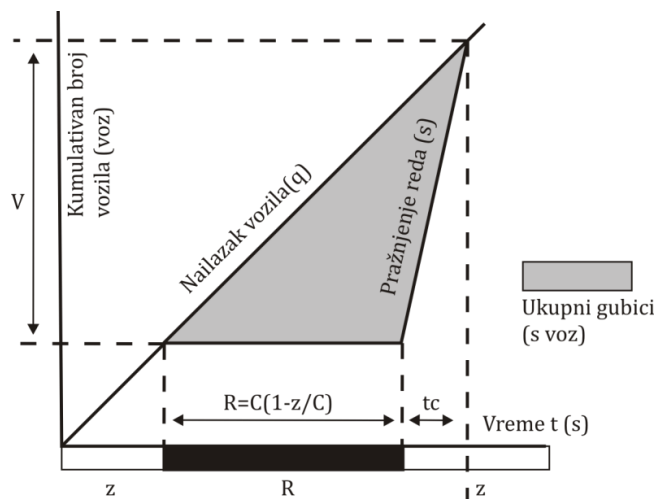
### **3.2 WEBSTEROV (WEBSTER) MODEL VREMENSKIH GUBITAKA**

Websterov model (Webster, 1958) predstavlja prvu praktično primenjivu, analitičku formulaciju vremenskih gubitaka. Model je nastao kao kombinacija teorijski uspostavljenih relacija i rezultata eksperimentalnih istraživanja.

U narednom delu, model je detaljno prikazan po segmentima odgovarajućih tipova vremenskih gubitaka.

#### **3.2.1 Model uniformnih vremenskih gubitaka**

Osnova modela uniformnih gubitaka bazirana je na teorijskoj interpretaciji realizacije saobraćajnog procesa tokom pojedinačnog ciklusa (Slika 3.3), uz pretpostavku stabilne realizacije procesa i ravnomernog nailaska vozila na raskrsnicu.



Slika 3.3 Teorijska interpretacije procesa na signalisanoj raskrsnici (Izvor:[84])

Ukupna vrednost uniformnih gubitaka, za sva vozila tokom posmatranog ciklusa, jednaka je površini formiranog trougla:

$$UD = \frac{1}{2} \cdot r \cdot N \quad (3-1)$$

UD - ukupni uniformni vremenski gubici (s voz)

r - dužina trajanja efektivnog crvenog (s)

N - ukupan broj vozila u redu (voz)

Dužina efektivnog crvenog vremena može se izraziti preko dužine ciklusa i trajanja efektivnog zelenog vremena.

$$r = C \cdot \left(1 - \frac{z}{C}\right) \quad (3-2)$$

z - dužina trajanja efektivnog zelenog vremena (s)

C - dužina trajanja ciklusa (s)

Visina formiranog trougla predstavlja ukupan broj vozila u redu. Broj vozila u redu jednak je zbiru broja vozila koja pristupaju redu tokom trajanja efektivnog crvenog vremena i vozila koja se priključuju redu, tokom dela efektivnog zelenog vremena u kome traje proces pražnjenja reda (period  $t_c$ ). Poštujući uslov stabilnosti procesa (osnovna pretpostavka modela uniformnih gubitaka), formirani red mora da se u opsluži tokom vremena  $t_c$ . Ovo vreme mora biti manje ili u graničnom slučaju jednako dužini trajanja efektivnog zelenog vremena.

$$q \cdot (r + t_c) = s \cdot t_c \quad (3-3)$$

$$t_c = \frac{r}{\frac{s}{q} - 1} \quad (3-4)$$

q – intenzitet nailaska vozila (voz/s)

s – intenzitet praznjena reda (voz/s)

Ukupan broj vozila u redu tokom pojedinačnog ciklusa, dat je narednim izrazom:

$$N = q \cdot (r + t_c) = q \cdot \left( r + \frac{r}{\frac{s}{q} - 1} \right) = r \cdot \left( \frac{q \cdot s}{s - q} \right) = C \cdot \left( 1 - \frac{z}{C} \right) \cdot \left( \frac{q \cdot s}{s - q} \right) \quad (3-5)$$

Ukupna vrednost uniformnih vremenskih gubitaka tokom ciklusa jednaka je:

$$UD = \frac{1}{2} \cdot r \cdot N = \frac{1}{2} \cdot C^2 \cdot \left( 1 - \frac{z}{C} \right)^2 \cdot \left( \frac{q \cdot s}{s - q} \right) \quad (\text{voz s}) \quad (3-6)$$

Prosečna vrednost uniformnih gubitaka, predstavlja količnik ukupnih gubitaka i broja vozila koja su se pojavila na prilazu raskrsnice tokom trajanja ciklusa.

$$d_{UN} = \frac{1}{2} \cdot C \cdot \frac{\left( 1 - \frac{z}{C} \right)^2}{\left( 1 - \frac{q}{s} \right)} \quad (s/\text{voz}) \quad (3-7)$$

Kada se vrednost zasićenog saobraćajnog toka izrazi u funkciji kapaciteta, izraz (3-7) dobija svoju prepoznatljivu formu:

$$d_{UN} = \frac{0.5 \cdot C \cdot \left( 1 - \frac{z}{C} \right)^2}{1 - \frac{z}{C} \cdot X} \quad (s/\text{voz}) \quad (3-8)$$

$d_{UN}$  - prosečni uniformni vremenski gubici po vozilu (s/voz)

C - dužina trajanja ciklusa (s)

z - dužina trajanja efektivnog zelenog vremena (s)

X - stepen zasićenja, odnosno odnos zahteva u broju nailazećih vozila i kapaciteta (-)

Ograničenje primene modela posledica je teorijske postavke o stabilnosti procesa (realizacija procesa u nezasićenim stanjima). Model uniformnih vremenskih gubitaka je primenjiv za vrednosti stepena zasićenja manje od jedinice.

### 3.2.2 Model slučajnih vremenskih gubitaka

Vebsterov model uniformnih vremenskih gubitaka (poglavlje 3.2.1) baziran je na pretpostavci ravnomernog nailaska vozila na raskrsnicu u uslovima nezasićenih stanja. U realnim uslovima, mogu se pojaviti ciklusi u kojima se formirani red ne isprazni tokom trajanja zelenog vremena. Ovakva realizacija procesa nastaje kao



posledica slučajne, u konkretnom slučaju „loše“, raspodele nailaska vozila u odnosu na vremenski raspored promena signalnih pojmova. U genezi modela slučajnih gubitaka, pretpostavlja se da nailazak vozila (vremenski interval između nailaska vozila), ima Poasonovu raspodelu verovatnoća, sa konstantnom prosečnom vrednosti intenziteta tokom perioda posmatranja. Vrednost slučajnih vremenskih gubitaka utvrđuje se narednom izrazom:

$$d_{RD} = \frac{X^2}{2 \cdot q \cdot (1 - X)} \text{ (s/voz)} \quad (3-9)$$

$d_{RD}$  (Random delay) - prosečni slučajni vremenski gubici po vozilu (s/voz)

q-intenzitet nailaska vozila na raskrsnicu (voz/s)

X-vrednost stepena zasićenja (-)

Ukupna vrednost prosečnih gubitaka na prilazu signalisanoj raskrsnici, u nezasićenim stanjima, predstavlja sumu uniformnih (3-8) i slučajnih gubitaka (3-9). Treći član izraza je faktor korekcije. Analitička forma ovog člana, ustanovljena je na osnovu poređenja vrednosti gubitaka koji se dobijaju u teorijskoj interpretaciji procesa, sa realnim vrednostima utvrđenih istraživanjem.

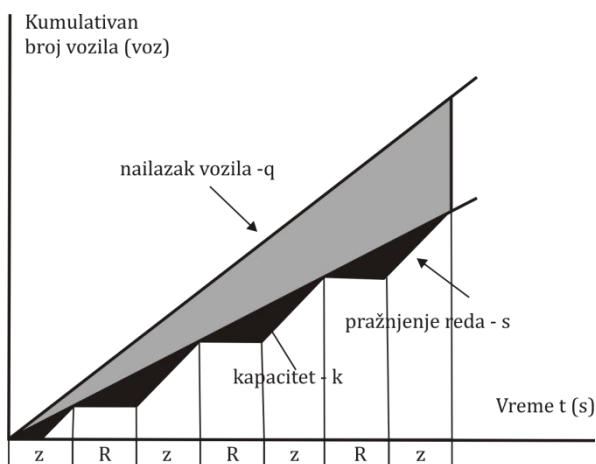
$$d = \frac{0.5 \cdot C \cdot \left(1 - \frac{Z}{C}\right)^2}{1 - \frac{Z}{C} \cdot X} + \frac{X^2}{2 \cdot q \cdot (1 - X)} - 0.65 \cdot \left(\frac{C}{q^2}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot X^{2+5\left(\frac{Z}{C}\right)} \left(\frac{s}{voz}\right) \quad (3-10)$$

Kvantifikacijom uticaja trećeg člana na vrednosti izraza (10%), konačna forma Vebsterovog izraza glasi:

$$d = 0.9 \cdot \left[ \frac{0.5 \cdot C \cdot \left(1 - \frac{Z}{C}\right)^2}{1 - \frac{Z}{C} \cdot X} + \frac{X^2}{2 \cdot q \cdot (1 - X)} \right] \text{ (s/voz)} \quad (3-11)$$

### **3.2.3 Model vremenskih gubitaka za prezasićena stanja**

Prezasićenje (zagušenje) predstavlja stanje saobraćajnog toka, u kome je saobraćajni zahtev, posmatrano u dužem vremenskom periodu, veći od kapaciteta raskrsnice. Na dijagramu (Slika 3.4) je prikazana realizacija saobraćajnog procesa na raskrsnici u uslovima prezasićenja. Kao i u prethodnim teorijskim razmatranjima, pretpostavljena je ravnomerna raspodela nailaska i napuštanja raskrsnice.

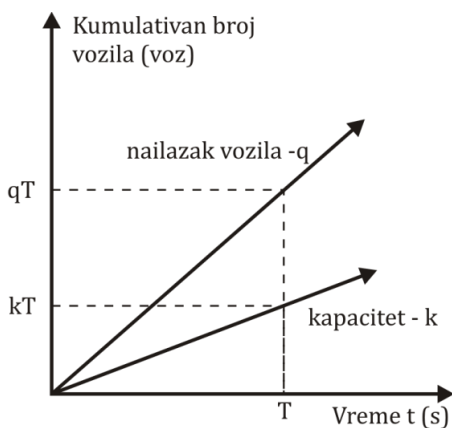


Slika 3.4 Teorijska interpretacija saobraćajnog procesa u uslovima prezasićenja (Izvor:[56])

Ukupni vremenski gubici nastaju kao realizacija dva tipa gubitaka: uniformnih (formirani trouglovi između krive procesa pražnjenja reda i krive kapaciteta) i gubitaka usled prezasićenja. (serija trouglova između krive kapaciteta i krive koja opisuje proces nailaska vozila). Slučajni vremenski gubici, postaju sastavni deo gubitaka usled prezasićenja. U pretpostavljenim uslovima (stepen zasićenja,  $X > 1$ ), uniformni vremenski gubici dostižu svoju maksimalnu vrednost (granični slučaj  $X=1$ ), tako da izraz (3-8) postaje:

$$d_{UN} = 0.5 \cdot C \cdot \left(1 - \frac{z}{C}\right) (s/voz) \quad (3-12)$$

Vrednost gubitaka usled prezasićenja, utvrđuje na osnovu teorijskog dijagrama kumulativnog nailaska vozila i napuštanja reda tokom perioda posmatranja, za pretpostavljene uslove (Slika 3.5).



Slika 3.5 Kumulativni proces nailaska i napuštanja raskrsnice u uslovima prezasićenja (Izvor: [56])

Ukupna i prosečna vrednost ovih gubitaka se može opisati narednim relacijama:

$$OD = \frac{1}{2} \cdot T \cdot (q \cdot T - k \cdot T) = \frac{1}{2} \cdot T^2 \cdot (q - k) \quad (\text{voz s}) \quad (3-13)$$

$$d_{OD} = \frac{T}{2} \cdot (X - 1) \quad (\text{s/voz}) \quad (3-14)$$

OD - ukupni vremenski gubici usled prezasićenja (s voz)

$d_{OD}$  - prosečni vremenski gubici usled prezasićenja (s/voz)

T - dužina perioda posmatranja (s)

k - kapacitet prilaza raskrsnici (voz/s)

q - intenzitet nailaska vozila (voz/s)

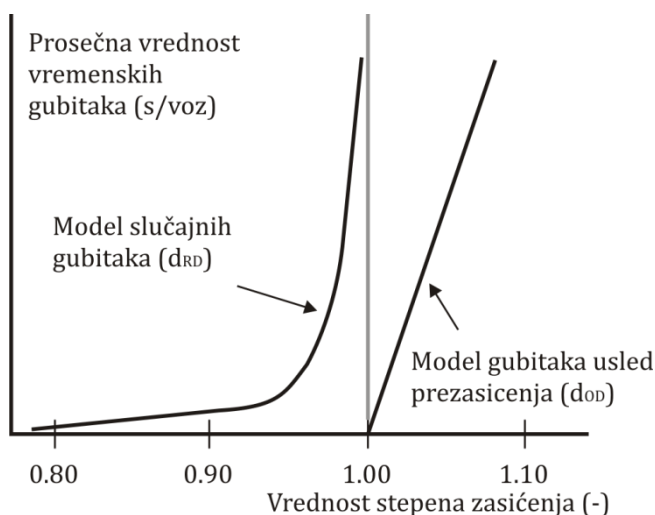
Na osnovu formiranih relacija (3-14) može se zaključiti da vrednost gubitaka usled prezasićenja, isključivo zavisi od dužine trajanja procesa u pretpostavljenim uslovima. Prosečna vrednost ovog tipa gubitaka dobija se kao aritmetička sredina gubitaka svih vozila tokom perioda posmatranja. Modelom nije obuhvaćen deo gubitaka neopsluženih vozila, od završetka perioda T do realnog trenutka napuštanja raskrsnice.

Ukupni gubici u uslovima prezasićenja dati su kao suma vrednosti uniformnih i gubitaka usled prezasićenja.

$$d = 0.5 \cdot C \cdot \left(1 - \frac{z}{C}\right) + \frac{T}{2} \cdot (X - 1) \quad (\text{s/voz}) \quad (3-15)$$

Kao posledica modelskog pristupa opisivanju realnog procesa nailaska i napuštanja raskrsnice i prirode ponašanja reda, analizirani tipovi vremenskih gubitaka (uniformni, slučajni i gubici usled prezasićenja), se u analitičkim modelima opisuju relativno jednostavnim matematičkim izrazima.

U narednom delu, navedene su posledice direktne primene analitičkih modela u analizi realnih procesa.



Slika 3.6 Grafička interpretacija primene modela – zavisnost gubitaka od stepena zasićenja (Izvor: [56])

Na dijagramu (Slika 3.6) su, sa aspekta vrednosti stepena zasićenja, prikazane zone primene određenog modela utvrđivanja vremenskih gubitaka.

Za vrednost stepena zasićenja manji od jedinice, vrednost vremenskih gubitaka se utvrđuje modelom gubitaka za nezasićena stanja (3-11). Drugi član izraza (Vebsterov model slučajnih gubitaka) u imeniocu sadrži izraz  $1-X$ , što praktično znači, da se kriva vrednosti gubitaka porastom vrednosti stepena zasićenja, asimptotski približava liniji  $X=1$ , odnosno utvrđena vrednost vremenskih gubitaka teži beskonačnosti. Za vrednosti stepena zasićenja veće od jedinice, primenjuje se model proračuna gubitaka koji nastaju kao posledica prezasićenja (3-15). Vrednost gubitaka usled prezasićenja (drugi član izraza) konstantno raste porastom vrednosti stepena zasićenja, od nulte početne vrednosti (slučaj  $X=1$ ).

U modelskom pristupu utvrđivanju vremenskih gubitaka, postoji nekoliko spornih činjenica:

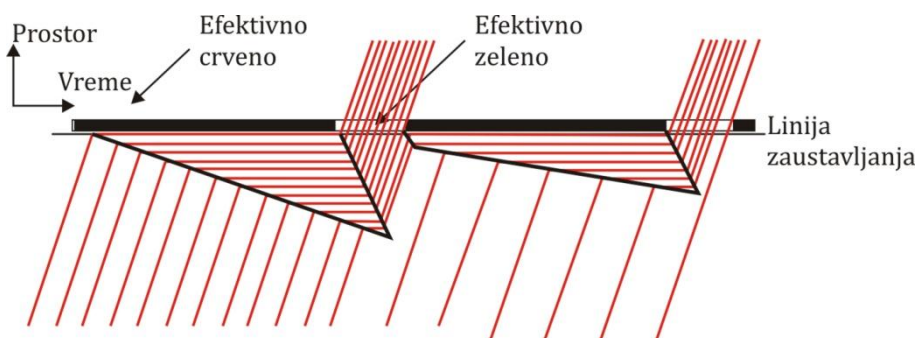
- Vrednost slučajnih vremenskih gubitaka nije beskonačna, ili, bolje rečeno, ne teži beskonačnosti u situaciji kada je stepen zasićenja blizak ili jednak jedinici;
- Ne postoji realno zagušenje u situaciji  $X=1$ , (dešava se da u određenim ciklusima usled slučajnog nailaska vozila ne dolazi do potpunog pražnjenja reda);

- Model gubitaka usled prezasićenja je nerealan sa aspekta činjenice da je vrednost ovih gubitaka u graničnom slučaju ( $X=1$ ) jednaka nuli. Vremenski gubici koji nastaju kao posledica neopsluživanja svih vozila tokom ciklusa, a koji su posledica slučajnog nailaska vozila, nisu obuhvaćeni modelom.

U smislu praktične primene, model uniformnih vremenskih gubitaka ostvaruje dobru procenu vrednosti gubitaka za vrednosti stepena zasićenja do 0.85 [56], [72]. U takvim uslovima, vrednost slučajnih gubitaka je zanemarljiva, a gubici usled prezasićenja ne postoje. Vrednost vremenskih gubitaka usled prezasićenja, utvrđena modelom, postaje značajna (kao dodatak na uniformne gubitke), tek za vrednosti stepena zasićenja veće od 1.15. U najvećem broju realnih slučajeva, vrednost stepena zasićenja nalazi u granicama 0.85-1.15. U takvim uslovima realizacije procesa, niti jedan od prikazanih modela nije u potpunosti primenjiv.

### 3.3 AKČELIKOV MODEL VREMENSKIH GUBITAKA

U Akčelikovom modelu (Akcelik, 1980.) figurišu dva tipa vremenskih gubitaka; uniformni i gubici usled prezasićenja. Analitička formulacija uniformnih gubitaka je identična izvornoj u Websterovom modelu. Gubici usled prezasićenja, utvrđuju se u funkciji prosečnog prezasićenog reda (broja vozila koja ostaju u redu nakon isteka raspoloživog zelenog vremena). Red definisan na ovaj način, može egzistirati u nekoliko pojedinačnih ciklusa ili tokom celokupnog perioda posmatranja (zavisno od vrednosti stepena zasićenja).



Slika 3.7 Osnova Akčelikovog modela gubitaka u uslovima prezasićenja (Izvor:[1])

Prosečan broj vozila broja vozila u redu u uslovima prezasićenja, utvrđuje se narednim izrazom:

$$N_0 = \frac{K \cdot T}{4} \cdot \left[ (x - 1) + \sqrt{(x - 1)^2 + \frac{12 \cdot (x - x_0)}{K \cdot T}} \right] \quad x > x_0 \quad (3-16)$$

$$N_0 = 0 \quad (3-17)$$

$N_0$  - prosečan broj vozila u redu u uslovima prezasićenja (voz)

$K$  - Kapacitet (voz/h)

$T$  - period vremena u kome se realizuje data prosečna vrednost protoka (stepena zasićenja) (h)

$KT$  - maksimalan broj vozila koji može proći raskrsnicom tokom perioda  $T$  (voz)

$x$  - stepen zasićenja (-)

$x_0$  - granična vrednost stepena zasićenja (-)

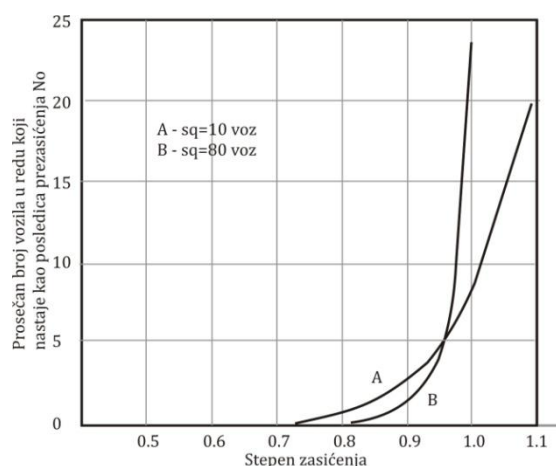
U modelu, granična vrednost stepena zasićenja je definisana kao vrednost ispod koje ne dolazi do formiranja reda, kao posledice prezasićenja. Data je narednim izrazom:

$$x_0 = 0.67 + \frac{s \cdot z}{600} \quad (3-18)$$

$s$  - zasićeni saobraćajni tok (voz/s)

$z$  - dužina trajanja zelenog signalnog pojma (s)

Dužina perioda  $T$  nema značajnog uticaja na  $N_0$ , za vrednosti stepena zasićenja manje od 0.9. Pojava reda kao posledica prezasićenja, u ovoj zoni, moguća je samo zbog slučajnih varijacija protoka (slučajan nailazak vozila na raskrsnicu). Na narednom dijagramu (Slika 3.1) prikazana je zavisnost prosečnog broja vozila u redu od stepena zasićenja.



Slika 3-1 Zavisnost dužine reda u uslovima prezasićenja od vrednosti stepena zasićenja (Izvor: [1])

Vrednost ukupnih vremenskih gubitaka na prilazu izolovanoj signalisanoj raskrsnici, u modelu, data je narednim izrazom:

$$D = \frac{q \cdot C \cdot \left(1 - \frac{z}{C}\right)}{2 \cdot (1 - y)} + N_0 \cdot x \quad (3-19)$$

D – ukupni vremenski gubici (voz s)

q- protok vozila (voz/s)

C – dužina ciklusa (s)

z – dužina trajanja zelenog signalnog pojma (s)

y – stepen iskorišćenja idealnog kapaciteta (-)

x - stepen zasićenja (-)

N<sub>0</sub> – prosečna dužina reda u uslovima prezasićenja (voz)

### **3.4 MODEL VREMENSKIH GUBITAKA U PRIRUČNIKU „HIGHWAY CAPACITY MANUAL 2000“ (HCM 2000)**

Model vremenskih gubitaka prikazan u priručniku HCM2000,[67] namenjen je utvrđivanju vrednosti vremenskih gubitaka, nastalih kao posledica primenjenog načina upravljanja. Model prikazan u HCM-u iz 2000. godine, u potpunosti je prenesen i u novo izdanje priručnika iz 2010. godine. Vrednost prosečnih vremenskih gubitaka, utvrđuje se narednim izrazom:

$$d = PF \cdot d_1 + d_2 + d_3 \quad (s/voz) \quad (3-20)$$

d-prosečni vremenski gubici (s/voz)

PF- faktor progresije,odnosno uticaj tipa nailaska plotuna vozila na raskrsnicu na vrednost uniformnih vremenskih gubitaka

d<sub>1</sub>-prosečni uniformni vremenski gubici (s/voz)

d<sub>2</sub>- prosečni dodatni vremenski gubici (s/voz),

d<sub>3</sub>- prosečni inicijalni vremenski gubici (s/voz).

Vrednost faktora PF (Progression factor) zavisi od tipa nailaska vozila na raskrsnicu (u modelu je definisano šest tipova nailaska). Za slučajan tip nailaska vozila, (pretpostavljeni uslov u istraživanju), vrednost posmatranog faktora je jednaka jedinici.

Izraz za utvrđivanje uniformnih gubitaka je zasnovan na baznoj Websterovoj formulaciji ovog tipa gubitaka (poglavlje 3.2.1).

$$d_1 = \frac{C}{2} \cdot \left[ \frac{\left(1 - \frac{z}{C}\right)^2}{1 - \left(\min(1, x) \cdot \frac{z}{C}\right)} \right] \quad (\text{s/voz}) \quad (3-21)$$

$d_1$ -prosečni uniformni vremenski gubici (s/voz)

X-stepen zasićenja (-)

C- dužina ciklusa (s)

z-dužina efektivnog zelenog vremena (s)

Dodatni gubici obuhvataju slučajne i gubitke usled prezasićenja. Njihova vrednost zavisi od uslova na prilazu raskrsnici (vrednost stepena zasićenja, X), dužine perioda analize (T), i načina rada svetlosnih signala (k).

$$d_2 = 900 \cdot T \cdot \left[ (x - 1) + \sqrt{(x - 1)^2 + \left(\frac{8 \cdot kf \cdot l \cdot x}{K \cdot T}\right)} \right] \quad (\text{s/voz}) \quad (3-22)$$

x-stepen zasićenja (-)

C- dužina ciklusa (s)

z-dužina efektivnog zelenog vremena (s)

T-dužina period analize (h)

kf-faktor uticaj načina rada svetlosnih signala (-)

l-faktor uticaja prethodne raskrsnice (-)

K-kapacitet (voz/h)

Pored osnovnih elemenata modela, po prvi put je uveden i treći član izraza, namenjen proceni vrednosti vremenskih gubitaka koji nastaju kao posledica postojanja inicijalnog reda na početku perioda analize. Vrednost ovog člana utvrđuje data je narednim izrazom:

$$d_3 = \frac{1800 \cdot Q_b \cdot (1 - u) \cdot t}{K \cdot T} \quad (\text{s/voz}) \quad (3-23)$$

$Q_b$  - inicijalni red na početku perioda T (voz)

K - kapacitet (voz/h)

T - dužina perioda analize (h)

t - dužina perioda u kome postoji neopsluženi saobraćajni zahtev kao posledica postojanja inicijalnog reda (h)

u - parametar za utvrđivanje gubitaka (-)

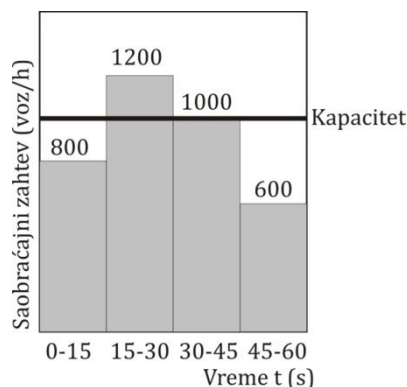
Parametri modela „t“ i „u“, utvrđuju se na osnovu stanja koje prethodi osnovnom periodu analize „T“. Oni su dati narednim relacijama:



$$t = 0 \text{ ako je } Q_b = 0 \text{ inače } t = \min \left[ T, \frac{Q_b}{K \cdot (1 - \max(1, X))} \right] \quad (3-24)$$

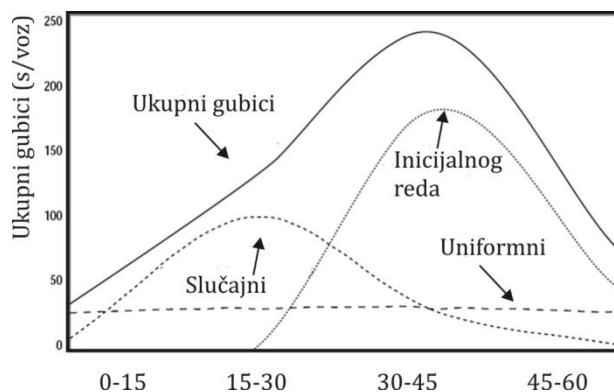
$$u = 0 \text{ ako je } t < T \text{ inače } u = 1 - \frac{c \cdot T}{Q_b \cdot (1 - \max(1, X))} \quad (3-25)$$

Utvrđivanje člana  $d_3$  u analizi vremenskih gubitaka može biti značajno u proceni vrednosti ukupnih gubitaka, naročito kada se radi o analizi procesa u nizu sukcesivnih vremenskih perioda. što je ilustrovano u narednom primeru (Slika 3.8).



Slika 3.8 Promene saobraćajnog zahteva po petnaestominutnim intervalima (Izvor:[67])

U prvih petnaest minuta vrednost stepena zasićenja iznosi  $x=0.8$ , - vrednost ukupnih gubitaka čine uniformni i slučajni gubici. U drugi period ulazi se bez inicijalnog reda. Vrednost  $X$  u drugom periodu iznosi 1.2. Vremenski gubici se proračunavaju isto kao i u prethodnom slučaju. U treći period se ulazi sa inicijalnim redom - vrednost vremenskih gubitaka se utvrđuje na osnovu sva tri člana izraza u modelu. U četvrtom periodu, (realizovana vrednost stepena zasićenja 0.6), takođe postoji uticaj reda iz prethodnog perioda, što znači da u proračunu figurišu sva tri člana izraza.



Slika 3.9 Promena vrednosti vremenskih gubitaka po tipovima gubitaka (Izvor:[67])

Na osnovu grafičke interpretacije (Slika 3.9), može se uočiti da značajan udeo u vrednosti ukupnih vremenskih gubitaka, u određenim periodima analize, imaju gubici koji nastaju kao posledica postojanja inicijalnog reda.

Može se zaključiti da umanjivanje značaja ili potpuna eliminacija ovog člana izraza, prisutna od strane brojnih autora, nema realno utemeljenje, naročito ako se radi analizi funkcionisanja sistema u uslovima datim kao u primeru.

### 3.5 MODEL VREMENSKIH GUBITAKA U PRIRUČNIKU „HANDBUCH FÜR DIE BEMESSUNG VON STRAßENVERKEHRSANLAGEN 2001“ (HBS2001)

Nemački model prikazan u priručniku HBS2001 [21] ukupne vremenske gubitke sagledava kroz realizaciju dve komponente:

- Osnovne komponente ili bazne vrednost vremenskih gubitaka ( $d_1$ ), koja predstavlja izgubljeno vreme vozila prilikom čekanja na opsluživanje u uslovima nezasićenih stanja;
- Gubici usled zagušenja ( $d_2$ ), koji nastaju kao posledica nemogućnosti opsluživanja aktuelnog reda vozila tokom pripadajućeg zelenog vremena.

Vrednost gubitaka pojedinačnog vozila ( $d$ ), predstavljena je zbirom vrednosti pomenutih komponenti.

$$d = d_1 + d_2 \quad (3-26)$$

$$d = \frac{C \cdot \left(1 - \frac{z}{C}\right)^2}{2 \cdot \left(1 - \frac{Q}{S}\right)} + \frac{3600 \cdot N_{GE}}{\frac{z}{C} \cdot S} \quad (3-27)$$

C-dužina ciklusa (s)

z - dužina zelenog signalnog pojma (s)

Q-saobraćajno opterećenje (voz/h)

S- zasićeni saobraćajni tok trake ili grupe traka na prilazu (voz/h)

$N_{GE}$ -prosečan broj vozila neopsluženih vozila tokom ciklusa (voz)

U modelu su definisana tri različita scenarija utvrđivanja vrednosti vremenskih gubitaka. Pri stepenu zasićenja  $X \leq 0.65$ , primenjuje se samo prvi član izraza (vrednost gubitaka koji nastaju kao posledica prezasićenja je zanemarljivo mala ili jednaka nuli). Za vrednosti stepena zasićenja u granicama od 0.65 do 0.90, gubici

nastali kao posledica pojave prezasićenih stanja imaju linearni trend porasta. Preko 0.90, vrednost gubitaka postaje vremenski zavisna od perioda posmatranja, odnosno od broja ciklusa u kojima se realizuju.

Tabela 3.1 Izrazi za proračun broja neopsluženih vozila u zavisnosti od stepena zasićenja (Izvor [21])

Vrednost stepena zasićenja	Broj neopsluženih vozila
$X \leq 0.65$	$N_{GE} = 0$
$X = 0.90$	$N_{GE} = 1 / (0.26 + m / 150)$
$X = 1.00$	$N_{GE} = 0.3476 \cdot \sqrt{n_c} \cdot U^{0.565}$
$X = 1.20$	$N_{GE} = [n_c \cdot (x - 1) \cdot U + 25 - 20 \cdot X] / 2$
$X > 1.20$	$N_{GE} = n_c \cdot (x - 1) \cdot U / 2$

$N_{GE}$  - prosečan broj vozila neopsluženih vozila tokom ciklusa (voz)

$n_c$  - maksimalan broj vozila koji može proći tokom trajanja zelenog - kapacitet

$$n_c = \frac{z \cdot S}{3600} \quad (\text{voz})$$

$m$  - srednji broj vozila koji na raskrsnicu dolazi tokom jednog ciklusa

$$m = \frac{q \cdot C}{T} \quad (\text{voz})$$

$U$  - broj ciklusa tokom perioda posmatranja (-)

$T$  - dužina perioda posmatranja

$$T = U \cdot C \quad (\text{s})$$

$C$  - dužina ciklusa (s)

$q$  - protok vozila (voz/s)

Analizom Priručnika HBS 2001, uočena je indirektna zavisnost vrednosti vremenskih gubitaka od dužine trajanja zelenog signalnog pojma. Preporučena vrednosti zasićenog saobraćajnog toka za „kratka“ zelena vremena (do 10 s) kreće se u rasponu 2400-3000 vozila/h. Primenom ovakve teorijske postavke, dužina zelenog signalnog pojma direktno utiče na realizovanu vrednost stepena zasićenja, a samim tim i na vrednost vremenskih gubitaka.

### 3.6 KANADSKI MODEL UTVRĐIVANJA VREMENSKIH GUBITAKA

U Kanadskom priručniku za utvrđivanje kapaciteta signalisanih raskrsnica [65], model za utvrđivanje vremenskih gubitaka prikazan je narednim relacijama:

$$d = d_1 \cdot k_f + d_2 \quad (3-28)$$

$$d_1 = 0.50 \cdot C \cdot \frac{\left(1 - \frac{z}{C}\right)^2}{\left(1 - \frac{z}{C} \cdot \min(X, 1.0)\right)} \quad (3-29)$$

$$d_2 = 15 \cdot t_e \left[ (X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{240 \cdot X}{K \cdot t_e}} \right] \quad (3-30)$$

$$k_f = \frac{\left(1 - \frac{q_z}{q}\right) \cdot f_p}{1 - \frac{z}{C}} \quad (3-31)$$

d – prosečni vremenski gubici (s/voz)

d<sub>1</sub> – prosečni uniformni vremenski gubici (s/voz)

d<sub>1</sub> – prosečni slučajni vremenski gubici (s/voz)

k<sub>f</sub> – faktor kvaliteta progresije u koordinisanim sistemima

C – dužina ciklusa (s)

z – dužina efektivnog zelenog vremena (s)

X – stepen zasićenja (-)

K – kapacitet (voz/h)

t<sub>e</sub> – dužina perioda posmatranja (min)

q<sub>z</sub> – protok tokom trajanja zelenog signalnog pojma (voz/h)

g – protok tokom perioda posmatranja (voz/h)

f<sub>p</sub> – dodatni faktor koji opisuje nailazak plotuna vozila tokom trajanja zelenog signalnog pojma

Kanadski model ima velike sličnosti sa modelom iz HCM 2000. U periodu kada je nastao bio je znatno savremeniji od generacijski istog modela HCM-a (HCM 1994), iz nekoliko razloga:

- Obezbeđivao je proračun ukupnih vremenskih gubitaka, kao univerzalnog pokazatelja efikasnosti realizacije saobraćajnog procesa na raskrsnici, koji je kasnije prihvaćen u svim savremenim modelima;
- Model nije imao ograničenje sa aspekta perioda analize, za razliku od modela HCM 94, gde je period analize bio ograničen na 15 minuta;

- Model je omogućavao procenu vremenskih gubitaka za stanja prezasićenja. Stoga, nije isključeno da je Kanadski model gubitaka poslužio kao osnova za formiranje aktuelne verzije HCM-ovog modela. Ista postavka modela gubitaka zadržana je i u aktuelnom Kanadskom priručniku iz 2008. godine.

### **3.7 MODELI UTVRĐIVANJA VREMENSKIH GUBITAKA U SKANDINAVSKIM ZEMLJAMA**

Analiza u ovom poglavlju, obuhvata modele vremenskih gubitaka koji se koriste u Švedskoj (Capsal2), Danskoj (DanKap) i Finskoj.

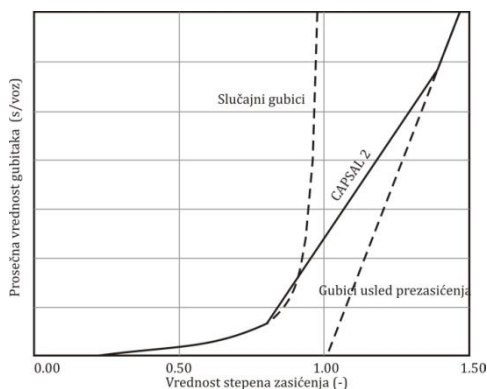
U Priručniku Capsal 2 [62], vrednosti gubitaka na signalisanoj raskrsnici utvrđuje se kao suma dva tipa gubitaka: gubitaka koji nastaju usled interakcije vozila (interaction delay) i gubitaka kao posledice geometrije (geometric delay). U pokušaju pravljenja paralele sa standardno uspostavljenim komponentama, gubici usled geometrije predstavljali bi gubitke koji nastaju kao posledica usporenja i ubrzanja vozila, dok se gubici kao posledica interakcije vozila mogu poistovetiti sa gubicima zaustavljenog vozila. Prosečna vrednost gubitaka iskazana je kao suma gubitaka koji nastaju tokom procesa ubrzanja vozila ( $w_a$ ) i većom od dve uspostavljene vrednosti, gubitaka koji nastaju kao posledica interakcije (gubitaka zaustavljenog vozila,  $w_s$ ) odnosno gubitaka u procesu usporenja vozila ( $w_d$ ).

$$w = [\max(w_s, w_d) + w_a] \quad (3-32)$$

Gubici zaustavljenog vozila standardno su prikazani kao zbir komponenti uniformnih ( $w_u$ ) i slučajnih vremenskih gubitaka ( $w_r$ ).

$$w_s = w_u + w_r \quad (3-33)$$

Za vrednosti stepena zasićenja nižih od 0.8, model za proračun slučajnih vremenskih gubitaka koristi drugi član Websterovog izraza (3-9), odnosno za vrednosti stepena zasićenja preko 1.4, model gubitaka usled prezasićenja (3-14). Vrednost vremenskih gubitaka u intervalu vrednosti stepena zasićenja od 0.8-1.4, utvrđuje se grafički, interpolacijom.



Slika 3.10 Slučajni vremenski gubici u modelu Capsal 2 (Izvor[62])

Model vremenskih gubitaka u danskom priručniku (DanKap) [72] poklapa se sa modelom vremenskih gubitaka iz HCM-a, sa tom razlikom, da je u modelu izopšten treći član HCM-ovog izraza.

U finskom priručniku (Finnish signal control handbook), [42] za utvrđivanje efikasnosti procesa na signalisanim raskrsnicama koriste se ravnopravno dva indikatora. Prvi, nivo usluge, utvrđuje se na osnovu vrednosti prosečnih vremenskih gubitaka koji se utvrđuju primenom Websterovog modela. Drugi indikator predstavlja „kvalitet funkcionisanja ili realizacije procesa“ (operational quality). Kvalitet procesa na raskrsnici ocenjuje se kroz četiri klase stanja (dobro, zadovoljavajuće, podnošljivo i loše), a pripadnost određenom stanju utvrđuje se na osnovu dva pokazatelja: stepena zasićenja i vrednosti faktora iskorišćenja (utilisation factor). Vrednosti stepena zasićenja i faktora iskorišćenja utvrđuje se pomoću narednih izraza:

$$x = \frac{\sum y}{1 - \frac{\sum L}{C}} \quad (3-34)$$

$$x' = \sum y + \frac{\sum L}{C} \quad (3-35)$$

x –stepen zasićenja (-)

x' –faktor iskorišćenja (-)

y – maksimalan stepen iskorišćenja idealnog kapaciteta za tokove u posmatranoj fazi, odnosno suma y po svim fazama (-)

L – ukupna vrednost izgubljenog vremena koje prethodi realizacije tokova u posmatranoj fazi (s), odnosno suma L po fazama

C – dužina ciklusa (s)

Kvalitet realizacije procesa se utvrđuje na osnovu tabelarnih vrednosti (Tabela 3.2).

Tabela 3.2 Kvalitet realizacije procesa na raskrsnici na osnovu definisanih indikatora (Izvor [42])

Stepen zasićenja (-)	Faktor iskorišćenja (-)	Kvalitet procesa	Ocena zagušenja
<0.85	<0.9	dobar	nema zagušenja
0.85-0.95	0.9-1.0	zadovoljavajući	povremena pojava
0.95-1.05	1.0-1.1	podnošljiv	kratkotrajna zagušenja
>1.05	>1.1	loš	dugotrajna zagušenja

### 3.8 HOLANDSKI MODEL UTVRĐIVANJA VREMENSKIH GUBITAKA

U Holandiji, u aktuelnim inženjerskim priručnicima i literaturi (Van Zuylen, 2002)), koristi se Websterov model utvrđivanja vremenskih gubitaka. Sa druge strane, istraživanja saobraćajnog procesa na signalisanim raskrsnicama (Viti & Van Zuylen, 2010), rezultovala su formiranjem probablističkog modela vremenskih gubitaka. Iako, model nema zvanično verifikovanu primenu, u ovom delu prikazana je postavka problema i osnovni koncept modela.

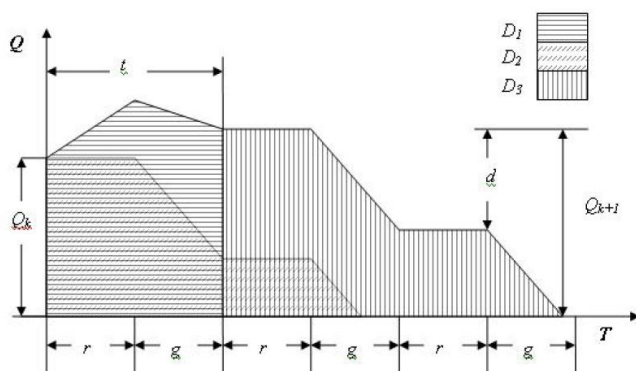
Osnovna postavka modela je da dinamika formiranja i pražnjenja reda predstavljaju rezultat slučajnog procesa. Ukoliko bi proces na raskrsnici posmatrali u diskretnim vremenskim serijama (po ciklusima), aktuelna dužina reda na početku svakog ciklusa bila bi opisana nizom slučajno promenljivih veličina  $[Q_t] = (Q_1, Q_2, Q_3 \dots)$ . Sistem opsluživanja vozila na signalisanoj raskrsnici mogli bi deterministički opisati narednim izrazom:

$$Q_{t+1} = \max(Q_t + q - s, 0) \quad (3-36)$$

$q$  predstavlja broj vozila koji nailazi na raskrsnicu, odnosno  $s$  broj vozila koja napuštaju raskrsnicu, posmatrano u periodu  $(t, t+1)$ . Ono što razlikuje realan proces od njegove determinističke interpretacije (3-36), je da svi članovi izraza predstavljaju slučajne promenljive koje imaju odgovarajuću raspodelu verovatnoća. Posmatranjem procesa po ciklusima (fiksni režim rada signala) uz pretpostavku nepostojanja međuzavisnost između parametara procesa (nailaska

vozila i napuštanja raskrsnice), dužina reda u trenutku  $t+1$  isključivo zavisi od njene vrednosti u trenutku  $t$  i broja nailazaka/napuštanja raskrsnice u periodu između posmatranih trenutaka. Ovakva formulacija problema, može se opisati primenom standardnih metoda u teoriji verovatnoće, (lanci Markova).

Prikazani model predstavlja pokušaj analitičkog modeliranja vremenskih gubitaka u zoni vrednost stepena zasićenja u intervalu 0.8-1.2, u kome je prisutna izrazita nelinearnost između pomenutih parametra. Da bi utvrdili vrednost vremenskih gubitaka svakog pojedinačnog vozila u uslovima prezasićenja, neophodno je utvrditi vreme koje protekne od trenutka pristupanja redu do trenutka napuštanja raskrsnice. Ovaj proces, se faktički, može proširiti na nekoliko narednih ciklusa.



Slika 3.11 Interpretacija vremenskih gubitaka u uslovima prezasićenja (Izvor[73])

Na dijagramu (Slika 3.11) je prikazan proces distribucije vremenskih gubitaka, nastalih okviru osnovnog ciklusa, na naredne, sukcesivne cikluse. Za vozila dospela na raskrsnicu tokom osnovnog ciklusa  $t$ , vrednost vremenskih gubitaka se može opisati narednom relacijom:

$$D = D_1 - D_2 + D_3 \quad (3-37)$$

$D_1$  predstavlja ukupan gubitak koji se ostvaruje tokom osnovnog ciklusa, za sva vozila koja su se pojavila tokom ciklusa i za ona koja se na početku ciklusa nalaze u redu. Izraz  $D_2$  interpretira vremenski gubitak vozila koja čekaju na opslugu, posmatrano od početka osnovnog ciklusa. Segment  $D_3$  predstavlja vremenski gubitak vozila koja se pojavljuju tokom osnovnog ciklusa, ali zbog postojanja inicijalnog reda nisu mogla biti opslužena u istom. Vrednost vremenskih gubitaka  $D_1$ , može se prikazati narednim izrazom:



$$D_1 = \frac{(2 \cdot Q_t + q_t) \cdot t_c - d \cdot t_g}{2} \quad (3-38)$$

Ukoliko je potrebno t ciklusa da se opsluži inicijalni red od Q vozila, dužina reda će se u svakom narednom ciklusu smanjivati po sekvencama Q, Q-d, Q-2d, ....Q-td.

Na osnovu prethodnog razmatranja, ukupan vremenski gubitak za Q vozila koja čekaju od početka ciklusa t, može se opisati narednom relacijom:

$$D(Q) = \frac{Q^2 \cdot t_g}{2 \cdot d} + (t+1) \cdot \left( Q - \frac{t \cdot d}{2} \right) \cdot t_r \quad (3-39)$$

Prvi deo izraza opisuje gubitke koji nastaju tokom perioda zelenih vremena, dok drugi deo gubitke tokom crvenih. Površine  $D_2$  i  $D_3$  jednostavno se izračunavaju zamenom veličine Q, vrednostima  $Q_t$  i  $Q_{t+1}$ . Prosečna vrednost gubitaka za vozila koja su pristupila raskrsnici tokom perioda t izračunava se na osnovu formule:

$$D_t = \frac{D_1 - D(Q_t) + D(Q_{t+1})}{q_t} \quad (3-40)$$

Vrednost vremenskih gubitaka isključivo zavisi od raspodele verovatnoća odgovarajuće dužine reda na početku i na kraju ciklusa i raspodele verovatnoća nailaska vozila u tom ciklusu.

Suština formiranog modela, sa matematičkog aspekta, nalazi se u formiranju i proračunu matrica verovatnoća prelaska reda (dužine reda) iz stanja t u stanje t+1, pod pretpostavljenim raspodelama nailaska i napuštanja raskrsnice.

### **3.9 OCENA ANALITIČKIH MODELA**

Analizirani analitički modeli imaju jedinstveni pristup utvrđivanju vremenskih gubitaka. U postavkama modela koriste se dva osnovna parametra saobraćajnog procesa na signalisanoj raskrsnici: način nailaska vozila i uslovi realizacije procesa. U tom kontekstu, ukupni vremenski gubici se posmatraju kao realizacija tri tipa gubitaka: uniformnih, slučajnih i gubitaka usled prezasićenja.

Analitička formulacija uniformnih gubitaka je identična u svim analiziranim modelima (izvorni Websterov izraz (3-8)). Postupak utvrđivanja ostalih tipova gubitaka, razlikuje se, po prikazanim modelima.

Websterov model, nastajanje slučajnih i gubitaka usled prezasićenja formuliše kroz dva posebna modela (statički, odnosno vremenski zavistan model). Problem realne

interpretacije vremenskih gubitaka u modelima, nastaje u zoni njihovog razgraničenja (uslovi bliski zasićenju,  $X=1$ ).

U savremenijim modelima nastajanje slučajnih i gubitaka usled zasićenja opisuje se jedinstvenim članom izraza u modelu. Vreme realizacije procesa, kao osnovni parametar, u modelima ima različitu funkciju. U HCM-ovom modelu, dodatni vremenski gubici su u direktnoj vezi sa dužinom perioda analize. U ostalim (Ačelikov, HBS2001), vreme se koristi za proračun osnovne komponente izraza modela (broj neopsluženih vozila), koja je direktnoj vezi sa vrednostima ovih tipova gubitaka. Vreme, u funkciji broja neopsluženih vozila se u HCM-ovom modelu, pojavljuje u trećem članu izraza (gubici usled postojanja inicijalnog reda). Uticaj vremena realizacije procesa, posmatrano sa aspekta uslova u saobraćajnom toku, takođe ima različit uticaj na vrednost gubitaka. U Akčelikovom modelu nastajanje slučajnih vremenskih gubitaka vezuje se za graničnu vrednost stepena zasićenja (3-19). Komponenta vremena ima značajniji uticaj na vrednost gubitaka, tek pri vrednostima stepena zasićenja preko 0.9. U modelu HBS2001. nastanak slučajnih gubitaka je vezan za fiksnu vrednost stepena zasićenja ( $X=0.65$ ). Vreme trajanja procesa, u zavisnosti od vrednosti stepena zasićenja, ima četvorostepenu skalu uticaja na broj neopsluženih vozila (tabela 3.1 ), odnosno vrednost slučajnih i gubitaka usled prezasićenja.

Na osnovu iznetih činjenica se mogu formirati naredni zaključci:

- Slučajni i gubici usled prezasićenja, imajući u vidu zajednički interval vrednosti stepena zasićenja u kome nastaju, zahtevaju jedinstveno modelsko posmatranje;
- Vreme realizacije procesa, u funkciji uslova realizacije (vrednosti stepena zasićenja), ima ključni uticaj na ukupnu vrednost i odnos vrednosti ova dva tipa gubitaka;
- Realizacija procesa u uslovima vrednosti stepena zasićenja u intervalu 0.9 – 1.2, u modelima, predstavlja spornu zonu interpretacije vremenskih gubitaka.

Sa aspekta rasprostranjenosti primene na svetskom nivou, dominantnu ulogu ima HCM-ov model. Interesantno je da npr. Ruski autori u okviru literature pominju Websterov model kao istorijski značajan, ali u okviru praktične primenu okreću se

isključivo severnoameričkim modelima (pre svega, HCM-u). U nacionalnim priručnicima koji su ranije formirani, uglavnom figuriše Websterov model gubitaka. U Republici Srbiji su u ravnopravnoj upotrebi modifikovani Websterov i model vremenskih gubitaka iz HCM-a.

Problem direktne primene u nedomicilne saobraćajne sisteme, uslovio je brojne analize i kalibracije osnovnih modela (misli se pre svega na HCM-ov i Websterov model). Uglavnom su prisutna dva pristupa; indirektno transformisanje modela, sa aspekta baznih, preporučenih vrednosti ulaznih parametara modela (vrednosti zasićenog toka i ekvivalentna strukture toka) ili direktno; uvođenjem korektivnog faktora, koeficijenta, kojim se vrši svojevrsna kalibracija modelom dobijenih vrednosti. Slična transformacija Websterovog modela i njegovo prilagođavanje domaćim uslovima učinjena je svojevremeno u Srbiji (Vukanović, 1980).

Ocena praktične primenljivosti referentnih analitičkih modela u domaćim uslovima, biće sprovedena u delu disertacije koja se odnosi analizu rezultata primene različitih metoda i modela istraživanja.

### **3.10 KOMPONENTE VREMENSKIH GUBITAKA**

Pored standardnog makroskopskog pristupa (preko tipova gubitaka), proces nastajanja vremenskih gubitaka se može posmatrati sa aspekta kretanja pojedinačnog vozila u zoni signalisane raskrsnice. Ukupni vremenski gubici, na mikroskopskom nivou, nastaju kao sukcesivna realizacija tri komponente: gubitaka u procesu usporenja, gubitaka zaustavljenog vozila i gubitaka u procesu ubrzanja. Gubici zaustavljenog vozila predstavljaju najznačajniju komponentu, iz nekoliko razloga:

- Predstavljaju direktan sinonim za pojam vremenskih gubitaka, na način na koji ih doživljava korisnik;
- Imaju naveći udeo u sumi vremenskih gubitaka;
- Imaju jednostavnu teorijsku interpretaciju i prepoznatljivost u realizaciji procesa;

- Jasno su definisani sa aspekta prostora realizacije (u uslovima kada je vrednost stepena zasićenja manja od jedinice) i vremena u kome se ostvaruju (posmatrano u odnosu na trajanje ciklusa);
- Gubici zaustavljenog vozila se relativno jednostavno analitički modeluju i empirijski utvrđuju.

Imajući u vidu navedene činjenice, nesporan je razlog što se u prethodnom periodu kvalitet realizacije saobraćajnog procesa direktno utvrđivao na osnovu vrednosti gubitaka zaustavljenog vozila. Uvođenjem pojma „ukupni vremenski gubici“, izvršena je potpuna teorijska i modelska interpretacija vremenskih gubitaka na signalisanoj raskrsnici. Vremenski gubici zaustavljenog vozila postaju/ostaju osnovna, dominantna, komponenta ukupnih gubitaka. Komponente gubitaka usled usporenja i ubrzanja su sa aspekta teorijskog tumačenja, analitičkog formulisanja i empirijskog utvrđivanja, značajno složenije prirode. Brojni autori su problem analitičkog modelovanja ukupnih gubitaka pokušali da prevaziđu na najjednostavniji mogući način - uspostavljanjem odnosa, relacije između ukupnih vremenskih gubitaka i njegove osnovne, analitički i empirijski određene komponente, gubitaka zaustavljenog vozila. Pristupi u rešavanju nametnutog problema se mogu svrstati u tri kategorije:

- Pristup uspostavljanja direktnog analitičkog odnosa između posmatranih veličina;
- Pristup modelske simplifikacije komponenti gubitaka tokom procesa usporenja i ubrzanja;
- Pristup uspostavljanja međuzavisnosti između posmatranih veličina baziran na uključivanju ostalih parametara procesa.

Većina pristupa analitičkom modelovanju ukupnih gubitaka zasnovana je na eksperimentalnim istraživanjima. U okviru svih pristupa, komponenta gubitaka zaustavljenog vozila predstavlja nesporno utvrdivu veličinu.

Ilustracija primene jednog od pomenutih pristupa uočava se prilikom poređenja modela vremenskih gubitaka u dva susedna izdanja priručnika HCM.

U Priručniku HCM iz 1994. godine, kao merodavni za utvrđivanje nivoa usluge, koriste se isključivo gubici zaustavljenog vozila (stopped delay). Vrednost gubitaka utvrđuje se narednim izrazima:

$$D_s = d_1 \cdot DF + d_2 \quad (3-41)$$

$$d_1 = 0.38 \cdot C \cdot \left[ \frac{\left(1 - \frac{z}{C}\right)^2}{1 - \left(\frac{z}{C}\right) \cdot [\min(X, 1.0)]} \right] \quad (3-42)$$

$$d_2 = 173 \cdot X^2 \cdot \left\{ (X - 1) + \left[ (X - 1)^2 + \frac{m \cdot X^5}{K} \right] \right\} \quad (3-43)$$

$D_s$  – prosečni gubici zaustavljenog vozila (s/voz)

$d_1$  – prosečni uniformni gubici (s/voz)

$d_2$  – prosečni dodatni gubici (s/voz)

DF – faktor uticaja kvaliteta progresije (nailaska vozila) na vrednost gubitaka (-)

X – stepen zasićenja (-)

C – dužina ciklusa (s)

K – kapaciteta (voz/h)

z – dužina efektivnog zelenog vremena (s)

m – dodatni faktor kalibracije izraza

U HCM-u iz 1997. godine, po prvi put, se uvodi pojam „upravljajčkih gubitaka“ (izvorno, control delay - gubici prouzrokovani primenjenim načinom upravljanja). Izraz za utvrđivanje vremenskih gubitaka ostao je nepromenjen i u narednim verzijama ovog Priručnika (HCM 2000, odnosno HCM 2010). Vrednost ukupnih vremenskih gubitaka utvrđuje se ranije prikazanim relacijama (poglavlje 3.4):

$$d = PF \cdot d_1 + d_2 + d_3 \quad (s/voz) \quad (3-44)$$

$$d_1 = 0.5 \cdot \left[ \frac{\left(1 - \frac{z}{C}\right)^2}{1 - \left(\min(1, x) \cdot \frac{z}{C}\right)} \right] \quad (s/voz) \quad (3-45)$$

$$d_2 = 900 \cdot T \cdot \left[ (x - 1) + \sqrt{(x - 1)^2 + \left(\frac{8 \cdot k \cdot l \cdot x}{K \cdot T}\right)} \right] \quad (s/voz) \quad (3-46)$$

Iako izrazi prisutni u susednim izdanjima priručnika (HCM 1994 i HCM 1997) izgledaju različito, u suštini su veoma slični. U narednom delu objašnjena je priroda razlike između posmatranih izraza, po narednim stavkama.

- Izraz za vremenske gubitke zaustavljenog vozila ima dva, dok izraz za ukupne vremenske gubitke tri člana.

Ovo se objašnjava činjenicom da izraz za ukupne gubitke pokriva slučajeve analize gubitaka u većem broju sukcesivnih perioda. Treći član izraza odnosi se na gubitke koji nastaju kao posledica reda iz prethodnog perioda posmatranja. Ukoliko je taj inicijalni red jednak nuli, oba posmatrana izraza imaju jednak broj članova.

- U HCM-u iz 1994. izraz za utvrđivanje komponente  $d_1$  je multipliciran sa 0.38, dok se u HCM-u iz 1997. on množi sa 0.5.

Ovo je u suštini posledica prelaska sa vremenskih gubitaka zaustavljenog vozila na ukupne gubitke, a odnos vrednosti koeficijenta je posledica uspostavljene veze između posmatranih formulacija gubitaka.

- Izraz za komponentu vremenskih gubitaka  $d_2$  u HCM-u iz 1994. je jednostavniji, u smislu broja članova koji egzistiraju.

Promene u izrazu za utvrđivanje komponente  $d_2$  u HCM-u 1997. odnose se na naredne elemente:

- uključena je vremenska komponenta T (trajanje perioda analize). Period analize u HCM 1994. bio fiksno definisan na 15 minuta, što nije slučaj u HCM-u iz 1997. godine, odnosno u svim narednim verzijama;
- član izraza „m“ je zamenjen sa „k“, što je posledica razdvajanja načina rada svetlosnih signala (fiksni, odnosno promenljivi)
- „l“ (faktor uticaja prethodne raskrsnice) predstavlja potpuno novi član izraza koji se pojavljuje u HCM-u iz 1997.
- $X^2$  je izbačen iz izraza za gubitke u HCM 1997., kako bi se obezbedila primena obrasca u uslovima prezasićenja.

Na osnovu prethodno iznetih stavova, pod uslovom eliminacije člana  $d_3$  iz izraza za ukupne gubitke, jedina razlika između izraza je u vrednostima koeficijenata (0.38 u HCM-u 1994., odnosno 0.5 u HCM-u 1997.). Uočena razlika ukazuje na modelski pretpostavljeni konstantni odnos između posmatranih formulacija vremenskih gubitaka, odnosno:

$$\frac{D_s}{D_c} = \frac{0.38}{0.5} = 0.76 \quad (3-47)$$

$D_s$ - vremenski gubici zaustavljenog vozila (s/voz)

$D_c$ - ukupni vremenski gubici (s/voz)

U narednom delu prikazani su različiti, izvorno formulisani pristupi formiranja relacija između vrednosti ukupnih vremenskih gubitaka i komponente gubitaka zaustavljenog vozila.

### **3.10.1 Relacija Reilija i Gardnera**

Kao rezultat istraživačkog rada Reilija i Gardnera (Reilly & Gardner 1977) formirana je relacija između gubitaka zaustavljenog vozila ( $D_s$ ) i ukupnih gubitaka ( $D_c$ ), u formi:

$$D_s = -0.99 + 0.76 \cdot D_c \quad (3-48)$$

Pojednostavljenjem ovog izraza dobija se odnos posmatranih veličina od 0.76, što je izvorno i primenjeno u HCM-u iz 1997.

### **3.10.2 Akčelikova relacija**

U okviru svog rada Akčelik (Akcelik 1981) je razvio teorijski model za utvrđivanje vremenskih gubitaka koji nastaju kao posledica usporenja i ubrzanja vozila. Formirani izraz glasi:

$$D_{at} = 0.5 \left( \frac{V}{a_1} + \frac{V}{a_2} \right) \approx \frac{V}{a} \quad (3-49)$$

$D_{at}$  - vremenski gubici usled usporenja i ubrzanja (s/voz)

$a_1, a_2$  - usporenje/ubrzanje ( $m/s^2$ )

$V$  - brzina vozila (m/s)

$a$  - prosečno usporenje/ubrzanje ( $m/s^2$ )

Imajući u vidu da su ukupni gubici zbir gubitaka zaustavljenog vozila i gubitaka koji nastaju kao posledica usporenja i ubrzanja, dobija se naredni izraz:

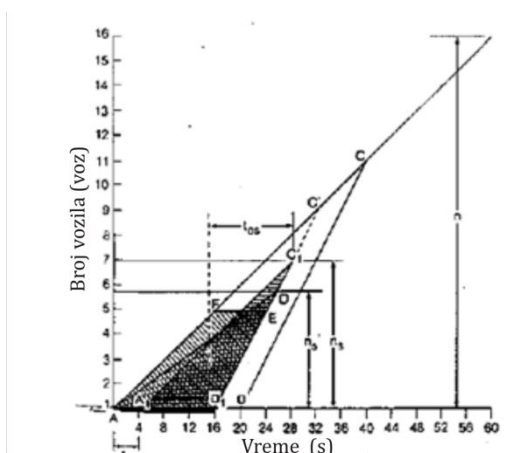
$$D_c = D_s + D_{at} = D_s + \frac{V}{a} \Rightarrow \frac{D_s}{D_c} = 1 - \frac{V}{aD_s + V} \quad (3-50)$$

Za razliku od konstantnog odnosa posmatranih komponenti vremenskih gubitaka (poglavlje 3.10.1), na osnovu prikazanog izraza se može zaključiti da odnos komponenti zavisi od strukture voznog parka, ponašanja vozača (različite vrednosti usporenja/ubrzanja) i svih onih faktora koji mogu uticati na vrednosti brzine. Generalizacijom modela, autor sugerše primenu vrednosti prosečnog usporenja/ubrzanja od 5 ft ( $1ft = 0.305m$ ). U poređenju sa preporučenom od

strane autora, američko Ministarstvo transporta koristi kao maksimalno prihvatljivu (komfornu) vrednost usporenja od 10 ft, odnosno oko 3 m/s<sup>2</sup>, dok neki istraživači smatraju da je i ta vrednost podcenjena i da se neka realna nalazi u granicama od 10-20 ft (3-6m/s<sup>2</sup>).

### 3.10.3 Teplijeva relacija

Naredna značajnija istraživanja odnosa komponenti vremenskih gubitaka, izvršena su od strane Teplija (Teply 1989). Kao osnova za analitičko utvrđivanje njihove međuzavisnost, korišćena je naredna grafička interpretacija (Slika 3.12).



Slika 3.12 Teorijska osnova teplijeve relacije (Izvor [64])

Na osnovu prikazanog dijagrama (Slika 3.12) uspostavljene su naredne relacije:

$$D_s = \frac{s q (r - t_d)}{2 (s - q)} \quad (3-51)$$

$$D_c = \frac{s q r^2}{2 (s - q)} \quad (3-52)$$

Odnosno:

$$\frac{D_s}{D_c} = \frac{(r - t_d)^2}{r^2} \quad (3-53)$$

s- zasićeni saobraćajni tok (voz/h)

q – protok (voz/h)

r – dužina crvenog signalnog pojma (s)

t<sub>d</sub> – prosečni vremenski gubici koji nastaju tokom procesa usporenja (s)

Na osnovu formirane relacije (3-53), može se zaključiti da su dužina trajanja crvenog signalnog pojma i vrednost prosečnih vremenskih gubitaka koji nastaju



tokom usporenja vozila, dva ključna faktora za utvrđivanje međuzavisnosti posmatranih komponenti gubitaka. Uvođenjem u izraz gubitaka u procesu ubrzanja vozila, Teplijev model dobija konačnu formu:

$$\frac{D_s}{D_c} = \frac{(r - (t_a + t_a))^2}{r^2} \quad (3-54)$$

Uspostavljena analitička relacija zahteva utvrđivanje vrednosti vremenskih gubitaka koji nastaju kao posledica procesa usporenja/ubrzanja. Uvođenjem pretpostavke da su vrednosti usporenja i ubrzanja konstantne i jednake tokom trajanja procesa, model dobija svoj finalni oblik:

$$\frac{D_s}{D_c} = \frac{\left[r - \left(\frac{V}{a}\right)\right]^2}{r^2} \quad (3-55)$$

Ričardson (Richardson, 1979.) je u okviru svojih istraživanja, zaključio da vrednosti vremenskih gubitaka koji nastaju kao posledica usporenja/ubrzanja vozila ne zavise od vrednosti brzine na prilazu. U svom radu, izvršio je grubu kvantifikaciju ovih gubitaka, dodeljujući im vrednost od 10 sekundi, kao aproksimativno prihvatljivu.

Olszewski (Olszewski, 1993) je u svom radu testirao zaključke Ričardsona po pitanju prosečne vrednosti gubitaka tokom procesa usporenja/ubrzanja, koristeći podatke istraživanja koja su realizovana na tri raskrsnice u Singapuru. U narednoj tabeli prikazani su rezultati istraživanja.

Tabela 3.3 Prosečni gubici tokom procesa usporenja/ubrzanja (Izvor [47])

Lokacija istraživanja	Prosečni gubici za laka vozila (s/voz)	Prosečni gubici za teška vozila (s/voz)	Prosečni gubici za celokupan tok (s/voz)
A	9.77	8.93	9.38
B	9.16	8.66	8.91
C	7.82	6.95	7.45
			8.6

Razlike u vrednostima komponenti gubitaka koja nastaju u procesu usporenja i ubrzanja (sumarno posmatrano) između različitih kategorija vozila nisu statistički značajne. Prosečna vrednost objedinjene komponente gubitaka na nivou celokupnog uzorka od 8.6 s/voz, ne poklapa se u potpunosti sa Ričardsonovom

aproksimacijom od 10 s/voz. Olszewski, u svojim zaključcima, preporučuje kompromisnu vrednost prosečnih gubitaka od 9 sekundi po vozilu.

### 3.10.4 Ostale relacije

Kuiroga i Bullock (Quiroga & Bullock 1999.) su u okviru svojih istraživanja, (istraživanja su realizovana tehnikom utvrđivanja pozicije vozila primenom GPS-a), regresionom analizom snimljenih podataka utvrdili linearnu zavisnost oblika [53]:

$$D_s = 0.959 D_c - 19.3 \quad (3-56)$$

Ovaj izraz ukazuje da između posmatranih komponenti gubitaka, ne postoji konstantan odnos, ali postoji, modelom uspostavljena, konstantna razlika.

U okviru istraživanja Stivena Klica (Click, 2001.) načinjen je pokušaj utvrđivanja međusobne zavisnosti posmatranih kategorija gubitaka korišćenjem računarskih mikrosimulacionih programa (Synchro i Corsim). Istraživanja su zasnovana na hipotezi postojanja uticaja većeg broja parametra procesa, na odnos vrednosti gubitaka zaustavljenog vozila i ukupnih gubitaka. Analizirani su naredni parametri: tip upravljanja (fiksno ili adaptibilno), brzina na prilazu raskrsnici, odnos trajanja zelenih vremena na glavnom i sporednom pravcu, broj saobraćajnih traka na prilazu, dužina ciklusa, vrednost zasićenog saobraćajnog toka i dužina prilaza raskrsnici. Kao rezultat simulacije i ukrštanja vrednosti izabranih parametra, formirano je više modela koji se međusobno razlikuju po broju promenljivih. Osnovni model odnosa ukupnih i gubitaka zaustavljenog vozila formiran je kao direktna logaritamska zavisnost, data narednim izrazom [17]:

$$D_c = 3.218 D_s^{0.823} \quad (3-57)$$

Drugi od prikazanih, predstavlja model u kome je uspostavljen odnos između posmatranih gubitaka korišćenjem jedne promenljive, odnosa dužina trajanja zelenog signalnog pojma na glavnom i sporednom pravcu:

$$\frac{D_s}{D_c} = 1.00 - split \quad (3-58)$$

split – odnos dužine trajanja zelenog na glavnom i sporednom pravcu (-)

Treći formirani model sa najvećim brojem promenljivih, glasi:

$$\frac{D_s}{D_c} = 1.028 - 0.0039D_s - 0.042Speed - 0.594 Split - 0.32Multi \quad (3-59)$$

Speed – vrednost brzine na prilazu raskrsnici (m/s)

Multi – broj saobraćajnih traka na prilazu raskrsnici (-)

### **3.10.5 Ocena analitičkih relacija**

Model, relacija konstantnog odnosa posmatranih komponenti Reilija i Gardnera (poglavlje 3.10.1), predstavlja teorijski najjednostavniju interpretaciju veze između posmatranih veličina. Uspostavljeni odnos obezbeđuje dobru aproksimativnu procenu vrednosti ukupnih gubitaka za pretpostavljeni dijapazon uslova u saobraćajnom toku (stadijum realizacije nezasićenih stanja u uslovima viših vrednosti stepena zasićenja) i relativno standardne vrednosti parametara rada svetlosnih signala (pre svega misli se na udeo zelenog vremena u ciklusu u granicama 40-60%), što ograničava primenu relacije u uslovima neodgovarajuće kombinacije modelom pretpostavljenih parametara.

Modelom direktnog odnosa između gubitaka od strane Kuroge i Buloka (poglavlje 3.10.4), uspostavljena je potpuno drugojačija zavisnost između analiziranih veličina. Formirana relacija konstantne razlike je prema mišljenju kandidata sporna, jer dobijena konstantna vrednost razlike od 20 s/voz, u korist ukupnih gubitaka, očigledno ne može da pokrije širi dijapazon uslova realizacije procesa na raskrsnici. Stoga, postoji opravdana sumnja da su navedeni rezultati, a samim tim i uspostavljena zavisnost, dobijeni na osnovu malog uzorka ili u ograničenim uslovima u kojima su vršena istraživanja. Uspostavljanje direktne logaritamske zavisnosti između posmatranih veličina (Klik) (poglavlje 3.10.4), dobijene na osnovu računarske simulacije, predstavlja, prema kandidatu, neutemeljen zaključak, pozivajući se pri tome, na primenjeni metod istraživanja.

Akčelikova relacija (poglavlje 3.10.2 ) predstavlja pokušaj potpunog sagledavanja ukupnih vremenskih gubitaka, uključivanjem u model komponente vremenskih gubitaka nastalih kao posledica usporenja/ubrzanja vozila. Ovakav, složeniji pristup, nužno zahteva veći stepen pojednostavljivanja u okviru samog modela. U tom smislu, misli se na konceptualno primenjeno izjednačavanje procesa usporenja i ubrzanja i definisanu, preporučenu vrednost prosečnog

usporenja/ubrzanja. Model je prema svojoj strukturi isključivo zasnovan na uticaju dinamike kretanja vozila na odnos posmatranih veličina i ne uzima u obzir faktor primenjenog načina upravljanja.

Teplijev model (poglavlje 3.10.3), za razliku od prethodnih, u razmatranje uzima i parametre rada svetlosnih signala. Modelski formulirano, odnos vremenskih gubitaka (ukupni u odnosu na gubitke zaustavljenog vozila), direktno zavisi od dužine trajanja crvenog signalnog pojma. Ovakav koncept, je potpuno prihvatljiv imajući u vidu činjenicu da vrednost gubitaka zaustavljenog vozila direktno zavisi od trajanja perioda u kome oni nastaju, za razliku od uslovno konstantnog udela vrednosti gubitaka koji nastaju tokom procesa usporenja i ubrzanja. Kao i kod Akčelika, i ovde ostaje sporno pitanje definisanja konstanti modela – vrednosti gubitaka tokom procesa usporenja i ubrzanja.

Uvođenjem većeg broja faktora koji utiču na odnos posmatranih veličina, u modelima prikazanim u radu Stivena Klika (poglavlje 3.10.4), dolazi do nesvrshodnog komplikovanja modela, bez, na osnovu istraživanja, argumentovanog, opredeljenog stava autora o faktorima uticaja na odnos posmatranih veličina.

Stav kandidata je da, uz sagledavanje svih nedostataka takvog pristupa, postoji opravdanost formiranja modela koji omogućavaju indirektno utvrđivanje „istraživački zahtevnih“ veličina, naročito kada postoji čest, masovan, prostorno dislociran zahtev za njihovom kvantifikacijom, što je slučaj sa vremenskim gubicima.

### **3.11 MODELI VREMENSKIH GUBITAKA U SIMULACIONIM METODAMA**

Simulacija podrazumeva proces izgradnje apstraktnih kopija realnih sistema i obavljanje određenih eksperimenata na njima. Prema jednoj od brojnih definicija, predstavlja imitaciju skupa operacija, procesa ili ponašanja realnog sistema [8]. Nivo detaljnosti posmatranja sistema i procesa, klasifikuje saobraćajne simulacione modele na dve osnovne grupe: makroskopski i mikroskopski. Makroskopski modeli predstavljaju matematički model opisivanja ponašanja

saobraćajnog toka na osnovu uspostavljenih relacija između osnovnih parametara toka. U mikroskopskim modelima interpretacija procesa, zasnovana je na modeliranju parametara ponašanja svakog pojedinačnog vozila. Vrednost vremenskih gubitaka, kao osnovni pokazatelj efikasnosti, pojavljuje se kao izlazni rezultat simulacije u obe pomenute kategorije modela. Osnovna razlika postoji u metodi njihovog procenjivanja. U makroskopskim, oni se utvrđuju na osnovu ugrađenih analitičkih modela. Neophodni elementi za proračun, (ulazni podaci modela gubitaka) dobijaju na osnovu izlaznih veličina procesa simulacije. U mikroskopskim modelima gubici se izračunavaju direktno, na osnovu mikroskopskih parametara kretanja svakog pojedinačnog vozila (pozicije vozila i brzine).

U narednom delu, prikazani su modeli proračuna vremenskih gubitaka u reprezentativnim simulacionim programima.

### **3.11.1 Modeli vremenskih gubitaka u makrosimulacionim programima**

#### 3.11.1.1 Passer V-09

Passer V-09 u postupku utvrđivanja vremenskih gubitaka koristi HCM-ov analitički model. Izvorni model gubitaka je modifikovan sa dva aspekta: izostavljanje trećeg člana HCM-ovog izraza za vremenske gubitke (gubici usled postojanja inicijalnog reda), i fiksiranje perioda analize na vremenski period od 15 minuta. Vremenski gubici u Passer-u, utvrđuju se na osnovu narednih, izraza [68]:

$$d = d_1 + d_2 \quad (3-60)$$

$$d_1 = \frac{0.5 \cdot C \cdot \left(1 - \frac{q}{C}\right)^2}{1 - \left[\min(1, X) \cdot \frac{q}{C}\right]} \quad (3-61)$$

$$d_2 = 900 \cdot 0.25 \cdot \left[ (X - 1) + \sqrt{[X - 1]^2 + \frac{4 \cdot X}{0.25 \cdot C}} \right] \quad (3-62)$$

#### 3.11.1.2 Synchro

U Synchro, vremenski gubici utvrđuju se na osnovu modifikovanog HCM-ovog modela proračuna.

U postupku proračuna gubitaka koriste se prvi i treći član HCM-ovog izraza. Drugi član izraza (dodatni gubici) je izostavljen, ali je njegov uticaj na vrednost gubitaka nadoknađen na dva načina: transformacijom izraza za uniformne vremenske gubitke za slučaj  $X > 1$  (koristi se vrednost zasićenog saobraćajnog toka) i uspostavljanjem slučajnih vremenskih gubitaka u okviru uniformnih gubitaka, za pet scenarija realizacije saobraćajnog opterećenja. Vrednost uniformnih gubitaka se redom proračunava za 90%, 70%, 50%, 30%, 10% vrednosti saobraćajnog opterećenja (pomenutih pet scenarija), a srednja vrednost ovako dobijenih uniformnih gubitaka usvaja se kao vrednost slučajnih gubitaka. U analitički model je uvršten i četvrti član izraza (queue delay). Ovim članom modeluje se deo vremenskih gubitaka koji nastaju kao posledica inercije pokretanja reda na početku zelenog signalnog pojma. Analitički model za utvrđivanje vremenskih gubitaka u Sinchro je opisan narednim relacijama [23]:

$$d = d_1 + d_3 + d_4 \quad (3-63)$$

$$d_1 = \frac{C \cdot [1 - z/C]^2}{2 \cdot [1 - X \cdot (z/C)]} \quad \text{za } X \leq 1.0 \quad (3-64)$$

$$d_1 = \frac{s \cdot C \cdot [1 - z/C]^2}{2 \cdot 3600} \quad \text{za } X > 1.0 \quad (3-65)$$

$d_1$  – uniformni vremenski gubici (s/voz)

$d_2$  – vremenski gubici usled postojanja inicijalnog reda (s/voz)

$d_4$  – gubici koji nastaju kao posledica pokretanja reda (s/voz)

$C$  – dužina ciklusa (s)

$S$  – zasićeni saobraćajni tok (voz/h)

$z$  – trajanje efektivnog zelenog vremena (s)

$X$  – Stepen zasićenja (-)

Na osnovu prikazanog, može se zaključiti da se u okviru makroskopskih simulacionih modela primenjuju analitički modeli utvrđivanja vremenskih gubitaka (u konkretnom slučaju, obzirom da se radi o američkim modelima, prisutan je HCM-ov model). Modifikacija osnovnog analitičkog modela, u simulacionim programima, posledica je pojednostavljenja u postupku izgradnje simulacionog modela, odnosno nemogućnosti/neracionalnosti simulacije svih ulaznih parametara originalnog analitičkog modela.

### 3.11.2 Utvrđivanje vremenskih gubitaka u mikrosimulacionim programima

U mikroskopskim simulacionim programima ponašanje svakog vozila, odgovarajućih performansi i dodeljenih karakteristika vozača, opisuje se na osnovu tri bazna algoritma, modela [39]:

- Modela sleđenja vozila;
- Modela promene saobraćajne trake;
- Modela prihvatljivog intervala sleđenja.

Kretanje vozila, u svakom trenutku vremena (zavisi od primenjenog vremenskog koraka u simulaciji) opisano je egzaktnim vrednostima parametara. Primera radi, u programu Vissim [52], (primenjen bazni model sleđenja vozila; Wiedermann, 1974.), kretanje je definisano narednim parametrima: aktuelnom brzinom, željenom brzinom, vrednostima ubrzanja / usporenja, koordinatama položaja i ostalim, sa konkretnog aspekta posmatranja, manje značajnim parametrima. Vrednost vremenskih gubitaka na nivou pojedinačnog vozila, dobija se direktnim proračunom, na osnovu vrednost parametra kretanja u definisanom periodu vremena.

U narednom delu predstavljene su procedure proračuna vrednosti vremenskih gubitaka u izabranim mikroskopskim simulacionim modelima.

#### 3.11.2.1 Simtraffic [23]

Ukupni vremenski gubici u modelu su definisani kao razlika ostvarenog vremena putovanja i vremena putovanja maksimalnom dozvoljenom brzinom (za vozila koja realizuju manevar skretanja – maksimalna brzina koja omogućava bezbednu realizaciju manevra skretanja). Utvrđuju se narednim izrazom:

$$TD = \sum_t \sum_i 0.1 \cdot \frac{spd \max(l, r) - spd(i, t)}{spd \max(l, r)} + \sum_i 0.1 \cdot NDE(t) \quad (3-66)$$

TD – ukupni vremenski gubici (h)

spd max (l,r) – maksimalna brzina na grani „l“ za smer kretanja „r“ (km/h)

spd (i,t) – aktuelna brzina vozila „i“ u segmentu vremena „t“. Svaki segment vremena „t“ iznosi 1/10 sekunde. (km/h)

NDE – broj vozila kojima je zabranjen pristup na mrežu tokom perioda „t“ (voz) (misli se na uneti broj vozila ili saobraćajni zahtev koji ne može pristupiti na mrežu isključivo zbog aktuelnih uslova na mreži koji to onemogućavaju)

Vrednost prosečnih vremenskih gubitaka dobija se deljenjem vrednosti ukupnih vremenskih gubitaka sa brojem vozila. Imajući u vidu da se kalkulacija vremenskih gubitaka vrši po deonicama simulirane mreže (granama), broj vozila koji ulazi u proračun prosečnih gubitaka se dobija primenom naredne relacije:

$$NV = N(x) - 0.5N(s) + 0.5N(e) \quad (3-67)$$

NV – broj vozila (voz)

N(x)-broj vozila koja su napustila analiziranu granu tokom perioda posmatranja (t) (voz)

N(s) – broj vozila koja su prisutna na grani na početku perioda posmatranja (voz)

N(e) - broj vozila koja su prisutna na grani na kraju perioda posmatranja (voz)

Vrednost gubitaka zaustavljenog vozila predstavlja sumu po vremenskim perioda „t“ i vozilima u kojima se realizuje brzina kretanja manja od 3 m/s.

### 3.11.2.2 Corsim [23]

U modelu, vrednost gubitaka dobija se kao razlika aktuelnog vremena realizacije putovanja i teorijskog vremena potrebnog za realizaciju putovanja duž grane, vrednostima slobodne brzine. Teorijsko vreme, dobija se primenom narednog izraza:

$$MT(i) = VHT(i) \cdot \frac{SMS(i)}{FFS(i)} \quad (3-68)$$

MT(i) – vreme kretanja sa vrednostima slobodne brzine na grani „i“ (voz min)

VHT(i) – ukupno vreme putovanja svih vozila na grani „i“ (voz min)

SMS(i) – srednja brzina svih vozila na grani „i“ (mph)

FFS(i) – slobodna brzina na grani „i“ (mph)

Vrednost ukupnih vremenskih gubitaka data je narednim izrazom:

$$DT(i) = VHT(i) - MT(i) \quad (3-69)$$

DT(i) – Ukupni vremenski gubici na grani „i“ (voz min)

VHT(i) – Ukupno vreme putovanja na grani „i“ (voz min)

MT(i) – Ukupno vreme putovanja slobodnom brzinom na grani „i“ (voz min)

Prosečna vrednost vremenskih gubitaka dobija se deljenjem prethodnog izraza sa brojem vozila koja su tokom perioda analize napustila posmatranu granu. Za razliku pod prethodno analiziranog modela, u CORSIM-u u proračun vremenskih gubitaka ne ulaze vozila koja su ostala na grani tokom perioda posmatranja (koja



definitivno imaju udeo u vremenskim gubicima), kao ni vozila koja ostvaruju gubitke na ulaznim čvorovima mreže.

### 3.11.2.3 Paramics[23]

Vremenski gubitak u Paramics-u definisan je kao razlika kumulativnog vremena putovanja svih vozila na posmatranoj grani i teoretskog vremena putovanja slobodnom brzinom, dodeljenom od strane korisnika programa. Vrednost ukupnih vremenskih gubitaka izračunava se pomoću narednog izraza:

$$d(l, i) = \sum_v T(v, l, i) - \frac{L(l)}{\text{Min}(FFS(l), \text{MXS}(v))} \quad (3-70)$$

$d(l)$  - Ukupni vremenski gubici za granu „l“ tokom vremena „i“ (voz h)

$T(v, l, i)$  -Aktuelno vreme putovanja vozila „v“ za granu „l“ tokom vremena „i“ (voz h)

$FFS(l)$  -slobodna brzina na grani „l“ (mph)

$\text{MXS}(v)$  -maksimalna brzina vozila „v“ (mph)

$L(l)$  -dužina grane „l“ (miles)

### 3.11.2.4 Aimsun

U Aimsun-u vrednost prosečnih vremenskih gubitaka proračunava se na osnovu narednih relacija [23]:

$$DT_{\text{sec}} = \frac{\sum_{i=1}^{NX(l)} DT_i}{N_{\text{sec}}} \quad (3-71)$$

$$DT_i = TT_i - \left[ \frac{L_s}{\text{Min}(S_{\text{max}_i}, S_s \cdot \theta_i)} + \frac{L_t}{\text{Min}(S_{\text{max}_i}, S_t \cdot \theta_i)} \right] \quad (3-72)$$

$DT_{\text{sec}}$  - Prosečni vremenski gubici na grani (s/voz)

$DT_i$  - Prosečan gubitak vozila „i“ na posmatranoj grani (s)

$TT_i$  - Razlika vremena ulaska na granu i napuštanja grane za vozilo „i“ (s)

$S_s$  - regulativno režimska brzine na grani (m/s)

$S_t$  - Ograničenje brzine prilikom realizacije manevra skretanja (m/s)

$Q_i$  - Odnos brzine koju prihvata vozilo „i“ u odnosu na ograničenje (-)

$S_{\text{max}_i}$  - Maksimalna željena brzina vozila „i“ (m/s)

$L_s$  - Dužina grane (m)

$L_t$  - dužina zone u kojoj se realizuje manevar skretanja (m)

$NX(l)$  - broj vozila koji je napustio granu „l“ tokom perioda simulacije

### 3.11.2.5 Vissim[52]

U Vissimu vrednost vremenskih gubitaka pojedinačnog vozila, utvrđuje se na osnovu razlike vrednosti aktuelnog i željenog vremena putovanja. Željeno vreme putovanja predstavlja idealnu realizaciju kretanja, (bez uticaja ostalih vozila u toku i sistema upravljanja), vrednostima željene brzine kretanja. Raspon željene brzine kretanja se, za svaku pojedinačnu kategoriju vozila, definiše u okviru ulaznih parametara modela. Za razliku od ostalih modela, u kojima je proračun gubitaka isključivo prostorno vezan za granu mreže, u okviru Vissim-a, vrednost gubitaka može da se utvrdi na više nivoa (npr. deo grane, više grana i sl.).

Na osnovu analize procedura proračuna vremenskih gubitaka u okviru prikazanih mikrosimulacionih modela, može se zaključiti da između modela ne postoje razlike u načinu definisanja vremenskih gubitaka. Razlike postoje u definisanju članova izraza proračuna i prostornom konceptu obuhvatanja i proračuna gubitaka.

Suštinska razlika u modelima je u načinu definisanja brzine kretanja vozila u okviru „idealne“ trajektorije. U modelima se pojavljuju tri kategorije brzine i to: maksimalna brzina, slobodna brzina i željena brzina. U tom smislu, očigledno je da odabir brzine koja figuriše u okviru modela, ima uticaja na utvrđenu vrednost vremenskih gubitaka.

Razlika postoji u primenjenom konceptu prostorne obuhvatnosti vremenskih gubitaka, sa dva aspekta: mrežnog, (koncept ne/obuhvatanja gubitaka na ulaznim čvorovima mreže) i na nivou grane, (različiti koncepti proračuna broja vozila koji su svoj gubitak realizovali na konkretnoj grani simulirane mreže).

U svim prikazanim modelima (izuzev Vissim-a) vrednost vremenskih gubitaka se proračunava, vezuje, za pripadajuću granu mreže. U Vissimu postoji mogućnost utvrđivanja vremenskih gubitaka između bilo koja dva definisana preseka na mreži. Upravo ova karakteristika modela, čini ga upotrebljivim u analizi vremenskih gubitaka na signalisanoj raskrsnici, iz osnovnog razloga: uticaj signalisane raskrsnice na kretanje vozila, odnosno realizaciju vremenskih gubitaka, nije isključivo vezan za jednu granu, nego za zonu, delove grana između kojih se posmatrani čvor, raskrsnica nalazi.

## **4 METODE EKSPERIMENTALNOG ISTRAŽIVANJA VREMENSKIH GUBITAKA**

Ukupni vremenski gubici, kao osnovni indikator efikasnosti realizacije saobraćajnog procesa na signalisanim i nesignalisanim raskrsnicama, imaju jasnu i nedvosmislenu teorijsku interpretaciju. Potpuna teorijska određenost veličine, ne znači i jednostavan postupak njenog eksperimentalnog utvrđivanja u realnim uslovima. U tom smislu, vremenski gubici predstavljaju složen predmet istraživanja iz nekoliko razloga:

- Složenosti pojave; vremenski gubitak, kao jedinstvena pojava, ostvaruje se u okviru različitih, sukcesivnih procesa kretanja vozila;
- Istovremenost mnogobrojnih, raznovrsnih manifestacija pojave u prostoru istraživanja;
- Nepravilnost, odnosno neujednačenost pravilnosti nastajanja vremenskih gubitaka;
- Neodređenost prostora istraživanja; prostor u kome dolazi do nastajanja vremenskih gubitaka je dinamičkog karaktera, direktno uslovljen primenjenim načinom upravljanja i stanjem toka na prilazu raskrsnici;

U istraživanjima vremenskih gubitaka primenjuju se dve grupe metoda:

- Metode jedinstvenog istraživačkog pristupa u posmatranju procesa nastajanja vremenskih gubitaka;
- Metode, koje po svom konceptu, predstavljaju kombinaciju istraživanja i empirijske procene vremenskih gubitaka. U metodama ove grupacije predmet eksperimentalnog istraživanja fokusiran je na jednu komponentu vremenskih gubitaka (najčešće gubitaka zaustavljenog vozila), dok se ostale komponente utvrđuju analitičkim putem, na osnovu empirijski formiranih modela i relacija.

U zavisnosti od veličine uzorka obuhvaćene istraživanjem, metode se mogu podeliti na:

- Metode istraživanja na malom uzorku;
- Metode istraživanja na celokupnoj populaciji, ili uslovno na velikom uzorku.

U zavisnosti od parametra koji predstavljaju predmet direktnog istraživanja metode se mogu podeliti na:

- Metode direktnog istraživanja vremenskih komponenti kretanja vozila, koje se dovode u relaciju sa vremenskim gubicima;
- Metode zasnovane na relacijskom, indirektnom utvrđivanju vremenskih gubitaka na osnovu vrednosti ostalih parametra realizacije procesa (broja vozila u redu, intenziteta nailaska i napuštanja raskrsnice i sl.)

U narednom delu prikazane su osnovne metode eksperimentalnog istraživanja vremenskih gubitaka.

#### **4.1 METODA PLUTAJUĆEG VOZILA**

Metoda „plutajućeg vozila“ [40] predstavlja jednu od standardnih metoda istraživanja pokazatelja stanja urbanog saobraćajnog sistema na malom uzorku. „Plutajuće vozilo“, u okviru postavke metoda, svoje kretanje realizuje u okviru medijane ponašanja pripadajućeg saobraćajnog toka. Parametri kretanja „plutajućeg vozila“, utvrđeni na mikronivou, predstavljaju reprezent ponašanja celokupnog toka. Vrednost prosečnih vremenskih gubitaka dobija se upoređivanjem vrednosti vremena realizacije trajektorije plutajućeg vozila u prostoru istraživanja, sa, u datim uslovima, „idealnom“ ili putanjom bez vremenskih gubitaka.

Prikupljanje podataka u istraživanju obavlja se neposrednim učestvovanjem u eksperimentu. Tehnika prikupljanja se razlikuje sa aspekta instrumenta u istraživanju. U tom smislu se izdvajaju:

- Manuelna tehnika, bazirana na korišćenju standardnih instrumenata, kao pomoćnih, u postupku prikupljanja podataka (evidencioni obrazac, hronometar i kilometar sat);
- Automatska tehnika, bazirana na isključivom korišćenju instrumenata.

Tradicionalno, tehnika prikupljanja podataka u okviru metode je manuelna, zasnovana na evidentiranju parametra kretanja plutajućeg vozila (vreme, brzina i trenutna stacionaža) u dve karakteristične tačke putanje – tačka u kojoj započinje proces usporenja, odnosno završava proces ubrzanja vozila.

Sa aspekta primene metode, suštinska razlika između manuelne i automatske tehnike prikupljanja podataka je u preciznosti i frekvenciji snimanja parametra kretanja plutajućeg vozila. Veća frekvencija prikupljanja podataka tokom realizacije pojedinačne trajektorije, u kasnijoj obradi, omogućava preciznije utvrđivanje realno ostvarene putanje.

U narednom delu, prikazana su tri instrumenta, namenski razvijena za potrebe studijske analize vremena putovanja i vremenskih gubitaka. Instrumenti se međusobno razlikuju samo u primenjenoj tehnologiji prikupljanja parametara kretanja vozila[28].

Prva dva instrumenta u suštini predstavljaju „parazitske“ hardversko-softverska rešenja zasnovana korišćenju izvornih podataka mernih instrumenata vozila ili obrađenih podataka iz glavnog računara. Osnovna ideja, u procesu kreiranja instrumenata, je da se podaci sa elektronskih komponenti vozila u raspoloživom obliku, „izvuku“, po potrebi obrade i iskoriste za dobijanje neophodnih parametara u procesu istraživanja.

Prvi od dva pomenuta, za prikupljanje podataka koristi informacije sa senzora brzine (Vehicle speed sensor-VSS) koji se nalazi na kućištu transmisije svakog savremenog vozila. Svaki pređeni metar vozila praćen je slanjem impulsa sa senzora brzine u hardversku jedinicu mernog uređaja. Softver, ugrađen u uređaj, ima mogućnost prebrojavanja ukupnog broja primljenih impulsa u jedinici vremena (jednoj sekundi), što u daljoj obradi omogućava formiranje parova vrednosti prostor-vreme dijagrama kretanja plutajućeg vozila.

Drugi instrument, koristi već obrađene podatke glavnog računara koji se preuzimaju sa komunikacijskog porta kompjutera vozila, izvorno namenjenog servisnoj dijagnostici (On Board Diagnostic-OBD). Preuzimanjem podatka o trenutnoj brzini i njeno povezivanje sa realnim vremenom, omogućava se formiranje baze podataka o osnovnim parametrima kretanja vozila.

Treći instrument baziran je na primeni GPS uređaja-prijemnika i pratećeg softvera. GPS prijemnik u svakoj sekundi radnog statusa obezbeđuje širok dijapazon podataka (vreme, latitudu i longitudu položaja, elevaciju, brzinu kretanja...). Softver uređaja omogućava preuzimanje seta podataka, neophodnih za opisivanje putanje vozila - relativno vreme (jedinica posmatranja jedna sekunda) i brzina kretanja.

#### **4.2 METODA PRAĆENJA PUTANJA VOZILA**

Praćenje putanja vozila (path tracing) [44] predstavlja metodu utvrđivanja prosečne, realne trajektorije, na osnovu praćenja (snimanja) i analize putanja svih vozila u zoni signalisane raskrsnice. Vrednost vremenskih gubitaka dobija se poređenjem eksperimentalno utvrđene merodavne trajektorije, sa hipotetičkom, idealnom ili realnom trajektorijom bez vremenskih gubitaka (zavisi od metodološke postavke).

Utvrđivanje realnih trajektorija vozila, ostvaruje se primenom dve tehnike prikupljanja podataka:

- Manuelnom tehnikom neposrednog posmatranja realizacije procesa kretanja vozila, uz korišćenje standardnih tehničkih pomagala (evidencioni obrazac i hronometar);
- Automatskom, video tehnikom prikupljanja podataka.

Prikupljanje podataka manuelnom tehnikom, bazirano je na evidentiranju vremena prolaska vozila kroz, u prostoru definisane, uspostavljene preseke saobraćajnice. Obradom i analizom podataka o parametrima kretanja vozila u mernim tačkama/presecima (vreme dostizanja tačke, uz poznatu poziciju svake merne tačke u odnosu na neku referentnu), vrši se formiranje prosečne realne trajektorije kretanja. Rezolucija trajektorije, odnosno njena preciznost, direktno zavisi od uspostavljenog broja mernih tačaka u prostoru istraživanja. Metod istraživanja predviđa uspostavljanje minimalno dva merna preseka. Gornja granica broja formiranih preseka, nije striktno definisana, ali je ograničena primenjom

tehnikom i prihvatljivim stepenom uticaja istraživanja na realizaciju procesa u zoni raskrsnice.

Video tehnika prikupljanja podataka je u suštini jednostavna i podrazumeva proces kontinualnog video snimanja zone raskrsnice, u kojoj dolazi do nastajanja vremenskih gubitaka [6].

#### **4.3 METODA INDIREKTOG ISTRAŽIVANJA VREMENSKIH GUBITAKA**

Metoda indirektnog istraživanja vremenskih gubitaka zasnovana je na analizi procesa nailaska i napuštanja raskrsnice. Predmet neposrednog istraživanja je broj vozila koji nailazi na raskrsnicu, odnosno broj vozila koji napušta liniju zaustavljanja, posmatrano u sukcesivnim intervalima vremena definisane dužine trajanja. Prikupljanje podataka obavlja postupkom neposrednog posmatranja procesa, primenom manuelne tehnike. Metoda istraživanja je bazirana na narednim postavkama i ograničenjima [23]:

- Minimalna dužina perioda istraživanja iznosi 15 minuta;
- Preporučena vrednost intervala snimanja iznosi 10 sekundi, sa tim da se u uslovima manjih vrednosti stepena zasićenja mogu koristiti i kraći intervali;
- Istraživanje započinje u trenutku pojave crvenog signalnog pojma, u uslovima nepostojanja inicijalnog reda vozila;
- Pozicija preseka u kome se snima broj vozila koji nailazi na raskrsnicu, mora da se nalazi izvan zone u kojoj dolazi do formiranja reda vozila;
- Vreme putovanja idealnom trajektorijom, dobija se na osnovu prosečne vrednosti vremena putovanja između posmatranih tačaka za sve putanje koje su se realizovale bez zaustavljanja.

Prosečna vrednost ukupnih vremenskih gubitaka, dobija se primenom naredne relacije.

$$d = \frac{[t_m \cdot (\sum X_{i\text{arr}} - \sum X_{i\text{dep}})]}{\sum X_{i\text{dep}}} - t_t \quad (4-1)$$

$d$  – prosečni vremenski gubici (s/voz)

$t_m$  – dužina intervala u kome se vrši pojedinačno snimanje (s)

$X_{i\text{arr}}$  – broj vozila koji prilazi na raskrsnicu tokom jediničnog intervala snimanja (voz)

$X_{i\text{ dep}}$  – broj vozila koji napušta raskrsnicu tokom jediničnog intervala snimanja (voz)

$t_i$  – prosečno vreme putovanja bez gubitaka između uspostavljenih preseka (s)

#### **4.4 METODA ISTRAŽIVANJA VREMENSKIH GUBITAKA U PRIRUČNIKU HCM 2010**

Metoda istraživanja vremenskih gubitaka u HCM-u [67], pripada grupaciji metoda kombinovanog indirektnog, pristupa utvrđivanja ukupnih vremenskih gubitaka. Istraživanje se bazira na neposrednom posmatranju procesa nastajanja i rasformiranja reda u definisanim vremenskim serijama. Primena metoda se zasniva na narednim postavkama:

- Metoda je isključivo namenjena istraživanju vremenskih gubitaka u uslovima nezasićenog saobraćajnog toka, pri dužinama redova od maksimalno 20-25 vozila;
- Metodom nije direktno obuhvaćeno utvrđivanje gubitaka koji nastaju tokom procesa ubrzanja i usporenja;
- Metoda zahteva procenu ili utvrđivanje vrednosti slobodne brzine na prilazu raskrsnici.

Istraživanja na raskrsnici, odnosno njenom prilazu ili saobraćajnoj traci, započinju u trenutku pojave crvenog signalnog pojma, u uslovima ne postojanja inicijalnog reda vozila. U postupku istraživanja prikupljaju se naredni podaci:

- Broj vozila u redu, u definisanim vremenskim presecima (preporuka za izbor dužine vremenskih intervala snimanja iznosi 10-20 sekundi);
- Saobraćajni zahtev na prilazu raskrsnici;
- Ukupan broj vozila koja su se bar jedanput zaustavila pred svetlosnim signalom tokom celokupnog perioda istraživanja. Veći broj zaustavljanja od strane istog vozila se ne multiplicira u procesu istraživanja;

U okviru metoda, između istraživanih veličina, su uspostavljene naredne relacije:

$$T_Q = \left( t_i \cdot \frac{\sum V_{ig}}{V_T} \right) \cdot 0.9 \quad (4-2)$$

$T_Q$ -prosečno vreme koje vozilo provede u redu (s/voz)

$t_i$ -dužina jediničnog intervala u kojoj se vrši snimanje dužine reda (s)



$\Sigma V_{ig}$ -suma broja vozila u redu snimljenih po jediničnim intervalima (voz)

$V_T$ - saobraćajni zahtev tokom perioda posmatranja (voz/h)

0.9- empirijski utvrđena vrednost korektivnog faktora

Primena korektivnog faktora direktno je vezana za grešku koja nastaje primenom metode, u smislu precenjivanja empirijski utvrđene vrednosti gubitaka. Komponenta vremenskih gubitaka koja se odnosi na proces usporenja i ubrzanja vozila utvrđuje se korišćenjem naredne relacije:

$$V_{SLC} = \frac{V_{stop}}{N_C \cdot N_L} \quad (4-3)$$

$V_{SLC}$  -ukupan broj zaustavljenih vozila po traci tokom ciklusa (voz)

$V_{STOP}$  - ukupan broj zaustavljenih vozila tokom čitavog perioda posmatranja (voz)

$N_C$ -ukupan broj ciklusa tokom perioda istraživanja (-)

$N_L$ - broj saobraćajnih traka na prilazu obuhvaćenih istraživanjem (-)

Procenat zaustavljenih vozila tokom perioda istraživanja utvrđuje se narednim izrazom:

$$FVS = \frac{V_{stop}}{V_T} \quad (4-4)$$

Konačno, prosečna vrednost vremenskih gubitaka tokom perioda posmatranja data je narednom relacijom:

$$d = T_Q + (FVC \cdot CF) \text{ (s/voz)} \quad (4-5)$$

CF -korektivni faktor - metodološki definisana vrednosti u funkciji slobodne brzine na prilazu raskrsnici i ukupnog broja zaustavljenih vozila po traci i ciklusu

*Tabela 4.1 Vrednosti korektivnog faktora CF (Izvor [67])*

Slobodna brzina (mi/h)	Broj zaustavljenih vozila po traci tokom ciklusa (VSLC)		
	≤ 7	8 - 19	20 - 30
≤ 37	+ 5	+ 2	- 2
> 37- 45	+ 7	+ 4	+ 2
> 45	+ 9	+ 7	+ 5

#### **4.5 OCENA AKTUELNIH METODA EKSPERIMENTALNOG ISTRAŽIVANJA VREMENSKIH GUBITAKA**

Metoda „plutajućeg vozila“ omogućava potpuno, direktno eksperimentalno utvrđivanje vremenskih gubitaka. Osnovni nedostatak primene metode u istraživanju, predstavlja veličina uzorka. Istraživanja, primenom manuelne tehnike prikupljanja podataka, pored osnovnog nedostatka, imaju niz posledičnih, poput:

- Subjektivnosti u postupku istraživanja –posledica procene karakterističnih trenutaka u putanji vozila od strane istraživačkog tima;
- Preciznosti prikupljenih podataka – posledica korišćenja standardnih mernih instrumenata.

Automatska tehnika prikupljanja podataka i primena savremenih mernih instrumenata, daje novu dimenziju preciznosti i detaljnosti snimljenih parametara, u senci konceptualno nerešivog problema veličine uzorka.

Metoda praćenja putanja, u potpunosti istraživački pokriva posmatranu veličinu, kako sa aspekta njene osnovne formulacije, tako i sa aspekta ostvarene veličine uzorka. Metoda u izvornom, tradicionalnom konceptu ima nekoliko nedostataka i to:

- Metoda je vezana primenu manuelne tehnike prikupljanja podataka, što povlači subjektivnost u realizaciji istraživanja.
- Primenuje se u fiksno definisanom prostoru istraživanja, odnosno ne prati realnu prostornu dinamiku nastajanja vremenskih gubitaka;
- Metoda nije namenjena za istraživanja u širem dijapazonu uslova u saobraćajnom toku;
- Neposredna realizacija istraživanja podrazumeva uzurpiranje prostora istraživanja, što može uticati na promenu ponašanja vozača i objektivnost dobijenih rezultata;
- Detaljnost dobijenih rezultata direktno zavisi od broja uspostavljenih presečnih linija, koje, iz praktičnih razloga, ne mogu biti postavljene na relativno bliskim rastojanjima.

Tehnika video, ili aero foto snimanja, u okviru analiziranog metoda, pored generalne jednostavnosti u neposrednoj primeni, ima osnovna ograničenja, sa aspekta:

- Tehničke mogućnosti primene;
- Obrade podataka (formiranja baze podataka u istraživanju).

Metoda iz HCM 2010 eksperimentalno indirektno pokriva samo jednu komponentu ukupnih vremenskih gubitaka - gubitke koji nastaju kao posledica potpunog zaustavljanja vozila. Empirijska transformacija i nadogradnja pomenute komponente na nivo ukupnih gubitaka, ne predstavlja hendikep posmatrane metode, ali hipotetički ne može biti apsolutno prihvatljiva i opšte primenjiva u okviru različitih saobraćajnih sistema. Takođe, formirana metoda je primenjiva samo u ograničenom broju slučajeva, definisanih stanjem saobraćajnog toka koji ispunjava postavke metode.

Prikazana metoda neposrednog indirektnog istraživanja vremenskih gubitaka ne zavređuje poseban komentar, imajući u vidu da konceptijski ne pokriva istraživanu veličinu.

Zaključak je da niti jedna od prikazanih metoda ne obezbeđuje univerzalni postupak eksperimentalnog utvrđivanja ukupnih gubitaka, iz nekog od navedenih razloga:

- Nepotpuni istraživački pristup u posmatranju veličine – istraživanja su usmerena na deo procesa, komponentu vremenskih gubitaka zaustavljenog vozila, dok se vrednost ostalih komponenti utvrđuje empirijski, na bazi formiranih relacija. Ovakav koncept predstavlja nesporn, legitiman pristup u procesu utvrđivanja posmatrane veličine. Empirijska iskustva po pitanju vrednosti parametra procesa, u okviru komponenti koje predstavljaju predmet procene, razlikuju se kod različitih autora (Poglavlje 3.10)
- Indirektan pristup utvrđivanju gubitaka – predmet neposrednog istraživanja su parametri procesa koji se dovode u relaciju sa vrednostima ukupnih gubitaka;
- Veličine uzorka u istraživanju;

- Objektivnosti dobijenih rezultata; tačnost i pouzdanost prikupljenih podataka, primenom dominantnih tehnika istraživanja;
- Mogućnosti primene u različitim uslovima realizacije saobraćajnog procesa na raskrsnici.

## **5 METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA PARAMETARA PROCESA KRETANJA VOZILA**

### **5.1 PREDMET I CIJ ISTRAŽIVANJA**

Osnovni predmet eksperimentalnog istraživanja su parametri kretanja vozila u zoni signalisane raskrsnice, u uslovima stanja nezasićenog saobraćajnog toka. Realna trajektorija vozila (opisana parametrima kretanja), sa aspekta gubitaka, ima dva segmenta realizacije; kretanje bez vremenskih gubitaka, odnosno sa gubicima. Stoga su, iz osnovnog predmeta istraživanja, izdvojena dva parcijalna:

- Parametri procesa kretanja vozila u kojima dolazi do nastajanja vremenskih gubitaka;
- Vrednost brzine na prilazu raskrsnici (uslovno ravnomerne brzine kretanja bez gubitaka), kao ključni parametar za utvrđivanje „idealne“ trajektorije.

Istraživanja su realizovana sa dvostepenim ciljem:

- Donošenje potpunijih, objektivnijih i preciznijih zaključaka po parcijalnim predmetima istraživanja;
- Stvaranje naučne osnove za formiranje metoda eksperimentalnog istraživanja vremenskih gubitaka na signalisanoj raskrsnici.

Zadaci u postupku istraživanja su naredni:

- Obezbediti postupak eksperimentalnog utvrđivanja trajektorija vozila, visokog nivoa detaljnosti i preciznosti,
- Utvrditi granične uslove (sa aspekta vrednosti parametara kretanja) za nastajanje vremenskih gubitaka;
- Analizirati karakteristike procesa kretanja sa vremenskim gubicima;
- Kvantifikovati vrednosti parametara procesa kretanja u uslovima nastajanja vremenskih gubitaka;
- Utvrditi uticaj parametara procesa kretanja na vrednost vremenskih gubitaka;

- Utvrditi potencijalne zavisnosti između osnovnih parametara kretanja vozila i ostalih parametara saobraćajnog procesa;
- Definirati prostor, zonu raskrsnice, u kojoj dolazi do nastajanja vremenskih gubitaka;

## **5.2 LOKACIJE ISTRAŽIVANJA**

Lokacije istraživanja, prilazi signalisanim raskrsnicama, moraju da ispunjavaju naredne metodološki definisane uslove i ograničenja:

- Postojanje posebne saobraćajne trake namenjene toku pravo;
  - Isključiv uticaj primenjenog načina upravljanja na parametre kretanja vozila u zoni raskrsnice.
- Način upravljanja na raskrsnici
  - isključivo, upravljanje radom putem svetlosnih signala;
  - individualnost načina rada svetlosnih signala (nezavisan rad u odnosu na rad signala na susednim raskrsnicama) – (preduslov realizacije slučajnog nailaska vozila na raskrsnicu);
  - determinisani, fiksni parametri rada svetlosnih signala (dužina ciklusa i trajanje zelenog) tokom perioda istraživanja.
- Odgovarajuća struktura saobraćajnog toka;
  - homogeni tok putničkih automobila, odnosno u realnim okolnostima, minimalno učešće komercijalnih vozila, naročito onih većeg gabarita i lošijih tehničko-eksploatacionih karakteristika.
- Odgovarajuća dužina prilaznog i izlaznog kraka raskrsnice (svojevrna izolovanost raskrsnice/prilaza u sistemu);
  - mogućnost formiranja prostora istraživanja u kome se ostvaruju svi segmenti realizacije realne trajektorije vozila.
- Homogenost uslova na prilazu i izlazu raskrsnice, u prostoru istraživanja;
  - prilazni i izlazni krak moraju biti deo iste deonice, na kojoj je zbog prisustva raskrsnice, očekivana realizacija prekinutog toka.
- Nesmetana realizacija procesa formiranja i pražnjenja reda;
  - mala verovatnoća prekidanja saobraćajnog toka na prilazu i izlazu raskrsnice prouzrokovana manifestacijama u okruženju (parkiranje,

zaustavljanje vozila javnog prevoza, neregularna skretanja, promene saobraćajne trake u zoni raskrsnice, obilaženja, neregularni prelazak pešaka i sl.)

- Građevinske karakteristike raskrsnice;
  - raskrsnica mora biti projektovana i izvedena prema normama, propisima i standardima koji su uobičajeni u lokalnim uslovima. Potrebno je da ima pravilnu ili približno pravilnu geometriju krakova i prilaza raskrsnici, odnosno da ne predstavlja specifično saobraćajno i građevinsko rešenje.

### **5.3 PERIOD ISTRAŽIVANJA**

Period realizacije istraživanja definisan je na osnovu metodoloških uslova istraživanja osnovnog predmeta, ograničenja sa aspekta primenjene metode i tehnike istraživanja i generalnih preporuka koje se odnose na realizaciju saobraćajnih istraživanja.

Predmet istraživanja se, prema definisanoj metodologiji, istražuje u nezasićenim stanjima. Manifestaciju definisanih uslova u istraživanju možemo formulisati na naredni način: Maksimalna dužina reda koja se formira na raskrsnici (saobraćajnog traci pravo) u trenutku pojave zelenog signalnog pojma, mora biti takva, da se red formiran tokom crvenog signalnog pojma u potpunosti opsluži tokom pripadajućeg zelenog (gornja granica realizacije nezasićenih stanja), odnosno minimalna dužina reda mora biti takva, da proces njegovog pražnjenja iskazuje osnovnu zakonomernost koja se odnosi na zasićeni saobraćajni tok (postojanje inicijalnog reda vozila).

U uslovima fiksnih parametara rada svetlosnih signala, isključiv uticaj na stanja realizacije procesa, ima vrednost saobraćanog zahteva. Stoga, neposredna istraživanja treba realizovati u periodima dana u kojima postoji minimalna verovatnoća pojave stanja zagušenja (vanvršni periodi).

Ograničenja sa aspekta metode i tehnike istraživanja korišćena su kao kriterijum za utvrđivanje maksimalne dužine trajanja jedinstvenog perioda istraživanja. Prema preporukama, istraživanja ovog tipa, ograničena su na period od 90 minuta.

Formiranje većeg uzorka u istraživanju, imajući u vidu prethodno ograničenje, zahteva ponavljanje istraživanja tokom više jedinstvenih perioda.

Na osnovu navedenih uslova i ograničenja, period realizacije istraživanja je formiran kao multihorizontski, na naredni način:

- Jedinstveni period istraživanja –period vremena ukupne dužine od maksimalno 90 minuta, lociran u delu vanvršnog perioda, tokom prosečnog radnog dana (utorak, sreda, četvrtak), u merodavnom mesecu (april, maj, septembar, oktobar), u uobičajenim meteo uslovima (prosečna temperatura, dobra vidljivost, bez atmosferilija i sl.) ;
- Ukupan period realizacije istraživanja – period vremena, u danima, tokom koga se realizuju istraživanja po jedinstvenim periodima.

Osnovni uslov agregacije jedinstvenih u ukupan period istraživanja je da su u svim periodima preovlađuju isti ili slični uslovi realizacije procesa, uz prisustvo konstantnih parametara rada svetlosnih signala.

## **5.4 DEFINISANJE POKAZATELJA I NAČIN NJIHOVOG UTVRĐIVANJA**

### **5.4.1 Osnovni parametri procesa kretanja vozila**

Trajektorija vozila, u prostoru istraživanja, predstavlja realizaciju pravolinijskog, neravnomernog kretanja i u potpunosti je opisana vrednostima četiri parametra - vreme, brzina, pređeni put i ubrzanje. U konceptu metodologije istraživanja, parametar vreme ima u potpunosti drugojačiji tretman, u odnosu na standardne postavke. U standardnim metodologijama vreme predstavlja predmet direktnog merenja, vezano za dostizanje/prolazak karakterističnih tačaka u putanji vozila. U primenjenom pristupu, ono figuriše pasivno, u smislu postojanja kontinualne vremenske ravni, u okviru koje se snimaju ostali parametra kretanja vozila.

Formiranjem osnovne pretpostavke, da se kretanje vozila tokom jedinične vremenske serije (jedne sekunde) može smatrati ravnomernim ubrzanim/usporenim kretanjem, postupak potpunog opisivanja trajektorije, pored vremena, zahteva merenje još jednog parametra. Kao veličina koja se može



direktno utvrditi istraživanjem, koristi se brzina kretanja vozila. Vrednosti ostalih parametra kretanja, dobijaju se primenom standardnih matematičkih relacija:

$$S = \frac{V_{t+1} + V_t}{2} \text{ (m)} \quad (5-1)$$

$$a = V_{t+1} - V_t \text{ (m/s}^2\text{)} \quad (5-2)$$

S - pređeni put (m)

a - usporene/ubrzanje (m/s<sup>2</sup>)

V<sub>t</sub> - brzina vozila u trenutku t (m/s)

V<sub>t+1</sub> - brzina vozila u trenutku t+1 (m/s)

#### **5.4.2 Brzina na prilazu raskrsnici**

Brzina na prilazu raskrsnici (brzina realizacije idealne putanje u realnim uslovima), kao osnovni predmet eksperimentalnih istraživanja, metodološki je definisana kao vrednost uslovno ravnomerne eksploatacione brzine vozila u zoni u kojoj ne postoje uticaji niti posledice primenjenog načina upravljanja. U istraživanjima, vrednost brzine se utvrđuje postupkom analize trajektorija vozila. Vrednost eksploatacione brzine idealne trajektorije definisana je kao prostorna brzina vozila na prilazu raskrsnici, u periodu od n sekundi pre trenutka u kome započinje proces usporenja (za trajektorije sa komponentom usporenja), odnosno trenutka dostizanja linije zaustavljanja (za putanje bez komponente usporenja). Na nivou toka, vrednost brzine na prilazu raskrsnici dobija se kao aritmetička sredina prostornih brzina svih pojedinačnih trajektorija.

$$V_{sj} = \frac{S_j}{t_j} \text{ (m/s)} \quad (5-3)$$

$$V_s = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n V_{sj} \text{ (m/s)} \quad (5-4)$$

V<sub>sj</sub> - prostorna brzina pojedinačnog, j-tog vozila na prostoru S<sub>j</sub>, koji se savladava za unapred definisano vreme t<sub>j</sub>

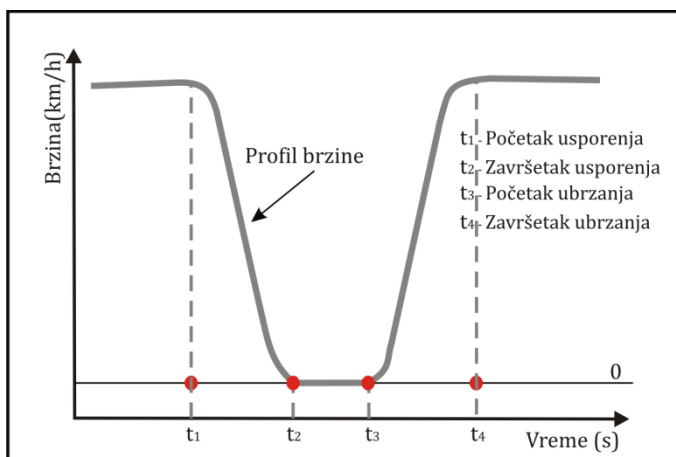
V<sub>s</sub> - srednja prostorna brzina saobraćajnog toka, dobijena kao aritmetička sredina prostornih brzina pojedinačnih trajektorija vozila

n - ukupan broj snimljenih trajektorija

#### **5.4.3 Granični uslovi za nastajanje vremenskih gubitaka**

Putanja vozila opisana je nizom sukcesivnih tačaka parova vrednosti osnovnih parametra kretanja vozila (najčešće, vreme-brzina). Kritične tačke u okviru

trajektorije vozila, predstavljaju prostorno i vremenski jedinstveno definisanu granicu između realizacija dva različita procesa kretanja (odnosno, pripadajućih komponenti gubitaka). Realna putanja, u metodološki definisanim uslovima istraživanja, može sadržati maksimalno četiri (putanje sa zaustavljanjem), odnosno minimalno nijednu kritičnu tačku (putanje uslovno ravnog kretanja).



Slika 5.1 Kritične tačke u putanji sa zaustavljanjem

Metodološki posmatrano, problem identifikacije kritičnih tačaka svodi se na postupak utvrđivanja granica (graničnih vrednosti parametara) između dva procesa: uslovno ravnog kretanja i procesa usporavanja/ubrzanja, odnosno ulaska i izlaska iz procesa nastajanja vremenskih gubitaka.

U okviru istraživanja Mousa (Mousa 2002.) [44], je kao kriterijum za utvrđivanje kritičnih tačaka koristio definisani prag promene brzine (1-1.5 m/s), između susednih, uspostavljenih presečnih linija (Poglavlje 4.2). U istraživanjima Kuroge i Buloka (Quiroga & Bullock 1999.) [53] postupak identifikacije kritičnih tačaka, definisan je narednom relacijom:

$$a = I \cdot a_i, \text{ gde } I = 1 \text{ ukoliko je } \frac{1}{n} \left[ \sum_i^n a \right] > \text{granične vrednosti} \quad (5-5)$$

u suprotnom  $a = 0$

Ukoliko je suma realizovanih vrednosti usporavanja/ubrzanja u  $n$  uzastopnih snimanja (period pojedinačnog snimanja je jedna sekunda) manja od pragom definisane vrednosti, kretanje vozila u tom periodu se može oceniti kao ravnomerno, odnosno u suprotnom, kao ravnomerno usporeno/ubrzanje. Ključni

elemenat u postupku utvrđivanja, numerički definisan prag vrednost usporenja/ubrzanja, nije prikazan u okviru istraživanja.

U analizi trajektorija, često se koriste i prosta pravila za utvrđivanje kritičnih tačaka. Iako ne postoji praktična potpora datim preporukama, kod određenog broja autora [53], formiran je uslov da se kretanje može smatrati uslovno ravnomernim, ukoliko brzina tokom intervala od 5 sekundi ne varira za više od 5 km/h.

Na osnovu navedenog, može se zaključiti da je postupak utvrđivanja kritičnih tačaka u putanji vozila baziran na metodološki uspostavljenim, graničnim vrednostima usporenja/ubrzanja.

U okviru metodologije istraživanja, u postupku utvrđivanja kritičnih tačaka-granica između komponenti gubitaka, koriste se dva pokazatelja: granična vrednosti usporenja/ubrzanja i dužina trajanja (kontinuitet) procesa u istim okolnostima. Vrednosti pokazatelja, utvrđene istraživanjem, prikazane su u okviru analize rezultata.

#### **5.4.4 Vremenski gubici u procesu kretanja vozila**

Vremenski gubitak u realizaciji trajektorije (ili dela trajektorije koja pripada odgovarajućem procesu kretanja), utvrđuje se poređenjem realne vrednosti vremena putovanja, sa vremenom realizacije jedinstvene, idealne trajektorije kretanja. Postupak utvrđivanja vremenskih gubitaka sastoji se iz narednih koraka:

1. Utvrđivanje kritičnih tačaka (granica između komponenti vremenskih gubitaka), analizom profila brzina vozila
2. Utvrđivanje realnih vrednosti vremena putovanja između kritičnih tačaka
3. Utvrđivanje vrednosti idealnih vremena putovanja između kritičnih tačaka
4. Utvrđivanje vrednosti vremenskih gubitaka za svaku komponentu gubitaka u okviru pojedinačne trajektorije (razlika idealnog i realnog vremena putovanja između kritičnih tačaka)
5. Utvrđivanje prosečne vrednosti gubitaka za svaku komponentu (aritmetička sredina vrednosti vremenskih gubitaka pripadajuće komponente).

## **5.5 METODA ISTRAŽIVANJA**

Metoda eksperimentalnog istraživanja bazirana je na metodi plutajućeg vozila, uz određene modifikacije i prilagođavanja osnovnim predmetima istraživanja. Postupak istraživanja realizuje se kroz dva koraka i to:

- Priprema za istraživanja;
- Realizacija istraživanja u okviru jedinstvenog perioda.

Priprema za istraživanje, podrazumeva detaljno definisanje prostora istraživanja u okviru konkretne lokacije. Prostor istraživanja predstavlja jedinstvenu zonu u okviru prilaznog i izlaznog kraka raskrsnice, u kojoj se realizuje kompletna trajektorija vozila. U daljem postupku, utvrđuju se početna i krajnja tačka snimanja, kao granice šire prostorne celine, u odnosu na prethodno uspostavljenu. Početna tačka snimanja, predstavlja presek na prilazu raskrsnici, u kome započinje pojedinačno istraživanje, odnosno u kojoj dolazi do uključivanja plutajućeg vozila u prostor istraživanja. Shodno prethodnom, završna predstavlja presek na izlaznom kraku raskrsnice, u kome vozilo završava istraživanje i započinje realizaciju „nulte vožnje“, do početne tačke snimanja. Formirani prostor, sa aspekta načina kretanja plutajućeg vozila, možemo podeliti na naredne zone:

- Zona uključivanja vozila u eksperiment, tzv. pripremna zona. U ovoj zoni se plutajuće vozilo diskretno uključuje u tok, prilagođava parametre svog kretanja pripadajućem toku i postaje njegov jedinstveni deo;
- Ulazna zona ili zona kretanja bez vremenskih gubitaka, vrednostima uslovno ravnomerne brzine (brzine na prilazu raskrsnici);
- Zona nastajanja vremenskih gubitaka;
- Izlazna zona ili zona potpune eliminacije uticaja raskrsnice na parametre kretanja vozila;
- Zona izlaska iz pojedinačnog snimanja;

Prostor istraživanja, shodno prethodnom razmatranju, mora obuhvatiti sve pomenute zone, ali sa druge strane, ne sme biti ni previše dugačak, kako bi se obezbedilo snimanje većeg broja trajektorija u okviru jedinstvenog perioda

istraživanja. Optimizacija prostora, postiže se redukcijom prve, odnosno poslednje zone.

Postupak istraživanja u okviru jedinstvenog perioda je cikličnog karaktera i sastoji se iz narednih koraka:

1. Pozicioniranje vozila u zoni početne tačke istraživanja
2. Uključivanje merne opreme od strane vozača-istraživača
3. Započinjanje pojedinačnog u nizu snimanja – uključivanje u saobraćajni tok i realizacija kretanja na način definisan metodom istraživanja;
4. Evidentiranje karakterističnog događaja od strane vozača-istraživača.  
Karakterističan događaj definisan je činom prolaska zadnje osovine vozila preko linije zaustavljanja
5. Isključivanje vozila iz istraživanja u završnoj tački (završetak pojedinačnog snimanja)
6. Povratak na početnu poziciju
7. Ciklično ponavljanje koraka 1,3,4,5,6
8. Završetak jedinstvenog perioda istraživanja-isključivanje merne opreme, snimanje podataka u jedinstvenu bazu.

Dužina perioda istraživanja, prema predloženom metodu, je ograničena sa aspekta subjekta u realizaciji istraživanja. Složenost i cikličan karakter postupka vremenom dovodi do premora i pada koncentracije vozača evidentičara. Preporučena dužina jedinstvenog perioda istraživanja, na osnovu subjektivne procene, iznosi maksimalno 60 do 90 minuta.

## **5.6 VELIČINA UZORKA**

Veličina uzorka, u kontekstu metodologije istraživanja, ima sekundarnu ulogu. Proces kretanja vozila, sa aspekta komponenti u kojima dolazi do nastanka vremenskih gubitaka (proces usporenja i ubrzanja), predstavlja pojavu na čiju realizaciju istovremeno utiče veći broj slučajno promenljivih veličina. Istovremeni uticaj svih slučajnih promenljivih, posmatrano na nivou čitavog saobraćajnog toka (većeg broja procesa), rezultuje nizom pojedinačnih procesa, (okarakterisanih

pripadajućim vrednostima diskretnih slučajnih promenljivih –ubrzanje i vreme trajanja procesa), između kojih ne postoji statistički značajna razlika. Uticaj veličine uzorka, u takvoj postavci, postoji samo na nivou utvrđivanja prosečnih vrednosti parametara, u smislu ostvarivanja manje vrednosti standardnog odstupanja od utvrđene srednje vrednosti.

Ukoliko bi predmet istraživanja bila vrednost ukupnih vremenskih gubitaka, na čiji kvantum dominantno utiče veličina diskretne slučajne promenljive - trenutak nailaska vozila u okviru ciklusa, postupak utvrđivanje veličine merodavnog uzorka predstavljao bi neophodnu stavku u okviru metodologije istraživanja.

Imajući u vidu činjenicu da veličina uzorka ima uticaja samo na nivo preciznosti dobijenih rezultata, opredeljenje kandidata je da se u jedinstvenom periodu realizacije istraživanja, obezbedi formiranje „maksimalno moguće“ (u svakom slučaju-merodavne) veličine uzorka.

Problem formiranja većeg uzorka moguće je praktično rešiti kombinacijom dva različita pristupa:

- direktnim, ponavljanjem istraživanja u istom prostoru, u sličnim uslovima realizacije saobraćajnog procesa;
- indirektnim, koji se odnosi na izbor odgovarajuće lokacije istraživanja.

Veličina uzorka u realizaciji istraživanja može se povećati ponavljanjem postupka istraživanja u više separatih, jedinstvenih perioda. (preduslov - slični uslovi u realizaciji saobraćajnog procesa u posmatranim periodima)

Sa druge strane, izborom lokacije istraživanja, sa aspekta konfiguracije mreže u kojoj egzistira, gustine čvorova, režima saobraćaja i saobraćajnih uslova u zoni, mora da se obezbedi minimalno moguće trajanje nulte vožnje tokom realizacije snimanja. „Maksimalno mogući broj snimljenih trajektorija tokom trajanja jedinstvenog perioda istraživanja“, indirektno vezan za izbor lokacije istraživanja, predstavlja dodatni, metodološki uspostavljen uslov za obezbeđivanje maksimalno moguće veličine uzorka.

## **5.7 MERNI OPREMA ZA ISTRAŽIVANJA**

Izbor tehnike prikupljanja podataka i merni instrumentat, predstavljaju ključne elemente za ostvarivanje formiranih ciljeva i zadataka u eksperimentalnim istraživanjima. Formirani instrument se, u fizičkom smislu, sastoji iz dve komponente:

- GPS prijemnika i njegove veze sa eksternim uređajima;
- Prenosivog računara sa posebno formiranim programom za prijem, obradu i čuvanje snimljenih podataka.



*Slika 5.2 Osnovna komponenta instrumenta – GPS prijemnik sa vezom ka eksternoj komponenti*

Osnovne karakteristike GPS prijemnika, (korišćen prijemnik „Garmin, serije 18“), značajne za postupak prikupljanja podataka, su naredne:

- Interval obrade informacija sa satelita, odnosno slanja paketa informacija ka eksternom uređaju (prenosivi računar) – 1 sekunda;
- Preciznost utvrđivanja realne pozicije na osnovu očitavanja koordinata – manja od 15 metara;
- Preciznost očitavanja brzine kretanja – 0.1 čvor (1 čvor – 1,1507 km/h)

Prijemnik, u postupku prikupljanja podataka, ima tri osnovne funkcije:

- Komunikacija i prijem podataka sa satelita;
- Obrada podataka i formiranje seta izlaznih podataka. (prijemnik ima mogućnost formiranja više setova podataka (tipova zapisa), međusobno različitih po broju i vrsti snimljenih parametara);
- Slanje izabranog seta/setova podataka ka periferiji.

U istraživanju korišćen je tip zapisa RMC (Recommendet Minimum Specific), koji obezbeđuje standardni set od 11 parametara (podataka).

Tabela 5.1 Set podataka sa GPS prijemnika - forma zapisa RMC

RB	Naziv parametra
1	UTC (Coordinated Universal Time) u formi sat:minut:sekund
2	Status prijemnika (sprema za rad ili zagrevanje)
3	Latituda pozicije (u formi stepen, minut sa preciznošću na tri decimale)
4	Latituda hemisfere (severna ili južna)
5	Longituda pozicije (u formi stepen, minut sa preciznošću na tri decimale)
6	Longituda hemisfere (zapad ili istok)
7	Brzina kretanja (u čvorovima)
8	Kurs kretanja (0-360 stepeni u odnosu na sever)
9	UTC datum ( u formi dan, mesec, godina)
10	Magnetna varijacija (0-180 stepeni)
11	Smer magnetne varijacije (istok ili zapad)

Tabela 5.2 Primer izvorne forme podataka sa prijemnika

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
092120	A	4446.90	N	02028.03	E	029.7	161.7	220911	003.3	E*75
<p>092121,A,4446.8946,N,02028.0429,E,030.3,161.8,220911,003.3,E*7E</p> <p>092122,A,4446.8865,N,02028.0465,E,030.8,162.7,220911,003.3,E*72</p> <p>092123,A,4446.8782,N,02028.0502,E,031.0,162.2,220911,003.3,E*79</p> <p>092124,A,4446.8700,N,02028.0539,E,030.7,162.2,220911,003.3,E*7A</p> <p>092125,A,4446.8618,N,02028.0576,E,030.8,162.3,220911,003.3,E*76</p> <p>092126,A,4446.8538,N,02028.0614,E,030.3,161.6,220911,003.3,E*7E</p>										

Na osnovu prikazanih karakteristika GPS prijemnika, razlog metodološkog izopštavanja parametra pozicije vozila (pređenog puta, kao osnovnog parametra kretanja) (Poglavlje 5.4.1), može se argumentovati narednim činjenicama:

- Pređeni put vozila ne predstavlja veličinu koja se direktno utvrđuje merenjem. On se može dobiti kao rezultat naknadnog proračuna dužina između sukcesivno snimljenih pozicija (geografskih koordinata), uz aproksimaciju da se trajektorija vozila (sa aspekta pređenog puta) može opisati nizom duži, između snimljenih pozicija;
- Karakteristike mernog instrumenta ne obezbeđuju zadovoljavajuću preciznost utvrđivanja parametra (deklarisana greška manja od 15 metara).



Prenosivi računar sa pratećim programom (program predstavlja autorsko delo Laboratorije za regulisanje saobraćaja), u postupku prikupljanja podataka, ima naredne funkcije:

- Ostvarivanje komunikacione komponente, između fizičkih elemenata merne opreme;
- Realizacija metodom definisanih zadataka u postupku prikupljanja podataka (suštinska funkcija u postupku eksperimentalnog istraživanja);

U okviru komunikacione komponente definiše se protokol, tip zapisa koji su predmet komunikacije i vrši dekodiranje izvorne strukture podataka sa prijemnika.

Funkcije programa, u postupku prikupljanja podataka su naredne:

- Prijem podataka sa GPS prijemnika, formiranje vremenske baze u okviru programa i njeno povezivanje sa aktuelnim vremenom (UTC);
- Prikaz izlaznih podataka na ekranu prenosivog računara (vreme i brzina kretanja);
- Evidentiranje „značajnih“ trenutaka tokom realizacije istraživanja; ova funkcija je od ključnog značaja u postupku prikupljanja podataka, jer obezbeđuje da se iz seta podataka koji kontinuirano pristižu, evidentiranju i klasifikuju događaji koji su od značaja za kasniju analizu i segregaciju podataka (prolazak linije zaustavljanja, početak ili završetak pojedinačnog snimanja, prelazak na narednu deonicu kod snimanja na potezu i sl.). Svojevrsnim postupkom „spuštanja“ snimljenih parova podataka u prostor istraživanja (njihovo vezivanje za presek saobraćajnice, u konkretnim istraživanjima- liniju zaustavljanja), u daljoj obradi omogućava identifikaciju i izdvajanje svake pojedinačne trajektorije ostvarene tokom jedinstvenog perioda realizacije istraživanja;
- Delimična obrada podataka, koji se obuhvata naredne radnje:
  - Izvlačenje parova podataka (vreme, brzina) iz generalnog seta;
  - Konverzija podataka (prikaz realnog vremena u lokalnoj vremenskoj zoni, vrednosti brzine u m/s, odnosno km/h);
  - Proračunavanje parametara pređenog puta i ubrzanja (na osnovu relacija definisanih u okviru metodologije).

- Formiranje baze podataka u formi pogodnoj za njenu dalju obradu (Microsoft Excell).

## **5.8 ORGANIZACIJA ISTRAŽIVANJA**

Za istraživanja su predložene tri lokacije, raskrsnice, odnosno saobraćajne trake na prilazima raskrsnici i to:

- Raskrsnica Ulica Omladinskih brigada-Bulevar Zorana Đinđića (u daljem tekstu „DJ“), na Novom Beogradu, prilaz iz Ulice Omladinskih brigada, smer ka autoputu, krajnja leva saobraćajna traka namenjena toku pravo;
- Raskrsnica Ulica Bulevar Oslobođenja-Banjički venac, (u daljem tekstu „BO“) na Voždovcu, prilaz Bulevara oslobođenja, smer ka Trošarini, saobraćajna traka pravo;
- Raskrsnica Ulica Tošin Bunar-Pariske Komune (u daljem tekstu „TB“), smer ka novom Beogradu, saobraćajna traka pravo.

Terenska istraživanja na izabranim lokacijama, sprovedena su u dve faze i to:

- Pripremna, test ili pilot istraživanja;
- Glavna, osnovna istraživanja;

Pilot istraživanja su sprovedena iz narednih razloga:

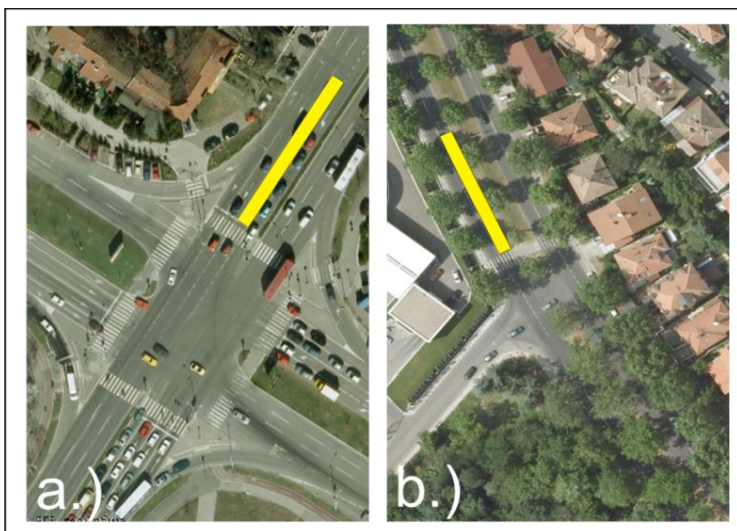
- Provera praktične primenljivosti predložene metodologije eksperimentalnih istraživanja;
- Provera ispunjenosti metodoloških uslova za realizaciju istraživanja na konkretnim lokacijama;

Pripremna istraživanja su obuhvatila tri tipa istraživanja:

- Istraživanje parametara kretanja vozila u zoni raskrsnice (testiranje metodologije osnovnih istraživanja);
- Istraživanje procesa nailaska vozila na lokacije istraživanja (testiranje osnovne postavke metodologije koja se odnosi na slučajan nailazak vozila na raskrsnicu). Metod istraživanja zasnovan je na evidentiranju trenutaka pristupanja vozila redu (ulazak u sistem opsluživanja) tokom crvenog signalnog pojma;

- Istraživanje opštih uslova realizacije procesa formiranja i pražnjenja reda na lokacijama istraživanja (Metoda posmatranja procesa, bez primene mernih instrumenata).

Prilaz raskrsnici „TB“, iako ispunjava najveći broj definisanih uslova, eliminisan je iz daljeg istraživanja (nakon realizacije pilot istraživanja), zbog postojanja većeg broja sekundarnih uticaja na proces kretanja vozila u zoni raskrsnice.



Slika 5.3 Prikaz izabranih lokacija istraživanja a.)“DJ“b.)“BO“

Glavnim istraživanjima na izabranim raskrsnicama („DJ“ i „BO“), obuhvaćene su dve grupe istraživanja:

- Istraživanja parametara kretanja vozila u zoni signalisane raskrsnice (primena metodologije osnovnih istraživanja);
- Istraživanja izabranih parametara saobraćajnog procesa (saobraćajno opterećenje i interval sleđenja u procesu napuštanja raskrsnice-zasićeni saobraćajni tok), (primenom standardnih metoda istraživanja [56]).

U narednim tabelama (Tabela 5.3, Tabela 5.4) prikazani su osnovni podaci o realizaciji glavnih istraživanja.

Tabela 5.3 Osnovni podaci o istraživanjima na raskrsnici „DJ“

Broj jedinstvenog perioda istraživanja	1	2	3	4	5
Dan i datum realizacije	utorak 04.10.11.	četvrtak 06.10.11.	utorak 11.10.11.	četvrtak 13.10.11.	utorak 18.10.11.
Trajanje perioda (min)	68	61	70	40	58
Broj ciklusa tokom trajanja perioda	37	33	-	-	-
Broj snimljenih trajektorija	16	15	16	10	14
Protok tokom trajanja perioda (voz)	342	303	-	-	-

\* istraživanja izabranih parametara rađena su samo u okviru dva jedinstvena perioda istraživanja

Tabela 5.4 Osnovni podaci o istraživanjima na raskrsnici „BO“

Broj jedinstvenog perioda istraživanja	1	2	3
Dan i datum realizacije	utorak 20.09.11.	sreda 21.09.11.	četvrtak 22.09.11.
Trajanje perioda (min)	48	41	49
Broj ciklusa tokom trajanja perioda	30	24	30
Broj snimljenih trajektorija	15	12	15
Protok tokom trajanja perioda (voz)	402	313	430

## **6 ANALIZA I SINTEZA REZULTATA ISTRAŽIVANJA**

### **6.1 ANALIZA ISPUNJENOSTI METODOLOŠKIH USLOVA U ISTRAŽIVANJU**

Analiza ispunjenosti metodoloških uslova u realizaciji konkretnih istraživanja, odnosi se na naredne segmente:

- Lokacija istraživanja;
- Period realizacije istraživanja;
- Metod istraživanja i primenjena tehnika prikupljanja podataka.

Rezultati analize treba da daju odgovor o ispunjenosti ključnih metodoloških uslova:

- slučajan nailazak vozila na raskrsnicu (lokaciju istraživanja);
- nezasićena stanja saobraćajnog toka u periodima istraživanja;
- slični uslovi realizacije procesa u separatnim jedinstvenim periodima istraživanja.

Analiza je izvršena na osnovu rezultata pilot istraživanja i dela rezultata glavnih istraživanja (istraživanja saobraćajnog opterećenja).

U okviru analize tipa nailaska vozila na lokacije istraživanja, postavljena je naredna hipoteza: „Prilazi, odnosno saobraćajne trake na lokacijama istraživanja imaju karakter funkcionalne izolovanosti i individualnosti, odnosno nailazak vozila na njih ima karakter slučajnog događaja“. Slučajan karakter događaja „nailazak vozila“, može se opisati Poasonovom raspodelom, odnosno vremenski intervali između realizacija takvih događaja eksponencijalnom raspodelom verovatnoća. Događaj, nailazak vozila na odgovarajući presek saobraćajnice, definisan je činom pristupanja vozila redu (svojevrsni čin ulaska u sistem opsluživanja). U analizi posmatramo samo onaj deo ciklusa u kome dolazi do formiranja reda, uz pretpostavku da je isti takav tip nailaska prisutan i tokom preostalog dela ciklusa. Period efektivnog crvenog je podeljen u 10-to sekundne intervale tokom kojih je evidentiran broj vozila koja su se priključila redu. Verifikacija postavljene

neparametrške hipoteze izvršena je primenom  $\chi^2$  testa. Dobijeni rezultati, po lokacijama, prikazani su u narednim tabelama (Tabela 6.1 i Tabela 6.2).

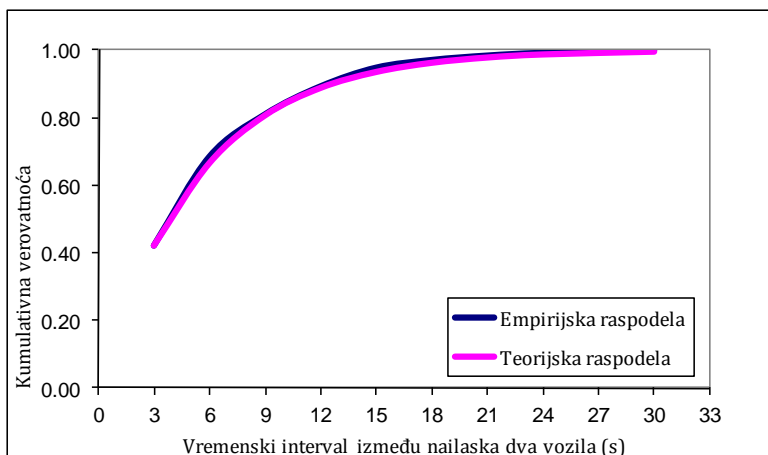
Tabela 6.1 Rezultati  $\chi^2$  testa za raskrsnicu „DJ“

Broj vozila u 10-to sekundnim intervalima (xi)	Empirijske frekvencije intervala kada je naišlo xi vozila (fi)	Teorijske frekvencije po Poasonovom zakonu (fti)	$\frac{fti^2}{fi}$
0	247	252.0	242.1
1	202	201.7	202.3
2	85	81.4	88.8
3	24	21.9	26.3
4	2	4.4	0.9
$\Sigma$	560		560.4
Za vrednost $\lambda=0.81$ i 2 stepena slobode $\chi^2_{0.05}=5.99$ u odnosu na dobijenih $\chi^2=0.4$			

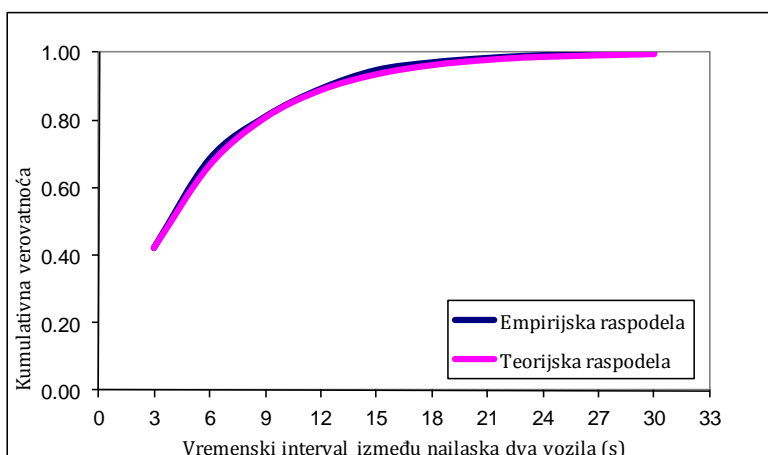
Tabela 6.2 Rezultati  $\chi^2$  testa za raskrsnicu „BO“

Broj vozila u 10-to sekundnim intervalima (xi)	Empirijske frekvencije intervala kada je naišlo xi vozila (fi)	Teorijske frekvencije po Poasonovom zakonu (fti)	$\frac{fti^2}{fi}$
0	73	81.8	65.1
1	135	123.8	147.2
2	87	93.9	80.6
3	56	47.4	66.1
4	18	18.0	18.0
5	3	5.5	1.7
$\Sigma$	372		378.7
Za vrednost $\lambda=1.52$ i 3 stepena slobode $\chi^2_{0.05}=7.81$ u odnosu na dobijenih $\chi^2=6.7$			

Na osnovu rezultata testa može se zaključiti da se empirijske vrednosti frekvencija nailaska vozila na prilaz raskrsnici „DJ“ u potpunosti, odnosno, na raskrsnici „BO“ dobro slažu sa pretpostavljenom teorijskom raspodelom. Poklapanje empirijske kumulativne raspodele verovatnoća vremenskog intervala između dva sukcesivna pristupanja vozila redu, sa pretpostavljenom eksponencijalnom raspodelom, prikazano je na narednim dijagramima (Slika 6.1 i Slika 6.2).



Slika 6.1 Kumulativna raspodele verovatnoća intervala nailaska dva vozila na raskrsnicu „DJ“



Slika 6.2 Kumulativna raspodela verovatnoća intervala nailaska dva vozila na raskrsnicu „BO“

Na osnovu izvršenih statističkih testova možemo prihvatiti hipotezu o slučajnom nailasku vozila na prilaze posmatranih raskrsnica, odnosno možemo zaključiti da izabrane lokacije ispunjavaju osnovni metodološki uslov istraživanja.

Raskrsnica „TB“ je nakon realizacije pripremnih, eliminisana iz daljeg postupka istraživanja. (visok stepen sekundarnih uticaja na realizaciju procesa formiranja i pražnjenja reda). Lokacija u postupku dalje analize ostaje aktivna samo na nivou metodološki validnih rezultata iz pilot istraživanja.

Ispunjenost ostalih metodoloških uslova ispitana je u okviru jedinstvenog postupka.

Za ocenu stanja realizacije procesa, korišćen je indikator - stepen zasićenja. U narednim tabelama (Tabela 6.3, Tabela 6.4) prikazane su vrednosti stepena zasićenja tokom jedinstvenih perioda istraživanja.

*Tabela 6.3 Vrednosti stepena zasićenja tokom jedinstvenih perioda-Raskrsnica „DJ“*

Broj jedinstvenog perioda:	1	2
Trajanje jedinstvenog perioda (s)	4070	3567
Protoka tokom trajanja perioda (voz)	342	303
Časovni protok - Q (voz/sat)	303	300
Zasićeni tok - S (voz/sat)	1748	1800
Kapacitet trake - K (voz/sat)	572	589
Stepen zasićenja (-)	0.53	0.51

*Tabela 6.4 Vrednosti stepena zasićenja tokom jedinstvenih perioda-Raskrsnica „BO“*

Broj jedinstvenog perioda:	1	2	3
Trajanje jedinstvenog perioda (s)	2931	2343	2945
Protoka tokom trajanja perioda (voz)	402	313	430
Časovni protok - Q (voz/sat)	494	480	526
Zasićeni tok - S (voz/sat)	1827	1765	1846
Kapacitet trake - K (voz/sat)	877	847	886
Stepen zasićenja (-)	0.56	0.57	0.59

Na osnovu rezultata analize, može se zaključiti da su istraživanja tokom svih jedinstvenih perioda, izvršena u uslovima nezasićenih stanja saobraćajnog toka, čime je ispunjena osnovna metodološka postavka perioda istraživanja.

U jedinstvenim periodima istraživanja, posmatrano po raskrsnicama, ostvaruju se bliske vrednosti stepena zasićenja. Na osnovu toga možemo da zaključimo da su istraživanja u okviru jedinstvenih perioda realizovana sličnim uslovima procesa, čime je ispunjen uslov za formiranje uzorka (agregacija rezultata na nivo ukupnog perioda istraživanja).

Na osnovu rezultata pilot istraživanja zaključuje se da je formirana metoda istraživanja primenom automatske tehnike prikupljanja podataka, praktično primenljiva, da omogućava realizaciju istraživanja prema predloženoj metodologiji i da obezbeđuje ostvarivanje osnovnog zadatka istraživanja - utvrđivanje trajektorija vozila, visokog nivoa detaljnosti i preciznosti.



## 6.2 BRZINA NA PRILAZU RASKRSNICI

Primenom postupka utvrđivanja brzina na prilazu raskrsnici (Poglavlje 5.4), po lokacijama istraživanja, dobijeni su naredni rezultati: (Tabela 6.5)

Tabela 6.5 Izlazni rezultati analize brzine na prilazu raskrsnici

Raskrsnica	„DJ“	„BO“
Srednja prostorna brzina (km/h)	52.6	58.1
Standardno odstupanje brzine (km/h)	4.8	2.4
Vrednost 85% brzine (km/h)	57.0	61.0
Verovatnoća realizacije $V \leq 50$ km/čas (%)	29.0	0.0
Verovatnoća realizacije $V \leq 60$ km/čas (%)	96.8	76.2

Na prilazima raskrsnicama dobijene su vrednosti srednjih prostornih brzina od 52.6 km/h, za raskrsnicu „DJ“, odnosno 58.6 km/h, za prilaz raskrsnici „BO“, uz ostvarene male vrednosti standardnog odstupanja.

Istim postupkom, za izlazni krak raskrsnice, utvrđene su vrednosti brzina 51.2 (raskrsnica „DJ“), odnosno 56.2 km/h („BO“). Na osnovu poređenja vrednosti brzina na ulaznom i izlaznom kraku raskrsnice, može se zaključiti da u prostoru istraživanja postoje homogeni uslovi za realizaciju procesa kretanja vozila.

Iako nije u samom kontekstu analize, podaci o vrednostima brzine na prilazu indikativno govore o prihvatanju uspostavljene regulativno režimske brzine u naselju od strane vozača. Na raskrsnici „DJ“ poštovanje ograničena brzine zabeleženo je u 29%, odnosno na raskrsnici „BO“, niti u jednom slučaju realizacije trajektorija. Prethodno ograničenje brzine u naselju (prema „starom“ ZOBS-u), u datim okolnostima, prihvatio bi najveći broj korisnika na obe lokacije istraživanja.

### 6.2.1 Uticaj brzine na vrednost vremenskih gubitaka

U ovom delu izvršeno je ispitivanje osetljivosti vremenskih gubitaka, na metodološki usvojenu brzinu realizacije idealne trajektorije. Analiza je izvršena postupkom upoređivanja vrednosti prosečnih vremenskih gubitaka za četiri tipa brzine: srednje prostorne brzine utvrđene istraživanjem, 85% brzine dobijene istraživanjem, aktuelne i prethodno važeće regulativno režimske brzine.

Tabela 6.6 Analiza osetljivosti vremenskih gubitaka u zavisnosti od brzine na prilazu – raskrsnica „DJ“

	Brzina (km/h)	Prosečni vremenski gubici (s/voz)
Srednja prostorna brzina (ulaz/izlaz)	52.6	32.2
85% brzina	57.0	33.9
V=50	50.0	31.1
V=60	60.0	34.9

Tabela 6.7 Analiza osetljivosti vremenskih gubitaka u zavisnosti od brzine na prilazu – raskrsnica „BO“

	Brzina (km/h)	Prosečni vremenski gubici (s/voz)
Srednja prostorna brzina (ulaz/izlaz)	58.1	24.0
85% brzina	61.0	25.3
V=50	50.0	19.5
V=60	60.0	26.7

Na osnovu izvršene analize može se zaključiti da način definisanja brzine realizacije idealne trajektorije u okviru metodologije istraživanja, ima značajan uticaj na vrednost vremenskih gubitaka. Utvrđena vrednost gubitaka se, za određene kombinacije vrednosti brzina, može razlikovati i za više od 40%.

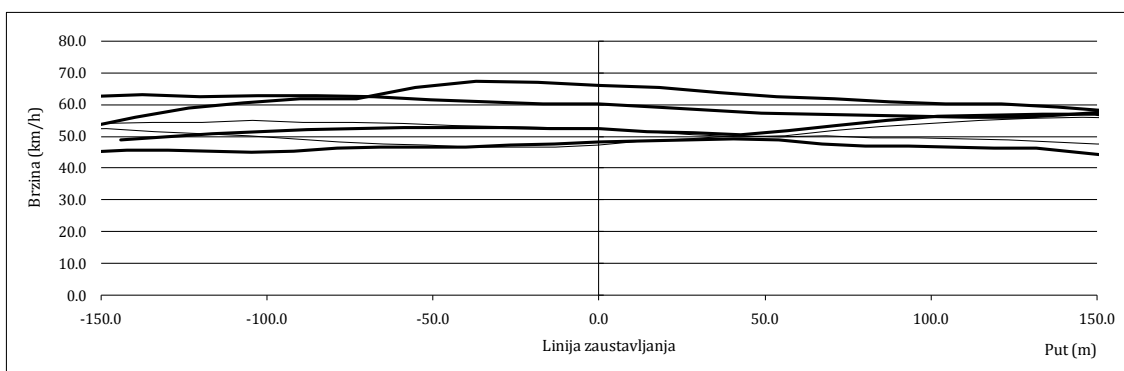
Vrednost brzine na prilazu raskrsnici se ne može usvojiti kao jedinstvena, preporučena vrednost, već se mora direktno utvrditi istraživanjem. Preporuka je, da se njena vrednost utvrdi prikazanim metodološkim postupkom (5.4), ili alternativnim metodama istraživanja, kao vrednost srednje vremenske brzine na preseku na kome ne postoji uticaj signalisane raskrsnice.

### 6.3 PROCES USPORENJA I UBRZANJA VOZILA

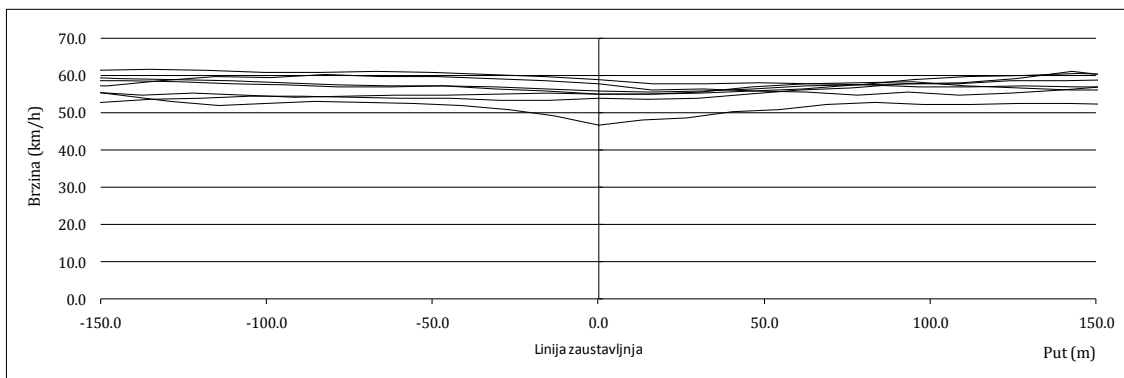
#### 6.3.1 Granični uslovi za nastajanje vremenskih gubitaka

Granične uslovi za nastajanje vremenskih gubitaka utvrđeni su na osnovu analize procesa usporenja/ubrzanja u putanjama uslovno ravnomernog kretanja (bez

vremenskih gubitaka). Kretanje vozila u putanjama ovoga tipa, predstavlja kontinualnu smenu ciklusa usporenja, ubrzanja i ravnomernog kretanja. Svaki pojedinačni ciklus (period vremena u kome kontinualno egzistira odgovarajući proces kretanja) opisan je sa dva parametra: dužinom trajanja i prosečnom vrednosti usporenja/ubrzanja. Osnovna postavka analize je da se proces usporenja/ubrzanja u putanjama bez vremenskih gubitaka, realizuje u okviru graničnih vrednosti navedenih parametra.



Slika 6.3 Profili brzina u trajektorijama uslovno ravnomernog kretanja-Raskrsnica „DJ“



Slika 6.4 Profili brzina u trajektorijama uslovno ravnomernog kretanja-Raskrsnica „BO“

U tabelama (Tabela 6.8, Tabela 6.9, Tabela 6.10), prikazani su rezultati analize broja realizovanih ciklusa u okviru svake pojedinačne putanje vozila, po raskrsnicama. Analizom su obuhvaćene i trajektorije utvrđene u pilot istraživanjima na raskrsnici „TB“.

Tabela 6.8 Realizovani ciklusi na raskrsnici „DJ“

1	2	3	4	5	6	7	8
Redni broj putanje	Dužina perioda analize putanje T (s)	Vrem. gubici (s)	Broj ciklusa usporenja	Broj ciklusa ubrzanja	Broj ciklusa rav. kretanja	Ukupan broj ciklusa	Odnos 2/7
15	24	0.1	5	4	2	11	2.2
21	24	-2.4	4	2	1	7	3.4
32	31	-1.2	3	2	3	8	3.9
38	30	0.7	4	4	1	9	3.3
49	15	-3.1	3	2	2	7	2.1
51	17	2.8	1	2	1	4	4.3
Prosek	23.5	-0.5	3.3	2.7	1.7	7.7	3.2

Tabela 6.9 Realizovani ciklusi na raskrsnici „BO“

1	2	3	4	5	6	7	8
Redni broj putanje	Dužina perioda analize putanje T (s)	Vrem. gubici (s)	Broj ciklusa usporenja	Broj ciklusa ubrzanja	Broj ciklusa rav. kretanja	Ukupan broj ciklusa	Odnos 2/7
5	37	-0.2	6	5	3	14	2.6
10	39	1.8	9	8	8	25	1.6
17	27	1.1	7	10	6	23	1.2
19	29	0.1	7	8	1	16	1.8
33	26	-0.4	8	8	4	20	1.3
40	32	0.3	8	8	4	20	1.6
42	34	3.2	12	9	5	26	1.3
Prosek	32.0	0.8	8.1	8.0	4.4	20.6	1.6

Tabela 6.10 Realizovani ciklusi na raskrsnici „TB“

1	2	3	4	5	6	7	8
Redni broj putanje	Dužina perioda analize putanje T (s)	Vrem. gubici (s)	Broj ciklusa usporenja	Broj ciklusa ubrzanja	Broj ciklusa rav. kretanja	Ukupan broj ciklusa	Odnos 2/7
2	13	2.1	2	1	0	3	4.3
4	29	0.6	4	4	3	11	2.6
11	13	-0.1	2	1	1	4	3.3
12	9	0.0	2	2	1	3	3.0
Prosek	16.0	0.7	2.5	2.0	1	5.3	3.3

Analizirani tip putanje, posmatrano po raskrsnicama, ima sličan odnos broja ciklusa usporenja i ubrzanja, uz različiti udeo ciklusa ravnomernog kretanja. Prosečna dužina trajanja ciklusa (odnos perioda analize putanje i ukupnog broja ciklusa), predstavljala bi svojevrsni pokazatelj „stabilnosti“ putanje.

U narednom koraku izvršena je analiza frekvencija prosečnih vrednosti usporenja/ubrzanja po ciklusima (Tabela 6.11, Tabela 6.12 i Tabela 6.13)

Tabela 6.11 Kumulativna raspodela verovatnoća vrednosti ubrzanja po ciklusima - Raskrsnica „DJ“

Klase vrednost usporenja/ubrzanja (m/s <sup>2</sup> )	Relativne frekvencije	Kumulativne frekvencije	Kumulativna raspodela verovatnoća
0-0.05	5	5	0.139
0.05-0.10	6	11	0.306
0.10-0.15	7	18	0.500
0,15-0.20	5	23	0.639
0.20-0.25	6	29	0.806
0.25-0.30	4	33	0.917
0.30-0.35	1	34	0.944
0.35-0.40	1	35	0.972
preko 0.4	1	36	1.000

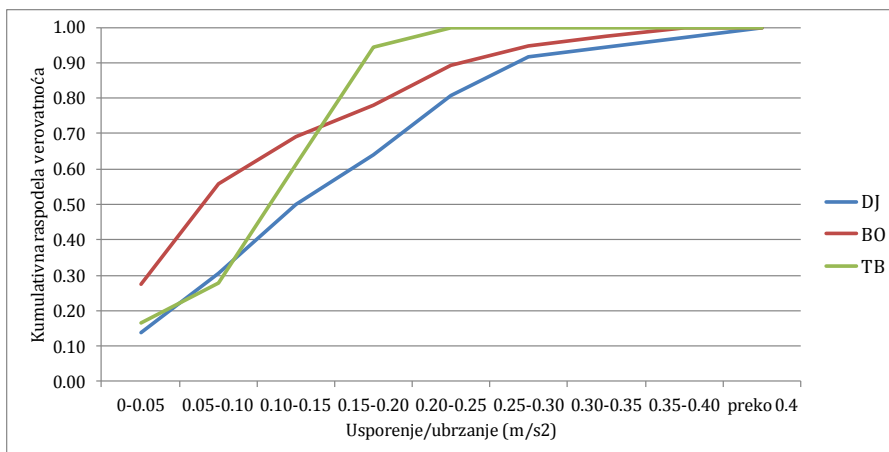
Tabela 6.12 Kumulativna raspodela verovatnoća vrednosti ubrzanja po ciklusima - Raskrsnica „BO“

Klase vrednost usporenja/ubrzanja (m/s <sup>2</sup> )	Relativne frekvencije	Kumulativne frekvencije	Kumulativna raspodela verovatnoća
0-0.05	31	31	0.274
0.05-0.10	32	63	0.558
0.10-0.15	15	78	0.690
0,15-0.20	10	88	0.779
0.20-0.25	13	101	0.894
0.25-0.30	6	107	0.947
0.30-0.35	3	110	0.973
0.35-0.40	3	113	1.000
preko 0.4	0	113	1.000

Tabela 6.13 Kumulativna raspodela verovatnoća vrednosti ubrzanja po ciklusima - Raskrsnica „TB“

Klase vrednost usporenja/ubrzanja (m/s <sup>2</sup> )	Relativne frekvencije	Kumulativne frekvencije	Kumulativna raspodela verovatnoća
0-0.05	3	3	0.167
0.05-0.10	2	5	0.278
0.10-0.15	6	11	0.611
0,15-0.20	6	17	0.944
0.20-0.25	1	18	1.000
0.25-0.30	0	18	1.000
0.30-0.35	0	18	1.000
0.35-0.40	0	18	1.000
preko 0.4	0	18	1.000

Maksimalna vrednost usporenja/ubrzanja u okviru pojedinačnih ciklusa, iznosi 0.4 m/s<sup>2</sup>. Utvrđene vrednosti se razlikuju po lokacijama istraživanja. Naviše vrednosti usporenja/ubrzanja po ciklusima kretanja, dobijene su na raskrsnici „DJ“ (sa verovatnoćom 95%, realizovana vrednost je manja od 0.35 m/s<sup>2</sup>), dok su najniže zabeležene na raskrsnici „TB“ (95%,-tna vrednost usporenja iznosi manje od 0.20 m/s<sup>2</sup>) (Slika 6.5).



Slika 6.5 Kumulativne raspodele verovatnoća vrednosti ubrzanja po ciklusima – Sve raskrsnice

Realizacija veće vrednosti usporenja hipotetički bi se mogla dovesti u vezu sa realizacijom manjeg broja ciklusa. Takođe, realizovani broj ciklusa mogao bi zavisiti i od brzine na prilazu raskrsnici, u smislu uspostavljanja hipoteze da veće vrednosti ulazne brzine, dovode do i veće oscilacije, odnosno realizacije većeg broja ciklusa sa manjim vrednostima usporenja. Niti jedna od hipoteza se, na osnovu dobijenih rezultata, preliminarno, ne može prihvatiti. Očigledno je da postoji složenija veza između vrednosti ubrzanja/usporenja, broja ciklusa i njihovog trajanja. Utvrđivanje potencijalne veze između analiziranih veličina zahteva realizaciju istraživanja na većem uzorku trajektorija i većem broju lokacija. Prosečne vrednosti usporenja direktno zavise od dužine perioda (ciklusa) u kome se realizuju. U narednom delu, izvršena je analiza dužina trajanja pojedinačnih ciklusa, po posmatranim lokacijama (Tabela 6.14, Tabela 6.15, Tabela 6.16).

Tabela 6.14 Kumulativna raspodela verovatnoća dužina ciklusa-Raskrsnica „DJ“

Dužine trajanja ciklusa (s)	Relativne frekvencije	Kumulativne frekvencije	Kumulativna raspodela verovatnoća
1	12	12	0.333
2	4	16	0.444
3	6	22	0.611
4	1	23	0.639
5	4	27	0.750
6	3	30	0.833
7	2	32	0.889
8	2	34	0.944
Preko 8	2	36	1.000

Tabela 6.15 Kumulativna raspodela verovatnoća dužina ciklusa-Raskrsnica „BO“

Dužine trajanja ciklusa (s)	Relativne frekvencije	Kumulativne frekvencije	Kumulativna raspodela verovatnoća
1	66	66	0.584
2	17	83	0.735
3	9	92	0.814
4	5	97	0.858
5	4	101	0.894
6	3	104	0.920
7	5	109	0.965
8	3	112	0.991
Preko 8	1	113	1.000

Tabela 6.16 Kumulativna raspodela verovatnoća dužina ciklusa-Raskrsnica „TB“

Dužine trajanja ciklusa (s)	Relativne frekvencije	Kumulativne frekvencije	Kumulativna raspodela verovatnoća
1	1	1	0.056
2	6	7	0.389
3	3	10	0.556
4	4	14	0.778
5	1	15	0.833
6	0	15	0.833
7	3	18	1.000
8	0	18	1.000
Preko 8	0	18	1.000



Vrednosti dužina ciklusa, ponašaju se na isti način, kao i njima pripadajuće prosečne vrednosti usporenja. Suprotno od neke osnovne pretpostavke, najveće dužine ciklusa dobijene su na raskrsnici gde su realizovane najveće vrednosti prosečnih usporenja. Osnovni rezultat analize ukazuje na činjenicu, da ciklusi usporenja/ubrzanja u okviru putanja uslovno ravnornog kretanja traju maksimalno 8 sekundi.

Na osnovu parcijalnih zaključaka, formiran je generalni zaključak analize graničnih uslova nastajanja vremenskih gubitaka, koji glasi: "Svaki ciklus realizacije ubrzanja/usporenja, u kome se ostvaruje prosečna vrednost usporenja manja od  $0.4 \text{ m/s}^2$  i koji kontinualno traje manje od 8 sekundi – smatra se elementom uslovnog ravnornog kretanja, odnosno ne vezuje se za nastajanje vremenskih gubitaka u procesu usporenja, odnosno ubrzanja. (iako realno postoji neka minimalnu vrednost gubitaka)".

### **6.3.2 Analiza procesa usporenja**

Analiza procesa usporenja izvršena je po narednim elementima:

- Analiza parametara procesa usporenja;
- Analiza uticaja procesa usporenja na vrednost vremenskih gubitaka (komponente gubitaka u procesu usporenja);

Vremenski gubici u procesu usporenja ostvaruje se u dva tipa trajektorija: trajektorijama sa zaustavljanjem i bez zaustavljanja. Imajući u vidu razlike u realizacijama procesa usporenja u posmatranim trajektorijama, izvršena je njihova separata analiza.

#### **6.3.2.1 Analiza parametara procesa usporenja u trajektorijama sa zaustavljanjem**

U narednim tabelama (Tabela 6.17 , Tabela 6.18) prikazani su rezultati analize usporenja i vremena trajanja procesa, po posmatranim raskrsnicama. Parametar, usporenje, prikazan je u narednim formama:

- Prosečno usporenje (aritmetička sredina vrednosti usporenja svake trajektorije);
- Maksimalno prosečno usporenje;

- Maksimalno registrovano usporenje (u svim procesima usporenja);

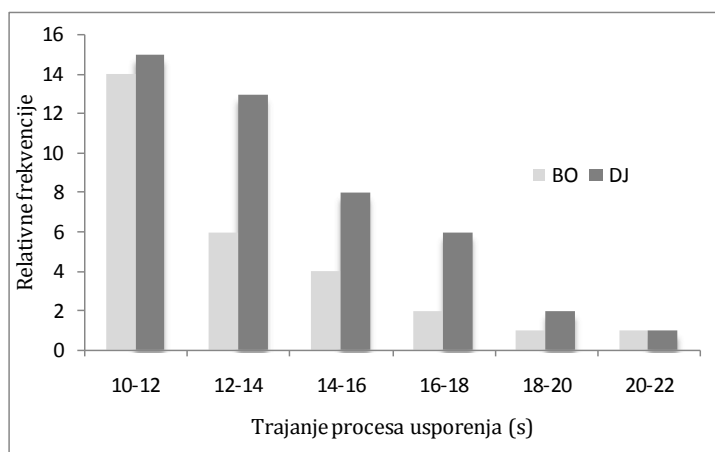
Tabela 6.17 Parametri procesa usporenja u putanjama sa zaustavljanjem – raskrsnica „DJ“

Parametar	
Prosečno usporenje (m/s <sup>2</sup> )	1.07±0.20
Maksimalno prosečno usporenje (m/s <sup>2</sup> )	1.55
Maksimalno registrovano usporenje (m/s <sup>2</sup> )	2.88
Prosečno trajanje procesa usporenja (s)	14.2 ±2.7
Raspon vremena trajanja procesa usporenja (s)	10-22

Tabela 6.18 Parametri procesa usporenja u putanjama sa zaustavljanjem – raskrsnica „BO“

Parametar	
Prosečno usporenje (m/s <sup>2</sup> )	1.13±0.20
Maksimalno prosečno usporenje (m/s <sup>2</sup> )	1.52
Maksimalno registrovano usporenje (m/s <sup>2</sup> )	2.68
Prosečno trajanje procesa usporenja (s)	14.6 ±3.0
Raspon vremena trajanja procesa usporenja (s)	10-21

Na osnovu prikazanih podataka, uočava se da parametri procesa usporenja vozila, na posmatranim raskrsnicama, imaju gotovo identične vrednosti. Ostvarene neznatne razlike u vrednostima usporenja (0.06 m/s<sup>2</sup>) i dužine trajanja procesa (razlika 0.4 s), korespondiraju razlikama brzina na prilazima raskrsnicama („DJ“- 52.6 km/h, „BO“- 58.1 km/h).



Slika 6.6 Raspodela frekvencija trajanja procesa usporenja na raskrsnicama

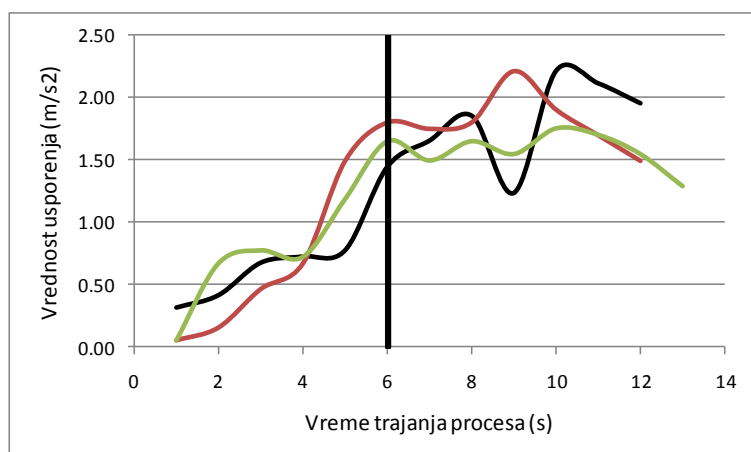
Histogrami raspodele verovatnoća trajanja procesa usporenja (Slika 6.6), razlikuju se po lokacijama istraživanja. Na raskrsnici „BO“ dominantna dužina realizacije procesa usporenja je u granicama 10 do 12 sekundi (50% realizacija), dok na raskrsnici „DJ“, podjednak udeo imaju intervali od 10-12 i 12-14 sekundi, sa zbirnih 62% verovatnoće realizacije.

Na obe raskrsnice verovatnoća realizacije trajanja procesa u granicama od 10 do 18 sekundi iznosi 93% (realizacije procesa usporenja duže od 18 sekundi pojavljuju samo u 7% slučajeva). Ukoliko bi te realizacije eliminisali iz analiziranog uzorka, srednja vrednost usporenja na raskrsnicama iznosila bi 1.10 („DJ“), odnosno 1,17 m/s<sup>2</sup> („BO“), a prosečna dužina procesa usporenja, redom, 13.7 i 13.8 sekundi.

Na osnovu izvršene analize može se zaključiti da se proces usporenja na raskrsnicama realizuje prosečnom vrednosti usporenja u granicama od 1.0 do 1.2m/s<sup>2</sup> i da prosečno traje oko 14 sekundi.

Maksimalna prosečna vrednosti usporenja, na obe raskrsnice, iznosi oko 1.5 m/s<sup>2</sup>, dok se vrednost maksimalno registrovanog usporenja nalazi u intervalu od 2.5 do 3.0 m/s<sup>2</sup>.

Proces usporenja vozila, posmatrano na nivou realizacije pojedinačnih trajektorija, nema karakteristike ravnomernog usporenog kretanja. Na narednom dijagramu prikazana je promena vrednosti usporenja tokom procesa, na primeru tri slučajno izabrane trajektorije (Slika 6.7).



Slika 6.7 Promena usporenja tokom procesa – putanje sa zaustavljanjem

Analizom dijagrama (Slika 6.7) uočavaju se dve faze u procesu usporenja vozila. Prvu fazu, (vremenski lociranu tokom prve polovine trajanja procesa) karakteriše

trend uslovno ravnomernog prirasta usporenja (od nulte vrednosti –početak procesa, do granične vrednosti usporenja– ulazak u narednu fazu). Druga faza okarakterisana je oscilacijama usporenja, oko uslovno ravnomerne vrednosti dostignute na kraju prve faze. Krajnja vrednost usporenja faze dva iznosi nula (zaustavljanje vozila).

U narednoj tabeli (Tabela 6.19) prikazane su prosečne vrednosti usporenja po posmatranim fazama, za obe analizirane raskrsnice.

*Tabela 6.19 Prosečno usporenje za trajektorije sa zaustavljanjem po fazama realizacije procesa*

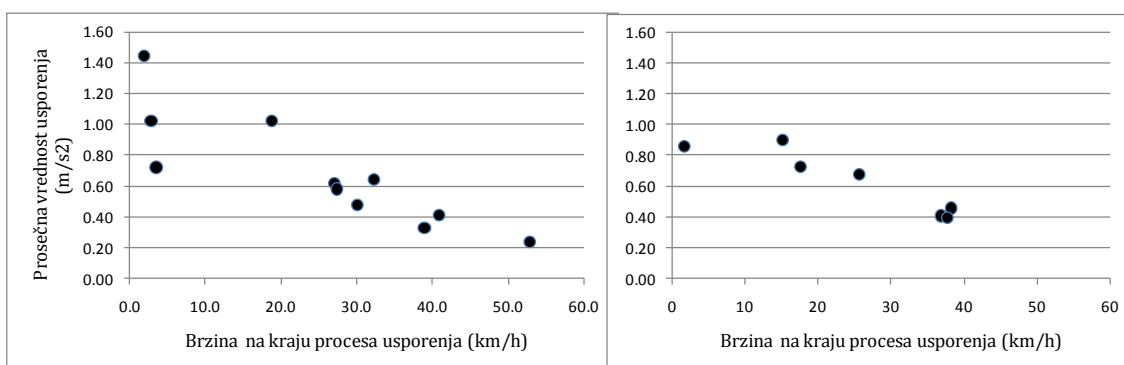
Raskrsnica	Prosečno usporenje tokom prve faze procesa (m/s <sup>2</sup> )	Prosečno usporenje tokom druge faze procesa (m/s <sup>2</sup> )
„DJ“	0.56	1.57
„BO“	0.56	1.58

Na osnovu analize može se zaključiti da u slučajevima izvesne potrebe za zaustavljanjem (nailazak na crveni signalni pojam), vozač reaguje kontinualnim povećanjem usporenja, do dostizanja potrebne, komforne vrednosti usporenja (prosečno usporenje faze dva), koja obezbeđuje siguran ishod realizacije procesa (zaustavljanje vozila).

6.3.2.1 Analiza parametara procesa usporenja u trajektorijama bez zaustavljanja Putanje bez zaustavljanja, u odnosu na prethodno analizirane, nemaju komponentu gubitaka zaustavljenog vozila. U realizaciji putanja ovog tipa, ostvaruje se direktan prelazak iz procesa usporenja u proces ubrzanja, pri određenim vrednostima brzine. Od dostignute brzine na kraju procesa usporenja zavisi način realizacije trajektorija ovoga tipa (u rangu, od onih bliskih trajektorijama uslovno ravnomernog kretanja, do trajektorija sa zaustavljanjem), odnosno ostvarene vrednosti parametra procesa usporenja.

Na dijagramu (Slika 6.8) prikazana je zavisnost prosečnog usporenja od brzine dostignute na kraju procesa. Na osnovu rasporeda tačaka parova vrednosti, uočava se generalna zavisnost između posmatranih parametara. Manja razlika brzina (brzina na prilazu u odnosu na dostignutu na kraju procesa) praćena je nižim prosečnim vrednostima usporenja. Takođe, od nekog generalnog trenda rasporeda

tačaka, odstupaju putanje (njima pripadajuće tačke) u kojima je dostignuta brzina na završetku procesa usporenja manja od 10 km/h. Putanje ovoga tipa, na osnovu vrednosti prosečnih usporenja i usporenja po fazama, definitivno pripadaju klasi putanja sa zaustavljanjem (prosečna vrednost usporenja: 1.0 m/s<sup>2</sup>, usporenje po fazama: 0.46 m/s<sup>2</sup>, odnosno 1.55 m/s<sup>2</sup>).



Slika 6.8 Rastur parova vrednosti prosečnog usporenja i brzine na kraju procesa a.) „DJ“ b.) „BO“

U narednim tabelama (Tabela 6.20 i Tabela 6.21) prikazani su rezultati analize parametara procesa, po lokacijama istraživanja. Putanje u kojima je dostignuta brzina na kraju procesa manja od 10 km/h, eliminisane su iz uzorka.

Tabela 6.20 Parametri procesa usporenja u putanjama bez zaustavljanja – raskrsnica “DJ“

Parametar	
Prosečno usporenje (m/s <sup>2</sup> )	0.64±0.27
Raspon brzina na kraju procesa usporenja (km/h)	13.4-39.3
Prosečno trajanje procesa usporenja (s)	10.9
Raspon vremena trajanja procesa usporenja (s)	9-15

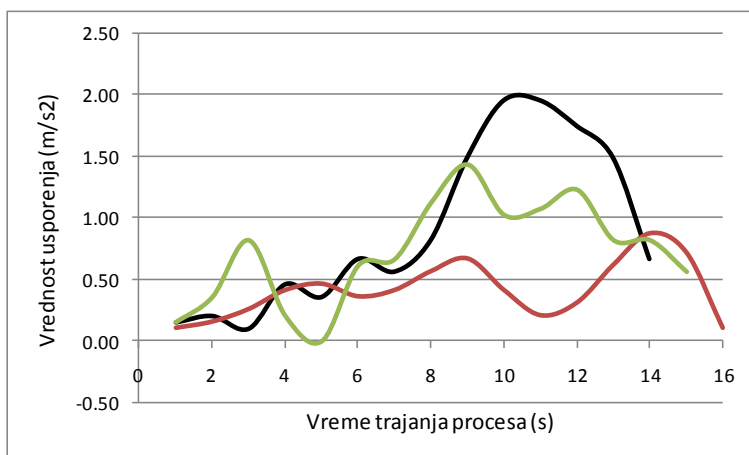
Tabela 6.21 Parametri procesa usporenja u putanjama bez zaustavljanja – raskrsnica “BO“

Parametar	
Prosečno usporenje (m/s <sup>2</sup> )	0.60±0.20
Raspon brzina na kraju procesa usporenja (km/h)	15.9-45.5
Prosečno trajanje procesa usporenja (s)	14
Raspon vremena trajanja procesa usporenja (s)	11-16

U poređenju sa rezultatima dobijenim za putanje sa zaustavljanjem, putanje ovoga tipa imaju značajno niže vrednosti prosečnog usporenja (na nivou polovine vrednosti usporenja trajektorija sa zaustavljanjem). Velika vrednost standardnog odstupanja, posledica je širokog spektra načina realizacija ovih trajektorija (sa aspekta raspona brzina na kraju procesa usporenja).

Trajanje procesa usporenja u trajektorijama ovoga tipa, realizuje u sličnom opsegu dužina, kao i trajektorijama sa zaustavljanjem. Nesrazmerno velika dužina trajanja procesa ima direktan uticaj na ostvarene niske prosečne vrednosti usporenja.

Na narednom dijagramu (Slika 6.9), prikazana je promena vrednosti usporenja tokom procesa, na primeru tri slučajno izabrane putanje bez zaustavljanja.



Slika 6.9 Promena usporenja tokom procesa – putanje bez zaustavljanja

Za razliku od putanja sa zaustavljanjem, faze realizacija procesa usporenja u posmatranom tipu putanja, imaju drugojačije karakteristike. Prva faza, realizuje se niskim prosečnim vrednostima usporenja i različitim trendom njegove promene. Karakter promene usporenja posledica je kombinovanog uticaja težnje vozača ka održanju brzine uslovno ravnog kretanja i stepena neizvesnosti događaja na raskrsnici. Druga faza, isključivo zavisi od načina realizacije prve faze i raspleta događaja koji utiču na dalji karakter procesa (nastavak usporenja ili prelazak u proces ubrzanja). Širok spektar mogućih realizacija događaja, ima direktan uticaj na vrednosti i trend pomene usporenja.

### 6.3.2.1 Uticaj procesa usporenja na vremenske gubitke

U narednim tabelama (Tabela 6.22, Tabela 6.23) prikazane su vrednosti prosečnih gubitaka u procesu usporenja, za pojedinačne tipove trajektorija i njihovu kombinaciju.

*Tabela 6.22 Prosečni gubici u procesu usporenja, po tipovima trajektorija – raskrsnica „DJ“*

Tip trajektorije	Prosečni vremenski gubici (s/voz)	Raspon vrednosti gubitaka (s/voz)
Putanje sa zaustavljanjem	5.0	2.9 – 8.6
Putanje bez zaustavljanja	3.2	0.6 – 7.3
Putanje uslovno rav. kretanja	-0.6	-2.4 – 0.8
Sve putanje	4.1	-2.4 - 8.6

*Tabela 6.23 Prosečni gubici u procesu usporenja, po tipovima trajektorija – raskrsnica „BO“*

Tip trajektorije	Prosečni vremenski gubici (s/voz)	Raspon vrednosti gubitaka (s/voz)
Putanje sa zaustavljanjem	5.6	3.5 – 10.4
Putanje bez zaustavljanja	2.5	-0.1 – 4.5
Putanje uslovno rav. kretanja	0.4	-0.6 – 1.5
Sve putanje	4.1	-0.6 – 10.4

Na osnovu prikazanih rezultata, može se zaključiti da su dobijene slične prosečne vrednosti vremenskih gubitaka u procesu usporenja, po posmatranim tipovima trajektorija, na obe raskrsnice.

Raspon vrednosti gubitaka u putanjama uslovno ravnomernog kretanja i putanjama sa zaustavljanjem ostvaruje se uslovno definisanim granicama. Vremenski gubici u putanjama bez zaustavljanja imaju specifičan raspon realizacija (podskupovi vrednosti usporenja pomenutih tipova putanja).

### 6.3.2.1 Zaključci analize procesa usporenja

Zaključci analize procesa usporenja su:

- Proces usporenja ima karakter stabilnog, kontinuiranog procesa realizacija negativnih vrednosti ubrzanja;
- Vrednosti parametara procesa ne zavise od parametara rada svetlosnih signala;
- Prosečna vrednost usporenja i trajanje procesa ne zavisi od dužine inicijalnog reda;
- Vrednost i karakter promene usporenja razlikuje se po tipovima trajektorija;
- Prosečna vrednost usporenja u putanjama sa zaustavljanjem, kreće se u granicama 1.0-1.2 m/s<sup>2</sup>; prosečna dužina procesa iznosi oko 14 sekundi.
- Prosečna vrednost usporenja, u trajektorijama sa zaustavljanjem, posmatrano po fazama realizacije procesa, iznosi redom 0.56, odnosno 1.55 m/s<sup>2</sup>;
- Proces usporenja u trajektorijama bez zaustavljanja, ostvaruje se nižim vrednostima prosečnog usporenja (0.6 m/s<sup>2</sup>). Dužina trajanja procesa je slična onoj utvrđenoj za trajektorije sa zaustavljanjem;
- Prosečna vrednost vremenskih gubitaka u procesu usporenja (trajektorije sa zaustavljanjem), kreće se u granicama 5-6 s/voz (zavisno od vrednost srednje prostorne brzine na prilazu raskrsnici).

### 6.3.3 Analiza procesa ubrzanja

#### 6.3.3.1 Analiza parametara procesa ubrzanja

Proces ubrzanja ostvaruje se u dva tipa putanja vozila (kao i proces usporenja); putanjama sa zaustavljanjem i bez zaustavljanja.

U ovom delu izvršena je analiza parametara procesa, za oba tipa putanja. U prikazu rezultata, korišćeni su isti parametri, kao i u prethodnoj analizi.



Tabela 6.24 Parametri procesa ubrzanja vozila u putanjama sa zaustavljanjem – raskrsnica „DJ“

Parametar	
Prosečno ubrzanje (m/s <sup>2</sup> )	0.77±0.18
Maksimalno prosečno ubrzanje (m/s <sup>2</sup> )	1.18
Maksimalno registrovano ubrzanje(m/s <sup>2</sup> )	2.52
Prosečno trajanje procesa ubrzanja (s)	19.2
Raspon vremena trajanja procesa ubrzanja (s)	10-33

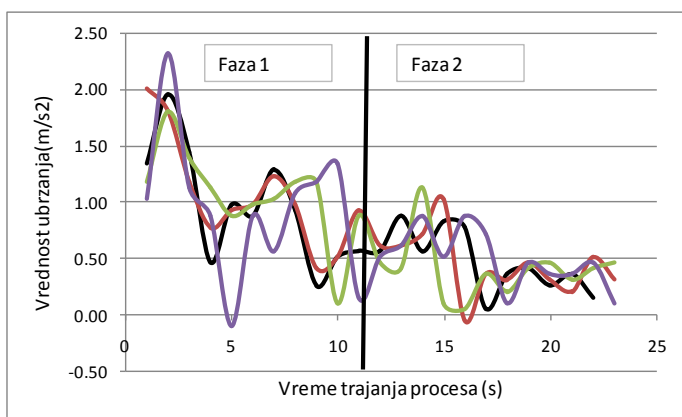
Tabela 6.25 Parametri procesa ubrzanja vozila u putanjama sa zaustavljanjem raskrsnica „BO“

Parametar	
Prosečno ubrzanje (m/s <sup>2</sup> )	0.60±0.15
Maksimalno prosečno ubrzanje (m/s <sup>2</sup> )	1.05
Maksimalno registrovano ubrzanje(m/s <sup>2</sup> )	2.32
Prosečno trajanje procesa ubrzanja (s)	27.6
Raspon vremena trajanja procesa ubrzanja (s)	13-40

Na osnovu rezultata (Tabela 6.24, Tabela 6.25) može se zaključiti da se vrednosti prosečnog ubrzanja i pripadajuće vrednosti trajanja procesa, razlikuju po posmatranim raskrsnicama.

Proizvod vrednosti parametra procesa (trajanje procesa i prosečna vrednost ubrzanja), jednak je vrednosti srednje prostorne brzine na izlaznom kraku raskrsnice. To faktički znači, da se proces ubrzanja može realizovati u različitim kombinacijama vrednosti osnovnih parametara.

Na narednom dijagramu (Slika 6.10), prikazan je trend promene vrednosti ubrzanja tokom realizacije procesa.



Slika 6.10 Promena ubrzanja tokom procesa – putanje sa zaustavljanjem

Proces je okarakterisan stalnom promenom ubrzanja tokom trajanja procesa, u različitom opsegu vrednosti. Sa aspekta opsega vrednosti ubrzanja i prostora realizacije, proces ubrzanja možemo podeliti na dve faze:

- Faza 1 (pražnjenje reda), koja se u prostornom smislu ostvaruje od aktuelne pozicije vozila u redu do linije zaustavljanja i koja je praćena naglom, intenzivnom promenom vrednosti ubrzanja;
- Faza 2 (napuštanje zone raskrsnice), od linije zaustavljanja do izlaska iz zone nastajanja vremenskih gubitaka, okarakterisana je promenom ubrzanja u manjem, definisanom rasponu vrednosti ( 0.0- 1.0 m/s<sup>2</sup>);

U tabelama koje slede (Tabela 6.26 Tabela 6.27) prikazane su vrednosti parametara procesa ubrzanja po fazama

Tabela 6.26 Parametri procesa ubrzanja vozila po fazama – raskrsnica „DJ“

Parametar	Prosečna dužina zone realizacije (m)	Prosečna brzina na kraju faze (km/h)	Prosečno ubrzanje (m/s <sup>2</sup> )
Proces ubrzanja			
Faza 1	18.6	19.5	1.14
Faza 2	148.1	50.1	0.63

Tabela 6.27 Parametri procesa ubrzanja vozila po fazama – raskrsnica „BO“

Parametar	Prosečna dužina zone realizacije (m)	Prosečna brzina na kraju faze (km/h)	Prosečno ubrzanje (m/s <sup>2</sup> )
Proces ubrzanja			
Faza 1	34.7	27.4	1.03
Faza 2	240.7	56.4	0.44

Vrednosti izabranih parametara značajno se razlikuju po fazama procesa ubrzanja. Faza 1 prostorno se realizuje u relativno kratkoj zoni prilaznog kraka raskrsnice. Ostvarena dužina zone isključivo zavisi od aktuelnog broja vozila u redu. Brzine na kraju faze 1, takođe indirektno zavise od aktuelne dužine reda. Prosečne vrednosti ubrzanja u fazi 1, u potpunosti se razlikuju od onih iz faze 2 i na generalnom nivou su slične vrednostima koje se ostvaruju u procesu usporenja.

Faza 2 ima značajno dužu zonu realizacije, ostvaruje se u uslovima viših vrednosti brzine i praćena je nižim prosečnim vrednostima ubrzanja.

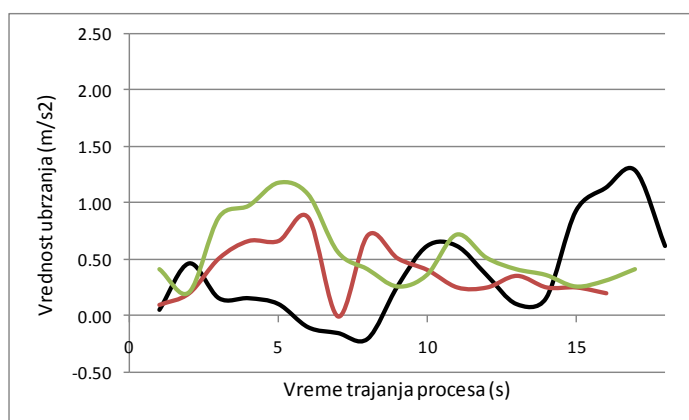
U narednim tabelama (Tabela 6.28 i Tabela 6.29) prikazane su vrednosti parametara procesa ubrzanja vozila u putanjama bez zaustavljanja.

Tabela 6.28 Parametri procesa ubrzanja vozila u putanjama bez zaustavljanja – raskrsnica „DJ“

Parametar	
Prosečno ubrzanje (m/s <sup>2</sup> )	0.49±0.19
Raspon brzina na kraju procesa ubrzanja (km/h)	13.4-39.3
Prosečno trajanje procesa ubrzanja (s)	15.6
Raspon vrednosti procesa ubrzanja (s)	9-22

Tabela 6.29 Parametri procesa ubrzanja vozila u putanjama bez zaustavljanja – raskrsnica „BO“

Parametar	
Prosečno ubrzanje (m/s <sup>2</sup> )	0.37±0.09
Raspon brzina na kraju procesa ubrzanja (km/h)	13.4-39.3
Prosečno trajanje procesa ubrzanja (s)	18.5
Raspon vrednosti procesa ubrzanja (s)	9-30



Slika 6.11 Promena ubrzanja tokom procesa –putanje bez zaustavljanja

Na osnovu dijagrama pomene ubrzanja (Slika 6.11) može se zaključiti da proces ubrzanja u putanjama bez zaustavljanja, sa aspekta trenda promene i opsega realizacije vrednosti ubrzanja, ima karakter faze 2 procesa ubrzanja u putanjama sa zaustavljanjem (napuštanje zone raskrsnice).

Proces ubrzanja, nezavisno od tipa trajektorija, predstavlja nekontinualan proces, kombinaciju različitih tipova kretanja. Na raskrsnici „DJ“ nekontinualnost procesa ubrzanja prisutna je u 33%, odnosno na „BO“, čak u 59% trajektorija. Realizacija

procesa u takvim okolnostima, za posledicu ima duže vreme trajanja i niže ostvarene prosečne vrednosti ubrzanja.

### 6.3.3.2 Uticaj procesa ubrzanja na vremenske gubitke

U narednim tabelama (Tabela 6.30, Tabela 6.31) prikazane su vrednosti prosečnih gubitaka u procesu ubrzanja, za pojedinačne tipove trajektorija i njihovu kombinaciju.

Tabela 6.30 Prosečni gubici u procesu ubrzanja, po tipovima trajektorija– raskrsnica „DJ“

Tip trajektorije	Prosečni vremenski gubici (s/voz)	Raspon vrednosti gubitaka (s/voz)
Putanje sa zaustavljanjem	7.8	5.0 – 12.8
Putanje bez zaustavljanja	3.7	-2.0 – 7.8
Putanje uslovno rav. kretanja	0.7	-1.3 – 4.8
Sve putanje	5.9	-2.0 – 12.8

Tabela 6.31 Prosečni gubici u procesu ubrzanja, po tipovima trajektorija– raskrsnica „BO“

Tip trajektorije	Prosečni vremenski gubici (s/voz)	Raspon vrednosti gubitaka (s/voz)
Putanje sa zaustavljanjem	9.4	6.1 – 14.6
Putanje bez zaustavljanja	4.1	2 – 7.2
Putanje uslovno rav. kretanja	0.6	0 – 2.1
Sve putanje	6.8	0 – 14.6

Najveća razlika u vrednostima prosečnih gubitaka po raskrsnicama, dobijena je za putanje sa zaustavljanjem.

U narednoj tabeli (Tabela 6.32) prikazane su vrednosti prosečnih gubitaka, po fazama procesa, za putanje sa zaustavljanjem. Rezultatima analize pridružene su i vrednosti prosečnog ubrzanja dobijene na osnovu pilot istraživanja na raskrsnici „TB“.

Tabela 6.32 Prosečni gubici na raskrsnicama po fazama procesa ubrzanja

Raskrsnica	„DJ“	„BO“	„TB“
Pokazatelj	Prosečni vremenski gubici (s/voz)		
Faza1	4.0	5.5	4.5
Faza 2	3.8 (1.7-6.4)	3.9 (1.6-6.3)	3.2 (0.4-7.6)
Ukupno	7.8	9.4	7.7

Na osnovu dobijenih rezultata uočava se postojanje različitog uticaja faza procesa ubrzanja na vrednost vremenskih gubitaka. Na svim raskrsnicama je veća vrednost gubitaka ostvarena je tokom realizacije faze 1. Vrednosti gubitaka (prosečna i opseg realizacije) u fazi 2, su prilično ujednačene po raskrsnicama. Prethodne konstatacije navode na preliminarni zaključak da realizacija faze 1 ima dominantan, promenljiv uticaj na vrednost gubitaka, dok je uticaj faze 2 prilično determinisan i ostvaruje se na nivou uslovno konstantnih vrednosti.

U narednom delu izvršena je analiza uticaja parametra u fazama procesa ubrzanja, na pripadajuće vrednosti vremenskih gubitaka.

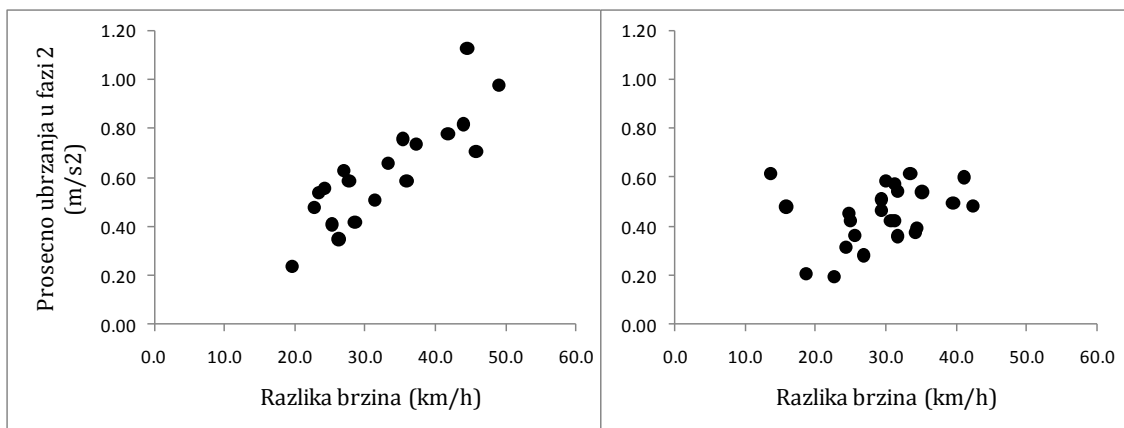
#### 6.3.3.3 Uticaj procesa ubrzanja u fazi 2 na vrednost gubitaka

Proces ubrzanja u fazi izlaska iz zone nastajanja vremenskih gubitaka (faza 2) u potpunosti je determinisan vrednostima tri međusobno uslovljena parametra:

- Razlikom brzina na početku i završetku faze;
- Trajanjem faze;
- Prosečnim ubrzanjem.

U realnoj realizaciji procesa ubrzanja, vozač pokušava da minimizira trajanje faze 2, ostvarivanjem maksimalno prihvatljive, komforne vrednosti ubrzanja. Pretpostavka u okviru analize, je da vrednost ubrzanja, u takvim okolnostima, isključivo zavisi od razlike brzina na početku i završetku faze 2.

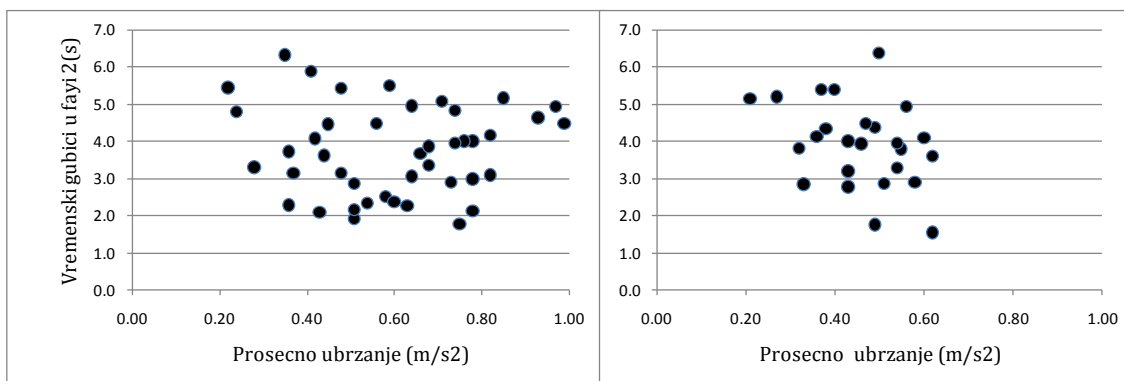
Na narednim dijagramima (Slika 6.12) prikazani su parovi vrednosti analiziranih parametara za sve realizovane trajektorije.



Slika 6.12 Zavisnosti prosečnog ubrzanja u fazi 2 u odnosu na razliku brzina a.) "DJ" b.) "BO"

Na osnovu rezultata može se zaključiti da u realnim uslovima realizacija trajektorija, postoji neki generalni trend odnosa analiziranih parametara, ali ne i direktna zavisnost. Poređenjem dijagrama po raskrsnicama, konstatuje se da je trend pretpostavljene zavisnosti izraženiji na raskrsnici „DJ“.

Imajući u vidu zaključke prethodnog dela analize, može se pretpostaviti da ne postoji zavisnost između pojedinačno posmatranog parametra faze 2 i ostvarene vrednosti vremenskih gubitaka. Na dijagramu (Slika 6.13) prikazan je raspored parova vrednosti prosečnog ubrzanja i vremenskih gubitaka tokom faze 2.

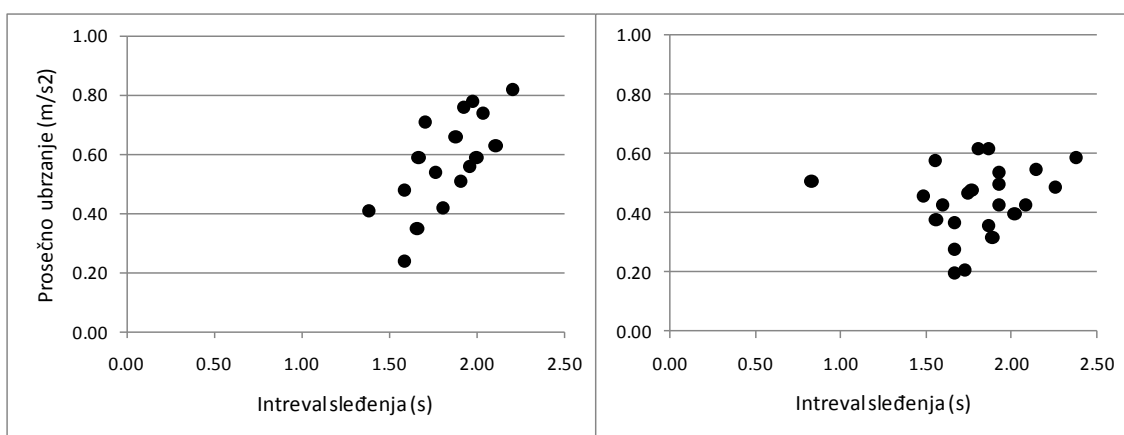


Slika 6.13 Zavisnosti gubitaka u odnosu na prosečno ubrzanje tokom faze 2 a.) "DJ" b.) "BO"

Analizom formiranih parova vrednosti, ne uočava se veza između izabranog parametra faze 2 i ostvarene vrednosti vremenskih gubitaka, što navodi na naredne zaključke:

- Uticaj faze 2 procesa ubrzanja na vremenske gubitke se ne može posmatrati kroz prizmu direktnog uticaja jednog parametra procesa, već on predstavlja rezultat uticaja slučajne, uslovljene kombinacije vrednosti svih osnovnih parametara;
- Vrednosti osnovnih parametra procesa u fazi 2, isključivo zavisi od načina realizacije faze.

Faza 2 se ostvaruje u uslovima postojanja visokog stepena interakcije između elemenata saobraćajnog toka (velika gustina, relativno visoke vrednosti brzina, heterogenost ponašanja), što za posledicu ima izrazito stohastičku prirodu njene realizacije. U narednom delu izvršena je analiza uticaja stepena interakcije između vozila na ostvarene vrednosti osnovnih parametara procesa tokom faze 2. Stepenu interakcije između dva vozila na mikronivou (posmatrano u zoni linije zaustavljanja-početak faze 2) okarakterisan je odgovarajućom vrednosti vremenskog intervala sleđenja. Prema generalnoj pretpostavci analize, realizacija veće vrednosti intervala sleđenja, znači manji stepen njihove interakcije, odnosno u kontekstu ponašanja vozača, veću ostvarenu vrednost ubrzanja tokom faze. Na narednom dijagramu (Slika 6.14) prikazani su parovi vrednosti analiziranih veličina –interval sleđenja između sukcesivnih vozila toku (u zoni linije zaustavljanja) i realizovano prosečno ubrzanje tokom faze.

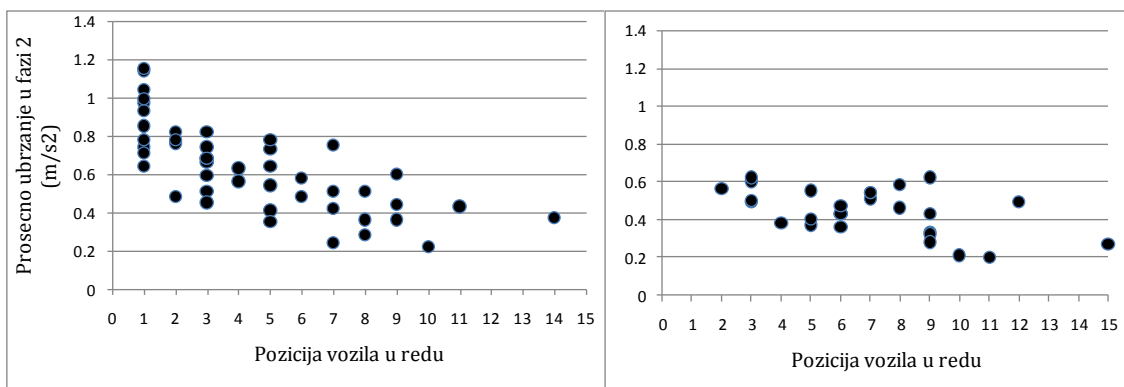


Slika 6.14 Zavisnosti prosečnog ubrzanja vozila u odnosu na interval sleđenja a.)“DJ” b.)“BO”

Analizom rezultata, po posmatranim raskrsnicama, zaključuje se da stepen interakcije između dva vozila na liniji zaustavljanja, ima generalnog uticaja na

ostvarenu vrednost ubrzanja, u uslovima minimalnog uticaja interakcije preostalog dela toka na realizaciju procesa od strane posmatranog para vozila. Na raskrsnici „DJ“ (za razliku od raskrsnice „BO“) realizacija faze 2 je stabilnija, manje stohastična, odnosno, ostvaruje se u uslovima postojanja manjeg stepena interakcije. Isti zaključak se može izvesti analizom dijagrama zavisnosti prosečnog ubrzanja od razlike brzina (Slika 6.12). Jedina razlika u realizacijama faze 2 po raskrsnicama, je u broju vozila koja učestvuju u procesu. Prosečan broj vozila koji učestvuje u fazi 2 jednak je prosečnom broju vozila u redu na kraju crvenog signalnog pojma.

U delu koji sledi, analiziran je uticaj pozicije vozila u redu i prosečnog ubrzanja tokom faze 2.



Slika 6.15 Zavisnost prosečnog ubrzanja u fazi 2 u odnosu na poziciju vozila u redu a.) „DJ“ b.) „BO“

Na osnovu dijagrama parova vrednosti na nivou pojedinačnih putanja (Slika 6.15), može se zaključiti da postoji generalni trend, ali se ne može govoriti o jačoj zavisnosti između analiziranih veličina. Posmatrano na nivou fiksne pozicije u redu, uočava se da se pripadajuće prosečne vrednosti ubrzanja ostvaruju u širokom opsegu, čak i za pozicije u redu koje nemaju ili imaju minimalan uticaj interakcije toka (npr prva pozicija u redu), što navodi na dva zaključka:

- U uslovima ne postojanja interakcije, realizovano prosečno ubrzanje isključivo zavisi od ponašanja vozača i karakteristika vozila;
- Presudan uticaj na uslovljeni stepen interakcije vozila (posmatrano na nivou toka) u fazi 2, imaju vozila koja ostvaruju najmanji stepen interakcije (početak reda).

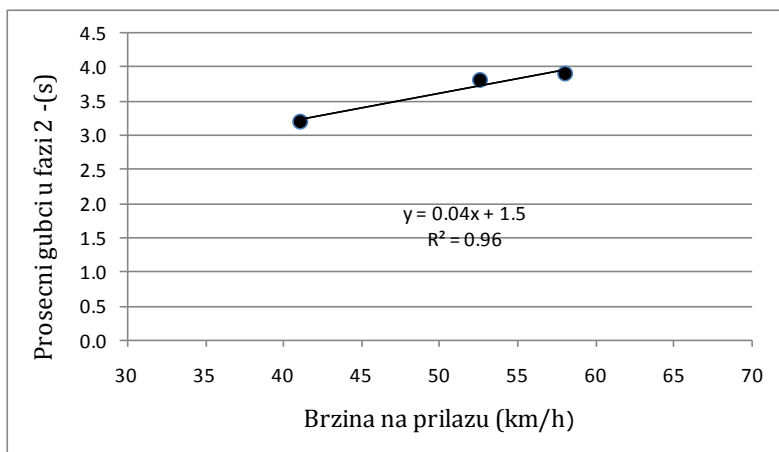


Na osnovu analize procesa ubrzanja u fazi 2, mogu se izvesti krajnji zaključci:

- Slučajna realizacija procesa kretanja vozila u uslovima visoke gustine toka (interakcija vozila u toku) ima presudan uticaj na vrednosti osnovnih parametara faze 2;
- Rezultat faze 2 je uvek izvestan i isti (izlazak i zone nastajanja vremenskih gubitaka), što se ne može reći za tok, odnosno način njegove realizacije;
- U analizi nije utvrđeno postojanje direktnog uticaja niti jednog pojedinačnog parametra procesa na ostvarenu vrednost vremenskih gubitaka;
- Vremenske gubitke koji nastaju tokom faze 2 procesa ubrzanja, teško je analitički modelovati korišćenjem osnovnih parametara procesa;
- Učešće većeg broja vozila u procesu ima za posledicu ostvarivanje niže prosečne vrednosti ubrzanja na nivou celokupnog toka. Niža vrednost prosečnog ubrzanja nema uticaj na ostvarenu vrednost vremenskih gubitaka (prosečno ubrzanje, redom na raskrsnicama 0.63 i 0.44 m/s<sup>2</sup>, odnosno, pripadajuća vrednost gubitaka 3.8 i 3.9 s)

Imajući u vidu konstataciju o složenoj analitičkoj prirodi procesa ubrzanja u fazi 2 i dobijene prosečne vrednosti gubitaka u istraživanjima (Tabela 6.32), može se zaključiti da se usvajanjem vrednosti gubitaka u granicama od 3 do 4 s, za standardne raspone vrednosti brzina na prilazu raskrsnici (40-60 km/h), čini minimalna greška, koja nema nikakvog uticaja na vrednost ukupnih vremenskih gubitaka.

Rezultati istraživanja ukazuju da u prilično determinisanom rasponu vrednost gubitaka tokom faze 2 (3-4 s), postoji jaka linearna zavisnosti između brzine na prilazu raskrsnici i prosečnih gubitaka. (Slika 6.16).



Slika 6.16 Zavisnost gubitaka u fazi 2 u odnosu na brzinu na prilazu raskrsnici

U uslovima nižih vrednosti brzine (oko 40 km/h) vrednost gubitaka je bliža donjoj (3 s), odnosno gornjoj granici (4 s), za brzine preko 60 km/h.

#### 6.3.3.4 Uticaj procesa ubrzanja u fazi 1 na vrednost gubitaka

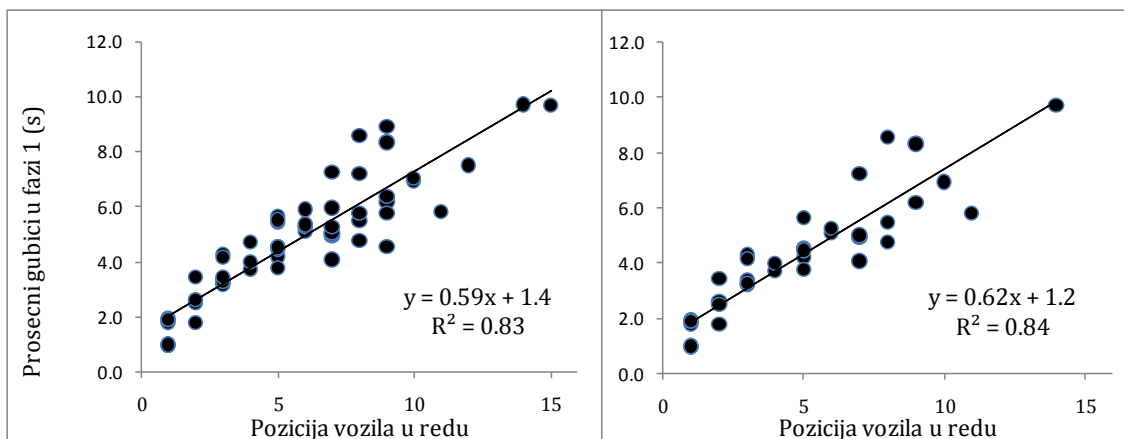
Realizacija procesa ubrzanja u fazi 1 može se opisati istim osnovnim parametrima, kao i u prethodnom slučaju. Na vrednost parametara procesa, isključiv uticaj imaju :

- Način realizacije procesa pražnjena reda;
- Broj vozila koji učestvuje u procesu.

Proces pražnjena reda u potpunosti je definisan vrednosti zasićenog saobraćajnog toka. Ukoliko usvojimo da je njegova vrednosti tokom procesa konstantana (istraživanjem su dobijene vrednosti od 1865 voz/h za „DJ“, odnosno 1773 voz/h „BO“), isključiv uticaj na vrednost vremenskih gubitaka tokom faze 1, ima broj vozila koji učestvuje u procesu (broj vozila u redu na početku faze 1).

U postupku analize postavljena je naredna hipoteza: “Ostvarena vrednost vremenskih gubitaka tokom faze 1 procesa ubrzanja, direktno zavisi od broja vozila u redu (prosečne dužine reda) na početku njegove realizacije“.

Na narednom dijagramu (Slika 6.17) prikazani su parovi vrednosti pozicija vozila u redu i ostvarenih gubitaka.

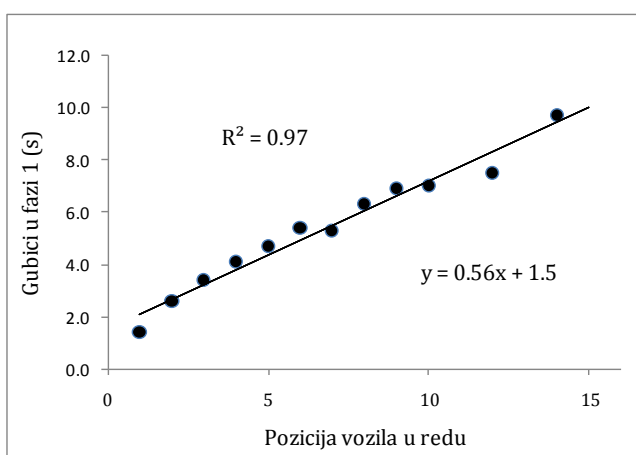


Slika 6.17 Zavisnosti gubitaka u fazi 1 u odnosu na poziciju vozila u redu a.)“DJ“ b.)“BO“

Na osnovu formiranih dijagrama, mogu se izvesti naredne konstatacije:

- Postoji jaka linearna međuzavisnost između pozicije vozila u redu i prosečnog ubrzanja od odgovarajuće pozicije u redu do linije zaustavljanja (faza 1);
- Na obe raskrsnice dobijen je sličan trend međuzavisnosti, opisan relacijama unutar dijagrama;
- Veći rastur tačaka, dobijen je za više pozicije vozila u redu.

Agregacijom podataka na nivo srednje vrednosti vremenskih gubitaka koji se ostvaruju u realizaciji kretanja sa odgovarajuće pozicije, formiran je naredni dijagram (Slika 6.18).



Slika 6.18 Zavisnosti srednje vrednosti gubitaka u fazi 1 u odnosu na poziciju vozila u redu

Postupkom analize na nivou srednjih vrednosti, dokazano je da postoji isključiva, jaka linearna veza (data izrazom u okviru dijagrama) između pozicije vozila u redu i ostvarenih gubitaka. Na osnovu dobijenog izraza zaključuje se da vrednost gubitaka u putanjama sa zaustavljanjem, raste stopom od uslovno, 0.5 sekundi, po poziciji vozila, počevši od neke „nulte“ vrednosti, (1.5 s), (vrednost gubitaka, tokom inicijalizacije procesa - gubici na startu). Prosečni gubici tokom faze 1, za red od n vozila, mogli bi se opisati narednim izrazom:

$$d_{FAZA\ 1} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n 0.56 \cdot n + 1.55 \text{ (s/voz)} \quad (6-1)$$

$d_{FAZA\ 1}$  –prosečni gubici tokom faze1 (s/voz)

n – ukupan broj vozila u redu (voz)

### 6.3.3.1 Zaključci analize procesa ubrzanja vozila

Na osnovu sprovedene analize procesa ubrzanja vozila mogu se izdvojiti naredni, generalni zaključci:

- Proces ubrzanja se u potpunosti razlikuje od procesa usporenja, kako po karakteru procesa, tako po prosečnim vrednostima pokazatelja;
- Proces ubrzanja predstavlja nekontinualan proces sa aspekta promena vrednosti ubrzanja tokom njegove realizacije;
- Vrednost parametara procesa i vremenskih gubitaka ne zavisi od načina rada svetlosnih signala;
- Proces ubrzanja (putanje sa zaustavljanjem) ostvaruje se kroz dve različite faze u okviru osnovnog procesa;
- Faza 2 procesa ubrzanja, ima karakter složenog stohastičkog procesa, sa determinisanim učešćem u sumi ukupnih vremenskih gubitaka (3-4 sekunde);
- Vrednost vremenskih gubitaka koji nastaju tokom faze 1, u uslovima konstantnih vrednosti zasićenog toka, isključivo zavisi od prosečne dužine reda na početku realizacije procesa.

#### **6.4 VREMENSKI GUBICI ZAUSTAVLJENOG VOZILA**

Komponenta mirovanja vozila opisana je nultim vrednostima osnovnih parametara kretanja (pređeni put i brzina). Vrednost vremenskih gubitaka zaustavljenog vozila, zavisi od četiri parametra saobraćajnog procesa:

- Dužine efektivnog crvenog vremena;
- Trenutka zaustavljanja vozila u odnosu na aktuelan trenutak trajanja crvenog (ili zelenog) signalnog pojma;
- Pozicije vozila u redu;
- Intenziteta procesa pražnjenja reda.

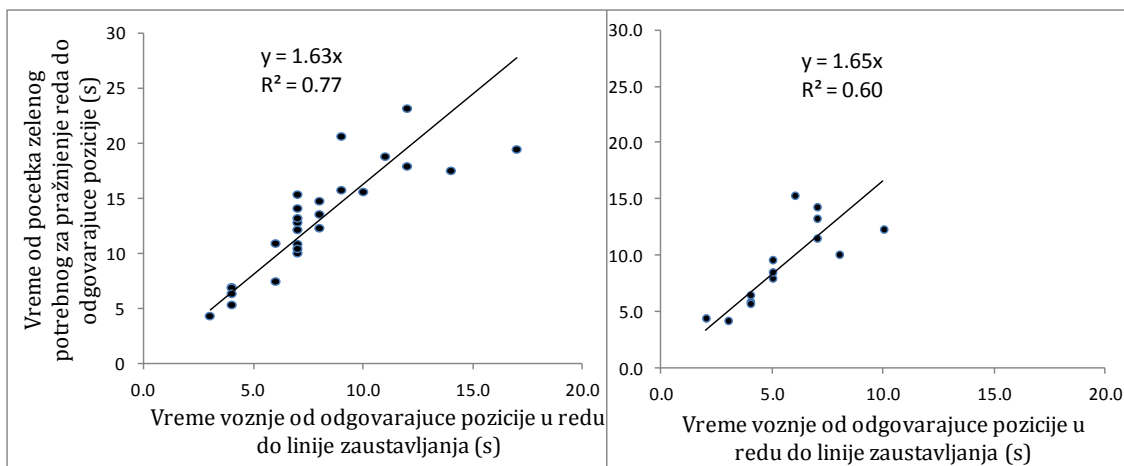
Gubici zaustavljenog vozila ostvaruju se kroz dve osnovne faze procesa:

- Čekanje na promenu signalnog pojma (vreme koje protekne od trenutka pristupanja redu do pojave zelenog signalnog pojma);
- Čekanje na trenutak izlaska iz stanja mirovanja (vreme od trenutka pojave zelenog signalnog pojma do pokretanja reda sa konkretne pozicije).

Iako su obe faze realizacije procesa mirovanja vremenski jasno determinisane, faktori koji utiču na dužinu njihovog trajanja se u potpunosti razlikuju.

Vremenski gubici u fazi čekanja na promenu signalnog pojma, direktno zavise od trenutka pristupanja vozila redu i dužine crvenog signalnog pojma.

Trajanje procesa, odnosno vrednost gubitaka, u drugoj fazi mirovanja zavisi od broja vozila u redu i intenziteta njegovog pražnjenja (zasićenog saobraćajnog toka). Osnovni predmet analize predstavlja odnos vremena trajanja procesa u okviru druge faze mirovanja – procesa pražnjenja reda do konkretne pozicije vozila i procesa pokretanja vozila sa iste pozicije, posmatrano u odnosu na vremensku ravan – početak zelenog signalnog pojma. Vozilo koje se nalazi na određenoj poziciji u redu, ne ulazi u proces ubrzanja činom pokretanja prvog vozila (kao što bi recimo bio slučaj za železničkim kompozicijama), ali sa druge strane, ne nalazi se u stanju mirovanja tokom celokupnog vremena koje je potrebno za pražnjenje reda do konkretne pozicije. Na narednom dijagramu (Slika 6.19) prikazan je odnos vremena vožnje od odgovarajuće pozicije u redu do linije zaustavljanja i vremena potrebnog da se red do te pozicije isprazni.



Slika 6.19 Zavisnosti vremena pražnjenja reda do odgovarajuće pozicije i vremena vožnje od odgovarajuće pozicije do linije zaustavljanja a.)“DJ“ b.)“BO“

Odnos analiziranih vremenskih komponenti u procesu pražnjenja reda, na obe raskrsnice, opisan je sličnom linearnom zavisnosti, uz ostvareni srednji stepen poklapanja pretpostavljene, sa empirijskom raspodelom parova vrednosti. Na osnovu dobijenih izraza, može se formirati naredni zaključak: Od ukupnog vremena potrebnog za pražnjenje reda do n-tog vozila, vozilo sa te pozicije će se kretati oko 60% vremena, dok preostali deo (oko 40%), predstavlja vreme realizacije druge faze procesa mirovanja (gubitke zaustavljenog vozila). Matematička formulacija prethodnog zaključka opisana je narednim izrazima:

$$VP = 1.65 \cdot VV \text{ (s)} \quad (6-2)$$

$$VV/VP = 0.60 \quad (6-3)$$

VP – vreme potrebno za pražnjenje reda od n vozila (s)

VV – vreme vožnje od n-te pozicije u redu do linije zaustavljanja (s)

Vreme pražnjena reda od n vozila, dato je narednim izrazom:

$$VP = (n' - 1) \cdot t_h + \text{gubici na startu (s)} \quad (6-4)$$

n – broj vozila u redu (voz)

t<sub>h</sub> – prosečna vrednost intervala sleđenja u procesu rasformiranja reda (s)

Prosečna vrednost gubitaka zaustavljenog vozila u redu od n vozila, aproksimativno bila bi data narednim izrazom:

$$VG_{stop} = \frac{r}{2} + \frac{0.4}{n} \cdot \left[ \sum_{n=2}^n (n-1) \cdot t_h + \text{gubici na startu} \right] \quad (6-5)$$

r – trajanje efektivnog crvenog vremena (s)

n – broj vozila u redu (voz)

t<sub>h</sub> – prosečan interval sleđenja u procesu rasformiranja reda (s)

## 6.5 ODNOS KOMPONENTI VREMENSKIH GUBITAKA

Analiza odnosa ukupnih vremenskih gubitaka i gubitaka zaustavljenog vozila, prikazana u ovom poglavlju, sprovedena je u dva segmenta:

- Testiranje analitičkih modela, relacija između komponenti vremenskih gubitaka (Poglavlje 3.10);
- Utvrđivanje odnosa između osnovnih komponenti gubitaka, na osnovu rezultata istraživanja.

Testiranje postojećih modela (relacija), izvršeno je postupkom upoređivanja vrednosti ukupnih gubitaka dobijenih primenom analitičkih relacija, sa vrednostima utvrđenim u istraživanju. Kao osnova za proračun, korišćena je prosečna vrednost gubitaka zaustavljenog vozila, u putanjama sa zaustavljanjem ( $VG_{STOP}$ ), utvrđena istraživanjem. (Tabela 6.33).

*Tabela 6.33 Prosečna vrednosti komponente gubitaka zaustavljenog vozila (putanje sa zaustavljanjem)*

Raskrsnica	Prosečni gubici zaustavljenog vozila – $VG_{STOP}$ – putanje sa zaustavljanjem (s/voz)
„DJ“	26.8
„BO“	19.0

U narednoj tabeli (Tabela 6.34) prikazane su vrednosti ukupnih vremenskih gubitaka, dobijene različitim relacijama.

Tabela 6.34 Ukupni gubici u putanjama sa zaustavljanjem

Raskrsnica	Ukupni gubici u putanjama sa zaustavljanjem $VG_{UK}(s/voz)$					
	1	2	3	4	5	6
„DJ“	38.1	35.3	36.6	39.9	48.1	48.2
„BO“	33.8	25.0	29.8	36.4	40.0	36.3

1 – utvrđeno istraživanjem

2 –Railly i Gardner (izraz (3-48)

3 –Akčelik (izraz(3-50)

4 – Teply (izraz(3-53)

5 –Qiuroga i Bulock (izraz (3-56)

6 – Click (izraz (3-57)

Na osnovu rezultata može se zaključiti da se primenom analitičkih relacija dobijaju različite vrednosti ukupnih vremenskih gubitaka, od onih realno utvrđenih istraživanjem. Najmanja odstupanja ostvarena su primenom Teplijeve relacije (dobijene srazmerno veće vrednosti), što ukazuje da parametri rada signala (obuhvaćeni u modelu) imaju uticaj na odnos posmatranih komponenti.

U narednim tabelama (Tabela 6.35 Tabela 6.36) prikazani su rezultati analize odnosa komponenti gubitaka, utvrđenih istraživanjem, na dva nivoa posmatranja: za putanje sa zaustavljanjem, odnosno za sve putanje.

Tabela 6.35 Odnos ukupnih i gubitaka zaustavljenog vozila (putanje sa zaustavljanjem)

Raskrsnica	Ukupni gubici $-VG_{UK}$ (putanje sa zaustavljanjem) (s/voz)	Gubici zaustavljenog vozila $-VG_{STOP}$ (putanje sa zaustavljanjem) (s/voz)	Odnos $VG_{STOP}/ VG_{UK}$
„DJ“	38.1	26.8	0.70
„BO“	33.8	19.0	0.56

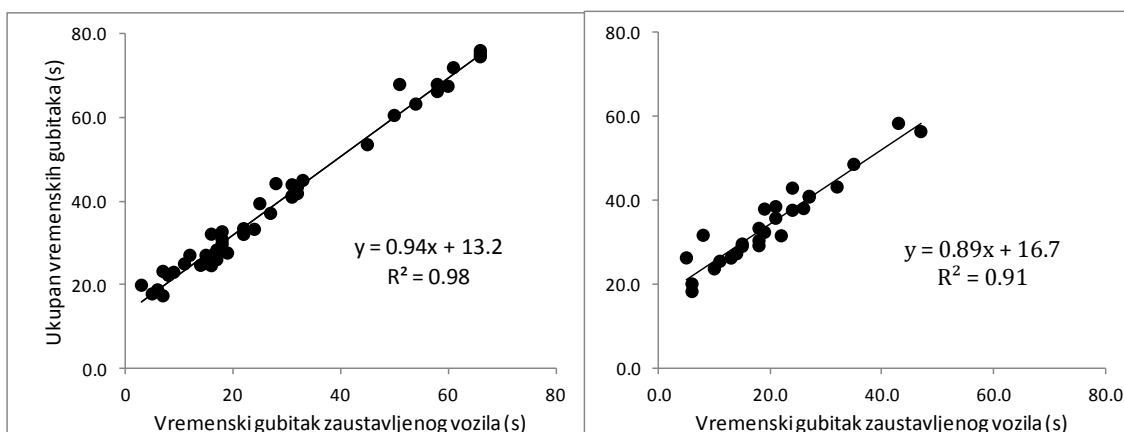
Tabela 6.36 Odnos ukupnih i gubitaka zaustavljenog vozila (sve putanje)

Raskrsnica	Ukupni gubici $-VG_{UK}$ (s/voz)	Gubici zaustavljenog vozila $-VG_{STOP}$ (s/voz)	Odnos $VG_{STOP}/ VG_{UK}$
„DJ“	27.1	18.3	0.68
„BO“	24.0	12.7	0.53



Na osnovu izvršene analize može se zaključiti da, bez obzira na nivo posmatranja, odnos između komponenti vremenskih gubitaka nije konstantan, niti korespondira konstantno utvrđenom odnosu, primenjenom u HCM-u (0.76).

U narednom delu izvršena je analiza odnosa gubitaka zaustavljenog vozila i ukupnih gubitaka, na nivou pojedinačnih trajektorija utvrđenih istraživanjem. Predmet analize su trajektorije koje imaju komponentu gubitaka zaustavljenog vozila. Na narednom dijagramu (Slika 6.20) prikazani su parovi vrednosti ukupnih i gubitaka zaustavljenog vozila.



Slika 6.20 Zavisnosti ukupnih i gubitaka zaustavljenog vozila a.) "DJ" b.) "BO"

Sa prikazanih dijagrama može se uočiti da između parova vrednosti postoji jaka linearna zavisnost, opisana relacijama u okviru dijagrama. Dobijene forme uslovno konstantne razlike između komponenti gubitaka, imaju bliske, ali različite vrednosti koeficijenta pravca i slobodnog člana. Sličan oblik zavisnosti, dobijen je i u istraživanjima Kuroge i Bulocka (poglavlje 3.10.4).

Činjenica da utvrđene vrednosti članova izraza nisu iste po posmatranim raskrsnicama, navodi na zaključak, da se odnos komponenti gubitaka ne može modelovati korišćenjem prostih analitičkih formulacija.

Najveći uticaj na vrednost ukupnih gubitaka i odnos posmatranih veličina, ima komponenta gubitaka zaustavljenog vozila. Vrednost ove komponente (Izraz (6-5)) zavisi od četiri parametra:

- Rada svetlosnih signala (dužine efektivnog crvenog vremena);
- Intenziteta procesa pražnjenja reda (vrednosti zasićenog saobraćajnog toka);

- Stepena zasićenja (uslova u saobraćajnom toku na prilazu raskrsnici);
- Ponašanja vozača.

Izneti stavovi po pitanju predmeta analize, dobijeni na osnovu istraživanja, predstavljaju polaznu osnovu za postupak utvrđivanja analitičkog odnosa između posmatranih komponenti gubitaka. Dalja razrada rezultata istraživanja, u cilju formiranja modela (relacije), nije sprovedena u okviru doktorske disertacije.

## 6.6 UTICAJA TIPA TRAJEKTORIJE NA UKUPNE VREMENSKE GUBITKE

U tabelama koje slede (Tabela 6.37, Tabela 6.38), prikazana je struktura realizacije ukupnih gubitaka sa aspekta tipa trajektorije, dobijena na osnovu rezultata istraživanja.

Tabela 6.37 Struktura gubitaka sa aspekta ostvarenog tipa trajektorije– raskrsnica „DJ“

Tip trajektorije	Broj realizovanih putanja u okviru istraživanja (-)	Učešće u ukupnom broju putanja	Vremenski gubici (s)	Udeo u vremenskim gubicima	Prosečni vremenski gubici (s/voz)	Raspon vrednosti prosečnih gubitaka (s/voz)
Putanje sa zaustavljanjem	48	69.0%	1828.0	96.3%	38.1	10.0-76.0
Putanje bez zaustavljanja	11	15.5%	67.3	3.5%	6.1	-2.8-14.3
Putanje uslovno ravnomernog kretanja	11	15.5%	2.7	0.2%	0.1	-3.6-4.9
Sve putanje	70	100%	1898.0	100%	27.1	-2.4-76.0

Tabela 6.38 Struktura gubitaka sa aspekta ostvarenog tipa trajektorije – raskrsnica „BO“

Tip trajektorije	Broj realizovanih putanja u okviru istraživanja (-)	Učešće u ukupnom broju putanja	Vremenski gubici (s)	Udeo u vremenskim gubicima	Prosečni vremenski gubici (s/voz)	Raspon vrednosti prosečnih gubitaka (s/voz)
Putanje sa zaustavljanjem	28	67.0%	946.4	93.9%	33.8	18.2-58.3
Putanje bez zaustavljanja	6	14.0%	52.3	5.3%	8.5	3.0-17.6
Putanje uslovno ravnomernog kretanja	8	19.0%	8.5	0.8%	1.1	-0.4-3.2
Sve putanje	42	100%	1007.2	100%	24.0	-0.4-58.3

Na osnovu analize prikazanih vrednosti, mogu se formirati naredni zaključci:

- Svaki tip trajektorije ostvaruje specifičan opseg vrednosti ukupnih gubitaka;
- Dominantan uticaj na sumu gubitaka, imaju gubici u trajektorijama sa zaustavljanjem;
- Trajektorije uslovno ravnomernog kretanja, odnosno njima pripadajuće vrednosti gubitaka, imaju zanemarljiv uticaj na sumu vremenskih gubitaka;
- Vrednost gubitaka u putanjama bez zaustavljanja i putanjama uslovno ravnomernog kretanja je prilično determinisana.

Na procenat učešća odgovarajućeg tipa trajektorija u ukupnom broju, imaju uticaj dva parametra procesa:

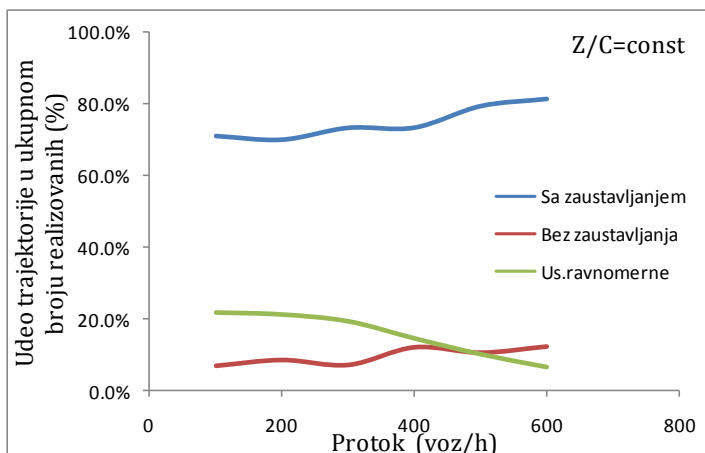
- Udeo efektnog zelenog vremena u ciklusu;
- Saobraćajni zahtev na prilazu raskrsnici.

Ispitivanje uticaja pomenutih parametara na ostvarenu strukturu tipova trajektorija, izvršeno je primenom mikrosimulacionog modela Visim [52], na primeru raskrsnice „DJ“. Analiza je izvršena za dva osnovna scenarija:

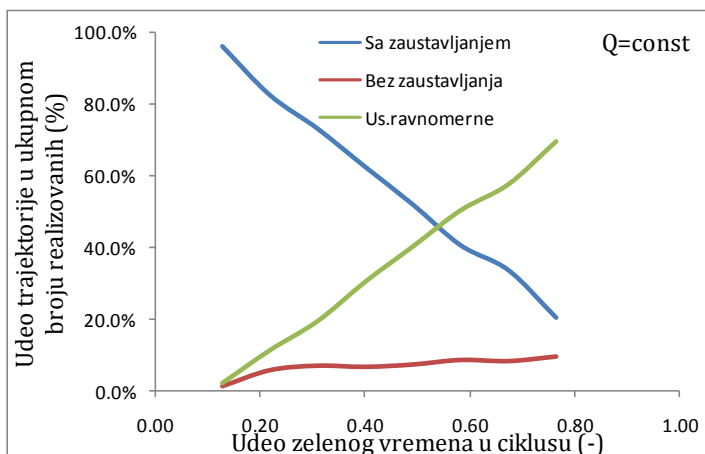
- Scenario promene saobraćajnog opterećenja u uslovima konstantnih parametara rada svetlosnih signala;

- Scenario promene parametara rada signala u uslovima konstantne vrednosti saobraćajnog zahteva.

Obradom rezultata simulacije, formirani su naredni dijagrami (Slika 6.21, Slika 6.22).



Slika 6.21 Zavisnosti učešća putanja odgovarajućeg tipa u odnosu na saobraćajni zahtev



Slika 6.22 Zavisnosti učešća putanja odgovarajućeg tipa u odnosu parametre rada svetlosnih signala

Dobijeni rezultati ukazuju na različit karakter uticaja posmatranih parametara na strukturu realizacije trajektorija.

U uslovima konstantnog rada svetlosnih signala, odnos efektivnog zelenog vremena u ciklusu, ima isključiv uticaj na procenat realizacija trajektorija sa zaustavljanjem. Pri malim vrednostima protoka, udeo putanja sa zaustavljanjem jednak je procentu učešća efektivnog crvenog vremena u ciklusu (tzv. bazna vrednost udela). Porastom saobraćajnog zahteva (protoka), učešće putanja sa

zaustavljanjem ima nisku, konstantnu stopu rasta, do vrednosti stepena zasićenja  $X=0.8$ . Daljim povećanjem protoka (uslovno i stepena zasićenja) udeo putanja ostvaruje intenzivan rast, do maksimalne vrednosti (u stanju zasićenja)

Parametri rada svetlosnih signala imaju izraziti uticaj na ostvarenu strukturu tipova trajektorija. Procenat učešća trajektorija sa zaustavljanjem ima intenzivan, konstantan trend promene, od apsolutne dominacije (niske vrednost odnosa  $z/C$ ), do teoretski, eliminacije iz strukture ostvarenih trajektorija ( $z/C=1$ ).

Za metodološki definisane uslove istraživanja (konstantni parametri rada signala), mogu se formirati naredni zaključci:

- Parametri rada svetlosnih signala (posmatrano kroz odnos zelenog vremena u ciklusu) imaju ključni uticaj na udeo trajektorija odgovarajućeg tipa u ukupnom broju trajektorija;
- Protok vozila, ima sekundarni uticaj koji se ostvaruje pri višim vrednostima stepena zasićenja;
- Promena strukture tipova trajektorija, isključivo je zasnovana na promeni učešća (odnosa) trajektorija sa zaustavljanjem i trajektorija uslovno ravnog kretanja. Trajektorije bez zaustavljanja, u svim scenarijima i uslovima analize, imaju konstantno učešće u ukupnom broju putanja (u granicama 8-12%).

Na osnovu zaključaka analize, putanje se prema ostvarenim vrednostima nivoa usluge, se mogu podeliti na: (oznake tipova putanja su preuzete iz poglavlja 2.1)

- Putanje najvišeg nivoa usluge, A ili A+ (putanje minimalne pozitivne ili negativne vrednosti ukupnih gubitaka) (tip A);
- Putanje visokog nivoa usluge (B, potencijalno C) (tip A, tip C);
- Putanje srednjih i nižih vrednosti nivoa usluge, nivo usluge C i niži (tip B i tip C).

## **6.7 PROSTORNA KOMPONENTA VREMENSKIH GUBITAKA**

Prostorna komponenta vremenskih gubitaka ostvaruje se u zoni raskrsnice u kojoj dolazi do odstupanja od uslovno idealne trajektorije kretanja. U fizičkom smislu,

granice ove zone definisane su sa dva preseka: na prilazu raskrsnici (presek u kome započinje proces usporenja), odnosno na izlazu (presek u kome se završava proces ubrzanja vozila). Rezultati analize pokazatelja prostorne komponente gubitaka, prikazani su u odnosu na referentni presek – liniju zaustavljanja, separatno po posmatranim raskrsnicama (Tabela 6.39).

*Tabela 6.39 Prostorna komponenta gubitaka na raskrsnicama*

Raskrsnica	Pokazatelj	
„DJ“	Prosečna dužina (raspon vrednosti dužina) zone na prilazu raskrsnici (od linije zaustavljanja) (m)	153.4 (111.2-230.8)
	Prosečna dužina (raspon vrednosti dužina) zone na izlazu raskrsnice (od linije zaustavljanja) (m)	148.1 (85.5-320.3)
„BO“	Prosečna dužina (raspon vrednosti dužina) zone na prilazu raskrsnici (od linije zaustavljanja) (m)	198.5 (116.3-306.7)
	Prosečna dužina (raspon vrednosti dužina) zone na izlazu raskrsnice (od linije zaustavljanja) (m)	240.6 (117.2-321.0)

Na osnovu dobijenih rezultata, mogu se formirati naredne konstatacije i zaključci:

- Zona raskrsnice, koja je u prostornom smislu vezana za nastajanje vremenskih gubitaka, nije fiksne dužine, niti fiksnog odnosa dužina, pre i nakon linije zaustavljanja;
- Pozicija granice, preseka na prilazu raskrsnici, isključivo zavisi od aktuelne dužine reda;
- Pozicija granice na izlazu raskrsnice, zavisi od načina realizacije procesa ubrzanja vozila (broja vozila koja učestvuju u procesu, Poglavlje 6.3.3.1);
- Poklapanje minimalnih dužina zona na prilazu (oko 110 metara) i maksimalnih na izlazu (oko 320 metara), odraz su maksimalno povoljnih uslova pri realizaciji procesa usporenja (zaustavljanje u uslovima ne postojanja reda), odnosno maksimalno nepovoljnih u realizaciji procesa ubrzanja;
- Na osnovu uopštavanja dobijenih rezultata, može se zaključiti da minimalna dužina zone u kojoj dolazi do nastajanja vremenskih gubitaka, iznosi oko 200 metara ( obuhvata 110 metara prilaznog i 85 izlaznog kraka);

- Maksimalna dužina zone realizacije vremenskih gubitaka zavisi od preovlađujućih uslova na prilazu raskrsnici tokom realizacije procesa;
- Minimalno rastojanje između dve raskrsnice pri kome se realizuje nezavistan proces nastajanja gubitaka na raskrsnicama (ne postoji, u tom smislu, međusoban uticaj raskrsnica) iznosi oko 450 metara.

## 7 MEIS METOD

### 7.1 KONCEPT METODE

Metod Eksperimentalnog Istraživanja (MEIS) formiran je na osnovu rezultata i zaključaka istraživanja procesa kretanja vozila u zoni signalisane raskrsnice.

Koncept metode zasnovan je na analitičkom modelu utvrđivanja ukupnih vremenskih gubitaka.

Postavka modela polazi od osnovne definicije vremenskih gubitaka i procesa u kojima dolazi do njihovog nastajanja. Vrednost ukupnih vremenskih gubitaka, jednaka je zbiru vrednosti gubitaka koji se ostvaruju u različitim tipovima trajektorija.

$$VG_{UK} = VG_{UK \text{ zaust.}} + VG_{UK \text{ bez zaust.}} + VG_{UK \text{ usl.rav}} \text{ (s)} \quad (7-1)$$

$VG_{UK}$ - ukupni vremenski gubici (s)

$VG_{UK \text{ zaust.}}$  - gubici u putanjama sa zaustavljanjem (s)

$VG_{UK \text{ bez zaust.}}$  - gubici u putanjama bez zaustavljanja (s)

$VG_{UK \text{ us.rav.}}$  - gubici u putanjama uslovno ravnomernog kretanja (s)

Gubici pojedinačnog vozila u putanji sa zaustavljanjem, jednaki su zbiru tri sukcesivno realizovane komponente gubitaka, tokom realizacije pripadajućih procesa kretanja.

$$VG_{UK \text{ zaust.}} = VG_{USP} + VG_{STOP} + VG_{UBR} \text{ (s)} \quad (7-2)$$

$VG_{UK}$ - gubitak pojedinačnog vozila u putanji sa zaustavljanjem (s)

$VG_{USP}$  - gubitak tokom procesa usporenja (s)

$VG_{STOP}$  - gubitak usled zaustavljanja (zaustavljenog vozila) (s)

$VG_{UBR}$  - gubitak tokom procesa ubrzanja (s)

U postupku formiranja modela, korišćeni su naredni zaključci (Poglavlje 6.3):

- Vrednost vremenskih gubitaka u procesu usporenja, isključivo zavisi od početnih uslova realizacije procesa (brzine na prilazu). Za vrednosti brzine



u granicama 50-60km/h, vrednost gubitaka u putanjama sa zaustavljanjem. se kreće u intervalu 5-6 s. (Tabela 6.22, Tabela 6.23)

- Proces ubrzanja vozila ostvaruje se kroz dve faze, različitih karakteristika, sa aspekta uslova u kojima se realizuju, vrednosti osnovnih parametara i uticaja na vremenske gubitke. Vrednost vremenskih gubitaka u fazi 2 ima determinisan interval realizacija (3-4 s), i direktno zavisi od brzine na prilazu raskrsnici.(Tabela 6.32)

Na osnovu iznetih zaključaka, transformacijom osnovnog, dobijaju se naredni izrazi:

$$VG_{UK\ zaust.} = VG_{USP} + VG_{STOP} + VG_{UBR(Faza\ 1)} + VG_{UBR(Faza\ 2)}(s) \quad (7-3)$$

$$VG_{UK\ zaust.} = (5 - 6) + VG_{STOP} + VG_{UBR(Faza\ 1)} + (3 - 4)(s) \quad (7-4)$$

$VG_{UBR(Faza1)}$  - vremenski gubici tokom procesa ubrzanja od trenutka započinjanja procesa ubrzanja (pokretanja iz stanja mirovanja) do dostizanja linije zaustavljanja (s)

$VG_{UBR(Faza2)}$  - vremenski gubici tokom procesa ubrzanja od linije zaustavljanja do izlaska iz zone nastajanja vremenskih gubitaka (s)

Konstante formiranog izraza ( $VG_{USP}$  i  $VG_{UBR(Faza\ 2)}$ ), odnosno njihove vrednosti, isključivo zavise od utvrđenih brzina realizacije idealne trajektorije. (Poglavlja 6.3.2.1 i 6.3.3.1)

Komponenta gubitaka zaustavljenog vozila i gubitaka tokom faze 1 ubrzanja vozila, zavise od realizacija vrednosti diskretnih, slučajnih parametara procesa. Sa aspekta vremena, komponente se sukcesivno realizuju; od trenutka zaustavljanja vozila, do prolaska linije zaustavljanja. Agregatno posmatrano, ovi gubici predstavljaju komponentu gubitaka vozila u redu. Drugim rečima:

$$VG_{UK\ zaust.} = VG_{USP} + VG_{U\ REDU} + VG_{UBR(Faza\ 2)}(s) \quad (7-5)$$

Gde je:

$$VG_{U\ REDU} = VG_{STOP} + VG_{UBR(Faza\ 1)}(s) \quad (7-6)$$

Razlog agregacije, objašnjava se činjenicom da je ovako formirana komponenta gubitaka istraživački prepoznatljiva, okarakterisana jasnim realizacijama dva događaja: zaustavljanje vozila i prolazak linije zaustavljanja. Jedinstveni period vremena koji protekne između realizacije događaja, nazivamo realnim vremenom trajanja procesa. ( $T_{REAL}$ ). Realno vreme strukturalno u sebi sadrži „čistu“ vrednost

komponente gubitaka zaustavljenog vozila i vrednost realnog vremena putovanja od odgovarajuće pozicije u redu do linije zaustavljanja. Svođenje realnog vremena na ravan vremenskog gubitka zahteva uvođenje idealnog vremena realizacije trajektorije vozila tokom faze 1 procesa ubrzanja. Idealno vreme, u kontekstu poznate vrednosti brzine na prilazu, zavisi od pozicije vozila u redu, odnosno u prostornom smislu, rastojanja od linije zaustavljanja.

$$T_{IDEAL (Faza1)} = N_r \cdot l_v / V_{PR} \text{ (s)} \quad (7-7)$$

Odnosno,

$$VG_{U REDU} = T_{REAL} - (N_r \cdot l_v / V_{PR}) \text{ (s)} \quad (7-8)$$

$T_{REAL}$  - realno vreme od trenutka zaustavljanja, do prolaska linije zaustavljanja (s)

$N_r$  - pozicija vozila u redu na početku zelenog signalnog pojma (-)

$l_v$  - prosečno rastojanje između vozila u redu (m)

$V_{PR}$  - brzina na prilazu raskrsnici (m/s)

Vrednost komponente vremenskih gubitaka pojedinačnog vozila u redu, jednaka je realnoj vrednosti vremena potrebnog za realizaciju posmatranog procesa umanjenju za idealno vreme realizacije trajektorije tokom faze 1 procesa ubrzanja. Izraz za vremenske gubitke pojedinačne trajektorije sa zaustavljanjem, dobija konačnu opštu formu:

$$VG_{JK zaust.} = VG_{USP} + T_{REAL} - (N_r \cdot l_v / V_{PR}) + VG_{UBR(Pproces2)} \text{ (s)} \quad (7-9)$$

Vremenski gubici u putanjama bez zaustavljanja, ostvaruju se realizacijom, uslovno nepotpunih procesa usporenja i ubrzanja vozila (u poređenju sa putanjama sa zaustavljanjem). Usvajanjem vrednosti gubitaka u procesu usporenja, na nivou polovine vrednosti istih u putanjama sa zaustavljanjem, gubici u trajektorijama ovoga tipa, mogu se prikazati narednim izrazom:

$$VG_{JK bez zaust.} = VG_{USP} / 2 + VG_{UBR(Faza 2)} \text{ (s)} \quad (7-10)$$

Zamenom, usvojenih vrednosti (Poglavlje 6) u formirani izraz, dobija se konstantna vrednost vremenskih gubitaka trajektorija bez zaustavljanja, od 7 sekundi. Udeo trajektorija ovog tipa u ukupnom broju realizovanih, kreće se u granicama 8-12% (poglavlje 6.6).

Trajektorije uslovno ravnomernog kretanja imaju zanemarljivi uticaj na sumu vremenskih gubitaka, pa se kao takve mogu eliminisati iz daljeg razmatranja. Ukupna vrednost gubitaka svih vozila na data je narednim izrazom:

$$VG_{UK} = \sum_1^k VG_{UK \text{ zaust.}} + 0.1 \cdot n \cdot VG_{UK \text{ bez zaust.}}(s) \quad (7-11)$$

k- ukupan broj vozila koja su ostvarila trajektoriju sa zaustavljanjem tokom perioda istraživanja (voz)

n – ukupan broj svih vozila tokom perioda istraživanja (s)

0.1 – učešće trajektorija bez zaustavljanja u ukupnom broju realizovanih

Prosečna vrednost vremenskih gubitaka, kao osnovni izlazni parametar realizacije procesa, dobija se deljenjem prethodnog izraza sa ukupnim brojem realizovanih trajektorija (vozila), tokom perioda istraživanja, odnosno:

$$\overline{VG_{UK}} = \frac{1}{n} \cdot \sum_1^k VG_{UK \text{ zaust.}} + 0.1 \cdot VG_{UK \text{ bez zaust.}}(s) \quad (7-12)$$

Na osnovu prikazanog modela, predmet neposrednog eksperimentalnog istraživanja predloženom metodom, odnosi se na dva parametra procesa:

- Vreme koje protekne od trenutka zaustavljanja vozila do prolaska linije zaustavljanja;
- Ukupan broj vozila tokom perioda istraživanja.

Sa aspekta, osnovnog predmeta istraživanja (prosečnih gubitaka), formirana metoda ima naredne karakteristike:

- Kombinovani pristup u istraživanju proučavane veličine –neposredna istraživanja i primena empirijski utvrđenih relacija;
- Direktan pristup u realizaciji istraživanja – predmet istraživanja je deo procesa kretanja vozila koji je u direktnoj vezi sa vremenskim gubicima;
- Istraživanja po predloženoj metodi obuhvataju celokupnu populaciju (100% uzorak);

## **7.2 METODA ISTRAŽIVANJA**

Osnovni predmet neposrednog istraživanja formiranom metodom, predstavljaju trenutci realizacije karakterističnih događaja od strane svakog pojedinačnog vozila,

u okviru jedinstvene vremenske baze, relacijski povezane sa aktuelnim vrednostima parametara rada svetlosnih signala.

Postupak prikupljanja podataka realizuje se od strane jednog evidentičara. Evidentičar je lociran na prilazu raskrsnici (aproksimativno na polovini rastojanja između linije zaustavljanja i prosečne dužine reda), na bočnom rastojanju koje mu omogućava jasan pregled događaja na prilazu. Evidentiranje se vrši se manuelno, pomoću mernog instrumenta (poluautomatska tehnika). Predmet opservacije, su naredni elementi procesa:

- Početak ciklusa (trenutak pojave crvenog signalnog pojma);
- Trenuci zaustavljanja vozila (za vozila koja imaju komponentu vremenskih gubitaka zaustavljenog vozila)
- Trenuci prolaska linije zaustavljanja (za sva vozila).

Merni instrument predstavlja prenosivi računar malih dimenzija i težine (Netbook), sa instaliranim specijalističkom programom. Projektni zadatak za izradu programa, formiran je na osnovu prikazane metode istraživanja. Program predstavlja autorsko delo Laboratorije za regulisanje saobraćaja.

Postupak realizacije istraživanja, može se opisati narednim koracima:

1. Aktiviranje programa;
2. Započinjanje realizacije snimanja u okviru pojedinačnog ciklusa (evidentiranje trenutka pojave crvenog signalnog pojma)
3. Evidentiranje trenutaka realizacija karakterističnih događaja, sukcesivno po vremenu njihovog nastanka;
4. Ponavljanje čitave operacije (koraci 2 i 3) do završetka perioda istraživanja;
5. Snimanje baze podataka, izlazak iz programa.

Forma izlaznih podataka prikazana je u tabelarnoj formi, sa pratećim pojašnjenima (Tabela 7.1).

Tabela 7.1 Forma izlaznih rezultata

1. ciklus ***** ==;09:16:56:500;===;0000 01;09:17:13:500; R;17000 02;09:17:25:468; R;28968 03;09:17:28:171; R;31672 04;09:17:37:921; R;41422 05;09:17:51:625; R;55125 06;09:17:53:281; R;56781 07;09:17:56:296; R;59797 08;09:17:58:687; S;62187 09;09:18:00:671; S;64172 10;09:18:02:312; S;65812 *****	Podaci se po pojedinačnom događaju ispisuju u redovima, a elementi prikazani u kolonama (odvojeni interpunkcijom) imaju naredno značenje: Kolona 1: redni broj evidentiranja Kolona 2: apsolutno vreme realizacije događaja Kolona 3: Tip događaja (R-zaustavljanje, S-prolazak linije zaustavljanja, Kolona 4: relativno vreme realizacije događaja u odnosu početak crvenog signalnog pojma
---	---

Osnovni set prikupljenih podataka prebacuje se u standardne programe namenjene za rad sa podacima (Microsoft Excel). Postupkom dodatne obrade, na nivou svakog pojedinačnog ciklusa, dobijaju se naredni podaci:

- Ukupan broj vozila;
- Broj vozila u inicijalnom redu;
- Broj zaustavljenih vozila;
- Vremenski interval između sukcesivnog pristupanja vozila redu;
- Trenutak pristupanja redu od strane pojedinačnog vozila u odnosu na aktuelan rad signala;
- Vremenski interval između trenutka pristupanja redu i napuštanja prilaza za svako pojedinačno vozilo, koje ima komponentu zaustavljanja;
- Trenutak završetka procesa formiranja reda u odnosu na aktuelan rad signala;
- Vremenski interval između sukcesivnog napuštanja prilaza na nivou svakog pojedinačnog vozila;

- Trenutak završetka procesa pražnjenja reda u odnosu na aktuelan rad signala;
- Parametri rada svetlosnih signala (dužina ciklusa, efektivno zeleno i crveno vreme)

Elementi formirane baze podataka, predstavljaju ulazne parametre formiranog analitičkog modela vremenskih gubitaka.

U ovom delu taksativno su navedene konstatacije koje se odnose na koncept prikazane metode i aspekt njene praktične primene.

- Osnovu metode istraživanja predstavlja jednostavan analitički model, formiran na osnovu analize procesa kretanja vozila u zoni signalisane raskrsnice;
- Metoda istraživanja zasnovana je na mikroskopskom pristupu posmatranja vremenskih gubitaka na nivou celokupnog saobraćajnog toka;
- Metoda se može primenjivati u uslovima promenljivog rada svetlosnih signala;
- Postupak neposredne realizacije istraživanja je proceduralno jednostavno koncipiran;
- Baza izlaznih podataka postupka istraživanja, po svom sadržaju i obimu, prevazilazi zahteve uspostavljene metode i kao takva, može se koristiti za dodatne analize;
- Formirana metoda istraživanja je ograničene primene, sa aspekta uslova realizacije procesa na prilazu raskrsnici (do granice zasićenja) i ostvarenih dužina redova (neposredna realizacija istraživanja ograničena je na posmatranje redova „uočljive dužine“);

## 8 ANALIZA REZULTATA RAZLIČITIH METODA ISTRAŽIVANJA

Testiranje praktične primene formirane metode utvrđivanja vrednosti ukupnih vremenskih gubitaka (MEIS), izvršeno je postupkom upoređivanja vrednosti gubitaka, dobijenih primenom različitih objektivnih metoda istraživanja u istim uslovima realizacije saobraćajnog procesa.

U postupku poređenja, korišćene su naredne metode (grupisano prema načinu realizacije istraživanja):

- Metode eksperimentalnih (empirijskih) istraživanja
  - Metoda eksperimentalnog istraživanja (MEIS) i metoda plutajućeg vozila
- Metode neeksperimentalnog istraživanja
  - Metoda računarske simulacije
  - Analitička metoda

Reprezentni uslovi realizacije procesa (vrednosti osnovnih parametara), koji su korišćeni u postupku poređenja, utvrđeni su tokom realizacije eksperimentalnih istraživanja (MEIS i metoda plutajućeg vozila) na posmatranim lokacijama.

*Tabela 8.1 Repezentne vrednosti upravljačkih i parametara saobraćajnog toka - Raskrsnica „DJ“*

Dužina ciklusa (s)	110
Dužina efektivnog crvenog vremena (s)	73
Udeo efektivnog crvenog u ciklusu (-)	0.66
Ukupan broj vozila tokom perioda istraživanja (voz)	645
Prosečan interval sleđenja u procesu rasformiranja reda (s)	2.03
Prosečan stepen zasićenja tokom istraživanja (-)	0.51
Ukupan broj analiziranih ciklusa (-)	70
Ukupno trajanja perioda istraživanja (s)	7700

Tabela 8.2 Repezentne vrednosti upravljačkih i parametara saobraćajnog toka - Raskrsnica „BO“

Dužina ciklusa (s)	100
Dužina efektivnog crvenog vremena (s)	53
Udeo efektivnog crvenog u ciklusu (-)	0.53
Ukupan broj vozila tokom perioda istraživanja (voz)	1004
Prosečan interval sleđenja u procesu rasformiranja reda (s)	1.99
Prosečan stepen zasićenja tokom istraživanja (-)	0.58
Ukupan broj analiziranih ciklusa (-)	73
Ukupno trajanja perioda istraživanja (s)	7300

Ostvarena veličina uzorka trajektorija u istraživanju, metodom plutajućeg vozila, iznosi 4.8% za raskrsnicu „DJ“, odnosno 4.2% za „BO“.

U postupku utvrđivanja vremenskih gubitaka metodom računarske simulacije, korišćen je mikroskopski model Vissim.

Primenom analitičke metode, obuhvaćeni su naredni modeli gubitaka:

- Vebsterov model (poglavlje 3.2);
- Modifikovan Vebsterov model, prilagođen domaćim uslovima ([80],[49]);
- Model iz HCM-a 2000. (poglavlje 3.4);
- Model iz HBS-a 2001 (poglavlje 3.5);
- Akčelikov model (poglavlje 3.3).

U narednoj tabeli (Tabela 8.3) prikazane su vrednosti prosečnih vremenskih gubitaka, dobijene primenom različitih objektivnih metoda istraživanja.

Tabela 8.3 Uporedni prikaz prosečnih gubitaka dobijenih primenom različitih metoda istraživanja

Metoda istraživanja	Prosečna vrednost ukupnih vremenskih gubitaka (s/voz)						
	Eksperimentalna		Simulacija	Analitička			
	M1	M2		W	Wsrb	HCM	HBS*
Raskrsnica							
„DJ“	32.5	32.3	29.8	29.1	27.8	32.3	29.2
„BO“	25.4	24.0	20.3	19.9	19.0	22.1	19.3



Legenda:

M1 – Metoda neposrednog istraživanja (MSI)

M2 – Metoda plutajućeg vozila

W – Websterov model utvrđivanja vremenskih gubitaka

Wsrb – Modifikovan model Webstera (prilagođen domaćim uslovima)

HCM – Model utvrđivanja vremenskih gubitaka definisan u HCM-u (Highway capacity manual)

HBS - Model utvrđivanja vremenskih gubitaka definisan u HBS-u (Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen)

\*važi i za Akčelikov model (u definisanim uslovima, dobijaju se iste vrednosti ukupnih gubitaka)

Na osnovu poređenja rezultata dobijenih primenom različitih metoda istraživanja, mogu se konstatovati naredne činjenice i zaključci:

- Metodom simulacije i analitičkim metodama dobijene su slične vrednosti gubitaka po posmatranim raskrsnicama. Od prethodne konstatacije, odstupaju rezultati dobijeni primenom analitičkog modela, definisanog u HCM-u.

Dobijene slične vrednosti gubitaka na posmatranim raskrsnicama, posledica su iste/slične formulacije analitičkog modela utvrđivanja vremenskih gubitaka za preovlađujuće uslove realizacije istraživanja (model uniformnih gubitaka). Veće vrednosti gubitaka dobijene primenom HCM-ovog modela, (približno iste onima dobijenim primenom empirijskih metoda) potencijalna su posledica jedinstvenog pristupa u analitičkoj formulaciji vremenskih gubitaka koji nastaju kao posledica slučajnog nailaska vozila na raskrsnicu (drugi član izraza u modelu).

- Metodama eksperimentalnog istraživanja dobijene su više vrednosti vremenskih gubitaka, od onih utvrđenih primenom neeksperimentalnih metoda;
- Primenom različitih metoda eksperimentalnog istraživanja dobijene su slične vrednosti gubitaka, posmatrano po raskrsnicama.

Podudarnost vrednosti vremenskih gubitaka dobijenih primenom različitih metoda eksperimentalnog istraživanja (razlike u konceptu metoda, načinu posmatranja predmeta istraživanja, ostvarenoj veličini uzorka, primenjenoj tehnici istraživanja i dr.), navodi na naredne zaključke:

- Metod eksperimentalnog istraživanja (MEIS) je verifikovan (ispunjava osnovne uslove primene) i validiran (primenjiv i funkcionalan u realnim uslovima).

- Metoda plutajućeg vozila predstavlja validan metod utvrđivanja vremenskih gubitaka, u uslovima realizacije uzorka na nivou oko 5% od ukupnog broja putanja (uz ostvarivanja odgovarajuće strukture tipova putanja u uzorku).
- Generalno, primena oba metoda eksperimentalnog istraživanja omogućava utvrđivanje realne vrednosti vremenskih gubitaka.

## **9 ZAKLJUČCI I PREPORUKE**

Svetlosni signali predstavljaju hijerarhijsko najviši nivo upravljanja saobraćajnim tokovima. Upravljanjem putem svetlosnih signala, vrši se vremenska preraspodela raspoloživog kapaciteta raskrsnice. Raspodela prava pristupa sistemu opsluživanja, u jediničnom smislu saobraćajnoj traci na prilazu signalisanoj raskrsnici, za direktnu posledicu ima nastajanje vremenskih gubitaka i formiranje reda odgovarajućih karakteristika. Vremenski gubici, u smislu njihovog postojanja, predstavljaju očekivanu posledicu, željeni produkt primenjenog načina upravljanja. Problem nastaje u situacijama kada parametri jednog upravljački kontrolisanog procesa, prestaju da budu sistemski optimalni. Zadatak upravljanja je da obezbedi brzo prilagođavanje sistema novonastalom stanju, odnosno da izvrši prevođenje upravljačkih parametara na nivo novog optimuma. Upravljanje saobraćajem na signalisanoj raskrsnici, sa aspekta vremenskih gubitaka kao osnovnog kriterijuma optimizacije i pokazatelja efikasnosti, zahteva potpunu spoznaju procesa u kome dolazi do njihovog nastajanja i metoda njihovog utvrđivanja.

Utvrđivanje vremenskih gubitaka, kao izmeritelja nivoa usluge i ulaznog parametra u postupak vrednovanja, zasniva se na primeni objektivnih neeksperimentalnih i eksperimentalnih metoda istraživanja. Analizom aktuelnih analitičkih metoda i pripadajućih modela vremenskih gubitaka, zaključuje se da svi modeli, na identičan način interpretiraju gubitke u uslovima nezasićenih stanja (uniformni gubici). Modelovanje gubitaka koji nastaju kao posledica slučajnog nailaska vozila na raskrsnicu i gubitaka u uslovima prezasićenja (zagušenja), razlikuje se po prikazanim modelima. Generalno, u svim modelima, sporna je analitička formulacija procesa za vrednosti stepena zasićenja u intervalu 0.8 - 1.2, u kome postoji izražena nelinearna zavisnosti između pomenutog parametra i vremenskih gubitaka. Pravci postojećih istraživanja u svetu, u domenu razvoja analitičnih modela, fokusirani su na modelovanje saobraćajnog procesa u kritičnom opsegu vrednosti stepena zasićenja.

U makroskopskim simulacionim modelima vremenski gubici se utvrđuju indirektno, postupkom simulacije vrednosti ulaznih parametara ugrađenih analitičkih modela. U mikroskopskim modelima gubici se izračunavaju direktno, na osnovu vremenskih komponenti realizacije kretanja svakog pojedinačnog vozila tokom postupka simulacije.

Vrednost vremenskih gubitaka koja se dobija primenom neeksperimentalnih metoda (analitičke, odnosno simulacione), isključivo zavisi od baznih postavki formiranih modela.

Aktuelne metode eksperimentalnog istraživanja međusobno se razlikuju u više segmenata: tretmanu osnovnog predmeta istraživanja (potpun ili delimičan), direktnosti utvrđivanja u okviru eksperimenta (direktno ili indirektno), veličini uzorka u istraživanju i primenjenoj tehnici prikupljanja podataka. Sa aspekta primenjenog koncepta, niti jedna od aktuelnih metoda ne obezbeđuje potpunu, univerzalnu proceduru eksperimentalnog utvrđivanja vremenskih gubitaka.

U okviru disertacije ostvaren je osnovni cilj – formiranje metoda eksperimentalnog istraživanja vremenskih gubitaka (MEIS). Originalnost metode predstavlja primenjeni koncept analitičkog modeliranja ukupnih gubitaka pomoću komponenti vremenskih gubitaka pojedinačnog vozila za različite tipove trajektorija. Primenom u realnim uslovima, zaključeno je da je metod istraživanja proceduralno jednostavno koncipiran i praktično sprovodiv. Dobijeni rezultati ukazuju da formirani metod predstavlja verifikovan i validan postupak za utvrđivanje ukupnih vremenskih gubitaka za definisane uslove realizacije saobraćajnog procesa. Ograničenost primene metode postoji sa aspekta uslova realizacije procesa (do granica zasićenja, odnosno realizacija modelski pretpostavljenih tipova trajektorija) i ostvarenih dužina redova (primena metoda je ograničena na redove „uočljive dužine“).

Formiranjem i praktičnom primenom metode u metodološki definisanim uslovima istraživanja dokazana je osnovna hipoteza o mogućnosti egzaktnog eksperimentalnog utvrđivanja vremenskih gubitaka saobraćajnog toka na mikroskopskom nivou, istraživanjem dela procesa kretanja vozila.

Na osnovu rezultata istraživanja, hipoteza o specifičnosti procesa kretanja vozila (vrednosti parametara procesa) u okviru različitih sistema, se ne može prihvatiti, ali ni odbaciti. Vrednost prosečnog usporenja, dobijena istraživanjem, razlikuje se od onih utvrđenih od strane drugih autora. Prosečno usporenje od  $1.5 \text{ m/s}^2$ , preporučena od strane Akčelika (Akčelik 1981.) moglo bi se uzeti kao prihvatljivo, uz konstataciju da ono odgovara utvrđenoj vrednosti usporenja u drugom delu procesa (uslovljeno usporenje). Vrednosti date od strane američkog Ministarstva transporta i drugih autora (rang vrednosti  $3-6 \text{ m/s}^2$ ), na osnovu rezultata istraživanja, nemaju nikakvu empirijsku potvrdu. Zaključci autora (Akčelik 1981, Teply 1989.) o jednakosti prosečnih vrednosti usporenja i ubrzanja, nemaju potporu u rezultatima istraživanja. Ustanovljena sumarna vrednosti gubitaka u procesu ubrzanja i usporenja (Richardson 1979., Olszewski 1993.) odgovara vrednostima dobijenim istraživanjem (zbir gubitaka usporenja i druge faze procesa ubrzanja iznosi 8-10s). Sporna ostaje vrednost gubitaka tokom faze 1 procesa ubrzanja, koja nije konstantna i koja isključivo zavisi od aktuelne dužine reda, što je dokazano istraživanjima. Donošenje definitivnog zaključka po pitanju postavljene hipoteze, zahteva primenu iste metodologije istraživanja na nivou svih upoređivanih sistema.

Hipoteza o razlikama u vrednostima vremenskih gubitaka dobijenih primenom različitih metoda istraživanja, u istim uslovima realizacije saobraćajnog procesa, je dokazana istraživanjem. Realne vrednosti vremenskih gubitaka su veće od vrednosti utvrđenih neeksperimentalnim metodama. Primenom realnih vrednosti upravljačkih i parametara saobraćajnog toka u neeksperimentalnim metodama, dobijene razlike u vrednostima gubitaka iznose od 10 do 30%. Na osnovu navedenog može se izvesti zaključak da se realan aspekt realizacije saobraćajnog procesa (u smislu egzaktnog utvrđivanja vrednosti osnovnog parametra procesa) može sagledati isključivo primenom eksperimentalnih metoda. Ovim zaključkom se ne degradira primena neeksperimentalnih metoda, već se naglašava uloga eksperimentalnih metoda u kalibraciji analitičkih i simulacionih modela.

Najmanja odstupanja od realnih vrednosti gubitaka su dobijena primenom modela datog u američkom priručniku za puteve (HCM) (oko 10%), čime se zaključuje da

se pomenutim analitičkim modelom najrealnije utvrđuju vrednosti vremenskih gubitaka u domaćim uslovima.

Metodama eksperimentalnog istraživanja (MEIS i modifikovana metoda plutajućeg vozila) dobijene su međusobno slične vrednosti ukupnih gubitaka. Na osnovu ovoga se može zaključiti da modifikovana metoda plutajućeg vozila, formirana u okviru disertacije, (iako je u istraživanjima izvorno korišćena za utvrđivanje parametara procesa kretanja vozila) predstavlja i validan metod eksperimentalnog istraživanja vremenskih gubitaka, za ostvarenu veličinu uzorka oko 5%. Time je formiran zaključak da modifikovana metoda plutajućeg vozila, primenom GPS tehnike prikupljanja podataka, predstavlja široko upotrebljiv metod istraživanja parametara procesa kretanja vozila (indirektno i vremenskih gubitaka). Metoda je primenjiva u uslovima različitog načina rada svetlosnih signala, stanja realizacije procesa i sistema upravljanja (raskrsnica, koridor ili zona) koji je predmet istraživanja.

U narednom delu su navedeni najznačajniji zaključci analize rezultata istraživanja saobraćajnog procesa na signalisanoj raskrsnici.

Proces usporenja vozila ima karakter stabilnog, kontinuiranog procesa realizacija negativnih vrednosti ubrzanja. Prosečna vrednost osnovnog parametra procesa (prosečno usporenje), kreće se u granicama od 1.0 do 1.2 m/s<sup>2</sup>. Trajektorije bez zaustavljanja, u kojima se ostvaruje brzina na kraju procesa usporenja manja od 10 km/h, imaju iste vrednosti parametra procesa, kao i trajektorije sa zaustavljanjem, čime je definisan osnovni kriterijum za realizaciju stanja mirovanja ( $V < 10$  km/h). Proces usporenja se, kao posledica prirode ponašanja vozača, ostvaruje kroz dve faze (aproksimativno jednakih dužina trajanja), sa utvrđenim vrednostima usporenja od 0.5, odnosno 1.5 m/s<sup>2</sup>, sukcesivno po fazama. Prosečna vrednost vremenskih gubitaka u procesu usporenja je prilično determinisana i kreće se u granicama od 5 do 6 s/voz, za raspon brzina na prilazu raskrsnici od 50-60 km/h. Proces ubrzanja vozila u potpunosti se razlikuje od procesa usporenja, kako po karakteru i toku, tako i po ostvarenim vrednostima parametara. Ubrzanje se realizuje kroz dve faze. Vrednost parametara procesa ubrzanja u fazi 2 (faza se u fizičkom smislu realizuje od linije zaustavljanja do dostizanja uslovno ravnomerne

brzine) predstavlja rezultat slučajne, uslovljene kombinacije svih parametara u okviru procesa. Iz tog razloga, u okviru istraživanja nije dat egzaktno utvrđen raspon prosečnih vrednosti ubrzanja u potprocesu 2, već je samo konstatovano da su dobijene vrednosti niže od onih ostvarenih u procesu usporenja. Utvrđene vrednosti prosečnog ubrzanja slične su onima ostvarenim u procesu usporenja.

Uprkos stohastičkom karakteru faze 2 ubrzanja, vrednost vremenskih gubitaka u procesu je prilično determinisana i kreće se u granicama 3 do 4 s/voz.

Vrednost vremenskih gubitaka u fazi 1 procesa ubrzanja (u fizičkom smislu, od odgovarajuće pozicije u redu do linije zaustavljanja) isključivo zavisi od broja vozila u redu i intenziteta njegovog pražnjenja. Utvrđeno je da vrednost vremenskih gubitaka linearno raste stopom od 0.5 sekundi za svaku narednu poziciju vozila, a da početna vrednost gubitaka (gubici na startu) iznosi 1.5 sekundi.

Vremenski gubici zaustavljenog vozila nastaju kao rezultat realizacije dva procesa: čekanja na promenu signalnog pojma i čekanja na trenutak započinjanja procesa ubrzanja za odgovarajuću poziciju vozila u redu. Vrednost posmatrane komponente gubitaka isključivo zavisi od: dužine trajanja efektivnog crvenog vremena, trenutka zaustavljanja vozila u odnosu na aktuelan trenutak trajanja crvenog (ili zelenog) pojma, pozicije vozila u redu i intenziteta procesa pražnjenja reda. Na osnovu rezultata istraživanja, formirane su zavisnosti vremena realizacije procesa pražnjenja reda do određene pozicije i vremena potrebnog da vozilo sa iste pozicije izađe iz stanja mirovanja, odnosno, na osnovu prethodne relacije, izraz za utvrđivanje vrednosti komponente vremenskih gubitaka zaustavljenog vozila. Imajući u vidu obim sprovedenih istraživanja, inicijalni zaključci po pitanju uspostavljenih odnosa, deklarirani su kao predmet daljih, detaljnijih istraživanja.

Analizom odnosa komponenti vremenskih gubitaka (gubitaka zaustavljenog vozila u odnosu na ukupne gubitke), zaključeno je da se odnos dobijen istraživanjem, ne može analitički interpretirati niti jednom od postojećih teorijsko-empirijskih relacija. Ustanovljena linearna zavisnost konstantne razlike između posmatranih komponenti (slično kao u istraživanjima Kiuroge i Buloka [53]), razlikuje se po posmatranim raskrsnicama. Time je zaključeno, da se odnos komponenti gubitaka ne može modelovati korišćenjem prostih analitičkih formulacija.

Analizom tipova trajektorija, konstatovano je da se svaki tip putanje realizuje u specifičnom opsegu vrednost vremenskih gubitaka. Takođe, zaključeno je da dominantan uticaj na vrednost prosečnih ukupnih vremenskih gubitaka celokupnog toka, ima udeo i ostvarena vrednost gubitaka u trajektorijama sa zaustavljanjem, dok je uticaj trajektorija uslovno ravnornog kretanja, u ukupnoj sumi gubitaka, zanemarljiv. Učešće trajektorija bez zaustavljanja, u različitim scenarijima saobraćajnog zahteva i parametra rada svetlosnih signala, je konstantno (u granicama oko 10%), čime je njihov uticaj sveden na nivo uslovno fiksne vrednosti vremenskih gubitaka.

Na osnovu ostvarenih vrednosti ukupnih vremenskih gubitaka, formirana je podela putanja vozila u zoni signalisane raskrsnice :

- Putanje najvišeg nivoa usluge, A ili A+ (putanje minimalne pozitivne ili negativne vrednosti ukupnih gubitaka) (tip A);
- Putanje visokog nivoa usluge (B, potencijalno C) (tip A, tip C);
- Putanje srednjih i nižih vrednosti nivoa usluge, nivo usluge C i niži (tip B i tip C).

Zona realizacije vremenskih gubitaka (u prostornom smislu) nije fiksne dužine, niti fiksnog odnosa dužina (posmatrano u odnosu na liniju zaustavljanja). Granice zona zavise od aktuelne dužine reda (uslovno, maksimalne dužine reda) i načina realizacije procesa ubrzanja. Minimalna dužina zone u kojoj dolazi do nastajanja vremenskih gubitaka iznosi oko 200 metara. Minimalno rastojanje između dve raskrsnice pri kome se realizuje nezavistan proces nastajanja gubitaka (ne postoji, u tom smislu, međusoban uticaj raskrsnica) iznosi oko 450 metara.

Kao osnovni naučni doprinosi istraživanja u okviru disertacije izdvajaju se naredni:

- Mikroskopski analitički model ukupnih vremenskih gubitaka, kao osnova koncepta formirane metode eksperimentalnog istraživanja vremenskih gubitaka (MEIS)

Ukupni gubici su modelovani na mikroskopskom nivou, na osnovu komponenti gubitaka koje se ostvaruju u pripadajućim procesima kretanja u različitim tipovima trajektorija vozila.



- Modifikovani metod plutajućeg vozila i tehnika prikupljanja podataka primenom GPS-a;

Metodom istraživanja obezbeđuje se formiranje trajektorija vozila, visokog nivoa detaljnosti i preciznosti, što predstavlja osnovu za analizu i utvrđivanje osnovnih parametara procesa kretanja i njihovog uticaja na vremenske gubitke. Takođe, u istraživanjima je dokazana praktična primenljivost i relevantnost formirane metode u postupku eksperimentalnog utvrđivanja ukupnih vremenskih gubitaka.

- Postupak za formiranje realne trajektorije kretanja vozila visokog nivoa detaljnosti;

Formiranjem postavke da se kretanje vozila tokom jedinične vremenske serije (jedna sekunda) može smatrati ravnomernim usporenim/ubrzanim kretanjem, utvrđivanje realne trajektorije plutajućeg vozila zasnovano je na direktnom istraživanju dva osnovna parametra kretanja (vreme i brzina). Ostali parametri (pređeni put i ubrzanje), utvrđuju se primenom standardnih matematičkih relacija. Postupak utvrđivanja realnih trajektorija je verifikovan istraživanjem na deonicama poznate dužine.

- Model za utvrđivanje brzine realizacije idealne trajektorije;

Brzina idealne trajektorije predstavlja osnovu za utvrđivanje vremena realizacije putanje bez vremenskih gubitaka. U okviru modela, ova brzina definisana je kao aritmetička sredina srednjih prostornih brzina plutajućeg vozila u periodu od  $n$  sekundi pre trenutka započinjanja procesa usporenja. Ključni element u primeni modela (tačka u kojoj započinje proces usporenja) utvrđuje se na osnovu graničnih uslova za nastajanje vremenskih gubitaka. U aktuelnim metodama, brzina na prilazu raskrsnici se utvrđuje kao srednja vremenska brzina na preseku saobraćajnice na kome ne postoji uticaj raskrsnice ili se usvaja, na osnovu preporučenog ranga vrednosti brzina za pripadajuću kategoriju saobraćajnice.

- Postupak i parametri za utvrđivanje graničnih uslova nastajanja vremenskih gubitaka;

Nastanak vremenskih gubitaka definisan je graničnim vrednostima parametara procesa kretanja. Formirani uslov za utvrđivanje kritičnih tačaka trajektorije vozila glasi: Proces ubrzanja/usporenja, u kome se ostvaruje prosečna vrednost usporenja manja od  $0.4 \text{ m/s}^2$  i koji kontinualno traje manje od 8 sekundi,

predstavlja elemenat uslovno ravnomernog kretanja, odnosno ne vezuje se za nastanak vremenskih gubitaka. U dosadašnjoj praksi, za definisanje graničnih uslova korišćena je vrednost praga usporenja, ili razlika brzina, pri čemu njihova vrednost nije posebno definisana, ili je definisana aproksimativno.

- Razvoj merne opreme i autorskih programa za prikupljanje i obradu podataka

Merna oprema predstavlja osnovu primene formiranih metoda istraživanja. Prvi put je u Republici Srbiji, u istraživanju procesa kretanja vozila u zoni signalisane raskrsnice, primenjena tehnika prikupljanja podataka primenom GPS-a. Autorski računarski programi predstavljaju funkcionalnu osnovu formiranih mernih instrumenta, ključnu u postupku prikupljanja i formiranja baze podataka u istraživanju.

Na osnovu rezultata istraživanja i zaključaka o mogućnosti primene modifikovane metode plutajućeg vozila u istraživanju vremenskih gubitaka, kao pravci daljeg istraživanja u ovoj oblasti navedeni su naredni:

- Formiranje analitičkog modela vremenskih gubitaka za nezasićena stanja;

Istraživanjima je utvrđeno da je vrednost vremenskih gubitaka u procesu usporenja i delu procesa ubrzanja (faza 2) prilično determinisana. Formiranjem analitičkih relacija za gubitke zaustavljenog vozila (6-5) i gubitke tokom faze 1 procesa ubrzanja (6-1) utvrđeno je da ključan uticaj na ukupne gubitke ima dužina trajanja crvenog signalnog pojma, broj vozila u redu i intenzitet procesa pražnjenja reda (gubici na početku procesa pražnjenja i vrednost zasićenog saobraćajnog toka). Formirani zaključci i utvrđene relacije predstavljaju osnovu za detaljnu analizu uticaja dužine reda (pozicije u redu) na vrednost vremenskih gubitaka u stanju mirovanja (tokom zelenog signalnog pojma) i tokom procesa ubrzanja u okviru faze 1.

- Kalibracija postojećih analitičkih modela vremenskih gubitaka (deo modela koji se odnosi na uniformne i slučajne gubitke)

Istraživanjem u okviru disertacije konstatovano je da su vrednosti vremenskih gubitaka manje od realnih, utvrđenih primenom eksperimentalnih metoda

istraživanja. Egzaktno utvrđivanje vrednosti korektivnog faktora zahtevalo bi realizaciju istraživanja (metodom MEIS) na većem broju signalisanih raskrsnica.

- Utvrđivanje relacije, odnosa između osnovnih komponenti vremenskih gubitaka (ukupnih i gubitaka zaustavljenog vozila)

Vrednost vremenskih gubitaka bilo bi najjednostavnije eksperimentalno utvrditi na osnovu poznavanja odnosa osnovnih komponenti gubitaka. Linearna zavisnosti konstantne razlike između komponenti gubitaka, ustanovljena istraživanjem, razlikuje se na posmatranim raskrsnicama. Uz konstataciju da naveći uticaj na posmatrani odnos ima komponenta gubitaka zaustavljenog vozila, (na čiju vrednost utiču četiri osnovna parametra procesa) rezultati istraživanja predstavljaju polaznu osnovu, pravac za sprovođenje postupka utvrđivanja analitičke relacije između posmatranih komponenti gubitaka.

- Formiranje/ kalibracija postojećeg analitičkog modela vremenskih gubitaka za koridor

Formirana metodologija istraživanja parametara procesa kretanja vozila mogla bi se, uz modifikacije i prilagođavanja, primeniti u analizi saobraćajnog procesa (utvrđivanje vremenskih gubitaka) u sistemu koridorskog i zonskog upravljanja.

- Formiranje metodologije eksperimentalnog istraživanja vremenskih gubitaka na nesignalisanim raskrsnicama

Proces kretanja vozila na nesignalisanoj raskrsnici (misli se pre svega na neprioritetne tokove) ima izrazit slučajan karakter. U tom smislu, formiranje metodologije eksperimentalnih istraživanja, predstavljalo bi realnu alternativu složenom analitičkom postupku utvrđivanja vremenskih gubitaka na nesignalisanim raskrsnicama.

- Analiza procesa nastajanja vremenskih gubitaka u uslovima uticaja geometrije raskrsnice

Istraživanja u okviru disertacije ograničena su na vremenske gubitke saobraćajnih tokova koji ne menjaju pravac kretanja (ekskluzivna traka pravo). Gubici nastali na ovaj način predstavljaju isključivu posledicu primenjenog načina upravljanja. Formiranjem verifikovane metodologije istraživanja parametara procesa kretanja vozila otvara se mogućnost njene primene u istraživanju vremenskih gubitaka

saobraćajnih tokova u skretanju, koji nastaju kao posledica načina upravljanja i geometrije raskrsnice.

- Analiza saobraćajnog procesa (vremenskih gubitaka) u uslovima zagušenja  
Primena modifikovane metode plutajućeg vozila u uslovima zagušenja predstavljala bi osnovu za analizu procesa i modelovanje vremenskih gubitaka za prezasićena stanja.

- Mogućnosti primene modifikovane metode plutajućeg vozila u konceptu ITS-a

Verifikacijom modifikovane metode plutajućeg vozila u istraživanjima, stvoren je preduslov za njenu praktičnu primenu u okviru ITS-a. Realna, aktuelna informacija o osnovnim pokazateljima stanja saobraćajnog procesa na uličnoj mreži, dobijena na osnovu podataka 5% plutajućih vozila u ukupnoj populaciji, predstavlja osnovu primene koncepta dinamičkog upravljanja saobraćajem. Razrada metodologije istraživanja, u funkciji novog cilja, predstavlja jedan od osnovnih pravaca daljih istraživanja.

## **10 SPISAK LITERATURE (PO ABECEDNOM REDU)**

- [1] Akcelik, R. (1980). "Time-dependent expressions for delay, stop rate and queue length at traffic signals", Technical Report. Australian Road Research Board.
- [2] Akcelik, R. (1981). "Traffic signals: Capacity and timing analysis". Australian Road Research Board.
- [3] Akcelik, R., & Roupail, N. M. (1994). "Overflow queues and delays with random and platooned arrivals at signalized intersections". *Journal of Advance Transportation* , Vol. 28,pages 227-251.
- [4] Akgungor, A., & Bullen, G. (2007). "A new delay parameter for variable traffic flows at signalized intersections". *Turkish journal of engineering & environmental sciences* , vol. 5, pages 61-70.
- [5] Allsop, R. E. (1972). "Delay at a Fixed Time Traffic Signal – I: Theoretical Analysis". *Transportation Science* , vol. 6, pages 260-285.
- [6] Angel, A., & Hickman, M. (2002). *A Methodology for Measuring Level of Service of Urban Streets from Airborne Imagery*. *Transportation-Flows Cookbook*.
- [7] Ban, X., Herring, R., Hao, P., & Bayen, A. (2009). "Delay pattern estimation for signalized intersections using sampled travel times". *Transportation Research Record* , no.2130, pages 109-119.
- [8] Barcelo, J. (2010). „Fundamentals of traffic simulation“. Springer, ISBN 978-1-4419-6141-9.
- [9] Brilon, W., & Wu, N. (1990). "Delays at fixed-time traffic signals under time-dependent traffic conditions",. *Traffic Engineering and Control* , Vol. 31,pages 623-631.
- [10] Buckholz, J. W. (2007). "Real-time estimation of delay at signalized intersections",Dissertation. University of Florida.

- [11] Buckholz, J. W., & Courage, K. G. (2008). "Microscopic and macroscopic approaches to delay estimation with oversaturated conditions". Transportation research board annual meeting .
- [12] Čelar, N. (2007). "Istraživanje vrednosti zasićenog saobraćajnog toka na osnovnoj uličnoj mreži grada Beograda" T. Tehnika - Saobraćaj , vol. 54, str.1-6 .
- [13] Čelar, N. (2011). "Metodologija i tehnike utvrđivanja vremenskih gubitaka na signalisanoj raskrsnici". III Međunarodni naučni simpozijum Novi horizonti saobraćaja i komunikacija, (str. 32-38). Doboj.
- [14] Čelar, N. (2007). "Prilog istraživanju merodavnih vrednosti zasićenog saobraćajnog toka na signalisanim raskrsnicama" , Magistarska teza. Beograd: Saobraćajni fakultet.
- [15] Čelar, N. (2003). „Simulacija rada adaptibilnih sistema upravljanja saobraćajem“. Tehnika - Saobraćaj , vol. 50, str.1-10.
- [16] Chang, T. H., & Lin, J. T. (2000). "Optimal signal timing for an oversaturated intersection". Transportation Research Part B: Methodological , vol. 34, pages 471-491.
- [17] Click, S. M. (2001). "Stopped and Control Delay at Signalized Intersections", Dissertation. North Carolina State University.
- [18] Coskun, V. (2007). "Calibration of delay formulas for saturated and unsaturated intersections in Istanbul", Master Thesis. Bogazici University.
- [19] Depolo, V. (2010). "Dugoročne strategije za smanjenje zagušenja na gradskim uličnim mrežama". Tehnika - Saobraćaj , vol. 57, str. 7-17.
- [20] Dion, F., Rakha, H., & Kang, Z. S. (2004). "Comparison of delay estimates at under-saturated and over-saturated pre-timed signalized intersections". Transportation Research Part B: Methodological , vol. 38, pages 99-122.
- [21] FGSV. (2001). "Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen" Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen. Köln: FGSV Verlag GmbH.

- [22] FHWA. (2004). "Signalised intersection – Informational guide". US. Department of transport, Federal highway administration, Publication No. FHWA-HRT-04-091.
- [23] FHWA. (2009). "Traffic Analysis Toolbox Volume VI: Definition, Interpretation, and Calculation of Traffic Analysis Tools Measures of Effectiveness". US. Department of Transportation, Federal Highway Administration.
- [24] FHWA. (2005). "Traffic control systems" Handbook. US. Department of transport, Federal highway administration, Report no: -hop-06-006.
- [25] Fu, L., & Hellinga, B. (2000). "Delay Variability at Signalized Intersections". Transportation Research Record: vol. 1710, pages 215-221.
- [26] Fusco, G., & Gentile, L. (2006). "Strategies for signal settings and dynamic traffic modeling". 11th EURO Working group meeting and EXTRA EURO Conference, (str. 851--864).
- [27] Gerolominis, N., & Skabardonis, A. (2005). "Prediction of arrival profiles and queue lengths along arterials using a Markov decision process". 84th annual meeting of the transportation research board. Washington D.C.
- [28] Gettner, D., & Kaplon, J. (2005). „How To Directly Measure Level of Service in the Field“. ITE Conferece, (<http://www.ite.org/Membersonly/techconference/2005/CB05B1602.pdf>.)
- [29] Gokdag, M., & Hasilogly, S. (2007). "Modeling of vehicle delays at signalized intersection with an adaptive neuro-fuzzy". Journal of scientific & industrial research , vol.66, pages 736-744.
- [30] Heidemann, D. (1994). "Queue length and delay distributions at traffic signals". Transportation Research Part B: Methodological , vol.28, pages 377-389.

- [31] Helbing, D., Treiber, M., & Kesting, A. (2006). "Understanding interarrival and interdeparture time statistics from interactions in queuing systems". *Physica* , no. 36, pages 62–72.
- [32] Hoque, S., & Imran, A. (2007). "Modification of Webster's delay formula under non-lane based heterogeneous road traffic condition". *Journal of Civil Engineering (IEB)* , vol.35, pages 81-92.
- [33] Hunter, K. J., & Guensler, M. R. (2007). "Measuring control delay using second-by-second GPS speed data". *TRB 2007., Annual Meeting CD-ROM* .
- [34] Jović, J. (2004). "Modern Tool in Transportation Planning – Transport Model of Belgrade". *Transporti Europei* , vol.24,pages 31-38.
- [35] Jović, J., & Đorić, V. (2010). "Traffic and Environmental Modeling on Street Network – Belgrade case study". *Transport* , vol.25,pages 155–162.
- [36] Jumsan, K., Zunhwan, H., & Sungmo, R. (2005). "Vehicle passing behavior through the stop line of signalized intersection". *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies* , vol. 6, pages 1509 - 1517.
- [37] Kang, Y. S. (2000). "Delay, stop and queue estimation for uniform and random traffic arrivals at fixed-time signalized intersections", *Dissertation* . Faculty of the Virginia Polytechnic Institute.
- [38] Kimber, R. H., & Hollis, M. (1979). "Traffic queues and delay at road junctions". *Transport and Road Research Laboratory*.
- [39] Leutzbach, W., & Wiedemann, R. (1986). „Development and applications of traffic simulation models at the Karlsruhe Institut fur Verkehrswesen“. *Traffic Engineering and Control* , vol. 27, pages:270–278.
- [40] Kuzović, Lj. (1987). *Teorija saobraćajnog toka*. Beograd: Građevinska knjiga.



- [41] Liu, K., Yamamoto, T., & Morikawa, T. (2006). "Estimating delay time at signalized intersections by probe vehicles". Proceedings of ICTTS 2006, (str. 644-655).
- [42] Luttinen, R. T., & Nevala, R. (2002). „Capacity and Level of Service of Finnish Signalized Intersections”, Final Report . Finnish Road Administration, ISBN 951-726-903-X.
- [43] Mathew, T. V. (2012). "Traffic Engineering And Management". Bombay: Indian Institute of Technology.
- [44] Mousa, R. M. (2002). „Analysis and modeling of measured delays at isolated signalized intersections“. Journal of transportation engineering , july/august 2002, pages 347-354.
- [45] Newell, G. F. (1971). "Applications of queuing theory", Monographs of Applied Probability and Statistics. Chapman and Hall.
- [46] Newell, G. F. (1960). "Queues for a Fixed-Cycle Traffic Light". Annals of Mathematical Statistics" , Vol. 31, 589-597.
- [47] Olszewski, P. (1993). "Overall Delay, Stopped Delay, and Stops at Signalized Intersections". Journal of Transportation Engineering , vol.119,pages 835–852.
- [48] Olszewski, P. (1990). "Modeling of Queue Probability Distribution at Traffic Signals". U K. M., Transportation and Traffic Theory (str. 549-588.). Amsterdam: Elsevier.
- [49] Osoba, M., Vukanović, S., & Stanić, B. (1999). "Upravljanje saobraćajem pomoću svetlosnih signala I deo" . Beograd: Saobraćajni fakultet .
- [50] Papageorgiou, M. (1991). "Concise encyclopedia Traffic&Transport systems" . Pergamon press.
- [51] Pitstick, M. E. (1989). "Measuring delay and simulating -Performance at isolated signalized intersections using cumulative curve". Transportation research record , vol.1287, pages 34-41.
- [52] PTV. (2007). „VISSIM 5.0 User manual“. Planung Transport Verkehr AG.

- [53] Quiroga, C. A., & Bullock, D. (1999). "Measuring control delay at signalized intersections". *Journal of Transportation Engineering* , vol. 125, no. 4, pages 271-280.
- [54] Reilly, W. R., & Gardner, C. C. (1977). "Technique for measuring delay at intersection". *Transportation Research Record* , no.644,pages 1-7.
- [55] Richardson, A. J. (1979). "Measurement of the Performance of Signalized Intersections", *Transportation Research Record* 699. Washington, D. C: TRB, National Research Council.
- [56] Roess, R. P., Prassas, E. S., & McShane, W. R. (2011). „Traffic Engineering – Fourth Edition“. Pearson Prentice Hall, ISBN: 978-0-207652-4.
- [57] Roupail, N., & Tarko, A. J. (2000). "Traffic flow at signalized intersections", *Revised Monograph of Traffic Flow Theory* . Transportation Research Board (TRB).
- [58] Saito, M., & Forbush, T. R. (2011). "Automated delay estimation at signalized intersections: phase i concept and algorithm development". Utah Department of Transportation.
- [59] Stanić, B. (1991). „Istraživanja efekata signalnog plana pri zasićenom toku“, *Doktorska disertacija*. Beograd: Saobraćajni fakultet.
- [60] Stanić, B., Tubić, V., & Čelar, N. (2011). „Design and evaluation of a grade-separated intersection: a case study of the proposed Belgrade ‘Hipodrom’“. *Transportation Planning and Technology* , vol 34, pages 625-636.
- [61] Stanić, B., Tubić, V., & Čelar, N. (2011). „Straight Lane Saturation Flow and Its Rate In Serbian Cities“. *Transport* , vol. 26, pages 329-334.
- [62] Swedish National Administration, (1995). „CAPCAL 2: Model description of Intersection with signalcontrol“. Borlänge. Publication 1995:008E.
- [63] Tarko, A., & Roupail, N. (1994). "Distribution-Free Model for Estimating Random Queues in Signalized Networks", *Transportation Research Record* 1457. TRB, National Research Council.

- [64] Teply, S. (1989). "Accuracy of delay surveys at signalized intersections", T, . Transportation Research Record , no. 1225, pages. 24-32.
- [65] Teply, S., Allingham, P., Richardson, P., & Stephens, P. (2008). „Canadian Capacity Guide for Signalized Intersections“. Institute of Transportation Engineers, District 7 – Canada, ISBN-13: 978-1-933452-24-1.
- [66] Tjan, A., & Sujoto, R. (2003). "Verification of HCM 2000 delay equation on a ideal signalized junction in Bandung". Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, (str. 583-595).
- [67] TRB. (2000). "Highway Capacity Manual (HCM 2000)". Washington, D.C: National Research Council.
- [68] TTI. (2009). „PASSER V-09“. Texas Transportation Institute.
- [69] Van Leeuwen, J. S. (2006). "Delay analysis for the fixed-cycle traffic-light queue". Transportation science , vol. 40, pages 189–199.
- [70] Van Zuylen, H. J. (2002). "Traffic control for intersections - Design and Evaluation". Technische Universiteit Delft.
- [71] Vandaele, N., & Woensel, T. V. (2000). "A queueing based traffic flow model". Transportation Research Part D: Transport and Environment , vol.5, pages 121-135.
- [72] Vejdirektoratet. (1999). Kapacitet og serviceniveau [Capacity and level of service]. N.p. Draft.
- [73] Viti, F. (2006). "The Dynamics and the Uncertainty of Delays at Signals", Dissertation. Delft University of Technology.
- [74] Viti, F., & Van Zuylen, H. J. (2010). "Probabilistic models for queues at fixed control signals". Transportation Research Part B: Methodological , vol. 44, pages 120-135.
- [75] Vukadinović, S. (1986). "Teorija verovatnoće i matematička statistika". Beograd: Privredni pregled.
- [76] Vukanović, S. (2005). "Analiza proračuna nivoa usluge na primarnim gradskim saobraćajnicama". Tehnika - Saobraćaj , vol. 52, str. 1-6.

- [77] Vukanović, S. (2010). "Inteligentni transportni sistemi (ITS) i upravljanje saobraćajem -pregled, I deo". Tehnika-Saobraćaj , vol.57,str.10-18.
- [78] Vukanović, S. (1985). "Mogućnosti optimalnog iskorišćenja mreže regulisane svetlosnim signalima za karakteristične uslove saobraćaja", Doktorska disertacija. Beograd: Saobraćajni fakultet.
- [79] Vukanović, S. (2004). "Proračun kapaciteta i nivoa usluge na signalisanim raskrsnicama po metodi HCM iz 2000. godine". Tehnika - Saobraćaj , vol. 51,str. 9-18.
- [80] Vukanović, S. (1980). "Vremenski gubici, potrošnja goriva i kapacitet kao kriterijumi za upravljanje saobraćajem putem svetlosnih signala", Magistarska teza. Beograd: Saobraćajni fakultet.
- [81] Vukanović, S. (2010). Inteligentni transportni sistemi (ITS) i upravljanje saobraćajem - pregled - II deo. Tehnika-Saobraćaj , vol.57,str.19-26.
- [82] Vukanović, S., Čelar, N., & Milosavljević, S. (2007). „Estimation of level of service on urban network as input to ITS travel information“. ISEP 2007. Ljubljana.
- [83] Vukanović, S., Vukanović, Sv., & Čelar, N. (2005-2006). "Primena inteligentnih transportnih sistema u upravljanju saobraćajem na mreži puteva i ulica" -Finalni izveštaj, Projekat ministarstva za nauku i tehnologiju Republike Srbije TR6417. Beograd: Saobraćajni fakultet.
- [84] Webster, F. V., (1958). „Traffic signal settings“. London: Her Majesty's Stationery Office.
- [85] Wolshon, B., & Taylor, W. C. (1999). "Analysis of intersection delay under real-time adaptive signal control". Transportation Research Part C: Emerging Technologies , vol. 7, pages 53-72.
- [86] Wu, N. (1998). "Estimation of Queue Lengths and Their Percentiles at Signalized Intersections". Proceedings of the Third International Symposium on Highway Capacity. Copenhagen, Denmark .

**PRILOG A. SNIMLJENE VREDNOSTI OSNOVNIH PARAMETARA  
KRETANJA PLUTAJUĆEG VOZILA PO REALIZOVANIM TRAJEKTORIJAMA**

Napomena: U listingu vrednosti parova parametara kretanja vozila (vreme, brzina) nulta vrednost vremena u okviru svake trajektorije predstavlja trenutak prolaska linije zaustavljanja

Raskrsnica „DJ“

Путања 1		Путања 2		Путања 3		Путања 4		Путања 5		Путања 6		Путања 7		Путања 8		Путања 9		Путања 10	
t(s)	V(km/h)	t(s)	V(km/h)	t(s)	V(km/h)	t(s)	V(km/h)	t(s)	V(km/h)	t(s)	V(km/h)	t(s)	V(km/h)	t(s)	V(km/h)	t(s)	V(km/h)	t(s)	V(km/h)
-43	52.6	-62	40.6	-21	47.2	-27	50.0	-51	37.4	-63	44.1	-18	46.3	-64	50.7	-40	42.6	-21	41.5
-42	53.5	-61	43.5	-20	49.4	-26	50.7	-50	40.4	-62	45.2	-17	46.5	-63	51.5	-39	45.7	-20	41.9
-41	54.1	-60	46.9	-19	51.3	-25	52.2	-49	44.4	-61	47.6	-16	48.0	-62	52.2	-38	48.7	-19	44.3
-40	55.0	-59	50.4	-18	52.6	-24	53.0	-48	47.8	-60	46.5	-15	49.1	-61	52.4	-37	49.3	-18	46.9
-39	55.2	-58	51.7	-17	52.0	-23	53.9	-47	51.1	-59	45.6	-14	50.2	-60	52.8	-36	51.7	-17	48.2
-38	56.1	-57	53.9	-16	51.7	-22	54.3	-46	51.3	-58	44.4	-13	51.5	-59	53.2	-35	53.7	-16	49.6
-37	56.3	-56	55.7	-15	50.2	-21	54.1	-45	51.7	-57	43.3	-12	52.2	-58	53.0	-34	54.8	-15	51.1
-36	55.9	-55	57.2	-14	48.2	-20	54.1	-44	51.5	-56	43.9	-11	52.4	-57	52.6	-33	56.5	-14	53.0
-35	55.2	-54	57.6	-13	45.0	-19	53.9	-43	50.6	-55	45.2	-10	51.5	-56	51.5	-32	57.0	-13	54.3
-34	54.4	-53	59.3	-12	36.9	-18	53.0	-42	49.4	-54	46.5	-9	50.9	-55	50.9	-31	56.1	-12	54.4
-33	53.3	-52	60.7	-11	27.4	-17	53.2	-41	47.8	-53	46.9	-8	50.2	-54	49.4	-30	54.6	-11	54.1
-32	51.3	-51	61.7	-10	15.7	-16	53.0	-40	43.0	-52	47.6	-7	49.1	-53	48.0	-29	53.0	-10	53.9
-31	46.1	-50	61.5	-9	7.0	-15	52.6	-39	35.7	-51	47.6	-6	48.2	-52	44.1	-28	50.7	-9	54.3
-30	37.4	-49	61.3	-8	1.9	-14	51.1	-38	27.8	-50	47.6	-5	47.6	-51	38.2	-27	44.3	-8	54.3
-29	28.2	-48	60.2	-7	3.0	-13	49.8	-37	17.8	-49	47.6	-4	47.2	-50	32.0	-26	36.9	-7	54.8
-28	20.7	-47	58.9	-6	9.3	-12	48.7	-36	10.4	-48	47.2	-3	46.5	-49	24.8	-25	29.6	-6	54.4
-27	13.5	-46	56.7	-5	15.6	-11	45.4	-35	4.4	-47	47.6	-2	46.7	-48	17.6	-24	22.4	-5	54.3
-26	5.2	-45	53.0	-4	20.7	-10	36.1	-34	0.0	-46	47.2	-1	46.7	-47	10.2	-23	14.6	-4	53.9
-25	0.0	-44	45.2	-3	22.4	-9	28.2	-33	0.0	-45	46.5	0	47.2	-46	3.5	-22	8.1	-3	53.3
-24	0.0	-43	39.1	-2	25.9	-8	19.6	-32	0.0	-44	45.6	1	48.5	-45	0.0	-21	0.0	-2	53.0
-23	0.0	-42	33.2	-1	30.4	-7	13.9	-31	0.0	-43	43.9	2	49.3	-44	0.0	-20	0.0	-1	52.8
-22	0.0	-41	26.7	0	34.8	-6	14.4	-30	0.0	-42	40.0	3	50.0	-43	0.0	-19	0.0	0	52.4
-21	0.0	-40	22.2	1	38.3	-5	18.1	-29	0.0	-41	33.7	4	49.8	-42	0.0	-18	0.0	1	51.3
-20	0.0	-39	15.4	2	40.9	-4	20.2	-28	0.0	-40	27.2	5	50.2	-41	0.0	-17	0.0	2	50.4
-19	0.0	-38	8.3	3	41.5	-3	20.9	-27	0.0	-39	22.0	6	49.6	-40	0.0	-16	0.0	3	49.8
-18	0.0	-37	0.0	4	42.0	-2	23.2	-26	0.0	-38	13.9	7	49.6	-39	0.0	-15	0.0	4	50.2
-17	0.0	-36	0.0	5	43.2	-1	25.7	-25	0.0	-37	6.3	8	49.3	-38	0.0	-14	0.0	5	51.9
-16	0.0	-35	0.0	6	45.2	0	27.6	-24	0.0	-36	1.9	9	48.7	-37	0.0	-13	0.0	6	53.0
-15	0.0	-34	0.0	7	45.4	1	32.2	-23	0.0	-35	0.0	10	48.2	-36	0.0	-12	0.0	7	53.9
-14	0.0	-33	0.0	8	47.0	2	35.6	-22	0.0	-34	0.0	11	47.6	-35	0.0	-11	0.0	8	55.0
-13	0.0	-32	0.0	9	48.2	3	35.7	-21	0.0	-33	0.0	12	47.6	-34	0.0	-10	0.0	9	55.7
-12	0.0	-31	0.0	10	47.6	4	34.6	-20	0.0	-32	0.0	13	45.9	-33	0.0	-9	0.0	10	55.9
-11	0.0	-30	0.0	11	46.5	5	34.4	-19	0.0	-31	0.0	14	45.0	-32	0.0	-8	0.0	11	55.7
-10	0.0	-29	0.0	12	46.3	6	33.9	-18	0.0	-30	0.0	15	45.2	-31	0.0	-7	0.0	12	55.2
-9	0.0	-28	0.0	13	46.9	7	35.4	-17	0.0	-29	0.0	16	45.0	-30	0.0	-6	0.0	13	54.6
-8	0.0	-27	0.0	14	45.6	8	37.0	-16	0.0	-28	0.0			-29	0.0	-5	0.0	14	54.8
-7	0.0	-26	0.0	15	45.4	9	39.6	-15	0.0	-27	0.0			-28	0.0	-4	3.1	15	55.0
-6	4.8	-25	0.0	16	45.2	10	42.6	-14	0.0	-26	0.0			-27	0.0	-3	10.0		
-5	11.3	-24	0.0	17	43.5	11	45.2	-13	0.0	-25	0.0			-26	0.0	-2	14.8		
-4	17.4	-23	0.0	18	41.9	12	47.0	-12	0.0	-24	0.0			-25	0.0	-1	16.9		
-3	18.3	-22	0.0	19	40.4	13	46.1	-11	0.0	-23	0.0			-24	0.0	0	18.5		
-2	21.1	-21	0.0			14	45.4	-10	0.0	-22	0.0			-23	0.0	1	22.4		
-1	23.0	-20	0.0			15	46.5	-9	4.1	-21	0.0			-22	0.0	2	26.5		
0	27.8	-19	0.0			16	47.2	-8	9.6	-20	0.0			-21	0.0	3	30.9		
1	32.2	-18	0.0			17	47.6	-7	12.8	-19	0.0			-20	0.0	4	29.8		
2	36.3	-17	0.0			18	46.3	-6	14.1	-18	0.0			-19	0.0	5	30.7		
3	36.9	-16	0.0			19	44.1	-5	15.4	-17	0.0			-18	0.0	6	33.2		
4	39.3	-15	0.0			20	43.5	-4	17.6	-16	0.0			-17	0.0	7	34.6		
5	42.6	-14	0.0					-3	18.3	-15	0.0			-16	0.0	8	36.9		
6	46.1	-13	0.0					-2	19.8	-14	0.0			-15	0.0	9	38.7		
7	47.8	-12	0.0					-1	21.5	-13	0.0			-14	0.0	10	40.6		
8	49.1	-11	0.0					0	24.4	-12	0.0			-13	0.0	11	41.9		
9	50.7	-10	0.0					1	27.0	-11	0.0			-12	0.0	12	42.8		
10	52.6	-9	0.0					2	28.9	-10	0.0			-11	0.0	13	43.0		
11	53.9	-8	0.0					3	30.7	-9	0.0			-10	0.0	14	43.0		
12	55.2	-7	0.0					4	33.0	-8	0.0			-9	0.0	15	41.9		
13	55.6	-6	0.0					5	34.6	-7	0.0			-8	0.0	16	40.4		
14	55.0	-5	0.0					6	35.6	-6	0.0			-7	0.0				
15	54.3	-4	0.0					7	38.0	-5	0.0			-6	0.0				
16	51.9	-3	1.7					8	38.0	-4	5.2			-5	0.0				
17	49.3	-2	8.9					9	40.0	-3	12.0			-4	0.0				
18	47.0	-1	15.0					10	43.2	-2	18.0			-3	0.0				
19	45.7	0	17.2					11	45.6	-1	21.1			-2	0.0				
20	44.3	1	21.1					12	47.0	0	25.0			-1	0.0				
		2	25.0					13	49.1	1	29.3			0	6.5				
		3	29.3					14	50.6	2	34.1			1	14.4				
		4	32.0					15	51.5	3	36.1			2	21.3				
		5	32.04					16	50.9	4	38.9			3	24.1				
		6	32.78					17	51.3	5	42.0			4	28.0				
		7	35					18	52.2	6	45.6			5	33.2				
		8	38.15					19	53.0	7	49.1			6	37.4				
		9	40.93					20	52.0	8	49.6			7	39.1				

Путања 11		Путања 12		Путања 13		Путања 14		Путања 15		Путања 16		Путања 17		Путања 18		Путања 19		Путања 20	
t(s)	V(km/h)	t(s)	V(km/h)	t(s)	V(km/h)	t(s)	V(km/h)	t(s)	V(km/h)	t(s)	V(km/h)	t(s)	V(km/h)	t(s)	V(km/h)	t(s)	V(km/h)	t(s)	V(km/h)
-92	45.7	-89	49.8	-13	47.2	-19	52.4	-21	41.3	-44	42.4	-33	52.4	-38	51.9	-77	46.3	-41	43.0
-91	48.9	-88	51.5	-12	47.2	-18	52.4	-20	42.2	-43	45.4	-32	52.6	-37	53.2	-76	49.8	-40	45.9
-90	49.3	-87	53.5	-11	46.5	-17	52.0	-19	43.7	-42	47.8	-31	53.2	-36	55.4	-75	53.5	-39	49.6
-89	51.1	-86	52.8	-10	46.1	-16	51.7	-18	43.3	-41	48.7	-30	52.8	-35	56.9	-74	54.1	-38	50.6
-88	52.6	-85	52.6	-9	44.4	-15	51.7	-17	42.2	-40	50.0	-29	53.2	-34	57.8	-73	55.9	-37	51.5
-87	53.9	-84	52.6	-8	43.0	-14	51.3	-16	44.6	-39	51.9	-28	53.3	-33	58.0	-72	57.4	-36	53.2
-86	55.4	-83	52.8	-7	39.4	-13	50.2	-15	48.2	-38	53.5	-27	52.0	-32	58.9	-71	58.2	-35	54.6
-85	55.7	-82	53.2	-6	35.4	-12	48.9	-14	49.4	-37	54.3	-26	50.4	-31	58.7	-70	57.8	-34	55.2
-84	56.1	-81	53.5	-5	32.0	-11	47.0	-13	48.7	-36	54.4	-25	49.3	-30	58.7	-69	57.2	-33	55.4
-83	56.1	-80	53.5	-4	30.6	-10	40.0	-12	48.7	-35	53.3	-24	47.6	-29	58.2	-68	55.6	-32	55.2
-82	55.2	-79	53.0	-3	27.0	-9	32.0	-11	49.1	-34	51.9	-23	43.7	-28	57.2	-67	53.3	-31	53.7
-81	54.1	-78	52.8	-2	27.4	-8	24.3	-10	49.3	-33	50.6	-22	38.2	-27	55.9	-66	48.0	-30	52.4
-80	52.6	-77	52.2	-1	28.2	-7	19.4	-9	49.8	-32	47.6	-21	31.5	-26	54.6	-65	41.1	-29	50.9
-79	48.9	-76	51.9	0	30.0	-6	18.7	-8	50.0	-31	44.6	-20	25.4	-25	51.5	-64	33.2	-28	49.4
-78	42.4	-75	50.6	1	32.4	-5	20.2	-7	50.4	-30	37.0	-19	19.1	-24	46.9	-63	24.6	-27	46.1
-77	35.4	-74	47.2	2	34.8	-4	20.9	-6	50.6	-29	30.7	-18	10.6	-23	40.4	-62	16.3	-26	42.6
-76	28.5	-73	43.0	3	38.0	-3	24.1	-5	51.1	-28	23.2	-17	3.0	-22	33.5	-61	8.1	-25	35.6
-75	21.5	-72	38.5	4	38.0	-2	27.6	-4	51.7	-27	15.0	-16	0.0	-21	27.8	-60	0.0	-24	28.3
-74	15.7	-71	32.8	5	40.6	-1	31.9	-3	52.0	-26	8.3	-15	0.0	-20	20.2	-59	0.0	-23	21.3
-73	9.3	-70	25.6	6	42.4	0	35.7	-2	52.2	-25	3.3	-14	0.0	-19	12.8	-58	0.0	-22	14.4
-72	2.2	-69	19.3	7	43.9	1	37.8	-1	52.2	-24	0.0	-13	0.0	-18	5.0	-57	0.0	-21	7.6
-71	0.0	-68	11.9	8	44.8	2	39.3	0	52.4	-23	0.0	-12	0.0	-17	0.0	-56	0.0	-20	0.0
-70	0.0	-67	4.1	9	45.7	3	40.2	1	51.7	-22	0.0	-11	0.0	-16	0.0	-55	0.0	-19	0.0
-69	0.0	-66	0.0	10	47.0	4	41.5	2	51.9	-21	0.0	-10	0.0	-15	0.0	-54	0.0	-18	0.0
-68	0.0	-65	0.0	11	48.0	5	44.1	3	53.0	-20	0.0	-9	0.0	-14	0.0	-53	0.0	-17	0.0
-67	0.0	-64	0.0	12	48.9	6	45.9	4	53.7	-19	0.0	-8	0.0	-13	0.0	-52	0.0	-16	0.0
-66	0.0	-63	0.0	13	49.6	7	47.4	5	55.0	-18	0.0	-7	0.0	-12	0.0	-51	0.0	-15	0.0
-65	0.0	-62	0.0	14	49.4	8	48.7	6	55.2	-17	0.0	-6	0.0	-11	0.0	-50	0.0	-14	0.0
-64	0.0	-61	0.0	15	48.9	9	49.6	7	54.6	-16	0.0	-5	0.0	-10	0.0	-49	0.0	-13	0.0
-63	0.0	-60	0.0	16	48.3	10	50.7	8	54.4	-15	0.0	-4	0.0	-9	0.0	-48	0.0	-12	0.0
-62	0.0	-59	0.0	17	47.0	11	52.2	9	54.8	-14	0.0	-3	0.0	-8	0.0	-47	0.0	-11	0.0
-61	0.0	-58	0.0	18	42.8	12	52.6	10	55.0	-13	0.0	-2	0.0	-7	0.0	-46	0.0	-10	0.0
-60	0.0	-57	0.0	19	35.4	13	51.9	11	54.8	-12	0.0	-1	5.2	-6	0.0	-45	0.0	-9	0.0
-59	0.0	-56	0.0			14	52.0	12	54.1	-11	0.0	0	12.0	-5	0.0	-44	0.0	-8	0.0
-58	0.0	-55	0.0					13	53.5	-10	0.0	1	17.4	-4	0.0	-43	0.0	-7	0.0
-57	0.0	-54	0.0					14	52.4	-9	0.0	2	20.2	-3	0.0	-42	0.0	-6	0.0
-56	0.0	-53	0.0					15	51.5	-8	0.0	3	23.9	-2	0.0	-41	0.0	-5	0.0
-55	0.0	-52	0.0					16	49.3	-7	0.0	4	27.6	-1	6.1	-40	0.0	-4	0.0
-54	0.0	-51	0.0							-6	6.3	5	31.5	0	12.4	-39	0.0	-3	0.0
-53	0.0	-50	0							-5	12.0	6	32.6	1	15.2	-38	0.0	-2	0.0
-52	0.0	-49	0							-4	15.9	7	35.2	2	19.1	-37	0.0	-1	4.8
-51	0.0	-48	0							-3	18.5	8	38.0	3	23.0	-36	0.0	0	12.0
-50	0.0	-47	0							-2	17.2	9	40.7	4	26.9	-35	0.0	1	18.1
-49	0.0	-46	0							-1	19.8	10	44.6	5	30.9	-34	0.0	2	19.8
-48	0.0	-45	0							0	23.5	11	46.1	6	35.9	-33	0.0	3	23.3
-47	0.0	-44	0							1	27.6	12	46.7	7	38.0	-32	0.0	4	27.4
-46	0.0	-43	0							2	33.0	13	48.2	8	41.9	-31	0.0	5	31.9
-45	0.0	-42	0							3	34.1	14	49.4	9	44.3	-30	0.0	6	36.9
-44	0.0	-41	0							4	36.5	15	49.3	10	47.8	-29	0.0	7	41.9
-43	0.0	-40	0							5	39.4	16	49.1	11	51.3	-28	0.0	8	43.0
-42	0.0	-39	0							6	43.0	17	50.0	12	52.4	-27	0.0	9	46.7
-41	0.0	-38	0							7	45.4	18	50.2	13	54.1	-26	0.0	10	49.4
-40	0.0	-37	0							8	46.7	19	48.9	14	55.7	-25	0.0	11	50.9
-39	0.0	-36	0							9	46.5			15	56.5	-24	0.0	12	51.7
-38	0.0	-35	0							10	46.7			16	55.9	-23	0.0	13	52.4
-37	0.0	-34	0							11	47.4			17	55.7	-22	0.0	14	53.2
-36	0.0	-33	0							12	48.0			18	55.6	-21	0.0	15	53.9
-35	0.0	-32	0							13	47.8			19	54.3	-20	0.0	16	53.3
-34	0.0	-31	0							14	48.3			20	50.9	-19	0.0	17	52.6
-33	0.0	-30	0							15	49.8					-18	0.0	18	47.6
-32	0.0	-29	0							16	51.3					-17	0.0		
-31	0.0	-28	0							17	52.0					-16	0.0		
-30	0.0	-27	0							18	51.5					-15	0.0		
-29	0.0	-26	0							19	50.2					-14	0.0		
-28	0.0	-25	0							20	48.2					-13	0.0		
-27	0.0	-24	0							21	45.0					-12	0.0		
-26	0.0	-23	0													-11	0.0		
-25	0.0	-22	0													-10	0.0		
-24	0.0	-21	0													-9	0.0		
-23	0.0	-20	0													-8	0.0		
-22	0.0	-19	0													-7	0.0		
-21	0.0	-18	0													-6	0.0		

Путања_21		Путања_22		Путања_23		Путања_24		Путања_25		Путања_26		Путања_27		Путања_28		Путања_29		Путања_30	
ζ(s)	V(km/h)	ζ(s)	V(km/h)	ζ(s)	V(km/h)	ζ(s)	V(km/h)	ζ(s)	V(km/h)	ζ(s)	V(km/h)	ζ(s)	V(km/h)	ζ(s)	V(km/h)	ζ(s)	V(km/h)	ζ(s)	V(km/h)
-20	40.0	-79	55.4	-55	55.7	-42	43.3	-79	52.2	-37	52.8	-43	51.9	-75	49.4	-25	52.0	-37	44.4
-19	42.8	-78	56.3	-54	56.5	-41	45.9	-78	52.0	-36	53.9	-42	53.0	-74	52.8	-24	55.2	-36	46.5
-18	45.6	-77	56.3	-53	56.9	-40	49.3	-77	52.0	-35	55.7	-41	53.9	-73	55.7	-23	55.4	-35	48.0
-17	49.1	-76	56.9	-52	57.0	-39	49.3	-76	51.9	-34	56.3	-40	55.2	-72	57.0	-22	54.8	-34	47.6
-16	53.0	-75	57.4	-51	56.1	-38	49.4	-75	52.2	-33	56.7	-39	55.7	-71	55.7	-21	53.5	-33	46.1
-15	53.3	-74	57.6	-50	55.9	-37	50.7	-74	54.4	-32	56.7	-38	57.2	-70	53.9	-20	51.7	-32	44.4
-14	54.3	-73	57.6	-49	55.2	-36	52.0	-73	54.6	-31	56.1	-37	57.2	-69	52.2	-19	50.2	-31	43.7
-13	54.6	-72	58.2	-48	54.8	-35	53.7	-72	53.7	-30	55.2	-36	56.7	-68	47.0	-18	48.3	-30	39.3
-12	55.2	-71	58.5	-47	54.4	-34	54.8	-71	52.6	-29	53.5	-35	55.7	-67	38.9	-17	47.0	-29	34.6
-11	55.6	-70	58.3	-46	53.5	-33	54.6	-70	51.5	-28	52.0	-34	53.9	-66	32.0	-16	45.6	-28	30.7
-10	55.7	-69	57.6	-45	53.3	-32	54.4	-69	49.3	-27	49.8	-33	52.8	-65	24.6	-15	43.3	-27	27.0
-9	56.7	-68	55.7	-44	52.4	-31	54.8	-68	45.2	-26	45.9	-32	49.4	-64	18.0	-14	38.3	-26	23.0
-8	56.7	-67	54.6	-43	50.7	-30	55.6	-67	39.6	-25	38.2	-31	43.0	-63	10.4	-13	32.2	-25	17.4
-7	57.8	-66	51.1	-42	49.4	-29	55.4	-66	34.4	-24	32.2	-30	36.1	-62	3.7	-12	24.4	-24	10.4
-6	58.2	-65	46.1	-41	48.2	-28	54.8	-65	29.1	-23	26.3	-29	28.7	-61	0.0	-11	18.9	-23	3.7
-5	58.9	-64	39.8	-40	45.0	-27	53.9	-64	24.3	-22	21.5	-28	20.4	-60	0.0	-10	11.1	-22	0.0
-4	59.4	-63	33.5	-39	39.4	-26	52.6	-63	21.9	-21	17.8	-27	13.0	-59	0.0	-9	3.7	-21	0.0
-3	59.6	-62	27.2	-38	33.5	-25	50.4	-62	20.0	-20	14.6	-26	8.3	-58	0.0	-8	0.0	-20	0.0
-2	60.2	-61	20.0	-37	26.9	-24	45.0	-61	18.5	-19	11.5	-25	3.5	-57	0.0	-7	0.0	-19	0.0
-1	59.8	-60	13.1	-36	20.0	-23	40.0	-60	16.9	-18	6.7	-24	0.0	-56	0.0	-6	0.0	-18	0.0
0	60.0	-59	5.9	-35	12.8	-22	33.3	-59	15.9	-17	0.0	-23	0.0	-55	0.0	-5	0.0	-17	0.0
1	58.9	-58	0.0	-34	5.9	-21	25.9	-58	12.8	-16	0.0	-22	0.0	-54	0.0	-4	0.0	-16	0.0
2	57.8	-57	0.0	-33	0.0	-20	17.6	-57	8.1	-15	0.0	-21	0.0	-53	0.0	-3	0.0	-15	0.0
3	56.5	-56	0.0	-32	0.0	-19	10.2	-56	3.9	-14	0.0	-20	0.0	-52	0.0	-2	0.0	-14	0.0
4	54.8	-55	0.0	-31	0.0	-18	2.0	-55	0.0	-13	0.0	-19	0.0	-51	0.0	-1	2.2	-13	0.0
5	54.6	-54	0.0	-30	0.0	-17	0.0	-54	0.0	-12	0.0	-18	0.0	-50	0.0	0	10.4	-12	0.0
6	55.6	-53	0.0	-29	0.0	-16	0.0	-53	0.0	-11	0.0	-17	0.0	-49	0.0	1	15.6	-11	0.0
7	57.0	-52	0.0	-28	0.0	-15	0.0	-52	0.0	-10	0.0	-16	0.0	-48	0.0	2	18.9	-10	0.0
8	58.2	-51	0.0	-27	0.0	-14	0.0	-51	0.0	-9	0.0	-15	0.0	-47	0.0	3	22.6	-9	0.0
9	59.1	-50	0.0	-26	0.0	-13	0.0	-50	0.0	-8	0.0	-14	0.0	-46	0.0	4	26.5	-8	0.0
10	59.6	-49	0.0	-25	0.0	-12	0.0	-49	0.0	-7	0.0	-13	0.0	-45	0.0	5	30.6	-7	0.0
11	60.2	-48	0.0	-24	0.0	-11	0.0	-48	0.0	-6	1.3	-12	0.0	-44	0.0	6	36.1	-6	2.4
12	60.6	-47	0.0	-23	0.0	-10	0.0	-47	0.0	-5	10.4	-11	0.0	-43	0.0	7	36.7	-5	7.8
13	60.7	-46	0.0	-22	0.0	-9	0.0	-46	0.0	-4	15.9	-10	0.0	-42	0.0	8	39.6	-4	14.3
14	60.0	-45	0.0	-21	0.0	-8	0.0	-45	0.0	-3	20.9	-9	0.0	-41	0.0	9	42.2	-3	20.0
15	59.1	-44	0.0	-20	0.0	-7	0.0	-44	0.0	-2	22.8	-8	0.0	-40	0.0	10	45.7	-2	20.4
16	57.2	-43	0.0	-19	0.0	-6	0.0	-43	0.0	-1	25.9	-7	0.0	-39	0.0	11	47.6	-1	18.9
17	55.9	-42	0.0	-18	0.0	-5	0.0	-42	0.0	0	29.4	-6	0.0	-38	0.0	12	48.0	0	20.2
		-41	0.0	-17	0.0	-4	0.0	-41	0.0	1	33.0	-5	0.0	-37	0.0	13	48.5	1	23.9
		-40	0.0	-16	0.0	-3	0.0	-40	0.0	2	35.2	-4	0.0	-36	0.0	14	48.9	2	27.6
		-39	0.0	-15	0.0	-2	0.0	-39	0.0	3	37.6	-3	0.0	-35	0.0	15	49.1	3	31.3
		-38	0.0	-14	0.0	-1	0.0	-38	0.0	4	39.6	-2	3.3	-34	0.0	16	49.6	4	34.3
		-37	0.0	-13	0.0	0	5.2	-37	0.0	5	39.6	-1	10.2	-33	0.0	17	50.0	5	35.9
		-36	0.0	-12	0.0	1	12.0	-36	0.0	6	40.7	0	15.9	-32	0.0	18	51.9	6	35.7
		-35	0.0	-11	0.0	2	16.7	-35	0.0	7	41.3	1	19.1	-31	0.0	19	51.5	7	35.6
		-34	0.0	-10	0.0	3	19.4	-34	0.0	8	41.7	2	23.7	-30	0.0	20	50.9	8	37.6
		-33	0.0	-9	0.0	4	23.7	-33	0.0	9	42.4	3	27.6	-29	0.0	21	47.0	9	38.0
		-32	0.0	-8	0.0	5	27.4	-32	0.0	10	43.3	4	31.5	-28	0.0			10	38.5
		-31	0.0	-7	0.0	6	31.3	-31	0.0	11	42.8	5	36.5	-27	0.0			11	38.3
		-30	0.0	-6	0.0	7	37.0	-30	0.0	12	43.3	6	37.0	-26	0.0			12	36.7
		-29	0.0	-5	0.0	8	39.3	-29	0.0	13	42.8	7	38.9	-25	0.0			13	35.4
		-28	0.0	-4	0.0	9	41.7	-28	0.0	14	42.2	8	40.2	-24	0.0			14	35.6
		-27	0.0	-3	0.0	10	45.0	-27	0.0	15	41.1	9	43.0	-23	0.0			15	37.6
		-26	0.0	-2	0.0	11	48.5	-26	0.0	16	42.0	10	45.6	-22	0.0			16	40.9
		-25	0.0	-1	2.4	12	52.6	-25	0.0	17	43.0	11	47.6	-21	0.0			17	43.3
		-24	0.0	0	9.3	13	54.1	-24	0.0	18	42.6	12	50.4	-20	0.0			18	43.5
		-23	0.0	1	14.8	14	54.1	-23	0.0	19	43.5	13	51.3	-19	0.0			19	44.4
		-22	0.0	2	19.1	15	54.6	-22	0.0	20	45.7	14	51.3	-18	0.0			20	45.9
		-21	0.0	3	21.1	16	54.6	-21	0.0	21	47.2	15	50.6	-17	0.0			21	46.5
		-20	0.0	4	24.8	17	54.8	-20	0.0	22	48.7	16	48.3	-16	0.0			22	45.4
		-19	0.0	5	28.2	18	54.4	-19	0.0	23	49.1	17	46.5	-15	0.0			23	43.3
		-18	0.0	6	32.4	19	52.6	-18	0.0	24	48.2	18	44.3	-14	0.0			24	39.3
		-17	0.0	7	36.3	20	50.6	-17	0.0	25	43.5			-13	0.0				
		-16	0.0	8	36.3	21	48.9	-16	0.0					-12	0.0				
		-15	0.0	9	38.3			-15	0.0					-11	0.0				
		-14	0.0	10	41.1			-14	0.0					-10	0.0				
		-13	0.0	11	44.1			-13	0.0					-9	0.0				
		-12	0.0	12	47.0			-12	0.0					-8	0.0				
		-11	0.0	13	50.7			-11	0.0					-7	0.0				
		-10	0.0	14	52.4			-10	0.0					-6	0.0				
		-9	0.0	15	53.2			-9	0.0					-5	0.0				
		-8	0.0	16	54.1			-8	0.0					-4	0.0				



Путања_31		Путања_32		Путања_33		Путања_34		Путања_35		Путања_36		Путања_37		Путања_38		Путања_39		Путања_40	
t(s)	V(km/h)	t(s)	V(km/h)	t(s)	V(km/h)	t(s)	V(km/h)	t(s)	V(km/h)	t(s)	V(km/h)	t(s)	V(km/h)	t(s)	V(km/h)	t(s)	V(km/h)	t(s)	V(km/h)
-41	52.8	-20	10.7	-19.0	27.2	-34.0	32.9	-37.3	31.1	-17.8	37.8	-33.3	20.4	-22.2	4.3	-42.3	48.0	-19.9	37.2
-40	54.3	-19	17.4	-18.0	31.3	-33.8	33.2	-37.2	31.0	-17.7	38.3	-32.9	21.5	-21.5	8.7	-42.2	48.0	-18.9	38.0
-39	56.5	-18	23.2	-17.0	36.3	-32.8	36.3	-36.3	30.4	-16.8	43.2	-32.3	23.0	-21.2	10.4	-41.3	47.8	-18.3	39.6
-38	57.2	-17	25.9	-16.0	38.3	-31.8	39.6	-35.3	32.8	-15.8	44.6	-31.3	25.0	-20.2	16.7	-40.3	48.0	-17.9	40.9
-37	57.0	-16	31.5	-15.0	41.3	-30.8	42.8	-34.3	33.5	-14.8	47.4	-30.3	23.5	-19.2	20.6	-39.3	49.1	-16.9	44.6
-36	56.3	-15	38.2	-14.0	45.2	-29.8	42.8	-33.3	34.1	-13.8	49.8	-29.3	22.0	-18.2	24.1	-38.3	49.4	-15.9	47.4
-35	54.8	-14	40.4	-13.0	48.5	-28.8	45.9	-32.3	36.5	-12.8	51.5	-28.3	23.7	-17.2	29.1	-37.3	48.7	-14.9	49.1
-34	53.0	-13	42.0	-12.0	50.4	-27.8	45.7	-31.3	39.3	-11.8	53.2	-27.3	27.8	-16.2	34.8	-36.3	47.8	-13.9	50.9
-33	47.6	-12	44.8	-11.0	53.2	-26.8	45.9	-30.3	39.6	-10.8	53.7	-26.3	33.3	-15.2	38.3	-35.3	47.0	-12.9	52.2
-32	40.0	-11	46.9	-10.0	54.3	-25.8	46.3	-29.3	42.2	-9.8	53.2	-25.3	35.9	-14.2	40.0	-34.3	46.3	-11.9	53.3
-31	31.5	-10	48.9	-9.0	53.2	-24.8	45.6	-28.3	44.4	-8.8	51.5	-24.3	37.0	-13.2	43.2	-33.3	45.6	-10.9	53.3
-30	22.0	-9	50.0	-8.0	52.6	-23.8	44.3	-27.3	45.2	-7.8	50.2	-23.3	38.0	-12.2	45.0	-32.3	45.0	-9.9	53.2
-29	14.8	-8	50.7	-7.0	51.5	-22.8	42.8	-26.3	45.2	-6.8	48.9	-22.3	36.7	-11.2	45.7	-31.3	43.7	-8.9	51.7
-28	5.9	-7	51.5	-6.0	50.4	-21.8	40.9	-25.3	44.6	-5.8	48.0	-21.3	35.2	-10.2	45.6	-30.3	42.2	-7.9	50.0
-27	0.0	-6	52.0	-5.0	49.1	-20.8	36.9	-24.3	43.9	-4.8	46.9	-20.3	33.3	-9.2	45.2	-29.3	39.6	-6.9	48.5
-26	0.0	-5	52.6	-4.0	47.8	-19.8	31.9	-23.3	42.8	-3.8	46.9	-19.3	30.2	-8.2	45.0	-28.3	34.8	-5.9	46.3
-25	0.0	-4	52.8	-3.0	45.4	-18.8	26.7	-22.3	40.7	-2.8	48.0	-18.3	27.0	-7.2	45.4	-27.3	29.1	-4.9	44.6
-24	0.0	-3	52.8	-2.0	42.4	-17.8	20.9	-21.3	37.2	-1.8	47.4	-17.3	24.6	-6.2	46.3	-26.3	23.7	-3.9	42.8
-23	0.0	-2	52.8	-1.0	40.9	-16.8	15.6	-20.3	33.0	-0.8	48.0	-16.3	22.8	-5.2	46.7	-25.3	18.1	-2.9	41.1
-22	0.0	-1	52.6	0.0	41.5	-15.8	10.6	-19.3	27.8	0.0	48.9	-15.3	21.5	-4.2	46.5	-24.3	13.1	-1.9	39.6
-21	0.0	0	52.4	1.0	43.3	-14.8	5.7	-18.3	22.2	0.2	49.1	-14.3	20.0	-3.2	46.7	-23.3	8.1	-0.9	39.4
-20	0.0	1	51.5	2.0	42.2	-13.8	2.0	-17.3	17.6	1.2	49.4	-13.3	20.6	-2.2	47.2	-22.3	3.1	0.0	39.4
-19	0.0	2	51.1	3.0	40.7	-12.8	0.0	-16.3	13.0	2.2	49.3	-12.3	20.0	-1.2	47.6	-21.3	0.0	0.1	39.4
-18	0.0	3	50.6	4.0	40.4	-11.8	0.0	-15.3	9.4	3.2	49.8	-11.3	18.3	-0.2	48.3	-20.3	0.0	1.1	38.9
-17	0.0	4	51.9	5.0	40.2	-10.8	0.0	-14.3	6.9	4.2	50.2	-10.3	17.4	0.0	48.5	-19.3	0.0	2.1	39.1
-16	0.0	5	53.5	6.0	40.4	-9.8	0.0	-13.3	4.4	5.2	50.2	-9.3	18.1	0.8	48.9	-18.3	0.0	3.1	40.7
-15	0.0	6	55.2	7.0	42.2	-8.8	0.0	-12.3	0.9	6.2	51.3	-8.3	18.9	1.8	49.3	-17.3	0.0	4.1	41.3
-14	0.0	7	56.3	8.0	43.0	-7.8	3.3	-11.3	0.0	7.2	51.5	-7.3	19.4	2.8	48.9	-16.3	0.0	5.1	41.9
-13	0.0	8	56.9	9.0	42.6	-6.8	10.2	-10.3	0.0	8.2	50.4	-6.3	19.6	3.8	47.6	-15.3	0.0	6.1	42.2
-12	0.0	9	57.0	10.0	42.2	-5.8	16.1	-9.3	0.0	9.2	49.1	-5.3	20.0	4.8	47.0	-14.3	0.0	7.1	41.9
-11	0.0	10	57.0	11.0	42.4	-4.8	18.3	-8.3	0.0	10.2	48.5	-4.3	21.7	5.8	47.0	-13.3	0.0	8.1	41.3
-10	0.0	11	55.2	12.0	44.3	-3.8	20.2	-7.3	0.0	11.2	48.5	-3.3	24.6	6.8	46.7	-12.3	0.0	9.1	40.6
-9	0.0	12	53.3	13.0	45.9	-2.8	24.3	-6.3	0.0	12.2	48.5	-2.3	27.4	7.8	46.3	-11.3	0.0	10.1	41.5
-8	0.0	13	53.5	14.0	49.1	-1.8	28.9	-5.3	1.3	13.2	48.9	-1.3	30.4	8.8	46.1	-10.3	0.0	11.1	43.7
-7	0.0	14	56.3	15.0	51.3	-0.8	31.9	-4.3	6.7	14.2	49.8	-0.3	33.7	9.8	45.0	-9.3	0.7	12.1	45.9
-6	0.0	15	55.7	16.0	51.5	0.0	31.9	-3.3	12.8	15.2	50.4	0.0	34.5	10.8	43.7	-8.3	3.3	13.1	47.2
-5	0.0	16	54.4	17.0	50.0	0.2	31.9	-2.3	17.0	16.2	51.1	0.7	35.9	11.8	42.2	-7.3	6.9	14.1	47.6
-4	0.0	17	54.1	18.0	50.9	1.2	33.2	-1.3	19.1	17.2	51.7	1.7	38.7	12.8	41.5	-6.3	8.9	15.1	48.2
-3	2.8	18	54.1	19.0	52.6	2.2	31.9	-0.3	23.3	18.2	52.6	2.7	39.6	13.8	41.3	-5.3	10.7	16.1	51.5
-2	11.1	19	53.9	20.0	54.1	3.2	32.2	0.0	24.8	19.2	53.2	3.7	38.9	14.8	41.9	-4.3	14.6	17.1	55.6
-1	17.0	20	53.5	21.0	55.6	4.2	34.8	0.7	28.2	20.2	52.0	4.7	39.6	15.8	42.6	-3.3	17.0	18.1	60.2
0	20.9	21	53.9	22.0	56.7	5.2	36.5	1.7	33.2	21.2	52.4	5.7	42.0	16.8	42.8	-2.3	19.1	19.1	62.4
1	24.4	22	53.9	23.0	57.8	6.2	36.7	2.7	35.4	22.2	53.9	6.7	44.6	17.8	43.2	-1.3	21.9	20.1	55.6
2	28.7			24.0	58.7	7.2	38.0	3.7	37.2	23.2	54.3	7.7	47.6	18.8	43.5	-0.3	24.1	21.1	44.3
3	33.0			25.0	59.1	8.2	40.0	4.7	40.0			8.7	50.9	19.8	44.4	0.0	24.9	22.1	33.7
4	36.5					9.2	43.2	5.7	42.8			9.7	53.7	20.8	42.6	0.7	26.9		
5	37.2					10.2	47.2	6.7	45.6			10.7	54.8			1.7	30.2		
6	36.7					11.2	51.1	7.7	47.8			11.7	53.9			2.7	33.9		
7	38.0					12.2	51.9	8.7	49.6			12.7	54.4			3.7	35.0		
8	40.7					13.2	53.3	9.7	50.9			13.7	55.2			4.7	37.2		
9	43.3					14.2	55.0	10.7	50.7			14.7	55.6			5.7	40.4		
10	45.9					15.2	56.3	11.7	51.9			15.7	55.9			6.7	42.4		
11	47.2					16.2	57.4	12.7	53.3			16.7	55.9			7.7	44.4		
12	47.0					17.2	58.5	13.7	53.9			17.7	55.9			8.7	47.8		
13	47.8					18.2	59.6	14.7	53.9			18.7	56.3			9.7	50.4		
14	49.1					19.2	60.7	15.7	53.2			19.7	56.5			10.7	52.0		
15	50.6					20.2	62.4	16.7	54.1			20.7	56.5			11.7	53.5		
16	50.6					21.2	64.3	17.7	55.0			21.7	56.7			12.7	55.9		
17	52.4					22.2	66.7	18.7	55.7			22.7	56.7			13.7	58.3		
18	51.9					23.2	69.1	19.7	56.5							14.7	58.7		
19	52.8					24.2	68.0	20.7	57.0							15.7	60.6		
20	52.0							21.7	57.0							16.7	61.9		
21	50.9							22.7	56.9							17.7	61.9		
22	48.9							23.7	56.9							18.7	61.5		
								24.7	57.6							19.7	61.1		
																20.7	60.4		
																21.7	59.8		
																22.7	59.4		
																23.7	58.9		

Prilog analizi saobraćajnog procesa na signalisanoj raskrsnici

Путања_41		Путања_42		Путања_43		Путања_44		Путања_45		Путања_46		Путања_47		Путања_48		Путања_49		Путања_50	
ξ(s)	V(km/h)	ξ(s)	V(km/h)	ξ(s)	V(km/h)	ξ(s)	V(km/h)	ξ(s)	V(km/h)	ξ(s)	V(km/h)	ξ(s)	V(km/h)	ξ(s)	V(km/h)	ξ(s)	V(km/h)	ξ(s)	V(km/h)
-57.0	49.8	-60.2	50.2	-33.3	49.6	-89.1	2.4	-48.4	28.9	-57.4	42.2	-76.1	51.9	-42.6	51.7	-16.1	50.6	-86.7	49.1
-56.0	50.9	-59.2	49.8	-32.3	49.8	-88.2	7.4	-47.4	30.9	-56.4	41.1	-75.1	53.0	-41.6	51.9	-15.1	49.4	-86.6	49.1
-55.1	51.6	-58.2	48.9	-32.0	49.8	-88.1	8.0	-47.2	31.6	-56.0	41.0	-74.3	54.2	-41.5	51.8	-14.5	49.4	-85.7	49.1
-55.0	51.7	-57.9	48.7	-31.3	49.6	-87.1	14.8	-46.4	33.5	-55.4	40.9	-73.1	54.4	-40.6	51.1	-14.1	49.4	-84.7	50.7
-54.0	51.9	-57.2	47.8	-30.3	49.4	-86.1	20.2	-45.4	35.7	-54.4	40.7	-72.1	55.9	-39.6	51.9	-13.1	51.5	-83.7	53.0
-53.0	50.9	-56.2	48.5	-29.3	49.4	-85.1	23.9	-44.4	35.0	-53.4	42.4	-71.1	56.1	-38.6	52.0	-12.1	53.7	-82.7	55.4
-52.0	51.7	-55.2	50.9	-28.3	49.4	-84.1	28.9	-43.4	35.7	-52.4	43.9	-70.1	56.5	-37.6	52.8	-11.1	53.7	-81.7	56.9
-51.0	53.2	-54.2	50.7	-27.3	49.1	-83.1	34.6	-42.4	35.7	-51.4	45.4	-69.1	56.7	-36.6	53.2	-10.1	58.7	-80.7	58.3
-50.0	53.3	-53.2	50.6	-26.3	47.8	-82.1	38.3	-41.4	39.4	-50.4	47.0	-68.1	56.3	-35.6	53.3	-9.1	60.9	-79.7	59.6
-49.0	53.5	-52.2	50.0	-25.3	46.5	-81.1	40.7	-40.4	40.4	-49.4	48.2	-67.1	55.7	-34.6	52.4	-8.1	62.6	-78.7	61.3
-48.0	52.8	-51.2	49.1	-24.3	45.4	-80.1	43.5	-39.4	40.9	-48.4	48.7	-66.1	54.3	-33.6	51.7	-7.1	63.2	-77.7	61.5
-47.0	51.7	-50.2	48.0	-23.3	44.1	-79.1	45.7	-38.4	40.9	-47.4	48.7	-65.1	52.6	-32.6	50.6	-6.1	62.6	-76.7	60.0
-46.0	50.2	-49.2	46.3	-22.3	42.8	-78.1	47.6	-37.4	40.9	-46.4	48.5	-64.1	49.6	-31.6	49.3	-5.1	62.8	-75.7	58.2
-45.0	48.9	-48.2	45.0	-21.3	41.9	-77.1	49.4	-36.4	40.6	-45.4	48.2	-63.1	45.7	-30.6	47.8	-4.1	62.8	-74.7	53.5
-44.0	47.4	-47.2	43.9	-20.3	40.0	-76.1	48.9	-35.4	39.6	-44.4	48.0	-62.1	43.0	-29.6	46.3	-3.1	62.4	-73.7	53.5
-43.0	44.6	-46.2	42.6	-19.3	38.3	-75.1	47.2	-34.4	38.2	-43.4	47.8	-61.1	37.8	-28.6	45.4	-2.1	61.7	-72.7	39.4
-42.0	40.0	-45.2	40.0	-18.3	35.6	-74.1	45.6	-33.4	37.2	-42.4	47.0	-60.1	31.3	-27.6	42.2	-1.1	60.9	-71.7	33.2
-41.0	35.6	-44.2	35.6	-17.3	30.7	-73.1	43.9	-32.4	36.7	-41.4	43.7	-59.1	25.2	-26.6	36.9	-0.1	60.2	-70.7	25.9
-40.0	32.0	-43.2	30.0	-16.3	24.4	-72.1	42.2	-31.4	37.2	-40.4	38.7	-58.1	20.7	-25.6	30.4	0.0	60.1	-69.7	19.3
-39.0	27.6	-42.2	24.6	-15.3	18.3	-71.1	40.6	-30.4	36.1	-39.4	33.2	-57.1	15.6	-24.6	23.2	0.9	59.3	-68.7	13.3
-38.0	23.5	-41.2	19.1	-14.3	12.4	-70.1	37.2	-29.4	31.7	-38.4	28.0	-56.1	11.1	-23.6	14.8	1.9	58.3	-67.7	6.1
-37.0	19.1	-40.2	12.2	-13.3	7.6	-69.1	33.3	-28.4	24.4	-37.4	22.0	-55.1	6.1	-22.6	8.1	2.9	57.4	-66.7	0.0
-36.0	14.6	-39.2	6.7	-12.3	2.6	-68.1	29.8	-27.4	16.9	-36.4	16.1	-54.1	0.0	-21.6	3.0	3.9	56.9	-65.7	0.0
-35.0	9.3	-38.2	2.2	-11.3	0.0	-67.1	26.3	-26.4	16.9	-35.4	8.7	-53.1	0.0	-20.6	0.0	4.9	56.7	-64.7	0.0
-34.0	2.4	-37.2	0.0	-10.3	0.0	-66.1	22.8	-25.4	0.0	-34.4	1.5	-52.1	0.0	-19.6	0.0	5.9	56.3	-63.7	0.0
-33.0	0.0	-36.2	0.0	-9.3	0.0	-65.1	19.3	-24.4	0.0	-33.4	0.0	-51.1	0.0	-18.6	0.0	6.9	56.1	-62.7	0.0
-32.0	0.0	-35.2	0.0	-8.3	2.4	-64.1	15.9	-23.4	0.0	-32.4	0.0	-50.1	0.0	-17.6	0.0	7.9	56.1	-61.7	0.0
-31.0	0.0	-34.2	0.0	-7.3	7.0	-63.1	12.2	-22.4	0.0	-31.4	0.0	-49.1	0.0	-16.6	0.0	8.9	57.0	-60.7	0.0
-30.0	0.0	-33.2	0.0	-6.3	11.7	-62.1	7.0	-21.4	0.0	-30.4	0.0	-48.1	0.0	-15.6	0.0	9.9	58.2	-59.7	0.0
-29.0	0.0	-32.2	0.0	-5.3	17.4	-61.1	0.0	-20.4	0.0	-29.4	0.0	-47.1	0.0	-14.6	0.0	10.9	59.4	-58.7	0.0
-28.0	0.0	-31.2	0.0	-4.3	18.1	-60.1	0.0	-19.4	0.0	-28.4	0.0	-46.1	0.0	-13.6	0.0	11.9	60.6	-57.7	0.0
-27.0	0.0	-30.2	0.0	-3.3	19.1	-59.1	0.0	-18.4	0.0	-27.4	0.0	-45.1	0.0	-12.6	0.0	12.9	60.9	-56.7	0.0
-26.0	0.0	-29.2	0.0	-2.3	23.2	-58.1	0.0	-17.4	0.0	-26.4	0.0	-44.1	0.0	-11.6	0.0			-55.7	0.0
-25.0	0.0	-28.2	0.0	-1.3	24.6	-57.1	0.0	-16.4	0.0	-25.4	0.0	-43.1	0.0	-10.6	0.0			-54.7	0.0
-24.0	0.0	-27.2	0.0	-0.3	25.2	-56.1	0.0	-15.4	0.0	-24.4	0.0	-42.1	0.0	-9.5	0.0			-53.7	0.0
-23.0	0.0	-26.2	0.0	0.0	26.2	-55.1	0.0	-14.4	0.0	-23.4	0.0	-41.1	0.0	-8.5	0.0			-52.7	0.0
-22.0	0.0	-25.2	0.0	0.7	28.5	-54.1	0.0	-13.4	0.0	-22.4	0.0	-40.1	0.0	-7.5	0.0			-51.7	0.0
-21.0	0.0	-24.2	0.0	1.7	31.3	-53.1	0.0	-12.4	0.0	-21.4	0.0	-39.1	0.0	-6.5	0.0			-50.7	0.0
-20.0	0.0	-23.2	0.0	2.7	31.9	-52.1	0.0	-11.4	0.0	-20.4	0.0	-38.1	0.0	-5.5	0.0			-49.7	0.0
-19.0	0.0	-22.2	0.0	3.7	30.0	-51.1	0.0	-10.4	0.0	-19.4	0.0	-37.1	0.0	-4.5	0.0			-48.7	0.0
-18.0	0.0	-21.2	0.0	4.7	28.3	-50.1	0.0	-9.4	0.0	-18.4	0.0	-36.1	0.0	-3.5	0.6			-47.7	0.0
-17.0	0.0	-20.2	0.0	5.7	27.4	-49.1	0.0	-8.4	0.0	-17.4	0.0	-35.1	0.0	-2.5	4.1			-46.7	0.0
-16.0	0.0	-19.2	0.0	6.7	28.0	-48.1	0.0	-7.4	1.3	-16.4	0.0	-34.1	0.0	-1.5	10.9			-45.7	0.0
-15.0	0.0	-18.2	0.0	7.7	29.4	-47.1	0.0	-6.4	7.8	-15.4	0.0	-33.1	0.0	-0.5	14.6			-44.7	0.0
-14.0	0.0	-17.2	0.0	8.7	30.4	-46.1	0.0	-5.4	12.8	-14.4	0.0	-32.1	0.0	0.0	16.7			-43.7	0.0
-13.0	0.0	-16.2	0.0	9.7	32.0	-45.1	0.0	-4.4	18.0	-13.4	0.0	-31.1	0.0	0.5	18.3			-42.7	0.0
-12.0	0.0	-15.2	0.0	10.7	34.4	-44.1	0.0	-3.4	18.9	-12.4	0.0	-30.1	0.0	1.5	22.4			-41.7	0.0
-11.0	0.0	-14.2	0.0	11.7	35.7	-43.1	0.0	-2.4	21.3	-11.4	0.0	-29.1	0.0	2.5	26.7			-40.7	0.0
-10.0	0.0	-13.2	0.0	12.7	36.3	-42.1	0.0	-1.4	25.7	-10.4	0.0	-28.1	0.0	3.5	31.7			-39.7	0.0
-9.0	0.0	-12.2	0.0	13.7	36.3	-41.1	0.0	-0.4	28.7	-9.4	0.0	-27.1	0.0	4.5	33.5			-38.7	0.0
-8.0	0.0	-11.2	0.0	14.7	36.7	-40.1	0.0	0.0	29.2	-8.4	0.0	-26.1	0.0	5.5	35.7			-37.7	0.0
-7.0	0.0	-10.2	0.0	15.7	38.2	-39.1	0.0	0.6	29.8	-7.4	0.0	-25.1	0.0	6.5	38.9			-36.7	0.0
-6.0	0.0	-9.1	2.0	16.7	38.9	-38.1	0.0	1.6	31.3	-6.4	0.0	-24.1	0.0	7.5	42.6			-35.7	0.0
-5.0	0.0	-8.1	4.8	17.7	38.0	-37.1	0.0	2.6	34.4	-5.4	0.0	-23.1	0.0	8.5	46.3			-34.7	0.0
-4.0	0.0	-7.1	7.8	18.7	37.4	-36.1	0.0	3.6	35.4	-4.4	0.0	-22.1	0.0	9.5	48.0			-33.7	0.0
-3.0	0.0	-6.1	9.3	19.7	38.2	-35.1	0.0	4.6	36.3	-3.4	0.0	-21.1	0.0	10.5	48.7			-32.7	0.0
-2.0	5.4	-5.1	9.8			-34.1	0.0	5.6	37.2	-2.4	3.9	-20.1	0.0	11.5	50.0			-31.7	0.0
-1.0	12.4	-4.1	12.6			-33.1	0.0	6.6	39.8	-1.4	10.6	-19.1	0.0	12.5	51.1			-30.7	0.0
0.0	19.3	-3.1	16.5			-32.1	0.0	7.6	40.0	-0.4	16.7	-18.1	0.0	13.5	51.5			-29.7	0.0
1.0	24.1	-2.1	18.7			-31.1	0.0	8.6	41.9	0.0	19.2	-17.1	0.0	14.5	51.3			-28.7	0.0
2.0	24.4	-1.1	22.6			-30.1	0.0	9.6	44.3	0.6	23.0	-16.1	0.0	15.5	49.8			-27.7	0.0
3.0	26.9	-0.1	24.8			-29.1	0.0	10.6	46.1	1.6	25.0	-15.1	0.0					-26.7	0.0
4.0	26.5	0.0	25.1			-28.1	0.0	11.6	45.9	2.6	29.1	-14.1	0.0					-25.7	0.0
5.0	27.8	0.9	26.5			-27.1	0.0	12.6	46.3	3.6	34.6	-13.1	0.0					-24.7	0.0
6.0	30.6	1.9	29.6			-26.1	0.0	13.6	48.9	4.6	36.7	-12.1	0.0					-23.7	0.0
7.0	31.7	2.9	34.3			-25.1	0.0	14.6	49.6	5.6	38.5	-11.1	0.0					-22.7	0.0
8.0	33.9	3.9	34.4			-24.1	0.0	15.6	50.0	6.6	40.4	-10.1	0.0					-21.7	0.0
9.0	38.2	4.9	34.6			-23.1	0.0	16.6	48.7	7.6	40.4	-9.1	0.0					-20.7	0.0
10.0	40.4	5.9	37.2			-22.1	0.0	17.6	46.3	8.6	41.3	-8.1	0.0					-19.7	0.0
11.0	40.9	6.9	38.0			-21.1	0.0	18.6	42.2			-7.1	0.0					-18.7	0.0
12.0	42.8	7.9	39.3			-20.1													

Путања_61		Путања_62		Путања_63		Путања_64		Путања_65		Путања_66		Путања_67		Путања_68		Путања_69		Путања_70	
ξ(s)	V(km/h)	ξ(s)	V(km/h)	ξ(s)	V(km/h)	t(s)	V(km/h)	t(s)	V(km/h)	t(s)	V(km/h)	ξ(s)	V(km/h)	ξ(s)	V(km/h)	ξ(s)	V(km/h)	t(s)	V(km/h)
-78.25	51.9	-20.1	49.4	-49.06	49.3	-44.4	28.7	-31.4	27.0	-47	43.3	-14.5	44.8	-23.5	47.0	-38	56.1	-19.5	55.0
-77.25	54.4	-19.1	50.6	-48.06	50.7	-43.4	29.6	-30.4	32.2	-46	46.3	-13.5	49.4	-22.5	48.5	-37	57.6	-18.5	55.2
-77.15	54.7	-18.9	50.7	-47.41	51.2	-43.1	29.8	-29.55	37.1	-45	49.4	-12.5	54.3	-21.5	47.0	-36	58.2	-17.5	55.4
-76.25	56.9	-18.1	51.1	-47.06	51.5	-42.4	30.2	-29.4	38.0	-44	51.5	-11.5	59.4	-20.5	43.7	-35	58.3	-16.5	53.9
-75.25	59.1	-17.1	51.9	-46.06	51.7	-41.4	32.6	-28.4	43.0	-43	50.0	-10.5	64.3	-19.5	38.0	-34	59.4	-15.5	51.1
-74.25	59.6	-16.1	51.5	-45.06	51.3	-40.4	35.6	-27.4	44.8	-42	48.3	-9.5	64.8	-18.5	31.7	-33	60.4	-14.5	49.6
-73.25	58.3	-15.1	50.2	-44.06	51.5	-39.4	38.9	-26.4	45.4	-41	46.9	-8.5	64.3	-17.5	26.9	-32	59.4	-13.5	47.4
-72.25	56.9	-14.1	48.5	-43.06	51.5	-38.4	42.6	-25.4	45.6	-40	45.4	-7.5	65.2	-16.5	23.3	-31	58.0	-12.5	44.8
-71.25	55.4	-13.1	46.9	-42.06	51.7	-37.4	45.2	-24.4	45.9	-39	44.8	-6.5	65.6	-15.5	23.3	-30	55.6	-11.5	42.6
-70.25	53.9	-12.1	45.6	-41.06	51.9	-36.4	45.2	-23.4	46.1	-38	44.8	-5.5	64.4	-14.5	22.4	-29	53.3	-10.5	43.2
-69.25	52.4	-11.1	45.4	-40.06	52.0	-35.4	46.7	-22.4	46.5	-37	45.4	-4.5	64.8	-13.5	21.1	-28	51.5	-9.5	46.1
-68.25	50.2	-10.1	46.3	-39.06	51.3	-34.4	47.8	-21.4	46.9	-36	45.0	-3.5	67.2	-12.5	23.7	-27	48.5	-8.5	50.0
-67.25	48.5	-9.1	47.8	-38.06	50.2	-33.4	46.9	-20.4	45.9	-35	43.9	-2.5	68.0	-11.5	28.0	-26	45.0	-7.5	53.3
-66.25	46.7	-8.1	47.8	-37.06	48.5	-32.4	45.4	-19.4	44.8	-34	42.6	-1.5	65.9	-10.5	31.9	-25	38.3	-6.5	52.8
-65.25	45.0	-7.1	46.1	-36.06	47.2	-31.4	43.7	-18.4	43.7	-33	41.3	-0.5	64.3	-9.5	36.1	-24	30.6	-5.5	51.3
-64.25	43.3	-6.1	44.6	-35.06	45.0	-30.4	42.6	-17.4	42.4	-32	40.0	0	63.2	-8.5	40.6	-23	22.2	-4.5	50.2
-63.25	40.7	-5.1	43.0	-34.06	40.4	-29.4	41.3	-16.4	40.6	-31	38.0	0.5	62.0	-7.5	42.0	-22	14.6	-3.5	50.0
-62.25	35.7	-4.1	41.5	-33.06	34.8	-28.4	39.6	-15.4	35.2	-30	36.3	1.5	60.2	-6.5	45.0	-21	8.1	-2.5	50.2
-61.25	29.6	-3.1	41.1	-32.06	29.8	-27.4	35.0	-14.4	27.2	-29	34.6	2.5	58.3	-5.5	48.5	-20	3.7	-1.5	51.5
-60.25	22.2	-2.1	41.7	-31.06	25.2	-26.4	29.4	-13.4	19.6	-28	32.6	3.5	56.9	-4.5	52.8	-19	0.0	-0.5	52.2
-59.25	15.6	-1.1	42.2	-30.06	21.7	-25.4	24.3	-12.4	13.5	-27	28.3	4.5	56.1	-3.5	55.9	-18	0.0	0	57.6
-58.25	8.3	-0.1	43.2	-29.06	18.5	-24.4	19.4	-11.4	8.9	-26	23.2	5.5	55.2	-2.5	54.6	-17	0.0	0.5	52.2
-57.25	0.9	0	43.1	-28.06	14.6	-23.4	14.4	-10.4	4.3	-25	17.4	6.5	54.8	-1.5	52.6	-16	0.0	1.5	51.1
-56.25	0.0	0.9	43.0	-27.06	11.5	-22.4	10.4	-9.4	2.8	-24	9.3	7.5	55.7	-0.5	50.6	-15	0.0	2.5	50.9
-55.25	0.0	1.9	41.7	-26.06	7.6	-21.4	4.8	-8.4	3.0	-23	2.0	8.5	54.6	0	49.4	-14	0.0	3.5	50.2
-54.25	0.0	2.9	40.0	-25.06	2.6	-20.4	0.0	-7.4	6.7	-22	0.0	9.5	54.3	0.5	49.1	-13	0.0	4.5	48.9
-53.25	0.0	3.9	39.1	-24.06	0.0	-19.4	0.0	-6.4	11.7	-21	0.0	10.5	53.7	1.5	49.1	-12	0.0	5.5	47.4
-52.25	0.0	4.9	39.4	-23.06	0.0	-18.4	0.0	-5.4	15.7	-20	0.0	11.5	52.8	2.5	49.6	-11	0.0	6.5	45.0
-51.25	0.0	5.9	40.6	-22.06	0.0	-17.4	0.0	-4.4	19.3	-19	0.0	12.5	53.0	3.5	48.5	-10	0.7	7.5	40.7
-50.25	0.0	6.9	42.0	-21.06	0.0	-16.4	0.0	-3.4	22.2	-18	0.0			4.5	47.0	-9	2.0	8.5	36.7
-49.25	0.0	7.9	42.6	-20.06	0.0	-15.4	0.0	-2.4	24.8	-17	0.0			5.5	45.2	-8	3.5	9.5	32.8
-48.25	0.0	8.9	42.4	-19.06	0.0	-14.4	0.0	-1.4	28.2	-16	0.0			6.5	42.4	-7	5.2	10.5	32.2
-47.25	0.0	9.9	42.2	-18.06	0.0	-13.4	0.0	-0.4	31.9	-15	0.0			7.5	38.7	-6	7.4	11.5	32.2
-46.25	0.0	10.9	42.6	-17.06	0.0	-12.4	0.0	0	32.9	-14	0.0			8.5	33.2	-5	10.7	12.5	33.0
-45.25	0.0	11.9	43.7	-16.06	0.0	-11.4	0.0	0.6	34.4	-13	0.0			9.5	30.6	-4	16.3	13.5	35.7
-44.25	0.0	12.9	43.3	-15.06	0.0	-10.4	0.0	1.6	36.5	-12	0.0			10.5	30.0	-3	19.1	14.5	38.9
-43.25	0.0	13.9	42.6	-14.06	0.0	-9.4	0.0	2.6	37.2	-11	0.0			11.5	30.9	-2	22.6	15.5	42.8
-42.25	0.0	14.9	42.6	-13.06	0.0	-8.4	0.0	3.6	39.1	-10	0.0			12.5	31.5	-1	26.1	16.5	47.6
-41.25	0.0	15.9	43.0	-12.06	0.0	-7.4	0.0	4.6	40.7	-9	0.0			13.5	33.3	0	29.4	17.5	52.6
-40.25	0.0	16.9	42.4	-11.06	0.0	-6.4	0.0	5.6	42.6	-8	0.0			14.5	36.3	1	31.7	18.5	54.1
-39.25	0.0	17.9	40.4	-10.06	0.0	-5.4	2.2	6.6	43.7	-7	0.0			15.5	39.4	2	32.4	19.5	57.2
-38.25	0.0	18.9	40.0	-9.06	0.0	-4.4	9.6	7.6	44.3	-6	0.0			16.5	43.3	3	33.0	20.5	58.9
-37.25	0.0	19.9	42.4	-8.06	0.0	-3.4	16.3	8.6	45.4	-5	0.0			17.5	47.2	4	32.6	21.5	58.2
-36.25	0.0	20.9	44.3	-7.06	0.0	-2.4	20.9	9.6	47.0	-4	0.6			18.5	50.6	5	33.9	22.5	57.0
-35.25	0.0	21.9	44.4	-6.06	0.0	-1.4	24.6	10.6	46.3	-3	4.3			19.5	53.5	6	37.2	23.5	55.9
-34.25	0.0			-5.06	0.0	-0.4	29.4	11.6	45.6	-2	11.3			20.5	53.3	7	36.5		
-33.25	0.0			-4.06	0.0	0	31.7	12.6	45.2	-1	18.3			21.5	53.0	8	37.0		
-32.25	0.0			-3.06	0.0	0.6	35.0	13.6	45.7	0	20.9					9	37.8		
-31.25	0.0			-2.06	3.5	1.6	37.4	14.6	46.3	1	24.3					10	37.2		
-30.25	0.0			-1.06	10.4	2.6	35.7	15.6	46.9	2	29.6					11	37.6		
-29.25	0.0			-0.06	16.9	3.6	34.1	16.6	47.6	3	33.7					12	39.4		
-28.25	0.0			0	17.2	4.6	33.5	17.6	46.7	4	33.7					13	40.4		
-27.25	0.0			0.94	22.4	5.6	34.8	18.6	43.2	5	36.7					14	40.2		
-26.25	0.0			1.94	25.0	6.6	36.5			6	40.0					15	37.4		
-25.25	0.0			2.94	29.8	7.6	38.5			7	40.9								
-24.25	0.0			3.94	35.2	8.6	41.1			8	40.0								
-23.25	0.0			4.94	39.8	9.6	42.2			9	40.9								
-22.25	0.0			5.94	41.1	10.6	42.8			10	42.0								
-21.25	0.0			6.94	43.9	11.6	42.0			11	42.6								
-20.25	0.0			7.94	46.7	12.6	40.6			12	42.6								
-19.25	0.0			8.94	48.9	13.6	40.2			13	42.6								
-18.25	0.0			9.94	50.4	14.6	41.3			14	43.5								
-17.25	0.0			10.94	51.9	15.6	40.0			15	44.3								
-16.25	0.0			11.94	52.4					16	45.7								
-15.25	0.0			12.94	51.5					17	47.4								
-14.25	0.0			13.94	50.6					18	50.9								
-13.25	0.0									19	53.9								
-12.25	0.0									20	54.3								
-11.25	0.0									21	55.0								
-10.25	0.0									22	56.9								
-9.25	0.0									23	57.2								
-8.25	0.0									24	57.6								

Raskrsnica „BO“

Путања_1		Путања_2		Путања_3		Путања_4		Путања_5		Путања_6		Путања_7		Путања_8		Путања_9		Путања_10	
t(s)	V(km/h)	t(s)	V(km/h)	t(s)	V(km/h)	t(s)	V(km/h)	t(s)	V(km/h)	t(s)	V(km/h)	t(s)	V(km/h)	t(s)	V(km/h)	t(s)	V(km/h)	t(s)	V(km/h)
-52	55.7	-38	56.1	-48	57.8	-44	55.7	-20	57.4	-46	54.3	-66	58.3	-40	56.1	-20	56.5	-23	54.4
-51	56.9	-37	57.0	-47	58.2	-43	57.6	-19	59.1	-45	54.3	-65	59.1	-39	57.0	-19	57.2	-22	55.6
-50	56.7	-36	57.4	-46	58.3	-42	57.8	-18	59.4	-44	55.4	-64	58.0	-38	57.2	-18	57.0	-21	56.1
-49	56.5	-35	56.9	-45	58.7	-41	57.8	-17	59.4	-43	55.9	-63	58.3	-37	57.2	-17	56.3	-20	56.1
-48	56.9	-34	57.0	-44	58.5	-40	58.0	-16	59.8	-42	56.3	-62	57.8	-36	57.2	-16	56.1	-19	55.6
-47	56.7	-33	56.1	-43	58.0	-39	57.8	-15	59.8	-41	56.1	-61	57.2	-35	56.5	-15	56.1	-18	55.0
-46	56.7	-32	54.6	-42	57.4	-38	58.0	-14	59.6	-40	55.7	-60	56.3	-34	56.3	-14	56.1	-17	54.3
-45	56.1	-31	53.0	-41	57.6	-37	58.5	-13	59.6	-39	55.4	-59	55.6	-33	56.1	-13	56.5	-16	53.7
-44	55.2	-30	49.8	-40	56.5	-36	57.4	-12	59.8	-38	54.4	-58	55.7	-32	54.8	-12	56.7	-15	53.2
-43	55.2	-29	46.7	-39	56.3	-35	56.1	-11	60.0	-37	52.8	-57	55.6	-31	54.4	-11	56.5	-14	52.2
-42	54.1	-28	41.5	-38	56.1	-34	55.2	-10	59.8	-36	51.5	-56	55.0	-30	53.5	-10	55.9	-13	50.7
-41	52.6	-27	37.0	-37	55.4	-33	55.2	-9	59.3	-35	49.8	-55	53.3	-29	52.2	-9	55.2	-12	51.3
-40	50.2	-26	31.9	-36	54.3	-32	54.8	-8	59.1	-34	49.1	-54	50.9	-28	50.0	-8	53.2	-11	52.0
-39	47.6	-25	26.3	-35	52.8	-31	54.6	-7	58.7	-33	48.7	-53	45.6	-27	45.9	-7	50.0	-10	53.0
-38	44.8	-24	20.9	-34	50.0	-30	54.6	-6	58.2	-32	47.4	-52	39.1	-26	40.7	-6	45.9	-9	53.7
-37	39.6	-23	14.8	-33	46.3	-29	53.3	-5	57.6	-31	45.9	-51	32.8	-25	35.4	-5	43.5	-8	54.1
-36	33.7	-22	7.0	-32	41.3	-28	51.3	-4	57.4	-30	41.9	-50	26.3	-24	30.0	-4	41.3	-7	54.6
-35	27.0	-21	0.0	-31	35.9	-27	48.5	-3	57.2	-29	37.6	-49	18.3	-23	26.1	-3	39.8	-6	54.6
-34	22.6	-20	0.0	-30	30.6	-26	43.3	-2	56.9	-28	33.7	-48	11.5	-22	21.5	-2	39.8	-5	54.3
-33	14.6	-19	0.0	-29	23.5	-25	36.9	-1	56.3	-27	31.1	-47	5.4	-21	16.1	-1	38.3	-4	53.9
-32	7.0	-18	0.0	-28	16.3	-24	29.4	0	55.7	-26	28.5	-46	0.0	-20	10.9	0	39.1	-3	53.9
-31	0.0	-17	0.0	-27	7.6	-23	21.1	1	55.6	-25	24.4	-45	0.0	-19	3.5	1	40.2	-2	53.5
-30	0.0	-16	0.0	-26	0.0	-22	12.6	2	55.9	-24	22.4	-44	0.0	-18	0.0	2	40.2	-1	53.5
-29	0.0	-15	0.0	-25	0.0	-21	5.0	3	56.3	-23	22.0	-43	0.0	-17	0.0	3	39.8	0	53.9
-28	0.0	-14	0.0	-24	0.0	-20	0.0	4	57.2	-22	20.7	-42	0.0	-16	0.0	4	40.6	1	53.7
-27	0.0	-13	0.0	-23	0.0	-19	0.0	5	57.6	-21	19.4	-41	0.0	-15	0.0	5	41.1	2	54.1
-26	0.0	-12	0.0	-22	0.0	-18	0.0	6	59.1	-20	18.0	-40	0.0	-14	0.0	6	42.4	3	55.0
-25	0.0	-11	0.0	-21	0.0	-17	0.0	7	59.8	-19	13.9	-39	0.0	-13	0.0	7	43.7	4	56.1
-24	0.0	-10	0.0	-20	0.0	-16	0.0	8	60.2	-18	8.3	-38	0.0	-12	0.0	8	45.2	5	56.7
-23	0.0	-9	0.0	-19	0.0	-15	0.0	9	60.7	-17	0.0	-37	0.0	-11	0.0	9	47.2	6	57.8
-22	0.0	-8	0.0	-18	0.0	-14	0.0	10	60.2	-16	0.0	-36	0.0	-10	0.0	10	49.4	7	57.8
-21	0.0	-7	0.0	-17	0.0	-13	0.0	11	59.6	-15	0.0	-35	0.0	-9	0.0	11	52.0	8	58.7
-20	0.0	-6	0.0	-16	0.0	-12	0.0	12	59.3	-14	0.0	-34	0.0	-8	5.6	12	51.9	9	58.7
-19	0.0	-5	0.0	-15	0.0	-11	0.0	13	58.9	-13	0.0	-33	0.0	-7	11.9	13	52.0	10	58.9
-18	0.0	-4	0.0	-14	0.0	-10	0.0	14	58.2	-12	0.0	-32	0.0	-6	18.0	14	52.8	11	58.5
-17	0.0	-3	7.2	-13	0.0	-9	1.1	15	58.3	-11	0.0	-31	0.0	-5	20.2	15	53.3	12	58.7
-16	0.0	-2	13.7	-12	0.0	-8	9.1	16	58.0	-10	3.5	-30	0.0	-4	23.9	16	53.3	13	58.5
-15	0.0	-1	18.0	-11	0.0	-7	13.9	17	56.7	-9	11.5	-29	0.0	-3	27.2	17	54.1	14	58.5
-14	0.0	0	20.7	-10	0.0	-6	15.9	18	56.9	-8	16.1	-28	0.0	-2	31.9	18	54.6	15	58.0
-13	0.0	1	24.1	-9	0.0	-5	19.1	19	56.7	-7	20.0	-27	0.0	-1	33.7	19	54.6	16	58.0
-12	0.0	2	27.6	-8	0.0	-4	20.7			-6	20.9	-26	0.0	0	35.0	20	54.6	17	57.8
-11	0.0	3	32.0	-7	2.2	-3	22.8			-5	24.3	-25	0.0	1	37.2	21	55.4	18	58.3
-10	0.0	4	35.6	-6	10.0	-2	22.0			-4	25.9	-24	0.0	2	39.4	22	55.0	19	58.3
-9	0.0	5	37.0	-5	15.2	-1	24.8			-3	29.3	-23	0.0	3	41.9	23	53.9	20	58.9
-8	0.0	6	38.9	-4	16.3	0	28.7			-2	32.0	-22	0.0	4	44.3	24	54.4	21	57.6
-7	0.0	7	42.2	-3	19.8	1	32.6			-1	31.9	-21	0.0	5	46.5	25	55.0		
-6	0.0	8	44.4	-2	21.9	2	35.6			0	34.1	-20	0.0	6	46.3				
-5	4.8	9	46.7	-1	23.9	3	36.5			1	35.9	-19	0.0	7	47.4				
-4	11.9	10	49.3	0	27.2	4	37.6			2	38.5	-18	0.0	8	48.7				
-3	17.0	11	53.0	1	32.2	5	40.2			3	40.7	-17	0.0	9	49.4				
-2	18.7	12	52.8	2	34.3	6	41.9			4	40.9	-16	0.0	10	50.7				
-1	22.2	13	54.1	3	35.0	7	43.3			5	39.3	-15	0.0	11	52.2				
0	25.4	14	55.2	4	36.7	8	45.2			6	40.2	-14	0.0	12	53.7				
1	30.0	15	56.9	5	39.3	9	45.4			7	42.2	-13	0.0	13	54.4				
2	33.3	16	58.0	6	41.5	10	46.5			8	44.8	-12	0.0	14	55.4				
3	34.3	17	58.7	7	43.2	11	48.2			9	46.1	-11	0.0	15	55.9				
4	36.1	18	60.6	8	45.6	12	49.4			10	47.8	-10	0.0	16	56.7				
5	38.2	19	61.7	9	48.7	13	49.6			11	49.1	-9	0.0	17	55.9				
6	40.2	20	61.7	10	47.8	14	51.3			12	49.4	-8	0.0	18	56.7				
7	43.3	21	62.0	11	49.1	15	53.3			13	49.6	-7	0.0	19	56.5				
8	45.4	22	61.9	12	50.2	16	52.0			14	49.4	-6	0.0	20	56.5				
9	48.3	23	61.1	13	51.1	17	52.0			15	48.0	-5	0.0	21	56.7				
10	51.1	24	60.4	14	52.6	18	53.3			16	47.2	-4	0.0	22	56.9				
11	51.3			15	53.9	19	54.3			17	47.6	-3	5.7	23	56.3				
12	52.6			16	55.4	20	54.6			18	48.5	-2	12.4	24	55.6				
13	54.1			17	56.5	21	55.2			19	50.4	-1	16.3	25	55.6				
14	55.0			18	57.0	22	54.1			20	52.0	0	19.3						
15	56.3			19	57.6					21	49.6	1	22.4						
16	56.9			20	58.0					22	50.0	2	25.9						
17	56.7			21	57.8					23	51.1	3	29.4						
18	56.7			22	57.4					24	52.0	4	33.9						
19	56.5			23	57.4					25	52.6	5	37.4						

Путања_11		Путања_12		Путања_13		Путања_14 Ц		Путања_15		Путања_16		Путања_17		Путања_18		Путања_19		Путања_20	
t(s)	V(km/h)	t(s)	V(km/h)	t(s)	V(km/h)	t(s)	V(km/h)	t(s)	V(km/h)	t(s)	V(km/h)	t(s)	V(km/h)	t(s)	V(km/h)	t(s)	V(km/h)	t(s)	V(km/h)
-52	57.4	-56	56.9	-53	55.9	-68	58.3	-39	56.5	-33	59.6	-20	56.3	-56	56.5	-22	56.9	-65	59.4
-51	58.3	-55	57.0	-52	57.2	-67	58.2	-38	56.1	-32	60.0	-19	57.4	-55	57.0	-21	58.0	-64	59.6
-50	58.9	-54	57.2	-51	58.0	-66	59.1	-37	56.1	-31	60.6	-18	56.1	-54	58.2	-20	58.7	-63	59.6
-49	59.1	-53	57.0	-50	58.7	-65	59.8	-36	57.2	-30	61.1	-17	56.5	-53	59.1	-19	59.6	-62	60.2
-48	58.7	-52	57.6	-49	59.3	-64	60.0	-35	58.0	-29	60.9	-16	56.7	-52	59.3	-18	60.0	-61	60.6
-47	58.2	-51	57.6	-48	59.4	-63	60.4	-34	58.0	-28	60.7	-15	56.5	-51	59.8	-17	60.2	-60	60.7
-46	57.6	-50	57.2	-47	60.0	-62	59.6	-33	57.8	-27	60.2	-14	56.5	-50	60.0	-16	60.7	-59	61.3
-45	56.9	-49	57.6	-46	60.6	-61	59.6	-32	57.6	-26	60.2	-13	55.6	-49	60.4	-15	61.5	-58	61.1
-44	56.7	-48	57.4	-45	60.7	-60	59.6	-31	57.4	-25	60.0	-12	55.6	-48	59.6	-14	61.7	-57	60.4
-43	56.1	-47	57.2	-44	60.6	-59	58.7	-30	57.2	-24	59.3	-11	55.4	-47	59.6	-13	60.6	-56	59.3
-42	55.4	-46	56.9	-43	60.4	-58	58.3	-29	57.0	-23	58.2	-10	55.6	-46	58.5	-12	58.2	-55	57.8
-41	55.0	-45	56.5	-42	60.4	-57	54.8	-28	56.9	-22	56.7	-9	55.0	-45	57.6	-11	57.8	-54	54.4
-40	53.9	-44	56.3	-41	60.2	-56	49.1	-27	56.7	-21	55.9	-8	55.4	-44	57.4	-10	57.2	-53	52.0
-39	52.6	-43	55.2	-40	58.9	-55	40.7	-26	57.2	-20	54.8	-7	55.0	-43	55.6	-9	57.4	-52	47.6
-38	51.3	-42	54.8	-39	57.8	-54	33.0	-25	57.6	-19	53.0	-6	54.4	-42	54.3	-8	58.7	-51	45.7
-37	50.2	-41	53.7	-38	55.9	-53	26.3	-24	57.4	-18	50.7	-5	54.6	-41	53.0	-7	59.6	-50	40.4
-36	49.1	-40	51.5	-37	53.7	-52	18.0	-23	55.0	-17	47.8	-4	55.0	-40	51.1	-6	59.4	-49	34.4
-35	47.4	-39	45.9	-36	51.1	-51	6.1	-22	52.2	-16	45.9	-3	55.0	-39	48.9	-5	60.2	-48	30.6
-34	45.6	-38	40.2	-35	48.9	-50	0.0	-21	49.6	-15	42.8	-2	55.2	-38	46.3	-4	59.6	-47	25.6
-33	40.7	-37	34.1	-34	43.9	-49	0.0	-20	45.4	-14	39.6	-1	55.4	-37	43.2	-3	59.8	-46	20.0
-32	34.1	-36	28.2	-33	38.7	-48	0.0	-19	39.4	-13	36.5	0	55.2	-36	40.4	-2	59.3	-45	13.5
-31	25.6	-35	20.4	-32	31.1	-47	0.0	-18	34.1	-12	32.8	1	55.2	-35	34.3	-1	58.7	-44	7.0
-30	18.0	-34	11.9	-31	24.3	-46	0.0	-17	28.2	-11	27.8	2	55.6	-34	27.2	0	57.8	-43	2.4
-29	8.7	-33	3.7	-30	18.1	-45	0.0	-16	22.6	-10	21.7	3	57.0	-33	17.6	1	56.3	-42	0.0
-28	0.0	-32	0.0	-29	10.2	-44	0.0	-15	16.3	-9	11.3	4	57.8	-32	10.4	2	56.5	-41	0.0
-27	0.0	-31	0.0	-28	2.2	-43	0.0	-14	10.2	-8	3.9	5	58.2	-31	4.4	3	55.9	-40	0.0
-26	0.0	-30	0.0	-27	0.0	-42	0.0	-13	4.6	-7	1.7	6	58.3	-30	0.0	4	55.7	-39	0.0
-25	0.0	-29	0.0	-26	0.0	-41	0.0	-12	0.0	-6	4.1	7	57.2	-29	0.0	5	54.8	-38	0.0
-24	0.0	-28	0.0	-25	0.0	-40	0.0	-11	0.0	-5	10.6	8	56.9	-28	0.0	6	55.7	-37	0.0
-23	0.0	-27	0.0	-24	0.0	-39	0.0	-10	0.0	-4	16.3	9	56.3	-27	0.0	7	54.8	-36	0.0
-22	0.0	-26	0.0	-23	0.0	-38	0.0	-9	0.0	-3	18.5	10	56.3	-26	0.0	8	55.4	-35	0.0
-21	0.0	-25	0.0	-22	0.0	-37	0.0	-8	0.0	-2	20.0	11	55.7	-25	0.0	9	56.3	-34	0.0
-20	0.0	-24	0.0	-21	0.0	-36	0.0	-7	0.0	-1	23.5	12	55.9	-24	0.0	10	57.2	-33	0.0
-19	0.0	-23	0.0	-20	0.0	-35	0.0	-6	4.3	0	27.0	13	55.6	-23	0.0	11	58.0	-32	0.0
-18	0.0	-22	0.0	-19	0.0	-34	0.0	-5	10.7	1	30.7	14	55.2	-22	0.0	12	58.7	-31	0.0
-17	0.0	-21	0.0	-18	0.0	-33	0.0	-4	15.7	2	35.6	15	55.2	-21	0.0	13	59.3	-30	0.0
-16	0.0	-20	0.0	-17	0.0	-32	0.0	-3	19.8	3	36.7	16	54.8	-20	0.0	14	59.6	-29	0.0
-15	0.0	-19	0.0	-16	0.0	-31	0.0	-2	23.0	4	38.3	17	54.4	-19	0.0	15	59.4	-28	0.0
-14	0.0	-18	0.0	-15	0.0	-30	0.0	-1	26.5	5	40.6	18	54.1	-18	0.0	16	59.4	-27	0.0
-13	0.0	-17	0.0	-14	0.0	-29	0.0	0	30.2	6	44.6			-17	0.0	17	59.4	-26	0.0
-12	0.0	-16	0.0	-13	0.0	-28	0.0	1	34.4	7	45.9			-16	0.0	18	59.1	-25	0.0
-11	0.0	-15	0.0	-12	0.0	-27	0.0	2	38.7	8	47.6			-15	0.0			-24	0.0
-10	0.0	-14	0.0	-11	0.0	-26	0.0	3	39.1	9	51.7			-14	0.0			-23	0.0
-9	0.0	-13	0.0	-10	0.0	-25	0.0	4	42.2	10	50.2			-13	0.0			-22	0.0
-8	0.0	-12	0.0	-9	0.0	-24	0.0	5	43.9	11	52.0			-12	0.0			-21	0.0
-7	0.0	-11	0.0	-8	0.0	-23	0.0	6	45.4	12	52.6			-11	0.0			-20	0.0
-6	8.1	-10	0.0	-7	0.0	-22	0.0	7	49.4	13	52.8			-10	0.0			-19	0.0
-5	14.3	-9	0.0	-6	2.6	-21	0.0	8	49.8	14	53.5			-9	0.0			-18	0.0
-4	20.7	-8	0.0	-5	9.1	-20	0.0	9	50.0	15	54.6			-8	0.0			-17	0.0
-3	23.7	-7	0.0	-4	11.5	-19	0.0	10	51.3	16	55.4			-7	0.0			-16	0.0
-2	27.0	-6	0.0	-3	17.4	-18	0.0	11	52.0	17	55.2			-6	1.7			-15	0.0
-1	31.3	-5	1.3	-2	18.7	-17	0.0	12	53.5	18	55.6			-5	8.1			-14	0.0
0	35.9	-4	9.1	-1	21.1	-16	0.0	13	55.2	19	56.1			-4	13.5			-13	0.0
1	40.9	-3	16.1	0	24.1	-15	0.0	14	56.3	20	57.2			-3	18.1			-12	0.0
2	40.9	-2	17.2	1	27.8	-14	0.0	15	57.8	21	57.8			-2	18.3			-11	0.0
3	43.3	-1	20.2	2	31.5	-13	0.0	16	59.4	22	58.2			-1	22.0			-10	0.0
4	45.4	0	23.0	3	35.9	-12	0.0	17	58.5	23	57.8			0	26.3			-9	1.7
5	47.0	1	26.9	4	37.4	-11	0.0	18	59.1	24	58.0			1	30.7			-8	0.0
6	49.3	2	30.4	5	38.0	-10	0.0	19	59.6	25	57.4			2	33.9			-7	3.7
7	48.3	3	30.9	6	40.2	-9	0.0	20	60.2					3	36.3			-6	12.0
8	47.4	4	32.4	7	43.2	-8	0.0	21	60.6					4	37.2			-5	16.1
9	48.2	5	34.6	8	45.4	-7	0.0	22	60.0					5	38.5			-4	19.3
10	48.3	6	36.5	9	44.3	-6	0.0	23	60.4					6	42.2			-3	18.9
11	48.3	7	38.9	10	44.3	-5	0.0	24	59.4					7	44.4			-2	22.0
12	48.5	8	41.9	11	43.2	-4	0.0							8	47.2			-1	24.1
13	48.5	9	44.6	12	44.6	-3	3.9							9	49.4			0	28.0
14	49.3	10	45.6	13	44.8	-2	11.5							10	49.4			1	32.2
15	50.0	11	49.1	14	46.1	-1	16.5							11	50.4			2	37.0
16	50.9	12	49.4	15	46.5	0	23.7							12	51.5			3	37.6
17	51.5	13	50.2	16	46.1	1	26.7							13	52.0			4	39.4
18	52.4	14	51.7	17	48.3	2	30.0							14	52.8			5	41.7
19	53.2	15	52.4	18	48.2	3	33.9							15	53.3			6	44.8

Путања_21		Путања_22		Путања_23		Путања_24		Путања_25		Путања_26		Путања_27		Путања_28		Путања_29		Путања_30	
ξ(s)	V(km/h)	ξ(s)	V(km/h)	ξ(s)	V(km/h)	ξ(s)	V(km/h)	ξ(s)	V(km/h)	ξ(s)	V(km/h)	ξ(s)	V(km/h)	ξ(s)	V(km/h)	ξ(s)	V(km/h)	ξ(s)	V(km/h)
-48	58.2	-25	58.7	-56	60.7	-24	55.2	-46	59.3	-48	58.9	-46	59.1	-57	55.7	-58	57.4	-37	51.1
-47	58.2	-24	59.6	-55	61.5	-23	56.5	-45	60.0	-47	58.7	-45	60.2	-56	56.1	-57	57.8	-36	50.6
-46	58.7	-23	60.0	-54	61.9	-22	57.8	-44	60.0	-46	59.6	-44	60.9	-55	56.5	-56	57.8	-35	50.4
-45	59.3	-22	60.6	-53	62.4	-21	58.2	-43	60.2	-45	60.2	-43	60.9	-54	56.3	-55	58.0	-34	49.8
-44	59.4	-21	60.6	-52	61.7	-20	58.5	-42	60.7	-44	60.4	-42	61.1	-53	56.5	-54	58.2	-33	49.4
-43	59.3	-20	60.9	-51	61.3	-19	58.9	-41	60.6	-43	60.6	-41	60.7	-52	56.7	-53	58.3	-32	47.6
-42	59.8	-19	60.6	-50	60.9	-18	59.3	-40	59.8	-42	60.6	-40	60.7	-51	56.1	-52	58.7	-31	45.0
-41	59.6	-18	60.7	-49	60.6	-17	59.3	-39	59.6	-41	60.7	-39	60.4	-50	56.1	-51	58.7	-30	42.0
-40	59.6	-17	60.2	-48	59.4	-16	58.9	-38	59.4	-40	60.9	-38	60.4	-49	55.7	-50	58.9	-29	35.9
-39	59.1	-16	59.4	-47	57.0	-15	58.3	-37	59.3	-39	60.7	-37	60.0	-48	54.8	-49	58.5	-28	31.5
-38	57.8	-15	59.1	-46	55.6	-14	57.4	-36	58.5	-38	60.2	-36	60.0	-47	53.9	-48	58.2	-27	27.0
-37	56.3	-14	57.4	-45	54.1	-13	55.9	-35	57.6	-37	59.8	-35	59.4	-46	52.6	-47	57.4	-26	23.2
-36	54.8	-13	56.1	-44	53.0	-12	54.3	-34	56.1	-36	58.9	-34	58.7	-45	52.8	-46	55.9	-25	20.6
-35	53.0	-12	53.7	-43	50.2	-11	53.0	-33	53.7	-35	57.4	-33	57.0	-44	52.8	-45	53.3	-24	16.9
-34	50.4	-11	51.7	-42	46.3	-10	51.5	-32	51.5	-34	56.1	-32	54.8	-43	52.8	-44	50.7	-23	14.1
-33	48.2	-10	48.7	-41	42.0	-9	49.4	-31	48.0	-33	53.5	-31	52.6	-42	52.2	-43	47.6	-22	10.6
-32	45.2	-9	43.3	-40	36.5	-8	47.0	-30	42.6	-32	50.6	-30	48.2	-41	49.3	-42	44.1	-21	8.0
-31	40.7	-8	36.3	-39	32.8	-7	45.6	-29	36.7	-31	45.0	-29	43.2	-40	43.9	-41	39.8	-20	5.2
-30	34.1	-7	29.3	-38	29.4	-6	44.8	-28	30.6	-30	39.6	-28	39.6	-39	36.1	-40	34.1	-19	2.8
-29	28.5	-6	23.0	-37	25.4	-5	43.7	-27	23.7	-29	33.7	-27	35.6	-38	29.8	-39	26.9	-18	1.3
-28	22.6	-5	17.6	-36	22.4	-4	41.5	-26	15.9	-28	26.5	-26	30.9	-37	23.5	-38	19.6	-17	0.0
-27	17.4	-4	15.2	-35	19.1	-3	38.3	-25	8.1	-27	19.1	-25	24.8	-36	14.8	-37	12.8	-16	0.0
-26	10.9	-3	15.4	-34	16.1	-2	35.7	-24	0.0	-26	11.7	-24	18.9	-35	5.4	-36	4.1	-15	5.4
-25	6.3	-2	18.3	-33	13.9	-1	35.4	-23	0.0	-25	8.0	-23	11.5	-34	0.0	-35	0.0	-14	10.6
-24	0.0	-1	21.1	-32	12.0	0	36.9	-22	0.0	-24	4.8	-22	3.5	-33	0.0	-34	0.0	-13	15.2
-23	0.0	0	24.6	-31	12.6	1	38.0	-21	0.0	-23	2.0	-21	0.0	-32	0.0	-33	0.0	-12	18.0
-22	0.0	1	28.3	-30	11.7	2	39.6	-20	0.0	-22	0.0	-20	0.0	-31	0.0	-32	0.0	-11	18.9
-21	0.0	2	32.6	-29	10.2	3	42.4	-19	0.0	-21	0.0	-19	0.0	-30	0.0	-31	0.0	-10	21.1
-20	0.0	3	37.0	-28	6.1	4	43.3	-18	0.0	-20	0.0	-18	0.0	-29	0.0	-30	0.0	-9	23.2
-19	0.0	4	37.2	-27	0.0	5	44.6	-17	0.0	-19	0.0	-17	0.0	-28	0.0	-29	0.0	-8	25.2
-18	0.0	5	39.3	-26	0.0	6	45.2	-16	0.0	-18	0.0	-16	0.0	-27	0.0	-28	0.0	-7	26.9
-17	0.0	6	41.7	-25	0.0	7	46.3	-15	0.0	-17	0.0	-15	0.0	-26	0.0	-27	0.0	-6	27.8
-16	0.0	7	43.9	-24	0.0	8	47.6	-14	0.0	-16	0.0	-14	0.0	-25	0.0	-26	0.0	-5	29.4
-15	0.0	8	46.7	-23	0.0	9	48.7	-13	0.0	-15	0.0	-13	0.0	-24	0.0	-25	0.0	-4	31.1
-14	0.0	9	50.2	-22	0.0	10	49.4	-12	0.0	-14	0.0	-12	0.0	-23	0.0	-24	0.0	-3	32.2
-13	0.0	10	51.5	-21	0.0	11	48.7	-11	0.0	-13	0.0	-11	0.0	-22	0.0	-23	0.0	-2	33.5
-12	0.0	11	52.6	-20	0.0	12	49.8	-10	0.0	-12	0.0	-10	0.0	-21	0.0	-22	0.0	-1	33.5
-11	0.0	12	53.5	-19	0.0	13	48.5	-9	0.0	-11	0.0	-9	0.0	-20	0.0	-21	0.0	0	33.3
-10	0.0	13	55.2	-18	0.0	14	48.9	-8	0.0	-10	0.0	-8	0.0	-19	0.0	-20	0.0	1	35.4
-9	0.0	14	56.5	-17	0.0	15	49.6	-7	0.0	-9	0.0	-7	0.0	-18	0.0	-19	0.0	2	37.6
-8	0.0	15	58.2	-16	0.0	16	48.9	-6	2.0	-8	0.0	-6	1.5	-17	0.0	-18	0.0	3	37.2
-7	0.0	16	59.4	-15	0.0	17	49.1	-5	8.7	-7	4.8	-5	8.3	-16	0.0	-17	0.0	4	37.2
-6	2.0	17	60.2	-14	0.0	18	49.8	-4	14.6	-6	10.9	-4	14.3	-15	0.0	-16	0.0	5	39.8
-5	8.1	18	60.9	-13	0.0	19	49.8	-3	20.4	-5	14.4	-3	18.7	-14	0.0	-15	0.0	6	41.3
-4	12.4	19	61.3	-12	0.0	20	50.2	-2	21.1	-4	16.3	-2	18.9	-13	0.0	-14	0.0	7	44.1
-3	15.9	20	61.5	-11	0.0	21	50.2	-1	22.8	-3	17.2	-1	22.2	-12	0.0	-13	0.0	8	45.2
-2	19.6	21	61.5	-10	0.0	22	49.6	0	24.4	-2	20.0	0	25.9	-11	0.0	-12	0.0	9	46.3
-1	18.7	22	60.7	-9	0.0	23	49.4	1	28.5	-1	22.8	1	29.4	-10	0.0	-11	0.0	10	45.2
0	20.9	23	60.9	-8	0.0	24	50.2	2	32.0	0	26.7	2	33.9	-9	0.0	-10	0.0	11	45.0
1	24.4	24	60.6	-7	0.0	25	50.6	3	36.3	1	30.7	3	34.4	-8	0.0	-9	0.0	12	44.1
2	28.3			-6	2.4	26	50.9	4	35.9	2	35.4	4	35.2	-7	0.0	-8	2.2	13	44.8
3	32.4			-5	8.5	27	50.7	5	38.2	3	36.9	5	37.2	-6	0.0	-7	8.9	14	45.6
4	36.3			-4	15.2	28	50.6	6	40.2	4	38.3	6	38.7	-5	0.0	-6	14.4	15	46.7
5	35.9			-3	18.3			7	41.5	5	41.1	7	41.9	-4	0.0	-5	18.0	16	47.0
6	38.2			-2	21.1			8	43.7	6	42.6	8	43.9	-3	0.0	-4	18.7	17	47.8
7	39.8			-1	23.2			9	48.0	7	46.1	9	44.4	-2	3.7	-3	22.0	18	48.9
8	41.5			0	27.2			10	49.3	8	49.3	10	46.5	-1	12.0	-2	25.4	19	50.0
9	43.9			1	31.1			11	51.1	9	50.2	11	47.6	0	16.5	-1	28.9	20	51.1
10	45.9			2	35.2			12	53.3	10	50.6	12	49.1	1	22.8	0	32.8	21	52.8
11	47.8			3	40.7			13	53.9	11	51.9	13	50.2	2	25.0	1	37.4	22	54.6
12	49.6			4	40.9			14	53.7	12	53.5	14	51.7	3	28.3	2	36.7	23	54.1
13	51.3			5	42.8			15	55.2	13	55.2	15	52.6	4	32.2	3	38.9	24	53.0
14	51.9			6	45.0			16	56.7	14	56.5	16	53.9	5	37.0	4	40.4	25	53.2
15	52.4			7	47.6			17	58.2	15	57.4	17	55.2	6	39.4	5	41.3	26	54.1
16	51.9			8	50.6			18	59.6	16	57.8	18	56.1	7	40.7	6	42.4	27	54.3
17	51.7			9	51.1			19	59.8	17	58.3	19	54.1	8	43.3	7	44.3	28	54.6
18	50.7			10	51.5			20	59.8	18	58.9	20	53.2	9	45.0	8	46.3	29	54.1
19	52.2			11	52.4			21	59.8	19	59.1	21	52.2	10	48.2	9	47.8	30	53.9
20	53.9			12	53.7			22	59.8	20	58.5	22	52.2	11	50.2	10	49.3	31	49.8
21	55.2			13	54.4					21	58.2	23	52.0	12	50.2	11	51.3		
22	54.3			14	55.2					22	59.1	24	53.0	13	50.9	12	51.7		
23	54.1			15	55.9					23	59.3			14	52.2	13	50.4		

%(s)	V(km/h)	%(s)	V(km/h)	%(s)	V(km/h)	t(s)	V(km/h)	t(s)	V(km/h)	t(s)	V(km/h)	%(s)	V(km/h)	%(s)	V(km/h)	%(s)	V(km/h)	t(s)	V(km/h)
-34	56.1	-40	56.1	-23	55.2	-28	52.4	-47	54.8	-36	54.3	-52	55.4	-31	52.4	-47	47.8	-25	53.9
-33	56.3	-39	56.5	-22	56.3	-27	53.5	-46	56.3	-35	55.2	-51	56.7	-30	51.3	-46	48.2	-24	55.2
-32	56.3	-38	57.0	-21	57.6	-26	54.8	-45	57.6	-34	56.1	-50	57.0	-29	52.6	-45	48.7	-23	55.6
-31	56.7	-37	57.6	-20	59.1	-25	55.7	-44	58.9	-33	56.5	-49	58.0	-28	53.3	-44	49.6	-22	55.7
-30	57.4	-36	57.6	-19	60.2	-24	56.1	-43	59.6	-32	56.9	-48	58.5	-27	54.1	-43	50.2	-21	55.9
-29	57.2	-35	57.6	-18	61.5	-23	56.5	-42	60.2	-31	57.0	-47	58.9	-26	54.8	-42	50.4	-20	56.5
-28	57.6	-34	57.0	-17	62.8	-22	57.2	-41	60.2	-30	56.5	-46	58.9	-25	55.4	-41	50.4	-19	56.9
-27	58.2	-33	56.3	-16	63.7	-21	57.4	-40	60.6	-29	55.2	-45	59.4	-24	56.1	-40	50.4	-18	57.4
-26	57.8	-32	55.4	-15	62.4	-20	58.0	-39	60.4	-28	52.2	-44	59.4	-23	56.3	-39	50.2	-17	57.4
-25	58.0	-31	54.3	-14	63.2	-19	57.6	-38	60.0	-27	51.5	-43	59.1	-22	56.7	-38	50.0	-16	58.2
-24	57.6	-30	52.8	-13	62.6	-18	58.0	-37	59.3	-26	51.5	-42	58.7	-21	57.0	-37	49.8	-15	58.0
-23	57.2	-29	51.1	-12	62.4	-17	57.4	-36	57.4	-25	49.3	-41	56.5	-20	57.2	-36	49.3	-14	58.5
-22	56.5	-28	49.3	-11	62.2	-16	57.6	-35	55.6	-24	46.9	-40	54.8	-19	57.2	-35	49.1	-13	58.9
-21	55.9	-27	45.2	-10	62.2	-15	57.2	-34	52.6	-23	42.8	-39	52.4	-18	57.2	-34	48.5	-12	58.7
-20	54.3	-26	38.7	-9	61.5	-14	56.7	-33	49.1	-22	37.6	-38	48.3	-17	57.8	-33	49.3	-11	58.7
-19	52.4	-25	32.8	-8	61.7	-13	55.4	-32	45.9	-21	33.9	-37	43.9	-16	56.7	-32	49.6	-10	58.7
-18	48.9	-24	25.0	-7	61.3	-12	53.0	-31	43.5	-20	30.0	-36	40.6	-15	55.7	-31	50.2	-9	58.7
-17	45.7	-23	19.8	-6	60.9	-11	50.2	-30	39.3	-19	25.6	-35	37.0	-14	53.9	-30	50.6	-8	58.3
-16	42.4	-22	13.1	-5	60.9	-10	47.6	-29	31.5	-18	22.6	-34	31.1	-13	51.7	-29	50.2	-7	57.8
-15	37.2	-21	6.3	-4	61.1	-9	46.7	-28	25.0	-17	19.6	-33	24.3	-12	50.4	-28	50.2	-6	57.6
-14	30.7	-20	0.0	-3	60.9	-8	45.0	-27	18.9	-16	17.6	-32	17.2	-11	48.7	-27	50.4	-5	57.0
-13	24.6	-19	0.0	-2	60.4	-7	43.3	-26	12.0	-15	18.9	-31	11.7	-10	47.4	-26	49.8	-4	57.0
-12	17.0	-18	0.0	-1	59.8	-6	41.9	-25	5.2	-14	21.3	-30	2.8	-9	43.3	-25	46.3	-3	57.2
-11	9.6	-17	0.0	0	58.9	-5	40.2	-24	0.0	-13	23.5	-29	0.0	-8	40.9	-24	39.4	-2	56.5
-10	3.9	-16	1.3	1	57.8	-4	40.2	-23	0.0	-12	25.0	-28	0.0	-7	37.6	-23	30.4	-1	55.9
-9	0.0	-15	4.6	2	57.8	-3	39.4	-22	0.0	-11	24.4	-27	0.0	-6	33.0	-22	21.9	0	55.0
-8	0.0	-14	8.5	3	58.0	-2	38.2	-21	0.0	-10	24.3	-26	0.0	-5	29.6	-21	17.0	1	55.0
-7	0.0	-13	9.8	4	57.8	-1	37.8	-20	0.0	-9	24.3	-25	0.0	-4	25.7	-20	17.0	2	55.2
-6	0.0	-12	10.2	5	57.4	0	38.7	-19	0.0	-8	24.8	-24	0.0	-3	26.9	-19	19.4	3	55.9
-5	0.0	-11	10.4	6	57.0	1	40.6	-18	0.0	-7	23.5	-23	0.0	-2	29.6	-18	21.5	4	56.3
-4	0.0	-10	11.7	7	56.9	2	42.4	-17	0.0	-6	21.5	-22	0.0	-1	32.0	-17	24.4	5	57.6
-3	2.2	-9	13.9	8	57.2	3	43.3	-16	0.0	-5	21.9	-21	0.0	0	34.1	-16	27.2	6	58.0
-2	9.6	-8	17.4	9	57.0	4	44.4	-15	0.0	-4	22.0	-20	0.0	1	36.7	-15	31.9	7	58.2
-1	14.4	-7	18.3	10	56.9	5	45.0	-14	0.0	-3	21.9	-19	0.0	2	37.0	-14	35.7	8	59.3
0	16.7	-6	19.6	11	56.7	6	47.4	-13	0.0	-2	22.8	-18	0.0	3	36.7	-13	40.7	9	61.3
1	18.5	-5	20.6	12	56.7	7	48.9	-12	0.0	-1	24.6	-17	0.0	4	37.2	-12	46.3	10	59.6
2	22.4	-4	21.3	13	57.2	8	50.9	-11	2.4	0	27.8	-16	0.0	5	40.0	-11	46.7	11	59.3
3	24.4	-3	23.0	14	57.8	9	51.5	-10	9.1	1	31.1	-15	0.0	6	38.2	-10	48.9	12	58.9
4	28.2	-2	24.4	15	57.6	10	50.2	-9	14.4	2	35.2	-14	0.0	7	40.9	-9	51.7	13	58.2
5	32.0	-1	27.0	16	57.2	11	51.1	-8	17.4	3	35.6	-13	2.6	8	42.8	-8	52.4	14	57.6
6	36.3	0	30.7	17	56.9	12	51.9	-7	19.3	4	36.9	-12	1.1	9	43.9	-7	52.8	15	57.2
7	35.7	1	33.3	18	57.0	13	52.6	-6	22.4	5	40.2	-11	0.0	10	44.4	-6	51.7	16	56.7
8	37.2	2	29.3	19	57.4	14	52.4	-5	25.7	6	41.3	-10	1.3	11	45.4	-5	51.5	17	57.4
9	38.9	3	27.0	20	56.5	15	51.9	-4	29.8	7	44.6	-9	5.0	12	46.7	-4	52.0	18	56.9
10	41.3	4	28.3	21	55.9	16	51.9	-3	33.9	8	47.0	-8	9.4	13	46.7	-3	51.9	19	57.0
11	44.1	5	30.2			17	52.6	-2	33.7	9	48.9	-7	13.7	14	47.4	-2	51.3	20	57.8
12	45.6	6	36.3			18	52.6	-1	35.4	10	52.4	-6	19.3	15	47.8	-1	51.1	21	57.6
13	47.8	7	36.5			19	53.2	0	37.8	11	51.5	-5	19.4	16	47.6	0	50.4	22	58.3
14	49.3	8	36.9			20	52.8	1	39.6	12	51.5	-4	20.6	17	48.7	1	50.7	23	58.0
15	50.0	9	37.8			21	51.7	2	42.0	13	53.0	-3	21.9	18	50.4	2	51.3	24	56.1
16	50.7	10	37.6			22	51.7	3	44.8	14	54.4	-2	25.2	19	52.2	3	53.0	25	52.4
17	51.7	11	37.8					4	47.4	15	54.1	-1	29.4	20	51.5	4	52.2	26	48.7
18	52.8	12	38.7					5	49.4	16	54.4	0	32.2	21	52.4	5	53.0	27	43.7
19	54.3	13	38.9					6	50.7	17	53.5	1	36.9	22	53.5	6	53.7		
20	55.4	14	38.0					7	50.2	18	54.1	2	36.9	23	54.8	7	53.3		
21	55.9	15	36.1					8	52.0	19	54.8	3	34.1	24	54.8	8	53.7		
22	56.3	16	33.5					9	53.7	20	55.7	4	33.9	25	54.8	9	53.2		
23	56.3	17	30.0					10	53.5	21	55.7	5	33.0	26	54.6	10	53.3		
24	56.3	18	29.1					11	53.7	22	56.1	6	32.8	27	55.9	11	53.7		
25	55.9	19	29.8					12	53.3	23	56.5	7	34.8	28	56.5	12	53.7		
26	55.9	20	31.3					13	52.8	24	56.5	8	35.6	29	55.9	13	53.7		
27	55.9	21	33.5					14	52.8	25	54.4	9	35.9	30	54.3	14	53.5		
28	55.7	22	35.4					15	53.0	26	52.0	10	36.9	31	50.6	15	52.8		
29	54.4	23	37.4					16	53.0			11	37.6			16	53.2		
		24	39.6					17	53.5			12	39.4			17	53.0		
		25	41.9					18	54.3			13	42.0			18	53.0		
		26	44.4					19	55.4			14	43.5			19	53.0		
		27	47.4					20	56.7			15	44.8			20	52.8		
		28	49.8					21	57.2			16	45.4			21	54.1		
		29	53.0					22	58.3			17	45.9			22	53.7		
		30	52.4					23	58.9			18	46.7			23	54.6		
		31	53.2					24	59.3			19	47.8			24	55.7		
		32	53.0					25	58.7			20	50.0			25	56.1		

Путања_41		Путања_42	
τ(s)	V(km/h)	τ(s)	V(km/h)
-67	52.2	-31	44.8
-66	55.7	-30	46.7
-65	55.0	-29	49.6
-64	56.7	-28	52.6
-63	58.2	-27	53.5
-62	59.6	-26	52.4
-61	60.9	-25	54.3
-60	62.4	-24	55.9
-59	61.7	-23	56.7
-58	61.9	-22	57.2
-57	62.4	-21	57.2
-56	63.0	-20	57.4
-55	60.2	-19	57.6
-54	54.3	-18	57.2
-53	50.2	-17	57.2
-52	47.0	-16	57.8
-51	45.6	-15	57.4
-50	44.6	-14	57.6
-49	42.4	-13	57.0
-48	40.0	-12	57.2
-47	42.0	-11	56.3
-46	44.4	-10	54.6
-45	44.3	-9	53.2
-44	42.6	-8	51.9
-43	39.8	-7	52.4
-42	34.3	-6	53.2
-41	26.9	-5	52.8
-40	20.9	-4	52.6
-39	13.5	-3	52.0
-38	7.8	-2	50.9
-37	5.6	-1	49.1
-36	2.8	0	46.7
-35	0.0	1	48.2
-34	0.0	2	48.5
-33	0.0	3	50.2
-32	0.0	4	50.9
-31	0.0	5	52.2
-30	0.0	6	52.8
-29	0.0	7	52.2
-28	0.0	8	52.2
-27	0.0	9	52.4
-26	0.0	10	52.6
-25	0.0	11	52.2
-24	0.0	12	53.0
-23	0.0	13	53.0
-22	0.0	14	53.2
-21	0.0	15	53.5
-20	0.0	16	54.1
-19	0.0	17	54.1
-18	0.0	18	54.3
-17	0.0	19	55.0
-16	0.0	20	55.4
-15	0.0	21	55.0
-14	0.0	22	55.4
-13	0.0	23	55.2
-12	0.0	24	55.2
-11	1.3	25	54.4
-10	1.7	26	52.0
-9	0.0	27	50.2
-8	4.4	28	46.7
-7	11.5	29	43.5
-6	17.0	30	34.4
-5	19.8	31	23.9
-4	22.2		
-3	25.7		
-2	28.7		
-1	32.0		
0	33.7		
1	37.2		
2	38.7		
3	39.3		
4	41.9		



**PRILOG B. BAZA PODATAKA DOBIJENIH PRIMENOM METODA MEIS**

Raskrsnica „DJ“

1. ciklus	4. ciklus	7. ciklus	10. ciklus	13. ciklus
== 09:17:32:859 ==	0 == 09:23:01:6 ==	0 == 09:28:32:9 ==	0 == 09:34:00:2 ==	0 == 09:39:30:2 ==
1 09:17:36:609 R 3750	1 09:23:33:3 R 31719	1 09:29:11:7 R 38812	1 09:34:19:4 R 19234	1 09:39:39:7 R 9438
2 09:17:40:671 R 7813	2 09:23:39:5 R 37891	2 09:29:16:2 R 43375	2 09:34:22:8 R 22609	2 09:40:11:0 R 40750
3 09:17:47:140 R 14281	3 09:23:41:5 PL 39953	3 09:29:18:0 R 45140	3 09:34:28:1 R 27922	3 09:40:14:8 R 44625
4 09:18:14:171 R 41313	4 09:23:54:2 R 52657	4 09:29:19:4 R 46546	4 09:34:42:6 R 42453	4 09:40:16:2 PL 46000
5 09:18:22:656 R 49797	5 09:24:08:0 R 66375	5 09:29:32:8 R 59968	5 09:34:45:3 R 45125	5 09:40:21:1 R 50891
6 09:18:30:859 R 58000	6 09:24:15:3 R 73703	6 09:29:34:6 R 61750	6 09:34:48:8 R 48625	6 09:40:24:6 R 54407
7 09:18:32:390 R 59531	7 09:24:16:4 S 74766	7 09:29:46:3 S 73406	7 09:34:52:1 PL 51922	7 09:40:27:1 R 56891
8 09:18:43:718 S 70859	8 09:24:17:5 S 75953	8 09:29:48:2 S 75328	8 09:35:14:7 R 74578	8 09:40:45:6 S 75375
9 09:18:43:859 R 71000	9 09:24:19:5 PL 77953	9 09:29:50:1 S 77218	9 09:35:16:9 R 76765	9 09:40:48:2 S 77969
10 09:18:46:250 S 73391	10 09:24:21:1 S 79469	10 09:29:51:7 S 78875	10 09:35:18:3 S 78187	10 09:40:50:0 S 79828
11 09:18:46:343 R 73484	11 09:24:23:0 S 81375	11 09:29:56:7 S 83781	11 09:35:20:0 R 79828	11 09:40:52:2 PL 81938
12 09:18:46:671 R 73813	12 09:24:25:8 S 84219	12 09:29:59:2 S 86328	12 09:35:20:4 S 80281	12 09:40:16:2 PL 83328
13 09:18:47:546 R 74688	13 09:24:27:4 S 85828	13 09:30:03:6 S 90703	13 09:35:21:3 S 81140	13 09:40:55:7 S 85516
14 09:18:48:218 S 75359	14 09:24:28:7 S 87157	14 09:30:15:3 S 102421	14 09:35:23:0 S 82875	14 09:40:57:3 S 87094
15 09:18:50:218 S 77359	15 09:24:28:9 R 87328	*****	15 09:35:24:9 S 84765	15 09:41:04:3 S 94094
16 09:18:54:343 R 77484	16 09:24:30:5 S 88922	8. ciklus	16 09:35:26:5 S 86390	16 09:41:05:8 S 95563
17 09:18:52:390 S 79531	17 09:24:40:3 S 98703	*****	17 09:35:28:3 PL 88187	*****
18 09:18:52:500 R 79641	18 09:24:43:5 S 101860	== 09:30:20:8 ==	0 18 09:35:29:9 S 89781	14. ciklus
19 09:18:54:515 S 81656	19 09:24:43:6 R 102047	1 09:30:24:7 R 3953	19 09:35:31:5 S 91297	*****
20 09:18:54:531 R 81672	*****	2 09:30:40:2 R 19422	20 09:35:33:7 S 93562	== 09:41:21:3 ==
21 09:18:54:656 R 81797	5. ciklus	3 09:30:41:7 R 20937	21 09:35:36:1 S 95937	1 09:41:34:9 R 13594
22 09:18:56:265 S 83406	*****	4 09:30:50:9 R 30094	22 09:35:42:1 S 101906	2 09:41:53:3 R 31969
23 09:18:58:078 S 85219	== 09:24:57:6 ==	0 5 09:31:30:4 R 69594	23 09:35:44:0 S 103890	3 09:41:58:8 R 37453
24 09:19:00:109 S 87250	1 09:25:03:5 R 5922	6 09:31:33:2 R 72422	24 09:35:46:5 S 106390	4 09:42:17:7 R 56359
25 09:19:00:203 R 87344	2 09:25:33:0 R 35391	7 09:31:34:5 R 73765	*****	5 09:42:31:7 R 70406
26 09:19:02:156 S 89297	3 09:25:46:6 R 49047	8 09:31:35:2 S 74453	11. ciklus	6 09:42:35:5 R 74188
27 09:19:02:265 R 89406	4 09:26:01:3 R 63719	9 09:31:37:5 S 76672	*****	7 09:42:36:3 S 75016
28 09:19:09:625 S 96766	5 09:26:04:4 S 66844	10 09:31:39:5 S 78687	== 09:35:51:3 ==	0 8 09:42:38:3 S 77016
*****	6 09:26:06:1 R 68547	11 09:31:42:7 S 81906	1 09:36:00:4 R 9094	9 09:42:40:3 S 78984
2. ciklus	7 09:26:07:0 S 69453	12 09:31:44:6 S 83797	2 09:36:03:1 R 11844	10 09:42:42:2 S 80875
*****	8 09:26:08:7 S 71063	13 09:31:47:0 S 86187	3 09:36:05:0 R 13781	11 09:42:44:3 S 82953
== 09:19:20:109 ==	0 9 09:26:10:8 S 73250	14 09:31:48:3 S 87515	4 09:36:32:1 R 40813	12 09:42:45:9 S 84563
1 09:19:31:250 R 11141	10 09:26:13:4 S 75766	15 09:31:49:8 PL 89015	5 09:36:49:7 R 58422	13 09:42:47:2 S 85844
2 09:19:33:546 R 13438	11 09:26:15:1 S 77500	16 09:31:52:8 S 92047	6 09:36:52:1 R 60875	14 09:42:52:1 S 90766
3 09:19:52:375 R 32266	12 09:26:17:4 S 79797	*****	7 09:36:57:9 R 66594	15 09:42:59:7 S 98422
4 09:19:57:781 R 37672	13 09:26:19:8 S 82188	9. ciklus	8 09:37:03:3 R 72078	16 09:43:01:0 S 99688
5 09:20:00:156 R 40047	14 09:26:21:5 S 83922	*****	9 09:37:04:6 R 73313	*****
6 09:20:03:500 R 43391	15 09:26:23:4 S 85797	== 09:32:10:2 ==	0 10 09:37:06:2 S 74906	15. ciklus
7 09:20:20:875 PL 60766	16 09:26:30:3 S 92688	1 09:32:15:1 R 4859	11 09:37:07:5 S 76188	*****
8 09:20:35:265 S 75156	*****	2 09:32:17:4 R 7187	12 09:37:08:8 R 77531	== 09:43:10:4 ==
9 09:20:38:875 S 78766	6. ciklus	3 09:32:23:4 R 13156	13 09:37:09:3 S 78078	1 09:43:28:6 R 18219
10 09:20:40:640 S 80531	*****	4 09:32:40:1 R 29859	14 09:37:11:9 S 80641	2 09:43:36:3 R 25938
11 09:20:41:968 S 81859	== 09:26:40:2 ==	0 5 09:32:55:5 R 45265	15 09:37:13:7 S 82453	3 09:43:37:3 R 26953
12 09:20:44:437 S 84328	1 09:26:53:0 R 12781	6 09:32:57:3 R 47015	16 09:37:15:5 S 84250	4 09:44:14:3 R 63906
13 09:20:45:812 S 85703	2 09:26:59:7 R 19469	7 09:33:24:8 S 74578	17 09:37:17:0 S 85766	5 09:44:19:9 R 69547
14 09:20:47:500 PL 87391	3 09:27:08:6 R 28438	8 09:33:26:8 S 76531	18 09:37:19:0 S 87688	6 09:44:24:1 R 73735
15 09:20:50:078 S 89969	4 09:27:36:3 R 56141	9 09:33:28:3 S 78062	19 09:37:21:0 S 89735	7 09:44:26:3 S 75875
16 09:20:50:218 R 90109	5 09:27:38:7 R 58516	10 09:33:30:7 S 80468	20 09:37:23:4 S 92125	8 09:44:27:5 S 77141
17 09:20:53:687 S 93578	6 09:27:40:4 R 60250	11 09:33:33:0 S 82734	21 09:37:30:3 S 99047	9 09:44:30:0 S 79594
18 09:20:58:000 S 97891	7 09:27:45:8 R 65656	12 09:33:35:0 S 84781	*****	10 09:44:32:1 S 81688
*****	8 09:27:51:0 R 70844	13 09:33:43:3 S 93062	12. ciklus	11 09:44:34:0 S 83610
3. ciklus	9 09:27:57:3 S 77109	14 09:33:51:2 S 100921	*****	12 09:44:36:4 S 86000
*****	10 09:27:58:7 S 78516	*****	== 09:37:41:1 ==	0 13 09:44:39:8 PL 89453
== 09:21:10:593 ==	0 11 09:27:59:4 PL 79172	*****	1 09:37:51:0 R 9938	14 09:44:43:7 S 93266
1 09:21:31:750 R 21157	12 09:28:00:3 S 80141	*****	2 09:38:08:8 R 27766	*****
2 09:21:40:765 R 30172	13 09:28:02:4 S 82188	*****	3 09:38:36:0 R 54891	*****
3 09:22:01:078 R 50485	14 09:28:03:6 S 83422	*****	4 09:38:55:5 S 74391	*****
4 09:22:09:343 R 58750	15 09:28:05:1 S 84922	*****	5 09:38:57:3 S 76203	*****
5 09:22:22:234 R 71641	16 09:28:06:6 S 86422	*****	6 09:38:59:6 S 78578	*****
6 09:22:28:125 S 77532	17 09:28:08:0 S 87813	*****	7 09:39:02:3 S 81219	*****
7 09:22:29:093 R 78500	18 09:28:09:5 PL 89344	*****	8 09:39:03:7 S 82594	*****
8 09:22:30:625 S 80032	19 09:28:13:5 S 93328	*****	9 09:39:08:9 S 87875	*****
9 09:22:30:765 R 80172	20 09:28:20:4 S 100188	*****	10 09:39:10:8 S 89750	*****
10 09:22:32:125 S 81532	21 09:28:26:3 S 106078	*****	11 09:39:14:0 S 92984	*****
11 09:22:33:968 S 83375	*****	*****	12 09:39:17:3 S 96203	*****
12 09:22:36:046 S 85454	*****	*****	*****	*****
13 09:22:38:625 S 88032	*****	*****	*****	*****
14 09:22:42:484 S 91891	*****	*****	*****	*****

Prilog analizi saobraćajnog procesa na signalisanoj raskrsnici

16. ciklus	20. ciklus	24. ciklus	27. ciklus	31. ciklus
09:45:00 ==	0 ==	09:52:20:7(===	0 ==	09:59:40:8(===
09:45:14 R	14625	1 09:52:38:7 R	18015	1 10:00:05:7 R
2 09:45:16 R	16672	2 09:52:50:14 R	29437	2 10:00:25:7 R
3 09:45:20 R	26344	3 09:53:12:9 R	52203	3 10:00:29:2 R
4 09:45:32 R	31813	4 09:53:19:5 PL	58812	4 10:00:31:0 R
5 09:45:52 R	52500	5 09:53:33:9 S	73265	5 10:00:35:0 R
6 09:46:00 R	66625	6 09:53:36:0 S	75359	6 10:00:39:0 R
7 09:46:10 R	69750	7 09:53:38:6 S	77906	7 10:00:42:3 R
8 09:46:14 S	73922	8 09:53:40:5 PL	79859	8 10:00:47:0 R
9 09:46:16 S	75735	9 09:54:01:7 S	101078	9 10:00:55:4 S
10 09:46:18 S	77750	10 09:54:05:4 S	104765	10 10:00:56:9 R
11 09:46:20 S	80281	*****	11 10:00:57:4 S	76532
12 09:46:22 S	83110	21. ciklus	12 10:01:01:8 S	80938
13 09:46:24 S	85094	*****	13 10:01:04:5 S	83672
14 09:46:28 S	87750 ==	09:54:10:6(===	0	14 10:01:06:6 S
15 09:46:30 S	90250	1 09:54:18:2 R	7641	15 10:01:08:3 S
16 09:46:34 S	94235	2 09:54:19:7 R	9063	16 10:01:09:8 S
17 09:46:47 S	107156	3 09:54:52:3 R	41703	17 10:01:11:7 S
*****	*****	4 09:54:54:8 R	44203	18 10:01:13:8 S
17. ciklus	*****	5 09:55:12:7 R	62141	*****
*****	*****	6 09:55:23:1 R	72516	25. ciklus
09:46:50 ==	0	7 09:55:24:8 S	74235	*****
1 09:47:00 R	15328	8 09:55:26:6 S	76047 ==	10:01:30:5(===
2 09:47:30 R	43125	9 09:55:28:4 S	77782	1 10:01:32:5 R
3 09:47:40 R	58921	10 09:55:30:6 S	79985	2 10:01:38:5 R
4 09:48:00 R	72343	11 09:55:32:9 S	82266	3 10:01:40:2 R
5 09:48:05 S	75015	12 09:55:35:9 S	85344	4 10:01:41:8 R
6 09:48:07 S	76765	13 09:55:38:9 S	88313	5 10:01:43:9 PL
7 09:48:09 S	78468	14 09:55:42:0 S	91438	6 10:01:56:7 R
8 09:48:12 S	81609	*****	7 10:01:59:0 R	28562 ==
9 09:48:15 S	83421	22. ciklus	8 10:02:06:9 R	36437
10 09:48:17 S	87234	*****	9 10:02:22:2 R	51750
11 09:48:19 S	88921 ==	09:56:01:0(===	0	10 10:02:37:4 R
12 09:48:20 S	90250	1 09:56:29:7 R	28688	11 10:02:44:3 R
*****	*****	2 09:56:37:3 R	36281	12 10:02:46:7 S
18. ciklus	*****	3 09:57:01:8 R	60750	13 10:02:50:4 S
*****	*****	4 09:57:05:3 R	64250	14 10:02:52:5 S
09:48:40 ==	0	5 09:57:08:7 R	67703	15 10:02:54:9 S
1 09:49:07 PL	26953	6 09:57:15:2 R	74219	16 10:02:55:9 R
2 09:49:10 R	32610	7 09:57:15:9 S	74891	17 10:02:56:6 PL
3 09:49:27 R	46766	8 09:57:17:3 S	76328	18 10:02:58:5 S
4 09:49:40 R	68235	9 09:57:20:0 S	78953	19 10:03:00:4 S
5 09:49:50 PL	73703	10 09:57:22:6 S	81625	20 10:03:02:0 S
6 09:49:50 R	74594	11 09:57:26:3 S	85297	21 10:03:04:5 S
7 09:49:57 S	76735	12 09:57:27:7 S	86656	22 10:03:06:7 S
8 09:49:58 S	79328	13 09:57:30:7 S	89656	23 10:03:07:7 S
9 09:50:00 S	81422	14 09:57:32:2 S	91235	24 10:03:09:7 S
10 09:50:00 S	83188	15 09:57:39:0 PL	98016	25 10:03:11:4 S
11 09:50:00 S	85375	*****	*****	19 10:10:23:9 S
12 09:50:07 S	86875	23. ciklus	26. ciklus	*****
13 09:50:09 S	88813	*****	*****	30. ciklus
14 09:50:12 S	92110 ==	09:57:50:4(===	0 ==	10:03:21:4(===
15 09:50:22 S	101860	1 09:58:08:8 R	18344	1 10:03:29:8 R
*****	*****	2 09:58:15:7 R	25329	2 10:03:50:3 R
19. ciklus	*****	3 09:58:21:3 R	30875	3 10:04:01:7 R
*****	*****	4 09:58:29:4 R	38954	4 10:04:11:7 R
09:50:30 ==	0	5 09:58:35:3 R	44907	5 10:04:20:3 R
1 09:50:30 R	4688	6 09:58:37:3 R	46860	6 10:04:30:1 BUS
2 09:51:27 R	57375	7 09:58:57:0 R	66579	7 10:04:36:2 S
3 09:51:31 R	61047	8 09:59:05:8 S	75375	8 10:04:37:3 S
4 09:51:40 R	70219	9 09:59:07:6 S	77141	9 10:04:39:4 S
5 09:51:40 R	72719	10 09:59:09:1 S	78657	10 10:04:41:6 S
6 09:51:47 S	76813	11 09:59:11:0 S	80563	11 10:04:43:3 S
7 09:51:50 S	80125	12 09:59:12:7 S	82282	12 10:04:44:7 S
8 09:51:52 S	82063	13 09:59:15:0 S	84547	13 10:04:46:4 S
9 09:51:54 S	84282	14 09:59:18:0 S	87610	14 10:04:49:7 S
10 09:51:58 S	88344	15 09:59:20:8 S	90360	15 10:04:51:7 S
*****	*****	*****	*****	*****

Prilog analizi saobraćajnog procesa na signalisanoj raskrsnici

35. ciklus	1. ciklus	5. ciklus	8. ciklus	12. ciklus
== 10:19:51:8:===	0 == 11:03:27:0:===	0 == 11:10:45:8:===	0 == 11:16:16:0:===	0 == 11:23:36:3:===
1 10:19:57:1: R 5297	1 11:03:29:7 R 2687	1 11:10:53:1 R 7312	1 11:16:19:8 R 3781	1 11:23:50:2 R 13906
2 10:20:10:0 R 18250	2 11:03:56:3 R 29296	2 11:11:09:4 R 23562	2 11:16:30:9 R 14937	2 11:23:54:8 R 18515
3 10:20:12:2 R 20406	3 11:04:11:0 R 44000	3 11:11:15:0 R 29203	3 11:17:12:9 PL 56921	3 11:23:57:5 R 21203
4 10:20:41:0 R 49203	4 11:04:26:8 PL 59812	4 11:11:29:0 R 43218	4 11:17:14:7 R 58687	4 11:24:02:5 R 26203
5 10:20:59:0 R 67203	5 11:04:40:4 S 73421	5 11:11:35:1 R 49265	5 11:17:18:3 R 62281	5 11:24:33:3 R 57031
6 10:21:07:8 S 76047	6 11:04:41:5 S 74515	6 11:11:56:7 R 70859	6 11:17:22:0 R 66000	6 11:24:35:6 R 59344
7 10:21:09:0 S 77250	7 11:04:42:6 S 75625	7 11:11:59:9 S 74047	7 11:17:30:2 R 74187	7 11:24:46:7 R 70406
8 10:21:10:6 S 78797	8 11:04:44:4 S 77453	8 11:12:03:0 S 77203	8 11:17:32:5 S 76562	8 11:24:51:6 S 75344
9 10:21:12:2 S 80375	9 11:04:46:5 PL 79484	9 11:12:03:8 R 78015	9 11:17:33:7 S 77734	9 11:24:55:1 S 78812
10 10:21:14:2 S 82453	10 11:04:48:3 S 81328	10 11:12:06:5 S 80656	10 11:17:35:7 PL 79703	10 11:24:55:5 R 79187
*****	11 11:04:50:9 S 83953	11 11:12:08:5 S 82734	11 11:17:37:2 S 81187	11 11:24:56:8 S 80515
36. ciklus	12 11:04:52:2 S 85171	12 11:12:10:0 S 84140	12 11:17:38:8 S 82843	12 11:24:58:3 S 82078
*****	13 11:04:53:7 S 86718	13 11:12:14:6 S 88828	13 11:17:41:4 S 85421	13 11:25:00:2 S 83937
== 10:21:41:0:===	0 14 11:04:57:9 S 90921	14 11:12:16:6 S 90828	14 11:17:43:6 S 87578	14 11:25:02:3 S 86078
1 10:21:50:2 R 9250	*****	15 11:12:23:9 S 98109	15 11:17:46:6 S 90593	15 11:25:03:8 S 87531
2 10:22:12:5 R 31578	2. ciklus	16 11:12:28:7 S 102875	16 11:17:55:4 S 99390	16 11:25:05:5 S 89250
3 10:22:15:1 R 34109	*****	*****	17 11:18:01:8 S 105812	17 11:25:15:2 S 98890
4 10:22:23:5 R 42562	== 11:05:15:8:===	0 6. ciklus	18 11:18:04:4 S 108437	*****
5 10:22:40:3 R 59343	1 11:05:21:5 R 5704	*****	*****	13. ciklus
6 10:22:41:5 PL 60500	2 11:05:30:9 R 15157	== 11:12:35:9:===	0 9. ciklus	*****
7 10:22:57:1 S 76140	3 11:05:36:7 R 20922	1 11:12:47:1 PL 11235	*****	== 11:25:26:2:===
8 10:22:58:2 S 77218	4 11:05:42:2 R 26454	2 11:12:50:6 R 14766	== 11:18:06:2:===	0 1 11:25:39:2 PL 13000
9 10:22:59:4 S 78437	5 11:05:56:2 R 40422	3 11:13:03:0 R 27156	1 11:18:27:4 R 21172	2 11:25:43:2 R 17079
10 10:23:02:5 S 81531	6 11:06:01:4 R 45579	4 11:13:06:9 R 31063	2 11:18:33:1 R 26859	3 11:26:06:0 R 39860
11 10:23:04:8 S 83875	7 11:06:04:3 R 48547	5 11:13:34:1 R 58203	3 11:18:53:4 R 47172	4 11:26:14:2 R 48032
12 10:23:06:4 PL 85453	8 11:06:24:1 R 68282	6 11:13:45:9 R 70016	4 11:19:22:3 R 76078	5 11:26:28:9 R 62719
13 10:23:09:0 S 88078	9 11:06:25:7 R 69938	7 11:13:47:2 R 71313	5 11:19:23:0 S 76781	6 11:26:39:9 PL 73766
14 10:23:10:1 S 89172	10 11:06:31:3 S 75532	8 11:13:52:4 PL 76563	6 11:19:25:5 S 79250	7 11:26:41:3 S 75172
15 10:23:11:1 S 90156	11 11:06:34:0 S 78172	9 11:13:53:5 S 77610	7 11:19:30:1 S 83859	8 11:26:45:4 S 79250
16 10:23:13:6 S 92687	12 11:06:36:2 S 80391	10 11:13:55:3 S 79391	8 11:19:31:9 S 85641	9 11:26:47:1 S 80922
17 10:23:17:9 S 96906	13 11:06:37:9 S 82157	11 11:13:57:5 S 81641	9 11:19:33:5 S 87328	10 11:26:49:8 S 83672
*****	14 11:06:39:3 S 83563	12 11:13:59:1 S 83188	*****	11 11:26:50:8 S 84610
37. ciklus	15 11:06:40:6 S 84860	13 11:14:01:3 S 85438	10. ciklus	12 11:26:52:7 S 86547
*****	16 11:06:42:0 S 86235	14 11:14:03:9 S 88031	*****	13 11:26:54:3 S 88188
== 10:23:30:8:===	0 17 11:06:44:1 S 88297	15 11:14:05:6 S 89750	== 11:19:56:3:===	0 14 11:27:01:2 S 95032
1 10:23:53:0 R 22219	18 11:06:45:9 S 90125	16 11:14:15:5 S 99578	1 11:20:04:8 R 8578	15 11:27:02:6 S 96407
2 10:23:55:8 R 24984	19 11:06:53:0 S 97266	17 11:14:21:9 S 106000	2 11:20:14:0 R 17687	16 11:27:13:8 S 107641
3 10:24:01:4 R 30578	*****	*****	3 11:20:31:0 R 34734	*****
4 10:24:12:2 R 41438	3. ciklus	7. ciklus	4 11:20:39:7 R 43422	14. ciklus
5 10:24:17:6 R 46781	*****	*****	5 11:21:00:6 R 64359	*****
6 10:24:19:8 R 48984	== 11:07:05:9:===	0 == 11:14:27:0:===	0 6 11:21:12:4 S 76156	== 11:27:17:0:===
7 10:24:21:3 R 50500	1 11:07:18:7 R 12875	1 11:14:28:0 R 1063	7 11:21:14:5 S 78281	1 11:27:20:5 R 3531
8 10:24:28:2 R 57391	2 11:07:26:2 R 20343	2 11:14:37:4 R 10422	8 11:21:16:9 S 80609	2 11:27:48:0 R 30969
9 10:24:30:3 R 59453	3 11:08:05:0 PL 59156	3 11:15:06:2 R 39235	9 11:21:19:1 S 82859	3 11:28:03:7 R 46672
10 10:24:31:7 R 60875	4 11:08:20:5 S 74609	4 11:15:09:2 R 42203	10 11:21:20:5 S 84234	4 11:28:28:9 R 71875
11 10:24:34:3 R 63500	5 11:08:22:9 S 77015	5 11:15:14:2 R 47266	11 11:21:30:9 S 94609	5 11:28:30:4 S 73375
12 10:24:38:9 R 68063	6 11:08:25:1 PL 79218	6 11:15:20:3 R 53328	12 11:21:37:6 PL 101328	6 11:28:32:6 S 75641
13 10:24:42:0 R 71203	7 11:08:28:7 S 82828	7 11:15:28:7 R 61719	*****	7 11:28:36:0 S 79000
14 10:24:46:6 S 75766	8 11:08:29:7 S 83843	8 11:15:32:3 R 65391	11. ciklus	8 11:28:37:7 S 80672
15 10:24:48:3 S 77531	9 11:08:31:2 S 85328	9 11:15:36:1 R 69188	*****	9 11:28:40:7 S 83735
16 10:24:49:9 S 79125	10 11:08:33:1 S 87203	10 11:15:41:2 S 74250	== 11:21:46:9:===	0 10 11:28:47:7 S 90735
17 10:24:52:1 S 81313	*****	11 11:15:43:2 S 76266	1 11:21:52:6 R 5672	11 11:28:50:1 S 93110
18 10:24:53:9 S 83125	4. ciklus	12 11:15:45:0 S 78032	2 11:22:16:5 R 29578	12 11:28:59:3 S 102344
19 10:24:55:9 S 85047	*****	13 11:15:47:1 S 80188	3 11:22:45:9 R 59016	*****
20 10:24:58:0 S 87234	== 11:08:56:1:===	0 14 11:15:49:5 S 82516	4 11:22:50:9 R 63938	
21 10:25:00:3 S 89484	1 11:09:30:2 R 34140	15 11:15:51:9 S 84938	5 11:22:59:5 S 72563	
22 10:25:02:0 S 91156	2 11:09:49:6 R 53515	16 11:15:54:1 S 87125	6 11:23:02:1 S 75203	
23 10:25:03:4 S 92563	3 11:09:58:2 R 62187	17 11:15:56:4 S 89438	7 11:23:04:2 S 77297	
24 10:25:06:0 S 95141	4 11:10:02:5 R 66453	18 11:15:57:6 S 90688	8 11:23:05:9 S 78984	
25 10:25:07:5 S 96734	5 11:10:10:9 S 74859	19 11:16:02:7 S 95782	9 11:23:09:7 S 82797	
26 10:25:12:3 S 101531	6 11:10:14:0 S 77890	20 11:16:04:8 S 97844	10 11:23:12:2 S 85281	
27 10:25:14:3 S 103531	7 11:10:17:7 S 81672	*****	11 11:23:13:7 S 86750	
*****	8 11:10:19:9 S 83875	*****	*****	

Prilog analizi saobraćajnog procesa na signalisanoj raskrsnici

12. ciklus	15. ciklus	18. ciklus	21. ciklus	24. ciklus
== 11:23:36:3 ===	0 == 11:29:06:0===	0 == 11:34:38:0 ===	0 == 11:40:06:8;===	0 == 11:45:36:5 ===
1 11:23:50:2 R 13906	1 11:29:32:2 R 26219	1 11:34:41:7 R 3750	1 11:40:21:3 R 14500	1 11:46:00:4 R 23875
2 11:23:54:8 R 18515	2 11:29:39:9 R 33969	2 11:35:08:9 R 30969	2 11:40:44:5 R 37688	2 11:46:05:2 R 28656
3 11:23:57:5 R 21203	3 11:29:51:0 PL 45000	3 11:35:14:2 R 36219	3 11:40:53:0 R 46219	3 11:46:09:1 R 32578
4 11:24:02:5 R 26203	4 11:30:04:3 R 58360	4 11:35:16:5 R 38500	4 11:41:08:6 R 61782	4 11:46:29:7 PL 53141
5 11:24:33:3 R 57031	5 11:30:10:8 R 64860	5 11:35:18:5 R 40531	5 11:41:11:4 R 64657	5 11:46:42:5 R 65969
6 11:24:35:6 R 59344	6 11:30:13:9 R 67969	6 11:35:24:3 R 46344	6 11:41:20:5 R 73672	6 11:46:48:0 R 71500
7 11:24:46:7 R 70406	7 11:30:18:0 R 72094	7 11:35:28:3 R 50375	7 11:41:20:9 S 74157	7 11:46:49:0 R 72484
8 11:24:51:6 S 75344	8 11:30:23:5 S 77500	8 11:35:33:2 R 55234	8 11:41:21:7 R 74907	8 11:46:50:2 S 73625
9 11:24:55:1 S 78812	9 11:30:25:9 S 79969	9 11:35:37:0 R 59016	9 11:41:22:2 S 75454	9 11:46:53:0 S 76438
10 11:24:55:5 R 79187	10 11:30:27:6 PL 81672	10 11:35:38:4 R 60406	10 11:41:23:7 R 76875	10 11:46:55:0 S 78469
11 11:24:56:8 S 80515	11 11:30:29:2 S 83235	11 11:35:39:7 R 61687	11 11:41:25:1 S 78297	11 11:46:56:9 PL 80391
12 11:24:58:3 S 82078	12 11:30:31:0 S 85078	12 11:35:47:5 R 69531	12 11:41:26:3 S 79516	12 11:46:58:5 S 81938
13 11:25:00:2 S 83937	13 11:30:33:7 S 87750	13 11:35:50:0 S 72062	13 11:41:28:0 S 81219	13 11:47:00:2 S 83641
14 11:25:02:3 S 86078	14 11:30:35:1 S 89188	14 11:35:52:1 S 74172	14 11:41:29:6 S 82860	14 11:47:02:6 S 86063
15 11:25:03:8 S 87531	15 11:30:53:1 S 107157	15 11:35:53:7 S 75734	15 11:41:32:4 S 85641	15 11:47:07:0 S 90453
16 11:25:05:5 S 89250	*****	16 11:35:56:0 S 78031	16 11:41:33:8 S 86985	16 11:47:09:6 S 93031
17 11:25:15:2 S 98890	16. ciklus	17 11:35:57:4 S 79406	17 11:41:35:3 S 88516	*****
*****	*****	18 11:35:59:2 S 81266	18 11:41:54:2 S 107422	25. ciklus
13. ciklus	== 11:30:57:0===	0	19 11:36:00:4 S 82406	*****
*****	1 11:31:10:6 R 13657	20 11:36:01:8 S 83812	22. ciklus	== 11:47:26:5 ===
== 11:25:26:2===	0	21 11:36:03:2 S 85203	*****	0
1 11:25:39:2 PL 13000	3 11:31:20:3 R 23313	22 11:36:04:2 S 86234	== 11:41:56:3===	0
2 11:25:43:2 R 17079	4 11:31:56:0 R 59016	23 11:36:07:2 S 89250	1 11:42:04:4 R 8156	3 11:48:15:4 R 48922
3 11:26:06:0 R 39860	5 11:32:00:5 R 63500	24 11:36:09:3 S 91375	2 11:42:17:3 R 21078	4 11:48:19:1 R 52547
4 11:26:14:2 R 48032	6 11:32:02:7 R 65782	25 11:36:11:5 S 93500	3 11:42:33:7 R 37453	5 11:48:21:1 R 54562
5 11:26:28:9 R 62719	7 11:32:07:6 R 70657	26 11:36:13:0 S 95062	4 11:42:40:4 R 44140	6 11:48:26:5 R 59953
6 11:26:39:9 PL 73766	8 11:32:10:7 R 73719	*****	5 11:42:43:8 R 47578	7 11:48:32:9 R 66390
7 11:26:41:3 S 75172	9 11:32:11:1 S 74157	19. ciklus	6 11:42:53:9 R 57609	8 11:48:34:1 R 67609
8 11:26:45:4 S 79250	10 11:32:12:2 S 75250	*****	7 11:42:56:0 R 59781	9 11:48:38:3 R 71781
9 11:26:47:1 S 80922	11 11:32:12:9 R 75953	== 11:36:26:1===	0	8 11:42:57:6 R 61344
10 11:26:49:8 S 83672	12 11:32:15:6 S 78657	1 11:36:38:4 R 12344	9 11:43:07:0 R 70719	10 11:48:40:8 R 74328
11 11:26:50:8 S 84610	13 11:32:17:7 S 80703	2 11:37:16:0 R 49953	10 11:43:09:1 PL 72797	11 11:48:42:0 S 75437
12 11:26:52:7 S 86547	14 11:32:19:3 S 82360	3 11:37:20:8 R 54688	11 11:43:11:7 S 75453	12 11:48:43:2 S 76672
13 11:26:54:3 S 88188	15 11:32:20:7 S 83766	4 11:37:43:4 S 77313	12 11:43:14:1 S 77875	13 11:48:44:7 R 78234
14 11:27:01:2 S 95032	16 11:32:22:4 S 85453	5 11:37:44:4 S 78360	13 11:43:16:3 S 80078	14 11:48:46:3 S 79812
15 11:27:02:6 S 96407	17 11:32:24:7 S 87782	6 11:37:45:9 S 79828	14 11:43:18:2 S 81890	15 11:48:46:8 R 80281
16 11:27:13:8 S 107641	18 11:32:27:7 S 90797	7 11:37:49:0 S 82907	15 11:43:19:0 R 82719	16 11:48:47:8 S 81281
*****	19 11:32:34:2 S 97266	8 11:37:57:0 S 90938	16 11:43:20:4 S 84109	17 11:48:49:1 S 82609
14. ciklus	*****	*****	17 11:43:22:2 S 85969	18 11:48:49:6 R 83047
*****	17. ciklus	20. ciklus	18 11:43:23:6 S 87375	19 11:48:50:6 S 84094
== 11:27:17:0===	0	*****	19 11:43:24:8 S 88500	20 11:48:52:2 S 85719
1 11:27:20:5 R 3531	== 11:32:46:1===	0	20 11:43:27:0 S 90703	21 11:48:54:5 S 87937
2 11:27:48:0 R 30969	1 11:33:12:9 R 26860	1 11:38:16:1===	0	22 11:48:56:2 S 89672
3 11:28:03:7 R 46672	2 11:33:16:9 R 30782	2 11:38:33:7 R 17547	21 11:43:28:5 PL 92281	23 11:48:57:5 S 91000
4 11:28:28:9 R 71875	3 11:33:44:5 PL 58453	3 11:38:37:3 R 21140	22 11:43:30:3 S 94078	24 11:48:59:0 S 92531
5 11:28:30:4 S 73375	4 11:34:01:7 S 75657	4 11:38:39:8 R 23703	23 11:43:38:2 S 101984	25 11:49:01:5 S 94969
6 11:28:32:6 S 75641	5 11:34:03:6 S 77532	5 11:38:41:8 R 25625	24 11:43:40:3 S 104047	26 11:49:04:6 S 98047
7 11:28:36:0 S 79000	6 11:34:05:8 PL 79688	6 11:38:43:0 PL 26875	*****	27 11:49:06:7 S 100156
8 11:28:37:7 S 80672	7 11:34:24:9 S 98828	7 11:39:24:6 R 68453	23. ciklus	28 11:49:08:2 S 101687
9 11:28:40:7 S 83735	*****	8 11:39:27:2 R 71015	== 11:43:46:0===	0
10 11:28:47:7 S 90735	*****	9 11:39:32:0 S 75812	1 11:44:09:2 R 23203	26. ciklus
11 11:28:50:1 S 93110	*****	10 11:39:34:6 S 78484	2 11:44:10:4 R 24453	*****
12 11:28:59:3 S 102344	*****	11 11:39:35:4 R 79234	3 11:44:29:6 R 43672	== 11:49:16:5===
*****	*****	12 11:39:36:8 S 80703	4 11:44:56:9 R 70953	0
*****	*****	13 11:39:38:9 S 82734	5 11:45:03:8 S 77844	1 11:49:27:0 R 10531
*****	*****	14 11:39:40:2 PL 84109	6 11:45:05:0 S 79000	2 11:49:54:0 R 37516
*****	*****	15 11:39:43:3 S 87203	7 11:45:06:3 S 80375	3 11:49:58:7 R 42187
*****	*****	16 11:39:45:0 S 88890	8 11:45:08:0 S 82032	4 11:50:27:6 R 71109
*****	*****	17 11:39:47:4 S 91297	9 11:45:10:5 S 84594	5 11:50:29:0 R 72562
*****	*****	18 11:39:49:3 S 93156	10 11:45:16:8 S 90828	6 11:50:31:3 S 74797
*****	*****	19 11:39:58:6 S 1E+05	11 11:45:25:3 S 99360	7 11:50:33:6 S 77109
*****	*****	*****	12 11:45:27:2 S 101203	8 11:50:35:6 S 79094
*****	*****	*****	*****	9 11:50:40:6 S 84094
*****	*****	*****	*****	10 11:50:44:0 S 87547

```

27. ciklus          30. ciklus
*****
== 11:51:06:3 === 0 == 11:56:36:4:=== 0
1 11:51:07:0 R 672 1 11:57:03:1 R 26750
2 11:51:11:9 R 5641 2 11:57:13:0 R 36578
3 11:51:23:2 R 16859 3 11:57:39:5 R 63125
4 11:51:26:0 PL 19672 4 11:57:44:8 R 68406
5 11:51:32:7 R 26375 5 11:57:46:7 R 70328
6 11:51:38:2 R 31875 6 11:57:52:7 S 76328
7 11:51:56:9 R 50594 7 11:57:55:2 S 78860
8 11:52:11:8 R 65484 8 11:57:57:2 S 80875
9 11:52:18:7 R 72406 9 11:58:00:8 S 84453
10 11:52:20:6 S 74344 10 11:58:03:3 S 86922
11 11:52:23:6 S 77313 *****
12 11:52:25:3 S 79031 31. ciklus
13 11:52:28:0 S 81750 *****
14 11:52:29:9 PL 83625 == 11:58:26:2:=== 0
15 11:52:31:7 S 85375 1 11:58:30:9 R 4671
16 11:52:35:2 PL 88906 2 11:58:32:9 R 6687
17 11:52:36:8 S 90484 3 11:58:39:8 R 13546
18 11:52:38:0 S 91719 4 11:58:42:0 R 15812
19 11:52:39:9 S 93625 5 11:58:44:6 R 18375
20 11:52:41:7 S 95438 6 11:58:48:6 R 22406
21 11:52:44:0 S 97672 7 11:59:28:9 R 62671
22 11:52:46:3 S 99984 8 11:59:30:2 PL 63968
23 11:52:49:9 S 103625 9 11:59:41:7 S 75500
24 11:52:52:6 S 106297 10 11:59:43:3 S 77046
***** 11 11:59:46:3 S 80031
28. ciklus 12 11:59:48:9 S 82687
***** 13 11:59:50:7 S 84515
== 11:53:01:8 === 0 14 11:59:52:1 S 85906
1 11:53:14:5 R 12625 15 11:59:53:9 S 87703
2 11:53:20:3 R 18500 16 11:59:55:6 PL 89359
3 11:53:22:8 R 21016 17 11:59:57:0 S 90812
4 11:53:41:0 R 39125 *****
5 11:53:43:2 R 41422 32. ciklus
6 11:54:09:1 R 67235 *****
7 11:54:10:2 S 68422 == 12:00:16:5:=== 0
8 11:54:12:5 S 70641 1 12:00:17:6 R 1109
9 11:54:14:3 S 72500 2 12:00:48:1 R 31593
10 11:54:16:1 S 74266 3 12:01:11:0 R 54468
11 11:54:18:4 S 76547 4 12:01:13:2 R 56687
12 11:54:19:5 S 77688 5 12:01:18:1 R 61578
13 11:54:22:7 S 80875 6 12:01:34:7 S 78218
14 11:54:24:4 S 82563 7 12:01:36:1 S 79593
15 11:54:27:0 S 85188 8 12:01:37:7 S 81187
16 11:54:34:6 S 92782 9 12:01:39:0 S 82500
***** 10 12:01:40:6 S 84140
29. ciklus 11 12:01:50:7 S 94171
***** 12 12:01:57:5 S 101015
== 11:54:46:4 === 0 13 12:01:59:9 S 103406
1 11:54:53:8 R 7422 *****
2 11:55:26:2 R 39859
3 11:55:53:2 PL 66859
4 11:55:57:6 R 71203
5 11:56:00:3 R 73890
6 11:56:02:2 S 75812
7 11:56:03:9 S 77484
8 11:56:05:4 PL 79031
9 11:56:06:9 S 80547
10 11:56:08:4 S 81984
11 11:56:10:4 S 83984
12 11:56:12:2 S 85844
13 11:56:24:6 S 98187
14 11:56:26:0 S 99578
*****

```

Raskrsnica „BO“

1. ciklus	4. ciklus	6. ciklus	8. ciklus	11. ciklus
== 09:16:56:5===	0 == 09:21:50:9 ===	0 == 09:25:03:4===	0 == 09:28:19:7===	0 == 09:33:18:6===
1 09:17:13:5(R 17000	1 09:22:16:0 R 25047	1 09:25:07:5 R 4156	1 09:28:22:1 R 2391	1 09:33:27:0 R 8453
2 09:17:25:4(R 28968	2 09:22:18:6 R 27657	2 09:25:16:8 R 13406	2 09:28:41:0 R 21328	2 09:33:30:9 R 12297
3 09:17:28:1 R 31672	3 09:22:25:7 R 34813	3 09:25:18:4 R 15016	3 09:28:44:2 R 24516	3 09:33:42:8 R 24188
4 09:17:37:9 R 41422	4 09:22:35:7 R 44813	4 09:25:19:1 R 15750	4 09:28:47:8 R 28110	4 09:33:46:7 R 28078
5 09:17:51:6 R 55125	5 09:22:43:0 S 52094	5 09:25:38:8 R 32406	5 09:28:57:8 R 38078	5 09:33:52:2 R 33610
6 09:17:53:2 R 56781	6 09:22:45:2 S 54282	6 09:25:38:4 PL 35047	6 09:29:00:3 R 40547	6 09:33:53:7 R 35125
7 09:17:56:2 S 59797	7 09:22:47:6 PL 56672	7 09:25:41:5 R 38187	7 09:29:03:4 R 43657	7 09:33:55:5 R 36953
8 09:17:58:6 S 62187	8 09:22:50:2 S 59250	8 09:25:47:1 R 43734	8 09:29:06:3 PL 46578	8 09:33:57:6 R 39032
9 09:18:00:6 S 64172	9 09:22:54:3 S 63375	9 09:25:49:6 R 46219	9 09:29:15:0 S 55235	9 09:33:59:3 R 40703
10 09:18:02:3 S 65812	10 09:22:58:9 S 67938	10 09:25:52:9 R 49547	10 09:29:17:6 S 57844	10 09:34:07:4 S 48813
11 09:18:05:0 S 68578	11 09:23:01:4 S 70500	11 09:25:56:7 S 53328	11 09:29:19:4 S 59688	11 09:34:09:8 S 51219
12 09:18:08:4 S 71922	12 09:23:09:2 S 78297	12 09:25:58:0 R 54594	12 09:29:21:2 S 61438	12 09:34:10:4 R 51782
13 09:18:10:2 S 73718	13 09:23:11:0 S 80125	13 09:25:58:6 S 55219	13 09:29:22:8 S 63047	13 09:34:11:7 S 53063
14 09:18:12:8 S 76328	*****	14 09:25:59:6 R 56219	14 09:29:25:6 S 65891	14 09:34:13:0 S 54391
15 09:18:16:3 S 79812	5. ciklus	15 09:26:00:8 S 57437	15 09:29:26:9 S 67157	15 09:34:16:0 S 57438
16 09:18:17:7 S 81203	*****	16 09:26:03:1 S 59719	16 09:29:28:4 PL 68641	16 09:34:18:3 S 59688
17 09:18:21:8 S 85312	== 09:23:28:5 ===	0 17 09:26:04:4 S 61016	17 09:29:36:4 S 76688	17 09:34:20:0 S 61391
18 09:18:29:7 S 93265	1 09:23:31:5 R 3063	18 09:26:06:0 S 62609	18 09:29:54:2 S 94453	18 09:34:22:1 S 63485
*****	2 09:23:34:8 R 6344	19 09:26:08:2 S 64875	*****	19 09:34:23:2 S 64625
2. ciklus	3 09:23:36:9 R 8469	20 09:26:09:3 S 65969	9. ciklus	20 09:34:25:5 S 66875
*****	4 09:23:45:3 R 16828	21 09:26:11:8 S 68453	*****	21 09:34:27:6 S 69000
== 09:18:35:1===	0 5 09:23:46:9 R 18407	22 09:26:13:5 S 70172	== 09:29:57:4===	0 22 09:34:48:7 S 90125
1 09:18:41:3 R 6156	6 09:23:48:9 R 20391	23 09:26:16:7 S 73312	1 09:30:03:7 R 6297	*****
2 09:18:46:6 R 11485	7 09:23:50:6 R 22125	24 09:26:19:0 S 75687	2 09:30:10:8 R 13437	12. ciklus
3 09:18:57:3 R 22203	8 09:23:52:5 R 23985	25 09:26:20:6 S 77203	3 09:30:25:5 R 28125	*****
4 09:18:58:6 R 23422	9 09:23:53:7 R 25203	26 09:26:25:5 S 82141	4 09:30:35:1 R 37781	== 09:34:51:4===
5 09:19:03:4 PL 28281	10 09:23:58:9 S 30438	27 09:26:34:1 S 90719	5 09:30:38:6 R 41203	1 09:34:52:1 R 703
6 09:19:27:1 S 51938	11 09:24:00:9 S 32438	28 09:26:38:6 S 95281	6 09:30:39:9 R 42562	2 09:34:53:1 R 1734
7 09:19:30:0 S 54906	12 09:24:03:5 S 35000	7. ciklus	7 09:30:43:6 R 46250	3 09:34:54:1 R 2750
8 09:19:31:9 S 56797	13 09:24:06:1 S 37641	*****	8 09:30:52:4 S 55031	4 09:35:08:5 R 17171
9 09:19:33:7 S 58547	14 09:24:07:9 S 39407	== 09:26:42:0===	9 09:30:53:4 R 56031	5 09:35:18:4 R 27000
10 09:19:35:8 PL 60688	15 09:24:10:3 S 41860	1 09:26:50:6 R 8609	10 09:30:54:0 S 56641	6 09:35:21:6 R 30203
11 09:19:38:2 S 63016	16 09:24:11:6 S 43125	2 09:26:52:0 R 10062	11 09:30:55:3 S 57984	7 09:35:27:1 R 35750
12 09:19:49:5 S 74328	17 09:24:13:3 S 44797	3 09:26:56:1 R 14109	12 09:30:56:9 S 59516	8 09:35:31:6 R 40187
13 09:19:56:0 S 80860	18 09:24:14:7 S 46235	4 09:26:59:7 R 17703	13 09:30:59:1 S 61734	9 09:35:44:2 R 52812
14 09:19:59:9 S 84766	19 09:24:17:6 S 49172	5 09:27:21:5 R 39562	14 09:31:00:4 S 63047	10 09:35:45:5 PL 54109
15 09:20:03:3 S 88188	20 09:24:20:1 S 51672	6 09:27:29:7 R 47687	15 09:31:01:9 S 64578	11 09:35:46:6 S 55218
16 09:20:08:5 S 93328	21 09:24:22:4 S 53953	7 09:27:32:2 R 50203	16 09:31:04:6 S 67219	12 09:35:47:8 S 56421
*****	22 09:24:27:4 S 58907	8 09:27:34:7 S 52672	17 09:31:06:7 S 69359	13 09:35:49:1 S 57687
3. ciklus	23 09:24:28:4 S 59953	9 09:27:37:0 S 55000	18 09:31:17:2 S 79844	14 09:35:52:3 S 60921
*****	24 09:24:30:2 S 61688	10 09:27:39:3 S 57328	19 09:31:18:9 S 81562	15 09:35:54:5 S 63125
== 09:20:12:6===	0 25 09:24:49:5 S 81032	11 09:27:41:2 S 59234	20 09:31:32:4 S 95031	16 09:35:56:1 S 64734
1 09:20:20:1 R 7500	26 09:24:50:7 S 82203	12 09:27:43:1 S 61109	*****	17 09:35:58:1 S 66765
2 09:20:22:9 R 10344	27 09:24:55:4 S 86907	13 09:27:44:6 S 62594	10. ciklus	18 09:35:59:9 S 68531
3 09:20:32:9 R 20375	*****	14 09:27:46:4 S 64391	*****	19 09:36:01:5 S 70125
4 09:20:40:0 R 27391	*****	15 09:27:50:7 S 68719	== 09:31:35:5===	0 20 09:36:03:2 S 71843
5 09:20:42:6 R 30000	*****	16 09:27:53:1 S 71156	1 09:31:36:3 R 781	21 09:36:04:8 PL 73453
6 09:20:53:8 R 41234	*****	17 09:27:54:2 S 72250	2 09:31:55:1 R 19594	22 09:36:07:6 S 76187
7 09:21:00:5 R 47953	*****	18 09:27:56:5 S 74562	3 09:32:15:0 R 39469	23 09:36:09:9 S 78562
8 09:21:03:6 R 51047	*****	19 09:28:04:3 S 82359	4 09:32:29:0 S 53437	24 09:36:12:0 S 80671
9 09:21:04:5 S 51938	*****	20 09:28:13:6 S 91641	5 09:32:32:4 S 56906	25 09:36:13:5 S 82140
10 09:21:07:5 S 54984	*****	*****	6 09:32:34:2 S 58703	26 09:36:15:2 S 83859
11 09:21:11:0 S 58469	*****	*****	7 09:32:36:0 S 60437	*****
12 09:21:13:6 S 61016	*****	*****	8 09:32:37:6 S 62094	*****
13 09:21:15:9 S 63359	*****	*****	9 09:32:51:9 PL 76406	*****
14 09:21:17:2 S 64594	*****	*****	10 09:32:54:2 PL 78672	*****
15 09:21:18:9 S 66344	*****	*****	11 09:33:00:4 S 84859	*****
16 09:21:20:8 S 68250	*****	*****	12 09:33:01:9 S 86344	*****
17 09:21:22:8 S 70266	*****	*****	13 09:33:03:5 S 87922	*****
18 09:21:24:3 S 71766	*****	*****	*****	*****
19 09:21:31:6 S 79078	*****	*****	*****	*****
20 09:21:33:2 S 80688	*****	*****	*****	*****
21 09:21:35:0 S 82438	*****	*****	*****	*****

Prilog analizi saobraćajnog procesa na signalisanoj raskrsnici

13. ciklus	15. ciklus	18. ciklus	21. ciklus	24. ciklus
== 09:36:29:5!===	0 == 09:39:45:4!===	0 == 09:44:36:4!===	0 == 09:49:28:7!===	0 == 09:54:21:4!===
1 09:36:35:6!R 6079	1 09:39:51:2!R 5796	1 09:44:44:5!R 8047	1 09:49:34:7!R 6047	1 09:54:38:3!R 16922
2 09:36:42:6!R 13094	2 09:39:53:2!R 7828	2 09:44:54:7!R 18297	2 09:49:37:3!R 8640	2 09:54:40:8!R 19437
3 09:36:48:2!R 18641	3 09:39:54:4!R 9062	3 09:45:09:2!R 32750	3 09:49:55:1!R 26437	3 09:54:45:0!R 23625
4 09:36:50:3!R 20735	4 09:39:56:2!R 10812	4 09:45:12:7!R 36219	4 09:50:04:6!R 35890	4 09:54:47:7! PL 26297
5 09:36:52:8!R 23235	5 09:39:57:9!R 12562	5 09:45:25:4!R 48953	5 09:50:19:5!R 50750	5 09:55:14:0!R 52578
6 09:36:56:0!R 26407	6 09:40:00:1!R 14718	6 09:45:30:0!S 53609	6 09:50:20:8!S 52078	6 09:55:15:2!S 53797
7 09:37:02:0!R 32422	7 09:40:26:5!R 41140	7 09:45:32:0!S 55531	7 09:50:22:5!S 53797	7 09:55:16:7!R 55328
8 09:37:04:2!R 34704	8 09:40:28:8!R 43390	8 09:45:32:4!R 55984	8 09:50:23:0!R 54250	8 09:55:18:7!S 57312
9 09:37:11:7!R 42172	9 09:40:38:0!S 52578	9 09:45:34:1!S 57672	9 09:50:24:3!S 55609	9 09:55:20:3! PL 58875
10 09:37:14:3!R 44782	10 09:40:40:5!S 55156	10 09:45:36:0!S 59594	10 09:50:26:6!S 57906	10 09:55:22:3!S 60859
11 09:37:19:4!R 49829	11 09:40:42:4!S 56984	11 09:45:38:2!S 61797	11 09:50:27:9!S 59203	11 09:55:24:1!S 62734
12 09:37:22:4!S 52891	12 09:40:44:4!S 59015	12 09:45:39:4!S 62969	12 09:50:29:1!S 60359	12 09:55:43:6!S 82172
13 09:37:23:6!R 54094	13 09:40:46:7!S 61375	13 09:45:40:8!S 64359	13 09:50:31:0!S 62328	13 09:55:48:2!S 86797
14 09:37:24:6!R 55094	14 09:40:48:6!S 63187	14 09:45:44:0!S 67563	14 09:50:33:2!S 64468	14 09:55:53:0!S 91594
15 09:37:25:2!S 55672	15 09:40:49:9!S 64515	15 09:45:45:5!S 69031	15 09:50:34:5!S 65828	*****
16 09:37:27:2!S 57657	16 09:40:51:9!S 66500	16 09:45:47:5!S 71031	16 09:50:36:5!S 67750	25. ciklus
17 09:37:28:8!S 59297	17 09:40:52:8!S 67390	17 09:45:51:5!S 75047	17 09:50:48:6!S 79890	*****
18 09:37:31:0!S 61485	18 09:40:58:3!S 72906	18 09:45:53:0! PL 76578	18 09:50:54:5!S 85828	== 09:56:07:8 === 0
19 09:37:31:5!R 61985	19 09:41:01:9!S 76531	19 09:46:06:9!S 90438	*****	1 09:56:08:6!R 844
20 09:37:33:0!R 63438	20 09:41:07:0!S 81593	20 09:46:08:7!S 92234	22. ciklus	2 09:56:13:0!R 5219
21 09:37:33:5!S 63938	21 09:41:15:7!S 90281	*****	*****	3 09:56:15:8!R 8031
22 09:37:36:5!S 66922	*****	19. ciklus	== 09:51:05:3!=== 0	4 09:56:21:4!R 13610
23 09:37:38:2!S 68625	16. ciklus	*****	1 09:51:20:0!R 14641	5 09:56:32:2!R 24406
24 09:37:39:7!S 70110	*****	== 09:46:14:5!=== 0	2 09:51:25:7!R 20360	6 09:56:37:2!R 29469
25 09:37:41:1!S 71579	== 09:41:23:3!=== 0	1 09:46:24:2!R 9703	3 09:51:28:6!R 23219	7 09:56:49:4!R 41594
26 09:37:42:7!S 73157	1 09:41:30:7!R 7406	2 09:46:36:7!R 22250	4 09:51:31:0!R 25657	8 09:56:51:5!R 43703
27 09:37:44:4!S 74875	2 09:41:34:9!R 11578	3 09:46:39:7!R 25282	5 09:51:37:0!R 31657	9 09:56:52:3!S 44563
28 09:37:45:7!S 76141	3 09:41:38:2!R 14891	4 09:46:45:0!S 30547	6 09:51:38:7!R 33328	10 09:56:54:1!R 46375
29 09:37:48:3!S 78782	4 09:41:39:2!R 15859	5 09:46:48:0!S 33532	7 09:51:42:9! PL 37547	11 09:56:55:4!S 47610
30 09:37:49:9!S 80375	5 09:41:40:3!R 17016	6 09:46:50:1!S 35594	8 09:51:51:6!S 46297	12 09:56:57:2!S 49406
31 09:37:51:7!S 82204	6 09:41:41:4!R 18078	7 09:46:58:5!S 44078	9 09:51:54:4!S 49032	13 09:56:58:9!S 51172
32 09:37:53:9!S 84391	7 09:41:42:1!R 18750	8 09:47:02:7!S 48250	10 09:51:58:0!S 52688	14 09:57:01:0!S 53250
33 09:37:55:4!S 85860	8 09:41:43:0!R 19641	9 09:47:17:3!S 62797	11 09:52:00:7!S 55407	15 09:57:03:1!S 55360
34 09:37:56:7!S 87141	9 09:41:43:5!S 20156	10 09:47:19:1!S 64672	12 09:52:02:3!S 56938	16 09:57:07:1!S 59360
35 09:37:57:9!S 88344	10 09:41:44:9!R 21609	11 09:47:35:2!S 80735	13 09:52:03:8!R 58438	17 09:57:09:2!S 61469
36 09:37:59:3!S 89797	11 09:42:14:7! PL 51359	12 09:47:37:6!S 83125	14 09:52:04:9!S 59578	18 09:57:10:9!S 63156
37 09:38:01:3!S 91797	12 09:42:16:8!S 53516	13 09:47:47:3!S 92875	15 09:52:06:6!S 61219	19 09:57:12:4!S 64625
38 09:38:03:4!S 93860	13 09:42:19:9!S 56609	*****	16 09:52:08:9!S 63532	20 09:57:13:9!S 66156
39 09:38:05:4!S 95829	14 09:42:21:6!S 58313	20. ciklus	17 09:52:09:4!R 64078	21 09:57:15:7!S 67985
*****	15 09:42:23:5!S 60141	*****	18 09:52:11:2! PL 65875	22 09:57:17:6!S 69813
14. ciklus	16 09:42:25:5!S 62219	== 09:47:49:2!=== 0	19 09:52:15:9!S 70547	23 09:57:23:8!S 76016
*****	17 09:42:27:3!S 63984	1 09:47:55:7!R 6484	20 09:52:20:2!S 74875	24 09:57:27:4!S 79672
== 09:38:07:5!=== 0	18 09:42:29:8!S 66469	2 09:48:36:8!R 47609	21 09:52:22:1!S 76719	25 09:57:28:7!S 80953
1 09:38:10:1!R 2657	19 09:42:31:2!S 67891	3 09:48:40:8!R 51640	22 09:52:24:2!S 78891	26 09:57:37:8!S 90016
2 09:38:14:8!R 7344	20 09:42:35:3! PL 72031	4 09:48:42:4!S 53203	*****	*****
3 09:38:17:8! PL 10344	21 09:42:51:9!S 88609	5 09:48:43:8!S 54562	23. ciklus	*****
4 09:38:26:5!R 19047	22 09:42:55:6!S 92281	6 09:48:45:8!S 56640	*****	*****
5 09:38:34:5!R 27032	23 09:42:58:7!S 95438	7 09:48:50:7!S 61547	== 09:52:43:6!=== 0	*****
6 09:38:35:4!R 27922	*****	8 09:48:51:8!S 62640	1 09:52:54:2!R 10547	*****
7 09:38:39:9!R 32407	17. ciklus	9 09:48:53:3!S 64078	2 09:52:57:5!R 13859	*****
8 09:38:44:5!R 37078	*****	10 09:48:58:0! PL 68812	3 09:53:01:9!R 18297	*****
9 09:38:50:6!R 43157	== 09:43:02:5!=== 0	11 09:49:01:5!S 72343	4 09:53:03:3!R 19719	*****
10 09:39:00:8!S 53297	1 09:43:11:8!R 9281	12 09:49:07:9!S 78718	5 09:53:13:1!R 29500	*****
11 09:39:02:5!S 55016	2 09:43:15:9!R 13375	13 09:49:14:9!S 85656	6 09:53:31:8!R 48172	*****
12 09:39:04:7! PL 57266	3 09:43:27:3!R 24765	14 09:49:21:1!S 91859	7 09:53:33:7!R 50125	*****
13 09:39:06:8!S 59328	4 09:43:28:9!R 26390	15 09:49:26:4!S 97218	8 09:53:36:8!R 53187	*****
14 09:39:11:2!S 63782	5 09:43:31:8!R 29250	*****	9 09:53:37:7!S 54094	*****
15 09:39:12:9!S 65469	6 09:43:33:2!S 30640	*****	10 09:53:40:3!S 56656	*****
16 09:39:14:8!S 67344	7 09:43:34:3!S 31750	*****	11 09:53:41:7!S 58062	*****
17 09:39:16:9!S 69438	8 09:43:36:8!S 34297	*****	12 09:53:43:2!S 59562	*****
18 09:39:19:7!S 72235	9 09:43:39:2!S 36672	*****	13 09:53:45:2!S 61547	*****
19 09:39:21:5!S 74016	10 09:43:40:9!S 38390	*****	14 09:53:46:5!S 62859	*****
20 09:39:22:9!S 75391	11 09:43:50:8!S 48297	*****	15 09:53:47:4!S 63797	*****
21 09:39:40:2!S 92688	12 09:43:53:4!S 50875	*****	16 09:53:49:9!S 66281	*****
22 09:39:41:7!S 94235	13 09:43:54:4!S 51875	*****	17 09:53:51:7!S 68047	*****
*****	14 09:43:57:0!S 54500	*****	18 09:53:52:7!S 69062	*****
*****	15 09:43:58:8!S 56234	*****	19 09:53:55:6!S 72000	*****
*****	16 09:44:10:9!S 68344	*****	20 09:53:57:6!S 74000	*****
*****	17 09:44:21:8!S 79265	*****	21 09:54:00:0!S 76437	*****
*****	*****	*****	22 09:54:16:4!S 92812	*****



Prilog analizi saobraćajnog procesa na signalisanoj raskrsnici

28. ciklus	30. ciklus	3. ciklus	6. ciklus	9. ciklus
== 10:00:53:5' ===	0 == 10:04:09:5' ===	0 == 08:26:40:5' ===	0 == 08:31:34:7' ===	0 == 08:36:25:6' ===
1 10:00:54:4:R	859 1 10:04:19:1:R	9547 1 08:26:49:0:R	8422 1 08:31:42:4:R	7734 1 08:36:35:9:R
2 10:00:56:5:R	3015 2 10:04:25:9:R	16329 2 08:26:56:5:R	15906 2 08:31:45:9:R	11250 2 08:36:44:5:R
3 10:00:59:0: PL	5515 3 10:04:27:6:R	18063 3 08:27:06:1:R	25547 3 08:31:49:1:R	14390 3 08:36:56:6:R
4 10:01:08:4:R	14828 4 10:04:39:8:R	30250 4 08:27:07:9:R	27328 4 08:31:51:7:R	17031 4 08:36:58:0:R
5 10:01:10:2:R	16672 5 10:04:53:7:R	44204 5 08:27:10:5:R	29922 5 08:31:59:0:R	24343 5 08:36:59:5:R
6 10:01:15:5:R	22000 6 10:05:00:2:R	50688 6 08:27:12:3:R	31781 6 08:32:06:7: PL	32062 6 08:37:00:9:R
7 10:01:24:5:R	30937 7 10:05:01:7: PL	52172 7 08:27:18:1:R	37563 7 08:32:08:0:R	33265 7 08:37:05:0:R
8 10:01:37:3:R	43812 8 10:05:06:1:R	56579 8 08:27:20:6:R	40047 8 08:32:11:7:R	36968 8 08:37:08:0:R
9 10:01:46:3:R	52812 9 10:05:07:5:R	57938 9 08:27:32:7:R	52109 9 08:32:25:8:R	51156 9 08:37:12:0:R
10 10:01:47:5:R	53953 10 10:05:09:5:R	59969 10 08:27:33:8:R	53281 10 08:32:27:2:R	52531 10 08:37:18:8:R
11 10:01:49:3: PL	55812 11 10:05:11:5:R	61922 11 08:27:34:7:R	54203 11 08:32:28:4:R	53750 11 08:37:21:6:R
12 10:01:51:5:R	57922 12 10:05:12:6:R	63032 12 08:27:36:5:R	55969 12 08:32:30:5:R	55843 12 08:37:22:4:R
13 10:01:52:9:R	59328 13 10:05:14:0:R	64422 13 08:27:39:4:R	58813 13 08:32:32:7:R	57984 13 08:37:24:1:R
14 10:01:54:7:R	61140 14 10:05:14:8: PL	65250 14 08:27:41:7:R	61203 14 08:32:36:0:R	61328 14 08:37:26:0:R
15 10:01:56:1:R	62547 15 10:05:18:1:R	68594 15 08:27:43:3:R	62797 15 08:32:37:5:R	62765 15 08:37:27:9:R
16 10:02:01:0:R	67500 16 10:05:19:7:R	70204 16 08:27:45:4:R	64828 16 08:32:39:3: PL	64625 16 08:37:29:1:R
17 10:02:04:3:R	70734 17 10:05:26:1:R	76594 17 08:27:47:1:R	66516 17 08:32:40:5:R	65828 17 08:37:31:3:R
18 10:02:06:5:R	73015 18 10:05:36:3:R	86797 18 08:27:48:5:R	67984 18 08:32:42:4:R	67672 18 08:37:33:0:R
19 10:02:10:4:R	76890 19 10:05:39:2:R	89610 19 08:27:54:3:R	73766 19 08:32:45:5:R	70828 19 08:37:35:1:R
20 10:02:12:1:R	78547 *****	20 08:28:07:1:R	86563 20 08:32:47:6:R	72890 20 08:37:37:1:R
21 10:02:14:0:R	80484 1. ciklus	21 08:28:14:0:R	93406 21 08:32:48:7:R	74047 21 08:37:38:7:R
22 10:02:16:5:R	82969 *****	22 08:32:50:1:R	75390 22 08:32:50:1:R	75390 22 08:37:47:7:R
23 10:02:17:5:R	83937 == 08:23:27:6' ===	0 4. ciklus	23 08:32:57:4:R	82687 23 08:37:54:0:R
24 10:02:19:2:R	85719 1 08:23:53:5:R	25906 *****	24 08:32:59:1:R	84390 24 08:37:55:7:R
25 10:02:20:3:R	86797 2 08:23:58:6:R	30938 == 08:28:18:7' ===	0 *****	*****
26 10:02:21:5:R	87953 3 08:24:08:7:R	41047 1 08:28:28:1:R	9390 7. ciklus	10. ciklus
27 10:02:23:3:R	89765 4 08:24:18:0:R	50422 2 08:28:50:9:R	32203 *****	*****
28 10:02:25:5:R	91953 5 08:24:20:1:R	52485 3 08:28:54:6:R	35875 == 08:33:15:2' ===	0 == 08:38:03:6' ===
29 10:02:28:3:R	94797 6 08:24:21:0:R	53391 4 08:28:56:3:R	37593 1 08:33:20:9:R	5640 1 08:38:08:8:R
*****	7 08:24:21:6:R	53969 5 08:29:11:4:R	52671 2 08:33:24:8:R	9578 2 08:38:16:2:R
29. ciklus	8 08:24:23:3:R	55719 6 08:29:13:9:R	55156 3 08:33:27:7:R	12453 3 08:38:19:0:R
*****	9 08:24:25:5:R	57828 7 08:29:15:7:R	57015 4 08:33:33:1:R	17875 4 08:38:23:1:R
== 10:02:31:3' ===	0 10 08:24:27:1:R	59485 8 08:29:17:4:R	58656 5 08:33:34:5:R	19312 5 08:38:24:4:R
1 10:02:46:0:R	14703 11 08:24:28:9:R	61266 9 08:29:22:0:R	63312 6 08:33:39:6:R	24359 6 08:38:25:4:R
2 10:02:47:2:R	15922 12 08:24:30:6:R	63000 10 08:29:24:8: PL	66109 7 08:33:45:8:R	30578 7 08:38:26:5:R
3 10:02:57:2:R	25843 13 08:24:50:7:R	83063 11 08:29:38:6:R	79859 8 08:33:49:2:R	33984 8 08:38:28:4: PL
4 10:02:58:8:R	27453 14 08:24:55:6:R	88000 12 08:29:43:4:R	84703 9 08:33:51:0:R	35734 9 08:38:30:4:R
5 10:03:00:2:R	28875 15 08:25:00:7:R	93031 13 08:29:44:8:R	86046 10 08:33:58:4:R	43187 10 08:38:31:4:R
6 10:03:01:6:R	30265 *****	*****	11 08:34:04:4:R	49203 11 08:38:32:5:R
7 10:03:03:7:R	32375 2. ciklus	5. ciklus	12 08:34:06:5:R	51218 12 08:38:36:5:R
8 10:03:05:0:R	33625 *****	*****	13 08:34:08:6:R	53359 13 08:38:37:9:R
9 10:03:15:4:R	44031 == 08:25:05:7' ===	0 == 08:29:56:8' ===	0 14 08:34:12:5:R	57312 14 08:38:39:5:R
10 10:03:17:8:R	46437 1 08:25:15:1:R	9406 1 08:30:02:4:R	5578 15 08:34:15:1:R	59828 15 08:38:41:4:R
11 10:03:20:2:R	48906 2 08:25:21:9:R	16172 2 08:30:05:9:R	9094 16 08:34:16:9:R	61640 16 08:38:44:2:R
12 10:03:21:9:R	50578 3 08:25:25:4:R	19718 3 08:30:08:5:R	11672 17 08:34:18:5:R	63265 17 08:38:47:6:R
13 10:03:24:4:R	53062 4 08:25:34:7:R	29000 4 08:30:18:9:R	22031 18 08:34:20:8:R	65578 18 08:38:57:3:R
14 10:03:27:1:R	55797 5 08:25:38:1:R	32422 5 08:30:20:6:R	23719 19 08:34:22:5:R	67281 19 08:38:59:7:R
15 10:03:29:2:R	57843 6 08:25:39:9:R	34187 6 08:30:23:6:R	26750 20 08:34:24:8:R	69531 20 08:39:02:9:R
16 10:03:31:3:R	59984 7 08:25:40:9:R	35187 7 08:30:42:4:R	45531 21 08:34:26:4:R	71171 21 08:39:05:2:R
17 10:03:32:8:R	61437 8 08:25:42:7:R	36984 8 08:30:48:3:R	51500 22 08:34:33:3:R	78078 22 08:39:08:1:R
18 10:03:35:0:R	63703 9 08:25:44:7:R	39047 9 08:30:49:9:R	53031 23 08:34:40:2:R	85000 23 08:39:09:9:R
19 10:03:37:4:R	66062 10 08:25:46:8:R	41125 10 08:30:51:9:R	55016 24 08:34:44:6:R	89390 24 08:39:11:7:R
20 10:03:39:0:R	67687 11 08:25:49:1:R	43406 11 08:30:54:8:R	57953 *****	25 08:39:13:2: PL
21 10:03:41:0:R	69703 12 08:25:51:1: PL	45375 12 08:30:57:4:R	60516 8. ciklus	26 08:39:14:7:R
22 10:03:42:6:R	71250 13 08:25:53:9:R	48203 13 08:30:59:0:R	62187 *****	27 08:39:16:2:R
23 10:03:44:5:R	73187 14 08:25:59:9:R	54203 14 08:31:01:2:R	64391 == 08:34:50:5' ===	0 28 08:39:17:4:R
24 10:03:46:5:R	75125 15 08:26:02:2:R	56500 15 08:31:03:1:R	66219 1 08:35:01:2:R	10688 29 08:39:19:0:R
25 10:04:03:7:R	92375 16 08:26:03:4:R	57718 16 08:31:04:7:R	67812 2 08:35:18:6:R	28110 30 08:39:20:7:R
*****	17 08:26:04:4:R	58750 17 08:31:06:5:R	69625 3 08:35:22:8:R	32250 31 08:39:21:9:R
	18 08:26:05:9:R	60187 18 08:31:11:7:R	74875 4 08:35:24:1:R	33563 32 08:39:23:1:R
	19 08:26:13:3:R	67593 19 08:31:14:9:R	78016 5 08:35:33:8: PL	43266 33 08:39:24:8:R
	20 08:26:22:7:R	77031 20 08:31:16:5:R	79641 6 08:35:55:6:R	65110 34 08:39:26:1:R
	21 08:26:35:9:R	90172 21 08:31:18:4:R	81578 7 08:36:06:8:R	76313 35 08:39:28:1:R
	*****	22 08:31:20:1:R	83250 8 08:36:13:3:R	82735 36 08:39:29:8:R
		*****	9 08:36:14:5:R	83954 37 08:39:32:2:R
			10 08:36:18:7:R	88219 38 08:39:35:3:R
			*****	39 08:39:37:9:R
				94344

Prilog analizi saobraćajnog procesa na signalisanoj raskrsnici

11. ciklus	14. ciklus	16. ciklus	19. ciklus	21. ciklus
08:39:41:6===	0 == 08:44:52:7!===	0 == 08:47:51:5===	0 == 08:52:42:8===	0 == 08:55:59:6!===
1 08:39:56:6R 15000	1 08:45:11:1:R 18328	1 08:48:05:2R 13703	1 08:52:45:6:R 2844	1 08:56:07:8:R 8234
2 08:40:00:2R 18625	2 08:45:19:3:R 26531	2 08:48:15:2R 23734	2 08:52:50:6:R 7797	2 08:56:11:1:R 11484
3 08:40:04:7R 23172	3 08:45:22:6:R 29828	3 08:48:18:1R 26640	3 08:53:04:7R 21906	3 08:56:14:3:R 14656
4 08:40:06:5R 24906	4 08:45:24:8:R 32047	4 08:48:20:6R 29140	4 08:53:14:7R 31922	4 08:56:16:7:R 17093
5 08:40:13:7R 32093	5 08:45:26:2:R 33438	5 08:48:26:8R 35296	5 08:53:20:0:R 37187	5 08:56:18:0:R 18343
6 08:40:23:3R 41781	6 08:45:28:7:R 36000	6 08:48:28:9R 37437	6 08:53:21:4:R 38640	6 08:56:19:0:R 19390
7 08:40:25:7R 44093	7 08:45:30:6:R 37828	7 08:48:30:0 PL 38562	7 08:53:24:5:R 41719	7 08:56:33:8:R 34203
8 08:40:27:4R 45859	8 08:45:32:6:R 39844	8 08:48:31:4R 39875	8 08:53:26:3:R 43531	8 08:56:40:8:R 41203
9 08:40:34:6S 53000	9 08:45:34:9:R 42141	9 08:48:36:2R 44750	9 08:53:28:9:R 46140	9 08:56:43:1:R 43484
10 08:40:36:0S 54390	10 08:45:36:7:R 43938	10 08:48:41:1R 49656	10 08:53:32:3:R 49562	10 08:56:44:6:R 45015
11 08:40:37:1R 55500	11 08:45:38:6: PL 45828	11 08:48:43:8R 52343	11 08:53:41:0:R 58219	11 08:56:47:1:R 47515
12 08:40:38:2S 56687	12 08:45:40:7:R 47906	12 08:48:45:8:R 54281	12 08:53:42:9:R 60156	12 08:56:48:8:R 49218
13 08:40:40:7S 59093	13 08:45:42:3:R 49547	13 08:48:46:7R 55203	13 08:53:44:2:R 61437	13 08:56:51:7:R 52078
14 08:40:42:5S 60968	14 08:45:42:4:R 49688	14 08:48:48:0:R 56546	14 08:53:45:5:R 62781	14 08:56:53:6:R 54031
15 08:40:44:7S 63125	15 08:45:46:5:R 53797	15 08:48:51:1:R 59593	15 08:53:47:5:R 64687	15 08:56:56:8:R 57156
16 08:40:46:5S 64890	16 08:45:47:9:R 55110	16 08:48:53:2:R 61765	16 08:53:50:2:R 67406	16 08:56:58:5:R 58937
17 08:40:48:3S 66718	17 08:45:50:3:R 57563	17 08:48:54:7:R 63234	17 08:53:52:7:R 69984	17 08:56:59:9:R 60328
18 08:40:51:7S 70140	18 08:45:53:1:R 60313	18 08:48:56:6:R 65078	18 08:53:54:6:R 71828	18 08:57:03:3:R 63671
19 08:40:53:2S 71672	19 08:45:58:6:R 65891	19 08:48:58:5 PL 67000	19 08:53:56:3:R 73515	19 08:57:06:4:R 66750
20 08:40:54:5S 72968	*****	20 08:49:02:9:R 71406	20 08:53:57:8:R 75062	20 08:57:08:2:R 68609
21 08:40:55:8S 74265	15. ciklus	21 08:49:04:0:R 72468	21 08:53:59:5:R 76750	21 08:57:10:7:R 71046
22 08:41:01:9S 80375	*****	22 08:49:05:4:R 73953	22 08:54:01:4:R 78625	22 08:57:12:0:R 72406
23 08:41:06:1S 84562	== 08:46:15:3!===	0 23 08:49:08:4:R 76906	23 08:54:03:5:R 80687	23 08:57:14:2:R 74562
24 08:41:16:2S 94656	1 08:46:24:7:R 9359	24 08:49:09:3:R 77781	24 08:54:07:6:R 84797	24 08:57:16:0:R 76406
*****	2 08:46:27:1:R 11797	25 08:49:12:2:R 80750	25 08:54:14:3:R 91515	25 08:57:19:1:R 79484
12. ciklus	3 08:46:28:5:R 13172	26 08:49:22:0:R 90468	26 08:54:19:8:R 97062	26 08:57:21:5:R 81890
*****	4 08:46:46:7:R 31391	27 08:49:24:5:R 93046	*****	27 08:57:27:0:R 87406
== 08:41:19:9===	0 5 08:46:52:1:R 36781	*****	20. ciklus	28 08:57:33:3:R 93703
1 08:41:22:7R 2875	6 08:47:06:6:R 51219	17. ciklus	*****	*****
2 08:41:37:7R 17860	7 08:47:08:9:R 53578	*****	== 08:54:20:9!===	0 22. ciklus
3 08:41:43:0R 23125	8 08:47:11:0:R 55609	== 08:49:29:6===	0 1 08:54:25:7:R 4813	*****
4 08:41:44:0R 24156	9 08:47:15:9:R 60578	1 08:49:30:1:R 500	2 08:54:43:3:R 22375	== 08:57:36:6!===
5 08:41:55:5 PL 35594	10 08:47:18:4:R 63047	2 08:49:45:1:R 15515	3 08:54:49:4:R 28454	1 08:57:39:3:R 2703
6 08:42:12:7S 52797	11 08:47:27:2:R 71812	3 08:49:57:0:R 27453	4 08:54:53:4:R 32500	2 08:57:43:1:R 6468
7 08:42:15:0S 55094	12 08:47:28:3:R 72984	4 08:50:05:0:R 35453	5 08:54:55:9:R 35000	3 08:57:57:4:R 20750
8 08:42:17:2S 57375	13 08:47:30:5:R 75156	5 08:50:22:8:R 53265	6 08:54:59:2:R 38250	4 08:58:02:1:R 25484
9 08:42:19:0S 59078	14 08:47:48:7:R 93312	6 08:50:24:3:R 54781	7 08:55:00:9: PL 40000	5 08:58:06:5:R 29890
10 08:42:21:0 PL 61094	*****	7 08:50:26:4:R 56797	8 08:55:14:3:R 53438	6 08:58:14:6:R 38031
11 08:42:31:3S 71406		8 08:50:28:7:R 59140	9 08:55:16:7:R 55844	7 08:58:17:7 PL 41046
12 08:42:38:5S 78594		9 08:50:30:4:R 60828	10 08:55:18:6:R 57672	8 08:58:19:8:R 43218
13 08:42:40:1S 80235		10 08:50:32:7:R 63172	11 08:55:20:3:R 59375	9 08:58:27:2:R 50578
14 08:42:47:9S 88047		11 08:50:35:1:R 65547	12 08:55:22:7:R 61813	10 08:58:28:8:R 52187
*****		12 08:50:38:2:R 68687	13 08:55:24:3:R 63438	11 08:58:29:5:R 52859
13. ciklus		13 08:50:55:5:R 85906	14 08:55:26:3 PL 65360	12 08:58:31:4:R 54750
*****		*****	15 08:55:41:7:R 80797	13 08:58:33:1:R 56515
== 08:42:57:6===	0	18. ciklus	16 08:55:43:5:R 82579	14 08:58:34:4:R 57828
1 08:43:04:8R 7203		*****	17 08:55:49:0:R 88047	15 08:58:36:1:R 59484
2 08:43:20:4R 22828		== 08:51:07:7===	0 18 08:55:57:1:R 96188	16 08:58:37:9:R 61265
3 08:43:22:5R 24875		1 08:51:22:3:R 14625	*****	17 08:58:39:6:R 62984
4 08:43:45:7R 48093		2 08:51:27:7:R 20062		18 08:58:42:0: PL 65359
5 08:43:52:1S 54468		3 08:51:34:8:R 27156		19 08:58:43:5:R 66875
6 08:43:54:2S 56593		4 08:51:36:4:R 28703		20 08:58:45:6:R 68968
7 08:43:55:7S 58140		5 08:51:39:1:R 31453		21 08:58:46:9:R 70250
8 08:43:57:6S 60031		6 08:51:39:8:R 32140		22 08:58:48:4:R 71812
9 08:43:59:5S 61921		7 08:51:41:8:R 34125		23 08:58:50:2:R 73625
10 08:44:01:8S 64156		8 08:51:45:2:R 37500		24 08:58:53:1:R 76500
11 08:44:03:0S 65343		9 08:51:49:5:R 41828		25 08:58:54:6:R 78031
12 08:44:04:9S 67265		10 08:51:50:6:R 42922		26 08:58:55:6:R 78984
13 08:44:07:1S 69531		11 08:51:52:3:R 44656		27 08:58:58:3:R 81718
14 08:44:09:0S 71406		12 08:51:54:2:R 46515		*****
15 08:44:10:2S 72546		13 08:51:55:7 PL 48015		
16 08:44:16:8S 79218		14 08:51:57:4:R 49687		
17 08:44:21:2S 83593		15 08:51:59:7:R 52015		
18 08:44:23:6S 85953		16 08:52:00:8:R 53125		
*****		17 08:52:04:7:R 57015		
		18 08:52:13:4:R 65687		
		19 08:52:34:9:R 87234		
		*****		

Prilog analizi saobraćajnog procesa na signalisanoj raskrsnici

23. ciklus	1. ciklus	3. ciklus	5. ciklus	7. ciklus
08:59:14:7:===	0 == 09:11:53:4:===	0 == 09:15:11:6:===	0 == 09:18:25:4:===	0 == 09:21:4:===
1 08:59:15:3:R	609 1 09:12:11:3: PL	17938 1 09:15:12:5: R	968 1 09:18:35:7:R	10281 1 09:21:5: R
2 08:59:32:0:R	17281 2 09:12:16:1:R	22766 2 09:15:14:4: R	2797 2 09:18:52:6:R	27156 2 09:22:1:R
3 08:59:34:9:R	20218 3 09:12:18:9:R	25563 3 09:15:17:5: R	5968 3 09:18:54:9:R	29437 3 09:22:2: PL
4 08:59:38:0:R	23297 4 09:12:21:4:R	27985 4 09:15:19:2: R	7593 4 09:18:56:4:R	30968 4 09:22:3: R
5 08:59:55:5:R	40859 5 09:12:30:5: R	37125 5 09:15:23:2: R	11640 5 09:18:57:9:R	32500 5 09:22:3: S
6 09:00:00:5:R	45843 6 09:12:33:0: R	39656 6 09:15:25:2: R	13593 6 09:18:59:4:R	33984 6 09:22:3: S
7 09:00:06:5:R	51859 7 09:12:40:5: R	47094 7 09:15:28:9: R	17328 7 09:19:00:8:R	35390 7 09:22:3: PL
8 09:00:07:6: S	52937 8 09:12:42:2:R	48860 8 09:15:33:6: R	22078 8 09:19:07:7:R	42312 8 09:22:3: S
9 09:00:09:2: S	54547 9 09:12:45:4: PL	51985 9 09:15:38:6: PL	27062 9 09:19:12:3:R	46906 9 09:22:4: S
10 09:00:11:1: S	56406 10 09:12:47:7: S	54360 10 09:15:46:8: R	35281 10 09:19:14:5:R	49093 10 09:22:4: S
11 09:00:13:0: S	58297 11 09:12:50:2: S	56860 11 09:16:01:2: R	49640 11 09:19:16:0:R	50609 11 09:22:5: S
12 09:00:15:9: S	61172 12 09:12:51:5: S	58141 12 09:16:02:2: R	50672 12 09:19:18:3:R	52859 12 09:23:1: S
13 09:00:18:1: S	63390 13 09:12:54:0: S	60625 13 09:16:03:2: S	51656 13 09:19:19:3: S	53843 *****
14 09:00:19:7: S	65031 14 09:12:56:1: S	62766 14 09:16:04:7: S	53172 14 09:19:21:6: S	56125 8. ciklus
15 09:00:30:4: S	75750 15 09:12:57:7: S	64360 15 09:16:06:3: S	54718 15 09:19:23:2: R	57734 *****
16 09:00:41:0: S	86281 16 09:13:00:6: S	67203 16 09:16:08:3: S	56750 16 09:19:24:1: S	58625 == 09:23:1:===
17 09:00:49:2: S	94484 17 09:13:02:7: S	69297 17 09:16:10:0: S	58422 17 09:19:25:7: S	60218 1 09:23:3: R
*****	18 09:13:05:7: S	72328 18 09:16:11:4: S	59859 18 09:19:27:1: S	61640 2 09:23:3: R
24. ciklus	19 09:13:08:2: S	74781 19 09:16:13:2: S	61625 19 09:19:28:7: S	63234 3 09:23:4: R
*****	20 09:13:13:0: S	79610 20 09:16:15:1: PL	63515 20 09:19:29:6: R	64187 4 09:23:4: R
== 09:00:52:7:===	0 21 09:13:19:1: S	85688 21 09:16:16:5: S	64890 21 09:19:30:1: S	64687 5 09:23:5: R
1 09:00:58:4: R	5719 22 09:13:25:4: S	92063 22 09:16:16:6: R	65031 22 09:19:31:5: PL	66015 6 09:24:0: R
2 09:01:11:5: R	18797 *****	23 09:16:18:3: S	66781 23 09:19:32:9: S	67437 7 09:24:1: R
3 09:01:27:2: R	34531 2. ciklus	24 09:16:20:2: S	68640 24 09:19:35:3: S	69859 8 09:24:1: S
4 09:01:30:2: R	37469 *****	25 09:16:21:7: S	70125 25 09:19:36:8: S	71390 9 09:24:1: S
5 09:01:31:8: R	39062 == 09:13:31:4:===	0 26 09:16:23:7: S	72109 26 09:19:38:4: S	73000 10 09:24:1: R
6 09:01:33:2: PL	40484 1 09:13:36:7: R	5313 27 09:16:26:5: S	74984 27 09:19:41:0: S	75562 11 09:24:1: S
7 09:01:35:5: R	42781 2 09:13:47:9: R	16500 28 09:16:27:6: S	76047 28 09:19:43:5: S	78062 12 09:24:2: S
8 09:01:41:0: R	48234 3 09:14:05:9: R	34469 29 09:16:28:8: S	77234 29 09:19:45:8: S	80359 13 09:24:2: R
9 09:01:42:3: R	49562 4 09:14:18:2: R	46734 30 09:16:32:7: S	81093 30 09:19:47:4: PL	81984 14 09:24:2: S
10 09:01:43:4: R	50687 5 09:14:22:1: R	50641 31 09:16:46:0: S	94484 31 09:19:49:5: S	84109 15 09:24:2: S
11 09:01:45:7: S	52937 6 09:14:23:0: R	51563 *****	32 09:19:51:7: S	86312 16 09:24:2: S
12 09:01:46:7: R	53953 7 09:14:24:9: S	53469 4. ciklus	*****	17 09:24:2: S
13 09:01:49:2: R	56437 8 09:14:27:7: S	56250 *****	6. ciklus	18 09:24:3: S
14 09:01:49:7: S	57031 9 09:14:29:4: S	57938 == 09:16:47:6:===	0 *****	19 09:24:3: S
15 09:01:51:0: S	58281 10 09:14:31:4: S	59984 1 09:16:51:9: R	4281 == 09:20:03:4:===	0 20 09:24:3: S
16 09:01:52:5: S	59766 11 09:14:33:8: S	62344 2 09:17:00:1: R	12516 1 09:20:08:2: R	4734 21 09:24:3: S
17 09:01:54:4: S	61687 12 09:14:35:3: S	63844 3 09:17:02:9: R	15313 2 09:20:15:0: R	11625 22 09:24:3: S
18 09:01:56:1: PL	63422 13 09:14:36:6: S	65188 4 09:17:10:6: R	23000 3 09:20:23:2: R	19828 23 09:24:3: S
19 09:01:58:2: S	65453 14 09:14:38:6: S	67141 5 09:17:15:1: R	27485 4 09:20:24:7: R	21328 24 09:24:4: S
20 09:02:00:0: S	67234 15 09:14:40:5: S	69094 6 09:17:20:5: R	32906 5 09:20:35:9: R	32453 25 09:24:4: S
21 09:02:01:3: S	68625 16 09:14:42:1: S	70703 7 09:17:23:5: R	35875 6 09:20:55:9: S	52453 26 09:24:5: S
22 09:02:05:1: S	72422 17 09:14:47:2: S	75734 8 09:17:25:6: R	38000 7 09:20:57:1: R	53703 *****
23 09:02:07:4: S	74719 18 09:14:51:1: S	79719 9 09:17:30:5: R	42844 8 09:20:57:8: S	54422
24 09:02:09:0: S	76328 19 09:14:53:2: S	81781 10 09:17:39:9: S	52250 9 09:20:58:0: R	54531
25 09:02:11:5: S	78781 20 09:14:54:6: S	83188 11 09:17:41:7: R	54031 10 09:21:00:9: S	57438
26 09:02:18:5: S	85797 21 09:14:56:5: S	85109 12 09:17:42:8: S	55203 11 09:21:03:4: S	60000
*****	22 09:15:02:5: S	91094 13 09:17:44:0: S	56375 12 09:21:05:4: S	62016
*****	*****	14 09:17:45:1: R	57469 13 09:21:07:2: S	63734
*****	*****	15 09:17:46:8: S	59156 14 09:21:10:1: S	66641
*****	*****	16 09:17:49:2: S	61594 15 09:21:11:5: S	68094
*****	*****	17 09:17:50:0: R	62328 16 09:21:16:9: S	73500
*****	*****	18 09:17:50:5: S	62891 17 09:21:18:1: S	74641
*****	*****	19 09:17:52:3: S	64672 18 09:21:28:7: S	85281
*****	*****	20 09:17:53:9: S	66250 19 09:21:34:7: S	91281
*****	*****	21 09:17:56:2: S	68594 *****	*****
*****	*****	22 09:17:58:4: S	70781	*****
*****	*****	23 09:18:01:2: S	73594	*****
*****	*****	24 09:18:03:3: S	75656	*****
*****	*****	25 09:18:04:9: S	77281	*****
*****	*****	26 09:18:06:3: S	78688	*****
*****	*****	27 09:18:21:0: S	93360	*****
*****	*****	28 09:18:21:1: R	93469	*****

Prilog analizi saobraćajnog procesa na signalisanoj raskrsnici

11. ciklus	13. ciklus	15. ciklus	17. ciklus	19. ciklus
== 09:28:14:10===	0 ==	09:31:29:4:===	0 ==	09:34:45:4:===
09:28:15:29 R 1187	09:31:34:6:R 5219	09:34:57:2:R 11781	09:38:03:4:===	0 ==
09:28:25:68 R 11578	09:31:39:8:R 10453	09:35:00:3:R 14953	09:38:07:8 R 4407	09:41:17:7:=== 0
09:28:27:95 R 13843	09:31:41:4:R 12031	09:35:04:3:R 18953	09:38:11:3 R 7938	09:41:26:6 R 8875
09:28:31:12 R 17015	09:31:43:5:R 14141	09:35:05:4:R 20031	09:38:17:8 R 14422	09:41:30:8 R 13016
09:28:32:07 R 17968	09:31:44:7:R 15313	09:35:07:7:R 22281	09:38:20:0 R 16547	09:41:39:7 R 21953
09:28:33:43 R 19328	09:31:46:9:R 17516	09:35:09:1:R 23703	09:38:22:1 R 18735	09:41:42:3 R 24594
09:28:35:40 R 21297	09:32:00:2:R 30813	09:35:10:2:R 24860	09:38:29:3 R 25860	09:41:43:5 R 25750
09:28:37:89 R 23781	09:32:02:0:R 32656	09:35:13:0:R 27594	09:38:31:7 R 28282	09:41:46:8 R 29063
09:28:52:40 R 38297	09:32:06:0:R 36656	09:35:16:1:R 30688	09:38:33:9 R 30500	09:41:51:1 R 33360
09:28:54:60 R 40500	09:32:12:8:R 43469	09:35:18:3:R 32953	09:38:42:9 R 39454	09:41:56:1 PL 38360
09:29:02:01 R 47906	09:32:15:9:R 46531	09:35:18:3:R 32953	09:38:44:3 R 40938	09:42:11:4 S 53610
09:29:05:06 R 50953	09:32:20:6:R 51250	09:35:20:1:R 34766	09:38:45:9 R 42532	09:42:11:4 S 53610
09:29:05:92 S 51812	09:32:23:2: S 53828	09:35:20:1:R 34766	09:38:54:0 R 50610	09:42:13:9 S 56125
09:29:07:01 S 52906	09:32:26:2: S 56828	09:35:35:4 PL 49985	09:38:55:1 R 51735	09:42:14:4 R 57656
09:29:07:93 R 53828	09:32:28:0: S 58656	09:35:40:6 S 55219	09:38:55:7 S 52329	09:42:15:6 S 58444
09:29:09:34 R 55234	09:32:29:2: R 59797	09:35:42:5 S 57110	09:38:57:4 S 53969	09:42:17:5 S 59719
09:29:11:09 R 56984	09:32:29:9: R 60531	09:35:44:5 S 59172	09:39:01:1 S 57704	09:42:19:1 S 61360
09:29:11:60 S 57500	09:32:30:4: S 61047	09:35:47:1: S 61735	09:39:02:5 R 59125	09:42:22:0 S 64281
09:29:13:65 S 59547	09:32:31:4: S 62031	09:35:47:1: S 61735	09:39:03:4 S 60032	09:42:22:0 S 64281
09:29:15:17 S 61062	09:32:33:1: S 63688	09:35:49:3: S 63906	09:39:04:7 S 61313	09:42:24:6 S 66844
09:29:16:67 S 62562	09:32:33:6: R 64266	09:35:51:5 S 66125	09:39:06:1 S 62657	09:42:26:2 PL 68500
09:29:18:68 S 64578	09:32:35:0: S 65672	09:35:53:3 S 67953	09:39:06:1 S 62657	09:42:28:7 S 70922
09:29:20:15 S 66047	09:32:36:5: S 67094	09:35:53:3 S 67953	09:39:07:5 S 64141	09:42:31:1 S 73344
09:29:22:01 S 67906	09:32:38:0: S 68594	09:35:56:9: S 71531	09:39:09:0 S 65610	09:42:35:6 S 77813
09:29:23:89 S 69781	09:32:39:7: S 70297	09:35:58:5 S 73141	09:39:10:8 S 67375	09:42:36:9 S 79188
09:29:26:06 S 71953	09:32:41:5: S 72110	09:36:00:3 PL 74906	09:39:12:8 S 69391	09:42:39:9 S 81110
09:29:28:23 S 74125	09:32:42:9: S 73516	09:36:02:0 S 76641	09:39:14:8 S 71391	09:42:41:5 S 83797
09:29:30:40 S 76297	09:32:44:4: S 75063	09:36:02:0 S 76641	09:39:17:1 S 73657	09:42:52:3 S 94594
09:29:32:82 S 78718	09:32:47:8: S 78391	09:36:04:0 S 78578	09:39:18:1 S 74688	*****
09:29:47:60 PL 93500	09:32:49:5: S 80125	*****	09:39:20:3 S 76938	20. ciklus
*****	09:32:51:1 PL 81688	09:36:23:4:=== 0	09:39:23:0 S 79625	*****
12. ciklus	09:32:52:0: S 82594	09:36:23:4:=== 0	09:39:24:6 PL 81157	== 09:42:55:4:=== 0
*****	09:32:52:0: S 82594	09:36:38:5: R 15047	09:39:26:7 S 83266	09:42:58:4: R 3063
== 09:29:51:56=== 0	09:32:53:3: S 83906	09:36:40:5: R 17125	09:39:28:5 S 85079	09:43:03:4: R 8016
09:29:58:82 R 7265	09:32:55:4: S 86031	09:36:48:5: R 25063	09:39:33:6 S 90172	09:43:12:1: R 16735
09:30:09:29 R 17734	09:32:55:4: S 86031	09:36:51:1: R 27672	09:39:34:9 S 91454	09:43:15:2: R 19797
09:30:11:59 R 20031	09:32:58:3: S 88891	09:36:51:1: R 27672	*****	09:43:16:3: R 20938
09:30:21:34 R 29781	09:33:00:2: S 90860	09:36:55:5: R 32110	18. ciklus	09:43:17:8: R 22406
09:30:35:79 R 44234	09:33:02:8: S 93391	09:36:58:5: R 35125	*****	09:43:19:6: R 24188
09:30:42:06 R 50500	09:33:03:9: S 94516	09:37:02:6: R 39204	09:39:39:5 === 0	09:43:21:7: R 26328
09:30:43:62 S 52062	*****	09:37:04:5: R 41063	09:40:34:6 S 55125	09:43:23:9: R 28563
09:30:45:31 S 53750	14. ciklus	09:37:15:7: R 52297	09:40:36:9 S 57422	09:43:26:1: R 30688
09:30:47:57 S 56015	*****	09:37:16:4: S 53000	09:40:38:7 S 59203	09:43:28:3: R 32906
09:30:50:01 S 58453	09:33:07:2:=== 0	09:37:18:3: S 54875	09:40:39:8 S 60312	09:43:42:5: R 47141
09:30:51:76 S 60203	09:33:08:0: R 782	09:37:20:1: S 56688	09:40:42:6 S 63094	09:43:48:7: S 53313
09:30:53:57 S 62015	09:33:12:3: R 5078	09:37:23:7: S 60329	09:40:45:4 S 65891	09:43:50:7: S 55313
09:30:55:42 S 63859	09:33:16:0: R 8813	09:37:26:9: S 63469	09:40:45:4 S 65891	09:43:52:4 S 57047
09:30:57:23 S 65672	09:33:31:8: R 24578	09:37:29:8: S 64422	09:41:01:4 S 81969	09:43:54:2 S 58828
09:30:59:70 S 68140	09:33:38:9: R 31688	09:37:29:8: S 64422	09:41:03:1 S 83609	09:43:56:7 R 61297
09:31:02:26 S 70703	09:33:42:9: R 35672	09:37:31:0: S 67625	09:41:07:8 S 88328	09:43:57:3 S 61969
09:31:10:67 S 79109	09:33:45:0: R 37766	09:37:31:0: S 67625	09:41:13:1 S 93672	09:43:58:2 S 62844
09:31:12:09 S 80531	09:33:47:6: R 40375	09:37:34:2: S 70829	09:41:15:7 S 96187	09:43:59:3 S 63953
*****	09:33:53:7: R 46469	09:37:34:2: S 70829	*****	09:44:01:0 S 65594
*****	09:34:00:8: S 53578	09:37:52:7: S 89282	*****	09:44:02:5 S 67094
*****	09:34:02:8: R 55563	*****	*****	09:44:04:2 S 68875
*****	09:34:03:7: S 56516	*****	*****	09:44:07:2 S 71828
*****	09:34:06:1: S 58922	*****	*****	09:44:08:8 S 73406
*****	09:34:06:8: R 59625	*****	*****	09:44:10:2 S 74828
*****	09:34:07:5: R 60297	*****	*****	09:44:12:3 S 76891
*****	09:34:08:0: S 60828	*****	*****	09:44:14:7 S 79297
*****	09:34:09:6: S 62407	*****	*****	09:44:16:0 S 80641
*****	09:34:11:7: S 64532	*****	*****	09:44:18:2 S 82813
*****	09:34:14:0: S 66782	*****	*****	09:44:20:5 S 85078
*****	09:34:17:1: S 69907	*****	*****	09:44:22:4 S 87031
*****	09:34:19:0: S 71750	*****	*****	09:44:32:7 S 97360
*****	09:34:21:0: S 73750	*****	*****	*****
*****	09:34:22:8: S 75641	*****	*****	*****
*****	09:34:24:1: S 76891	*****	*****	*****
*****	09:34:25:4: S 78219	*****	*****	*****
*****	09:34:35:2: S 88000	*****	*****	*****
*****	09:34:38:1: S 90907	*****	*****	*****
*****	09:34:40:5: S 93297	*****	*****	*****
*****	09:34:42:0: S 94782	*****	*****	*****

Prilog analizi saobraćajnog procesa na signalisanoj raskrsnici

21. ciklus	23. ciklus	25. ciklus	27. ciklus	29. ciklus
09:44:33:7===	0 ==	09:47:50:2===	0 ==	09:51:02:4===
09:44:39:0 R	5297	1 09:48:02:7 R	12516	1 09:51:06:5 R
2 09:44:45:2 R	11453	2 09:48:05:5 R	15312	2 09:51:09:2 R
3 09:44:46:7 R	12969	3 09:48:18:9 R	28719	3 09:51:14:3 R
4 09:45:09:2 R	35469	4 09:48:20:7 R	30437	4 09:51:24:8 R
5 09:45:16:1 R	42344	5 09:48:22:8 R	32609	5 09:51:25:9 R
6 09:45:20:4 S	46656	6 09:48:24:1 R	33891	6 09:51:27:3 R
7 09:45:25:5 S	51781	7 09:48:25:1 R	34859	7 09:51:30:4 R
8 09:45:27:4 S	53672	8 09:48:26:2 R	35969	8 09:51:33:5 S
9 09:45:29:2 S	55500	9 09:48:27:5 R	37266	9 09:51:37:0 S
10 09:45:31:8 S	58047	10 09:48:28:9 R	38687	10 09:51:38:4 S
11 09:45:33:7 S	59922	11 09:48:36:9 R	46641	11 09:51:40:9 S
12 09:45:36:0 S	62281	12 09:48:41:5 R	51312	12 09:51:42:8 S
13 09:45:37:7 PL	63938	13 09:48:42:5 S	52266	13 09:51:44:7 S
14 09:45:39:5 S	65719	14 09:48:45:0 S	54812	14 09:51:47:7 S
15 09:45:41:2 S	67485	15 09:48:47:8 S	57547	15 09:51:50:0 S
16 09:45:48:2 S	74438	16 09:48:49:9 S	59719	16 09:51:51:8 S
17 09:45:49:4 S	75672	17 09:48:53:4 S	63156	17 09:51:53:3 S
*****	*****	18 09:48:55:1 S	64844	18 09:51:54:4 S
22. ciklus	*****	19 09:48:56:6 S	66344	19 09:51:57:4 S
*****	*****	20 09:48:58:3 S	68109	20 09:51:59:7 S
09:46:11:5===	0	21 09:48:59:8 S	69578	21 09:52:01:7 S
1 09:46:21:7 R	10156	22 09:49:00:9 S	70656	22 09:52:07:0 S
2 09:46:26:7 R	15172	23 09:49:03:2 S	72969	23 09:52:15:3 S
3 09:46:29:9 R	18375	24 09:49:04:7 S	74516	24 09:52:18:0 S
4 09:46:42:5 R	30953	25 09:49:07:7 S	77469	25 09:52:19:6 S
5 09:47:02:8 R	51328	26 09:49:09:5 S	79266	26 09:52:23:9 S
6 09:47:04:4 S	52906	27 09:49:17:3 S	87109	27 09:52:29:5 S
7 09:47:06:2 S	54750	28 09:49:20:1 S	89844	28 09:52:32:3 S
8 09:47:07:4 R	55922	29 09:49:21:4 S	91156	*****
9 09:47:10:0 S	58485	*****	*****	26. ciklus
10 09:47:12:3 S	60781	24. ciklus	*****	*****
11 09:47:14:4 S	62891	*****	*****	09:52:37:5===
12 09:47:16:5 S	65000	09:49:27:5===	0	1 09:52:48:2 R
13 09:47:17:6 S	66141	1 09:49:45:3 R	17875	2 09:52:51:6 R
14 09:47:24:7 S	73250	2 09:49:51:6 R	24125	3 09:52:52:9 R
15 09:47:26:5 S	74969	3 09:49:53:7 R	26235	4 09:52:54:9 R
16 09:47:39:4 PL	87922	4 09:49:55:9 R	28422	5 09:52:57:2 R
17 09:47:44:7 S	93172	5 09:49:57:5 R	30000	6 09:52:58:9 R
*****	*****	6 09:49:59:1 S	31610	7 09:53:08:9 R
*****	*****	7 09:50:00:5 R	33094	8 09:53:10:6 R
*****	*****	8 09:50:02:6 S	35110	9 09:53:11:8 PL
*****	*****	9 09:50:04:0 S	36578	10 09:53:13:8 R
*****	*****	10 09:50:06:7 S	39235	11 09:53:15:9 R
*****	*****	11 09:50:08:8 S	41391	12 09:53:17:4 R
*****	*****	12 09:50:11:4 S	43907	13 09:53:31:3 S
*****	*****	13 09:50:13:7 S	46203	14 09:53:33:1 S
*****	*****	14 09:50:15:5 S	48094	15 09:53:34:6 S
*****	*****	15 09:50:16:8 S	49344	16 09:53:36:7 S
*****	*****	16 09:50:18:4 S	50985	17 09:53:37:6 R
*****	*****	17 09:50:21:8 S	54375	18 09:53:38:5 S
*****	*****	18 09:50:41:8 PL	74328	19 09:53:40:3 S
*****	*****	19 09:50:43:6 S	76110	20 09:53:44:3 S
*****	*****	20 09:50:44:9 S	77485	21 09:53:45:8 S
*****	*****	21 09:50:51:0 S	83563	22 09:53:47:9 PL
*****	*****	22 09:50:58:5 S	91032	23 09:53:49:5 S
*****	*****	23 09:50:59:6 S	92125	24 09:53:53:0 S
*****	*****	*****	*****	25 09:53:58:2 S
*****	*****	*****	*****	26 09:54:02:8 S
*****	*****	*****	*****	27 09:54:04:6 S
*****	*****	*****	*****	28 09:54:07:9 S
*****	*****	*****	*****	*****

## **Biografija autora**

Nikola Đ. Čelar rođen je 1973. godine u Beogradu, gde je završio osnovnu školu i gimnaziju Diplomirao je 1999. godine na Saobraćajnom fakultetu Univerziteta u Beogradu. Odseku za drumski i gradski saobraćaj i transport, na temu "Analiza savremenih programskih paketa koji se koriste u upravljanju saobraćajem" sa ocenom 10 i prosečnom ocenom tokom studiranja 9.13.

Poslediplomske studije na Univerzitetu u Beogradu - Saobraćajnom fakultetu, smer Planiranje i regulisanje drumskog i gradskog saobraćaja upisao je školske 1999/00. godine.

Od 2000. godine zaposlen je na radnom mestu asistenta pripravnika na Katedri za saobraćajno inženjerstvo na predmetima Regulisanje saobraćajnih tokova i Saobraćajno projektovanje.

Magistrirao je 2007. godine na Univerzitetu u Beogradu - Saobraćajnom fakultetu sa temom „Prilog istraživanju merodavnih vrednosti zasićenog toka na signalisanim raskrsnicama“.

Od 2008. zaposlen je na Univerzitetu u Beogradu-Saobraćajnom fakultetu kao asistent za užu naučnu oblast Regulisanje i upravljanje saobraćajnim tokovima na mreži puteva i ulica. Na osnovnim akademskim studijama angažovan je na izvođenju vežbi iz predmeta Regulisanje saobraćaja, Upravljanje saobraćajem i Inteligentni transportni sistemi, dok na diplomskim akademskim studijama iz predmeta Inteligentni sistemi u upravljanju saobraćajem, Metode istraživanja u saobraćaju i Saobraćajne mreže.

Autor je i koautor 28 radova objavljenih u časopisima međunarodnog i nacionalnog značaja i na naučim i stručnim skupovima. Kao član je autorskog tima učestvovao je u izradi 12 studija, 4 tehnološka i inovaciona projekta. U dosadašnjem radu, kao projektant ili odgovorni projektant učestvovao je u preko 100 stručnih projekata.

Služi se engleskim i nemačkim jezikom. Oženjen je, otac dvoje dece

## Izjava o autorstvu

Potpisani            mr Nikola Đ. Čelar

Broj upisa

---

---

### Izjavljujem

da je doktorska disertacija pod naslovom

**PRILOG ANALIZI SAOBRAĆAJNOG PROCESA**

---

**NA SIGNALISANIM RASKRSNICAMA**

---

- rezultat sopstvenog istraživačkog rada,
- da predložena disertacija u celini ni u delovima nije bila predložena za dobijanje bilo koje diplome prema studijskim programima drugih visokoškolskih ustanova,
- da su rezultati korektno navedeni i
- da nisam kršio autorska prava i koristio intelektualnu svojinu drugih lica.

**Potpis doktoranda:**

U Beogradu, 06. juna 2013. godine

---

## **Izjava o istovetnosti štampane i elektronske verzije doktorskog rada**

Ime i prezime autora	mr Nikola Đ. Čelar
Broj upisa	_____
Studijski program	_____
Naslov rada	PRILOG ANALIZI SAOBRAĆAJNOG PROCESA NA SIGNALISANIM RASKRSNICAMA
Mentor	Prof. dr Smiljan Vukanović

Potpisani: mr Nikola Đ. Čelar  
\_\_\_\_\_

izjavljujem da je štampana verzija mog doktorskog rada istovetna elektronskoj verziji koju sam predao za objavljivanje na portalu Digitalnog repozitorijuma Univerziteta u Beogradu.

Dozvoljavam da se objave moji lični podaci vezani za dobijanje akademskog zvanja doktora nauka, kao što su ime i prezime, godina i mesto rođenja i datum odbrane rada.

Ovi lični podaci mogu se objaviti na mrežnim stranicama digitalne biblioteke, u elektronskom katalogu i u publikacijama Univerziteta u Beogradu.

**Potpis doktoranda:**

U Beogradu, 06. juna 2013. godine

\_\_\_\_\_



## Izjava o korišćenju

Ovlašćujem Univerzitetsku biblioteku „Svetozar Marković“ da u Digitalni repozitorijum Univerziteta u Beogradu unese moju doktorsku disertaciju pod naslovom:

### **PRILOG ANALIZI SAOBRAĆAJNOG PROCESA**

---

#### **NA SIGNALISANIM RASKRSNICAMA**

---

koja je moje autorsko delo.

Disertaciju sa svim prilogima predao sam u elektronskom formatu pogodnom za trajno arhiviranje.

Moju doktorsku disertaciju pohranjenu u Digitalni repozitorijum Univerziteta u Beogradu mogu da koriste svi koji poštuju odredbe sadržane u odabranom tipu licence Kreativne zajednice (Creative Commons) za koju sam se odlučio.

1. Autorstvo
2. Autorstvo - nekomercijalno
3. Autorstvo – nekomercijalno – bez prerade
4. Autorstvo – nekomercijalno – deliti pod istim uslovima
5. Autorstvo – bez prerade
6. Autorstvo – deliti pod istim uslovima

(Molimo da zaokružite samo jednu od šest ponuđenih licenci, kratak opis licenci dat je na poledini lista).

**Potpis doktoranda:**

U Beogradu, 06.juna 2013. godine

---

1. Autorstvo - Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence, čak i u komercijalne svrhe. Ovo je najslobodnija od svih licenci.
2. Autorstvo – nekomercijalno. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela.
3. Autorstvo - nekomercijalno – bez prerade. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, bez promena, preoblikovanja ili upotrebe dela u svom delu, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela. U odnosu na sve ostale licence, ovom licencom se ograničava najveći obim prava korišćenja dela.
4. Autorstvo - nekomercijalno – deliti pod istim uslovima. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence i ako se prerada distribuira pod istom ili sličnom licencom. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela i prerada.
5. Autorstvo – bez prerade. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, bez promena, preoblikovanja ili upotrebe dela u svom delu, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca dozvoljava komercijalnu upotrebu dela.
6. Autorstvo - deliti pod istim uslovima. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence i ako se prerada distribuira pod istom ili sličnom licencom. Ova licenca dozvoljava komercijalnu upotrebu dela i prerada. Slična je softverskim licencama, odnosno licencama otvorenog koda.