

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Draksler, J., 2016. Analiza sodobnih programskih orodij za modeliranje križišč. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Maher, T.): 102 str.

Datum arhiviranja: 15-09-2016

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Draksler, J., 2016. Analiza sodobnih programskih orodij za modeliranje križišč. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Maher, T.): 102 pp.

Archiving Date: 15-09-2016

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



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

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM GRADBENIŠTVO
PROMETNA SMER

Kandidat:

JANEZ DRAKSLER

**ANALIZA SODOBNIH PROGRAMSKIH ORODIJ ZA
MODELIRANJE KRIŽIŠČ**

Diplomska naloga št.: 3488/PS

**ANALYSIS OF MODERN SOFTWARE TOOLS FOR
MODELING INTERSECTIONS**

Graduation thesis No.: 3488/PS

Mentor:

doc. dr. Tomaž Maher

Ljubljana, 09. 09. 2016

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

»Ta stran je namenoma prazna«

IZJAVA O AVTORSTVU

Spodaj podpisani študent Janez Draksler, vpisna številka 26104506, avtor pisnega zaključnega dela z naslovom Analiza sodobnih programskih orodij za modeliranje križišč

IZJAVLJAM:

1. da je diplomsko delo rezultat mojega samostojnega dela;
2. da je tiskana oblika pisnega zaključnega dela študija istovetna elektronski obliki pisnega zaključnega dela študija;
3. da sem pridobil vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v pisnem zaključnem delu študija in jih v pisnem zaključnem delu študija jasno označil;
4. da sem pri pripravi pisnega zaključnega dela študija ravnal v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobil soglasje etične komisije;
5. soglašam, da se elektronska oblika pisnega zaključnega dela študija uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;
6. da na UL neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja pisnega zaključnega dela študija na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija UL;
7. da dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v pisnem zaključnem delu študija in tej izjavi, skupaj z objavo pisnega zaključnega dela študija.

Ljubljana, 26. 8. 2016

Janez Draksler

»Ta stran je namenoma prazna«

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 625.739(043.2)
Avtor: Janez Draksler
Mentor: doc. dr. Tomaž Maher, univ. dipl. inž. grad.
Somentor:
Naslov: Analiza sodobnih programskih orodij za modeliranje križišč
Tip dokumenta: diplomska naloga – UNI
Obseg in oprema: 102 str., 52 pregl., 28 graf., 33 sl.,
Ključne besede: konfliktno območje, časovna vrzel, sprednja vrzel, zadnja vrzel

Izveček:

Načrtovanje novih in rekonstrukcije obstoječih križišč je zahtevna naloga, ki sledi splošnim uveljavljenim analitičnim postopkom preverbe ustreznosti obstoječih in novih predvidenih ureditev. Poseg v ureditev križišča zahteva detajlno preučitev trenutnih razmer in razmer ob koncu planske dobe objekta. Ker analitični postopki v velikih primerih ne prikažejo realne slike dejanskega stanja v prometu in vplivov posegov v ureditve križišč na prometne tokove, so bile dodatno razvite simulacijske metode analize prometa. Z željo, da bi operirali s čim bolj natančnimi podatki o vplivu sprememb geometrije križišč na prometne tokove v križiščih, se tako vedno več poslužujemo izdelave prometnih simulacij. V današnji digitalni dobi se na trgu pojavlja veliko programskih orodij, kateri poleg analitičnih analiz ponujajo tudi možnost izdelave simulacije odvijanja prometa. Kljub različnim metodam, ki jih uporabljajo programska orodja, bi pričakovali, da njihovi rezultati pokažejo enake probleme v prometnih tokovih. Ta diplomska naloga medsebojno primerja dve pogosto uporabljeni programski orodji za izdelavo prometnih simulacij. Primerjavo smo izdelali na dejanskem križišču v Ljubljani. Naloga na kratko opiše modele posameznega programskega orodja ter za obravnavano križišče podaja primerjavo med dolžinami povprečnih kolon in primerjavo zamud za različne ureditve križišča v trenutnem času in času po planski dobi objekta.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 625.739(043.2)
Author: Janez Draksler
Supervisor: Assist. Prof. Tomaž Maher, Ph.D.
Cosupervisor:
Title: Analysis of modern software tools for modeling intersections
Document type: Graduation Thesis – University studies
Scope and tools: 102 p., 52 tab., 28 graph., 33 fig.
Key words: conflict area, gap time, front gap, rear gap

Abstract:

Design of new and reconstruction of existing crossings is a complex task that follows the general procedure of verification established analytical suitability of existing and planned new arrangements. Interference in the organization of the intersection requires a detailed examination of the current situation and the situation at the end of the planning period of the facility. Since analytical proceed in many cases do not show the real picture of the actual traffic conditions and the impact of interventions in the organization of the crossings to traffic flows were further developed simulation methods of traffic analysis. With the desire to surgery with the most accurate information on the impact of changes in the geometry of intersections on traffic flows at intersections, so we use more and more manufacturing traffic simulations. In today's digital age, the market appears a lot of software tools which offer in addition to the analytical analysis of the possibility of making simulations of traffic. Despite the different methods used by software tools, one would expect that their results show the same problems in the traffic flows. This thesis mutually comparing two commonly used software tools for the manufacture of traffic simulations. A comparison was made in a real crossroads in Ljubljana. The task of a brief description of each programming models and tools for the current intersection provides a comparison between the average lengths of queues and delays for comparing different arrangements junction in the current time and the time after the planned life of the facility.

ZAHVALA

Za pomoč in strokovne nasvete pri izdelavi diplomske naloge se zahvaljujem mentorju doc. dr. Tomažu Maherju, asist. dr. Rok Marsetiču in Simonu Detellbachu.

»Ta stran je namenoma prazna«

KAZALO VSEBINE

IZJAVA O AVTORSTVU	III
BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK	V
BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	VI
ZAHVALA	VII
1 UVOD	17
2 NAMEN, CILJ IN POTEK DELA DIPLOMSKEGA DELA.....	18
2.1 Namen diplomskega dela	18
2.2 Cilj diplomskega dela.....	18
2.3 Potek dela	18
3 TEORETIČNE OSNOVE	21
3.1 Splošno	21
3.1.1 Zakonski predpisi	21
3.1.2 Kriteriji za uvedbo križišč.....	22
3.1.3 Programska orodja.....	24
3.1.3.1 Razvrstitev orodij za analizo prometa.....	24
3.1.4 Splošno o modelih obnašanja	26
3.1.4.1 Model sledenja vozil.....	27
3.1.4.2 Model menjave pasov	27
3.1.4.3 Model prometnih pravil prednosti	27
4 VISSIM	29
4.1 Splošno o programu VISSIM	29
4.1.1 Struktura programskega orodja VISSIM	29
4.2 Osnove izdelave prometnega modela v VISSIM-u.....	30
4.2.1 Izdelava prometne mreže.....	30
4.2.2 Opis potovanja vozil po infrastrukturi.....	30
4.2.3 Kontrola in nadzor prometa	31
5 SYNCHRO/SIM TRAFFIC	32
5.1 SYNCHRO	32
5.2 SIM TRAFFIC.....	33
6 MATEMATIČNI MODELI.....	35
6.1 Model sledenja vozila (Car Following)	36

6.1.1	Model sledenja vozila Vissim (Wiedemann74).....	37
6.1.2	Model sledenja vozila Sim Traffic	38
6.2	Model menjave pasov (Line Change)	39
6.2.1	Model menjave pasov v programu Vissim	39
6.2.2	Model menjave pasov v programu Sim Traffic.....	39
6.2.2.1	Model menjave enega voznega pasu (Single Line Change).....	40
6.3	Model sprejemljivih časovnih vrzeli (Gap acceptance).....	41
6.3.1	Vissim – model časovnih vrzeli.....	41
6.3.2	Synchro – model časovnih vrzeli	42
6.4	Parametri mer učinkovitosti in njihov pomen.....	44
6.4.1	Parametri učinkovitosti - Vissim.....	44
6.4.2	Sim Traffic.....	45
7	KALIBRACIJA IN MERE UČINKOVITOSTI	46
7.1	Kalibracija.....	46
7.1.1	Splošni postopek kalibracije prometnih modelov	46
7.1.2	Proces kalibriranja.....	46
7.1.3	Mere za učinkovitost.....	47
7.1.4	Strategija kalibriranja.....	47
7.1.5	Cilji za doseg ustreznega osnovnega modela.....	48
7.2	Kalibracija prometnih modelov	49
7.2.1	Kalibracija modela Vissim.....	49
7.2.2	Kalibracija modela Sim Traffic	50
7.3	Kalibriranje oz. umerjanje modelov na praktičnem primeru	51
7.3.1	Kalibracija v programu Vissim	51
7.3.2	Kalibracija v programu Sim Traffic.....	57
8	IDENTIFIKACIJA PROBLEMATIKE KRIŽIŠČA.....	60
8.1	Lokacija	60
8.2	Opis obstoječega stanja	62
8.2.1	Geometrijski podatki križišča	62
8.2.2	Opis obstoječe prometne ureditve križišča	62
8.3	Podatki o prometnih obremenitvah	63
8.3.1	Zajem preostalih terenskih podatkov	67
8.3.2	Planska doba in stopnja rasti.....	69
9	PLAN IZDLAVE PROMETNIH MODELOV.....	73
10	MODEL OBSTOJEČEGA STANJA-OBSTOJEČE KRIŽIŠČE (OK).....	74

10.1	Modeliranje in simulacije obstoječega stanja Vissim.....	74
10.1.1	Prikaz rezultatov za trenutni čas.....	76
10.1.2	Prikaz rezultatov za čas po planski dobi.....	78
10.1.2	Synchro – Sim Traffic.....	79
10.1.3	Prikaz rezultatov za trenutni čas.....	80
10.1.4	Prikaz rezultatov za čas po planski dobi.....	82
11	MODEL NOVEGA STANJA KLASIČNO KRIŽIŠČE-ODSTOP PREDNOSTI (KK)	84
11.1	Modeliranje novega klasičnega križišča Vissim	85
11.1.1	Prikaz rezultatov za trenutni čas.....	86
11.1.2	Prikaz rezultatov za čas po planski dobi.....	88
11.2	Modeliranje klasičnega križišča Synchro/Sim Traffic.....	89
11.2.1	Prikaz rezultatov za trenutni čas.....	90
11.2.3	Prikaz rezultatov za čas po planski dobi.....	91
12	MODEL NOVEGA STANJA-SEMAFORIZIRANO KRIŽIŠČE(SK)	92
12.1	Modeliranje novega semaforiziranega križišča v programu Vissim	94
12.1.1	Prikaz rezultatov za trenutni čas.....	95
12.1.2	Prikaz rezultatov za čas po planski dobi.....	97
12.2	Modeliranje novega semaforiziranega križišča v programu Synchro/Sim Traffic.....	99
12.2.1	Prikaz rezultatov za trenutni čas.....	100
12.2.2	Prikaz rezultatov za čas po planski dobi.....	102
13	ANALIZE IN PRIMERJAVE REZULTATOV	104
13.1	Analiza rezultatov v programu Vissim.....	104
13.1.1	Primerjava dolžin kolon in zamud za trenutni čas v jutranji konični uri.....	104
13.1.2	Primerjava dolžin kolon in zamud za trenutni čas v popoldanski konični uri.....	106
13.1.3	Primerjava dolžin kolon in zamud za čas po planski dobi v jutranji konični uri	107
13.1.4	Primerjava dolžin kolon in zamud za čas po planski dobi v popoldanski konični uri	108
13.2	Analiza rezultatov v programu SimTraffic	109
13.2.1	Primerjava dolžin kolon in zamud za trenutni čas v jutranji konični uri.....	109
13.2.2	Primerjava dolžin kolon in zamud za trenutni čas v popoldanski konični uri.....	110
13.2.3	Primerjava dolžin kolon in zamud po planski dobi v jutranji konični uri	112
13.2.4	Primerjava dolžin kolon in zamud po planski dobi v popoldanski konični uri.....	113
13.3	Analiza rezultatov primerjav programa Vissim in SimTraffic.....	114
14	ZAKLJUČEK.....	118

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Nivo uslug za križišča (Pravilnik o projektiranju cest, Ur.l. RS, št. 91/05).....	22
Preglednica 2: Tabela časovnih vrzeli Synchro (Synchro Studio 7, 2006: str. 24-29).....	43
Preglednica 3: Opis mer učinkovitosti Vissim (PTV Vissim User Manual 7, 2014).....	44
Preglednica 4: Mere učinkovitosti progam Sim Traffic (Synchro Studio 7, 2006).....	45
Preglednica 5: Mere za učinkovitost (Traffic Analysis Toolbox Volume VI.,2007: str.: 28)	47
Preglednica 6: Splošni cilji za modeliranje(Traffic Analysis Handbook, 2014: str. 66).....	48
Preglednica 7: Parametri modela sledenja vozila (Traffic Analysis Handbook, 2014: str. 73)49	
Preglednica 8: Parametri modela časovnih vrzeli pravila prednosti	49
Preglednica 9: Parametri modela časovnih vrzeli konfliktnih območij (PTV Vissim User Manual 7: str: 481 – 483)	50
Preglednica 10: Kalibracijski parametri	50
Preglednica 11: Kalibracijski parametri v programu Vissim	52
Preglednica 12: Primerjava odstopanj med simulirano in dejansko kolono.....	56
Preglednica 13: Primerjava prometnih obremenitev	56
Preglednica 14: Preglednica prikaza spreminjanja parametrov pri kalibraciji Sim Traffic.....	57
Preglednica 15: Prikaz odstopanja med ocenjenimi in simuliranimi dolžinami kolon.....	59
Preglednica 16: Kontrola prometnih obremenitev	59
Preglednica 17: Podatki o dimenzijah prometnih pasov	62
Preglednica 18: Prometna funkcija obravnavanih cest	63
Preglednica 19: Rast dnevni prometnih obremenitev	70
Preglednica 20: Mere učinkovitosti za čas jutranje konice (OK)	76
Preglednica 21: Mere učinkovitosti za čas popoldanske konice (OK).....	77
Preglednica 22: Mere učinkovitosti za čas jutranje konice (OK)	78
Preglednica 23: Mere učinkovitosti za čas popoldanske konice v letu 2036 (OK).....	78
Preglednica 24: Mere učinkovitosti za čas jutranje konice (OK)	80
Preglednica 25: Mere učinkovitosti za čas popoldanske konice (OK).....	81
Preglednica 26: Mere učinkovitosti za čas jutranje konice (OK)	82
Preglednica 27: Mere učinkovitosti za čas popoldanske konice (OK).....	82
Preglednica 28: Mere učinkovitosti za jutranjo konično uro (KK)	86
Preglednica 29: Mere učinkovitosti za popoldansko konično uro (KK).....	87
Preglednica 30: Mere učinkovitosti za jutranjo konično uro (KK)	88
Preglednica 31: Mere učinkovitosti za popoldansko konično uro (KK).....	88
Preglednica 32: Mere učinkovitosti za čas jutranje konice (KK).....	90
Preglednica 33: Mere učinkovitosti za čas popoldanske konice (KK)	90
Preglednica 34: Mere učinkovitosti za čas jutranje konice (KK).....	91

Preglednica 35: Mere učinkovitosti za čas popoldanske konice (KK)	91
Preglednica 36: Osnovne dolžine posameznih časov cikla (Tehnični normativi za projektiranje in opremo mestnih prometnih površin, 1991: str. 24)	93
Preglednica 37: Prikaz rezultatov za jutranjo konico (SK)	95
Preglednica 38: Podatki signalnega programa – dolžina ciklusa 60 s	95
Preglednica 39: Prikaz rezultatov za popoldansko konico (SK) – dolžina ciklusa 70 s	96
Preglednica 40: Podatki signalnega programa – dolžina ciklusa 70 s	96
Preglednica 41: Prikaz rezultatov za jutranjo konico (SK) – dolžina cikla 70 s.....	97
Preglednica 42: Podatki signalnega programa – dolžina cikla 70 s	97
Preglednica 43: Prikaz rezultatov za popoldansko konico (SK) – dolžina cikla 120 s	98
Preglednica 44: Podatki signalnega programa – dolžina cikla 120 s	98
Preglednica 45: Mere učinkovitosti za čas jutranje konice – dolžina cikla 60 s.....	100
Preglednica 46: Podatki signalnega programa – dolžina cikla 60 s	100
Preglednica 47: Mere učinkovitosti za čas popoldanske konice – dolžina cikla 60 s	101
Preglednica 48: Podatki signalnega programa – dolžina cikla 60 s	101
Preglednica 49: Mere učinkovitosti za čas jutranje konice.....	102
Preglednica 50: Podatki signalnega programa – dolžina cikla 80 s	102
Preglednica 51: Mere učinkovitosti za čas popoldanske konice	103
Preglednica 52: Podatki signalnega programa – dolžina cikla 90 s	103

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Prikaz nihanja dolžin kolon pri umerjanju	54
Grafikon 2: Dolžine simuliranih kolon smer Njogoševa jug-Njogoševa sever.....	54
Grafikon 3: Maksimalne dolžine simuliranih kolon	55
Grafikon 4: Primerjava ocenjenih kolon s kolonami programa Vissim.....	55
Grafikon 5: Prikaz nihanj dolžin kolon pri spreminjanju parametrov.....	58
Grafikon 6: Prikaz odstopanj izbranega primera s izmerjenimi dolžinami kolon	58
Grafikon 7: Prikaz nihanja prometa preko celotnega dne (EOV)	64
Grafikon 8: Ocenjene dolžine povprečnih kolon za jutranjo konico	67
Grafikon 9: Primerjava povprečnih dolžin kolon	104
Grafikon 10: Primerjava zamud na vozilo	105
Grafikon 11: Primerjava povprečnih dolžin kolon.....	106
Grafikon 12: Primerjava zamud na vozilo	106
Grafikon 13: Primerjava povprečnih dolžin kolon.....	107
Grafikon 14: Primerjava zamud na vozilo	107
Grafikon 15: Primerjava povprečnih dolžin kolon.....	108
Grafikon 16: Primerjava zamud na vozilo	108
Grafikon 17: Dolžina kolon v jutranji konični uri	109
Grafikon 18: Zamude v jutranji konični uri	110
Grafikon 19: Dolžina kolon v popoldanski konični uri.....	110
Grafikon 20: Zamude v popoldanski konični uri.....	111
Grafikon 21: Dolžina kolon v jutranji konični uri	112
Grafikon 22: Zamude v jutranji konični uri	112
Grafikon 23: Dolžina kolon v popoldanski konični uri.....	113
Grafikon 24: Zamude v popoldanski konični uri.....	113
Grafikon 25: Primerjava povprečnih dolžin kolon.....	114
Grafikon 26: Primerjava zamud na vozilo	115
Grafikon 27: Primerjava povprečnih dolžin kolon.....	116
Grafikon 28: Primerjava zamud na vozilo	116

KAZALO SLIK

Slika 1: Grafični prikaz poteka dela	20
Slika 2: Medsebojna odvisnost voznik – vozilo – omrežje	26
Slika 3: Shematski prikaz strukture simulatorja (Fellendorf , Vortisch, 2010: str. 67)	29
Slika 4: Prikaz lastnosti povezav (link-ov)	30
Slika 5: Prikaz prometnega toka na modelu	31
Slika 6: Prikaz tabele za vnos lastnosti link-ov	33
Slika 7: Prikaz polja za vnos podatkov o lastnostih voznikov.....	34
Slika 8: Prikaz polja za vnos podatkov o lastnostih vozil	34
Slika 9: Prikaz nastavitve lastnosti vedenja voznikov po Wiedemann 74 metodologiji.....	38
Slika 10: Prikaz delitve območja za menjavo voznih pasov (Synchro Studio 7, 2006: str. 24-9)	40
Slika 11: Prometna situacija pri analizi Priority Roules (PTV Vissim 7, 2015: str.:457)	41
Slika 12: Prikaz sprednje vrzeli (PTV Vissim 7, 2015: str. 457)	42
Slika 13: Prikaz zadnje vrzeli (PTV Vissim 7, 2015: str. 457)	42
Slika 14: Pregledna situacija cestnega omrežja	60
Slika 15: Mikrolokacija obravnavanega križišča	61
Slika 16: Prikaz obstoječega stanja (Geodetski načrt LUZ d.d.)	61
Slika 17: Obstoječa prometna obremenitev v jutranji konici	65
Slika 18: Prometna obremenitev v popoldanski konici.....	66
Slika 19: Video meritve obravnavanega križišča	67
Slika 20: Prikaz dnevnih obremenitev leta 2005.....	69
Slika 21: Prometna obremenitev v popoldanski konici ob koncu planske dobe 20 let.....	71
Slika 22: Prometna obremenitev v popoldanski konici ob koncu planske dobe 20 let.....	72
Slika 23: Obravnavani prometni modeli.....	73
Slika 24: Plan modeliranja obstoječega stanja	74
Slika 25: Obstoječe križišče –Vissim.....	75
Slika 26: Obstoječe križišče	79
Slika 27:Plan modeliranja klasičnega križišča	84
Slika 28: Prikaz predlaganega stanja v programu Vissim	85
Slika 29: Nova predlagana ureditev z oznakami pasov - Sim Traffic	89
Slika 30: Prikaz izdelanih modelov semaforiziranih križišč	92
Slika 31: Uporabljen fazni diagram.....	93
Slika 32: Prikaz semaforiziranega križišča Vissim	94
Slika 33: Prikaz predvidenega semaforiziranega križišča	99

KRATICE

FKU	faktor konične ure
EOV	enote osebnih vozil
ZCes-1	Zakon o cestah
ZPrCP	Zakon o pravilih cestnega prometa
ZVCP	Zakon o varnosti cestnega prometa
HCM	Highway Capacity Manual
ICU	Intersection Capacity Utilization
TSC	tehnične specifikacije
ITS	Inteligentni transportni sistemi
DOF	Digitalni ortofoto
GHR	Gazis-Herman-Rothery model
FODT	Florida Department of Transportation
MOE	mere učinkovitosti
S	jug
N	sever
E	vzhod
W	zahod

1 UVOD

Križišča, površine po katerih potekajo prometni tokovi kot ozka grla cestnega omrežja, predstavljajo enega izmed ključnih elementov za zmanjšanje pretočnosti cestnega omrežja ter zniževanje funkcionalnosti cest. Prometni tokovi v križišču, njihovi konflikti in konfliktne točke so med drugim tudi krivci za prometne nesreče ter zastoje v prometu.

Za reševanje prometnih problemov je v Sloveniji uveljavljen postopek izdelave prometne študije z namenom izbire ustrezne ureditve križišča. Ustreznost ureditve se v prometni študiji določa na podlagi zagotavljanja upoštevanja kriterijev za uvedbo križišča. Eden izmed kriterijev je kriterij prepustnosti.

Kriterij prepustnosti pomeni ugotavljanje ravni prepustnosti predvidenega križišča ob koncu planske dobe in temu primerna kontrola in izbira elementov križišča. Za analizo prepustnosti se v praksi uporabljajo različna analitična in mikrosimulacijska programska orodja, ki temeljijo na analitični in simulacijski analizi prometnih tokov. Uporabnik lahko za izdelavo analize izbira med številnimi programi različnih proizvajalcev. S ponujeno programsko opremo proizvajalci zagotavljajo ustrezne rezultate. Odgovor na vprašanje o uporabnosti mikrosimulacijske programske opreme smo poizkusili poiskati v obravnavani diplomski nalogi. Med programskimi orodji smo za reševanje problema prepustnosti križišča izbrali dve orodji, ki se pogosteje uporabljata v našem okolju, in ju medsebojno primerjali na konkretnem primeru.

2 NAMEN, CILJ IN POTEK DELA DIPLOMSKEGA DELA

2.1 Namen diplomskega dela

Namen naloge je predstaviti potek izdelave analize in optimizacije križišča z različnimi simulacijskimi programskimi orodji. Na konkretnem križišču bomo preizkusili programska orodja ter predstavili probleme, na katere smo naleteli tekom izdelave prometnih analiz. V diplomski nalogi bomo obravnavali program Sim Traffic 7.0 in Vissim 7.0, ki sta simulacijski programski orodji. Prikazali bomo dobljene rezultate prometnih analiz in predstavili medsebojna odstopanja.

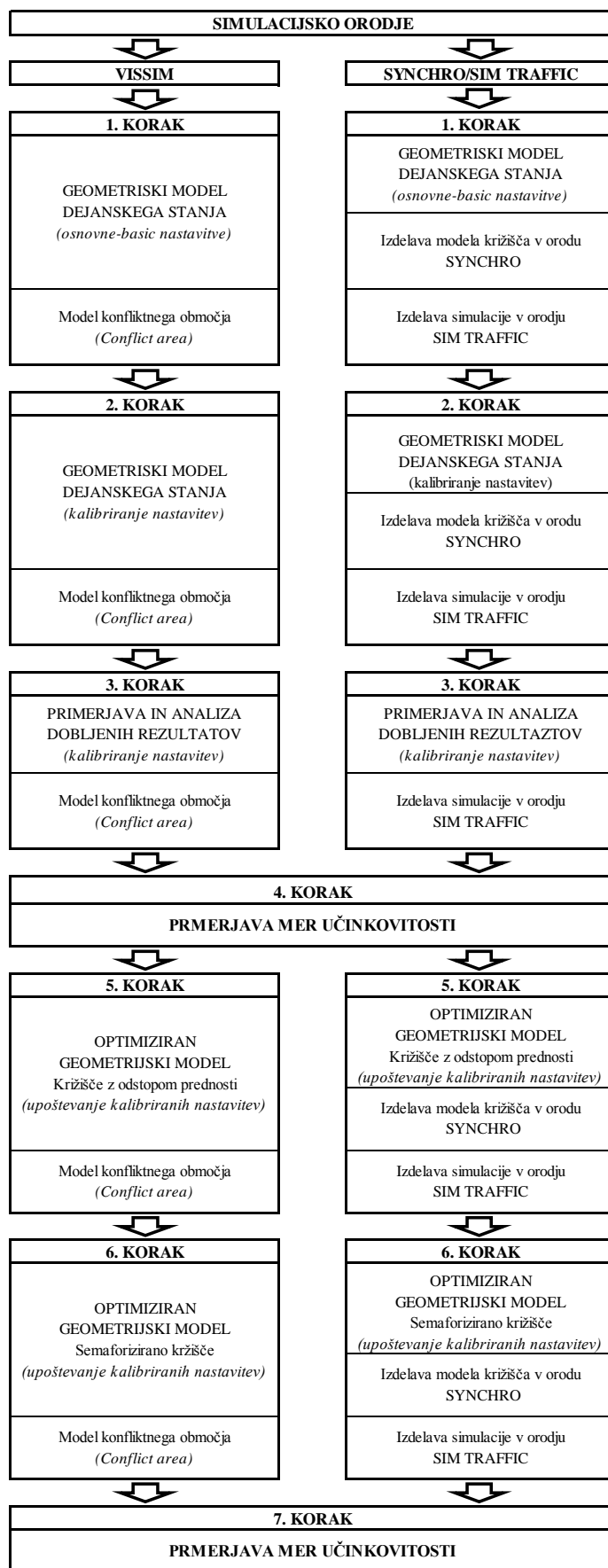
2.2 Cilj diplomskega dela

Osnovni cilj je uporabnikom programske opreme ponuditi oceno primernosti praktične uporabe obravnavanih orodij in opozoriti na razlike, ki se bodo pojavile v okviru izvajanja simulacij ter za obravnavano križišče na podlagi dobljenih rezultatov in primerjav podatki usmeritve ter ukrepe za izvedbo optimizacije križišča.

2.3 Potek dela

Za izdelavo prometne analize smo oktobra 2015 izvedli štetje prometa. Izvedeno je bilo 16-urno štetje prometa po 15 min intervalih. Štetje je vključevalo tudi štetje kolesarjev in pešcev. Poleg prometnih obremenitev so bile v koničnih urah izvedene meritve dolžine kolon v vseh smereh. Po pridobljenih terenskih podatkih prometnih obremenitev smo opravili meritve geometrije križišča. Pridobljene prometne obremenitve so služile za natančno določitev koničnih ur, FKU (faktorjev konične ure), ter deleža tovornih vozil. Po analizi prometnih podatkov smo pričeli z izdelavo prometnih modelov. V splošnem smo najprej izdelali prometni model dejanskega stanja v vsakem izmed obravnavanem programskem orodju. Prvi model je bil analiziran z osnovnimi (*default value*) programskimi nastavitvami, ki opredeljujejo lastnosti vozil in voznikov. V nadaljevanju smo ohranili geometrijo modela in dovoljene hitrosti vozil na posameznem kraku, vendar spreminjali nastavitve lastnosti voznikov tako, da se je simulirano stanje čim bolj približalo dejanskemu stanju na terenu. Modele smo prilagajali glede na povprečne dolžine kolon in maksimalne dolžine kolon, ki so bile izmerjene na terenu. Nato smo izdelali optimizacijo geometrije križišča, ki naj bi zadostila potrebam prometnih obremenitev skladno z obstoječo zakonodajo (rekonstrukcija objekta planska doba 20 let). Z upoštevanjem kalibriranih parametrov smo izdelali model klasičnega križišča z odstopom prednosti v obeh programskih orodjih. V nadaljevanju naloge smo v

obeh programskih orodjih izdelali še model in simulacijo semaforiziranega križišča. Omenjene rešitve smo analizirali za trenutno stanje in stanje po koncu planske dobe. Rezultate smo med seboj primerjali. V zadnji fazi diplomske naloge smo podali povzetek analiz, predstavili ugotovitve in zapisali zaključke diplomske naloge. Celoten potek dela smo prikazali na sliki 1.



Slika 1: Grafični prikaz poteka dela

3 TEORETIČNE OSNOVE

3.1 Splošno

3.1.1 Zakonski predpisi

V Sloveniji z ZCes-1 (Zakon o cestah) med drugim določamo enotna pravila za gradnjo, upravljanje in vzdrževanje vseh javnih cest ter pogoje za uporabo nekategoriziranih cest, ki se uporabljajo za javni cestni promet, zaradi zagotavljanja enakih pogojev za varno odvijanje cestnega prometa na celotnem cestnem omrežju. S tem zakonom se prenaša tudi Direktiva Evropskega parlamenta in Sveta o izboljšanju varnosti cestne infrastrukture. Poleg zakona o cestah imamo tudi ZPrCP (Zakon o pravilih cestnega prometa), s katerim se določajo prometna pravila ravnanja v cestnem prometu ter pooblastila in sankcije, ki jih pri izvajanju tega zakona izrekajo pristojni organi. Imamo tudi ZVCP (Zakon o varnosti cestnega prometa), ki ureja pravila in pogoje za udeležbo v cestnem prometu.

Poleg zakonov pa v našem okolju veljajo tudi pravilniki in tehnične specifikacije. Pri urejanju križišč se tako opiramo na vse zakonske regulative, le-te pa nam predpisujejo kriterije, katerim moramo slediti, da se pri ureditvi objektov zagotavlja čim večja ter s predpisi vsaj minimalna varnost objekta.

Kot osnova za urejanje cest in križišč nam služi Pravilnik o projektiranju cest, ki določa tehnične zahteve, pogoje in normative, ki se morajo zaradi zagotavljanja prometne varnosti in ekonomičnosti gradnje ter vzdrževanja javnih cest in njihovih elementov upoštevati za namen gradnje, uporabe in vzdrževanja cest.

Pravilnik o projektiranju cest v svojem 1. odstavku 12. člena navaja, da se nivo uslug določi po HCM metodi, v nadaljevanju pa v 4. odstavku navaja zahtevan nivo uslug za novo oz. rekonstruirano križišče na koncu planskega obdobja.

Preglednica 1: Nivo uslug za križišča (Pravilnik o projektiranju cest, Ur.l. RS, št. 91/05)

Funkcija ceste	Nivo uslug
Daljinska cesta	D
Povezovalna cesta	E
Zbirna cesta	E
Dostopna cesta	E

Križišča in priključke natančneje obravnava Pravilnik o cestnih priključkih na javne ceste, ki v 7. členu (prometne obremenitve in prepustnost) navaja osnovne usmeritve in pogoje o izdelavi prometne analize prometnih obremenitev in prepustnosti cestnih priključkov in križišč. V splošnem se za določitev kapacitete križišč in priključkov uporabljajo programska orodja, ki temeljijo na osnovi analitičnih metod. Z dostopnostjo računalnikov pa se za analizo križišč vedno več uporablja tudi simuliranje odvijanja prometa.

V diplomski nalogi se bomo osredotočili na programska mikrosimulacijska orodja, s katerimi bomo ovrednotili predlagane možnosti optimizacije križišča. Izbira ustreznega programskega orodja je eden ključnih korakov pri izdelavi analize prepustnosti križišča. Ameriški oddelek za promet (U.S. Department of Transpost) ima definirano metodologijo za izbiro orodja za analizo prometa, ki nam je služila v pomoč pri izbiri programskega orodja (Traffic Analysis Toolbox Volume II. 2004).

3.1.2 Kriteriji za uvedbo križišč

Namen križišč je omogočiti združevanje, križanje, prepletanje in cepljenje prometnih tokov po načelu zagotavljanja naslednjih splošnih kriterijev (Maher in sod., 2009: str. 3)

- funkcionalni kriterij,
- kriterij prepustnosti,
- prostorski kriterij,
- prometno - varnostni kriterij,
- kriterij čakalnih časov,
- ekonomski kriterij.

Funkcionalni kriterij

Pri presoji smiselnosti (upravičenosti) izvedbe križišča s stališča funkcionalnega kriterija gre za preveritev funkcije (notranji promet ali tranzitni) vloge (pretočnost ali prevoznost) in položaja (v ali izven urbanega območja) obravnavanega križišča v globalni cestni mreži nekega naselja ali širšega območja ter za preveritev ali je krožno križišče ustrezna rešitev za pričakovano funkcijo, ki jo bo imela izbrana oblika križišča. Gre torej za pridobitev odgovora na vprašanje: Kakšna je primarna vloga križišča?

Kriterij prepustnosti

Kriterij prepustnosti pomeni ugotavljanje ravni prepustnosti predvidenega križišča ob koncu planske dobe in temu primerna kontrola in izbira elementov križišča (števila prometnih pasov, preveritev potrebe po usmerjevalnih pasovih, izbira načina vodenja prometnih tokov).

Vpliv umestitve križišča med dve obstoječi (ali predvideni) zaporedni križišči se preveri s prometno študijo.

Odgovoriti je potrebno predvsem na vprašanje: Ali bo rešitev ustrezala pričakovanim prometnim obremenitvam ob koncu planske dobe?

Kot ocena za preverbo primernosti križišča je potrebno preveriti naslednja merila uspešnosti:

- v/c oz. stopnja izkoriščenosti za posamezno smer,
- povprečne zamude na vozilo za posamezno smer in nivo uslug,
- povprečna dolžina kolone in 95-ti percentil dolžine kolone,
- število ustavljanj.

Prostorski kriterij

Vrsta in način porazdelitve prometa v nivojskih križiščih ter priključkih, število prometnih pasov in izvedba usmerjevalnih pasov vplivajo na izbiro projektno-tehničnih elementov križišča, s tem pa tudi na porabo prostora, potrebnega za izvedbo križišča. Gre torej za preveritev zadostnosti prostora za izvedbo predvidenega križišča z elementi, ki ustrezajo kriteriju prepustnosti.

Prometno – varnostni kriterij

Pri prometno-varnostnem kriteriju gre za preveritev ravni prometne varnosti predvidenega križišča, ki jo bo nudila predvidena vrsta in način porazdelitve prometa, uporabljeni projektno-tehnični elementi križišča ter razpoložljiv prostor. Gre za preveritev uporabljenih elementov za zadoščanje funkcionalnega in prostorskega kriterija ter kriterija prepustnosti s stališča prometne varnosti.

Prej navedene globalne kriterije je potrebno preveriti ne glede na to ali imamo opravka z rekonstrukcijo ali novogradnjo. Pomembnost in vrstni red naštetih globalnih kriterijev je odvisna od stvarnih okoliščin in se razlikuje od primera do primera.

Kriterij čakalnih časov

Čakalni časi so glavna mera pri vrednotenju nivoja uslug. Pri vožnji skozi križišče se zaradi vodenja prometa in geometrije križišča ustvarjajo zamude. Vsebujejo vožnjo pri počasni hitrosti in ustavljanja v koloni na uvozni cesti v križišče. Zamude vsebujejo tudi čas za zaustavljanje (zaviranje) in čas pri pospeševanju.

Ekonomski kriterij

Ekonomski kriterij predstavlja ekonomsko upravičenost predlagane rešitve oz. kolikšni bodo stroški izvedbe in vzdrževanja križišča. Pri presoji tega kriterija je smiselna izvedba primerjave z drugimi možnimi rešitvami (semaforiziranim križiščem, podhodom...).

Diplomska naloga obsega analizo programske opreme, s katero bomo tekom izvajanja simulacij preverjali zamude in dolžine kolon. Ostale kriterije pa tekom analize ne bomo preverjali.

3.1.3 Programska orodja

Analizo prometa oz. prometnih obremenitev križišč in prometnih omrežij lahko izvedemo z več programskimi orodji, ki zajemajo metodologije in postopke, ki se običajno uporabijo za:

- vrednotenje, simuliranje ali optimiziranje delovanja prometnih sistemov in objektov,
- modeliranje obstoječega stanja in napoved stanja projektiranih variant,
- vrednotenje različnih analitičnih vidikov (planiranja, projektiranja ali vodenja).

Transportna naloga gre skozi več stopenj, kot so planiranje, izboljšave, projektiranje, uvajanje itn., pri čemer pa vsaka stopnja zahteva svoji težavnosti primerno orodje. Prve stopnje vključujejo manj podrobna orodja, kot so orisno načrtovanje ali prometno povpraševanje, medtem ko zadnje stopnje zahtevajo bolj podrobna orodja, kot so prometne simulacije.

3.1.3.1 Razvrstitev orodij za analizo prometa

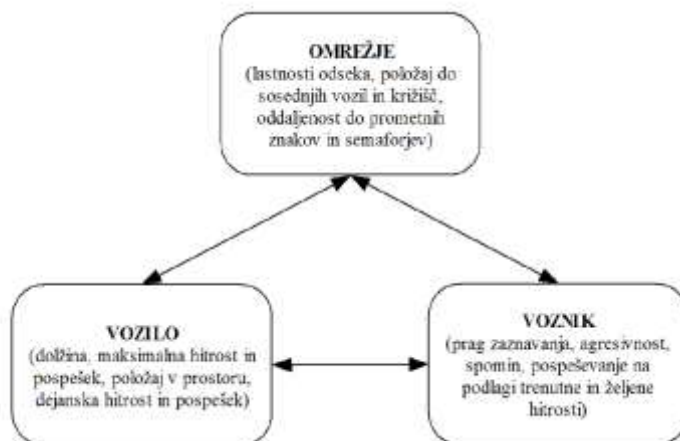
Orodja za analizo prometa lahko razvrstimo v naslednje kategorije (kategorije so povzete po priročniku Traffic Analysis Toolbox Volume II. 2004.):

- 1. Skicirno-načrtna orodja** služijo za splošno oceno vplivov na prometno povpraševanje in prometno delovanje, ki jih bodo prinesle izboljšave ali spremembe v prometnem sistemu. Omogočajo vrednotenje variant brez poglobljene inženirske analize. Ta orodja so najpreprostejša in tudi najcenejša za prometno analizo, vendar pa so zelo omejena, analitično groba in predstavitevno pomanjkljiva.
- 2. Modeli prometnega povpraševanja** služijo za napoved prometnega povpraševanja, s tem da upoštevajo izbiro cilja, čas potovanja, prevozno sredstvo, prometno mrežo... Njihova glavna pomanjkljivost se kaže pri uvajanju inteligentnih transportnih sistemov (ITS) ali operacijskih strategij v prometno mrežo, kar je posledica slabe predstavitve dinamične narave prometa v teh modelih.
- 3. Analitična oz. deterministična orodja** so primerna za analizo delovanja prometnih elementov manjšega obsega, vendar so omejena pri analizi prometne mreže ali vplivov na prometni sistem.
- 4. Orodja za optimizacijo prometnih naprav** so namenjena predvsem za izračun optimalnih semafornih faz posameznih križišč, glavne ceste ali mreže.
- 5. Makroskopski simulacijski modeli** so zasnovani na determinističnih razmerjih med pretokom, hitrostjo in gostoto prometnega toka. Posamezna vozila so združena v prometni tok na odsekih. Njihova prednost pred mikroskopskimi simulacijami je v skromnejši zahtevnosti računalniške opreme. Njihova slabost se pokaže, če želimo oceniti vpliv sprememb transportnega sistema, saj pri tem ne upoštevajo generacije in distribucije potovanj in izbiro prometnega sredstva. Prav tako ne nudijo tako podrobne analize prometnih izboljšav kakor mikroskopske simulacije.
- 6. Mezoskopski simulacijski modeli** združujejo karakteristike makroskopskih in mikroskopskih simulacijskih modelov. Prometni tok je obravnavan kot posamezno vozilo s svojimi in voznikovimi značilnostmi in odzivom na cestne karakteristike. Gibanje pa je obravnavano iz makroskopskega vidika in je opisano s povprečno hitrostjo na obravnavanemu odseku oziroma linku.
- 7. Mikroskopski simulacijski modeli** prikazujejo gibanje posameznega vozila s teorijami kot so sledenje vozila in menjava voznih pasov. S stohastičnim procesom (statistično distribucijo prihodov) vozila vstopajo v prometno mrežo in imajo običajno

že izbran cilj, tip vozila ter tip voznika. Gibanje vozila se nato spremlja (zapisuje) v kratkih intervalih (v eni sekundi ali delčkih sekunde). Glavni dejavniki, ki vplivajo na kalibracijo in validacijo modela so občutljivostni faktorji voznika. Mikroskopske simulacije so omejene z računalniško strojno opremo – ta omejuje tudi velikost mreže in število simulacij, ki se jih lahko izvede.

3.1.4 Splošno o modelih obnašanja

Mikroskopski simulacijski model je sestavljen iz treh modelov obnašanja, ki opišejo medsebojni odnos voznik – vozilo – cesta (slika 2). Model sledenja vozil opiše, kako se vozilo obnaša v odnosu na predhodno vozilo. Model menjave pasov posnema obnašanje voznikov ob menjavi pasov oz. pri razvrščanju v križišču. Model prometnih pravil prednosti pa opisuje pravila pri vključevanju v križišču ali krožišču in upoštevanje semaforških ciklusov.



Slika 2: Medsebojna odvisnost voznik – vozilo – omrežje

3.1.4.1 Model sledenja vozil

Natančnost simulacijskega modela je odvisna predvsem od kakovosti modeliranja premikanja vozil v omrežju. Sodobni modeli uporabljajo osnovni princip interakcijskega diagrama obnašanja voznika, ki nenehno spreminja hitrost. Voznik namreč pospešuje do želene hitrosti, pri tem pa mora z zaviranjem tudi upoštevati pred seboj vozeče vozilo. Hitrost in pospešek vozil nista določena deterministično, temveč stohastično preko statistično določenih distribucij.

Voznik ima štiri možne načine vožnje:

- prosta vožnja, kjer ni vpliva pred seboj vozečih vozil, voznik želi doseči ali ohraniti želeno hitrost,
- približevanje, ki je proces prilagajanja hitrosti pred seboj vožečemu vozilu, s ciljem doseči razliko v hitrosti enako nič na varnostni razdalji,
- sledenje, ki je vzdrževanje varnostne razdalje, brez zavednega pospeševanja ali zaviranja,
- zaviranje, ko razdalja do pred seboj vozečega vozila pade pod varnostno razdaljo, kar se zgodi o nenadni spremembi hitrosti ali manevru tretjega vozila).

Modeli, uporabljeni v sodobnih mikrosimulacijskih orodjih, upoštevajo ne samo več pred seboj vozečih vozil, ampak tudi vozila na sosednjih (istosmernih) pasovih.

3.1.4.2 Model menjave pasov

Model menjave pasov je kombinacija modelov minimalnega razmika potrebnega za menjavo pasov (gap acceptance) in pospeševanja, ki določi ali bo voznik zamenjal pas ali ne. V zadnjem času se razvijajo t.i. taktični modeli menjave pasov, ki upoštevajo tudi predhodne poskuse menjave pasov posameznega voznika. Tako se potreben minimalen razmik s številom poskusov krajša. Potreben razmik je odvisen tudi od tega ali je manever nujen (izbira pasov v križišču ali izvozna rampa) ali prostovoljen (menjava pasov na večpasovni cesti).

3.1.4.3 Model prometnih pravil prednosti

Osnova za model prometnih pravil prednosti temelji na dveh principih. Lokacija prometnega znaka določi, katero vozilo ima prednost. Vozilo se za vključevanje odloča na podlagi razmika do vozila, ki ima prednost. Model upošteva oddaljenost, hitrost in pospeševanje prednostnega vozila in se na podlagi upoštevanja pospeška odloči za morebitno vključevitev ali ne. Naprednejši modeli upoštevajo tudi to, da se s čakanjem na vključevanje krajša

minimalni razmik še sprejemljiv za vključevanje. Pri obnašanju v semaforiziranih križiščih, je princip upoštevanja prednosti podoben. Voznik zazna bližajoči se semafor in se na podlagi trenutne hitrosti in oddaljenosti do križišča odloči za pospeševanje ali zaviranje.

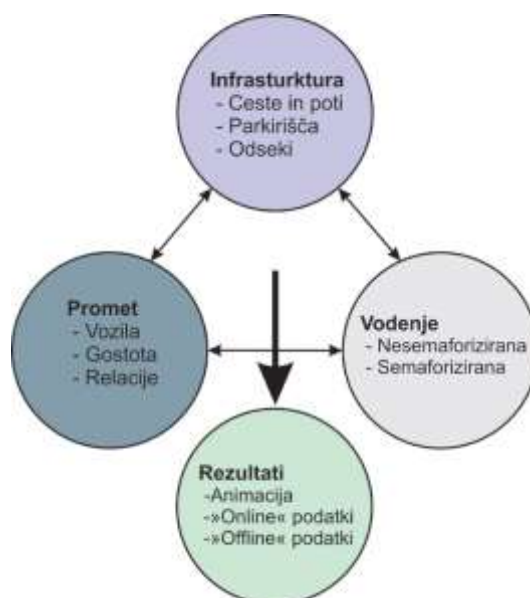
4 VISSIM

4.1 Splošno o programu VISSIM

Vissim je mikroskopski simulacijski program, ki temelji na večnamenski simulaciji prometnih tokov in na njihovi analizi in optimizaciji.

4.1.1 Struktura programskega orodja VISSIM

Programsko orodje je sestavljeno iz treh glavnih delov in dodatnega, ki prikaže rezultate simulacij. Program Vissim tako opisuje gibanje vozil v modeliranem cestnem omrežju. Prvi je infrastrukturi del, drugi predstavlja tehnične značilnosti in specifikacije prometnih tokov, tretji pa predstavlja elemente, ki so povezani z nadzorom prometa. Infrastrukturni del sestavlja prometna infrastruktura z vsemi dodatnimi elementi vključno s prometnimi znaki, semaforji, detektorji... Tehnične značilnosti o lastnostih vozil in specifikacije prometnih tokov so podane v drugem delu programskega orodja. V tretji del programske opreme spadajo vsa pravila vožnje v križiščih, nastavitve signalov in sprejemanje časovnih praznin (PTV Vissim User Manual 7, 2014).



Slika 3: Shematski prikaz strukture simulatorja (Fellendorf , Vortisch, 2010: str. 67)

4.2 Osnove izdelave prometnega modela v VISSIM-u

4.2.1 Izdelava prometne mreže

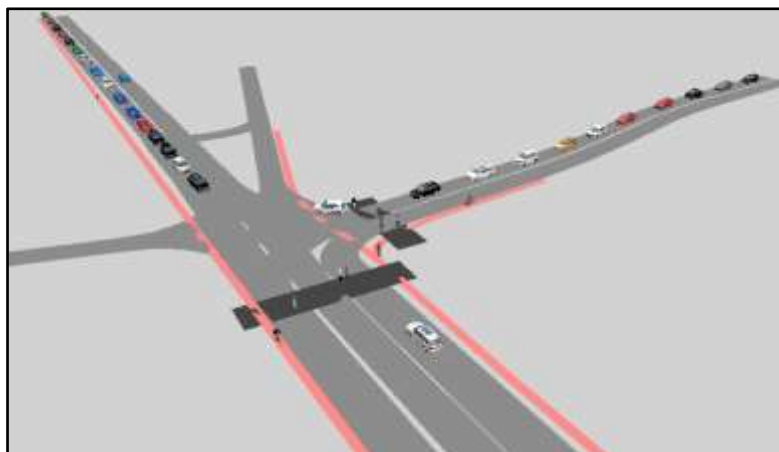
Na podlagi DOF posnetka in geodetskih podlog se v programskem orodju izdelava prometna mreža obravnavanega križišča. Osnovni gradniki prometne mreže so t.i. povezave (link-i), ki ponazarjajo smerna vozišča prometne mreže in priključke, ki link-e medsebojno povezujejo (slika 4). Skupaj tvorijo cestne povezave, katerim določimo dimenzije oz. širine in dolžine. Lahko jim določimo tudi višinski potek in tako izdelamo tudi izven nivojska križanja. V našem primeru je obstoječe križišče nivojsko.



Slika 4: Prikaz lastnosti povezav (link-ov)

4.2.2 Opis potovanja vozil po infrastrukturi

Programsko orodje VISSIM ima zelo dodelan način podajanja prometnih obremenitev. Programsko orodje omogoča upravljanje zasebnega in javnega transporta. V našem primeru se poslužujemo le opcije zasebnega transporta. Simulacijsko orodje zasebni transport deli v različne kategorije. Poleg pešcev se deli še na osebna vozila, kolesa, motorna vozila, avtobuse... Posameznim vozilom so pripisane lastnosti, kot na primer dolžina, širina, pospešek, pojemek vozila... Vozila se v splošnem generirajo na začetku povezav, v določenih primerih pa tudi na sredini odsekov (slika 5). Generiranje raznolikosti strukture prometa pa temelji na Poissonovi porazdelitvi.



Slika 5: Prikaz prometnega toka na modelu

4.2.3 Kontrola in nadzor prometa

V splošnem glede na nadzor prometa križišča delimo na nesemaforizirana in semaforizirana križišča. V nesemaforiziranih križiščih se promet ureja na osnovi pravil prednosti t.i. desno pravilo. Programsko orodje Vissim ima v ta namen razviti dve metodi modeliranja časovnih vrzeli oz. dve metodi za določitev pravil prednosti. Tako imamo možnost podajanja pravil na osnovi konfliktnih območij (*Conflict Area*) in pravil prednosti (*Priority Rules*). Obe metodi bomo opisali v poglavju matematičnih modelov. Pri semaforiziranih križiščih se določajo signalne glave, ki se jim določi signalna skupina, katero nadzoruje signalni kontroler. Programsko orodje za semaforizirano križišče izračuna zamude na podlagi katerih lahko spreminjamo dolžino posamezne faze in tako optimiziramo stanje v križišču praznin (PTV Vissim User Manual 7, 2014).

5 SYNCHRO/SIM TRAFFIC

Programski paket Synchro/Sim Traffic podjetja Trafficware vsebuje program Synchro, ki je makroskopsko orodje za analizo prometa in Sim Traffic, ki je mikrosimulacijsko programsko orodje. Za izvedbo 3-D predstavitev pa se uporablja program 3DViewer. Program Sim Traffic je bil razvit leta 1999 in je orodje, ki ima sposobnost simuliranja križišč in prometnih omrežij.

5.1 SYNCHRO

Synchro predstavlja programsko orodje za modeliranje in optimiziranje signalnih časov. Ključne funkcije programa Synchro zajemajo (Synchro Studio 7, 2006):

- kapacitetna analiza (uporaba HCM 2000 za kapacitetno analizo);
- koordinacija (hitra generacija optimiziranih časovnih za zmanjšanje zamud);
- aktiviranje signalov (interaktivno programsko orodje za modeliranje aktivnih signalov);
- časovno-prostorski diagrami (omogoča direktno spreminjanje odmikov in prekinjanje faz);
- kompatibilnost s programom Sim Traffic.

Programsko orodje bazira na osnovi kapacitetne analize signaliziranega in nesignaliziranega križišča po HCM 2000 metodi (Highway Capacity Manual) in po ICU (Intersection Capacity Utilization) 2003 metodi. Je makroskopsko orodje, ki za določitev mer učinkovitosti uporablja matematične enačbe in tako določi dolžine kolon ter zamude. Programsko orodje kot osnovne gradnike prometne mreže uporablja link-node metodo. Linki so povezave med križišči, v katerih se kreirajo točke oz. node. Link-om oz. povezavam se definira več lastnosti kot npr. število vozniških pasov, širine pasov, definirajo se pasovi za leve oz. desne zavijalce... Lastnosti se vnaša v tabelo prikazano na sliki 7. Njihov potek v prostoru se vnese na podlogo, ki jo vnesemo kot dxf, gis, bmp ali jpg format.

LANE SETTINGS	EBL1	EBL2	EBL3	EBL4	WBL1	WBL2	WBL3	WBL4	NBL1	NBL2	NBL3	NBL4	SBL1	SBL2	SBL3	SBL4
Traffic Volume (VPL)	12	3	8	36	86	0	88	136	0	217	301	155	0	128	439	0
Link Distance (m)			141.5		286.1				135.8					33.7		36.8
Link Speed (km/h)			30		30				50					50		50
Travel Time (s)			17.0		32.2				9.9					2.4		2.6
Lane Width (m)	3.0	3.0	3.0	3.0	2.4	2.4	2.4	2.4	3.6	3.6	3.0	3.2	2.4	2.4	3.3	2.4
Grade (%)			0		0				0					0		0
Storage Length (m)			5.0		8.0			5.0	8.0			45.0		1.0		8.0
Right Turn Channelized					None			None			1			None		None
Left Lanes (m)																
Left Turn Factor	1.000	1.000		1.000			1.000		1.000	1.000			1.000	1.000		1.000
Right Turn Factor	1.000	0.970		1.000			0.850		0.910	0.850			1.000	1.000		1.000
Saturated Flow Rate (prot)	3.550	1.000		0.950			1.000		1.000	1.000			3.550	1.000		3.550
Saturated Flow Rate (oprot)	1685	1557		1584			1480		1888	1543			1564	1801		1564
Left Turn Factor (oprot)	3.880	1.000		0.993			1.000		1.000	1.000			3.880	1.000		3.880
Right Turn Factor (oprot)	1.000	1.000		1.000			1.000		1.000	1.000			1.000	1.000		1.000
Left Ped Factor	1.000	1.000		1.000			1.000		1.000	1.000			1.000	1.000		1.000
Saturated Flow Rate (oprot)	1685	1557		1584			1480		1888	1543			1564	1801		1564
Right Turn on Red?																
Saturated Flow Rate (RTOR)	0	0		0			0		0	0			0	0		0

Slika 6: Prikaz tabele za vnos lastnosti link-ov

5.2 SIM TRAFFIC

Mikroskopsko orodje Sim Traffic se uporablja za simuliranje najrazličnejših načinov vodenja prometa, vključno z upravljanjem prometa s signalnimi napravami z različnimi dolžinami ciklov. Prav tako lahko simulira promet v nesignaliziranih križiščih, krožnih križiščih in kanaliziranih križiščih. Program obravnava vsako posamezno vozilo individualno in mu sledi skozi prometni model. Tekom sledenja program v vsakem delčku sekunde (0,1 s) zbira podatke mer učinkovitosti. Rang agresivnosti voznika se določa v poglavju parametri voznikov (*driver parameters*) in je določen za vsako vozilo posebej. V splošnem velja uporabljati Synchro in Sim Traffic kot programa, ki se dopolnjujeta, saj Sim Traffic prikaže probleme, ki s metodo HCM 2000 niso prepoznavni.

Najbolj prepoznavna razlika se pokaže pri pojavu ozkega grla, kjer Synchro prikaže večje zamude in prikaz večjih zamud pri pojavu kolon in blokiranju pri programu Sim Traffic. V nadaljevanju je prikazano pogovorno okno ker se v programu Sim Traffic spreminjajo nastavitve o lastnostih voznikov (slika 8) in lastnostih vozil (slika 9).

Driver Types	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Yellow Decel (m/s ²)	3.60	3.60	3.60	3.60	3.60	3.30	3.00	2.70	2.40	2.10
Speed Factor (%)	0.85	0.88	0.92	0.95	0.98	1.02	1.05	1.08	1.12	1.15
Courtesy Decel (m/s ²)	3.00	2.70	2.40	2.10	1.80	1.50	1.20	1.20	0.90	0.90
Yellow React (s)	0.7	0.9	1.0	1.0	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4	1.7
Green React (s)	0.8	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.3	0.2
Headway @ 0 km/h (s)	0.65	0.63	0.60	0.58	0.55	0.45	0.42	0.40	0.37	0.35
Headway @ 30 km/h (s)	1.80	1.70	1.60	1.50	1.40	1.20	1.10	1.00	0.90	0.80
Headway @ 80 km/h (s)	2.20	2.00	1.90	1.80	1.70	1.50	1.40	1.30	1.20	1.00
Headway @ 130 km/h (s)	2.20	2.00	1.90	1.80	1.70	1.50	1.40	1.30	1.20	1.00
Gap Acceptance Factor	1.15	1.12	1.10	1.05	1.00	1.00	0.95	0.90	0.88	0.85
Positioning Advantage (veh)	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	2.0	2.0	2.0	1.2	1.2
Optional Advantage (veh)	2.3	2.3	2.3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5
Mandatory Dist Adj (%)	200	170	150	135	110	90	80	70	60	50
Positioning Dist Adj (%)	150	140	130	120	110	95	90	80	70	60

Slika 7: Prikaz polja za vnos podatkov o lastnostih voznikov

Vehicles Types	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Vehicle Name	Car1	Car2	Truck SU	SemiTrk1	SemiTrk2	Truck DB	Bus	Carpool1	Carpool2	
Vehicle Occurrence (%)	0.64	0.16	0.60	0.10	0.05	0.05	0.20	0.16	0.04	0.00
Acceleration	File	File	File	File	File	File	File	File	File	File
Vehicle Length (m)	4.88	4.26	10.67	16.16	16.16	19.50	12.20	4.88	4.26	4.88
Vehicle Width (m)	1.80	1.80	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	1.80	1.80	1.80
Vehicle Fleet	Car	Car	Trk	Trk	Trk	Trk	Bus	Pool	Pool	Car
Occupancy (# people)	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	20.0	2.8	2.8	1.3
Graphics Shape	Car	Car	Truck	SemiTrk	SemiTrk	DBTruck	Bus	Car	Car	Car
Table Index (1 to 7)	1	2	3	4	5	6	7	1	2	1

Slika 8: Prikaz polja za vnos podatkov o lastnostih vozil

6 MATEMATIČNI MODELI

V mikrosimulacijah prometa se uporabljajo programska orodja, ki za opisovanje gibanja vozil uporabljajo matematične modele. Za natančen opis gibanja vozil programska orodja sestavlja več različnih modelov, ki opisujejo različne manevre vozil. Tako se v splošnem uporabljajo modeli kot so (Maher in sod., 2009: str. 59):

- model prilagajanja hitrosti,
- model menjavanja pasov,
- model minimalnih vrzeli,
- model prehitevanja med vozili,
- model sledenja.

Programsko orodje Vissim za analizo prometnih problemov uporablja tri matematične modele. Prvi je model sprejemljivih časovnih vrzeli (*Gap Acceptance*), drugi je model sledenja vozila (*Car Following model*) in tretji model menjave pasov (*Lane change*). V modelu časovnih vrzeli ima program Vissim dva načina določitve časovnih vrzeli (*Gap Acceptance*). Prvi način je določitev vrzeli s postopkom pravila prednosti (*Priority Rules*) in drugi način izdelave konfliktnih območij (*Conflict Areas*). Program Vissim prav tako omogoča za modeliranje sledenja vozila uporabo dveh metod. Obe metodi so bile razvite s strani nemškega strokovnjaka Wiedemann-a. Metodi se imenujeta Wiedemann 74 in Wiedemann 99. Metoda Wiedemann 99 je razvita iz metode Wiedemann 74 in se uporablja za opisovanje gibanja oz. sledenja vozila na avtocestah. Metoda Wiedemann 74 pa se uporablja za mestne arterije. Wiedemann modela sta psihofizična modela, ki dejansko posnemata reakcije in odločitve, ki jih sprejema voznik, ko vozi za vozilom v koloni. Pri modeliranju menjave pasov Vissim model obravnava dve možni situaciji in sicer potrebna menjava pasu in prosta menjava pasu. Tudi pri menjavi pasov Vissim-ov model delno upošteva psihofizične lastnosti voznikov. V nadaljevanju bomo na kratko opisali modela sprejemljivih časovnih vrzeli in model sledenja vozila Wiedemann 74 (PTV Vissim User Manual 7, 2014).

Syncho in Sim Traffic programski orodji sta ameriškega izvora in v osnovi upoštevata pravila navedena v priročniku HCM 2000 (Highway Capacity Manual 2000), kateri velja predvsem za program Synchro, ki je makroskopsko orodje. Za orodje Sim Traffic pa veljajo zgoraj omenjeni modeli. Znotraj modela sledenja vozila (*Car Following model*) se pri programu Sim Traffic loči v dva modela sledenja. Modela se razlikujeta glede na hitrost zasledovanja, tako je izdelan model hitrega zasledovanja (*Fast Following*) in model počasnega zasledovanja (*Slow Following*). Sim Traffic obravnava tudi več modelov menjave voznih pasov (*Lane Change*). V splošnem se deli na model menjave enega pasu (*Single Line Changes*) in na

model menjave dveh ali več pasov (*Two or More Lane Changes*). Poleg modela sledenja vozila in menjave pasov Sim Traffic uporablja tudi model minimalnih časovnih vrzeli (*Gap Times*). Časovna vrzel ni povsem enaka kot jo navaja HCM 2000. Pri orodju Sim Traffic je približevalna časovna vrzel (*Approach Gap Time*) definirana kot trenutno ocenjen čas, ki je potreben, da vozilo, ki se približuje križišču, vstopi v križišče (Synchro Studio 7, 2006).

Omenjene matematične modele programa Vissim in Sim Traffic bomo v nadaljevanju predstavili in podali vrednosti osnovnih (*default values*) nastavitvev.

6.1 Model sledenja vozila (Car Following)

Najpomembnejši je model sledenja vozil. Za vozilo se smatra, da je v procesu sledenja, kadar ga ovira vozilo pred njim in bi vožnja z željeno hitrostjo povzročila trčenje. Kadar vozilo ni ovirano, potuje s svojo željeno hitrostjo. Pri večini modelov se za določitev režima, v katerem se nahaja sledeče vozilo, uporablja njegov pospešek, nekateri modeli pa za določevanje režima vožnje uporabljajo njegovo hitrost. Nekateri modeli obravnavajo voznikovo obnašanje samo v procesu sledenja, drugi, bolj popolni, pa v vseh situacijah. Model sledenja vozil naj bi ugotovil režim, v katerem se nahaja vozilo in usmerjal voznikovo obnašanje. Vozila v prostem toku so neovirana in poskušajo voziti z željeno hitrostjo, vozila v procesu sledenja pa svojo hitrost prilagajajo vozilom pred njimi. Vozila v režimu nujnega zaviranja zavirajo, da bi preprečili trčenje. Število režimov se od programa do programa razlikuje.

Modele sledenja vozil v splošnem delimo na:

- modele, ki predpostavljajo, da je pospešek sledečega vozila proporcionalen njegovi hitrosti, razliki hitrosti med voziloma in razdalji med voziloma (GHR-model);
- modele, ki predpostavljajo, da sledeče vozilo vedno drži varnostno razdaljo (modeli na osnovi varnostne razdalje);
- psiho-fizični modeli sledenja vozil uporabljajo mejne vrednosti za posamezne karakteristike in porazdelitve.

Preprosti modeli uporabljajo konstantne hitrosti in deterministične metode sledenja vozil, sodobni programski paketi za mikrosimulacijo prometa pa uporabljajo psihofizične modele sledenja vozil. Modeli znotraj istega razreda dajejo precej podobne rezultate. Vsak model ima svoje prednosti in slabosti.

Reakcijski čas voznika je skupen parameter pri vseh modelih. Večina modelov uporablja enoten reakcijski čas za vse voznike, kar seveda ni realistično. Na rezultate vpliva tudi

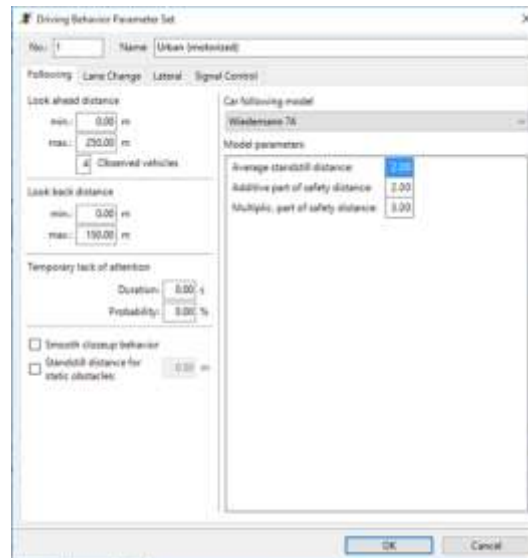
hitrost zaviranja in pospeševanja. Naglo pospeševanje in zaviranje zmanjšata zamude. Razlike med vozniki obstajajo tudi med posameznimi državami. Razlike obstajajo tudi v primeru gostega in tekočega prometa. Problem je, ker je natančno kalibriranje modela sledenja vozila na ravni mikrosimulacije zelo drago. (Maher in sod.,2009: str. 59)

6.1.1 Model sledenja vozila Vissim (Wiedemann74)

Wiedemann je leta 1974 podal teorijo, kjer so upoštevana psihofizična zaznavanja ter njihov vpliv na gibanje vozil v koloni. Osnovna ideja Wiedemannovega 1974 matematičnega modela temelji na predvidevanju, da je voznik lahko v eni od naslednjih situacij (Šraml, Jovanović, 2014: str. 20):

1. Vožnja v prostem prometnem toku
Voznik vozi brez vpliva ostalih vozil in stremi k temu, da doseže predpisano potovalno hitrost in jo vzdržuje v procesu vožnje.
2. Približevanje
Voznik prilagaja hitrost vožnje počasnejšemu vozilu pred njim (z zaviranjem) z namenom, da doseže v hitrost nič v trenutku, ko doseže (njemu) ustrezno varnostno razdaljo.
3. Sledenje
Voznik sledi vozilu pred njim, vendar zaradi premalo natančnega dodajanja in odvzemanja plina, prihaja do blagih oscilacij razlike hitrosti, ki se giblje okoli vrednosti nič.
4. Zaviranje
Dogaja se v procesu srednjih ali večjih pojemkov, v kolikor varnostna razdalja med vozili pade pod mejno vrednost. Drugo možnost predstavlja nenadno zaviranje vozila pred vozilom, ki vozi za njim in/ali v kolikor se vozilo iz sosednjega voznega pasa »preplete« (menja vozni pas) pred opazovanega voznika.

Za vsako izmed naštetih stanj je pospeševanje opisano kot rezultat trenutne hitrosti, razlike hitrosti, razdalje med vozili kot tudi individualnih lastnosti voznika in vozila. Voznik prehaja med posameznimi stanji takoj, ko doseže določeno mejno vrednost, ki jo izrazimo kot kombinacijo razlike hitrosti in varnostne razdalje. Sposobnost voznikov, da zaznajo razliko v hitrosti in ugotovijo razdaljo do vozila pred seboj, se spreminjajo glede na posamezne značilnosti starostnih skupin voznikov.



Slika 9: Prikaz nastavitve lastnosti vedenja voznikov po Wiedemann 74 metodologiji

Pri izvajanju mikrosimulacij lahko izbiramo med naslednjimi možnostmi modela sledenja vozil in sicer:

- Wiedemann 74, ki je primeren za ceste v naselju (slika 10),
- Wiedemann 99, ki je primeren za ceste izven naselja, avtoceste, razen za območja prepletanja in vključevanja,
- brez modela: primerna izbira za preproste simulacije (npr. pešcev).

6.1.2 Model sledenja vozila Sim Traffic

Sim Traffic uporablja dva modela sledenja vozila in sicer model hitrega zasledovanja (*Fast Following*) in model počasnega zasledovanja vozila (*Slow Following*). Model hitrega zasledovanja se uporablja, kadar se vodilno vozilo giblje s hitrostjo večjo od 6 m/s, medtem ko se model počasnega zasledovanja uporablja za zasledovanje počasnega oz. ustavljenega vozila na fiksni točki, kot na primer stop črta.

Ustavljenno vozilo se ne bo premaknilo, če se vodilno vozilo ne premakne toliko, da je razdalja med voziloma vsaj 1,50 m. Slednje povzroči začetni reakcijski čas velikosti 1 s na vozilo kar ima posledico, da se bo na primer vozilo, ki je peto v koloni začelo premikati šele po 5-ih sekundah. V programu Sim Traffic pri modelu zasledovanja vozila si vozilo, ki zasleduje vodilno vozilo, prizadeva ohranjati časovni razmik (*Headway*) 1 s med voziloma. Željen časovni razmik je odvisen od lastnosti oz. parametrov voznikov in faktorja časovnih razmikov (*Headway Factor-HWF*) določenega za posamezno povezavo (link). Faktor časovnih razmikov (*Headway Factor-HWF*) pa temelji na idealno nasičenem toku, širini vozišča, vzdolžnem naklonu vozišča, faktorju parkiranja, faktorja ustavljanja avtobusov in faktorju območja. Lahko se uporabi za kalibracijo stopnje zasičenosti.

6.2 Model menjave pasov (Line Change)

6.2.1 Model menjave pasov v programu Vissim

Pri simulacijah prometnih tokov poznamo v splošnem dve potrebi za določitev menjave pasov, in sicer:

- potrebna menjava pasu (da vozilo "pripeljemo" na zeleno cesto) in
- prosta menjava pasu (zaradi doseganja višje hitrosti na manj zasedenem voznem pasu).

V primeru potrebne menjave pasu so vključeni maksimalni pojemki vozila. Ti podatki so zapisani tudi za vozilo, ki je za njim na sosednjem voznem pasu, odvisno od razdalje do takojšnje (hipne) ustavitvene lokacije na naslednjem konektorju cestne povezave. V primeru proste menjave voznega pasu simulacijski program preveri varnostno razdaljo vozila (na sosednjem pasu) za voznikom, ki menja pas. Ta varnostna razdalja je odvisna od hitrosti opazovanega vozila in hitrosti vozila, ki želi zamenjati vozni pas. V verziji VISSIM 7.0 ni možnosti za nastavitve agresivnosti voznika, ki želi zamenjati vozni pas, je pa možno z nastavitvami parametrov, ki so uporabljeni v modelu sledenja vozil, vplivati na prosto menjavo voznega pasu.

V obeh primerih, ko voznik želi zamenjati vozni pas, se v prvem koraku iteracije preveri ustrezna časovna praznina (*Headway*) na ciljnem voznem pasu. Časovna praznina je odvisna od hitrosti vozila, ki menja pas in vozila, ki prihaja od zadaj na ciljnem voznem pasu. Potrebna menjava voznega pasu vozila je odvisna tudi od velikosti pojemkov oz. agresivnosti voznikov obravnavanega vozila, ki se nastavijo v vnosnem oknu. Določijo se maksimalni pojemki vozila, ki menja pas (*Own*) in vozila, ki je na ciljnem voznem pasu (*Trailing*). Razpon teh parametrov je določen z maksimalnim pojemkom (*Max. Decelerations*) in sprejemljivim pojemkom (*Accepted Decelerations*). Dodatno je možno nastaviti še t. i. redukcijski faktor, ki zmanjša maksimalno vrednost pojemka s povečevanjem razdalje do takojšnje zaustavitve. (Šraml, Jovanović, 2014: str. 24).

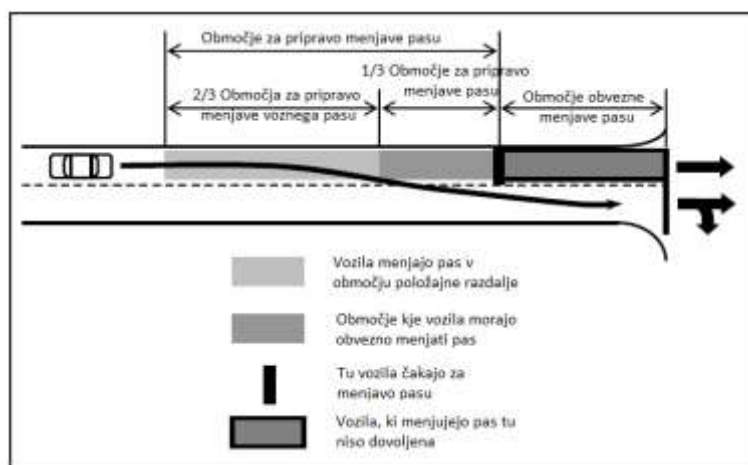
6.2.2 Model menjave pasov v programu Sim Traffic

Za menjavo pasov program uporablja dva modela in sicer za menjavo enega voznega pasu uporablja metodo imenovano *Single Line Change* za menjavo dveh ali več pasov pa metodo imenovano *Two or More Line Change*. V našem primeru program uporablja metodo *Single Line Change*, saj v križišču ni večpasovnih cest oz. manevrov z več kot eno menjavo voznega pasu. Za razumevanje matematičnega modela je najprej potrebno razumeti osnovne pojme, ki so predpostavljeni pri modeliranju menjave voznega pasu. Območje

obvezne menjave pasu (*Mandatory distance*) je določeno od stop črte nazaj oz. območje, kjer se menjava pasu mora izvršiti. Če vozilo prej ne izvrši menjave pasu, se bo tu ustavilo in čakalo na praznino v koloni. Vozila v koloni bodo za izvedbo manevra morala sodelovati tako, da bodo dovolila vključitev čakajočega vozila. Območje obvezne menjave pasu se prilagaja s korekcijskim faktorjem (*Mandatory Distance Adjustment*) za vsak tip voznika ločeno. Dejansko območje obvezne menjave pasu je lahko dolžine med 50 % do 200 % dolžine, katera pa je odvisna od tipa voznika (agresivnost voznika). Območje za pripravo menjave voznega pasu (*Positioning Distance*) je razdalja, ki se določa nazaj od začetka območja obvezne menjave pasu do točke, kjer vozila prvič želijo izvršiti menjavo pasu. Območje za pripravo menjave pasov je dodano območju obvezne menjave pasu in skupaj zajemata celotno območje manevra ene menjave voznega pasu. Območje za pripravo menjave pasu se lahko v programu korigira s faktorjem za vsak tip voznika ločeno (*Synchro Studio 7*, 2006).

6.2.2.1 Model menjave enega voznega pasu (*Single Line Change*)

V sliki 11 je prikazan model ene menjave voznega pasu. Prikazana so tudi ključna območja, ki se pojavijo pri manevru.



Slika 10: Prikaz delitve območja za menjavo voznih pasov (*Synchro Studio 7*, 2006: str. 24-9)

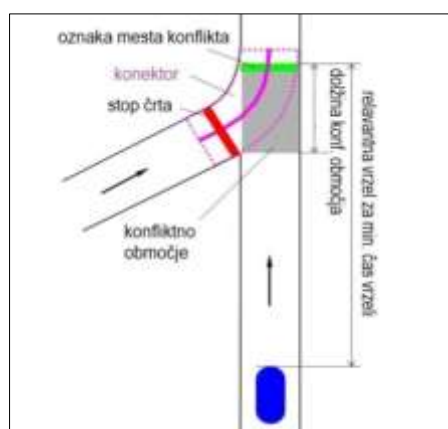
Območja prikazana na sliki 11 se delijo na območje za pripravo menjave voznega pasu in območje obvezne menjave pasu. Dodatno se pri manevrih izvede delitev območja za pripravo menjave pasu in sicer na razdaljo 2/3 in 1/3 območja za pripravo menjave pasu. Tako je predpostavljeno, da se v večini primerov menjava vrši v prvih 2/3 območja. Pojavijo se tudi vozniki, ki ne upoštevajo območja. Po prevoženih 2/3 območja vozila začno z manevrom obvezne menjave pasu. Vozilo bo prilagodilo hitrost vozilom v koloni in se vključilo v kolono, čim bodo zagotovljeni pogoji (*Synchro Studio 7*, 2006).

6.3 Model sprejemljivih časovnih vrzeli (Gap acceptance)

Model časovnih vrzeli omogoča izvedbo manevrov križanja prometnih tokov tako, da so križanja prometnih tokov varna, torej da ne prihaja do konfliktnih situacij. Program Vissim ima razviti dve metodi (Pravilo prednosti in Konfliktna območja) po katerih se ravnaajo vozila, medtem ko ima Synchro razvito logiko izogibanja trkov, ki velja za signalizirana in nesignalizirana križišča.

6.3.1 Vissim – model časovnih vrzeli

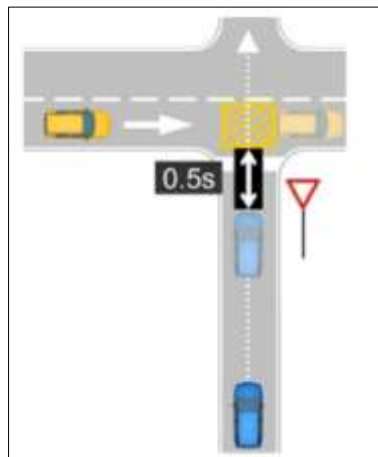
Nesemaforizirano križišče se lahko s programom Vissim analizira s pravilom prednosti, kjer se za vodenje prometa uporablja t.i. desno pravilo, znaki za odstop prednosti ali pa stop znaki. Tovrstna analiza se v programu Vissim imenuje analiza pravila prednosti (*Priority Rules*). V splošnem velja, da se vodenje prometa v križišču izvaja s prometnimi znaki takrat, ko imajo vozila pred vključevanjem na glavno prometno smer oz. v prednostni prometni tok, ustrezno preglednost nad vozili v glavnem prometnem toku. Enako velja tudi za vozila v glavnem prometnem toku. Ta analiza je namenjena prav analizi omenjenih primerov. Pri modeliranju lahko uporabnik sam določi pravila oz. način vodenja.



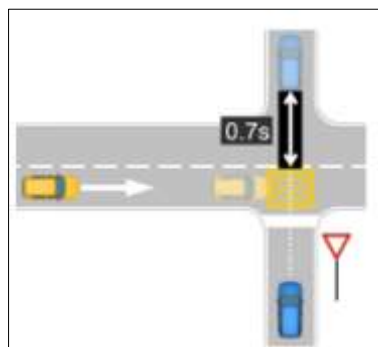
Slika 11: Prometna situacija pri analizi Priority Rules (PTV Vissim 7, 2015: str.:457)

Slika 12 prikazuje prometno situacijo pri vključevanju vozila s stranske prometne smeri. Grafično so prikazani bistveni parametri, ki vplivajo na prometno situacijo in se lahko nastavljajo v programskem oknu. Bistven element pri analizi se pojavlja, kot že samo ime matematičnega modela pove, časovna vrzel (*Gap Time*). Slednja vpliva predvsem na kapacitetno sposobnost križišča. Minimalna časovna vrzel je čas, ki ga potrebuje prvo vozilo na glavni prometni smeri, da doseže mesto konflikta s svojo trenutno hitrostjo. Pri analizi pravila prednosti je časovna vrzel točno določena oz. jo določi uporabnik, zato morajo vozila na stranski prometni smeri čakati v primeru časovnih vrzeli, ki so krajše od predpisane.

Funkcija *Conflict Area* se uporablja za križanje, združevanje in prepletanje prometnih smeri. Uvedba te funkcije ima možnost direktne nastavitve preglednosti (*Visibility*), ki omogoča modeliranje ovir v polju preglednosti iz SPS. Poleg parametra vidljivosti je možno nastaviti še parameter sprednja vrzel, ki je prikazana na sliki 13 in zadnja vrzel, prikazana na sliki 14. Parametra se uporabljata le pri simulaciji križanja prometnih tokov. Parameter varnostna razdalja (*Safety Distance*) se uporablja v primeru združevanja prometnih tokov (PTV Vissim User Manual 7, 2015).



Slika 12: Prikaz sprednje vrzeli (PTV Vissim 7, 2015: str. 457)



Slika 13: Prikaz zadnje vrzeli (PTV Vissim 7, 2015: str. 457)

6.3.2 Synchro – model časovnih vrzeli

Logika izogibanja trkov temelji na principu, da se prepreči uvoz vozila ali pešca v križišče, če je v križišču že prisotno konfliktno vozilo ali pešec. Vozilom in pešcem je dano dovoljenje za vstop v križišče, ko ga odobri signal (semafor) oz. prometni znak in v križišču ni konfliktnega elementa. Kot primer navajamo tri situacije, ko lahko vozilo vstopi v križišče:

1. Vozila dobijo odobritev za vstop, ko je njihov potovalni čas skozi križišče znotraj maksimalne dolžine vrzeli, ki znaša 7 sekund.
2. Vozilo dobi odobritev v primeru, če je konfliktno vozilo dobilo odobritev in je njen potovalni čas do križišča večji od primernega za izvedbo manevra.

3. Prav tako lahko vozila vstopijo v križišče, če je konfliktno vozilo zaključilo vožnjo skozi križišče.

V splošnem pri modelu časovne vrzeli za program Syncho velja, da je časovna vrzel enaka času, ki ga vozilo potrebuje, da vstopi v križišče in času, da križišče izprazni. Pri določanju časovne vrzeli se čas, ki ga vozilo potrebuje, da prevozi križišče, določni na podlagi dolžine poti, ki jo mora prevoziti in hitrosti vožnje skozi križišče. Če je čas potovanja daljši od nominalne dolžine trajanja, se vrzel poveča za razliko med časom potovanja in nominalnim časom. V preglednici 2 so prikazane približane časovne vrzeli ter nominalni časa potovanja skozi križišče (Synchro Studio 7, 2006).

Preglednica 2: Tabela časovnih vrzeli Synchro (Synchro Studio 7, 2006: str. 24-29).

Smer gibanja	Približevalna vrzel (Approach gap)	Nominalni čas (Nominal Time)
Glavna naravnost ali desno	3,0 s	NA
Glavna levo	3,6 s	3,6 s
Križanje levo	3,9 s	3,6 s
Križanje naravnost	3,4 s	1,9 s
Križanje desno	2,9 s	4,6 s

Synchro deluje na osnovi analitične HCM metode. V programskem okolju Sim Traffic na velikost časovnih vrzeli ne moremo vplivati. S faktorjem sprejemljivih časovnih vrzeli (*Gap Acceptance Factor*) pa lahko vplivamo na lastnosti voznika in njegovo sposobnost vključevanja v vrzel (Synchro Studio 7, 2006).

6.4 Parametri mer učinkovitosti in njihov pomen

V poglavju matematični modeli smo omenili vrsto parametrov, ki vplivajo na končni rezultat prometne simulacije. Njihovi vplivi se kažejo na spreminjanju mer učinkovitosti, ki jih programska orodja podajo kot rezultat analiz. Za posamezno programsko orodje smo v nadaljevanju povzeli in opisali parametre mer učinkovitosti, ki jih program generira in tiste, ki jih bomo uporabili pri končni analizi.

6.4.1 Parametri učinkovitosti - Vissim

Program Vissim tekom izvajanja simulacije omogoča spremljanje predhodno definiranih mer učinkovitosti. S svojo funkcijo *Node Results* omogoča zajem več parametrov učinkovitosti znotraj označenega območja. Njihov pomen je na kratko opisan v preglednici 3.

Preglednica 3: Opis mer učinkovitosti Vissim (PTV Vissim User Manual 7, 2014)

Mera učinkovitosti	Opis parametra
Qlen(m)	Povprečna dolžina kolone
	Dolžine posnamejo števec dolžin, ki so nameščeni v primeru semaforiziranega križišča na lokaciji signalnih glav oz. v primeru nesemaforiziranega križišča na mestu oznake konflikta (stop črta slika 12). V primeru, da ni signalne glave in stop črte Vissim generira števec dolžine kolon na vhodu v vozlišče oz. križišče. Povprečna dolžina kolone se določi tako, da se v vsakem časovnem intervalu meri trenutna dolžina kolone od števca v smeri proti toku. Nato se izračuna aritmetična sredina dolžine kolone za časovni interval
Qlenmax (m)	Maksimalna dolžina kolone
	V posameznem časovnem intervalu se meri trenutna dolžina kolone od števca v nasprotni smeri prometnega toka. Izračuna se maksimalna kolona na časovno enoto
Vehs(all)	Število vozil
Vehdelay(all) sec	Povprečne zamude vseh vozil v sekundah
	Zamudo vozila dobimo kot razliko med dejanskim potovalnim časom in teoretičnem idealnim potovalnim časom, kjer je teoretični idealni potovalni čas dobljen pri neovirani vožnji vozila skozi križišče. To pomeni, da je vožnja vozila brez ustavljanj, ki bi jih povzročila ostala vozila, signalne naprave oz. drugi dejavniki.
Stopdelay(all) sec	Povprečne zamude
	Povprečne zamude v sekundah zaradi ustavljanj vozil znotraj območja vozlišča. Štetje se začne, ko vozilo prečka črto, ki označuje območje vozlišča.
Stops(all)...	Število ustavljanj znotraj vozlišča.
	Štetje se začne ko vozilo prečka črto, ki označuje območje vozlišča in ne zajema ustavljanj zaradi parkiranja.

6.4.2 Sim Traffic

Opis parametrov učinkovitosti ter način njihovega izračuna je razviden v preglednici 4.

Preglednica 4: Mere učinkovitosti progam Sim Traffic (Synchro Studio 7, 2006).

Mera učinkovitosti	Opis parametra
Total Delay (hr)	Celotna zamuda
	Celotna zamuda je enaka celotnemu potovalnemu času kateremu se odšteje čas potovanje vozila brez ostalih vozil ali naprav za nadzor prometa. Za posamezen časovni del animacije se del celotne zamude določi na naslednji način. TD... celotna zamuda za časovno enoto dT... časovna enota = 0,1 s spdmax...maksimalna hitrost vozila spd... dejanska hitrost $TD = (dT*(spdmax-spd))/spdmax$
Total Stops	Število ustavljanj
	Je seštevek ustavljanj vozil. Kjerkoli hitrost vozila pade pod 3 m/s se šteje kot ustavitev vozila. Ko hitrost vozila doseže hitrost 4,5 m/s ga program spet zazna kot vozilo v gibanju.
Travel Dist (km)	Dolžina potovanja
	Določa se kot vsota dolžin poti, ki jih prepotuje vozilo. Ta dolžina zajema tudi dolžino zavijalnih poti v križišču.
Delay / Veh (s)	Povprečne zamude na vozilo
	Zamude na vozilo se določijo tako, da celotne zamude delimo z številom vozil.
Travel Time (hr)	Čas potovanja
	Je celoten čas, ko je bilo posamezno vozilo prisotno v območju analize.
Number of vehicles	Število vozil
	Število vozil ni točno določeno saj se določena vozila v območju analizirajo preden se začne interval analiza in nekatera po intervalu. Število vozil je enako: nVeh...število vozil nX...število vozil ki je izstopilo iz intervala nS...število vozil v območju na začetku intervala nE...število vozil v območju na koncu intervala $nVeh = nX-0,5*nS+0,5*nE$
Avg Speed (kph)	Povprečna hitrost
	Je izračunana z razdelitvijo celotne dolžine s celotnim časom.
Stops /Vehicle	Število ustavljanja na vozilo
	Število ustavitvev vozil razdeljeno na vsa vozila

7 KALIBRACIJA IN MERE UČINKOVITOSTI

7.1 Kalibracija

Kalibracija simulacijskih modelov je eden najpomembnejših korakov pri izdelavi prometne simulacije. Odgovor na vprašanje, kaj je kalibracija, najdemo v različnih navodilih za izdelavo simulacijskih analiz. *Traffic Analysis Handbook, A Reference for Planning and Operations* (2014), ki ga je izdal oddelek za transport s Floride (FODT) navaja, da je kalibracija oz. umerjanje iterativen proces, pri čemer parametri modela niso prilagojeni, dokler se simulirane mere učinkovitosti ne ujemajo z merami učinkovitosti na terenu. Proces kalibracije zahteva znanje programske opreme in tudi poznavanje obstoječih terenskih razmer.

Pri kalibraciji prometnih modelov želimo odvijanje prometa v simulaciji čim bolj približati realni situaciji na terenu. Za izvedbo kalibracije je predhodno potrebno izdelati ustrezen osnovni model, ki je osnovan na podatkih o prometnih obremenitvah, geometriji križišča ter podatkih pridobljenih iz opazovanja prometa. Tako izdelane delovne prometne modele nato umerimo.

7.1.1 Splošni postopek kalibracije prometnih modelov

V splošnem velja, da so kalibracijski podatki prometnega modela tisti vhodni podatki, ki opisujejo lastnosti voznika in lastnosti vozila. Pomembno je, da se kalibracije izvedejo na podatkih modela, ki jih je težje pridobiti s terenskimi meritvami. Kot začetna točka procesa umerjanja prometnega modela so začetne osnovne nastavitve parametrov (*Default Values*), ki v večini primerov ne predstavljajo dejanskega opazovanega stanja na terenu. Nadaljnji korak pri umerjanju je grafična oz. vizualna primerjava izvedbe simulacije z osnovnimi nastavitvami z terenskimi razmerami. Le v redkih primerih pa se lahko pojavi sovpadanje simulacije z osnovnimi nastavitvami in dejanskim stanjem na terenu (*Traffic Analysis Handbook*, 2014).

7.1.2 Proces kalibriranja

Proces iterativnega spreminjanja osnovnih nastavitvev parametrov, izvajanje simulacij in primerjava umerjenih mer učinkovitosti (MOE) s terenskimi pridobljenimi merami učinkovitosti se opisuje kot proces kalibriranja prometnega modela. Če so napake med dejanskim modelom in modelom znotraj dopustnih oz. sprejemljivih predpisanih omejitev pravimo, da je model umerjen. Šele umerjeni modeli posameznega programskega orodja nam bodo generirali podatke, ki jih potrebujemo za nadaljnji proces izdelave diplomske naloge.

7.1.3 Mere za učinkovitost

Izmed različnih meritev oz. parametrov (kapaciteta, stroški, zamude, kolone) za proces kalibracije izberemo tisto, s katero bomo križišče umerili. Mere za učinkovitost lahko pridobimo s predhodnimi izračuni ali pa se jih pridobi z meritvami na terenu. Kot osnova za izvedbo meritev je v našem prostoru predpisana uporaba HCM-predpisov in s tem postopek zajema terenskih podatkov. V diplomski nalogi bomo prometne modele umerjali tako, da bomo primerjali povprečno dolžino kolon, ki se pojavljajo na obravnavanem območju. V nadaljevanju podajamo tipične mere za učinkovitost, ki so povzete po priročniku FHWA Traffic Analysis Toolbox Volume VI.

Preglednica 5: Mere za učinkovitost (Traffic Analysis Toolbox Volume VI.,2007: str.: 28)

OPERATIVNE MERE ZA UČINKOVITOST
Čas potovanja (s)
Hitrost (km/h)
Nivo uslug (NU-LOS)
Razmerje med volumnom in Kapaciteto (v/c)
Kolone (m)
Gostota prometa

7.1.4 Strategija kalibriranja

Pred izvedbo postopka kalibriranja je smiselna izdelava strategije postopka. Praktično je mogoče ločiti parametre na dve skupini, in sicer na parametre, ki so točni in se jih ne umerja ter na parametre, ki niso točni in se bodo prilagajali. V našem primeru se opiramo na podatke o dolžinah kolon in prometne obremenitve. Prilagajali pa bomo ostale parametre tako, da bomo dosegli predpostavljene cilje.

Vissim program pri izdelavi analize nesignaliziranega križišča s postopkom konfliktnih območij omogoča spreminjanje parametra sprednje vrzeli (*Front Gap*) in zadnje vrzeli (*Rear Gap*) ter izogibanje blokiranju, katere bomo v procesu kalibracije modela konfliktnih območij sistematično spreminjali.

Program Sim Traffic omogoča kalibriranje lastnosti voznikov. Spreminjanje faktorja hitrosti in faktorja sprejemljivih časovnih vrzeli sta bila izbrana kot kalibracijska parametra. Sistematično spreminjanje parametrov in kontrola povprečnih dolžin kolon je pripeljala do rezultatov, ki so prikazani v nadaljevanju diplomskega dela.

7.1.5 Cilji za doseg ustreznega osnovnega modela

Za umerjanje modelov obstoječega stanja smo prevzeli smernice podane v priročniku Traffic Analysis Handbook. Podana so merila, ki jih naj doseg umerjen model obstoječega stanja. V navodilih so navedeni parametri, ki jih v križišču merimo v času opazovanja prometa in umerjamo. V našem primeru smo izvajali štetje prometa in izvedli oceno dolžine povprečnih kolon, zato smo upoštevali kriterije, ki se nanašajo na prometne obremenitve in dolžine kolon. Z GEH-statistiko smo preverili odstopanje prometnih obremenitev modela in dejansko prešteto urno prometno obremenitev. Preverjeno je bilo odstopanje povprečnih dolžin kolon simulacij od dejanski izmerjenih povprečnih dolžin. Preverbe so prikazane v poglavju kalibracije za posamezno programsko orodje.

Preglednica 6: Splošni cilji za modeliranje (Traffic Analysis Handbook, 2014: str. 66)

KALIBRACIJSKI PARAMETRI	KALIBRACIJSKI CILJI
Kapaciteta	Kapaciteta simulacije naj bo znotraj 10 % opravljenih meritev
Količina prometa	Simulirana in izmerjena količina naj bo za 85 % lik-ov: <ul style="list-style-type: none"> • Znotraj 100 voz/h za količino manj od 700 voz/h • 15 % za količino med 700-2700 voz/h • Znotraj 400 voz/h za količino večjo od 2700 voz/h
	Simulirane količine prometnih obremenitev in izmerjene količine morajo imeti za več kot 85 % link-ov GEH* statistiko manjšo od pet (5) ali manj.
	Vsota prometnih obremenitev na povezavah kalibriranega modela znotraj območja naj bo v okviru odstopanja 5 %
	Vsota prometnih obremenitev na povezavah naj ima GEH statistiko manjšo od pet(5)
Čas potovanja	Simuliran čas potovanja znotraj ± 1 min za opazovane čase
Hitrost	Hitrosti pri modeliranju naj bodo znotraj območja ± 10 mph (16km/h) na vsaj 85 % -ih povezavah oz. link-ih.
Zamude v križišču	Zamude naj na bodo znotraj 15 % na vsaj 85 % primerih
Dolžine kolon	Razlika med opazovano in simulirano dolžino kolone naj bo znotraj 20 %.

7.2 Kalibracija prometnih modelov

7.2.1 Kalibracija modela Vissim

Kalibracijski proces v Vissim-u vključuje prilagajanje osnovnih parametrov, ki opisujejo obnašanje voznika (menjava pasov in parametrov sledenja vozila). Parametri omrežja, ki se tudi lahko prilagajajo so npr. dolžina vrzeli, območja omejene hitrosti, hitrosti zavijanja... Priporočljive vrednosti (*Default Value*) osnovnih nastavitve lastnosti voznikov, vozil in omrežja smo prevzeli skladno s podanimi vrednostmi po priročniku Traffic Analysis Handbook, A Reference for Planing and Operations (2014).

Preglednica 7: Parametri modela sledenja vozila (Traffic Analysis Handbook, 2014: str. 73)

Kalibracijski parametri	Osnovne nastavitve (Default Value)	Priporočljive vrednosti
Povprečna razdalja med mirujočimi vozili (Average standstill distance)	2 m (6,56 ft)	>1 m (3,28 ft)
Dodatni del zelene varnostne razdalje (Additive part of safety distance)	0,61 m (2 ft)	0,305 m do 0,915 m (1 ft do 3,5 ft)
Multipikativni del varnostne razdalje (Multiplicative part of safety distance)	0,915 m (3 ft)	0,60 m do 1,20 m (2 ft do 4,5 ft)

Poleg parametrov podanih v zgornji preglednici priročnik priporoča, da se pri kalibraciji v programskem orodju Vissim pri modelu pravil prednosti (*Priority Rules*) korigirali tudi parametre modela časovnih vrzeli.

Preglednica 8: Parametri modela časovnih vrzeli pravila prednosti

Kalibracijski parametri	Osnovne nastavitve (Default Value)
Časovna vrzel (Gap Time)	3 s
Dolžina konfliktnega območja (Headway)	10 m
Maksimalna hitrost (max. speed)	58 km/h

Model konfliktnih območij (*Confict areas*) zajema kalibracijo parametrov navedenih v preglednici 9.

Preglednica 9: Parametri modela časovnih vrzeli konfliktnih območij (PTV Vissim User Manual 7: str: 481 – 483)

Kalibracijski parametri	Osnovne nastavitve (Default Value)
Sprednja vrzel (Front Gap)	0,5 s
Zadnja vrzel (Rear Gap)	0,7 s
Varnostna razdalja (Safety Distance)	1
Izogibanja blokiranja (Avoid Blocking)	1 (100 %)

V nadaljevanju smo podali kalibrirane vrednosti parametrov in prikazana medsebojna odstopanja mer učinkovitosti.

7.2.2 Kalibracija modela Sim Traffic

Kalibracija programa Synchro in Sim Traffic se izdeluje ločno en od drugega. Ker je osnovni model izdelan v programu Synchro in se uporabi za izdelavo mikrosimulacije, je priporočljivo najprej umeriti vhodne podatke za program Syncho, npr. zamude, faktor konične ure, lastnosti povezav. Pri umerjanju simulacijskega modela programa Sim Traffic je priporočljivo korigirati naslednje parametre, ki so prikazani v preglednici 10 (Synchro Studio 7. 2006).

Preglednica 10: Kalibracijski parametri

• Faktor časovnih razmikov	(Headway factor)
• Hitrosti v križišču	(Speeds within the intersections)
• Reakcije voznikov	(Driver reaction time)
• Uporaba vozniških pasov	(Lane usage)

Faktor časovnih razmikov prilagaja časovne razmike na podlagi gibanja. Uporablja se za umerjanje stopnje nasičenosti pretoka. Ko se umerja stopnja zasičenosti, naj bodo hitrosti v programu čim bolj podoben realnim hitrostim. Faktor časovnih razmikov se uporablja le v Sim Traffic orodju.

Hitrost vozil v simulaciji se v križišču korigira s faktorjem hitrosti v nastavitvah lastnosti voznikov. Hitrost določena v programu Synchro se množi s faktorjem in tako dobimo simulirano hitrost. Faktor hitrosti se v osnovi giblje med 0,85 in 1,15, lahko pa se korigira tako, da znaša med 0,75 in 1,27 (Synchro Studio 7. 2006).

Reakcije voznikov se lahko umeri glede na opazovano obnašanje voznikov. V splošnem so mestni vozniki bolj agresivni. Agresivnost voznikov se lahko umeri s faktorjem sprejemljivih vrzeli (Gap Acceptance factor), ki predstavlja vrzel, ki jo še potrebujejo za izvedbo manevra levega zavijanja v nesignaliziranem križišču. Faktor se giblje med 1,15-0,85 med ko večji faktor pripada bolj zadržanim oz. počasnejšim voznikom.

7.3 Kalibriranje oz. umerjanje modelov na praktičnem primeru

Pri kalibriranju smo se ravnali po izmerjenih dolžinah povprečnih in maksimalnih kolon. Generirane povprečne dolžine kolon in maksimalne dolžine kolon simulacij smo primerjali s povprečnimi in maksimalnimi kolonami. Kalibracijske parametre smo spreminjali tako, da so njihova simulirane dolžine povprečnih kolon v večji meri ustrezale predpisanim kriterijem.

Kot povprečno kolono program Sim Traffic poda povprečje vseh maksimalnih kolon v intervalu 2 min. Pri izračunu povprečne kolone Sim Traffic upošteva dolžino vozila 6 m, katera vključuje tudi razdaljo med mirujočimi vozili. V izračunu se upoštevajo vsa vozila, ki stojijo v koloni in vozila, ki se peljejo s hitrostjo manjšo ob 3 m/s in se vozijo za vozilom. Maksimalna kolona pa je najdaljša kolona na posameznem pasu, ki se pojavi v celotnem opazovanem času.

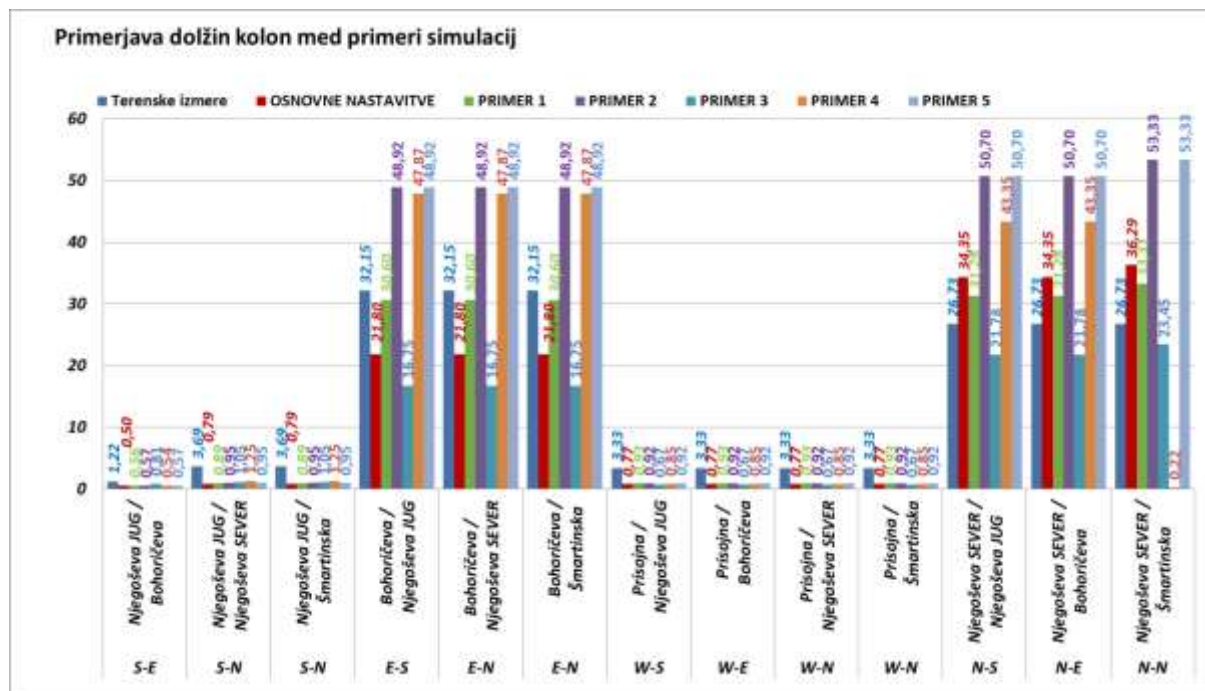
Program Vissim poda povprečno dolžino kolone tako, da za vsak časovni interval izmeri dolžino kolone, le ta se meri od števca kolone nazaj proti toku. Program nato izračuna aritmetično sredino dolžin izmerjenih kolon. Dolžina kolone se beleži toliko časa, dokler se kolona popolnoma ne izniči. Rezultati so podani v dolžini kolone in ne v številu vozil v koloni. Dolžina maksimalne kolone pa je lahko vse do naslednjega števca kolone.

V nadaljevanju je prikazan postopek kalibriranja in rezultatov v programu Synchro/Sim Traffic in Vissim.

7.3.1 Kalibracija v programu Vissim

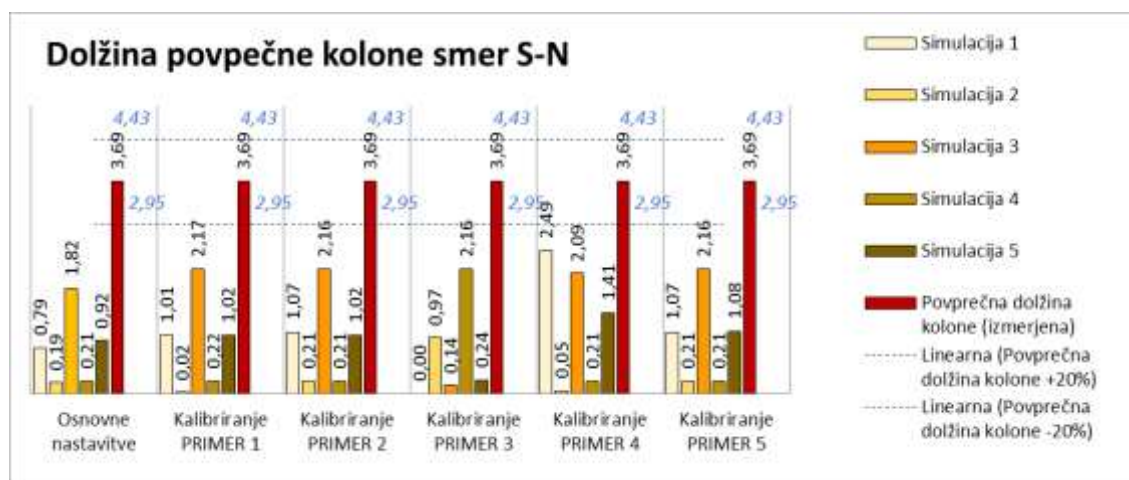
Po izdelavi modela smo izdelali simulacije z namenom umeritve modela na dejansko stanje. V procesu kalibracije smo upoštevali navodila, ki smo jih navedli v poglavju Kalibracija modela Vissim. V preglednici 11 so prikazani primeri in parametri, ki smo jih spreminjali v procesu iskanja najboljšega prilagajanja. Strategija kalibriranja v prvem koraku določa razvrstitev parametrov v skupino tistih parametrov, ki so točni ter jih ne bomo spreminjali in tiste, ki so manj točni oz. jih ne poznamo ter jih bomo spreminjali. Tako smo kot točne parametre prevzeli dejanske prometne obremenitve in dolžine kolon. V skupino manj točnih oz. tistih, ki jih ne poznamo, pa sprednjo vrzel, zadnjo vrzel in izogibanje blokiranja. Lastnosti

Umerjanje v programu Vissim je potekalo postopoma v korakih za posamezen parameter. Kot izhodišče je bila izbrana osnovna nastavitvev programa. Priporočljiva in osnovna nastavitvev za sprednjo vrzel znaša 0,5 s. V prvem koraku smo kalibrirali sprednjo vrzel. Sprednjo vrzel smo spreminjali po korakih velikostnega reda 0,10 s do velikosti sprednje vrzeli 1 s. Spreminjanje parametra sprednje vrzeli ima vpliv v modelu na vozila, ki se vključujejo na glavno prometno smer oz. čakajo na stranski prometni smeri, da se sprostijo konfliktno območje ter na vozila, ki prečkajo glavni prometni tok. Vpliv se kaže v daljšanju kolon v vseh prometnih smereh, predvsem pa bistveno vpliva na dolžino kolone pasov levih zavijalcev, ki prečkajo glavni prometni tok. Drugi korak je bil spreminjanje zadnje vrzeli. Slednja je kot osnovna oz. priporočljiva velikosti 0,7 s. Njena velikost v matematičnem modelu vpliva na obnašanje vozil v glavnem prometnem toku. Parameter smo postopoma v korakih po 0,10 sekunde spreminjali s tem, da smo kalibracijo pričeli pri vrednosti 0,50 s in končali pri vrednosti 1,0 s. Kolone so se pri spreminjanju zadnje vrzeli postopoma daljšale, vendar v manjših korakih kot v primeru spreminjanja sprednje vrzeli. V tretjem koraku je sledilo spreminjanje parametra izogibanja konfliktom. Priporočena vrednost je 100 %. Slednja vrednost je bila upoštevana pri simulaciji z osnovnimi nastavitvami. Parameter izogibanja blokiranja križišča smo spreminjali v velikostnem redu 25 %. Rezultati analiz so prikazani v nadaljevanju, kjer so predstavljene povprečne dolžine kolon, ki jih program generira z osnovnimi nastavitvami, dolžine kolon dobljene s kalibriranjem in ocenjene povprečne dolžine kolon. Optimalna varianta je izbrana glede na najmanjše odstopanje glede na terenske razmere.

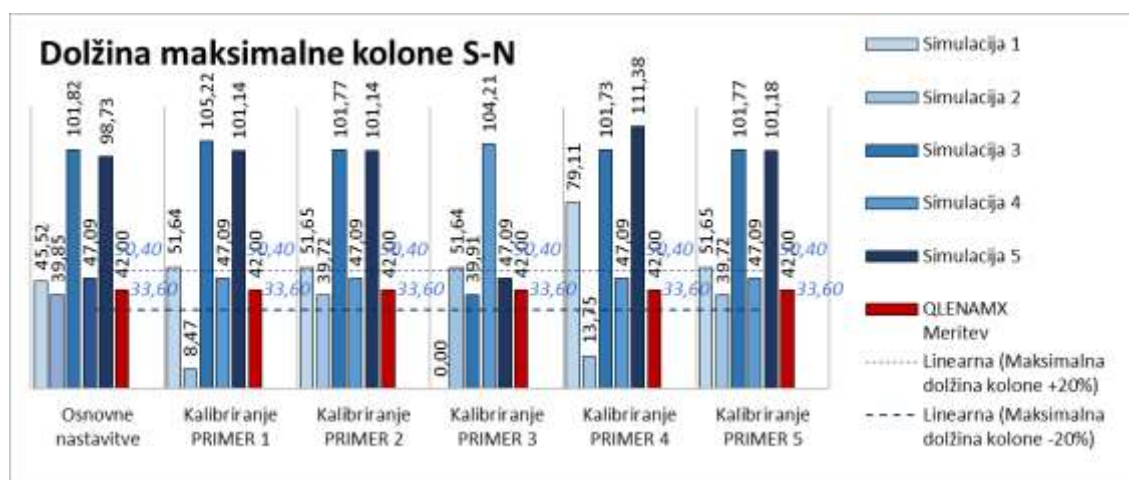


Grafikon 1: Prikaz nihanja dolžin kolon pri umerjanju

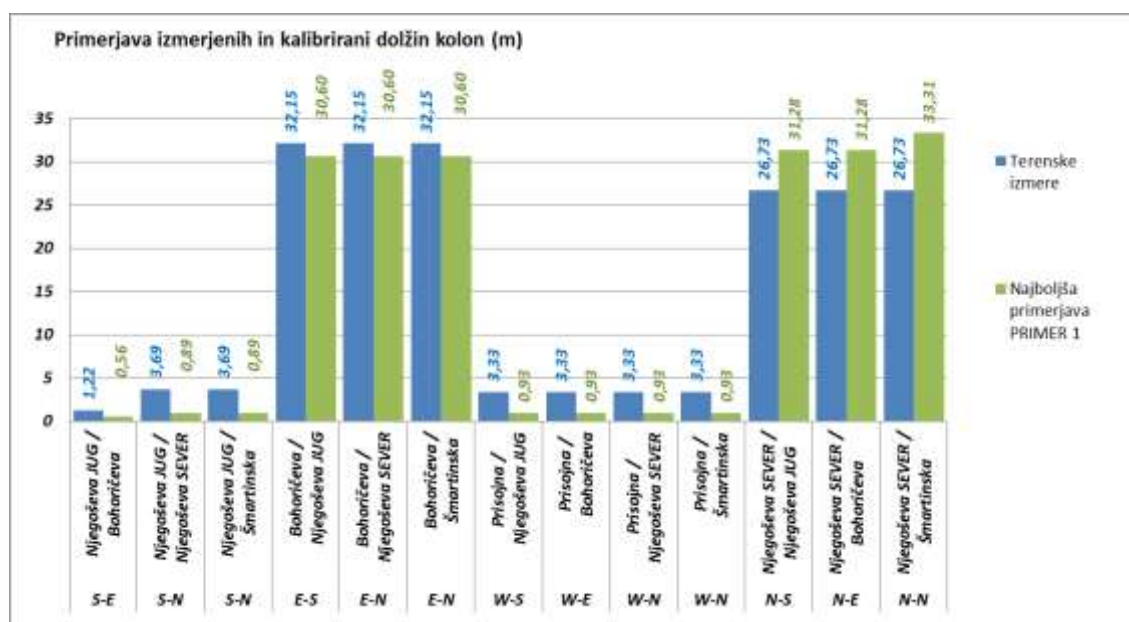
Kot najoptimalnejši primer je izbran primer 1, kjer je za vrednost sprednje vrzeli izbrana vrednost 0,70 sekunde, zadnja vrzel 0,90 sekunde in vrednost izogibanja blokiranju 0,75 oz. 75 % (75 % vozil se izogiba blokiranju ter 25 % vozil blokira nasprotna vozila). Primer 1 v večji meri ustreza pogoju maksimalnega odstopanja znotraj 20 % meritev za vse smeri razen, za smer S-N oz. Njegoševa jug - Njegoševa sever in Njegoševa jug - Šmartinska cesta. Na grafikonu 2 so prikazane dolžine povprečnih kolon in izmerjene dolžine z mejami dopustnih odstopanj velikostnega reda 20 %. Iz grafikona je razvidno, da na glavni prometni smeri ne prihaja do daljših kolon. Ocenjena povprečna kolona znaša nekoliko manj od 4 m, povprečna generirana za primer 1 pa cca 0,90 m.



Grafikon 2: Dolžine simuliranih kolon smer Njegoševa jug-Njegoševa sever



Grafikon 3: Maksimalne dolžine simuliranih kolon



Grafikon 4: Primerjava ocenjenih kolon s kolonami programa Vissim

Prikazani rezultati primerjave povprečnih dolžin kolon so bili preverjeni glede na kriterij odstopanja znotraj intervala 20 %. Iz preglednice 12 je razvidno, da se simulirane dolžine kolon v kritičnih smereh dobro ujemajo in so znotraj intervala 20 %. Na smereh, ki ne predstavljajo kritičnih točk v smislu dolžine kolon, pa simulirane dolžine odstopajo tudi več kot 300 %, kar pa v realnosti pomeni približno 3 m. V preglednici 12 so prikazana odstopanja med simuliranimi dolžinami kolon in terenskimi meritvami. Kontrolirali smo tudi dejanske in simulirane prometne obremenitve. Preglednica 13 prikazuje kontrolo prometnih obremenitev po posamezni smeri. Smernice navajajo dopustno GEH-statistko manjšo od 5. Za privzet primer vse smeri ustrezajo kontroli.

Preglednica 12: Primerjava odstopanj med simulirano in dejansko kolono

		Simulirane dolžine kolon	Ocenjene dolžine kolon	ODSTOPANJE
S-E	Njegoševa JUG / Bohoričeva	0,56	1,2	114%
S-N	Njegoševa JUG / Njegoševa SEVER	0,89	3,69	315%
S-N	Njegoševa JUG / Šmartinska	0,89	3,69	315%
E-S	Bohoričeva / Njegoševa JUG	30,60	32,15	5%
E-N	Bohoričeva / Njegoševa SEVER	30,60	32,15	5%
E-N	Bohoričeva / Šmartinska	30,60	32,15	5%
W-S	Prisojna / Njegoševa JUG	0,93	3,33	258%
W-E	Prisojna / Bohoričeva	0,93	3,33	258%
W-N	Prisojna / Njegoševa SEVER	0,93	3,33	258%
W-N	Prisojna / Šmartinska	0,93	3,33	258%
N-S	Njegoševa SEVER / Njegoševa JUG	31,28	26,73	15%
N-E	Njegoševa SEVER / Bohoričeva	31,28	26,73	15%
N-N	Njegoševa SEVER / Šmartinska	33,31	26,73	20%

Preglednica 13: Primerjava prometnih obremenitev

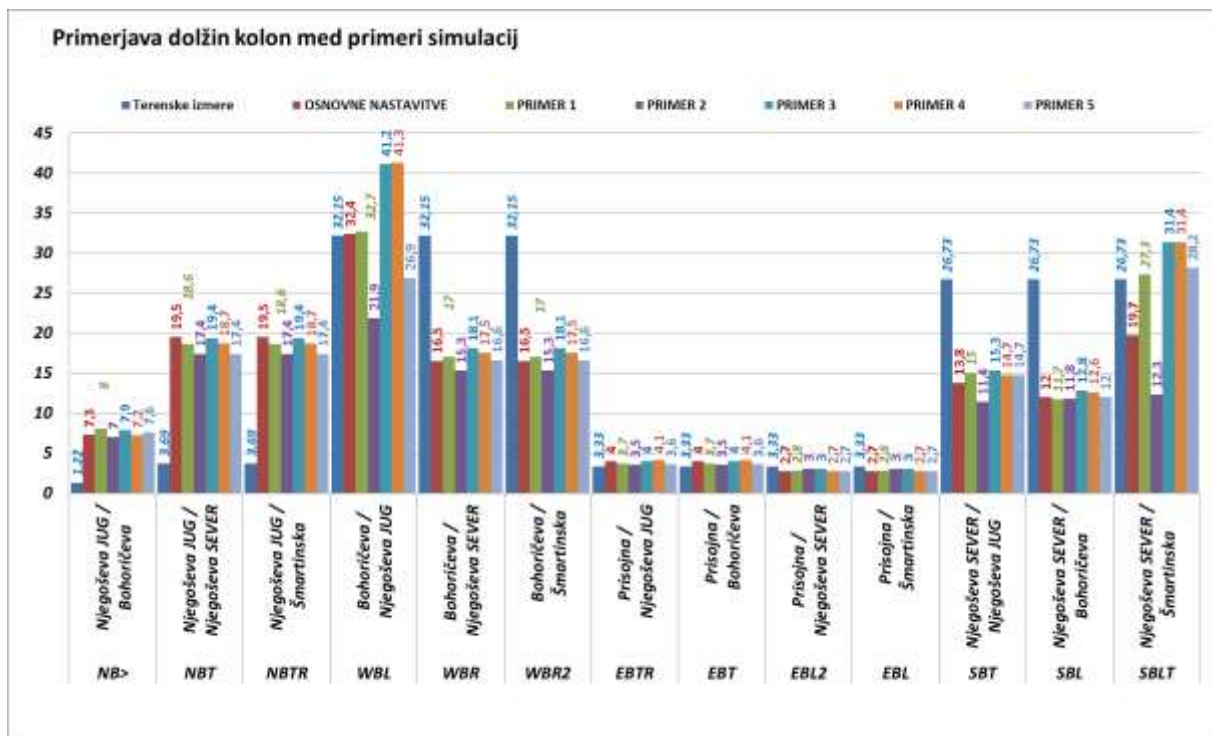
		Simuliran prometni tok	Dejanski prometni tok	GEH-statistka
S-E	Njegoševa JUG / Bohoričeva	151	155	0,32
S-N	Njegoševa JUG / Njegoševa SEVER	226	237	0,72
S-N	Njegoševa JUG / Šmartinska	300	301	0,06
E-S	Bohoričeva / Njegoševa JUG	62	66	0,50
E-N	Bohoričeva / Njegoševa SEVER	131	136	0,43
E-N	Bohoričeva / Šmartinska	70	68	0,24
W-S	Prisojna / Njegoševa JUG	34	36	0,34
W-E	Prisojna / Bohoričeva	5	8	1,18
W-N	Prisojna / Njegoševa SEVER	12	12	0,00
W-N	Prisojna / Šmartinska	2	3	0,63
N-S	Njegoševa SEVER / Njegoševa JUG	422	439	0,82
N-E	Njegoševa SEVER / Bohoričeva	135	128	0,61
N-N	Njegoševa SEVER / Šmartinska	8	10	0,67

7.3.2 Kalibracija v programu Sim Traffic

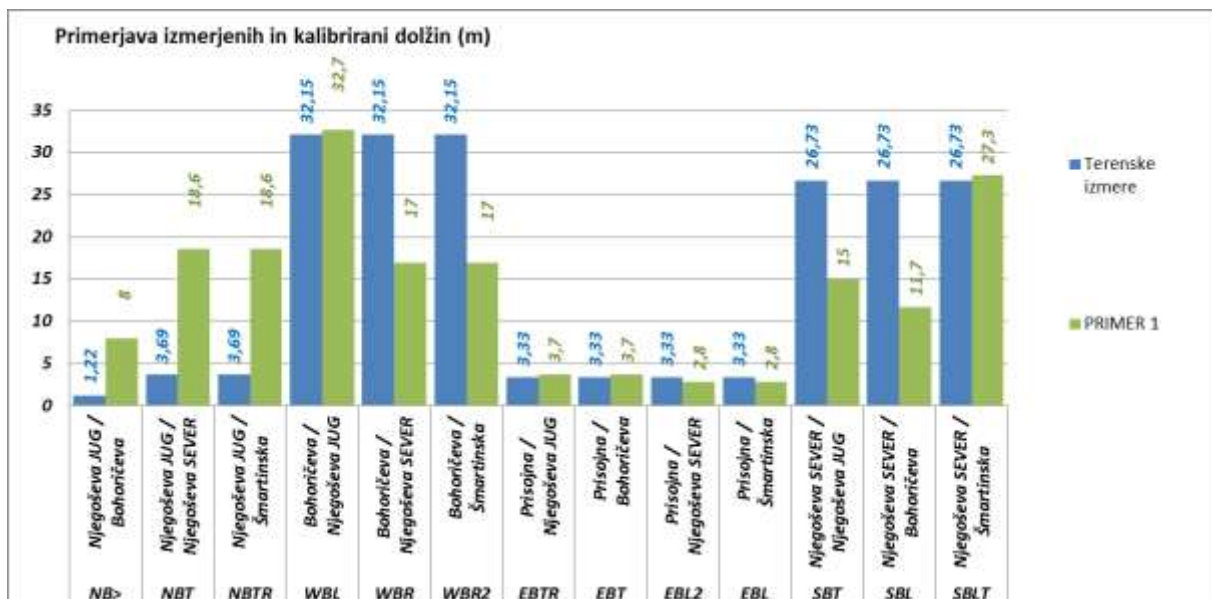
Procesu kalibracije v programu Vissim je sledil postopek kalibracije v programu Sim Traffic. Postopek kalibracije je enak postopku kalibracije v programu Vissim. Razlika se pojavi pri izbiri kalibracijskih parametrov, kateri so izbrani glede na možnosti, ki jih ponuja programska oprema in tako, da so lastnosti parametrov primerljive lastnostim izbranih parametrov v primerljivem programu. Izbrana sta kalibracijska parametra Faktor hitrosti (*Speed Factor*) in faktor sprejemljive časovne vrzeli (*Gap Acceptance Factor*). V programu Sim Traffic smo spreminjali faktor hitrosti (*Speed Factor*) in faktor sprejemljivih vrzeli (*Gap Acceptance Factor*). Preglednica 14 prikazuje spreminjanje kalibracijskih parametrov in velikosti posameznega parametra. Prikazane so velikosti kalibracijskih parametrov za posamezen primer in njihova odstopanja od osnovnih nastavitev.

Preglednica 14: Preglednica prikaza spreminjanja parametrov pri kalibraciji Sim Traffic

		Tip voznika (Driver Type)									
OSNOVNE NASTAVITVE		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Faktor hitrosti (Speed Factor)		0,85	0,88	0,92	0,95	0,98	1,02	1,05	1,08	1,12	1,15
Faktor sprej. vrzeli (Gap A.Factor)		1,15	1,12	1,10	1,05	1,00	1,00	0,95	0,90	0,88	0,85
PRIMER 1											
Faktor hitrosti (Speed Factor)	+5%	0,89	0,92	0,97	1,00	1,03	1,07	1,10	1,13	1,18	1,21
Faktor sprej. vrzeli (Gap A.Factor)	0%	1,15	1,12	1,10	1,05	1,00	1,00	0,95	0,90	0,88	0,85
PRIMER 2											
Faktor hitrosti (Speed Factor)	+10%	0,94	0,97	1,01	1,05	1,08	1,12	1,16	1,19	1,23	1,27
Faktor sprej. vrzeli (Gap A.Factor)	0%	1,15	1,12	1,10	1,05	1,00	1,00	0,95	0,90	0,88	0,85
PRIMER 3											
Faktor hitrosti (Speed Factor)	0%	0,85	0,88	0,92	0,95	0,98	1,02	1,05	1,08	1,12	1,15
Faktor sprej. vrzeli (Gap A.Factor)	+5%	1,21	1,18	1,16	1,10	1,05	1,05	1,00	0,95	0,92	0,89
PRIMER 4											
Faktor hitrosti (Speed Factor)	0%	0,85	0,88	0,92	0,95	0,98	1,02	1,05	1,08	1,12	1,15
Faktor sprej. vrzeli (Gap A.Factor)	+10%	1,27	1,23	1,21	1,16	1,10	1,10	1,05	0,99	0,97	0,94
PRIMER 5											
Faktor hitrosti (Speed Factor)	+5%	0,89	0,92	0,97	1,00	1,03	1,07	1,10	1,13	1,18	1,21
Faktor sprej. vrzeli (Gap A.Factor)	+5%	1,21	1,18	1,16	1,10	1,05	1,05	1,00	0,95	0,92	0,89



Grafikon 5: Prikaz nihanj dolžin kolon pri spreminjanju parametrov



Grafikon 6: Prikaz odstopanj izbranega primera s izmerjenimi dolžinami kolon

Na grafikonu 6 je prikazana primerjava med dejanskimi dolžinami in dolžinami kolon primera 1, ki smo ga izbrali kot najboljšo primerjavo dejanskim razmeram v križišču. Iz grafikona je razvidno odstopanja in sovpadanja z meritvami. Do večjih odstopanj prihaja na smeri NBT, NBTR, WBR, WBR2 in SBT, SBL. Razlogi za omenjena odstopanja se nahajajo predvsem v načinu izvajanja meritev.

Preglednica 15: Prikaz odstopanja med ocenjenimi in simuliranimi dolžinami kolon

		Simulirane dolžine kolon	Ocenjene dolžine kolon	ODSTOPANJE
NBR2	Njegoševa JUG / Bohoričeva	8	1,2	85%
NBT	Njegoševa JUG / Njegoševa SEVER	18,6	3,69	80%
NBR	Njegoševa JUG / Šmartinska	18,6	3,69	80%
WBL	Bohoričeva / Njegoševa JUG	32,7	32,15	2%
WBR	Bohoričeva / Njegoševa SEVER	17	32,15	89%
WBR2	Bohoričeva / Šmartinska	17	32,15	89%
EBR	Prisojna / Njegoševa JUG	3,7	3,33	10%
EBT	Prisojna / Bohoričeva	3,7	3,33	10%
EBL2	Prisojna / Njegoševa SEVER	2,8	3,33	19%
EBL	Prisojna / Šmartinska	2,8	3,33	19%
SBT	Njegoševa SEVER / Njegoševa JUG	15	26,73	78%
SBL	Njegoševa SEVER / Bohoričeva	11,7	26,73	128%
SBL7	Njegoševa SEVER / Šmartinska	27,3	26,73	2%

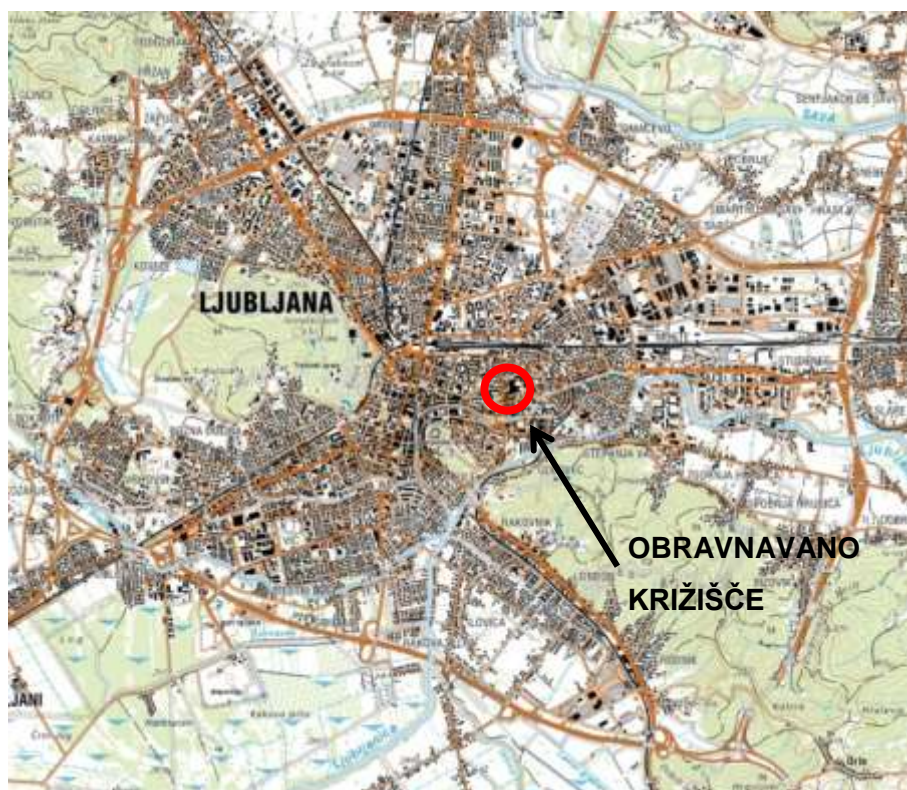
Preglednica 16: Kontrola prometnih obremenitev

		Simuliran prometni tok	Dejanski prometni tok	GEH-statistka
NBR2	Njegoševa JUG / Bohoričeva	151	155	0,32
NBT	Njegoševa JUG / Njegoševa SEVER	236	237	0,07
NBR	Njegoševa JUG / Šmartinska	303	301	0,12
WBL	Bohoričeva / Njegoševa JUG	69	66	0,37
WBR	Bohoričeva / Njegoševa SEVER	125	136	0,96
WBR2	Bohoričeva / Šmartinska	62	68	0,74
EBR	Prisojna / Njegoševa JUG	37	36	0,17
EBT	Prisojna / Bohoričeva	9	8	0,34
EBL2	Prisojna / Njegoševa SEVER	10	12	0,60
EBL	Prisojna / Šmartinska	3	3	0,00
SBT	Njegoševa SEVER / Njegoševa JUG	437	439	0,10
SBL	Njegoševa SEVER / Bohoričeva	124	128	0,36
SBL7	Njegoševa SEVER / Šmartinska	9	10	0,32

8 IDENTIFIKACIJA PROBLEMATIKE KRIŽIŠČ

8.1 Lokacija

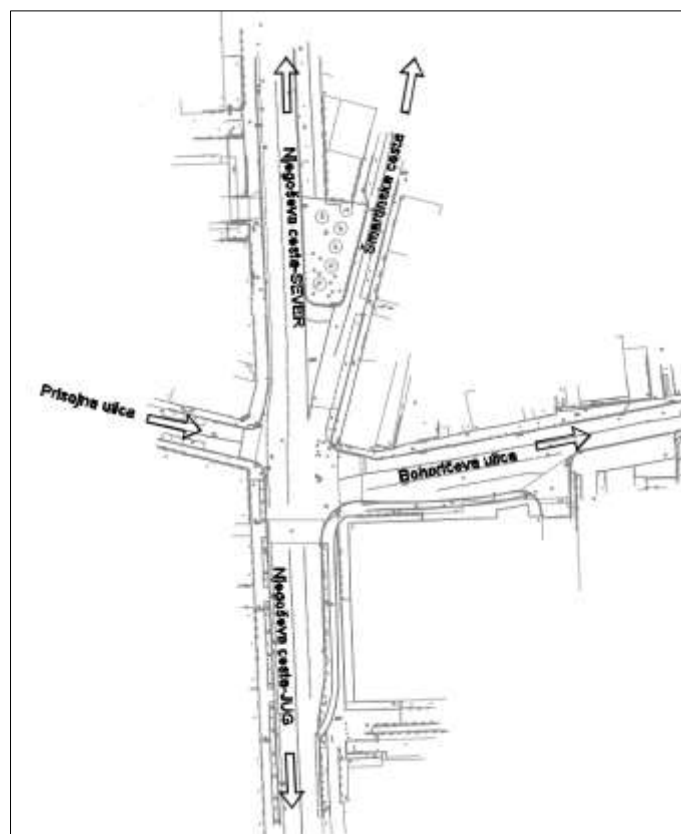
Kot je razvidno iz slike 15 se obravnavano križišče nahaja znotraj naselja, praktično v središču mesta Ljubljana in je del ljubljanskega notranjega-cestnega obroča in s tem del mestnega cestnega omrežja. Mikrolokacija na sliki 16 razkriva, da se neposredno ob križišču nahaja parkirna hiša Meksiko, katere kapaciteta je 522 parkirnih mest in privatno parkirišče s kapaciteto cca 150 parkirnimi mesti. Poslovne prostore pritličja parkirne hiše zaseda diskontni market Hofer in A Banka, slednja v območju križišča generirata veliko pešcev. Poleg parkirne hiše in trgovine je Bohoričeva ulica dostopna cesta za Urgentni blok in Pediatrično kliniko Ljubljanskega Univerzitetnega Kliničnega Centra, kar povzroča precejšnje število urgentnih voženj.



Slika 14: Pregledna situacija cestnega omrežja



Slika 15: Mikrolokacija obravnavanega križišča



Slika 16: Prikaz obstoječega stanja (Geodetski načrt LUZ d.d.)

8.2 Opis obstoječega stanja

8.2.1 Geometrijski podatki križišča

Obravnavano križišče se skladno s 14. členom Pravilnikom o projektiranju javnih cest nahaja na ravninskem terenu. Os Njogoševe ceste, Bohoričeve ulice in Prisojne ulice potekajo v premi. Po cca 100 m se prema Bohoričeve ulice zaključi, cesta pa nato poteka v radiju velikosti 550 m. Tudi Šmartinska cesta poteka v premi. Prisojna ulica se na os Njogoševe ceste priključi pod kotom 80°, Bohoričeva ulica pod kotom 82°, Šmartinska cesta pod kotom 13°. Niveleta Njogoševe ceste se v naklonu 0,75 % dviguje v smeri od juga proti severu Ljubljane. V enakem naklonu se vzpenja tudi Šmartinska cesta. Bohoričeva ulica se nekoliko bolj vzpenja proti Njogoševi cesti in sicer v naklonu 1,5 %. Največji vzdolžni naklon ima Prisojna ulica, ki proti Njogoševi ulici pada v naklonu 3,25 %.

Preglednica 17: Podatki o dimenzijah prometnih pasov

KRIŽIŠČE:	Krak A	Krak B	Krak C	Krak D	Krak E
Smer:	Njogoševa jug	Bohoričeva ulica	Šmartinska cesta	Njogoševa sever	Prisojna ulica
Število pasov	3	2	1	2	2
Širina pasov(m):	4,70 /3,75 /4,40	3,30 / 3,75	3,80	3,90 / 3,90	3,75 / 3,75
Dolžina čakalnega dela pasu za leve/desne zavijalce (m):	30	-	-	-	10
Dolžina razširitve pasu za leve/desne zavijalce (m):	15	-	-	-	-
Vzdolžni nagib	-0,75%	-1,50%	0,75%	0,75%	3,25%

8.2.2 Opis obstoječe prometne ureditve križišča

Potek prometa na glavni prometni smeri oz. Njogoševi cesti je dvosmeren. V smeri sever - jug poteka o robu vozišča kolesarski pas širine 1,00 m. Na Šmartinski cesti poteka enosmerni promet v smeri Ljubljana sever, ob desnem in levem robu pa je dovoljeno vzdolžno parkiranje osebnih vozil. Enosmerni promet se odvija tudi na Prisojni ulici, na kateri je dovoljeno obojestransko vzdolžno parkiranje. Bohoričeva ulica je dvosmerna ulica, na kateri ni označenih površin namenjenih kolesarjem. Obstoječa prometna ureditev ima

urejene prehode za pešce, in sicer na Bohoričevi ulici širine 6,00 m, Prisojni ulici širine 4,00 m in na južnem delu Njogoševe ceste v širini 6,00 m. Na Njogoševi, Šmartinski in Bohoričevi ulici je dovoljena hitrost enaka 50 km/h, na Prisojni pa je območje omejene hitrosti 30 km/h. Pomembno je omeniti, da vzdolž Njogoševe ceste poteka linija mestnega potniškega prometa, vendar v neposredni bližini ni avtobusnih postajališč, ki bi dodatno ovirale potek prometa na glavni prometni smeri.

Preglednica 18: Prometna funkcija obravnavanih cest

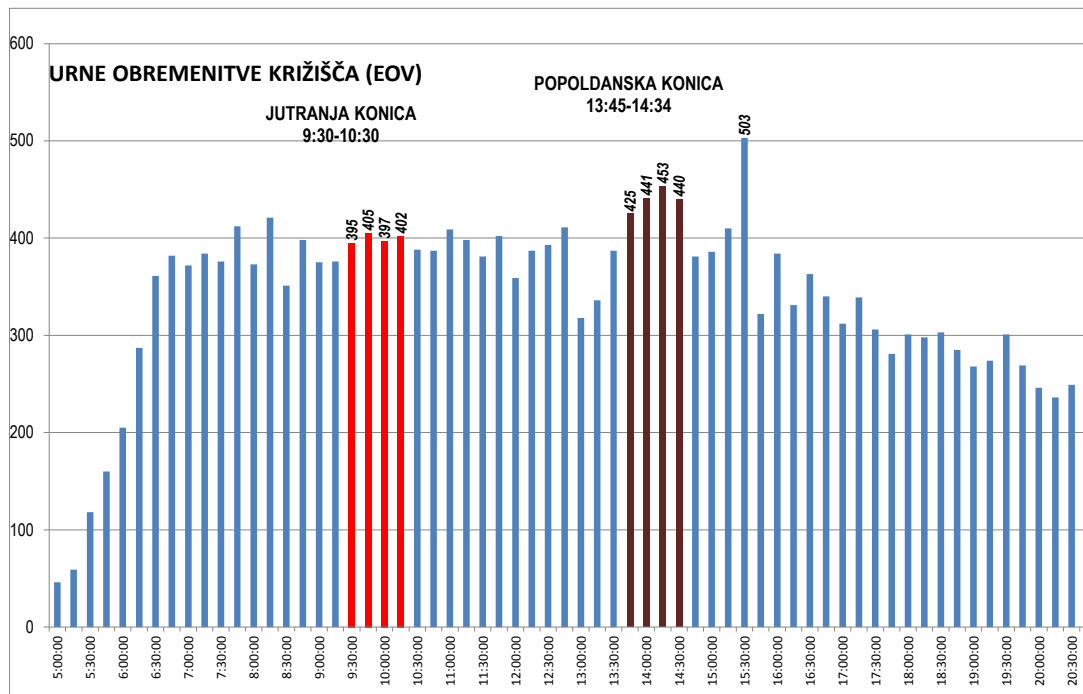
KRIŽIŠČE: Njogoševa- Bohoričeva	Krak A	Krak B	Krak C	Krak D	Krak E
Smer:	Njogoševa jug	Bohoričeva ulica	Šmartinska cesta	Njogoševa sever	Prisojna ulica
Prometna funkcija:	Glavna cesta	Zbirna cesta	Dostopna cesta	Glavna cesta	Dostopna cesta

8.3 Podatki o prometnih obremenitvah

Za potrebe prometne analize križišča smo v oktobru 2015 v obravnavanem križišču izvedli štetje prometa. V splošnem je metodologija izvedbe štetja in obdelava podatkov definirana v HCM 2010 priručniku. Štetje se je izvajalo po posameznih krakih in je potekalo od 5 do 21 ure (16 ur). Na podlagi rezultatov smo določili jutranjo in popoldansko konično urno obremenitev. Štetje smo izvajali v 15 minutnih intervalih, kar omogoča določitev FKU (*faktorjev urnih konic*). Pri določitvi merodajnih urnih obremenitev smo upoštevali običajne ekvivalentne faktorje, ki pretvorijo vozila v EOV (*enote osebnih vozil*) glede na strukturo vozil in FKU.

Križišče: NJEGOŠEVA- BOHORIČEVAŠtevilo vseh vozil: 21678
Število enot osebnih vozil: 23264

JUTRANJA KONICA		
PHF= 0,99	OBREMENITEV KRIŽIŠČA	1599
POPOLDANSKA KONICA		
PHF= 0,97	OBREMENITEV KRIŽIŠČA	1759

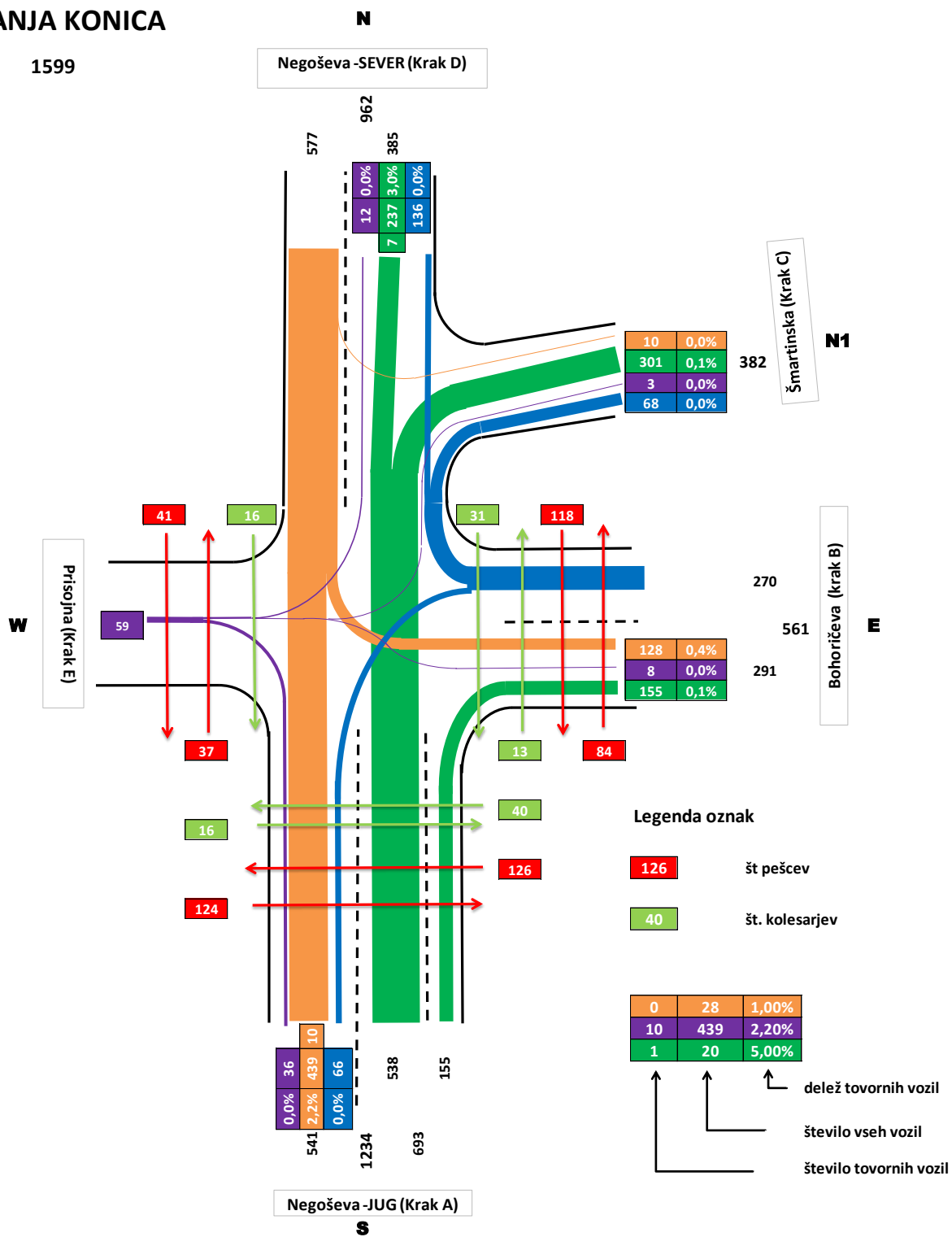


Grafikon 7: Prikaz nihanja prometa preko celotnega dne (EOV)

Iz grafa dnevnega nihanja prometa je razvidno, da tekom dneva ni izrazitih jutranjih in popoldanskih konic. Kljub vsemu smo ocenili jutranjo in popoldansko konico ter na podlagi pridobljenih podatkov urno določili prometne obremenitve za nadaljnjo analizo. Razlog za porazdelitev prometa tekom celotnega dne vidimo v razvlečeni konični uri zaradi nezmožnosti servisiranja križišča. V nadaljevanju so prikazani podatki celodnevni prometnih obremenitev, podatki o prometnih obremenitvah v jutranji in popoldanski konici.

JUTRANJA KONICA

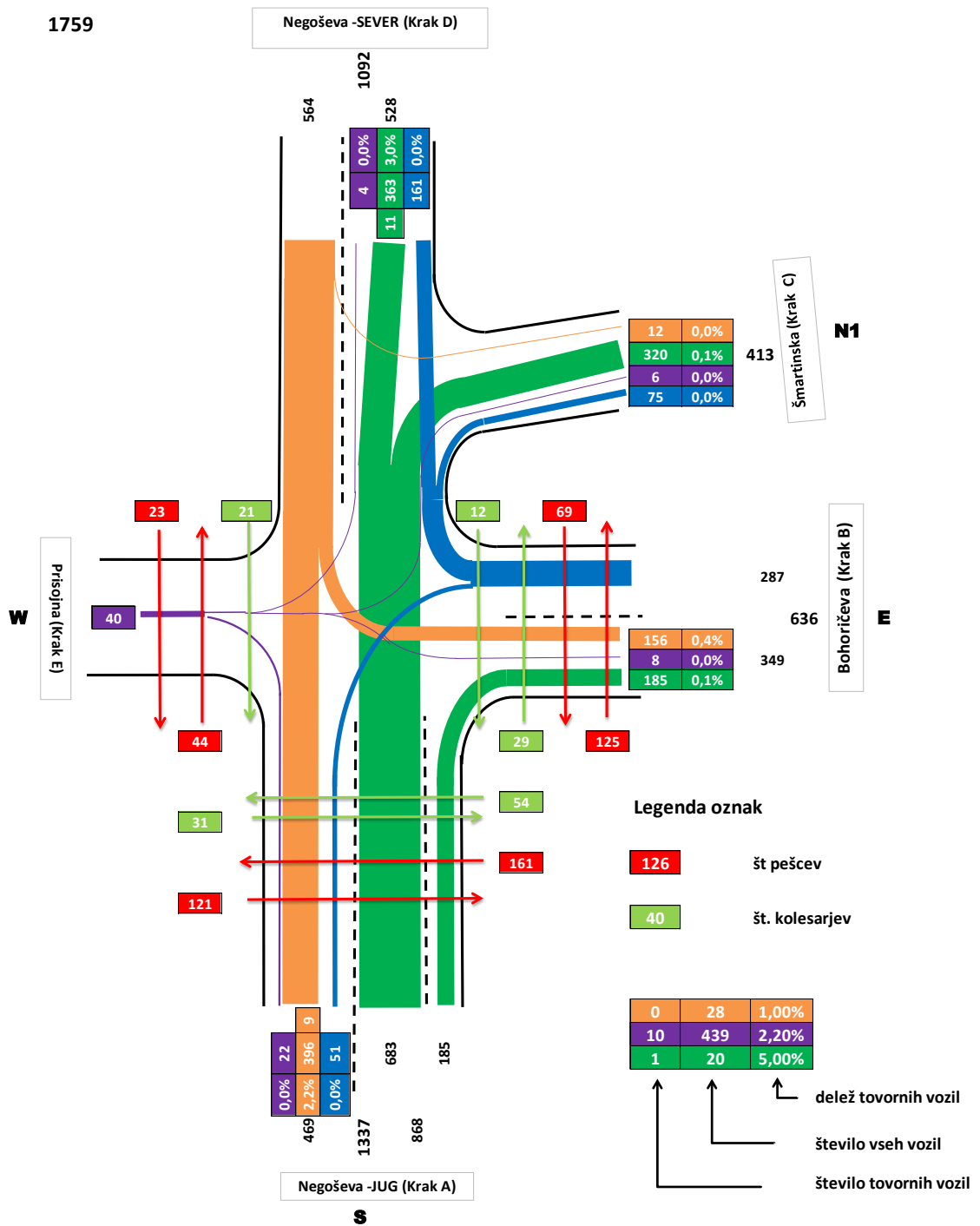
(vozila) 1599



Slika 17: Obstoječa prometna obremenitev v jutranji konici

POPOLDANSKA KONICA

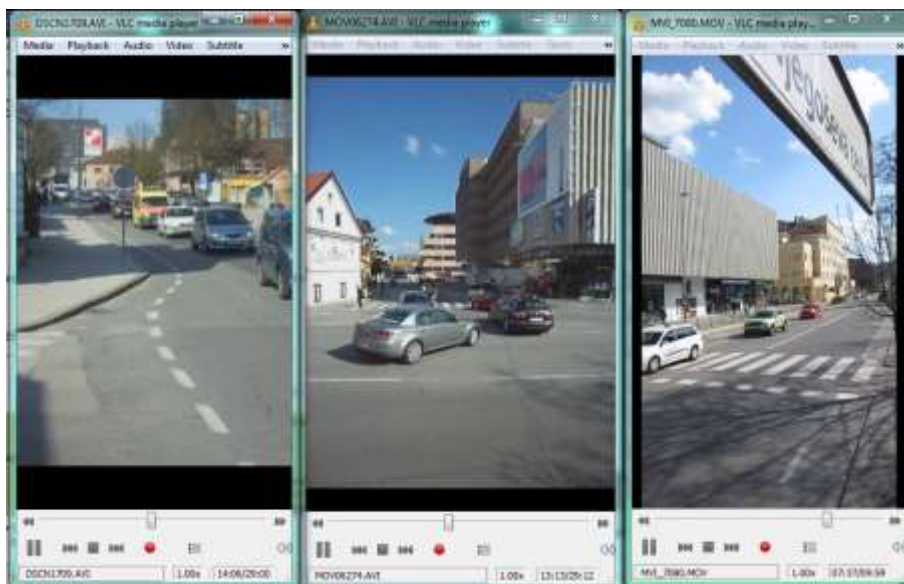
(vozila) 1759



Slika 18: Prometna obremenitev v popoldanski konici

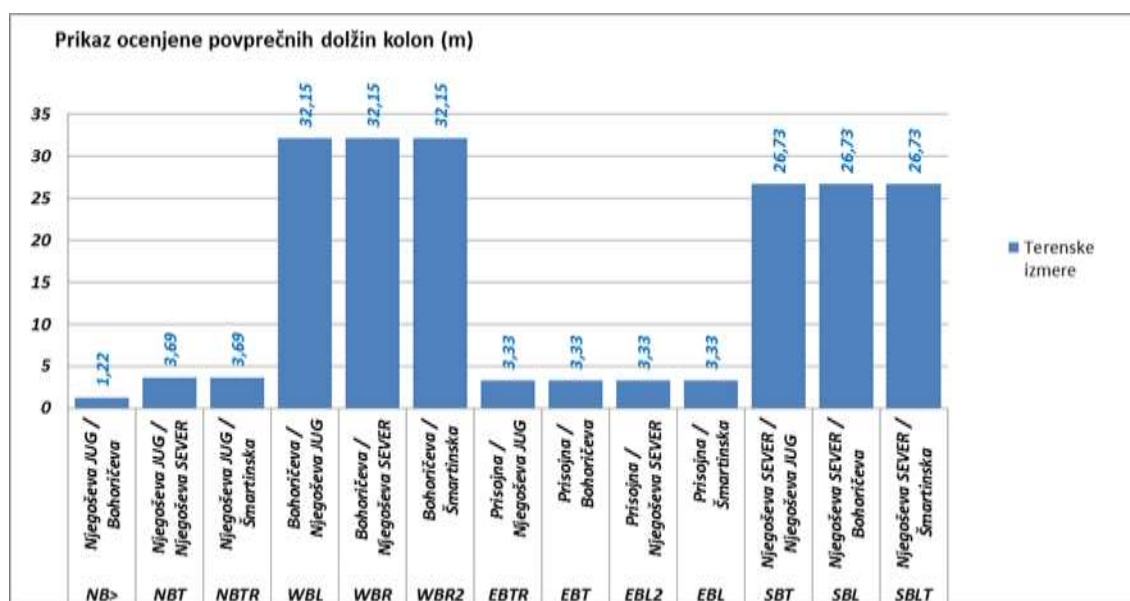
8.3.1 Zajem preostalih terenskih podatkov

Tekom meritev oz. izvajanja štetja prometa smo opazovali potek odvijanja prometa. V okviru diplomske naloge smo se omejili na opazovanje pojava kolon, in sicer pogostost pojava in dolžine posameznih kolon predvsem v času urnih konic. Podatki o lokaciji in dolžini kolon nam bodo v nadaljevanju služil za kalibracijo mikrosimulacijskih modelov. V nadaljevanju so grafično prikazani izsledki s terena.



Slika 19: Video meritve obravnavanega križišča

Dolžino kolone smo določili tako, da smo si za vsak časovni interval dolžine 10 s beležili število vozil v koloni za posamezno smer. Dolžino kolone pa določili z upoštevanjem dolžine vozila 5 m, kateri smo dodali še medsebojni razmik med vozili dolžine 1 m.

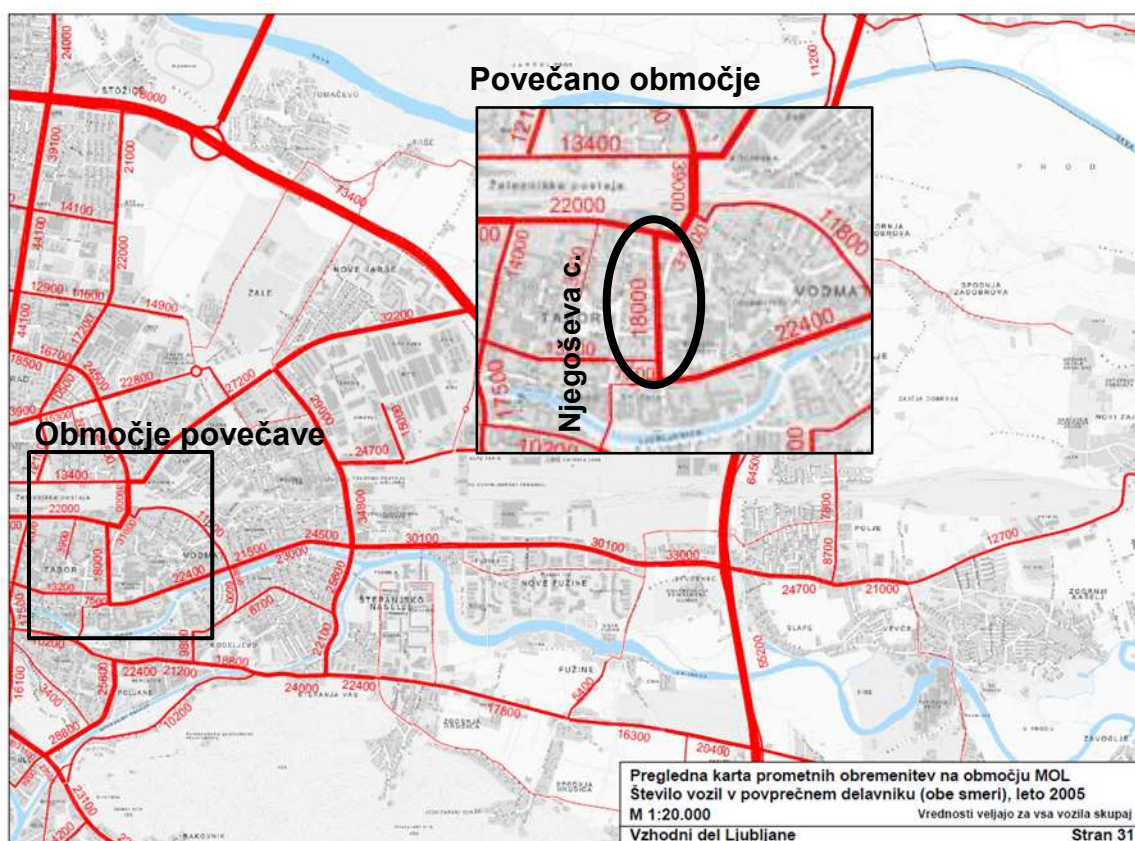


Grafikon 8: Ocenjene dolžine povprečnih kolon za jutranjo konic

Grafikon 8 prikazuje ocenjene povprečne dolžine kolone na posamezni smeri. Na južnem kraku Njogoševe ulice smo na voznem pasu v smeri severnega dela Njogoševe ceste in Šmartinske ceste ocenili dolžino kolone 3,69 m. Predvidevamo, da se vzrok za tako kratke kolone nahaja v dejstvu, da je obravnavana smer glavna prometna smer z močnim prometnim tokom. Daljše kolone nastajajo le v primeru, ko pešci prekinjajo glavni prometni tok. Tudi v primeru, ko večje število pešcev prečka vozišče, se niso pojavile kolone daljše od 42 m kar predstavlja 7 vozil v koloni. Najkrajša ocenjena povprečna dolžina kolone se je v času opazovanja pojavila na pasu za desne zavijalce s smeri južnega dela Njogoševe ceste proti Bohoričevi ulici. Neovirano vožnjo prekinjajo pešci, ki prečkajo Bohoričevo ulico. Navkljub večjemu številu pešcev, ki prečka Bohoričevo ulico ni bilo opaziti kolone daljše od 18 m oz. kolono daljšo od treh vozil. Kratke dolžine kolon smo z opravljeno oceno dobili na enosmerni Prisojni ulici. Na obravnavani ulici je omogočeno obojestransko vzdolžno parkiranje osebnih vozil. Tekom izvajanja štetja in izvajanja video kontrole smo opazili, da se parkirna mesta zapolnijo že pred obravnavano jutranjo konično uro. Parkirna mesta so v večini zasedena tekom celotnega dne, in sicer z vozili z dovolilnicami, tako da do blokad zaradi parkiranja praktično ne prihaja. Dolžina ocenjene povprečne kolone tako znaša 3,33 m za vse smeri s Prisojne ulice. Kot je bilo pričakovati se daljše kolone pojavljajo na Bohoričevi ulici in severnem delu Njogoševe ceste. Na Bohoričevi ulici prihaja do zastojev v jutranji konici predvidoma zaradi blokiranja levih zavijalcev z Bohoričeve na Njogošovo cesto. Vozniki čakajo ustrezno vrzel in opravijo manever vključevanja šele takrat, ko najprej levi zavijalci s severa Njogoševe ceste opravijo svoj manever vključevanja na stransko prometno smer. Dodatno oviro predstavljajo pešci in kolesarji. Povprečna ocenjena dolžina kolone znaša 32,15 m, v kateri so vključeni levi in desni zavijalci z Bohoričeve ulice. Kot najdaljša izmerjena pa je bila kolona dolžine 127 m kar znaša cca 22 vozil. Kolone s severnega dela Njogoševe ceste nastajajo zaradi ustavljanj pred preходом za pešce, ki ga povzroča dokaj močan prečni tok pešcev. Poleg pešcev pa se zaradi močnega glavnega prometnega toka v severni smeri Njogoševe ceste in Šmartinske ceste prične ustvarjati kolona levih zavijalcev na Bohoričevo ulico. Površina v križišču omogoča vožnjo mimo kolone levih zavijalcev, dokler v koloni čakata le dve vozili, v primeru večjega števila vozil pa se začne ustvarjati daljše dolžine kolon. Meritve so prikazale dolžino povprečnih kolon cca 32 m. Maksimalna dolžina kolone pa doseže 162 m.

8.3.2 Planska doba in stopnja rasti

Za območje Ljubljane je bilo v letu 2005 izvedeno štetje prometa, ki ga je izvedlo podjetje LUZ, d.d., na podlagi naročila Mestne Občine Ljubljana. Na osnovi izdelanih analiz je bila izdana publikacija PROMET 2005. S strani podjetja LUZ, d.d., je bila pridobljena karta dnevnih prometnih obremenitev s katere je razvidna prometna obremenitev na Njegoševi ulici, ki za leto 2005 znaša 18000 vozil.



Slika 20: Prikaz dnevnih obremenitev leta 2005

V okviru projektne dokumentacije za izgradnjo parkirne hiše Meksiko je bila leta 2009 izdelana prometna študija priključevanja parkirne hiše na lokalno cesto oz. Bohoričevo ulico. Projektno dokumentacijo je izdelalo podjetje Aplan, d.o.o. Podatki o štetju oz. promenti študiji s strani izdelovalca niso bili posredovani. Primerjava prometnih obremenitev je prikazana v preglednici 19.

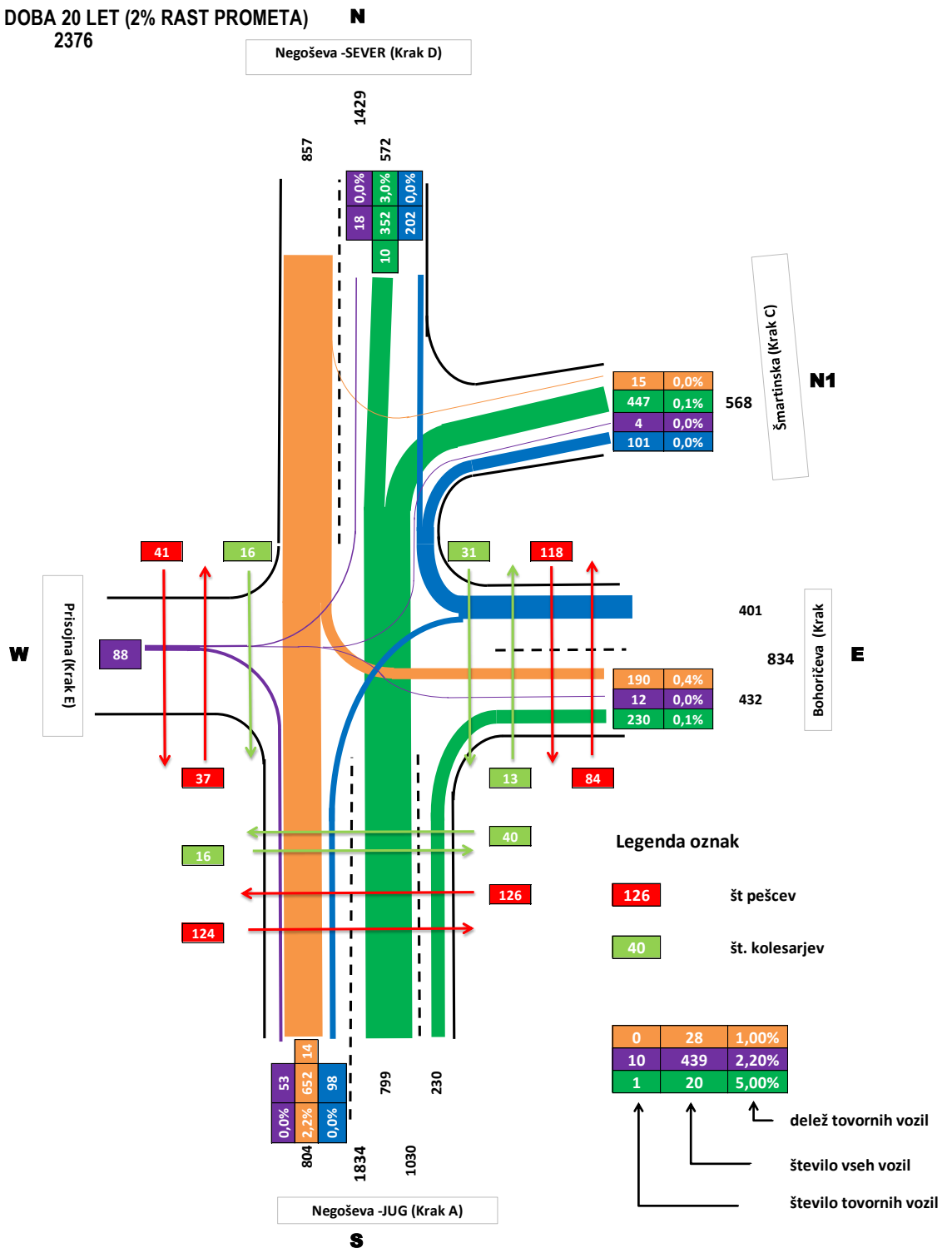
Preglednica 19: Rast dnevnih prometnih obremenitev

Leto opravljenega štetja	Dnevna prometna obremenitev	Ocenjena rast prometa
2005	18000 vozil/dan	-
2009	-	-
2015	21678 vozil/dan	2,0%

Iz podatkov o preteklih prometnih obremenitvah sklepamo, da je letna rast prometa 2 %. Na podlagi rasti prometa smo določili predvidene prometne obremenitve za plansko dobo 20 let in jih v nadaljevanju prikazali.

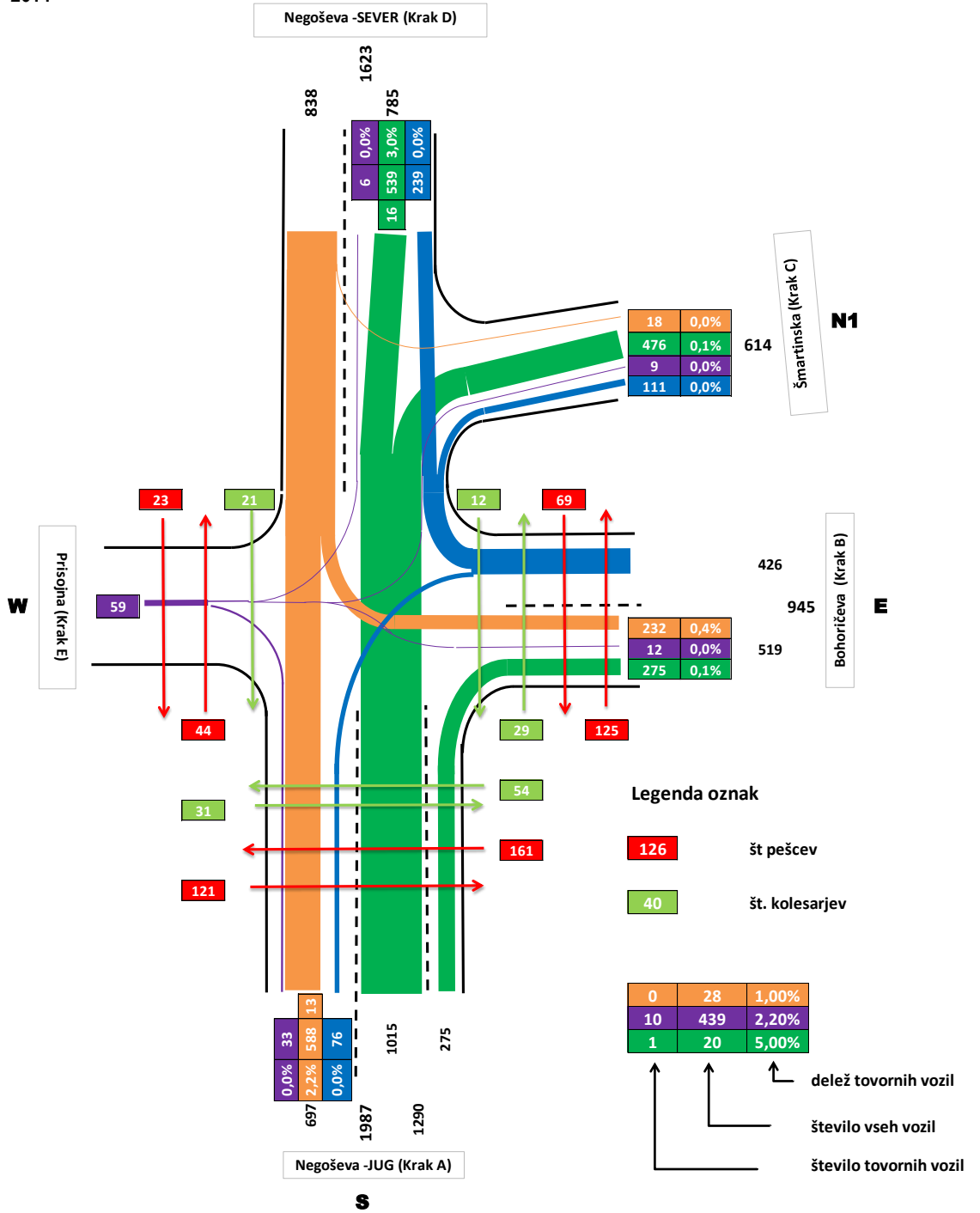
JUTRANJA KONICA

PLASKA DOBA 20 LET (2% RAST PROMETA)
 vozil/h 2376



Slika 21: Prometna obremenitev v popoldanski konici ob koncu planske dobe 20 let

POPOLDANSKA KONICA
PLASKA DOBA 20 LET (2% RAST PROMETA) N
 vozil/h 2614



Slika 22: Prometna obremenitev v popoldanski konici ob koncu planske dobe 20 let

9 PLAN IZDLAVE PROMETNIH MODELOV

Za uspešno analizo križišča smo izdelali plan izdelave simulacij. V diplomski nalogi primerjamo rezultate dveh različnih programskih orodij. V ta namen smo izdelali več modelov. Prometne modele smo razdelili v več sklopov. Glede na pogoje, ki jih narekujejo predpisi, smo prometne analize razdelili na čas pojavljanja prometnih konic (jutranja in popoldanska konica) in na stanje trenutnih prometnih obremenitev (trenutni čas) ter na stanje prometnih obremenitev po planski dobi, ki je predpisana po pravilniku o cestnih priključkih (po planski dobi 20 let). Za vsako obdobje smo izdelali tri variante križišč ter v nadaljevanju diplomskega dela izdelali analize.

VISSIM	
1. OBSTOJEČE KRIŽIŠČE (OK)	
1.1 TRENUTNI ČAS	1.2 PO PLANSKI DOBI 20 LET
JUTRANJA KONICA	JUTRANJA KONICA
POPOLDANSKA KONICA	POPOLDANSKA KONICA
2. KLASIČNO KRIŽIŠČE (KK)	
2.1 TRENUTNI ČAS	2.2 PO PLANSKI DOBI 20 LET
JUTRANJA KONICA	JUTRANJA KONICA
POPOLDANSKA KONICA	POPOLDANSKA KONICA
3. SEMAFORIZIRANO KRIŽIŠČE (SK)	
3.1 TRENUTNI ČAS	3.2 PO PLANSKI DOBI 20 LET
JUTRANJA KONICA	JUTRANJA KONICA
POPOLDANSKA KONICA	POPOLDANSKA KONICA
SIM TRAFFIC	
1. OBSTOJEČE KRIŽIŠČE (OK)	
1.1 TRENUTNI ČAS	1.2 PO PLANSKI DOBI 20 LET
JUTRANJA KONICA	JUTRANJA KONICA
POPOLDANSKA KONICA	POPOLDANSKA KONICA
2. KLASIČNO KRIŽIŠČE (KK)	
2.1 TRENUTNI ČAS	2.2 PO PLANSKI DOBI 20 LET
JUTRANJA KONICA	JUTRANJA KONICA
POPOLDANSKA KONICA	POPOLDANSKA KONICA
3. SEMAFORIZIRANO KRIŽIŠČE (SK)	
3.1 TRENUTNI ČAS	3.2 PO PLANSKI DOBI 20 LET
JUTRANJA KONICA	JUTRANJA KONICA
POPOLDANSKA KONICA	POPOLDANSKA KONICA

Slika 23: Obravnavani prometni modeli

10 MODEL OBSTOJEČEGA STANJA-OBSTOJEČE KRIŽIŠČE (OK)

Del diplomske naloge obsega praktični del modeliranja obstoječega stanja križišča v trenutnem času in obstoječega stanje po planski dob 20 let. Analiza obstoječega stanja se izdelava na osnovi kalibriranih nastavitvev, ki odražajo dejansko stanje na terenu. Kot osnova za izdelavo obstoječega modela prometnega omrežja oz. križišča je služil geodetski posnetek, iz katerega smo dobili dejanske dimenzije križišča. Izris križišča smo nato izdelali na podlagi DOF posnetka (*digitalni ortofoto posnetek*). V obeh programskih orodjih smo modelirali situacijo jutranje in popoldanske konične ure. V nadaljevanju so prikazani izsledki primerjav obstoječega stanja za obe simulacijski orodji, na sliki 25 pa prikazan plan predvidenih simulacij za obstoječo ureditev križišča.

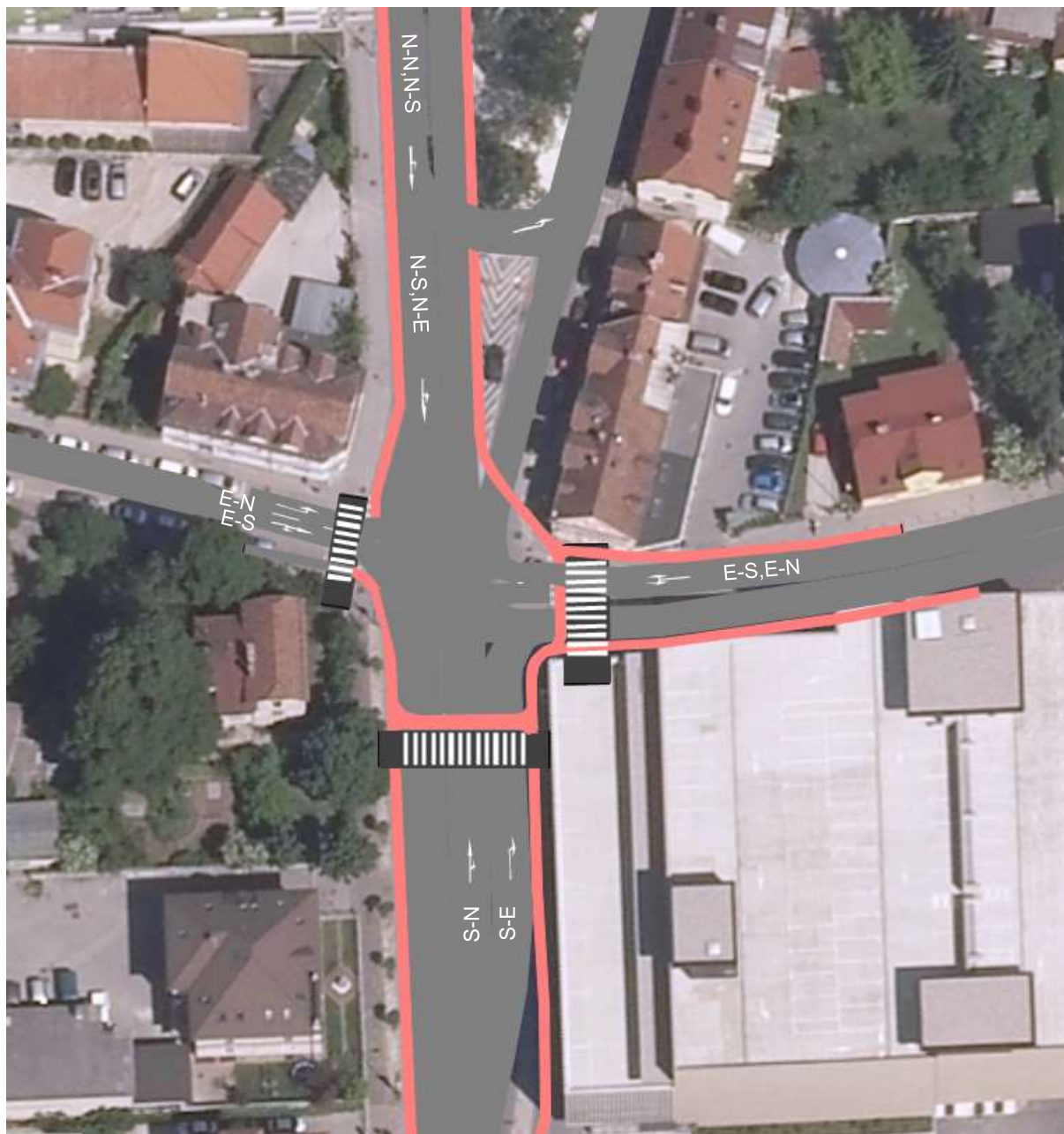
VISSIM	
1. OBSTOJEČE KRIŽIŠČE (OK)	
1.1 TRENUTNI ČAS	1.2 PO PLANSKI DOBI 20 LET
JUTRANJA KONICA	JUTRANJA KONICA
POPOLDANSKA KONICA	POPOLDANSKA KONICA

SIM TRAFFIC	
1. OBSTOJEČE KRIŽIŠČE (OK)	
1.1 TRENUTNI ČAS	1.2 PO PLANSKI DOBI 20 LET
JUTRANJA KONICA	JUTRANJA KONICA
POPOLDANSKA KONICA	POPOLDANSKA KONICA

Slika 24: Plan modeliranja obstoječega stanja

10.1 Modeliranje in simulacije obstoječega stanja Vissim

Programsko orodje Vissim nudi uporabniku širok izbor parametrov, ki jih lahko tekom izdelave modela spreminja in prilagaja. Izdelava modela in nato simulacija stanja je v programu Vissim dokaj zamudna. Za analizo smo uporabili Vissim-ov model konfliktnih območij. Tekom izdelave modela smo pri izdelavi prometne mreže naleteli na nekaj težav. Tako se na primer pojavi problem pri netočni navezavi povezav (link-a) in konektorjev. Prav tako se pojavi problem pri prekrivanju vzdolž povezav. Pri uporabi modela konfliktnih območij se pri prekrivanju povezav kreira novo konfliktno območje. Enako velja v primeru prekrivanja povezave in konektorja .



Slika 25: Obstoječe križišče –Vissim

Pri modeliranju dodatnega pasu za leve oz. desne zavijalce nudi Vissim možnost uporabe dveh možnosti. Prva je izdelava nove povezave, ki jo s konektorjem povežemo z osnovno povezavo. Druga možnost je, da povezavi dodelimo nov prometni pas, katerega na koncu povežemo s konektorjem na prometni pas v želeni smeri. Temu dodatnemu prometnemu pasu določimo dolžino in tako kreiramo pas za leve zavijalce. Pri uporabi druge možnosti lahko prihaja do konflikta med levim zavijalcem in vozilom, ki vozi naravnost. V našem primeru je pri obstoječem stanju razširjen vozni pas, ki omogoča razvrščanje levih zavijalcev na Bohoričevi ulici zelo kratek oz. se prometni pas na dolžini 4 m pred prehodom za pešce razširi s širine 3,30 m na 4,30 m, kar omogoča, da se vozila, ki zavijajo levo pred prehodom

za pešce, postavijo vzporedno vozilom, ki zavijajo desno. Pri uporabi funkcije dodajanja prometnega pasu se je pojavil konflikt med levim zavijalcem in desnim zavijalcem, saj je vozilo obtičalo na mestu razširitve in blokiralo desne zavijalce. Tekom simulacije je program sam izločil vozilo ter javil napako. Poleg modeliranja odvijanja motornega prometa smo naleteli na nekaj težav tudi z izdelavo model za kolesarje. Na severnem delu Njogoševe ulice smo predpostavili kolesarsko stezo. Slednja na vozišču dejansko ni zarisana, ker pa program ne omogoča prehitevanje kolesarjev, ki se gibljejo po isti povezavi z ostalimi vozili, smo uporabili možnost izrisa vzporednih povezav ter povezavam definirali način obnašanja (*Behavior type*), in sicer za notranji pas za vse tipe vozil ter zunanji pas za kolesa. Na enak način kreiramo vse kolesarske poti in steze. Rezultati analize obstoječega stanja so za jutranjo konico podani na preglednici 20 in nato v preglednici 21 za popoldansko konico v trenutnem času oz. času, ko je bilo opravljeno štetje prometa. Rezultati obstoječega stanja v jutranji konici, ki so prikazani v preglednici 20 so enaki kot rezultati umerjenega primera pri kalibraciji modela. Poleg povprečnih kolon in prometnih obremenitev so prikazane tudi povprečne zamude, ki so eden izmed pomembnejših kazalcev dogajanja v križišču.

10.1.1 Prikaz rezultatov za trenutni čas

Preglednica 20: Mere učinkovitosti za čas jutranje konice (OK)

Smer	Povprečna dolžina kolone (m)	Maksimalna dolžina kolone (m)	Število vozil	Povprečne zamude vseh vozil (s)	Zamude zaradi ustavljanj (s)	Število ustavljanj na vozilo
S-E Njogoševa JUG / Bohoričeva	0,56	19,84	151	7,61	2,03	0,61
S-N Njogoševa JUG / Njogoševa SEVER	0,89	62,71	226	8,49	1,59	0,46
S-N Njogoševa JUG / Šmartinska	0,89	62,71	300	7,72	1,73	0,46
E-S Bohoričeva / Njogoševa JUG	30,6	121,64	62	84,84	40,18	8,25
E-N Bohoričeva / Njogoševa SEVER	30,6	121,64	131	61,59	22,61	6,31
E-N Bohoričeva / Šmartinska	30,6	121,64	70	58,41	20,28	6,02
W-S Prisojna / Njogoševa JUG	0,93	17,09	34	14,96	5,13	2,57
W-E Prisojna / Bohoričeva	0,93	17,09	5	28,02	16,27	3,93
W-N Prisojna / Njogoševa SEVER	0,93	17,09	12	19,85	9,2	2,38
W-N Prisojna / Šmartinska	0,93	17,09	2	23,62	11,72	3,13
N-S Njogoševa SEVER / Njogoševa JUG	31,28	169,41	422	40,61	14,64	3,33
N-E Njogoševa SEVER / Bohoričeva	31,28	169,41	135	45,5	18,86	4,18
N-N Njogoševa SEVER / Šmartinska	33,31	174,16	8	23,58	6,29	2,47

Poleg že znanih dolžin povprečnih kolon, ki so umerjene z ocenjenimi povprečnimi dolžinami je s preglednice 20 razvidno, da se zamude vozil v križišču na glavnih prometnih smereh gibljejo med 8 in 45 s. Najdaljše zamude na glavni prometni smeri so s severa Njogoševe

ceste proti Bohoričevi ulici. Najkrajše pa s smeri juga Njogoševa proti Bohoričevi ulici. Stranske prometne smeri imajo nekoliko več zamud. Slednje so občutnejše na Bohoričevi ulici. Največje se pojavljajo v smeri Bohoričeva-Njogoševa jug, ko dosežejo tudi do 85 sekund.

Preglednica 21: Mere učinkovitosti za čas popoldanske konice (OK)

Smer	Povprečna dolžina kolone (m)	Maksimalna dolžina kolone (m)	Število vozil	Povprečne zamude vseh vozil (s)	Zamude zaradi ustavljanj (s)	Število ustavljanj na vozilo
S-E Njogoševa JUG / Bohoričeva	2	41,91	184	18,4	6,06	1,74
S-N Njogoševa JUG / Njogoševa SEVER	14,78	170,2	345	19,06	4,36	1,28
S-N Njogoševa JUG / Šmartinska	14,78	170,2	317	17,17	4,04	1,26
E-S Bohoričeva / Njogoševa JUG	81,36	193,88	47	170,64	87,78	16,42
E-N Bohoričeva / Njogoševa SEVER	81,36	193,88	146	135,23	60,47	13,27
E-N Bohoričeva / Šmartinska	81,36	193,88	73	129,09	55,93	12
W-S Prisojna / Njogoševa JUG	1,04	16,3	21	18,22	8,14	2,47
W-E Prisojna / Bohoričeva	1,04	16,3	6	48,06	37,45	4,52
W-N Prisojna / Njogoševa SEVER	1,04	16,3	3	21	10,25	2,4
W-N Prisojna / Šmartinska	1,04	16,3	7	32,27	20,92	2,76
N-S Njogoševa SEVER / Njogoševa JUG	94,28	169,75	350	90,16	40,91	8,21
N-E Njogoševa SEVER / Bohoričeva	94,28	169,75	150	104,81	53,33	8,25
N-N Njogoševa SEVER / Šmartinska	98,07	174,5	8	78,21	34,26	6,38

Razmere za popoldansko konico prikazane na preglednici 21, kažejo precejšnje poslabšanje razmer, in sicer se na Bohoričevi ulici pojavijo daljše povprečne kolone ter povečajo zamude. Razlog se nahaja v večjem prometnem toku proti severu Njogoševe ceste in Šmartinski cesti ter večjem številu pešcev in kolesarjev, ki prečka Bohoričevo ulico, kar poveča povprečne kolone do 80 m na Bohoričevi ulici. Kolesarji in pešci na prehodu Bohoričeve ulice pa imajo vpliv tudi na leve zavijalce s severa Njogoševe, katerim se povečajo kolone in podaljšajo čakalni časi oz. zamude. Nepričakovan skok povprečnih dolžin kolon se pojavi tudi na južnem kraku Njogoševe ceste, katerega vzrok se kaže v povečanju števila prehodov preko prehoda za pešce in kolesarje.

10.1.2 Prikaz rezultatov za čas po planski dobi.

Preglednica 22: Mere učinkovitosti za čas jutranje konice (OK)

Smer	Povprečna dolžina kolone (m)	Maksimalna dolžina kolone (m)	Število vozil	Povprečne zamude vseh vozil (s)	Zamude zaradi ustavljanj (s)	Število ustavljanj na vozilo
S-E Njegoševa JUG / Bohoričeva	5,18	123,85	227	21,67	5,27	1,81
S-N Njegoševa JUG / Njegoševa SEVER	36,78	177,39	336	23,45	4,81	1,57
S-N Njegoševa JUG / Šmartinska	36,78	177,39	440	22,97	5,06	1,68
E-S Bohoričeva / Njegoševa JUG	205,74	245,52	51	332,85	165,55	28,71
E-N Bohoričeva / Njegoševa SEVER	205,74	245,52	113	292,5	136,67	26,58
E-N Bohoričeva / Šmartinska	205,74	245,52	59	285,33	128,5	26,05
W-S Prisojna / Njegoševa JUG	3,76	34,46	49	25,17	13,38	2,8
W-E Prisojna / Bohoričeva	3,76	34,46	9	73,5	59,3	6,65
W-N Prisojna / Njegoševa SEVER	3,76	34,46	17	38,59	25,55	3,1
W-N Prisojna / Šmartinska	3,76	34,46	4	40,42	28,05	3,07
N-S Njegoševa SEVER / Njegoševa JUG	142	174,29	350	135,92	67,74	9,54
N-E Njegoševa SEVER / Bohoričeva	142	174,29	113	144,67	76,98	10,62
N-N Njegoševa SEVER / Šmartinska	146,58	179,03	6	93,91	41,07	7,96

Preglednica 23: Mere učinkovitosti za čas popoldanske konice v letu 2036 (OK)

Smer	Povprečna dolžina kolone (m)	Maksimalna dolžina kolone (m)	Število vozil	Povprečne zamude vseh vozil (s)	Zamude zaradi ustavljanj (s)	Število ustavljanj na vozilo
S-E Njegoševa JUG / Bohoričeva	19,98	230,54	221	40,47	11,52	3,87
S-N Njegoševa JUG / Njegoševa SEVER	105,04	184,56	424	42,54	10,63	3,15
S-N Njegoševa JUG / Šmartinska	105,04	184,56	388	41,24	10,68	3,27
E-S Bohoričeva / Njegoševa JUG	212,7	247,42	40	333,79	187,44	28,68
E-N Bohoričeva / Njegoševa SEVER	212,7	247,42	126	285,28	147,6	24,01
E-N Bohoričeva / Šmartinska	212,7	247,42	64	282,97	144,38	23,58
W-S Prisojna / Njegoševa JUG	3,87	34,71	30	35,32	21,6	4,78
W-E Prisojna / Bohoričeva	3,87	34,71	9	101,24	86,27	9,02
W-N Prisojna / Njegoševa SEVER	3,87	34,71	4	54,28	41,01	3,89
W-N Prisojna / Šmartinska	3,87	34,71	10	76,84	62,67	4,46
N-S Njegoševa SEVER / Njegoševa JUG	144,03	172,16	293	149,66	80,22	10,92
N-E Njegoševa SEVER / Bohoričeva	144,03	172,16	129	173,36	102,33	11,82
N-N Njegoševa SEVER / Šmartinska	148,63	176,91	7	109,81	55,18	8,03

Stanje po planski dobi se za jutranjo in popoldansko konico sorazmerno s povečanjem količine prometa poslabša v smislu povečanja dolžin kolon, zamud in zmanjšanja pretočnosti križišča. Povprečne kolone v jutranji konici narastejo čez 200 m, kar že vpliva na učinkovitost

osodnjih križišč. Kolone v popoldanski konici pa so še nekoliko daljše in se bližajo maksimalnim. Kritične smeri sta Bohoričeva ulica in severni del Njogoševe ulice. Največje zamude pa se pojavijo na Bohoričevi ulici in so večje od 5 min.

10.1.2 Synchro – Sim Traffic

Modeliranje stanja v Synchro programu je bolj preprosto kot modeliranje v Vissimu. Po izdelavi prometne mreže in vnosu karakteristik posameznih povezav ter vnosu prometnih obremenitev na posamezne smeri smo v Sim Traffic-u izvedli simulacije prometnih tokov. Simulacija odvijanja prometa potrebuje v začetni fazi ogrevanje mreže. Proizvajalec programske opreme svetuje, da se za izdelavo analize izvede 5 – 10 zapovrstnih simulacij posamezne situacije, ki naj imajo prednastavljeno 10-minutno sejanje in 60-minutno snemanje prometa (<http://www.trafficware.com/blog/synchro-vs-simtraffic>). Na podlagi povprečja simulacij lahko primerjamo simulirane dolžine in izmerjene dolžine kolon.



Slika 26: Obstoječe križišče

10.1.3 Prikaz rezultatov za trenutni čas

Preglednica 24: Mere učinkovitosti za čas jutranje konice (OK)

Smer	Povprečna dolžina kolone (m)	Maksimalna dolžina kolone (m)	Število vozil	Zamude na vozilo (s)	Zamude zaradi ustavljanj (s)	Število ustavljanj na vozilo
NBR Njegoševa JUG / Bohoričeva	8	39,5	151	8,1	7	0,3
NBT Njegoševa JUG / Njegoševa SEVER	18,6	55,1	236	6,9	3,2	0,21
NBTR Njegoševa JUG / Šmartinska	18,6	55,1	303	7	4,1	0,31
WBL Bohoričeva / Njegoševa JUG	32,7	126,6	69	85,3	83,5	1,1
WBR Bohoričeva / Njegoševa SEVER	17	24	125	25,1	23,5	0,84
WBR2 Bohoričeva / Šmartinska	17	24	62	27,1	25,3	0,84
EBTR Prisojna / Njegoševa JUG	3,7	17,6	37	2,7	2,5	0,37
EBT Prisojna / Bohoričeva	3,7	17,6	9	6	5,2	0,45
EBL2 Prisojna / Njegoševa SEVER	2,8	9,5	10	15,6	14,4	0,83
EBL Prisojna / Šmartinska	2,8	9,5	3	41,8	41	1
SBT Njegoševa SEVER / Njegoševa JUG	15	34,5	437	2,9	1,4	0,15
SBL Njegoševa SEVER / Bohoričeva	11,7	16,5	124	23,8	22,5	0,86
SBTL int7 Njegoševa SEVER / Šmartinska	27,3	152,9	9	15,5	11,1	0,6

Preglednica 24 prikazuje obstoječe kalibrirano stanje. Prikazane so kalibrirane dolžine povprečnih kolon ter pripadajoče maksimalne dolžine kolon in zamude. Najdaljše povprečne kolone program prikaže v smeri Bohoričeva-Njegoševa jug ter v smeri Njegoševa sever-Šmartinska cesta. Kritična v smislu zamud se kaže smer Bohoričeva-Njegoševa jug. Navkljub kratki povprečni dolžini kolone se nekoliko daljše zamude kažejo tudi na Prisojni ulici za smeri proti Šmartinski cesti.

Preglednica 25: Mere učinkovitosti za čas popoldanske konice (OK)

Smer	Povprečna dolžina kolone (m)	Maksimalna dolžina kolone (m)	Število vozil	Zamude na vozilo (s)	Zamude zaradi ustavljanj (s)	Število ustavljanj na vozilo
NBR Njegoševa JUG / Bohoričeva	11,2	44,4	183	9,5	7,9	0,37
NBT Njegoševa JUG / Njegoševa SEVER	24,5	102,6	351	8,7	4,8	0,25
NBTR Njegoševa JUG / Šmartinska	24,5	102,6	325	9	4,8	0,24
WBL Bohoričeva / Njegoševa JUG	47,1	137,2	49	137,9	134,9	1,18
WBR Bohoričeva / Njegoševa SEVER	19	24	158	47,8	45,3	0,94
WBR2 Bohoričeva / Šmartinska	19	24	77	53,7	51,1	1,01
EBTR Prisojna / Njegoševa JUG	2,4	13,4	18	3,2	3,2	0,39
EBT Prisojna / Bohoričeva	2,4	13,4	6	4,2	3,5	0,33
EBL2 Prisojna / Njegoševa SEVER	2,5	8,8	4	17,6	16,4	0,75
EBL Prisojna / Šmartinska	2,5	8,8	7	39	38	0,86
SBT Njegoševa SEVER / Njegoševa JUG	25,5	35,6	413	5,5	3,3	0,19
SBL Njegoševa SEVER / Bohoričeva	15,4	16,5	152	45	44,8	0,93
SBTL int7 Njegoševa SEVER / Šmartinska	110,1	194,1	12	154,5	145,5	1,17

Simulirano stanje za popoldansko konico se sorazmerno s povečanjem prometa poslabšuje. Povečan promet v smeri Njegoševa sever vpliva na kolone in zamude na severnem odseku Njegoševe ceste. Podaljšajo se kolone za leve zavijalce s severa Njegoševe na Bohoričovo ulico. Razmere za vključevanje levih zavijalcev z Bohoričeve na Njegošovo v smeri jug se prav tako poslabšajo.

10.1.4 Prikaz rezultatov za čas po planski dobi

Preglednica 26: Mere učinkovitosti za čas jutranje konice (OK)

Smer	Povprečna dolžina kolone (m)	Maksimalna dolžina kolone (m)	Število vozil	Zamude na vozilo (s)	Zamude zaradi ustavljanj (s)	Število ustavljanj na vozilo
NBR Njegoševa JUG / Bohoričeva	23,3	55	249	20,4	17,3	0,41
NBT Njegoševa JUG / Njegoševa SEVER	60,3	143,4	354	23,7	16,7	0,41
NBTR Njegoševa JUG / Šmartinska	60,3	143,4	458	20,9	15,3	0,39
WBL Bohoričeva / Njegoševa JUG	183,1	195,9	50	1742,5	1737,7	1,11
WBR Bohoričeva / Njegoševa SEVER	16,1	24	113	1469,7	1465,4	0,88
WBR2 Bohoričeva / Šmartinska	16,1	24	64	1286,9	1282,7	0,79
EBTR Prisojna / Njegoševa JUG	6,4	28,3	48	6,1	5,8	0,39
EBT Prisojna / Bohoričeva	6,4	28,3	14	17,2	15,7	0,88
EBL2 Prisojna / Njegoševa SEVER	3,4	9,8	18	20,4	19,3	0,76
EBL Prisojna / Šmartinska	3,4	9,8	1	12,5	12	1
SBT Njegoševa SEVER / Njegoševa JUG	26,4	35,5	285	15,2	12,6	0,26
SBL Njegoševa SEVER / Bohoričeva	15,4	16,5	68	164,8	164	0,91
SBTL int7 Njegoševa SEVER / Šmartinska	183,2	198,1	9	2485,5	2469	2,27

Preglednica 27: Mere učinkovitosti za čas popoldanske konice (OK)

Smer	Povprečna dolžina kolone (m)	Maksimalna dolžina kolone (m)	Število vozil	Zamude na vozilo (s)	Zamude zaradi ustavljanj (s)	Število ustavljanj na vozilo
NBR Njegoševa JUG / Bohoričeva	20,3	45	252	130,2	126,2	0,53
NBT Njegoševa JUG / Njegoševa SEVER	71,1	142,8	558	131,6	123,9	0,32
NBTR Njegoševa JUG / Šmartinska	71,1	142,8	450	123,4	115,3	0,33
WBL Bohoričeva / Njegoševa JUG	249,4	253,7	27	4709,9	4704,2	2
WBR Bohoričeva / Njegoševa SEVER	14,5	24	70	4688,9	4682,2	1,86
WBR2 Bohoričeva / Šmartinska	14,5	24	33	4906,2	4898,1	1,91
EBTR Prisojna / Njegoševa JUG	6,9	38,3	29	22,9	22,6	0,27
EBT Prisojna / Bohoričeva	6,9	38,3	13	30,9	29,8	0,69
EBL2 Prisojna / Njegoševa SEVER	3,3	9,7	7	14,5	13	0,71
EBL Prisojna / Šmartinska	3,3	9,7	10	64,5	63,4	1
SBT Njegoševa SEVER / Njegoševa JUG	27,3	35	106	35,6	32,9	0,29
SBL Njegoševa SEVER / Bohoričeva	15,4	16,5	47	264,5	264,3	0,94
SBTL int7 Njegoševa SEVER / Šmartinska	187,5	195,6	4	5512,8	5493,8	2,75

Preglednici 27 in 28 prikazujeta rezultate za jutranjo in popoldansko po planski dobi 20 let. Programsko orodje prikaže, da predvidena 2 % letna rast prometa povzroči veliko dodatno obremenitev obstoječega križišča. Kot kritične smeri se še vedno pojavljajo severni del Njogoševe ceste in Bohoričeva ulica s tem, da se na omenjenih smereh povprečne dolžine kolon približajo maksimalnim. Zamude na vozilo, ki jih program predvideva se v jutranji konici gibljejo med 20 in 30 minut na Bohoričevi ulici, med tem ko se na severnem delu Njogoševe ceste zamude povzpnejo do 40 min. Program za popoldansko konico napoveduje veliko bolj kritično situacijo predvsem z vidika zamud, za katere predvideva, da se bodo na Bohoričevi ulici povzpele do 1 h in 20 min na severnem delu Njogoševe ceste pa tudi čez 1 h in 30 min, kar je razvidno z zamud za smer SBTL int7. Kot kritični element za slabe rezultate vidimo povečanje glavnega prometnega toka. Navkljub vplivu pešcev, ki prekinjajo glavni tok in agresivnih levih zavijalcev z Bohoričeve, program predvideva pojav daljših kolon na Bohoričevi ulici, ki vplivajo na zamude tudi desnih zavijalcev Bohoričeve ulice.

11 MODEL NOVEGA STANJA KLASIČNO KRIŽIŠČE-ODSTOP PREDNOSTI (KK)

Za modeliranje novega predvidenega stanja smo uporabili izsledke oz. rezultate predhodnih analiz obstoječega stanja. Predhodne raziskave s posameznim programom so nam dale podatke o dolžinah predvidenih kolon, lokacije njihovega pojavljanja ter zamude, ki se pojavljajo na posameznem kraku. Tako je razvidno, da se pojavljajo kolone v smeri Njegoševa S. - Bohoričeva, s smeri Bohoričeve ulice v vse smeri in s Prisojne ulice prav tako v vse smeri. Dolžina kolon na Prisojni ulici ni kritična. Kot optimizacijo je predlagano klasično križišče z ustrezno urejenimi ter ustreznim številom prometnih pasov za posamezno smer. Preverili smo predlagano idejno situacijo s pasovi za leve zavijalce z vseh prometnih smeri, njihova umestitev in dolžine pa so prilagojeni glede na prostorsko dopustnost.

VISSIM	
2. KLASIČNO KRIŽIŠČE (KK)	
2.1 TRENUTNI ČAS	2.2 PO PLANSKI DOBI 20 LET
JUTRANJA KONICA	JUTRANJA KONICA
POPOLDANSKA KONICA	POPOLDANSKA KONICA

SIM TRAFFIC	
2. KLASIČNO KRIŽIŠČE (KK)	
2.1 TRENUTNI ČAS	2.2 PO PLANSKI DOBI 20 LET
JUTRANJA KONICA	JUTRANJA KONICA
POPOLDANSKA KONICA	POPOLDANSKA KONICA

Slika 27: Plan modeliranja klasičnega križišča

11.1 Modeliranje novega klasičnega križišča Vissim

Na sliki 29 je prikazano predvideno optimizirano križišče. Geometrijske elemente križišča smo določili na podlagi predhodno izdelanih zasnov možne prostorske umestitve pasov za leve zavijalce. Za križišče z novimi elementi smo ponovno izdelali prometne analize, in sicer za trenutni čas in čas po koncu planske dobe 20 let. Rezultati v preglednicah 28 in 29 so prikazani za jutranjo in popoldansko konično uro za trenutno obdobje. V nadaljevanju so v preglednicah 30 in 31 prikazani še rezultati po planski dobi 20 let, prav tako za jutranjo in popoldansko konično uro. Novo predvideno klasično križišče predvideva podaljšan pas za leve zavijalce na severnem delu Njogoševe ulice. Predviden je za leve zavijalce za smer N-N in N-E. Vozilo, ki želi zapeljati v smeri N-N oz. N-E se že na začetku razširitve pred odcepom za smer N-N razvrsti na levi pas in tako sprostí smer N-S.



Slika 28: Prikaz predlaganega stanja v programu Vissim

11.1.1 Prikaz rezultatov za trenutni čas

Preglednica 28: Mere učinkovitosti za jutranjo konično uro (KK)

Smer	Povprečna dolžina kolone (m)	Maksimalna dolžina kolone (m)	Število vozil	Povprečne zamude vseh vozil (s)	Zamude zaradi ustavljanj (s)	Število ustavljanj na vozilo
S-E Njegoševa JUG / Bohoričeva	1,94	75,22	131	10,53	1,79	0,63
S-N Njegoševa JUG / Njegoševa SEVER	1,94	75,22	194	12,06	2,39	0,37
S-N Njegoševa JUG / Šmartinska	1,94	75,22	259	12,04	2,36	0,34
E-S Bohoričeva / Njegoševa JUG	0,08	9,15	56	9,97	4,5	0,88
E-N Bohoričeva / Njegoševa SEVER	0,08	9,15	120	13,51	4,72	2,1
E-N Bohoričeva / Šmartinska	0,08	9,15	58	14,3	5,34	2,56
W-S Prisojna / Njegoševa JUG	0,41	14,12	29	6,17	1,69	0,5
W-E Prisojna / Bohoričeva	0,41	14,12	5	16,49	10,56	2,11
W-N Prisojna / Njegoševa SEVER	0,41	14,12	9	16,14	8,25	1
W-N Prisojna / Šmartinska	0,41	14,12	3	20,61	12,15	1,43
N-S Njegoševa SEVER / Njegoševa JUG	2,1	71,72	374	6,13	1,91	0,18
N-E Njegoševa SEVER / Bohoričeva	2,1	71,72	111	37,66	26,44	2,07
N-N Njegoševa SEVER / Šmartinska	2,1	71,72	9	19,3	10,66	0,87

Rezultati programskega orodja Vissim za klasično križišče presenetljivo prikažejo bistveno izboljšanje razmer za večino prometnih smeri. Kolone na Bohoričevi ulici se z uvedbo levega pasu uravnotežijo. Dodatni prometni pas za leve zavijalce na severu Njegoševe sprosti promet proti jugu, kar prav tako skrajša kolone.

Preglednica 29: Mere učinkovitosti za popoldansko konično uro (KK)

Smer	Povprečna dolžina kolone (m)	Maksimalna dolžina kolone (m)	Število vozil	Povprečne zamude vseh vozil (s)	Zamude zaradi ustavljanj (s)	Število ustavljanj na vozilo
S-E Njogoševa JUG / Bohoričeva	30,06	192,19	180	30,6	5,54	1,25
S-N Njogoševa JUG / Njogoševa SEVER	30,06	192,19	336	34,43	7,8	0,78
S-N Njogoševa JUG / Šmartinska	30,06	192,19	313	33,88	7,68	0,76
E-S Bohoričeva / Njogoševa JUG	3	41,36	53	23,95	13,21	1,64
E-N Bohoričeva / Njogoševa SEVER	3	41,36	160	32,59	14,83	6,78
E-N Bohoričeva / Šmartinska	3	41,36	72	34,42	16,13	7,43
W-S Prisojna / Njogoševa JUG	0,76	12,58	21	5,92	2,1	1,91
W-E Prisojna / Bohoričeva	0,76	12,58	8	29,67	22,75	2,84
W-N Prisojna / Njogoševa SEVER	0,76	12,58	4	50,76	39,74	2,91
W-N Prisojna / Šmartinska	0,76	12,58	5	31,98	23,43	1,45
N-S Njogoševa SEVER / Njogoševa JUG	39,31	113,74	353	52,68	28,81	1,25
N-E Njogoševa SEVER / Bohoričeva	39,31	113,74	139	133,61	96,61	4,43
N-N Njogoševa SEVER / Šmartinska	39,31	113,74	10	104,78	70,1	8,39

V nasprotju z jutranjo konico so rezultati za popoldansko konico nekoliko slabši. Rezultati predvsem prikazujejo kolone na jugu Njogoševe v dolžini 30 m in na severu Njogoševe v dolžini cca 40 m. Pričakovano so se povečale čakalne dobe, ki pa se glede na rezultate v smeri N-E povzpnejo do dveh minut.

11.1.2 Prikaz rezultatov za čas po planski dobi

Preglednica 30: Mere učinkovitosti za jutranjo konično uro (KK)

Smer	Povprečna dolžina kolone (m)	Maksimalna dolžina kolone (m)	Število vozil	Povprečne zamude vseh vozil (s)	Zamude zaradi ustavljanj (s)	Število ustavljanj na vozilo
S-E Njegoševa JUG / Bohoričeva	76,18	193,41	191	49,58	8,1	1,22
S-N Njegoševa JUG / Njegoševa SEVER	76,18	193,41	279	57,86	12,28	1,12
S-N Njegoševa JUG / Šmartinska	76,18	193,41	366	57,14	12,01	1,11
E-S Bohoričeva / Njegoševa JUG	25,15	54,72	85	61,27	29,07	3,09
E-N Bohoričeva / Njegoševa SEVER	25,15	54,72	200	76,14	32,57	8,76
E-N Bohoričeva / Šmartinska	25,15	54,72	92	76,33	32,65	9,27
W-S Prisojna / Njegoševa JUG	2,56	38,62	52	11,67	4,98	2,9
W-E Prisojna / Bohoričeva	2,56	38,62	10	36,34	27,25	2,77
W-N Prisojna / Njegoševa SEVER	2,56	38,62	14	59,18	46,99	3,03
W-N Prisojna / Šmartinska	2,56	38,62	4	49,76	37,57	2,72
N-S Njegoševa SEVER / Njegoševa JUG	57,4	117,6	504	60,91	29,82	1,46
N-E Njegoševa SEVER / Bohoričeva	57,4	117,6	145	137,07	95,26	4,27
N-N Njegoševa SEVER / Šmartinska	57,4	117,6	10	129,98	86,01	11,2

Preglednica 31: Mere učinkovitosti za popoldansko konično uro (KK)

Smer	Povprečna dolžina kolone (m)	Maksimalna dolžina kolone (m)	Število vozil	Povprečne zamude vseh vozil (s)	Zamude zaradi ustavljanj (s)	Število ustavljanj na vozilo
S-E Njegoševa JUG / Bohoričeva	76,45	195,27	188	49,72	7,37	1,44
S-N Njegoševa JUG / Njegoševa SEVER	76,45	195,27	357	54,1	9,48	0,99
S-N Njegoševa JUG / Šmartinska	76,45	195,27	327	53,61	9,86	0,99
E-S Bohoričeva / Njegoševa JUG	27,54	54,72	71	59,87	26,27	2,87
E-N Bohoričeva / Njegoševa SEVER	27,54	54,72	223	74,82	29,9	6,91
E-N Bohoričeva / Šmartinska	27,54	54,72	101	74,58	30,44	7,18
W-S Prisojna / Njegoševa JUG	1,49	18,94	29	7,91	3,63	0,44
W-E Prisojna / Bohoričeva	1,49	18,94	11	35,18	27,83	2,78
W-N Prisojna / Njegoševa SEVER	1,49	18,94	5	56,53	44,14	3,03
W-N Prisojna / Šmartinska	1,49	18,94	7	60,06	49,36	2,5
N-S Njegoševa SEVER / Njegoševa JUG	68,67	116,12	353	86,47	50,41	1,77
N-E Njegoševa SEVER / Bohoričeva	68,67	116,12	138	183,91	132,2	5,44
N-N Njegoševa SEVER / Šmartinska	68,67	116,12	9	138,56	93,48	6,87

11.2 Modeliranje klasičnega križišča Synchro/Sim Traffic



Slika 29: Nova predlagana ureditev z oznakami pasov - Sim Traffic

Pri predlagani ureditvi križišča brez semaforizacije smo izvedli združevanje prometnih tokov. Direktni prometni pas z juga v smeri Šmartinske ceste smo v križišču ukinili ter povezavo s Šmartinsko cesto uredili ločeno s pravokotnim priključkom, ki je cca 30 m za križiščem v smeri severno od križišča. S severne smeri Njogoševe smo uvedli ločen pas za leve zavijalce dolžine 30 m. Pas za leve zavijalce se na severu Njogoševe ceste podaljša tudi odcep za Šmartinsko cesto tako, da vozilo, ki želi zaviti na Šmartinsko cesto sprosti prometni pas proti jugu Njogoševe. Na Bohoričevi ulici smo predvideli ločen pas za leve zavijalce, njegova dolžina je skladno s predvideno prostorsko ureditvijo dolžine 30 m, razširitveni del pa dolžine 20 m. Na sliki 30 je prikazana nova ureditev in oznake prometnih pasov.

11.2.1 Prikaz rezultatov za trenutni čas

Preglednica 32: Mere učinkovitosti za čas jutranje konice (KK)

Smer	Povprečna dolžina kolone (m)	Maksimalna dolžina kolone (m)	Število vozil	Povprečne zamude vseh vozil (s)	Zamude zaradi ustavljanj (s)	Število ustavljanj
NBR Njegoševa JUG / Bohoričeva	10,7	48,9	160	9	7,9	0,38
NBT Njegoševa JUG / Njegoševa SEVER	30,7	107,7	529	9	6,4	0,37
WBL Bohoričeva / Njegoševa JUG	35,4	49,8	67	290	289	1,22
WBR Bohoričeva / Njegoševa SEVER	46,5	141,2	198	68,1	65,5	0,68
EBR Prisojna / Njegoševa JUG	4,6	19,9	37	5,3	5,1	0,46
EBT Prisojna / Bohoričeva	4,6	19,9	8	10,5	9,4	0,62
EBL Prisojna / Njegoševa SEVER	4,6	15,2	15	53,2	52,2	1
SBT Njegoševa SEVER / Njegoševa JUG	7,8	19,7	438	2,1	0,7	0,1
SBL Njegoševa SEVER / Bohoričeva	14,2	16,1	121	36,5	36,1	0,86
SBL int 5 Njegoševa SEVER / Šmartinska	2,1	12,3	9	167,6	158,7	1,44
SBT int 5 Njegoševa JUG / Njegoševa SEVER	120,5	192,6	557	161,3	149	0,81

Preglednica 33: Mere učinkovitosti za čas popoldanske konice (KK)

Smer	Povprečna dolžina kolone (m)	Maksimalna dolžina kolone (m)	Število vozil	Povprečne zamude vseh vozil (s)	Zamude zaradi ustavljanj (s)	Število ustavljanj
NBR Njegoševa JUG / Bohoričeva	14,1	48,3	184	11,4	10	0,42
NBT Njegoševa JUG / Njegoševa SEVER	40,4	138,8	662	11,8	8,5	0,38
WBL Bohoričeva / Njegoševa JUG	28,4	48,6	43	349,5	348,1	1,27
WBR Bohoričeva / Njegoševa SEVER	59,9	137,8	229	60,5	57	0,94
EBR Prisojna / Njegoševa JUG	3,8	18,1	37	5,5	5,3	0,38
EBT Prisojna / Bohoričeva	3,8	18,1	8	8,3	7,6	0,62
EBL Prisojna / Njegoševa SEVER	3,4	11,2	10	73,3	72,1	1
SBT Njegoševa SEVER / Njegoševa JUG	7,9	18,9	353	1,6	0,7	0,11
SBL Njegoševa SEVER / Bohoričeva	14,6	18,5	139	38,6	37,2	0,88
SBL int5 Njegoševa SEVER / Šmartinska	2,5	11,7	13	375,2	365,6	1,54
SBT int5 Njegoševa JUG / Njegoševa SEVER	153,1	196,4	488	410,1	399,3	1,11

11.2.3 Prikaz rezultatov za čas po planski dobi

Preglednica 34: Mere učinkovitosti za čas jutranje konice (KK)

Smer	Povprečna dolžina kolone (m)	Maksimalna dolžina kolone (m)	Število vozil	Zamude na vozilo (s)	Zamude zaradi ustavljanj (s)	Število ustavljanj na vozilo
NBR Njegoševa JUG / Bohoričeva	20,2	55	229	15,9	13,3	0,43
NBT Njegoševa JUG / Njegoševa SEVER	61,3	138,5	807	18,3	13,4	0,41
WBL Bohoričeva / Njegoševa JUG	48,4	49,8	38	3499,5	3492,9	2,15
WBR Bohoričeva / Njegoševa SEVER	242,3	250,6	138	2518,9	2506,7	1,92
EBR Prisojna / Njegoševa JUG	6,4	36,2	60	6,6	6,2	0,32
EBT Prisojna / Bohoričeva	6,4	36,2	12	14,7	13,6	0,67
EBL Prisojna / Njegoševa SEVER	6,2	17	22	66,4	65,3	0,95
SBT Njegoševa SEVER / Njegoševa JUG	7	17,4	269	2	0,9	0,13
SBL Njegoševa SEVER / Bohoričeva	14,2	17	70	91,6	90,2	0,93
SBL int5 Njegoševa SEVER / Šmartinska	1,3	8,6	6	3264,2	3251,9	2
SBT int5 Njegoševa SEVER / Njegoševa JUG	188,7	197,2	335	3422,1	3408	1,25

Preglednica 35: Mere učinkovitosti za čas popoldanske konice (KK)

Smer	Povprečna dolžina kolone (m)	Maksimalna dolžina kolone (m)	Število vozil	Zamude na vozilo (s)	Zamude zaradi ustavljanj (s)	Število ustavljanj na vozilo
NBR2 Njegoševa JUG / Bohoričeva	26,6	55	275	69,7	65,3	0,5
NBT Njegoševa JUG / Njegoševa SEVER	78,1	145,6	999	72,8	64,1	0,44
WBL Bohoričeva / Njegoševa JUG	48,2	49,8	27	4467,2	4458,6	2,82
WBR Bohoričeva / Njegoševa SEVER	249,1	253,6	118	3652,3	3639,9	2,57
EBR Prisojna / Njegoševa JUG	4,5	23,5	33	4,1	3,9	0,21
EBT Prisojna / Bohoričeva	4,5	23,5	13	13,8	12,7	0,62
EBL Prisojna / Njegoševa SEVER	3,6	9,7	15	45,5	44,1	0,93
SBT Njegoševa SEVER / Njegoševa JUG	1,2	13,2	26	32,7	31,2	0,12
SBL Njegoševa SEVER / Bohoričeva	14,6	19,4	12	742,8	741,5	0,92
SBL int5 Njegoševa SEVER / Šmartinska	0,3	6,6	1	4327,1	4327,2	1
SBT int5 Njegoševa SEVER / Njegoševa JUG	183,9	190,5	34	5421,2	5419,1	2,12

12 MODEL NOVEGA STANJA-SEMAFORIZIRANO KRIŽIŠČE(SK)

Kot drugo opcijo optimizacije križišča smo preizkusili semaforizirano klasično križišče s pasovi za leve zavijalce. Geometrija križišča je enaka klasičnemu križišču.

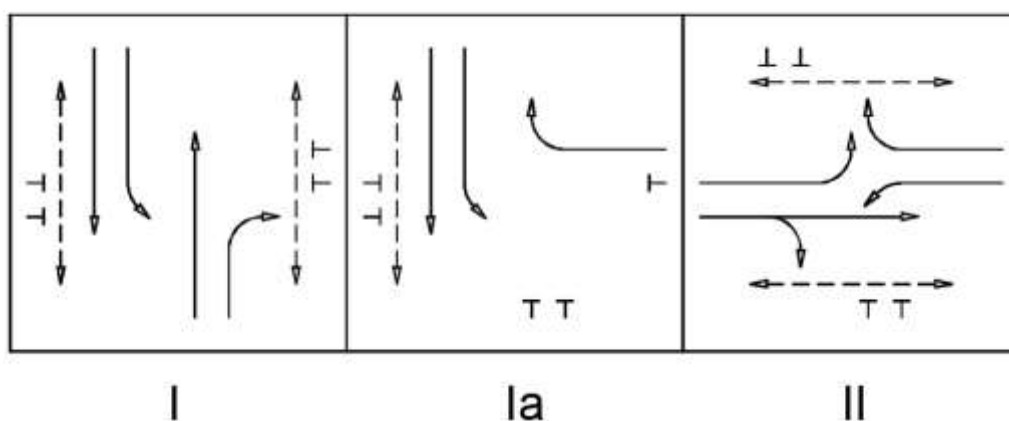
VISSIM	
3. SEMAFORIZIRANO KRIŽIŠČE (SK)	
3.1 TRENUTNI ČAS	3.2 PO PLANSKI DOBI 20 LET
JUTRANJA KONICA	JUTRANJA KONICA
POPOLDANSKA KONICA	POPOLDANSKA KONICA

SIM TRAFFIC	
3. SEMAFORIZIRANO KRIŽIŠČE (SK)	
3.1 TRENUTNI ČAS	3.2 PO PLANSKI DOBI 20 LET
JUTRANJA KONICA	JUTRANJA KONICA
POPOLDANSKA KONICA	POPOLDANSKA KONICA

Slika 30: Prikaz izdelanih modelov semaforiziranih križišč

Izdelanih je bilo več signalnih programov. Tekom izdelav simulacije in analiz rezultatov smo signalne programe korigirali tako, da je simulacija generirala čim krajše dolžine kolon in čim krajše čakalne čase. Pri izdelavi smo si pomagali s Tehničnimi normativi za projektiranje in opremo mestnih prometnih površin (1991). Normativi navajajo običajne dolžine cikla, najkrajše zelene čase, dolžine rumenih časov ter dolžino prehodnih časov rdeče + rumeno. V preglednici 36 so prikazane izhodiščne minimalne dolžine omenjenih časov. Nihanje prometnih obremenitev preko celotnega dne in s tem različne prometne obremenitve v jutranji in popoldanski konici so narekovale izdelavo štirih različnih signalnih programov, in sicer po dva za trenutni čas in dva za čas po planski dobi. Pred izdelavo signalnega programa je pomembna izbira faznega plana, v katerem je določeno število posameznih faz in njihovo zaporedje. V našem primeru smo izbrali dvofazni plan s podaljšano fazo za leve zavijalce s severa Njegoševe ceste. Fazni diagram, ki smo ga uporabili za vse situacije je prikazan na sliki 32. Določili smo dolžino ciklusa in za vsako skupino smeri še zeleni čas. Na dolžino posameznega zelenega časa vpliva količina prometa, ki bo med posamezno fazo prečkala križišče in prehodi pešcev, kateri morajo varno prečkati prehod za pešce.

2 Fazi



Slika 31: Uporabljen fazni diagram

Preglednica 36: Osnovne dolžine posameznih časov cikla (Tehnični normativi za projektiranje in opremo mestnih prometnih površin, 1991: str. 24)

Prehodni čas rumeno	t_{Ru}	Običajne dolžine cikla	C_i	Zeleni časi	t_{zi}
$V_{dov}=50$ km/h	3 s	Minimalno	30s	Za vozila min.	10 s
$V_{dov}=60$ km/h	4 s	Normalno	od 50 do 70 s	Za kolesarje in pešce	5 s
$V_{dov}=70$ km/h	5 s	Maksimalno	90 (120)s		
Ločeni signali za kolesarske tokove	2 s				

V nadaljevanju so prikazani osnovni podatki signalnih programov za trenutni čas in čas po planski dobi v času koničnih ur za obe programske orodji.

12.1 Modeliranje novega semaforiziranega križišča v programu Vissim



Slika 32: Prikaz semaforiziranega križišča Vissim

Program Vissim omogoča pregledno urejanje signalnih programov. Za obravnavani primer smo izdelali signalni program za jutranjo in popoldansko konico v trenutnem času ter za jutranjo in popoldansko konico za čas po planski dobi. Kot osnovo za izdelavo semaforiziranega križišča nam je služilo klasično križišče, ki smo ga obravnavali v prejšnjem primeru. Pri izdelavi semaforizacije vnaprej dodamo signalni krmilnik, kateremu določimo signalne skupine. Na krakih križišča oz. linkih določimo položaj signalnih glav (po navadi na lokaciji stop črt) in jim določimo signalno skupino. Eni signalni skupini lahko določimo več signalnih glav. Signalni program smo določali ločeno za jutranjo in popoldansko konico. Signalne skupine določimo glede na glavne in stranske prometne smeri. V križišču se nahajajo tudi pešci in kolesarji, katerih faze so poenotene s fazami vozil, in sicer glede na smer vozil. Pri reševanju problema kolon in zmanjšanju zamud smo dali prednost zmanjšanju zamud. Tako je na določenih krakih prišlo do daljših kolon z namenom zmanjšanja zamud na preostalih krakih, kar je razvidno v primerjalnih grafikonih, ki so podani v nadaljevanju diplomske naloge. Poudariti moramo, da s programom Vissim v nasprotju s programom Synchro nismo uspeli izvesti optimizacije signalnih naprav. Podjetje PTV Grup je v študijsko različici omogočilo le izdelavo signalnih skupin, signalnih programov in matrik preklonnih časov. V namen optimizacije signalnih programov pa razvilo okolje VISSIG, ki pa je nadgradnja programa Vissim. Signalne programe smo tako izdelali izkustveno. Na podlagi rezultatov smo spreminjali cikel, dodajali faze ter spreminjali njihove dolžine. Glede na to, da je možna programska optimizacija predvidevamo, da predlagani signalni programi niso povsem optimalni, kar velja tudi za rezultate simulacije.

12.1.1 Prikaz rezultatov za trenutni čas

Preglednica 37: Prikaz rezultatov za jutranjo konico (SK)

Smer	Povprečna dolžina kolone (m)	Maksimalna dolžina kolone (m)	Število vozil	Povprečne zamude vseh vozil (s)	Zamude zaradi ustavljanj (s)	Število ustavljanj
S-E Njegoševa JUG / Bohoričeva	1,34	58,1	150	18,71	9,63	1,03
S-N Njegoševa JUG / Njegoševa SEVER	1,34	58,1	224	14,62	7,47	0,59
S-N Njegoševa JUG / Šmartinska	1,34	58,1	298	14,66	7,8	0,59
E-S Bohoričeva / Njegoševa JUG	0,01	5,47	65	21,84	13,11	1,04
E-N Bohoričeva / Njegoševa SEVER	0,01	5,47	68	12,47	7,84	0,55
E-N Bohoričeva / Šmartinska	0,01	5,47	138	11,98	7,31	0,59
W-S Prisojna /Njegoševa JUG	0,97	19,49	34	18,11	11,27	0,82
W-E Prisojna /Bohoričeva	0,97	19,49	6	12,04	7,35	0,52
W-N Prisojna /Njegoševa SEVER	0,97	19,49	11	20,15	11,3	0,82
W-N Prisojna /Šmartinska	0,97	19,49	3	18,66	10,78	0,61
N-S Njegoševa SEVER / Njegoševa JUG	0	0	431	6,72	2,52	0,35
N-E Njegoševa SEVER / Bohoričeva	0	0	129	26,36	18,22	1,51
N-N Njegoševa SEVER / Šmartinska	0	0	9	11,09	5,53	0,55

Preglednica 38: Podatki signalnega programa – dolžina ciklusa 60 s

	Faza	Zeleni čas (s)	Rumeni čas (s)	Rdeči čas (s)	Celotni izgubljeni čas (s)	Efektivni zeleni čas-g (s)	Razmerje g/C
S-E Njegoševa JUG / Bohoričeva	1	26	3	1	4	26	0,43
S-N Njegoševa JUG / Njegoševa SEVER	1	26	3	1	4	26	0,43
S-N Njegoševa JUG / Šmartinska	1	26	3	1	4	26	0,43
E-S Bohoričeva / Njegoševa JUG	2	16	3	1	4	16	0,27
E-N Bohoričeva / Njegoševa SEVER	1a,2	26	3	1	4	26	0,43
E-N Bohoričeva / Šmartinska	1a,2	26	3	1	4	26	0,43
W-S Prisojna / Njegoševa JUG	2	16	3	1	4	16	0,27
W-E Prisojna / Bohoričeva	2	16	3	1	4	16	0,27
W-N Prisojna / Njegoševa SEVER	2	16	3	1	4	16	0,27
W-N Prisojna / Šmartinska	2	16	3	1	4	16	0,27
N-S Njegoševa SEVER/ Njegoševa JUG	1,1a	36	3	1	4	36	0,60
N-E Njegoševa SEVER/ Bohoričeva	1,1a	36	3	1	4	36	0,60
N-N Njegoševa SEVER/ Šmartinska	/	/	/	/	/	/	/

Preglednica 39: Prikaz rezultatov za popoldansko konico (SK) – dolžina ciklusa 70 s

Smer	Povprečna dolžina kolone (m)	Maksimalna dolžina kolone (m)	Število vozil	Povprečne zamude vseh vozil (s)	Zamude zaradi ustavljanj (s)	Število ustavljanj
S-E Njegoševa JUG / Bohoričeva	27,23	189,59	181	42,26	18,5	2,34
S-N Njegoševa JUG / Njegoševa SEVER	27,23	189,59	339	34,18	12,97	1,15
S-N Njegoševa JUG / Šmartinska	27,23	189,59	317	34,84	13,3	1,22
E-S Bohoričeva / Njegoševa JUG	1,86	54,5	160	30,4	19,79	1,43
E-N Bohoričeva / Njegoševa SEVER	1,86	54,5	53	44,04	32,59	1,69
E-N Bohoričeva / Šmartinska	1,86	54,5	72	31,79	21,13	1,62
W-S Prisojna / Njegoševa JUG	1,19	19,2	4	33,43	22,75	1,9
W-E Prisojna / Bohoričeva	1,19	19,2	8	28,28	22,05	1,04
W-N Prisojna / Njegoševa SEVER	1,19	19,2	20	25,88	18,78	0,97
W-N Prisojna / Šmartinska	1,19	19,2	5	26,62	15,86	1,37
N-S Njegoševa SEVER / Njegoševa JUG	29,58	113,13	379	42,77	21,87	1,45
N-E Njegoševa SEVER / Bohoričeva	29,58	113,13	148	111,05	76,63	4,63
N-N Njegoševa SEVER / Šmartinska	29,58	113,13	11	74,78	45,28	2,86

Preglednica 40: Podatki signalnega programa – dolžina ciklusa 70 s

	Faza	Zeleni čas (s)	Rumeni čas (s)	Rdeči čas (s)	Celotni izgubljeni čas (s)	Efektivni zeleni čas-g (s)	Razmerje g/C
S-E Njegoševa JUG / Bohoričeva	1	39	3	1	4	39	0,56
S-N Njegoševa JUG / Njegoševa SEVER	1	39	3	1	4	39	0,56
S-N Njegoševa JUG / Šmartinska	1	39	3	1	4	39	0,56
E-S Bohoričeva / Njegoševa JUG	2	10	3	1	4	10	0,14
E-N Bohoričeva / Njegoševa SEVER	1a,2	23	3	1	4	23	0,33
E-N Bohoričeva / Šmartinska	1a,2	23	3	1	4	23	0,33
W-S Prisojna / Njegoševa JUG	2	10	3	1	4	10	0,14
W-E Prisojna / Bohoričeva	2	10	3	1	4	10	0,14
W-N Prisojna / Njegoševa SEVER	2	10	3	1	4	10	0,14
W-N Prisojna / Šmartinska	2	10	3	1	4	10	0,14
N-S Njegoševa SEVER / Njegoševa JUG	1,1a	52	3	1	4	52	0,74
N-E Njegoševa SEVER / Bohoričeva	1,1a	52	3	1	4	52	0,74
N-N Njegoševa SEVER / Šmartinska	/	/	/	/	/	/	/

12.1.2 Prikaz rezultatov za čas po planski dobi

Preglednica 41: Prikaz rezultatov za jutranjo konico (SK) – dolžina cikla 70 s

Smer	Povprečna dolžina kolone (m)	Maksimalna dolžina kolone (m)	Število vozil	Povprečne zamude vseh vozil (s)	Zamude zaradi ustavljanj (s)	Število ustavljanj
S-E Njegoševa JUG / Bohoričeva	90,41	194,45	211	61,45	26,52	2,91
S-N Njegoševa JUG / Njegoševa SEVER	90,41	194,45	309	49,62	19,24	1,54
S-N Njegoševa JUG / Šmartinska	90,41	194,45	407	50,47	20,06	1,61
E-S Bohoričeva / Njegoševa JUG	18,8	54,7	86	90,79	68,05	3,17
E-N Bohoričeva / Njegoševa SEVER	36,31	86,59	208	56,95	40,73	1,51
E-N Bohoričeva / Šmartinska	36,31	86,59	95	58,64	42,25	1,53
W-S Prisojna / Njegoševa JUG	3,45	36,14	52	36,01	25,83	1,36
W-E Prisojna / Bohoričeva	3,45	36,14	10	27,62	21,13	0,85
W-N Prisojna / Njegoševa SEVER	3,45	36,14	15	47,15	35,06	2,08
W-N Prisojna / Šmartinska	3,45	36,14	5	46,17	34,64	1,94
N-S Njegoševa SEVER / Njegoševa JUG	26,38	167,81	578	44,32	20,12	1,51
N-E Njegoševa SEVER / Bohoričeva	46,54	116,19	167	112,22	76,31	4,32
N-N Njegoševa SEVER / Šmartinska	46,54	116,19	12	75,69	44,54	3,29

Preglednica 42: Podatki signalnega programa – dolžina cikla 70 s

	Faza	Zeleni čas (s)	Rumeni čas	Rdeči čas (s)	Celotni izgubljeni čas (s)	Efektivni zeleni čas-g (s)	Razmerje g/C
S-E Njegoševa JUG / Bohoričeva	1	37	3	1	4	26	0,37
S-N Njegoševa JUG / Njegoševa SEVER	1	37	3	1	4	26	0,37
S-N Njegoševa JUG / Šmartinska	1	37	3	1	4	26	0,37
E-S Bohoričeva / Njegoševa JUG	2	10	3	1	4	16	0,23
E-N Bohoričeva / Njegoševa SEVER	1a,2	20	3	1	4	26	0,37
E-N Bohoričeva / Šmartinska	1a,2	20	3	1	4	26	0,37
W-S Prisojna / Njegoševa JUG	2	10	3	1	4	16	0,23
W-E Prisojna / Bohoričeva	2	10	3	1	4	16	0,23
W-N Prisojna / Njegoševa SEVER	2	10	3	1	4	16	0,23
W-N Prisojna / Šmartinska	2	10	3	1	4	16	0,23
N-S Njegoševa SEVER / Njegoševa JUG	1,1a	52	3	1	4	36	0,51
N-E Njegoševa SEVER / Bohoričeva	1,1a	52	3	1	4	36	0,51
N-N Njegoševa SEVER / Šmartinska	/	/	/	/	/	/	/

Preglednica 43: Prikaz rezultatov za popoldansko konico (SK) – dolžina cikla 120 s

Smer	Povprečna dolžina kolone (m)	Maksimalna dolžina kolone (m)	Število vozil	Povprečne zamude vseh vozil (s)	Zamude zaradi ustavljanj (s)	Število ustavljanj
S-E Njegoševa JUG / Bohoričeva	105,74	196,42	190	73,17	43,38	2,44
S-N Njegoševa JUG / Njegoševa SEVER	105,74	196,42	360	61,21	36,04	1,17
S-N Njegoševa JUG / Šmartinska	105,74	196,42	329	60,8	35,98	1,2
E-S Bohoričeva / Njegoševa JUG	8,74	54,71	77	43,09	30,3	1,7
E-N Bohoričeva / Njegoševa SEVER	8,74	54,71	242	39,2	26,95	0,98
E-N Bohoričeva / Šmartinska	8,74	54,71	111	37,83	25,78	0,95
W-S Prisojna / Njegoševa JUG	3,35	29,25	29	53,36	42,91	1,45
W-E Prisojna / Bohoričeva	3,35	29,25	11	41,4	34,6	0,86
W-N Prisojna / Njegoševa SEVER	3,35	29,25	5	63,68	51,08	2,32
W-N Prisojna / Šmartinska	3,35	29,25	8	52,99	41,61	1,78
N-S Njegoševa SEVER / Njegoševa JUG	61,6	113,75	477	59,82	34,96	1,72
N-E Njegoševa SEVER / Bohoričeva	61,6	113,75	188	116,87	83,99	3,37
N-N Njegoševa SEVER / Šmartinska	61,6	113,75	14	96,71	63,77	3,19

Preglednica 44: Podatki signalnega programa – dolžina cikla 120 s

	Faza	Zeleni čas (s)	Rumeni čas	Rdeči čas (s)	Celotni izgubljeni čas (s)	Efektivni zeleni čas-g (s)	Razmerje g/C
S-E Njegoševa JUG / Bohoričeva	1	62	3	1	4	62	0,52
S-N Njegoševa JUG / Njegoševa SEVER	1	62	3	1	4	62	0,52
S-N Njegoševa JUG / Šmartinska	1	62	3	1	4	62	0,52
E-S Bohoričeva / Njegoševa JUG	2	19	3	1	4	19	0,16
E-N Bohoričeva / Njegoševa SEVER	1a,2	50	3	1	4	50	0,42
E-N Bohoričeva / Šmartinska	1a,2	50	3	1	4	50	0,42
W-S Prisojna / Njegoševa JUG	2	10	3	1	4	10	0,08
W-E Prisojna / Bohoričeva	2	10	3	1	4	10	0,08
W-N Prisojna / Njegoševa SEVER	2	10	3	1	4	10	0,08
W-N Prisojna / Šmartinska	2	10	3	1	4	10	0,08
N-S Njegoševa SEVER / Njegoševa JUG	1,1a	92	3	1	4	92	0,77
N-E Njegoševa SEVER / Bohoričeva	1,1a	92	3	1	4	92	0,77
N-N Njegoševa SEVER / Šmartinska	/	/	/	/	/	/	/

12.2 Modeliranje novega semaforiziranega križišča v programu Synchro/Sim Traffic

Osnova za simulacijo prometa v semaforiziranem križišču se izdelava v programu Synchro. Program Synchro omogoča izdelavo in optimizacijo signalnih programov semaforiziranih križišč. S svojo funkcijo optimizacije cikla uredi predhodno določenim fazam cikle tako, da križišče generira najboljše mere učinkovitosti.



Slika 33: Prikaz predvidenega semaforiziranega križišča

12.2.1 Prikaz rezultatov za trenutni čas

Preglednica 45: Mere učinkovitosti za čas jutranje konice – dolžina cikla 60 s

Smer	Povprečna dolžina kolone (m)	Maksimalna dolžina kolone (m)	Število vozil	Zamude na vozilo (s)	Zamude zaradi ustavljanj (s)	Število ustavljanj na vozilo
NBR Njegoševa JUG / Bohoričeva	30,6	55	154	32,8	29,7	1,05
NBT Njegoševa JUG / Njegoševa SEVER	80,7	141,6	531	33,9	28,7	1,02
WBL Bohoričeva / Njegoševa JUG	11,4	28,4	70	32,1	30,9	0,89
WBR Bohoričeva / Njegoševa SEVER	17,8	44	207	12,9	13,4	0,93
EBTR Prisojna / Njegoševa JUG	6,9	24,7	35	16,9	17,4	0,89
EBT Prisojna / Bohoričeva	6,9	24,7	8	17,9	16,6	0,75
EBL Prisojna / Njegoševa SEVER	3,8	16,1	14	33,5	32,4	0,93
SBT Njegoševa SEVER / Njegoševa JUG	13	22,2	427	2,8	2,2	0,15
SBL Njegoševa SEVER / Bohoričeva	14,1	17,6	128	28,2	27,8	0,74
SBL int5 Njegoševa SEVER / Šmartinska	1,7	9,8	7	32	28,2	1,29

Preglednica 45 prikazuje predvidene razmere v jutranji konici v primeru uvedbe semaforizacije klasičnega križišča. Za obravnavan primer optimizirane semaforizacije so na južnem delu Njegoševe prikazane daljše kolone, ki nastanejo zaradi združitve prometnih tokov. Optimiziran signalni program zamude enakomerno porazdeli tako, da se predvidene zamude na omenjeni smeri gibljejo blizu 30 s, te pa so tudi najdaljše predvidene v križišču.

Preglednica 46: Podatki signalnega programa – dolžina cikla 60 s

	Faza	Zeleni čas (s)	Rumeni čas (s)	Rdeči čas (s)	Celotni izgubljeni čas (s)	Efektivni zeleni čas-g (s)	Razmerje g/C
NBR Njegoševa JUG / Bohoričeva	1	24,50	3	0,5	3,5	24,50	0,41
NBT Njegoševa JUG / Njegoševa SEVER	1	24,50	3	0,5	3,5	24,50	0,41
NBTR Njegoševa JUG / Šmartinska	/	/	/	/	/	/	/
WBL Bohoričeva / Njegoševa JUG	2	16,50	3	0,5	3,5	16,50	0,28
WBR Bohoričeva / Njegoševa SEVER	1a,2	16,50	3	0,5	3,5	16,50	0,28
WBR2 Bohoričeva / Šmartinska	/	/	/	/	/	/	/
EBR Prisojna / Njegoševa JUG	2	16,50	3	0,5	3,5	16,50	0,28
EBT Prisojna / Bohoričeva	2	16,50	3	0,5	3,5	16,50	0,28
EBL Prisojna / Njegoševa SEVER	2	16,50	3	0,5	3,5	16,50	0,28
EBL2 Prisojna / Šmartinska	/	/	/	/	/	/	/
SBT Njegoševa SEVER/ Njegoševa JUG	1,1a	36,50	3	0,5	3,5	36,50	0,61
SBL Njegoševa SEVER/ Bohoričeva	1,1a	8,00	3	0,5	3,5	8,00	0,13
SBTL Njegoševa SEVER/ Šmartinska	/	/	/	/	/	/	/

Preglednica 47: Mere učinkovitosti za čas popoldanske konice – dolžina cikla 60 s

Smer	Povprečna dolžina kolone (m)	Maksimalna dolžina kolone (m)	Število vozil	Zamude na vozilo (s)	Zamude zaradi ustavljanj (s)	Število ustavljanj na vozilo
NBR Njogoševa JUG / Bohoričeva	42,2	55	163	235	228,9	1,67
NBT Njogoševa JUG / Njogoševa SEVER	136	146,1	625	234,6	226,9	1,42
WBL Bohoričeva / Njogoševa JUG	7,7	30,3	48	27,1	25,3	0,88
WBR Bohoričeva / Njogoševa SEVER	24,6	58,8	242	17	17,6	0,96
EBTR Prisojna / Njogoševa JUG	4,7	16,6	19	18,1	18,6	0,95
EBT Prisojna / Bohoričeva	4,7	16,6	8	17,2	16,3	0,75
EBL Prisojna / Njogoševa SEVER	2,4	14,1	8	39,5	38,2	1
SBT Njogoševa SEVER / Njogoševa JUG	9,6	23,6	416	1,9	1,3	0,08
SBL Njogoševa SEVER / Bohoričeva	14,7	17,2	157	29,8	29,4	0,72
SBL int5 Njogoševa SEVER / Šmartinska	2,1	11,1	9	79	70,5	2

Preglednica 48: Podatki signalnega programa – dolžina cikla 60 s

	Faza	Zeleni čas (s)	Rumeni čas (s)	Rdeči čas (s)	Celotni izgubljeni čas (s)	Efektivni zeleni čas-g (s)	Razmerje g/C
NBR Njogoševa JUG / Bohoričeva	1	25,50	3	0,5	3,5	25,50	0,43
NBT Njogoševa JUG / Njogoševa SEVER	1	25,50	3	0,5	3,5	25,50	0,43
NBTR Njogoševa JUG / Šmartinska	/	/	/	/	/	/	/
WBL Bohoričeva / Njogoševa JUG	2	16,50	3	0,5	3,5	16,50	0,28
WBR Bohoričeva / Njogoševa SEVER	1a,2	16,50	3	0,5	3,5	16,50	0,28
WBR2 Bohoričeva / Šmartinska	/	/	/	/	/	/	/
EBR Prisojna / Njogoševa JUG	2	16,50	3	0,5	3,5	16,50	0,28
EBT Prisojna / Bohoričeva	2	16,50	3	0,5	3,5	16,50	0,28
EBL Prisojna / Njogoševa SEVER	2	16,50	3	0,5	3,5	16,50	0,28
EBL2 Prisojna / Šmartinska	/	/	/	/	/	/	/
SBT Njogoševa SEVER / Njogoševa JUG	1,1a	36,50	3	0,5	3,5	36,50	0,61
SBL Njogoševa SEVER / Bohoričeva	1,1a	7,00	3	0,5	3,5	7,00	0,12
SBTL Njogoševa SEVER / Šmartinska	/	/	/	/	/	/	/

12.2.2 Prikaz rezultatov za čas po planski dobi

Preglednica 49: Mere učinkovitosti za čas jutranje konice

Smer	Povprečna dolžina kolone (m)	Maksimalna dolžina kolone (m)	Število vozil	Zamude na vozilo (s)	Povprečne zamude zaradi ustavljanj (s)	Število ustavljanj na vozilo
NBR Njegoševa JUG / Bohoričeva	35,8	55	191	479,4	474,7	1,21
NBT Njegoševa JUG / Njegoševa SEVER	140,3	148,7	662	486,7	480,3	1,03
WBL Bohoričeva / Njegoševa JUG	31,3	44,8	98	90,8	87,6	1,51
WBR Bohoričeva / Njegoševa SEVER	68,9	174	298	61	62,4	1,18
EBTR Prisojna / Njegoševa JUG	14,8	46,8	50	36	36,4	1,04
EBT Prisojna / Bohoričeva	14,8	46,8	13	38,2	36,9	0,92
EBL Prisojna / Njegoševa SEVER	8,4	17,4	22	102,2	101,2	1,05
SBT Njegoševa SEVER / Njegoševa JUG	4,5	20,1	523	1,1	0,6	0,03
SBL Njegoševa SEVER / Bohoričeva	14,6	17,9	147	33,8	33,3	0,6
SBL int5 Njegoševa SEVER / Šmartinska	2,5	11,1	11	842,7	829,5	2,36

Preglednica 50: Podatki signalnega programa – dolžina cikla 80 s

	Faza	Zeleni čas (s)	Rumeni čas (s)	Rdeči čas (s)	Celotni izgubljeni čas (s)	Efektivni zeleni čas-g (s)	Razmerje g/C
NBR Njegoševa JUG / Bohoričeva	1	40,50	3	0,5	3,5	40,50	0,51
NBT Njegoševa JUG / Njegoševa SEVER	1	40,50	3	0,5	3,5	40,50	0,51
NBTR Njegoševa JUG / Šmartinska	/	/	/	/	/	/	/
WBL Bohoričeva / Njegoševa JUG	2	16,50	3	0,5	3,5	16,50	0,21
WBR Bohoričeva / Njegoševa SEVER	1a,2	16,50	3	0,5	3,5	16,50	0,21
WBR2 Bohoričeva / Šmartinska	/	/	/	/	/	/	/
EBR Prisojna / Njegoševa JUG	2	16,50	3	0,5	3,5	16,50	0,21
EBT Prisojna / Bohoričeva	2	16,50	3	0,5	3,5	16,50	0,21
EBL Prisojna / Njegoševa SEVER	2	16,50	3	0,5	3,5	16,50	0,21
EBL2 Prisojna / Šmartinska	/	/	/	/	/	/	/
SBT Njegoševa SEVER / Njegoševa JUG	1,1a	56,50	3	0,5	3,5	56,50	0,71
SBL Njegoševa SEVER / Bohoričeva	1,1a	12,00	3	0,5	3,5	12,00	0,15
SBTL Njegoševa SEVER / Šmartinska	/	/	/	/	/	/	/

Preglednica 51: Mere učinkovitosti za čas popoldanske konice

Smer	Povprečna dolžina kolone (m)	Maksimalna dolžina kolone (m)	Število vozil	Zamude na vozilo (s)	Povprečne zamude zaradi ustavljanj (s)	Število ustavljanj na vozilo
NBR Njegoševa JUG / Bohoričeva	32,5	55	181	948,9	944,9	0,98
NBT Njegoševa JUG / Njegoševa SEVER	141	151	742	926,9	921,1	0,83
WBL Bohoričeva / Njegoševa JUG	40,6	45	77	408,7	398,8	3,39
WBR Bohoričeva / Njegoševa SEVER	225,6	248,9	296	353,5	350,6	2,42
EBTR Prisojna / Njegoševa JUG	8,1	27,5	30	30,4	31	1
EBT Prisojna / Bohoričeva	8,1	27,5	15	42,3	40,9	0,87
EBL Prisojna / Njegoševa SEVER	4,5	17,3	11	91,2	90	1,09
SBT Njegoševa SEVER / Njegoševa JUG	1,2	15,4	364	0,7	0,3	0,01
SBL Njegoševa SEVER / Bohoričeva	15,3	21,4	147	37	36,6	0,56
SBL int5 Njegoševa SEVER / Šmartinska	3,3	12,3	19	800,4	787,4	2,16

Preglednica 52: Podatki signalnega programa – dolžina cikla 90 s

	Faza	Zeleni čas (s)	Rumeni čas (s)	Rdeči čas (s)	Celotni izgubljeni čas (s)	Efektivni zeleni čas-g (s)	Razmerje g/C
NBR Njegoševa JUG / Bohoričeva	1	48,50	3	0,5	3,5	48,50	0,61
NBT Njegoševa JUG / Njegoševa SEVER	1	48,50	3	0,5	3,5	48,50	0,61
NBTR Njegoševa JUG / Šmartinska	/	/	/	/	/	/	/
WBL Bohoričeva / Njegoševa JUG	2	16,50	3	0,5	3,5	16,50	0,21
WBR Bohoričeva / Njegoševa SEVER	1a,2	16,50	3	0,5	3,5	16,50	0,21
WBR2 Bohoričeva / Šmartinska	/	/	/	/	/	/	/
EBR Prisojna / Njegoševa JUG	2	16,50	3	0,5	3,5	16,50	0,21
EBT Prisojna / Bohoričeva	2	16,50	3	0,5	3,5	16,50	0,21
EBL Prisojna / Njegoševa SEVER	2	16,50	3	0,5	3,5	16,50	0,21
EBL2 Prisojna / Šmartinska	/	/	/	/	/	/	/
SBT Njegoševa SEVER / Njegoševa JUG	1,1a	66,50	3	0,5	3,5	66,50	0,83
SBL Njegoševa SEVER / Bohoričeva	1,1a	14,00	3	0,5	3,5	14,00	0,18
SBTL Njegoševa SEVER / Šmartinska	/	/	/	/	/	/	/

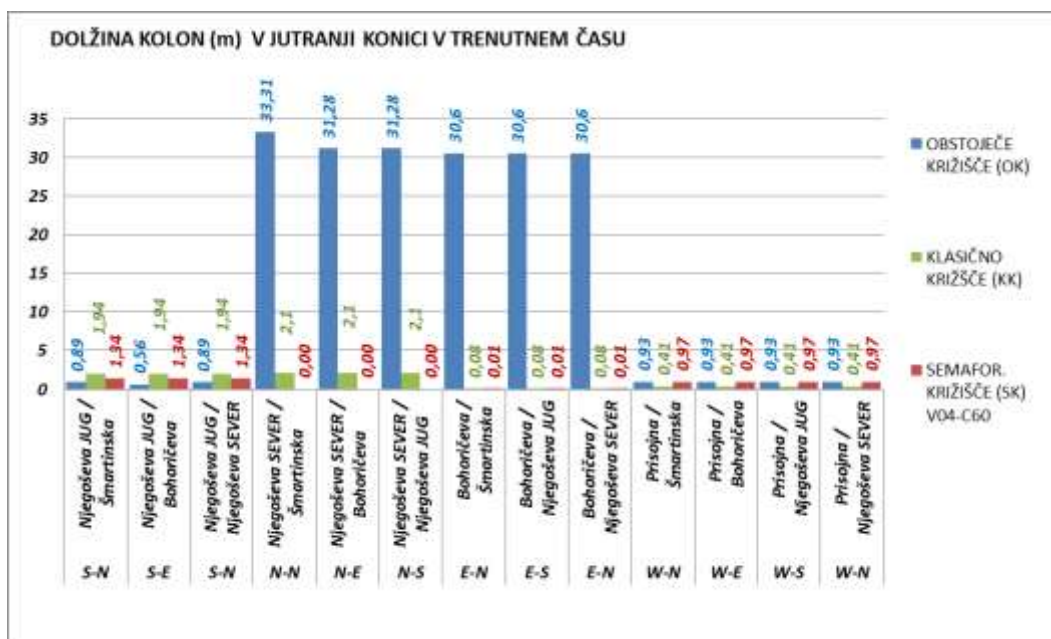
13 ANALIZE IN PRIMERJAVE REZULTATOV

Dobljene rezultate izvedenih simulacij za obstoječo ureditev križišča, predlagano klasično križišče in semaforizirano smo v nadaljevanju medsebojno primerjali. Primerjave so narejene ločeno za posamezno programsko orodje glede na trenutne prometne obremenitve ter za prometne obremenitve za čas po planski dobi. Za trenutni čas in čas po planski dobi smo tako izdelali medsebojne primerjave povprečnih dolžin kolon in primerjave zamud v jutranjem in popoldanskem času predlaganih ureditev.

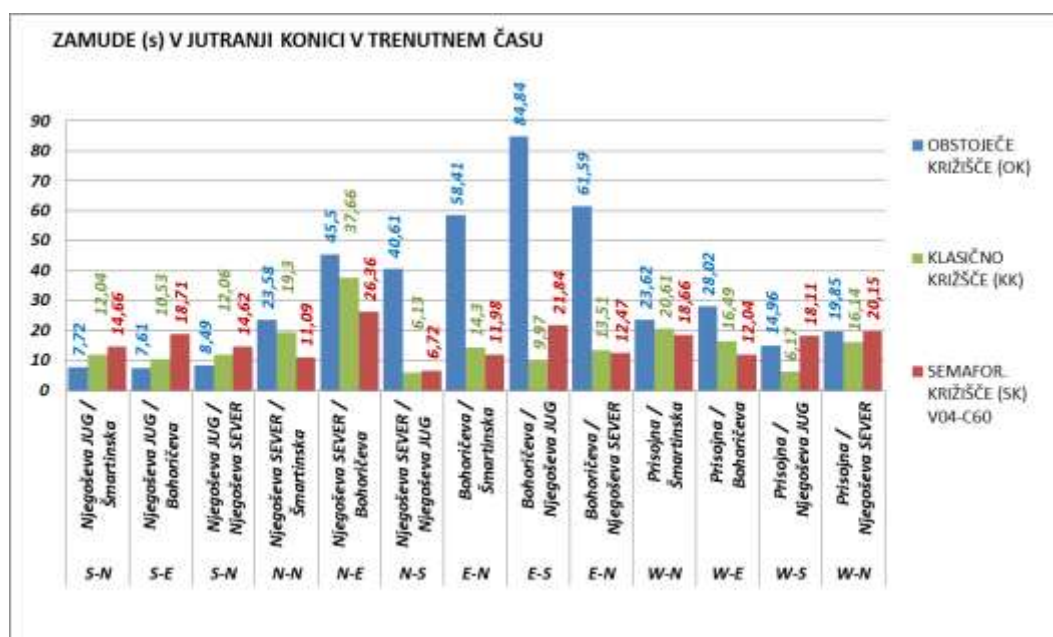
13.1 Analiza rezultatov v programu Vissim

V nadaljevanju primerjav v programu Vissim prikazujemo rezultate glede na prvotno stanje oz. trenutno ureditev križišča. V primeru, ko se prometne smeri pri novih ureditvah ukinejo oz. se določene smeri združijo, smo kot rezultat podali rezultat združene smeri. Tako na primer za smer S-N (Njogoševa jug–Šmartinska) za klasično križišče in semaforizirano križišče podajamo rezultate za smer S-N (Njogoševa jug-Njogoševa sever). Podobno storimo za smer E-N (Bohoričeva–Šmartinska), ko podamo rezultate smeri E-N (Bohoričeva-Njogoševa sever).

13.1.1 Primerjava dolžin kolon in zamud za trenutni čas v jutranji konični uri



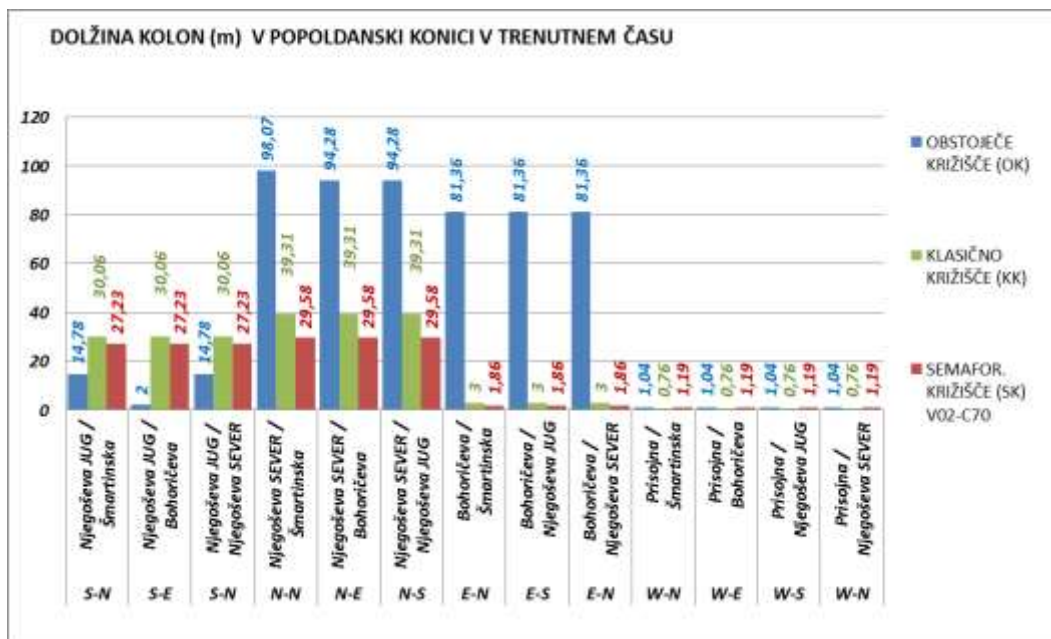
Grafikon 9: Primerjava povprečnih dolžin kolon



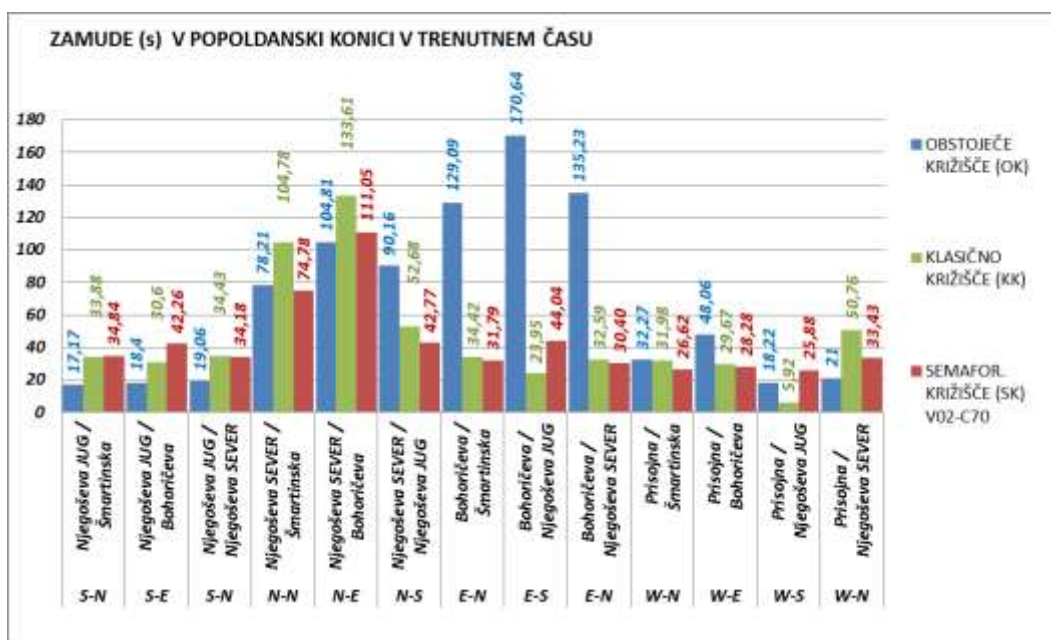
Grafikon 10: Primerjava zamud na vozilo

Na grafikonu 9 so prikazane presenetljivo kratke dolžine povprečnih kolon za primer KK in SK. Predvsem je velika nepričakovana razlika med OK in KK na Bohoričevi ulici in na severnem delu Njogoševe ceste. Razlog za zmanjšanje kolon vidimo v dodatnem pas za leve zavijalce na severu Njogoševe ceste ter na Bohoričevi ulici. Sprostitev kolone v smeri N-E se zgodi, ko pešci blokirajo prometni tok v smeri S-N. Zaradi agresivnih voznikov, ki v določenih trenutkih izsilijo voznike z juga in severa Njogoševe, se sprosti promet tudi z Bohoričeve ulice. Na grafikonu 10 je prikazana primerjava zamud med obravnavnimi tipi križišč, s katerega lahko razberemo, da obstoječe stanje generira največ zamud na stranskih prometnih smereh, predvsem na Bohoričevi ulici. Zanimljivo niso niti zamude na severnem delu Njogoševe ceste. Pri KK se povečajo zamude na južnem delu Njogoševe, kar je bilo pričakovati glede na združitvev prometnih tokov. Kot najbolj primerna ureditev z vidika zamud se kaže SK, ki zamude enakomerno porazdeli glede na vse prometne smeri.

13.1.2 Primerjava dolžin kolon in zamud za trenutni čas v popoldanski konični uri



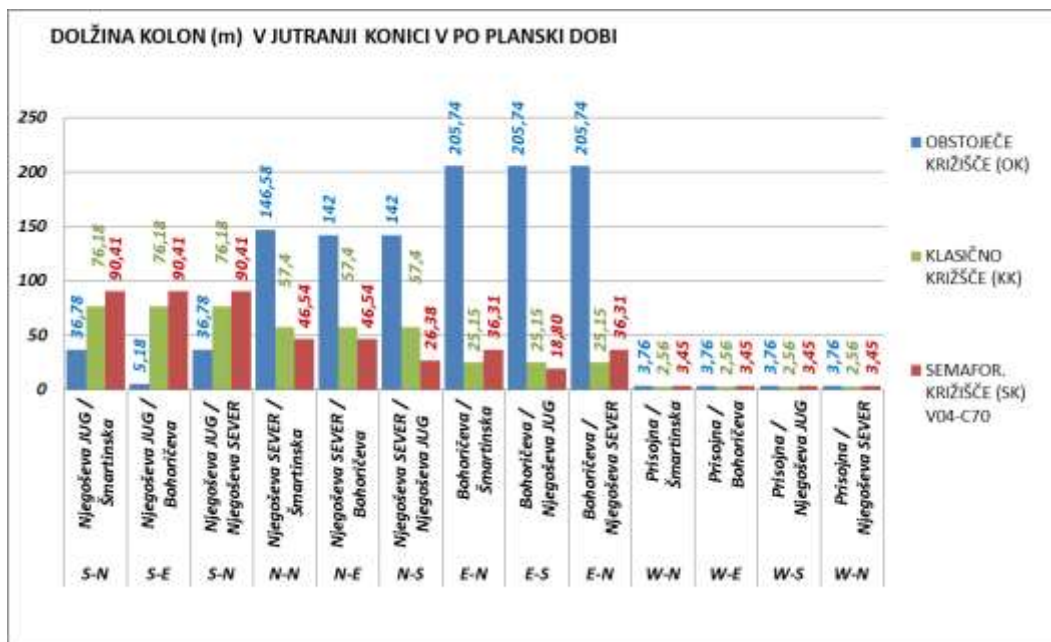
Grafikon 11: Primerjava povprečnih dolžin kolon



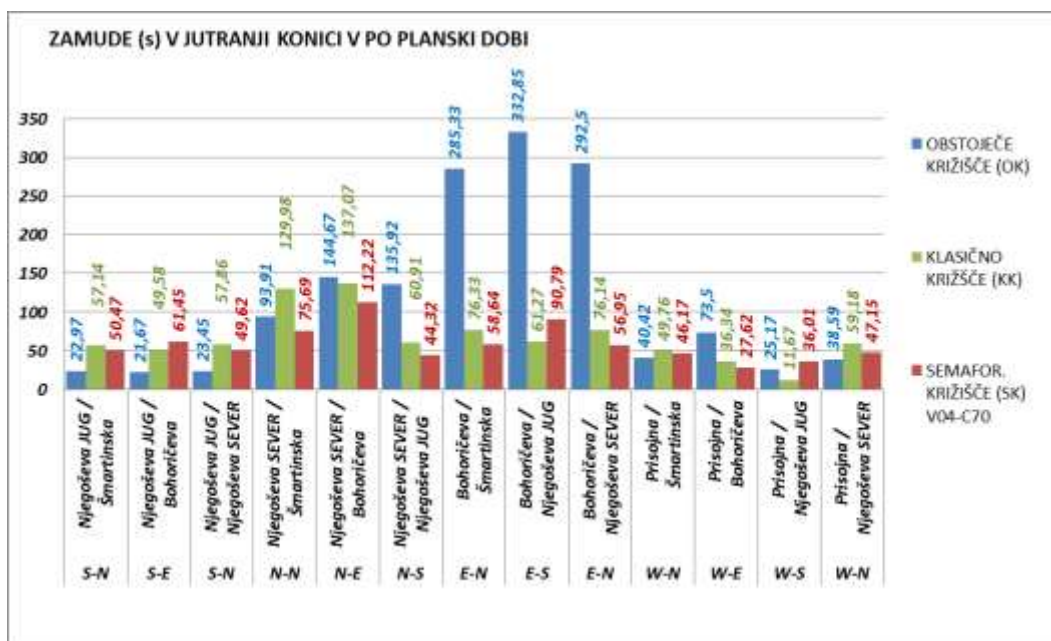
Grafikon 12: Primerjava zamud na vozilo

Razmere popoldanske konice so podobne razmeram za jutranje konice in se izboljšajo v primeru ureditve KK in SK. Kolone se na severnem delu Njegoševe in Bohoričevi ulici pri ureditvi KK in SK skrajšajo. Tudi zamude se nekoliko zmanjšajo predvsem na Bohoričevi ulici pri SK. Poslabšajo se le razmere na južnem delu Njegoševe pri SK in KK ureditvi. Razmere za KK in SK so zelo primerljive v smislu kolon in zamud. Predvidevamo, da se razlog nahaja v možnosti dodatne optimizacije signalnega programa, ki bi verjetno podal boljše rezultate.

13.1.3 Primerjava dolžin kolon in zamud za čas po planski dobi v jutranji konični uri



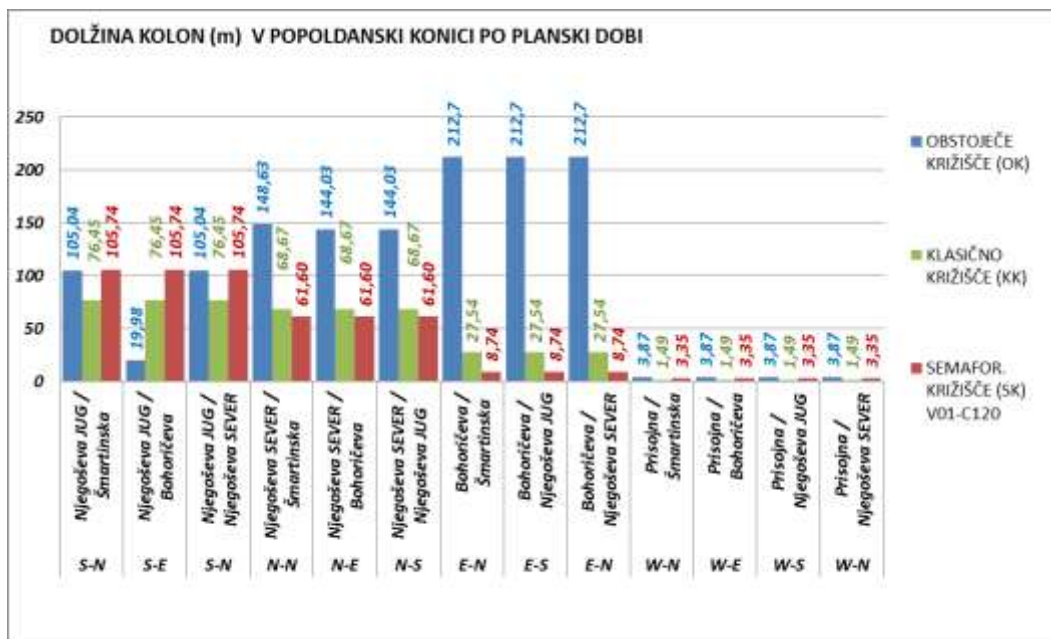
Grafikon 13: Primerjava povprečnih dolžin kolon



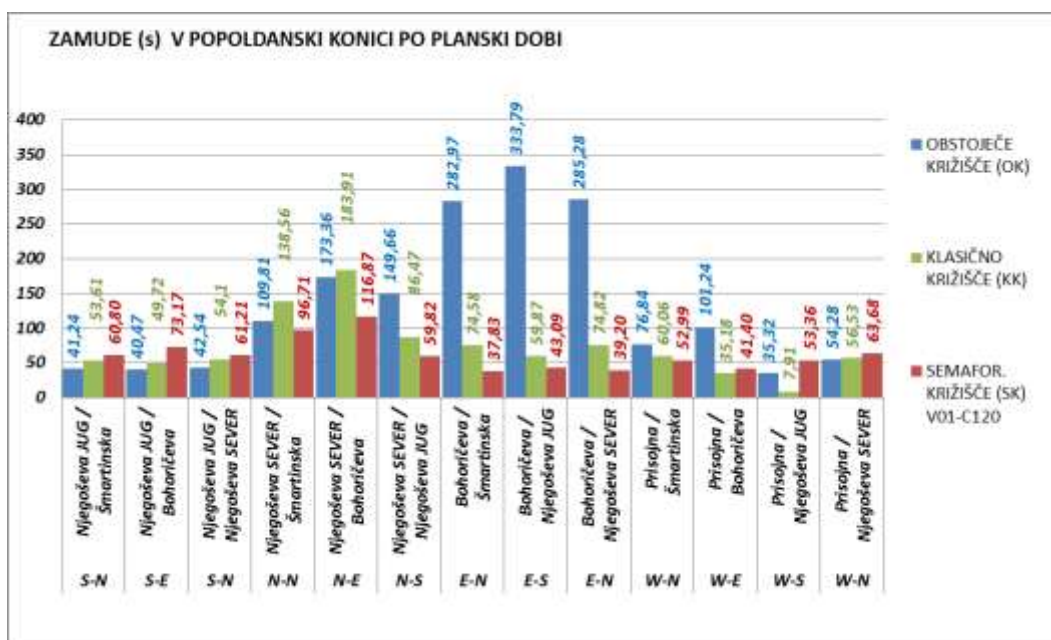
Grafikon 14: Primerjava zamud na vozilo

Po planski dobi se situacija splošno poslabša. 2 % rast prometa zelo vpliva na rast kolon in zamud. Program v primeru OK prikaže kritično stanje za Bohoričevo ulico, kjer nastanejo preko 200 m dolge kolone in zamude preko 5 min. Rezultati simulaciji za predlagani ureditvi KK in SK pričakovano prikazeta poslabšanje razmer na južnem delu Njogoševe v smislu daljših kolon in zamud.

13.1.4 Primerjava dolžin kolon in zamud za čas po planski v popoldanski konični uri



Grafikon 15: Primerjava povprečnih dolžin kolon



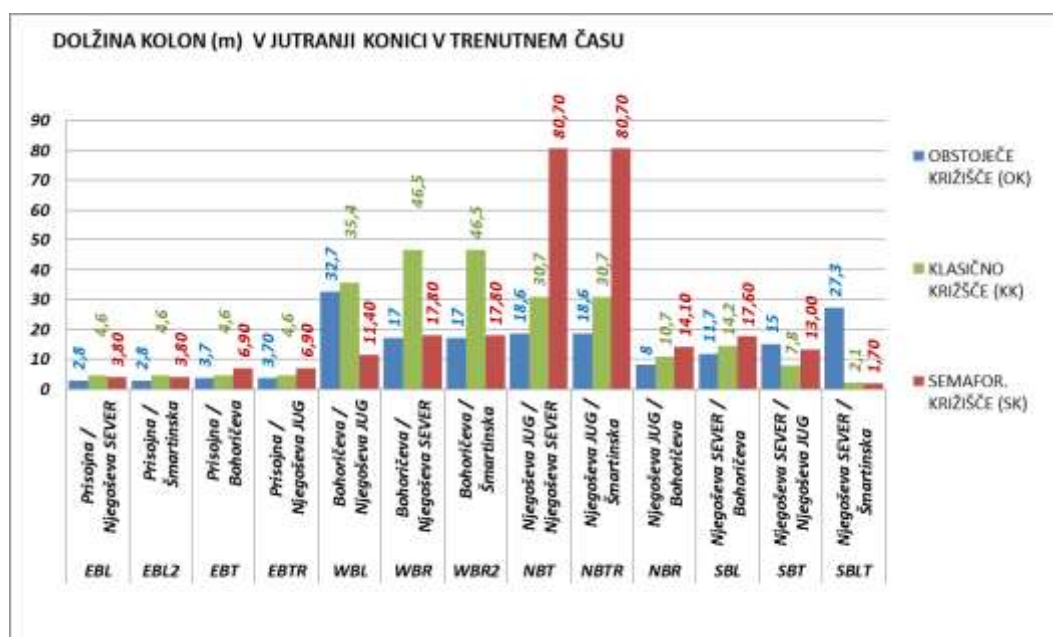
Grafikon 16: Primerjava zamud na vozilo

Rezultati razmer pridobljenih s simulacijo za popoldansko konično uro v primeru ureditve KK in SK prikazujejo izboljšanje stanja na Bohoričevi ulici. Preureditev križišča zmanjša kolone in zamude na Bohoričevi ulici in severnem delu Njogoševe. Poudariti je potrebno, da semaforizacija križišča in uporabljeni signalni program nekoliko podaljša čakalne čase na jugu Njogoševe, kar povzroči pojav kolon na omenjenem delu. Semaforizacija pa vpliva na zamude in kolone na Bohoričevi ulici, ki pa se bistveno skrajšajo.

13.2 Analiza rezultatov v programu SimTraffic

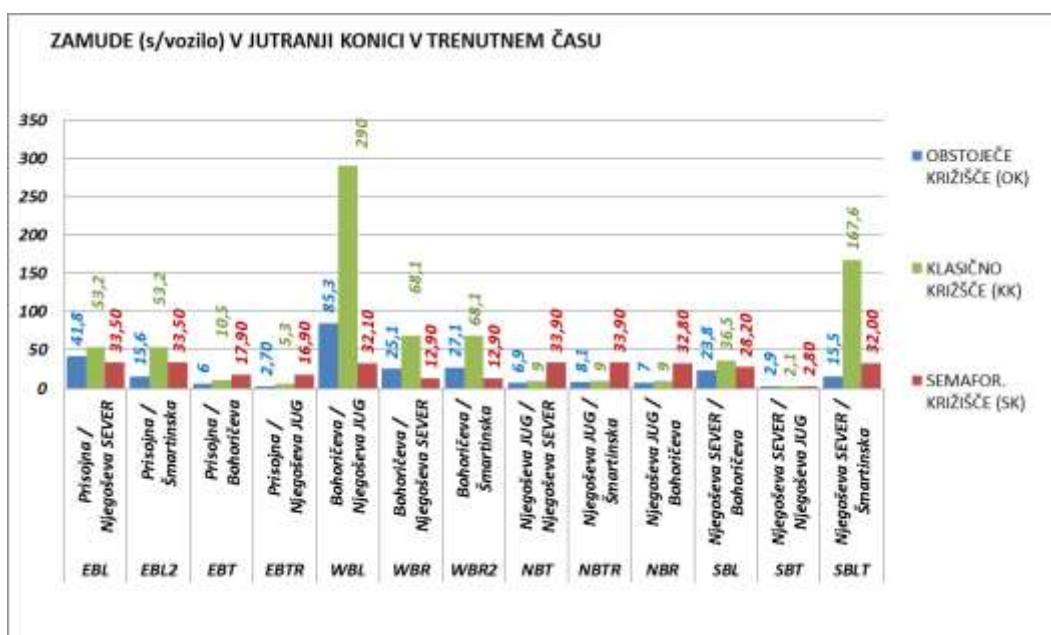
Zaradi primerjav OK, novega predlaganega KK in SK smo pri prometnih smereh, ki smo jih pri novih ureditvah združili ali ukinili, podali rezultate smeri združenih tokov podobno, kot pri primerjavah v programu Vissim. V nadaljevanju smo za smer WBR2 obstoječega križišča podali rezultate za smer WBR KK in SK, za smer EBL2 navedli rezultate enake rezultatom smeri EBL, ter za smer NBTR rezultate smeri NBT. Smer SBLT, ki pri obstoječi ureditvi križišča označuje skupni pas za smeri vožnje proti jugu Njogoševe in Šmartinski cesti v vozlišču 5 (SBLT int5), se pri predlaganih ureditvah križišča razdeli na smer SBT int7 in SBL int7. Za primerjavo podajamo rezultate smeri SBL int7. Opozoriti je potrebno, da smo za prikazane primerjalne dolžine kolon in zamude za primer KK in SK v smeri SBLT podali rezultate za smer SBL int5, kar ima posledico krajše dolžine povprečnih kolon in večje zamude. Zamude so posledica pojava kolon za smer SBT int7 v kateri so vozila tudi za smer SBL int7.

13.2.1 Primerjava dolžin kolon in zamud za trenutni čas v jutranji konični uri



Grafikon 17: Dolžina kolon v jutranji konični uri

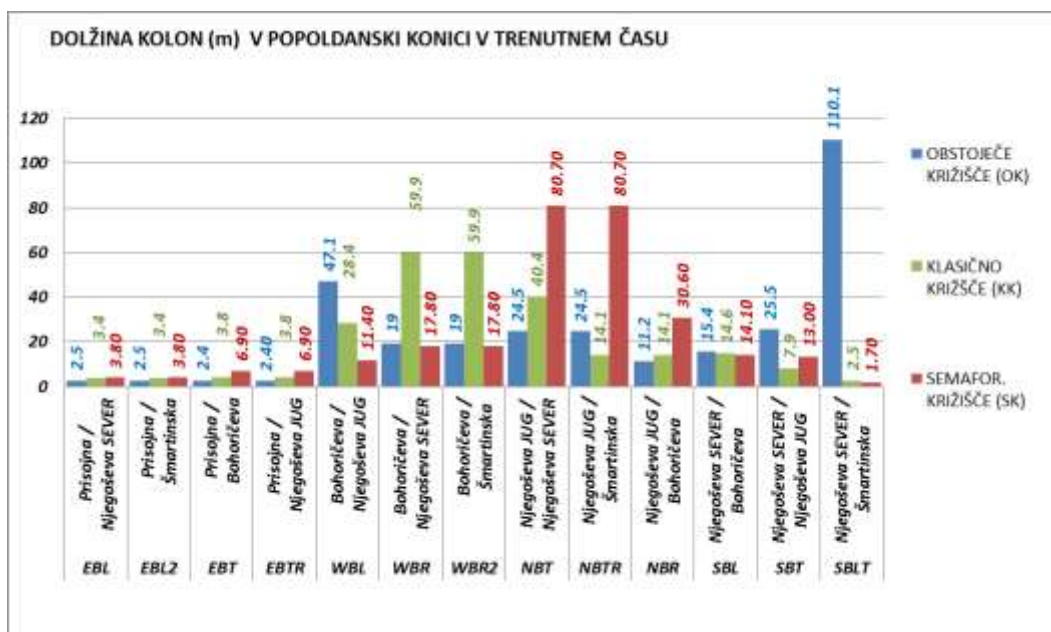
Primerjave kolon programa Sim Traffic za obravnavane primere prikazuje poslabšanje stanja v smislu dolžin kolon na Bohoričevi ulici in južnem delu Njogoševe ceste. Predvsem se poslabšajo razmere v primeru KK na Bohoričevi ulici, ko se vpliv kolone za smer WBL prenese tudi na smer WBR in WBR2. Presenetljive so tudi daljše kolone na smeri NBT in NBTR v primeru SK.



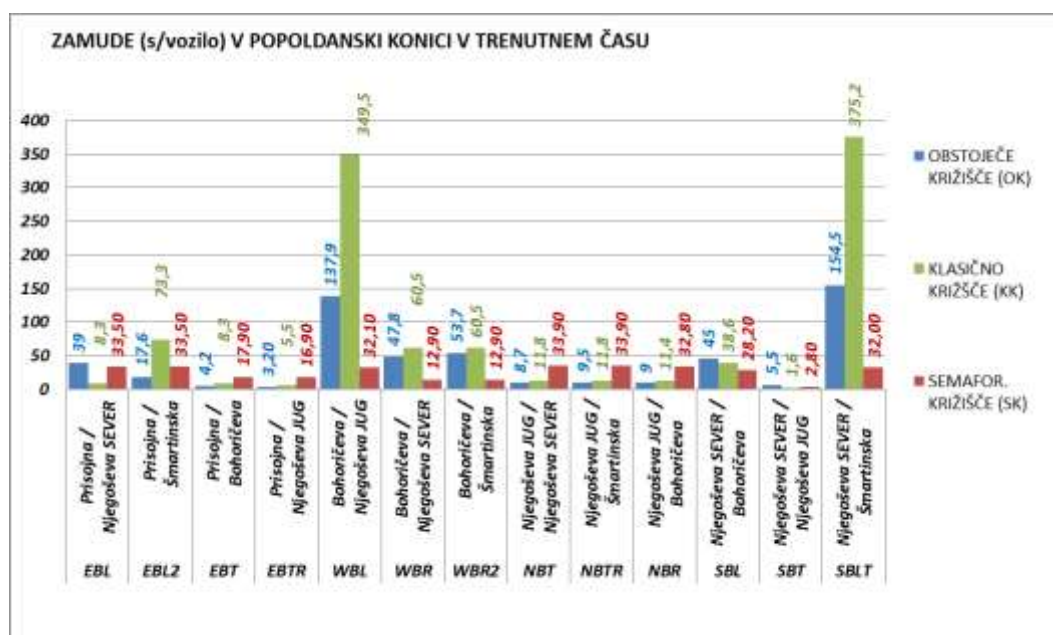
Grafikon 18: Zamude v jutranji konični uri

Daljše kolone v smeri NBT in NBTR pri ureditvi SK ne povzročajo več zamud. Pri ureditvi KK na smeri SBLT program prikaže zamude dolžine cca 3 min, na smeri WBL pa blizu 5 min. Glede na zamude je optimalna ureditev SK.

13.2.2 Primerjava dolžin kolon in zamud za trenutni čas v popoldanski konični uri



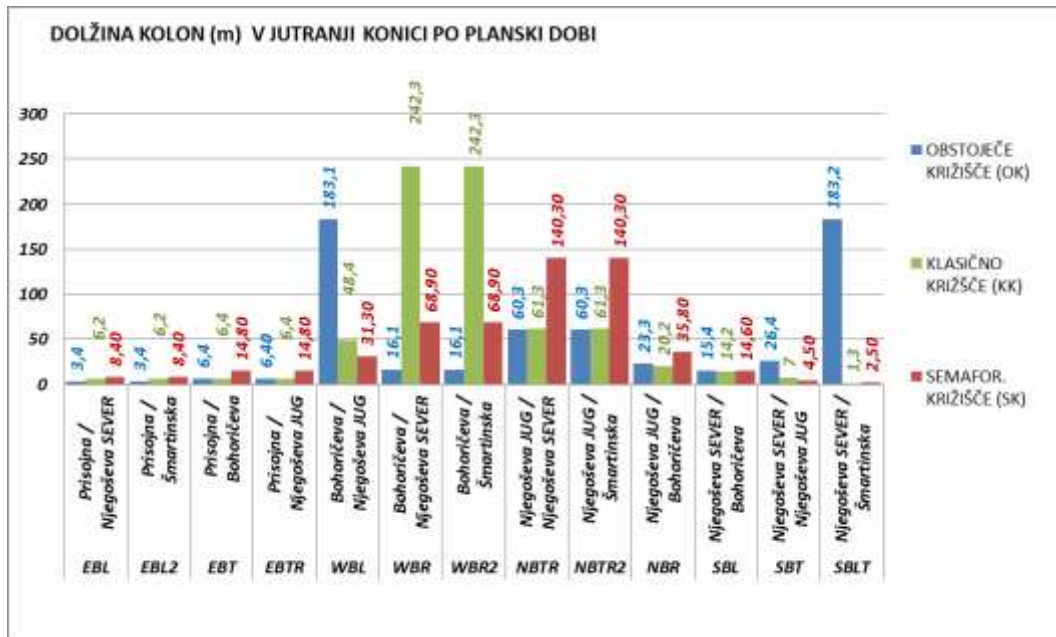
Grafikon 19: Dolžina kolon v popoldanski konični uri



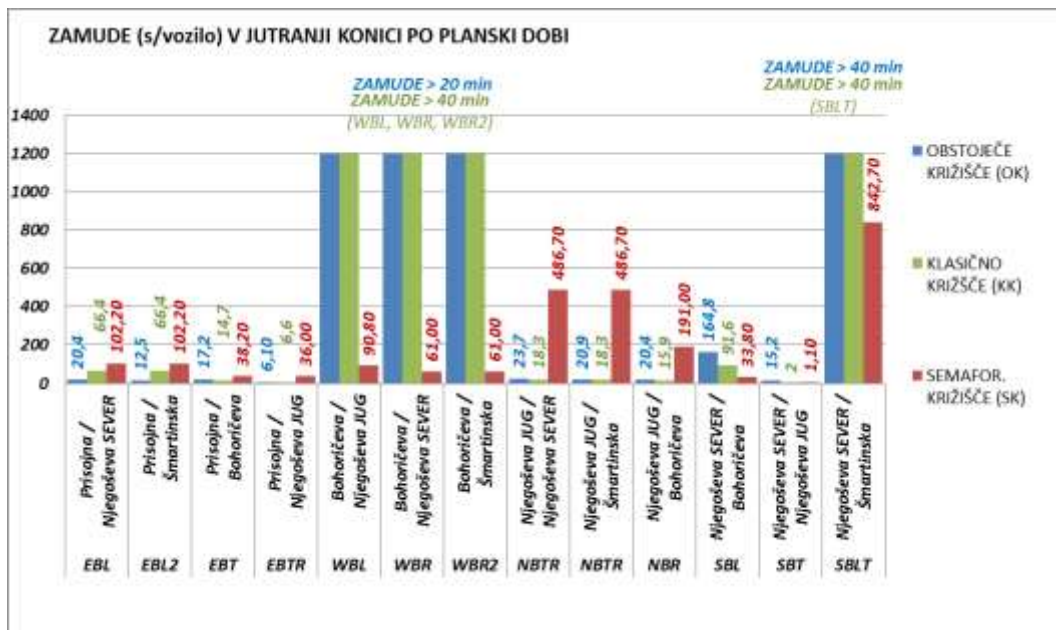
Grafikon 20: Zamude v popoldanski konični uri

Simulacije ureditve križišča v popoldanski konici so podobne razmeram, ki se pojavljajo v času jutranje konice. Pojav kolon je enak jutranji konici, le da so te nekoliko daljše. Presenetljivo je, da simulacija za OK prikaže kolone dolžine 110 m in zamude 2 min in 30 s, medtem ko so kolone za ureditev KK simulirane dolžine kolone 2,5 m in zamude 6 min in 15 s. Tudi za popoldansko konično uro je glede na kolone in zamude smiselna ureditev SK, saj zamude na nobeni izmed prometnih smeri ne presegajo 35 s.

13.2.3 Primerjava dolžin kolon in zamud po planski dobi v jutranji konični uri



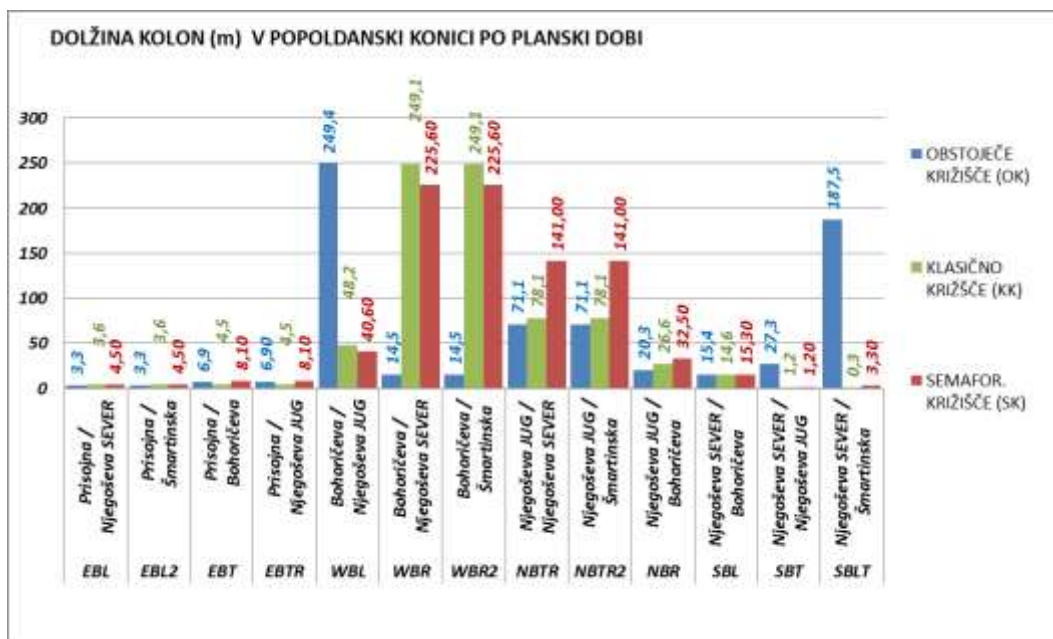
Grafikon 21: Dolžina kolon v jutranji konični uri



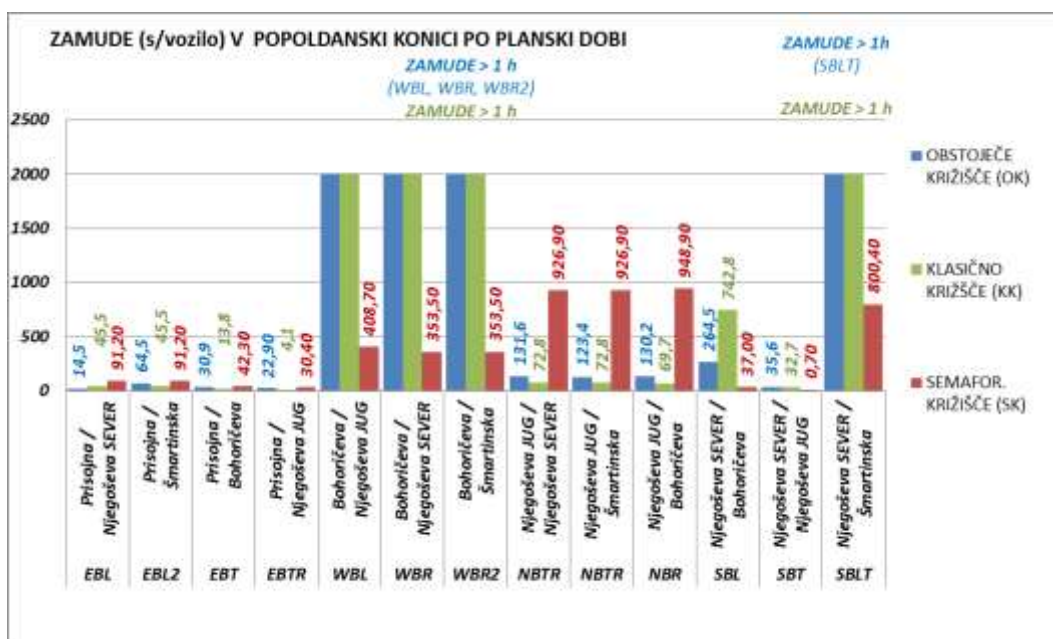
Grafikon 22: Zamude v jutranji konični uri

Z grafikona 21 in 22 je razvidno, da program za jutranjo konično uro po planski dobi prikaže preobremenitev križišča oz. da križišče ne zagotavlja funkcionalnosti. V križišču se pojavljajo daljše kolone, ki segajo do sosednjih križišč ter zamude. Celotna prikazana situacija simuliranih razmer presega obseg simulacije.

13.2.4 Primerjava dolžin kolon in zamud po planski dobi v popoldanski konični uri



Grafikon 23: Dolžina kolon v popoldanski konični uri

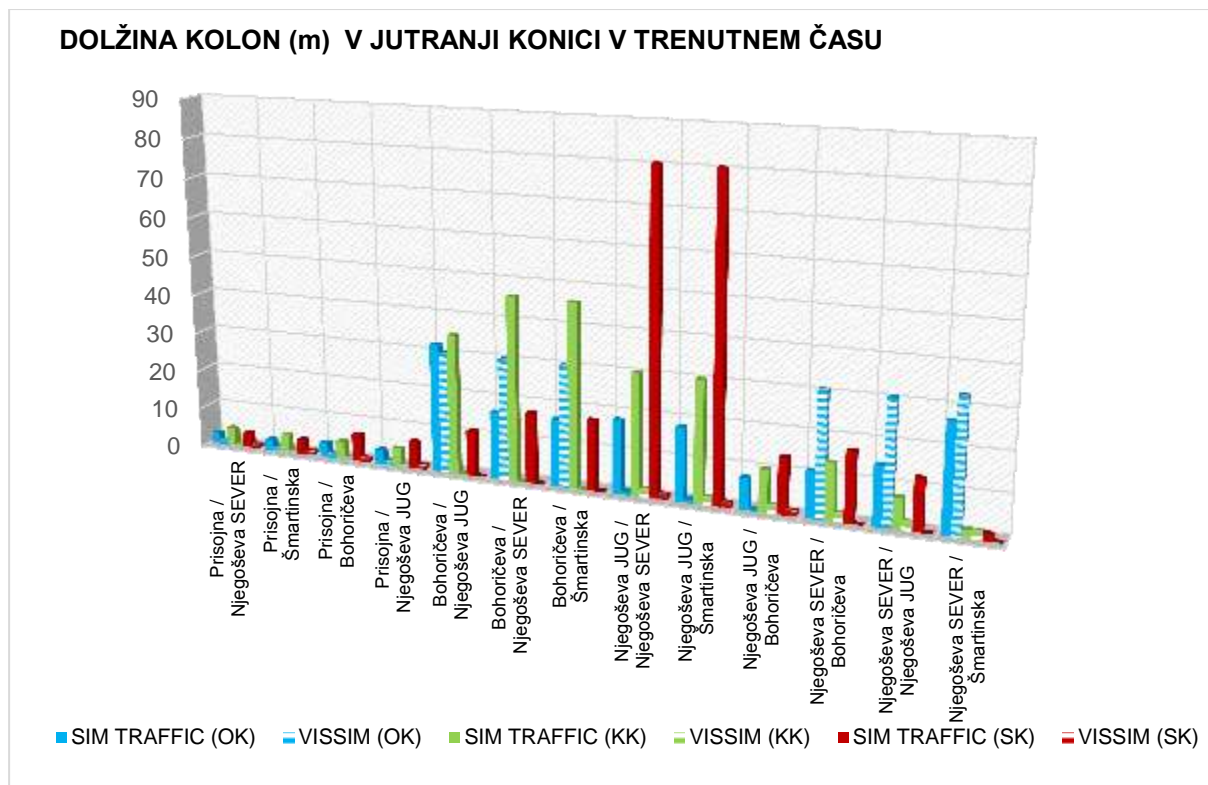


Grafikon 24: Zamude v popoldanski konični uri

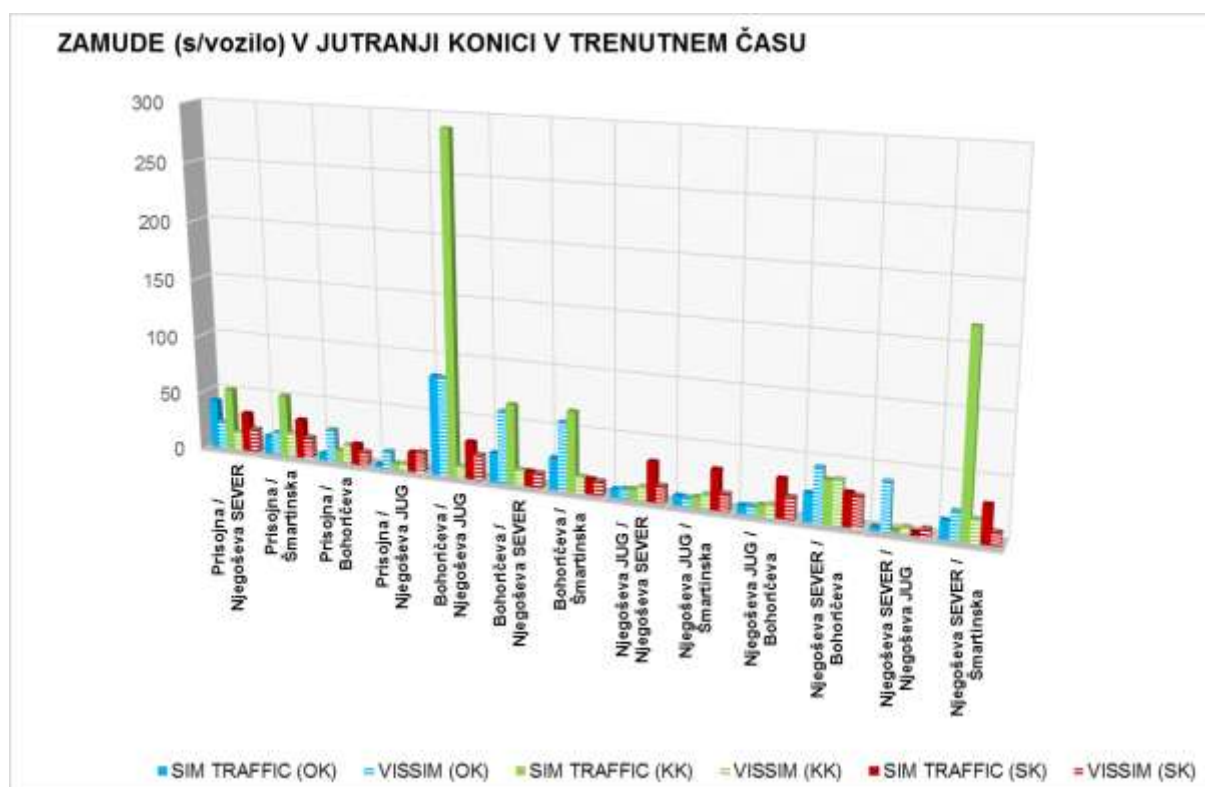
Razmere jutranje konice se pojavljajo tudi v popoldanski konici, kjer pa se kolone in zamude še dodatno povečajo. Kot kritična se za stanje po planski dobi za jutranjo in popoldansko konico izkažeta OK in KK s pasovi za leve zavijalce. Potrebno pa je omeniti, da tudi SK v prikazanih simuliranih razmerah ni učinkovito.

13.3 Analiza rezultatov primerjav programa Vissim in SimTraffic

Analizo in primerjavo rezultatov programa Vissim in Sim Traffic smo izdelali za primer umerjenega oz. kalibriranega modela, ki v našem primeru predstavlja jutranjo konično uro ter z enakimi parametri še za primer popoldanske konice v trenutnem času. V analizi smo primerjali povprečne dolžine kolon in zamude na vozilo na posameznem kraku. Omenjene količine smo medsebojno primerjali za situacijo OK, KK s pasovi za leve zavijalce in SK.

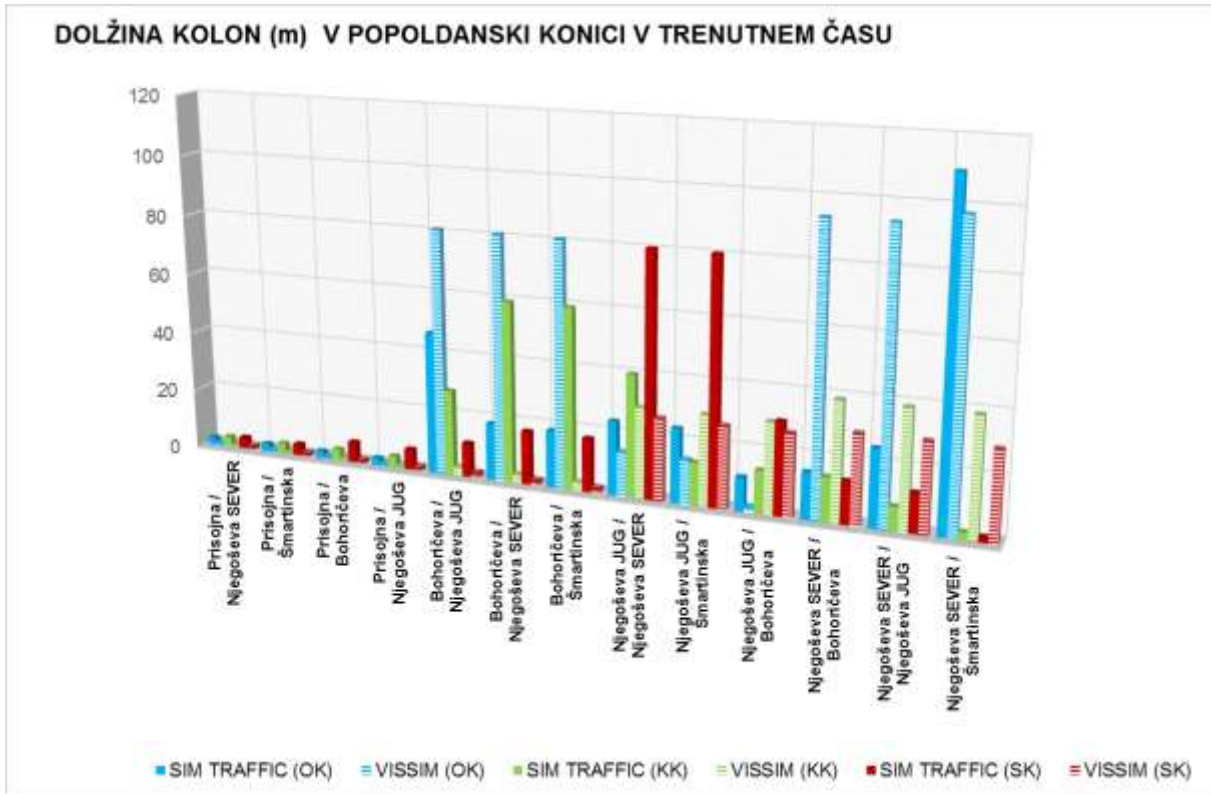


Grafikon 25: Primerjava povprečnih dolžin kolon

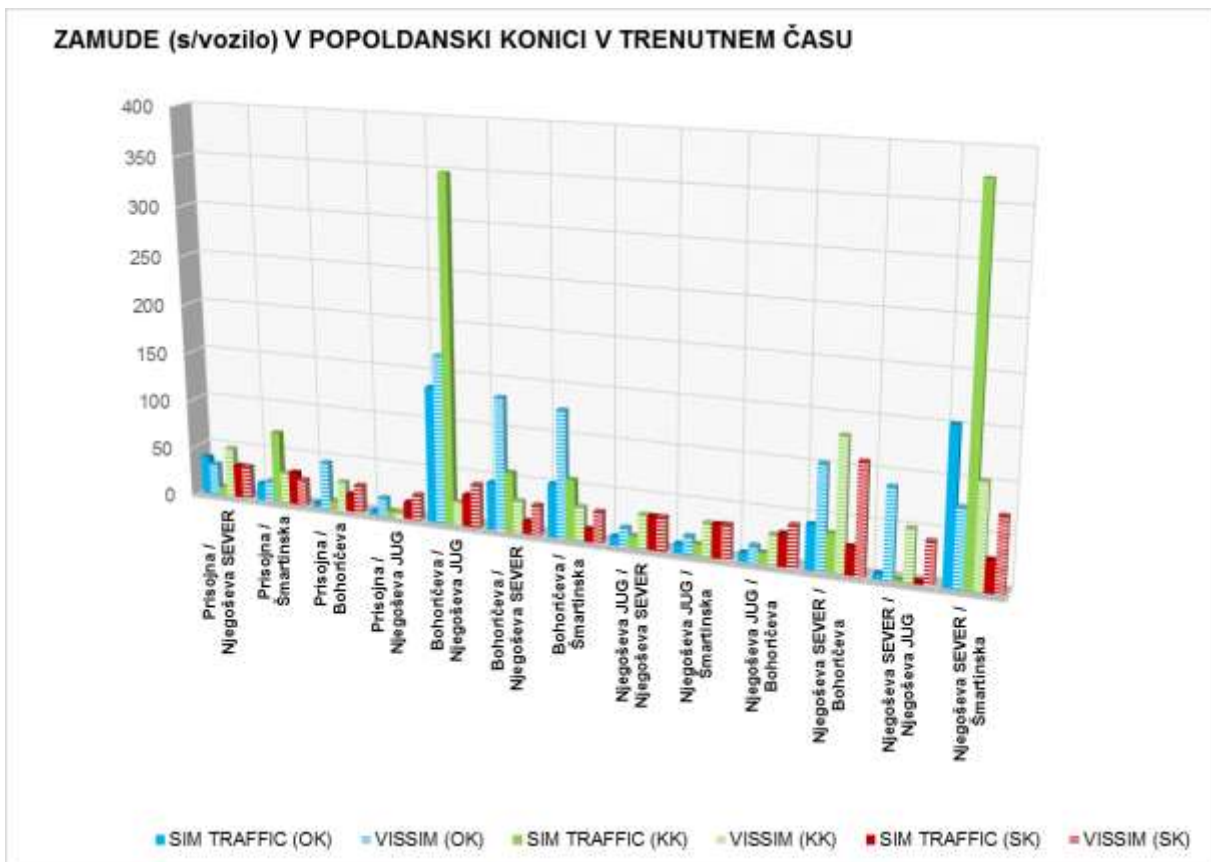


Grafikon 26: Primerjava zamud na vozilo

Na grafikonu 25 je razvidno, da program Vissim za čas jutranje konice v večini obravnavanih primerov podaja krajše povprečne dolžine kolon. Daljše kolone prikaže le v primeru OK na severnem delu Njegoševe ulice in na Bohoričevi ulici. Dolžine kolon OK programa Vissim pa so boljša primerjava z dejanskim razmeram kot kolone, ki jih prikaže Sim Traffic. Nepričakovano se pri SK programa Sim Traffic za primer jutranje konice v smeri Njegoševa jug- Njegoševa sever pojavi kolona dolžine cca 80 m. Za omenjen primer so zamude glede na dolžine kolon presenetljivo kratke in se gibljejo okoli 30 sekund. Razlog daljših kolon je v združitvi dveh prometnih tokov v enega in sicer iz smeri Njegoševa jug v smeri Šmartinske ceste in Njegoševe sever.



Grafikon 27: Primerjava povprečnih dolžin kolon



Grafikon 28: Primerjava zamud na vozilo

Razmere popoldanske konice so glede na enakomerno povečanje prometnih obremenitev projekcija jutranje konice. Nekoliko presenetljiv je velik skok kolon programa Vissim na Bohoričevi ulici za OK, ki so za isti primer celo daljše od programa Sim Traffic.

Medsebojna odstopanja med programa Vissim in Sim Traffic so se kazala že tekom izdelave simulacij. Kot zaključek primerjav zamud in kolon na obravnavanem primeru križišča v Ljubljani lahko povzamemo, da je glede na kalibrirane parametre program Vissim s svojim modelom konfliktnih območji natančnejši pri opisovanju dejanskega stanja in generiranju napovedi, medtem ko je enostavnost programa Sim Traffic njegova prednost pri pridobitvi hitrih rezultatov. Vsekakor pa so rezultati odvisni od natančnosti terenskih raziskav in umerjenosti osnovnih modelov.

Glede na predhodno izvedene meritve, kalibracijsko točnost osnovnih modelov ter rezultatov, ki so med programoma neodvisni, lahko sklepamo, da je edina smiselna ureditev uvedba semaforizacije križišča. Ker je križišče prometno neurejeno in je odvijanje prometa znotraj površine križišča zelo kaotično, je predhodno potrebno vozila na posameznih smereh ustrezno kanalizirati. Poudariti je potrebno, da smo križišče obravnavali kot lokalni problem, kar pomeni, da ni bil upoštevan vpliv sosednjih semaforiziranih križišč.

V nadaljnjih analizah in pred morebitno izvedbo semaforizacije križišča je smiselno dodatno preučiti obravnavne situacije z analitičnimi orodji. Njihove rezultate pa primerjati z rezultati, ki so pridobljeni s simulacijami v tej diplomski nalogi. Vsekakor pa je smiselno preučiti možnost izvedbe prometno odvisnega krmiljenja, kjer vse faze kontrolira detektor in kjer sta določena le najdaljši in najkrajši dopustni čas vsake faze. Prometno krmiljenje, pa bi se lahko uporabilo za koordinacijo prometnih tokov skozi serijo križišč na Njogoševi cesti.

14 ZAKLJUČEK

Tekom izdelave diplomske naloge smo se soočili z mnogo vprašanji. Na del vprašanj smo odgovorili že tekom posamezne faze izdelave diplomskega dela. Bistveno vprašanje, ki smo si ga zadali na začetku izdelave diplomske naloge je, praktična uporabnost ter razlike med rezultati pridobljenih s posameznim programskim orodjem. V splošnem sta programski orodji Vissim in Synchro/Sim Traffic namenjeni specialni uporabi za izdelavo prometnih analiza, a ob enem tudi strokovno usposobljenim uporabnikom. Poleg klasičnih križišč je z njimi mogoče analizirati še mnogo drugih prometnih problemov in situacij.

V diplomski nalogi je obravnavan konkreten problem dejanskega križišča, za katerega so bili prometni podatki dobljeni z ročnim štetjem in opazovanjem prometa. Na podlagi analize števnih podatkov smo izdelali prometne simulacije ter prikazali njihove rezultate.

V času izdelave diplomskega dela smo opazili, da ima program Vissim bistveno bolj dodelan grafični vmesnik, kar omogoča zelo natančen izris geometrije križišča, definiranja prometnih tokov in strukture prometa. Postopek izrisa je enostaven in natančen, vendar dolgotrajen. Prav tako omogoča vrsto dodatnih nastavitev, ki se izražajo pri definiranju strukture prometa in njihovih lastnosti. Synchro in Sim Traffic odlikuje njuna enostavnost izdelave prometne mreže in simulacije. Rezultati diplomske naloge kažejo boljše ujemanje obstoječega stanja z modelom programa Vissim kot z modelom programa Sim Traffic. V večini analiziranih situacijah so rezultati vseh analiz programa Vissim boljši oz. bolj optimistični, kar se odraža v manjših zamudah. Boljše rezultate pripisujemo novejši metodi konfliktnih območij. Na vprašanje glede uporabnosti programskega orodja lahko odgovorimo na naslednji način. Izbira ustreznega programa je v prvi vrsti odvisna od zahtevnosti posameznega prometnega problema. Zahtevnejše probleme z veliko parametri je smiselno reševati s programsko opremo Vissim, s katero je mogoče natančno opisati dejansko stanje oz. vodenje prometa. Seveda pa je potrebno omeniti, da je za izdelavo natančnega modela potrebno veliko več časa, kar pa velja tudi za samo kalibracijo modela. Tako je v nasprotnem primeru smiselno uporabiti programski paket Synchro/Sim Traffic. Programski paket je dokaj enostavno osvojiti za reševanje enostavnih problemov. Možna je hitra analitična analiza in pridobitev osnovnih rezultatov že v programu Synchro, ki deluje po HCM in ICU metodi.

Ob zaključku diplomske naloge moramo opozoriti na dejstvo, da je programsko orodje le orodje v rokah uporabnika in je uporabnost orodja odvisna predvsem od usposobljenosti in izkušenosti njenega uporabnika. Na rezultate pa bistveno vplivajo tudi kvantiteta in kvaliteta pridobljenih terenskih podatkov. Le ustrezni terenski podatki lahko podajo ustrezne rešitve.

VIRI

Uporabljeni viri

An, F., Barth, M., Norbeck, J., Ross, M. 2014. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, Development of Comprehensive Modal Emissions Model: Operating Under Hot-Stabilized Conditions. PTV VISSIM USER MANUAL 7. <http://dx.doi.org/10.3141/1587-07> (Pridobljeno 15. 5. 2016.)

Alexiadis, V., Chandra, A., Jeannotte, K. 2004. Traffic Analysis Toolbox Volume I. Washington, Federal Highway Administration: str. 7, 8.

Alexiadis, V., Chandra, A., Jeannotte, K. 2004. Traffic Analysis Toolbox Volume II. Washington, Federal Highway Administration: str. 6 – 8.

Alexiadis, V., Chandra, A., Jeannotte, K. 2004. Traffic Analysis Toolbox Volume VI. Washington, Federal Highway Administration: 28 str.

Synchro Studio 7, Synchro plus SimTraffic and 3D Viewer, Traffic Signal Software -User Guide First Printing: 2006. (Pridobljeno 15. 5. 2016.)

Synchro and SimTraffic Training Course, Version 7.0, Trafficare (Pridobljeno 15. 5. 2016.)

Maher T. 2004. Postopek izračuna kapacitete križišča s stransko cesto in semaforiziranega križišča. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: str. 21, 22.

Maher, T. in sod. 2009. Primerjava uspešnosti različnih tipov križišč glede na kriterij čakalnih časov. Ljubljana, Ministrstvo za promet, Direkcije RS za ceste: str. 57 – 70.

Šraml, M., Jovanović, G. 2014. Praktikum iz mikrosimulacij v prometu (z uporabo VISSIMa), univerzitetni, visokošolski ali višješolski učbenik z recenzijo. Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo: str. 5 – 26.

<https://dk.um.si/lzpisGradiva.php?id=43365&lang=slv> (Pridobljeno 10. 6. 2016)

Kastelic, T. in sod. 1991. Tehnični normativi za projektiranje in opremo mestnih prometnih površin. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Prometno-tehniški inštitut FAGG: str.XIV-24 – XIV-40.

Traffic Analysis Handbook A Reference for Planning and Operations 2014
http://www.dot.state.fl.us/planning/systems/programs/SM/intjus/pdfs/Traffic%20Analysis%20Handbook_March%202014.pdf (Pridobljeno 10. 6. 2016.)

Ostali viri

Fellendorf, M., Vortisch, P. 2010. Microscopic Traffic Flow Simulator VISSIM. V: Barcelo, J. (ur.). Fundamentals of Traffic Simulation. New York, Springer Science+Business Media: str. 67.

Zakon o cestah. Uradni list RS št. 003-02-11/2010-15.
<https://www.uradni-list.si/1/content?id=101701> (Pridobljeno 25. 8. 2016.)

Zakon o varnosti v cestnega prometa. Uradni list RS št. 56/2008.
<https://www.uradni-list.si/1/content?id=86881> (Pridobljeno 25. 8. 2016.)

Pravilnik o cestnih priključkih na javne ceste. Uradni list RS št. 86/2009.
<https://www.uradni-list.si/1/content?id=94364> (Pridobljeno 25. 8. 2016.)

Pravilnik o projektiranju cest. Uradni list RS št 91/2005.
<https://www.uradni-list.si/1/content?id=58173> (Pridobljeno 25. 8. 2016.)