

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:

Perme, S. 2013. Kapaciteta krožnega križišča z upoštevanjem izvoznega toka. Magistrska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Žura, M.): 97 str.

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:

Perme, S. 2013. Kapaciteta krožnega križišča z upoštevanjem izvoznega toka. M.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Žura, M.): 97 pp.

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo

Jamova 2, p.p. 3422
1115 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si



**MAGISTRSKI ŠTUDIJ
GRADBENIŠTVA
PROMETNA SMER**

Kandidatka:

SIMONA PERME, univ. dipl. inž. grad.

**KAPACITETA KROŽNEGA KRIŽIŠČA Z
UPOŠTEVANJEM IZVOZNEGA TOKA**

Magistrsko delo štev.: 237

**ROUNDAABOUT CAPACITY WITH
INCORPORATING OF EXITING FLOW**

Master of Science Thesis No.: 237

Mentor:
izr. prof. dr. Marijan Žura

Predsednik komisije:
izr. prof. dr. Marijan Žura

Člana komisije:
doc. dr. Tomaž Maher
doc. dr. Peter Lipar

Ljubljana, 18. junij 2013

POPRAVKI

Stran z napako	Vrstica z napako	Namesto	Naj bo
----------------	------------------	---------	--------

IZJAVE

Podpisana Simona Perme izjavljam, da sem avtorica magistrskega dela z naslovom »Kapaciteta krožnega križišča z upoštevanjem izvoznega toka«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v repozitoriju UL FGG.

Ljubljana, 18. 6. 2013

Simona Perme

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK	519.6:656.021:625.739(043.3)
Avtor	Perme Simona, univ. dipl. inž. grad.
Mentor	izr. prof. dr. Marijan Žura, univ. dipl. inž. grad.
Naslov	Kapaciteta krožnega križišča z upoštevanjem izvoznega toka
Tip dokumenta	magistrsko delo
Obseg in oprema	97 str., 22 pregl., 51 sl., 79 en., 2 pril.
Ključne besede:	krožno križišče, turbo križišče, rondo, krožišče, kapaciteta, zamude

Izveček

Analiza pretoka prometa in izračun kapacitete uvoznega kraka v krožno križišče je predmet raziskav številnih avtorjev v zadnjih desetletjih. Večina analiz temelji na empiričnih in stohastičnih modelih, med seboj pa se razlikujejo po definiciji konfliktnega toka. Modeli, ki temeljijo na teoriji sprejemljivih časovnih praznin, ne upoštevajo izvoznega prometnega toka, temveč kot konfliktni tok upoštevajo samo krožni prometni tok, ki je v krožnem križišču pred uvozom v križišče.

Nova oziroma predpostavljena metoda PTI temelji na uporabi modelov sprejemljivih časovnih praznin, pri čemer je za konfliktni tok upoštevan tako krožni kot izvozni prometni tok. Za model sprejemljivih časovnih praznin je najbolj pogosto uporabljen Brilonov model.

Metoda PTI je preizkušena na preprostem enopasovnem krožnem križišču z enopasovnim uvozom in izvozom ter primerjana z uveljavljenima modeloma, in sicer z Brilonovim in Bovyjevim. S pomočjo enačbe za izračun povprečnih zamud so iz kapacitete določene zamude, ki pa so primerjane z rezultati mikroskopske simulacije s programskim orodjem VISSIM.

V drugem delu naloge je s pomočjo Brilonovega modela ter metodo PTI določena kapaciteta za dvopasovno klasično in turbo krožno križišče za različne prometne obremenitve. Namen primerjave je prikaz vpliva izvoznega toka pri klasičnem krožnem križišču s turbo.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC	519.6:656.021:625.739(043.3)
Author	Perme Simona, B. Sc.
Supervisor	assoc. prof. Marijan Žura, Ph. D.
Title	Roundabout capacity with incorporating of exiting flow
Document type	M. Sc. Thesis
Scope and tools	97 p., 22 tab., 51 fig., 79 eq., 2 ann.
Keywords	roundabout, turbo roundabout, capacity, delays

Abstract

Analysing roundabouts' traffic flow and calculation of their entry lanes' capacity has been a subject of research of several authors in the last decades. The majority of methods focus on empirical and stochastic models which differ in a definition of the conflict flow. No gap acceptance model in the literature takes the exiting traffic flow into account when estimating capacity – all methods are based on merging of circulating flow (on the roundabout passing entry lane) only.

The proposed PTI method is based on the models developed using the gap acceptance and queuing theory. It extends the most widely used Brilon model by considering both, the circulating and the exiting flow.

The proposed PTI method was tested on a simple roundabout entry with one entry, exit and circulating lane. The roundabout entry capacity and the average delay per vehicle were calculated using the PTI method and Brilon and Bovy model. The average driver's delay for all analytical models is calculated by the same delay equation. The results were compared to the quasi observed data. Sources of the quasi observed data were compared with the results of the microscopic simulation using VISSIM software

In the second part of the thesis; the two-lane classic and turbo roundabout capacity was determined for different traffic flows with Brilon's model and PTI method. The purpose of the comparison is to show the impact of the exiting flow in the classic roundabout compared to the turbo roundabout.

ZAHVALA

Za pomoč in podporo pri nastajanju magistrskega dela se iskreno zahvaljujem mentorju,izr. prof. dr. Marijanu Žuri.

Prav tako hvala Tini Holešek za lektorski pregled besedila ter Alenki Gantar Polajnar za pomoč pri angleškem prevodu.

Hvala staršem in Darji za vso spodbudo.

Posebna zahvala za vso potrpežljivost, podporo in pomoč velja dragemu možu Davidu ter sinu Maksu in hčeri Niki za čas, ki sem ga namesto njima posvetila izdelavi tega magistrskega dela.

KAZALO VSEBINE

IZJAVE	I
BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK	II
BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	III
ZAHVALA	IV
1 UVOD	1
2 DOSEDANJE RAZISKAVE KAPACITETE KROŽNIH KRIŽIŠČ	4
2.1 Teoretične izpeljave	4
2.1.1 Empirični modeli.....	4
2.1.2 Stohastični modeli.....	8
2.2 Programska orodja za določitev kapacitete	21
2.3 Primerjava različnih izračunov kapacitete krožnih križišč.....	26
2.4 Dosedanje raziskave kapacitete z upoštevanjem izvoznega toka v krožnih križiščih ..	30
3 IZPELJAVA ENAČBE ZA IZRAČUN KAPACITETE Z UPOŠTEVANJEM IZVOZNEGA TOKA PRI KROŽNIH KRIŽIŠČIH	32
3.1 Izpeljava enačbe	33
3.1.1 Izračun deleža vozil z mejno časovno praznino t_c manjšo od časa t_K	33
3.1.2 Izračun kapacitete.....	35
3.2 Primerjava metode PTI z drugimi modeli	37
3.2.1 Vhodni podatki	38
3.2.2 Izračun kapacitete in zamud.....	42
3.2.3 Analiza rezultatov.....	47
3.3 Ugotovitve	60
4 PRIMERJAVA KAPACITETE MED KLASIČNIM IN TURBO KROŽNIM KRIŽIŠČEM	64
4.1 Namen in cilj primerjave	64
4.2 Vhodni podatki	64
4.2.1 Oblika krožnega križišča	64
4.2.2 Prometne obremenitve.....	68
4.2.3 Časovne praznine	69
4.3 Izračun kapacitete	70

4.3.1 Brilonov model	70
4.3.2 Metoda PTI	71
4.4 Analiza rezultatov	75
4.5 Ugotovitve	80
5 ZAKLJUČEK	83
6 POVZETEK	89
7 SUMMARY	91
VIRI.....	93
PRILOGE	97

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 3.1: Vrednosti krožnega Q_R , izvoznega Q_S in uvoznega Q_E prometnega toka ..	38
Preglednica 3.2: Dolžina krožnega loka l_K in čas vožnje t_K od točke izvoza K_S do točke uvoza K_E v primeru hitrosti vožnje v krožnem križišču 25 km/h.....	41
Preglednica 3.3: Razredi Erlangove verjetnostne funkcije mejne časovne praznine t_c pri $\alpha = 5$, $t_c = 3,3$ s	43
Preglednica 3.4: Razredi mejne časovne praznine z deležem vozil uporabljenih v simulaciji prometa s programskim orodjem VISSIM.....	44
Preglednica 3.5: Zamude za različne nivoje uslug pri nesemaforiziranem križišču (HCM, 2000: str. 17–2)	49
Preglednica 3.6: Rezultat statistične metode GEH za zamude pri metodi PTI ter Bovyjevem in Brilonovem modelu v primerjavi z rezultati simulacije prometa s programskim orodjem VISSIM.....	50
Preglednica 3.7: Rezultat regresijske analize za zamude pri metodi PTI ter Bovyjevem in Brilonovem modelu v primerjavi z rezultati simulacije prometa s programskim orodjem VISSIM.....	54
Preglednica 3.8: Kapaciteta in zamude za konstantne vrednosti $Q_S = 400$ EO/h, $Q_E = 300$ EO/h in $l_K = 20$ m ter variacija Q_R od 0 do 500 EO/h	55
Preglednica 3.9: Kapaciteta in zamude za konstantne vrednosti $Q_R = 200$ EO/h, $Q_E = 300$ EO/h in $l_K = 20$ m ter variacija Q_S od 0 do 500 EO/h	56
Preglednica 3.10: Kapaciteta in zamude za konstantne vrednosti $Q_R = 200$ EO/h, $Q_S = 400$ EO/h in $l_K = 20$ m ter variacija Q_E od 100 do 500 EO/h	57
Preglednica 3.11: Kapaciteta in zamude za konstantne vrednosti $Q_R = 200$ EO/h, $Q_S = 400$ EO/h in $Q_E = 300$ EO/h ter variacija l_K od 16 m do 24 m	58
Preglednica 4.1: Razdalje l_K in časi t_K potrebni za prevoz razdalje med točko izvoza K_S in točko uvoza K_E pri klasičnem in turbo krožnem križišču pri upoštevanju hitrosti vožnje v krožnem križišču 25 km/h	67
Preglednica 4.2: O-D matrika prometnih obremenitev.....	68
Preglednica 4.3: Razdelitev prometnih tokov glede na prometni pas	69
Preglednica 4.4: Vrednosti mejne časovne praznine t_c , časovne praznine sledenja t_f in minimalne časovne praznine med vozili v krožnem toku t_{min}	70
Preglednica 4.5: Enačbe za izračun kapacitete C_E^B z Brilonovim modelom za klasično krožno križišče	71
Preglednica 4.6: Enačbe za izračun kapacitete C_E^B z Brilonovim modelom za turbo krožno križišče	71
Preglednica 4.7: Konfliktni prometni tokovi pri klasičnem krožnem križišču.....	72

Preglednica 4.8: Konfliktni prometni tokovi pri turbo krožnem križišču.....	73
Preglednica 4.9: Formule za izračun kapacitete C_E^{PTI} z metodo PTI za klasično krožno križišče.....	74
Preglednica 4.10: Formule za izračun kapacitete C_E^{PTI} z metodo PTI za turbo krožno križišče.....	75
Preglednica 5.1: Razlika v kapaciteti določene z Brilonovim modelom in metodo PTI pri glavnem toku 3000 EO/h [EO/h].....	88

KAZALO SLIK

Slika 2.1: Prikaz prometnih tokov: uvozni Q_E , krožni Q_R in izvozni Q_S	5
Slika 2.2: Definicija faktorja α (Kenjić, 2009: str. 32)	6
Slika 2.3: Prikaz prometnih tokov v turbo krožnem križišču	7
Slika 2.4: Križanje dveh enosmernih cest (Wu, 2001: str. 596)	9
Slika 2.5: Prometna stanja na glavni smeri (Wu, 2001: str. 607)	15
Slika 2.6: Posamezna prometna stanja na glavni smeri ter njihova verjetnost (Wu, 2001: str. 608)	18
Slika 2.7: Delovno okno v programu SIDRA INTERSECTION	23
Slika 2.8: Delovno okno programskega orodja RODEL (RODEL, 2012)	24
Slika 2.9: 3D pogled v programskem orodju VISSIM.....	25
Slika 2.10: 3D pogled v programskem orodju Paramics (Stanek in Milam, 2005).....	26
Slika 2.11: Diagram kapacitete enopasovnega krožnega križišča za različne metode izračuna (Stanek, 2011: str. 8)	27
Slika 2.12: Primerjava kapacitete klasičnega in turbo krožnega križišča z mikrosimulacijo (Yperman in Immers, 2003: str. 7)	28
Slika 2.13: Primerjava kapacitete običajnega dvopasovnega in eksperimentalnega turbo krožnega križišča (Fortuijn in Carton, 2000: str. 7)	29
Slika 3.1: Erlangova verjetnostna funkcija (Erlang, 2012)	33
Slika 3.2: Erlangova kumulativna porazdelitvena funkcija (Erlang, 2012)	34
Slika 3.3: Oblika krožnega križišča uporabljenega v primeru (slika iz simulacije v programskem orodju VISSIM).....	37
Slika 3.4: Prikaz osnovnih dimenzij za določitev dolžine l_K	39
Slika 3.5: Prikaz dolžin l_K	41
Slika 3.6: Prometni tokovi v VISSIM.....	42
Slika 3.7: Porazdelitev Erlangove funkcije t_c ter prikaz devetih razredov pri $\alpha = 5$, $t_c = 3,3$ s44	
Slika 3.8: Definiranje razredov vozil v VISSIM	45
Slika 3.9: Določitev relativnega toka za posamezno vrsto vozil v VISSIM	45
Slika 3.10: Prikaz pozicije stop črte (rdeča barva) ter konfliktne oznake (zelena črta) v VISSIM	46
Slika 3.11: Prikaz pozicije konfliktne oznake (zelena črta) za minimalno razdaljo v VISSIM. 46	
Slika 3.12: Povprečne zamude na vozilo po velikosti glede na rezultat simulacije s programskim orodjem VISSIM za 900 primerov	47
Slika 3.13: Povprečne zamude na vozilo po velikosti glede na rezultat simulacije s programskim orodjem VISSIM za zadnjih 200 primerov.....	48

Slika 3.14: Povprečne zamude na vozilo po velikosti glede na rezultat simulacije s programskim orodjem VISSIM za prvih 200 primerov	48
Slika 3.15: Dejanske vrednosti zamud PTI v odvisnosti od zamud VISSIM z linearno in potenčno trendno črto	51
Slika 3.16: Razsevni diagram za logaritmirane zamude VISSIM in PTI z vrisano logaritmirano potenčno regresijsko krivuljo (levo) ter diagram ostankov (desno) za metodo PTI53	
Slika 3.17: Razsevni diagram za logaritmirane zamude VISSIM in Bovy z vrisano logaritmirano potenčno regresijsko krivuljo (levo) ter diagram ostankov (desno) za Bovyjev model.....	53
Slika 3.18: Razsevni diagram za logaritmirane zamude VISSIM in Brilon z vrisano logaritmirano potenčno regresijsko krivuljo (levo) ter diagram ostankov (desno) za Brilonov model	54
Slika 3.19: Diagram zamud za simulacijo prometa s programskim orodjem VISSIM, metodo PTI ter Bovyjev in Brilonov model v odvisnosti od krožnega prometnega toka Q_R	56
Slika 3.20: Diagram zamud za simulacijo prometa s programskim orodjem VISSIM, metodo PTI ter Bovyjev in Brilonov model v odvisnosti od izvoznega prometnega toka Q_S	57
Slika 3.21: Diagram zamud za simulacijo prometa s programskim orodjem VISSIM, metodo PTI ter Bovyjev in Brilonov model v odvisnosti od uvoznega prometnega toka Q_E	58
Slika 3.22: Diagram zamud za simulacijo prometa s programskim orodjem VISSIM, metodo PTI ter Bovyjev in Brilonov model v odvisnosti od razdalje l_K	59
Slika 3.23: Diagram zamud pri metodi PTI za različne vrednosti izvoznega toka Q_S [EOV/h] v odvisnosti od razdalje l_K , pri vrednosti $Q_R = 0$ EOV/h in $Q_E = 300$ EOV/h.....	59
Slika 4.1: Oblika klasičnega krožnega križišča uporabljenega v primeru	65
Slika 4.2: Oblika turbo krožnega križišča uporabljenega v primeru.....	65
Slika 4.3: Dimenzije osnovnih elementov krožnega križišča.....	66
Slika 4.4: Prikaz konfliktnih točk in razdalje med njimi na klasičnem (levo) in turbo (desno) krožnem križišču	67
Slika 4.5: Prikaz prometnih tokov na klasičnem (levo) in turbo (desno) krožnem križišču.....	69
Slika 4.6: Kapaciteta stranske smeri dvopasovnega krožnega križišča	76
Slika 4.7: Kapaciteta glavne smeri dvopasovnega krožnega križišča	77
Slika 4.8: Razlika v kapaciteti stranske smeri določene z Brilonovim modelom in metodo PTI	78
Slika 4.9: Razlika v kapaciteti glavne smeri določene z Brilonovim modelom in metodo PTI	79
Slika 4.10: Kapaciteta dvopasovnega klasičnega in turbo krožnega križišča določene z Brilonovim modelom in metodo PTI	80
Slika 5.1: Vrednosti zamud PTI v odvisnosti od zamud VISSIM s potenčno trendno črto	84
Slika 5.2: Kapaciteta uvoza pri metodi PTI za različne vrednosti izvoznega toka Q_S [EOV/h] v odvisnosti od razdalje l_K , pri vrednosti $Q_R = 0$ EOV/h in $Q_E = 300$ EOV/h.....	85

Slika 5.3: Kapaciteta uvoza v odvisnosti od izvoznega prometnega toka Q_S pri vrednosti $Q_R = 300$ EO/h, $Q_E = 400$ EO/h in $l_k = 22$ m	85
Slika 5.4: Diagram zamud v odvisnosti od izvoznega prometnega toka Q_S pri vrednosti $Q_R = 300$ EO/h, $Q_E = 400$ EO/h in $l_k = 22$ m	86
Slika 5.5: Kapaciteta dvopasovnega klasičnega in turbo krožnega križišča določena z Brilonovim modelom in metodo PTI	87

LIST OF TABLES

Table 3.1: Values of circulating Q_R , exiting Q_S and entering Q_E traffic flow.....	38
Table 3.2: The length of the arc l_K and driving time t_K from the exit K_S and entry K_E to the conflict point in the case of speed on the roundabout of 25 km/h	41
Table 3.3: Erlang probability density function classes of the critical gap acceptance t_c at $\alpha = 5$, $tc = 3,3$ s.....	43
Table 3.4: The definition of vehicle types for the critical gap acceptance used in VISSIM	44
Table 3.5: Delays for different levels of services in unsignalized intersection (HCM, 2000: p. 17–2)	49
Table 3.6: The result of GEH statistics for delays PTI method and Bovy's and Brilon's model compare with the results of microscopic simulation using VISSIM software	50
Table 3.7: Results of regression analysis for delays of PTI method and Bovy's and Brilon's model compare with the results of microscopic simulation using VISSIM software	54
Table 3.8: The capacity and delays for the constant values of $Q_S = 400$ EO/h, $Q_E = 300$ EO/h and $l_K = 20$ m and variation of Q_R from 0 to 500 EO/h	55
Table 3.9: The capacity and delays for the constant values of $Q_R = 200$ EO/h, $Q_E = 300$ EO/h and $l_K = 20$ m and variation of Q_S from 0 to 500 EO/h.....	56
Table 3.10: The capacity and delays for the constant values of $Q_R = 200$ EO/h, $Q_S = 400$ EO/h and $l_K = 20$ m and variation of Q_E from 100 to 500 EO/h	57
Table 3.11: The capacity and delays for the constant values of $Q_R = 200$ EO/h, $Q_S = 400$ EO/h and $Q_E = 300$ EO/h and variation of l_K from 16 m to 24 m	58
Table 4.1: Lengths l_K and driving times t_K needed from the exit K_S and entry K_E conflict point in the case of speed on the roundabout of 25 km/h for classic and turbo roundabout	67
Table 4.2: O-D traffic matrix	68
Table 4.3: The distribution of traffic flows according to the traffic lane.....	69
Table 4.4: The time values of the critical gap t_c , move-up time t_f and minimum gap between two vehicles driving in succession t_{min}	70
Table 4.5: Equations for the classic roundabout capacity C_E^B with Brilon's model.....	71
Table 4.6: Equations for the turbo roundabout capacity C_E^B with Brilon's model.....	71
Table 4.7: Conflicting traffic flows on the classic roundabout	72
Table 4.8: Conflicting traffic flows on the turbo roundabout.....	73
Table 4.9: Equations for the classic roundabout capacity C_E^{PTI} with PTI method	74
Table 4.10: Equations for the turbo roundabout capacity C_E^{PTI} with PTI method.....	75
Table 5.1: The capacity difference determined by Brilon's model and PTI method at the major stream 3000 EO/h [EO/h]	88

LIST OF FIGURES

Figure 2.1: The definition of traffic flows: entering Q_E , circulating Q_R and exiting Q_S	5
Figure 2.2: The definition of the α (Kenjić, 2009: p. 32).....	6
Figure 2.3: The definition of traffic flows on the turbo roundabout.....	7
Figure 2.4: The system with a major and a minor stream (Wu, 2001: p. 596).....	9
Figure 2.5: States within the major stream (Wu, 2001: p. 607).....	15
Figure 2.6: States in the major stream and their probabilities (Wu, 2001: p. 608).....	18
Figure 2.7: The SIDRA INTERSECTION working display	23
Figure 2.8: The RODEL working display (RODEL, 2012).....	24
Figure 2.9: The VISSIM 3D view	25
Figure 2.10: The Paramics 3D view (Stanek and Milam, 2005).....	26
Figure 2.11: The single line roundabout capacity for different methods (Stanek, 2011: p. 8)	27
Figure 2.12: The comparison of capacity determination by microsimulation for the classic and turbo roundabout (Yperman and Immers, 2003: p. 7)	28
Figure 2.13: The comparison of capacity of the classic two-lane and turbo roundabout (Fortuijn and Carton, 2000: p. 7)	29
Figure 3.1: The Erlang probability density function (Erlang, 2012)	33
Figure 3.2: The Erlang cumulative distribution function (Erlang, 2012).....	34
Figure 3.3: The tested example of a roundabout (the picture from the simulation using the VISSIM software).....	37
Figure 3.4: The definition of the basic dimensions to determine the length l_K	39
Figure 3.5: The definition of lengths l_K	41
Figure 3.6: Traffic flows in VISSIM.....	42
Figure 3.7: The distribution of the Erlang probability function t_c and definition of 9 vehicle types at $\alpha = 5$, $t_c = 3,3$ s.....	44
Figure 3.8: The definition of vehicle types in VISSIM	45
Figure 3.9: The definition of the relative flow for each vehicle type in VISSIM.....	45
Figure 3.10: The position of the virtual stop line (red) at the entry and the conflicting line (green) in VISSIM	46
Figure 3.11: The position of the conflicting line (green) for the minimal headway in VISSIM	46
Figure 3.12: The growing average control delay per vehicle according to the result of microsimulation model VISSIM for 900 cases	47
Figure 3.13: The growing average control delay per vehicle according to the result of microsimulation model VISSIM for the last 200 cases.....	48
Figure 3.14: The growing average control delay per vehicle according to the result of microsimulation model VISSIM for the first 200 cases	48

Figure 3.15: The actual values for PTI delays depending on the VISSIM delays with the linear and power trendline	51
Figure 3.16: The scatter diagram for VISSIM and PTI logarithmic delay with charted logarithmic power regression curve (left) and residuals plot for the PTI method (right)	53
Figure 3.17: The scatter diagram for VISSIM and Bovy logarithmic delay with the charted logarithmic power regression curve (left) and residuals plot for the method Bovy (right)	53
Figure 3.18: The scatter diagram for VISSIM and Brilon logarithmic delay with the charted logarithmic power regression curve (left) and residuals plot for the method Brilon (right)	54
Figure 3.19: The diagram of average control delay in the traffic simulation with VISSIM, PTI method and Bovy's and Brilon's model as a function of circulating traffic volume Q_R	56
Figure 3.20: The diagram of average control delay in the traffic simulation with VISSIM, PTI method and Bovy's and Brilon's model as a function of exiting traffic volume Q_S	57
Figure 3.21: The diagram of average control delay in the traffic simulation with VISSIM, PTI method and Bovy's and Brilon's model as a function of entering traffic volume Q_E	58
Figure 3.22: The diagram of average control delay in the traffic simulation with VISSIM, PTI method and Bovy's and Brilon's model as a function of distance l_K	59
Figure 3.23: The diagram of average control delay at PTI method as a function of distance l_K at the constant value $Q_R = 0$ PCU/h and $Q_E = 300$ PCU/h	59
Figure 4.1: The form of the classic roundabout in the tested example.....	65
Figure 4.2: The form of the turbo roundabout in the tested example	65
Figure 4.3: Dimensions of basic elements of roundabouts	66
Figure 4.4: The definition of conflict points and distance between points for the classic (on the left) and the turbo (on the right) roundabout.....	67
Figure 4.5: The definition of traffic flows for the classic (on the left) and the turbo (on the right) roundabout	69
Figure 4.6: The capacity of minor stream on the two-lane roundabout	76
Figure 4.7: The capacity of major stream on the two-lane roundabout	77
Figure 4.8: The capacity difference of minor stream determined by Brilon's model and PTI method.....	78
Figure 4.9: The capacity difference of major stream determined by Brilon's model and PTI method.....	79
Figure 4.10: The capacity of two-lane classic and turbo roundabout determined by Brilon's model and PTI method.....	80

Figure 5.1: The values for PTI delays depending on the VISSIM delays with the power trendline.....	84
Figure 5.2: The capacity by PTI method as a function of distance l_k at the constant value Q_R = 0 PCU/h and $Q_E = 300$ PCU/h.....	85
Figure 5.3: The capacity as a function of exiting traffic volume Q_S at the constant value $Q_R =$ 300 PCU/h, $Q_E = 400$ PCU/h and $l_k = 22$ m	85
Figure 5.4: The diagram of average control delay as a function of exiting traffic volume Q_S at the constant value $Q_R = 300$ PCU/h, $Q_E = 400$ PCU/h and $l_k = 22$ m.....	86
Figure 5.5: The capacity of the two-lane classic and turbo roundabout determined by Brilon's model and PTI method.....	87

SEZNAM PRILOG

Priloga A: Rezultati vseh izračunov kapacitete in zamud za metodo PTI, Bovyjev in Brilonov model, zamude za simulacijo prometa s programskim orodjem VISSIM ter vrednosti GEH.

Priloga B: Rezultati regresijske analize.

OKRAJŠAVE

DMRB	Design Manual for Roads and Bridges
EOV	Ekvivalent osebnih vozil
HBS	Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen
HCM	Highway Capacity Manual
ICU	The Intersection Capacity Utilization
PARAMICS	PARAllell computer MICroscopic Simulation
PTI	Prometnotehniški inštitut
SIDRA	Signalised & unsignalised Intersection Design and Research Aid
TRB	Transportation Research Board
TRL	Transport Research Laboratory
VISSIM	Verkehr In Städten SIMulation
ZPrCP	Zakon o pravilih cestnega prometa

SIMBOLI

C_E	- kapaciteta uvoza [EOV/h]
C_0	- idealna kapaciteta uvoza brez prometa v krožnem križišču [EOV/h]
Q_E	- uvozni prometni tok [EOV/h]
Q_C	- jakost konfliktnega prometnega toka [EOV/h]
Q_R	- jakost krožnega prometnega toka [EOV/h]
Q_S	- jakost prometnega toka na izvozu [EOV/h]
α	- faktor razdalje $K_S K_E$ [-]
β	- faktor števila voznih pasov na krožnem vozišču [-]
γ	- faktor števila voznih pasov na uvozišču [-]
α	- parameter Erlangove porazdelitvene funkcije [-]
n_c	- število voznih pasov v krožnem križišču [-]
n_e	- število pasov na uvozu [-]
t_c	- mejna časovna praznina [s]
t_f	- časovna praznina sledenja [s]
t_{min}	- minimalna časovna praznina med vozili v krožnem toku [s]
t_K	- čas, potreben za vožnjo od izvozne do uvozne točke [s]
f_{HVe}	- faktor za težka vozila na uvozu [-]
\bar{t}_c	- povprečna vrednost mejne časovne praznine [s]
T	- čas analize [h]
$A \text{ in } B$	- faktorja, odvisna od časovne praznine [-]
d	- delež prometnega toka na izvozu [-]
$P()$	- oznaka za verjetnost
$f(t)$	- verjetnostna funkcija časovne praznine t na glavni smeri
d_E	- povprečna zamuda na vozilo na uvozu v krožno križišče [s]
R_O	- notranji radij (polmer sredinskega otoka) [m]
R_R	- zunanji radij (polmer sredinskega otoka s krožnim voziščem) [m]
R_E	- uvozni radij [m]
R_S	- izvozni radij [m]
l_K	- dolžina krožnega loka v krožnem križišču od točke K_S do točke K_E [m]
l_o	- širina ločilnega otoka med izvoznim in uvoznim pasom [m]
l_k	- širina krožnega pasu [m]
l_E	- širina uvoznega pasu [m]
l_S	- širina izvoznega pasu [m]
v	- hitrost vozil v krožnem križišču [km/h]

1 UVOD

Nivojska križišča prometnic so bila zaradi svojega pomena že od nekdaj predmet raziskav in skrbnega načrtovanja prometnih strokovnjakov. Križišča so kritični element učinkovitosti cestne mreže, njihova prepustnost pa predstavlja ozko grlo.

V zadnjih 20. letih smo v Sloveniji priče povečanemu zanimanju za krožna križišča. Pravilna izvedba omogoča praviloma prometno varnost, zmanjšajo se čakalni časi in posledično poveča pretočnost na uvozih v križišče. Poleg navadnih krožnih križišč so se pričela vse pogosteje uveljavljati tudi turbo krožna križišča, ki še dodatno izboljšajo prometne razmere.

Izbira vrste križišča temelji na analizi prometne uspešnosti. Analiza pretoka prometa in izračun kapacitete uvoznega kraka v krožno križišče je predmet raziskav številnih avtorjev v zadnjih desetletjih. Večina analiz temelji na empiričnih in analitičnih modelih ter ima določitev kapacitete uvoznega pasu in povprečne zamude voznikov za glavna kriterija uspešnosti križišča.

Vse metode temeljijo na odvisnosti primarnih oziroma konfliktnih (prometni tok v krožnem križišču) in sekundarnih tokov (uvozni prometni tok). Metode se razlikujejo le po definiciji konfliktnega toka. Nekateri menijo, da ima izvozni tok ravno tako vpliv na kapaciteto uvoznega pasu (Fortuijn, 2009).

Vključitev vpliva izvoznega toka pri konfliktnem temelji na dejstvu, da kljub temu, da pravila o cestnem prometu (ZPrCP, 2010) zahtevajo, da vozniki, ki zapuščajo krožno križišče, nakažejo svojo namero z desnimi utripalkami, le del voznikov to spoštuje. V primeru, da je razdalja med točko uvoza in točko izvoza iz krožnega križišča majhna, potem voznik, ki vstopa v krožno križišče, ne ve, ali bo vozilo v njem zapustilo križišče ali bo še naprej nadaljevalo vožnjo v krožnem delu. To pomeni, da bi bilo treba pri izračunu kapacitete upoštevati, ne le prometni tok v krožnem delu krožnega križišča, temveč tudi vsaj delno izvozni tok. V kakšni meri se upošteva izvozni tok, pa je odvisno od razdalje med točko uvoza in izvoza ter voznikovih lastnosti oziroma voznikovega obnašanja. V primeru, da je voznikova mejna časovna praznina manjša kot čas, ki je potreben za vožnjo, razdalje med točko uvoza in izvoza, vpliva na kapaciteto samo krožni prometni tok v križišču, sicer pa je potrebno pri izračunu kapacitete upoštevati tudi prometni tok, ki izvaža iz krožnega križišča.

Od teoretičnih izpeljav dostopnih v literaturi samo Bovyjeva enačba upošteva pri konfliktnem toku poleg krožnega tudi izvozni prometni tok. Modeli sprejemljivih časovnih praznin (npr.

Brilonov model) upoštevajo samo krožni prometni tok. Ker modeli sprejemljivih časovnih praznin ne upoštevajo izvoznega prometnega toka, je namen magistrskega dela, da se model sprejemljivih časovnih praznin za določitev kapacitete krožnega križišča dopolni z upoštevanjem izvoznega toka.

Nova oziroma predpostavljena metoda (v nadaljevanju poimenovana metoda PTI) temelji na uporabi modelov sprejemljivih časovnih praznin, pri čemer sta za konfliktni tok upoštevana tako krožni kot izvozni prometni tok. Za model sprejemljivih časovnih praznin je uporabljen najbolj pogosto zastopan Brilonov model.

Cilj magistrskega dela je:

- določitev deleža vozil, ki imajo mejno časovno praznino manjšo od časa potrebnega za vožnjo od točke izvoza iz krožnega križišča do točke uvoza v krožno križišče;
- izpeljava modela sprejemljivih časovnih praznin za izračun kapacitete enopasovnega krožnega križišča z upoštevanjem izvoznega toka iz krožnega križišča;
- primerjava vpliva izvoznega toka pri različnih vrednostih razdalje od točke izvoza do točke uvoza v krožnem križišču;
- uporaba modela PTI pri izračunu dvopasovnega klasičnega in turbo krožnega križišča;
- primerjava rezultatov kapacitete določene z Brilonovim in PTI modelom pri klasičnem in turbo krožnem križišču.

Predmet magistrskega dela je izpeljava nove metode za izračun kapacitete z upoštevanjem izvoznega toka pri krožnih križiščih ter primerjava rezultatov kapacitete z Brilonovim modelom in metodo PTI med klasičnim in turbo krožnim križiščem. Pri tem je cilj potrditi naslednje hipoteze:

1. Vpliv izvoznega toka se zmanjšuje s povečevanjem razdalje, ki jo mora voznik prevoziti od točke izvoza do točke uvoza.
2. Kapaciteta izračunana po metodi PTI je manjša od kapacitete izračunane z Brilonovim modelom oziroma so zamude, določene iz kapacitete, izračunane po metodi PTI, večje od zamud, izračunane z Brilonovim modelom, in hkrati so zamude, določene z metodo PTI, bližje rezultatom simulacije prometa s programskim orodjem VISSIM.

3. Izvozni tok pri klasičnih krožnih križiščih ima zaradi geometrije križišča večji vpliv na kapaciteto določeno z metodo PTI kot pri turbo krožnih križiščih. To pomeni, da je razlika med kapaciteto, izračunano z Brilonovim modelom, in kapaciteto, izračunano z metodo PTI, večja pri klasičnem kot pri turbo krožnem križišču.

2 DOSEDANJE RAZISKAVE KAPACITETE KROŽNIH KRIŽIŠČ

Dosedanje pristope k obravnavi kapacitete krožnih križišč se v splošnem lahko razdeli v tri skupine (Stanek, 2011; Tollazzi, 2006): teoretične, simulacijske in eksperimentalne.

V nadaljevanju je prikazanih nekaj teoretičnih izpeljav modelov (Bovy, HCM, Brilon) ter programskih orodij (SIDRA, RODEL, SYNCHRO, SimTraffic, ISSIM, Paramics) za izračun kapacitete krožnega križišča.

2.1 Teoretične izpeljave

Pri določanju kapacitete krožnih križišč s formulami se ločita dva pristopa, in sicer empirični modeli ter stohastični modeli, kot na primer modeli sprejemljivih časovnih praznin.

Teorija sprejemljivih časovnih praznin je mikroskopska (stohastična) teorija, ki opisuje vedenje posameznega voznika, kot nasprotje makroskopskim (empiričnim) modelom, ki opisujejo prometni tok kot celoto.

2.1.1 Empirični modeli

V Veliki Britaniji analize kapacitete nesemaforiziranih križišč temeljijo na statističnih modelih. Regresijska analiza se uporablja za določitev parametrov in za oceno vrednosti koeficientov (primerjava ocenjene in izmerjene kapacitete). Pri oceni kapacitete s pomočjo teorije vrst se lahko oceni dolžino kolon in zamude. Za oceno zamud se uporablja tudi regresijsko analizo.

Pri empiričnih modelih matematično razmerje med jakostjo konfliktnega prometnega toka pred uvozom v krožno križišče (Q_C) in kapaciteto uvoznega kraka (C_E) izhaja iz meritev na obstoječih krožnih križiščih. Leta 1980 je Kimber izpeljal linearno odvisnost med Q_C in C_E . V letu 1986 se je tudi Cetur pojavil s formulo, ki je temeljila na linearni odvisnosti. 1991. leta pa je Ceturjevo formulo nekoliko prilagodil švicarski raziskovalec Bovy (Yperman in Immers, 2003).

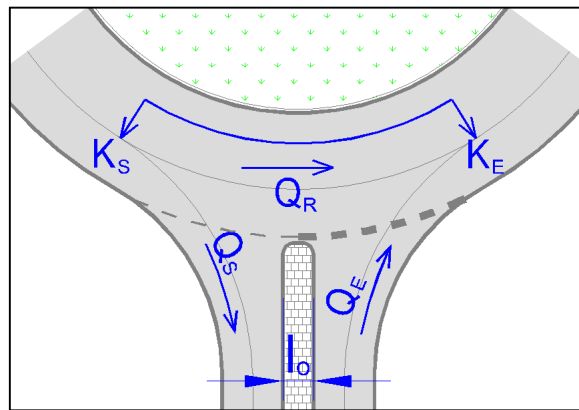
$$C_E = \frac{1500 - \frac{8}{9} \cdot Q_C}{\gamma} \quad (1)$$

$$Q_C = \beta \cdot Q_R + \alpha \cdot Q_S \quad (2)$$

Kjer je:

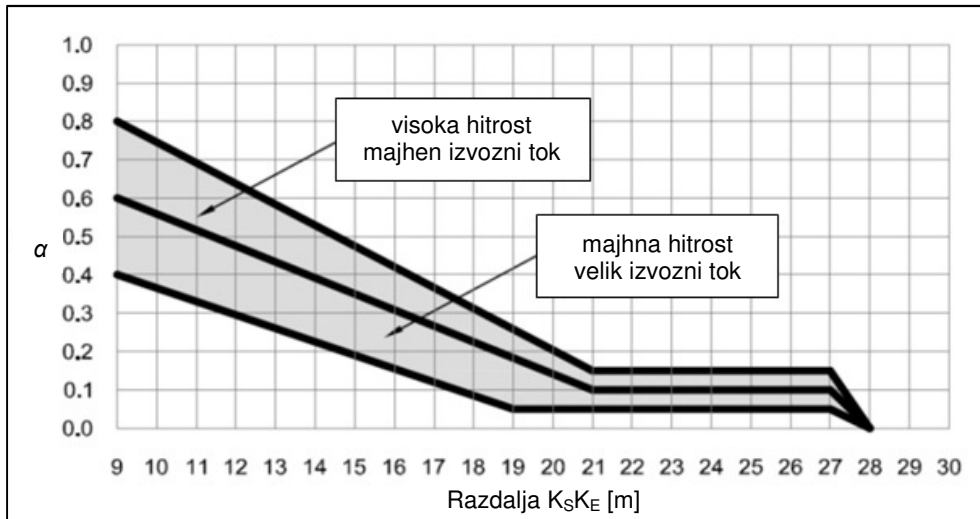
- C_E - kapaciteta uvoza [EOV/h];
- Q_C - jakost konfliktnega prometnega toka [EOV/h];
- Q_R - jakost krožnega prometnega toka [EOV/h];
- Q_S - jakost prometnega toka na izvozu [EOV/h];
- α - faktor razdalje $K_S K_E$ [-];
- β - faktor števila vozniških pasov na krožnem vozišču [-];
- γ - faktor števila vozniških pasov na uvoziščih [-].

Faktor α , ki vpliva na kapaciteto uvoza v krožno križišče z izhodnim prometnim tokom, je odvisen od geometrije krožnega križišča, in sicer razdalje krožnega loka $K_S K_E$.



Slika 2.1: Prikaz prometnih tokov: uvozni Q_E , krožni Q_R in izvozni Q_S
ter razdalje $K_S K_E$

Figure 2.1: The definition of traffic flows: entering Q_E , circulating Q_R and exiting Q_S
and distance $K_S K_E$

Slika 2.2: Definicija faktorja α (Kenjić, 2009: str. 32)Figure 2.2: The definition of the α (Kenjić, 2009: p. 32)

Vrednosti faktorja β , ki je odvisen od števila vozniških pasov na krožnem vozišču, so naslednje:

1-pasovno krožno križišče: $0,9 \leq \beta \leq 1$;

2-pasovno krožno križišče: $0,6 \leq \beta \leq 0,8$;

3-pasovno krožno križišče: $0,5 \leq \beta \leq 0,6$.

Vrednosti faktorja γ , ki je odvisen od števila vozniških pasov na uvozu, so naslednje:

1-pasovni uvoz: $\gamma = 1$;

2-pasovni uvoz: $0,6 \leq \gamma \leq 0,7$;

3-pasovni uvoz: $\gamma = 0,5$.

Na osnovi Bovyjevega modela je bila razvita modificirana Bovyjeva enačba. Modifikacija oziroma dopolnitev enačbe omogoča njeno uporabo tudi za krožna križišča s spiralnim potekom krožnega vozišča. Modificirano Bovyjevo enačbo za izračun kapacitete turbo krožnih križišč je leta 1997 z modelom, ki se imenuje Meerstrooksrotondeverkenner (2012), razvil nizozemski raziskovalec Bertus Fortuijn (Fortuijn, 2009). Formulo je modificiral tako, da je faktor α razdelil na a_i in a_u (faktorja vpliva izvoznega toka na levem in desnem izvoznem pasu) in faktor β razdelil na b_i in b_u (faktor vpliva notranjega in zunanjega pasu v krožnem križišču). Formula za izračun kapacitete, kjer sta dva uvozna pasova in dva pasova v krožnem križišču, je naslednja (Kenjić, 2009):

$$C_{EI} = C_{0I} - b_{L,i} \cdot Q_{Ri} - b_{L,u} \cdot Q_{Ru} - a_{L,i} \cdot Q_{Si} - a_{L,u} \cdot Q_{Su} \quad (3)$$

$$C_{Er} = C_{0r} - b_r \cdot Q_{Ru} - a_{r,i} \cdot Q_{Si} - a_{r,u} \cdot Q_{Su} \quad (4)$$

Kjer je:

indeks l - levi vozni pas na uvozu;

indeks r - desni vozni pas na uvozu;

indeks i - notranji vozni pas v krožnem križišču;

indeks u - zunanji vozni pas v krožnem križišču;

C_E - kapaciteta uvoza [EOV/h];

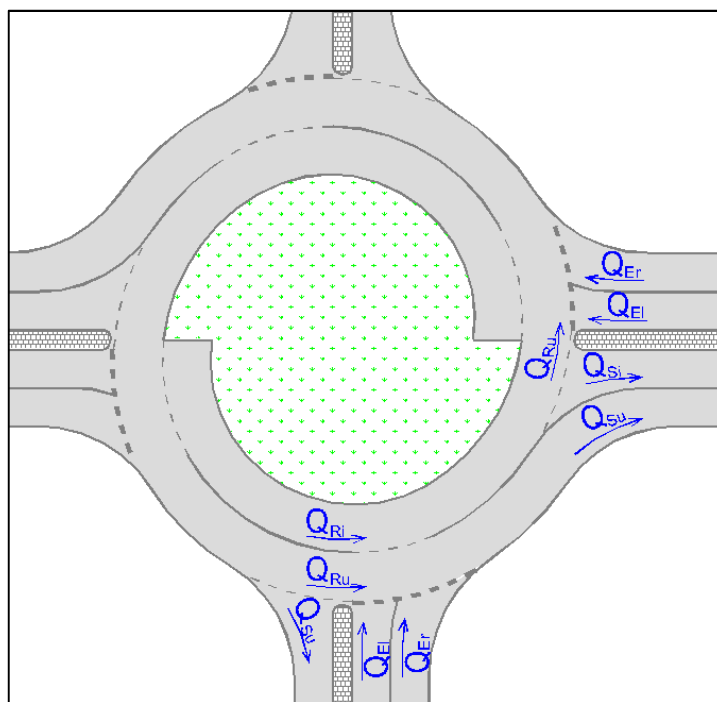
C_0 - idealna kapaciteta uvoza brez prometa v krožnem križišču [EOV/h];

Q_R - jakost krožnega prometnega toka [EOV/h];

Q_S - jakost prometnega toka na izvozu [EOV/h];

a - faktor vpliva izvoznega prometnega toka na kapaciteto uvoza [-];

b - faktor vpliva prometnega toka v krožnem križišču na kapaciteto uvoza [-].



Slika 2.3: Prikaz prometnih tokov v turbo krožnem križišču

Figure 2.3: The definition of traffic flows on the turbo roundabout

Glede na porazdelitev tokov predstavljata faktorja b_i in b_u maksimalno in minimalno vrednost b_{max} in b_{min} , in sicer:

$$\begin{aligned} b_{l,i} &= b_{max} \text{ in } b_{l,u} = b_{min} \text{ če je } Q_{Ri} > Q_{Ru} \\ b_{l,i} &= b_{min} \text{ in } b_{l,u} = b_{max} \text{ če je } Q_{Ri} < Q_{Ru} \end{aligned} \quad (5)$$

Vrednosti parametrov za izračun kapacitete po modificirani Bovyjevi enačbi so naslednje (Kenjić, 2009):

$$C_0 = 1550;$$

$$b_{max} = 0,82;$$

$$b_{min} = 0,68;$$

$$a_l = 0,21 \text{ (pri širini ločilnega otoka med uvozom in izvozom 2,5 m);}$$

$$a_r = 0,14 \text{ (pri širini ločilnega otoka med uvozom in izvozom 2,5 m);}$$

$$a_l = 0,14 \text{ (pri širini ločilnega otoka med uvozom in izvozom 7,0 m);}$$

$$a_r = 0,07 \text{ (pri širini ločilnega otoka med uvozom in izvozom 7,0 m).}$$

Pri preračunu kapacitete na enoto osebnih vozil se upoštevajo naslednje vrednosti:

- osebno vozilo = 1;
- tovorno vozilo = 1,9;
- tovorno vozilo s prikolico = 2,4.

Osnovne značilnosti modificiranega Bovyjevega modela so: kapaciteta za vsak voznik pas na uvozu se računa ločeno, kapaciteta posameznega uvoza je vsota kapacitet posameznih voznih pasov na tem uvozu in povečanje maksimalne teoretične kapacitete voznega pasu na uvozu iz 1500 EOV/h na 1550 EOV/h.

2.1.2 Stohastični modeli

Večina analiz, ki obravnavajo obnašanje prometa v nesemaforiziranem križišču, temelji na stohastičnih modelih. Primer je teorija sprejemljive časovne praznine med vozili, kjer je predpostavljeno, da neprednostni tok vozil lahko uvozi v križišče le, ko je interval do naslednjega prihajajočega vozila s prednostjo večji od mejne časovne praznine. Več vozil z neprednostne smeri zaporedno uvozi v križišče v intervalu časovnih praznin sledenja, dokler na prednostni smeri ne pripelje naslednje vozilo. Kapaciteta in zamuda sta funkciji mejnih časovnih praznin, časovnih praznin sledenja, minimalne časovne praznine med vozili v krožnem toku, števila pasov na uvozu in v krožnem križišču ter prometnega toka v krožnem križišču. Za oceno parametrov, ki opisujejo mikroskopske lastnosti procesa, kot so mejna časovna praznina in časovna praznina sledenja za vozila na neprednostni smeri, kot tudi za porazdelitev časovnih praznin med vozili na prednostni smeri, pa se uporabijo statistične metode.

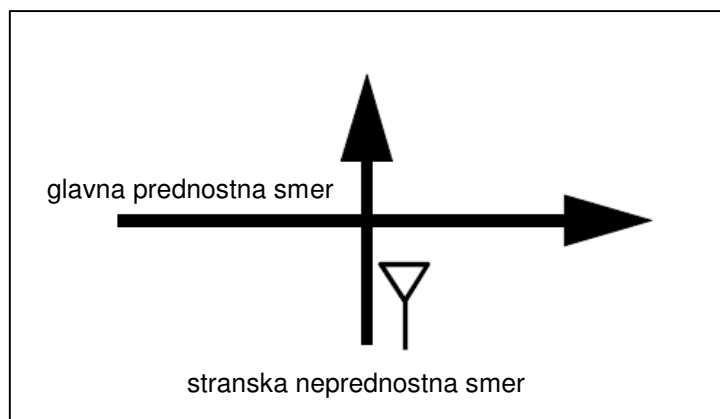
Univerzalni postopek za določitev kapacitete v nesemaforiziranih križiščih

Postopek določitve kapacitete v nesemaforiziranih križiščih temelji na ideji, da je prometni tok na glavni smeri razdeljen na štiri skupine glede na stanje vozil (Wu, 2001):

- brez vozil (ang. *free space*);
- eno vozilo (ang. *single vehicle*);
- skupina vozil (ang. *bunching*);
- kolona vozil (ang. *queuing*).

Verjetnost za te dogodke se računa s teorijo kolon.

V nesemaforiziranem križišču dveh enosmernih cest (slika 2.4) mora vozilo, ki vozi z neprednostne smeri, dati prednost vozilu, ki vozi na prednostni smeri. Križišče dveh enosmernih cest je najbolj enostaven primer križanja dveh cest in zato primeren za izpeljavo potencialnih enačb za izračun kapacitet in zamud.



Slika 2.4: Križanje dveh enosmernih cest (Wu, 2001: str. 596)

Figure 2.4: The system with a major and a minor stream (Wu, 2001: p. 596)

V krožnem križišču (slika 2.1) vozila vozijo v nasprotni smeri urinega kazalca. Vozila, ki uvažajo v križišče (Q_E), morajo dati prednost vozilom v krožišču (Q_R), kar zagotavlja nemoten prometni tok krožečim vozilom. Vsako vozilo mora opraviti dve desni zavijanji, levih ni. Ker vozila pri uvozu v krožno križišče zavijajo desno, lahko to operacijo primerjamo z desnim zavijanjem v nesemaforiziranem križišču opremljenim z znakom *nimaš prednosti* (ali s stop znakom). Ko podrejeno vozilo uvozi v krožni tok, postane vozilo s prednostjo.

Klasični postopek določitve kapacitete temelji na določitvi porazdelitve časovnih praznin na glavni smeri in določitvi števila vozil s stranske smeri, ki se pripeljejo v času časovne praznine. Kapaciteta stranske smeri je prikazana v enačbi (6).

$$C = Q_C \int_0^{\infty} f(t)g(t)dt \quad (6)$$

Kjer je:

C - kapaciteta stranske smeri [voz/h];

Q_C - prometni tok na glavni smeri [voz/h];

$f(t)$ - verjetnostna funkcija časovne praznine t na glavni smeri;

$g(t)$ - funkcija števila vozil, ki se lahko pripeljejo v času časovne praznine t .

Enačbe za določitev kapacitete so odvisne od izbora funkcije za $f(t)$ in $g(t)$, ki pa so za različne, vnaprej določene razmere, prikazane v nadaljevanju s povzetkom članka »A universal procedure for capacity determination at unsignalized (priority-controlled) intersection« (Wu, 2001).

Prometni tok na glavni smeri: neodvisna vozila in skupina vozil

Za verjetnostno funkcijo časovne praznine $f(t)$ sta predpostavljena dve vrsti modeliranja prihodov vozil na glavni smeri.

a) Neodvisna (ang. *free*) vozila, kjer je predpostavljeno, da vozilo nima vpliva na vozilo, ki prihaja za njim. Verjetnostna funkcija časovne praznine med dvema voziloma je prikazana v enačbi (7). Časovna praznina je negativno eksponentno porazdeljena.

$$f(t) = Q_C \cdot e^{-Q_C \cdot t} \quad (7)$$

b) Skupina (ang. *bunched*) vozil, kjer je predpostavljeno, da je med dvema voziloma, ki se vozita eno za drugim, minimalna časovna praznina t_{min} . Časovna praznina je porazdeljena s premaknjeno negativno eksponentno funkcijo (8).

$$f(t) = \begin{cases} 0, & t < t_{min} \\ 1 - \varphi, & t = t_{min} \\ \varphi \cdot Q_f \cdot e^{-Q_f \cdot (t - t_{min})}, & t > t_{min} \end{cases} \quad (8)$$

Kjer je:

φ - delež neodvisnih vozil na glavni smeri;

Q_f - prometni tok neodvisnih vozil [voz/h].

$$Q_f = \frac{\varphi \cdot Q_c}{1 - Q_c \cdot t_{min}} \quad (9)$$

Delež neodvisnih vozil na glavni smeri je Tanner določil z enačbo (10), Jacobs pa z enačbo (11).

$$\varphi = 1 - Q_c \cdot t_{min} \quad (10)$$

$$\varphi = e^{-k \cdot Q_c} \quad (11)$$

Kjer je:

k - parameter v vrednosti med 4 in 9.

Prihod prometnega toka s stranske smeri

Za funkcijo števila vozil $g(t)$, ki se lahko pripeljejo v času časovne praznine t s stranske smeri in se vključijo na glavno smer, sta v uporabi dva modela z različnima predpostavkama.

a) Diskretni (ang. *discrete*) prihodi vozil, kjer je predpostavljeno, da se v glavni tok lahko vključi eno vozilo, če je $t_c \leq t < t_c + t_f$, oziroma dve vozili, če je $t_c + t_f \leq t < t_c + 2t_f$, oziroma tri vozila, če je $t_c + 2t_f \leq t < t_c + 3t_f$, itd. Funkcija $g(t)$ ima pri diskretnih prihodih prometnega toka s stranske smeri naslednjo obliko:

$$g(t) = \begin{cases} \int \left(\frac{t - t_c}{t_f} \right), & t \geq t_c \\ 0, & t < t_c \end{cases} \quad (12)$$

$$g'(t) = \begin{cases} 1, & t \geq t_c \\ 0, & t < t_c \end{cases} \quad (13)$$

Kjer je:

t_c - mejna časovna praznina [s];

t_f - časovna praznina sledenja [s].

b) Nprekinjeni (ang. *continuous*) prihodi vozil s funkcijo $g(t)$:

$$g(t) = \begin{cases} \frac{t - t_0}{t_f}, & t \geq t_0 \\ 0, & t < t_0 \end{cases} \quad (14)$$

$$g'(t) = \begin{cases} \frac{1}{t_f}, & t \geq t_0 \\ 0, & t < t_0 \end{cases} \quad (15)$$

$$t_0 = t_c - \frac{t_f}{2} \quad (16)$$

Kapaciteta v križišču dveh enosmernih cest

Če se vstavi enačbe (7) ali (8) ter (12) in (14) v enačbo (6), se dobi različne osnovne enačbe za določitev kapacitete.

a) Diskretni prihodi vozil pri neodvisnih vozilih na glavni smeri:

$$C_{free} = Q_c \cdot \frac{e^{-Q_c t_c}}{1 - e^{-Q_c t_f}} \quad (17)$$

b) Nprekinjeni prihodi vozil pri neodvisnih vozilih na glavni smeri:

$$C_{free} = \frac{1}{t_f} \cdot e^{-Q_c t_0} \quad (18)$$

c) Diskretni prihodi vozil pri skupini vozil na glavni smeri:

$$C_{bunch} = (1 - Q_c \cdot t_{min}) \cdot \frac{Q_f \cdot e^{-Q_f(t_c - t_{min})}}{1 - e^{-Q_f t_f}} \quad (19)$$

Če se v enačbi (9) upošteva enačbo (10), je rezultat $Q_f = Q_c$, kar se poleg enačbe (10) upošteva v enačbi (19):

$$C_{bunch} = \varphi \cdot \frac{Q_c \cdot e^{-Q_c(t_c - t_{min})}}{1 - e^{-Q_c t_f}} \quad (20)$$

d) Neprekinjeni prihodi vozil pri skupini vozil na glavni smeri:

$$C_{bunch} = \frac{1 - Q_C \cdot t_{min}}{t_f} \cdot e^{-Q_f \cdot (t_0 - t_{min})} \quad (21)$$

Porazdelitve t_c , t_f in t_{min}

Namesto da so v predhodnih enačbah upoštevane konstantne vrednosti za t_c , t_f in t_{min} , se lahko upošteva tudi distribucija teh časov. Predpostavi se, da so časi porazdeljeni z Erlangovo¹ verjetnostno funkcijo, ki je prikazana z enačbo (22).

$$f(t_x) = \frac{\lambda}{(\alpha_{t_x} - 1)!} \cdot (\lambda t_x)^{\alpha_{t_x} - 1} \cdot e^{-\lambda t_x} \quad (22)$$

$$\lambda = \frac{\alpha_{t_x}}{\overline{t_x}} \quad (23)$$

Kjer je:

$\overline{t_x}$ - srednja vrednosti t_x [s];

α_{t_x} - parameter Erlangove porazdelitvene funkcije.

Glede na obnašanje voznikov, ki prihajajo s stranske smeri, se ločijo:

- a) Nedosledni (ang. *inconsistent*) vozniki, pri katerih je predpostavljeno, da se vozniki vsakič znova, neodvisno od predhodne časovne praznine, ki so jo zavrnil, odločajo o sprejemljivi časovni praznini. To pomeni, da se lahko odloči tudi za krajšo časovno praznino, kot jo je predhodno že zavrnil.
- b) Dosledni (ang. *consistent*) vozniki, pri katerih je predpostavljeno, da sprejmejo samo časovne praznine, ki so večje, kot so jih predhodno že zavrnil.

V nadaljevanju so podane enačbe za določitev kapacitete v primeru skupine vozil na glavni smeri ločeno za diskretne in neprekinjene prihode vozil ter dosledno in nedosledno obnašanje voznikov vozil, ki prihajajo s stranske smeri.

¹ Agner Krarup Erlang (1878 - 1929), danski matematik, statistik in inženir, ki velja za utemeljitelja znanstvene vede o raziskovanju prometa telekomunikacijskih sistemih in teorije čakalnih vrst.

V primeru diskretnega prihoda vozil z upoštevanjem Erlangove porazdelitve t_c , t_f in t_{min} , pri čemer imajo minimalni časi τ_i vrednosti $\tau_{t_c} > \tau_{t_{min}}$, $\tau_{t_f} > 0$ in $\tau_{t_{min}} > 0$, velja enačba (24) za določitev kapacitete nedoslednega obnašanja voznikov, enačba (25) pa za dosledno obnašanje voznikov.

$$C_{bunch} = \varphi \cdot Q_C \cdot \frac{\left(\frac{Q_f \cdot (\bar{t}_c - \tau_{t_c})}{\alpha_{t_c}} + 1\right)^{-\alpha_{t_c}} \cdot e^{-Q_f \tau_{t_c}} \cdot \left(\frac{-Q_f \cdot (\bar{t}_{min} - \tau_{t_{min}})}{\alpha_{t_{min}}} + 1\right)^{-\alpha_{t_{min}}} \cdot e^{Q_f \tau_{t_{min}}}}{1 - \left(\frac{Q_f \cdot (\bar{t}_f - \tau_{t_f})}{\alpha_{t_f}} + 1\right)^{-\alpha_{t_f}} \cdot e^{-Q_f \tau_{t_f}}} \quad (24)$$

$$C_{bunch} = \varphi \cdot Q_C \cdot \frac{\left(\frac{-Q_f \cdot (\bar{t}_c - \tau_{t_c})}{\alpha_{t_c}} + 1\right)^{\alpha_{t_c}} \cdot e^{-Q_f \tau_{t_c}} \cdot \left(\frac{Q_f \cdot (\bar{t}_{min} - \tau_{t_{min}})}{\alpha_{t_{min}}} + 1\right)^{\alpha_{t_{min}}} \cdot e^{Q_f \tau_{t_{min}}}}{1 - \left(\frac{Q_f \cdot (\bar{t}_f - \tau_{t_f})}{\alpha_{t_f}} + 1\right)^{-\alpha_{t_f}} \cdot e^{-Q_f \tau_{t_f}}} \quad (25)$$

V primeru neprekinjenega prihoda vozil z upoštevanjem Erlangove porazdelitve t_0 in t_{min} ter poljubne porazdelitve t_f velja enačba (26) za določitev kapacitete nedoslednega obnašanja voznikov, enačba (27) pa za dosledno obnašanje voznikov.

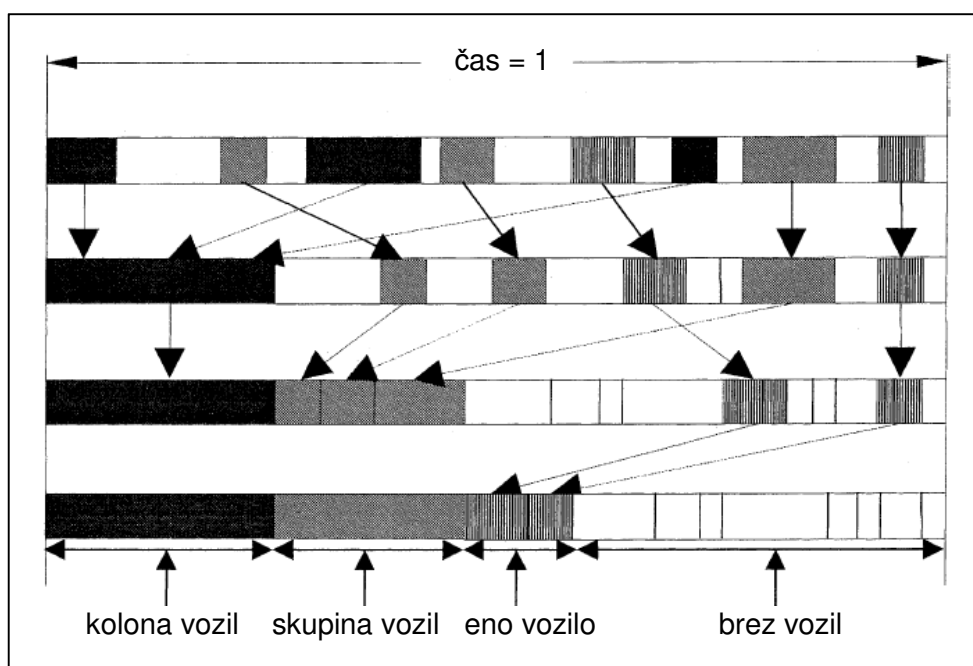
$$C_{bunch} = (1 - Q_C \cdot \bar{t}_{min}) \cdot \frac{1}{t_f} \cdot \left(\frac{Q_f \cdot (\bar{t}_0 - \tau_{t_0})}{\alpha_{t_0}} + 1\right)^{-\alpha_{t_0}} \cdot e^{-Q_f \tau_{t_0}} \cdot \left(\frac{-Q_f \cdot (\bar{t}_{min} - \tau_{t_{min}})}{\alpha_{t_{min}}} + 1\right)^{-\alpha_{t_{min}}} \cdot e^{Q_f \tau_{t_{min}}} \quad (26)$$

$$C_{bunch} = (1 - Q_C \cdot \bar{t}_{min}) \cdot \frac{1}{t_f} \cdot \left(\frac{-Q_f \cdot (\bar{t}_0 - \tau_{t_0})}{\alpha_{t_0}} + 1\right)^{\alpha_{t_0}} \cdot e^{-Q_f \tau_{t_0}} \cdot \left(\frac{Q_f \cdot (\bar{t}_{min} - \tau_{t_{min}})}{\alpha_{t_{min}}} + 1\right)^{\alpha_{t_0}} \cdot e^{Q_f \tau_{t_{min}}} \quad (27)$$

Določitev kapacitete glede na stanje prometa na glavni smeri

a) Neprekinjeni prihodi vozil s stranske smeri

Stanje prometa na glavni cesti se lahko razdeli na štiri skupine: kolona vozil, skupina vozil, eno vozilo in brez vozil. Posamezne manjše čase, ko je na primer na glavni smeri prisotna kolona vozil, se lahko sešteje v eno večjo časovno obdobje, kot je prikazano na sliki 2.5. Enako se lahko stori za stanje skupine vozil in eno vozilo. Promet na glavni smeri se s pomočjo treh faz razdeli v različna stanja.



Slika 2.5: Prometna stanja na glavni smeri (Wu, 2001: str. 607)

Figure 2.5: States within the major stream (Wu, 2001: p. 607)

1. faza: prometni tok na glavni smeri se razdeli v dve stanji, ki se med seboj izključujeta, in sicer: STANJE S KOLONO IN STANJE BREZ KOLONE.

V primeru stanja kolone na glavni smeri uvoz s stranske smeri ni možen. V stanju brez kolone so vsa vozila na glavni smeri v gibanju. V tem stanju je uvoz s stranske smeri možen, vendar je odvisen od gostote prometa na glavni smeri.

Verjetnost za stanje s kolono na glavni smeri se označi s p_S .

$$p_S = P(\text{kolona}) \quad (28)$$

Verjetnost za stanje brez kolone je prikazana v enačbi (29).

$$p_{0,S} = P(\text{brez kolone}) = 1 - p_S \quad (29)$$

Verjetnost za stanje brez vozil se lahko izrazi s stopnjo zasičenosti x_p .

$$p_{0,S} = 1 - p_S = 1 - x_p \quad (30)$$

2. faza: prometni tok na glavni smeri pri stanju brez kolone se razdeli v dve podstanji, ki se med seboj izključujeta, in sicer: STANJE S SKUPINO VOZIL IN STANJE BREZ SKUPINE VOZIL PRI STANJU BREZ KOLONE VOZIL.

V stanju skupine vozil na glavni smeri so vozila v gibanju z minimalno časovno praznino t_{min} med vozili in uvoz s stranske smeri ni možen. V stanju brez skupine vozil so časovne praznine med vozili večje kot t_{min} in so porazdeljene po naključju, uvoz s stranske smeri je možen, ampak je odvisen od gostote prometa v tem stanju na glavni smeri.

Verjetnost za stanje skupine vozil pri stanju brez kolone vozil se označi s p_B .

$$p_B = P(\text{skupina|brez kolone}) \quad (31)$$

Verjetnost za stanje brez skupine pri stanju brez kolone vozil je prikazana v enačbi (32).

$$p_{0,B} = P(\text{brez skupine|brez kolone}) = 1 - p_B \quad (32)$$

Lahko se predpostavi, da je skupina vozil v gibanju v prometu na glavni smeri neodvisna od zasičenja v koloni, saj skupina vozil med praznjenjem kolone spada pod kolono in ne pod skupino. Za to se lahko napiše enačbo (33).

$$P(\text{brez skupine|brez kolone}) = P(\text{brez skupine}) \quad (33)$$

Verjetnost za stanje skupine vozil p_B je potem vsota časov t_{min} za vsa vozila.

$$p_B = \sum_{i=1}^{Q_C} t_{min_i} = Q_C \cdot \overline{t_{min}} \quad (34)$$

Verjetnost za stanje brez skupine pri stanju brez kolone vozil z upoštevanjem enačbe (34) je prikazana v enačbi (35).

$$p_{0,B} = 1 - Q_C \cdot \overline{t_{min}} \quad (35)$$

3. faza: prometni tok na glavni smeri pri stanju brez skupine pri stanju brez kolone vozil se razdeli v dve podstanji, ki se med seboj izključujeta, in sicer: STANJE Z ENIM VOZILOM IN STANJE BREZ VOZIL PRI STANJU BREZ SKUPINE VOZIL PRI STANJU BREZ KOLONE VOZIL.

V stanju z enim vozilom na glavni smeri se vozila gibajo neodvisno en od drugega. Uvoz s stranske smeri v primeru stanja z enim vozilom ni možen. V stanju brez vozil na glavni smeri ni vozil.

Verjetnost za stanje z enim vozilom pri stanju brez skupine vozil pri stanju brez kolone vozil se označi s p_F .

$$p_F = P[\text{eno vozilo} | (\text{brez skupine} | \text{brez kolone})] \quad (36)$$

Verjetnost za stanje brez vozil pri stanju brez skupine vozil pri stanju brez kolone vozil je prikazana v enačbi (37). Verjetnost $p_{0,F}$ je odvisna od prometnega toka neodvisnih vozil Q_f , kar je identično kot verjetnost, da je časovna praznina t na glavni smeri večja kot t_0 pod pogojem, da je časovna praznina t večja kot t_{min} (38).

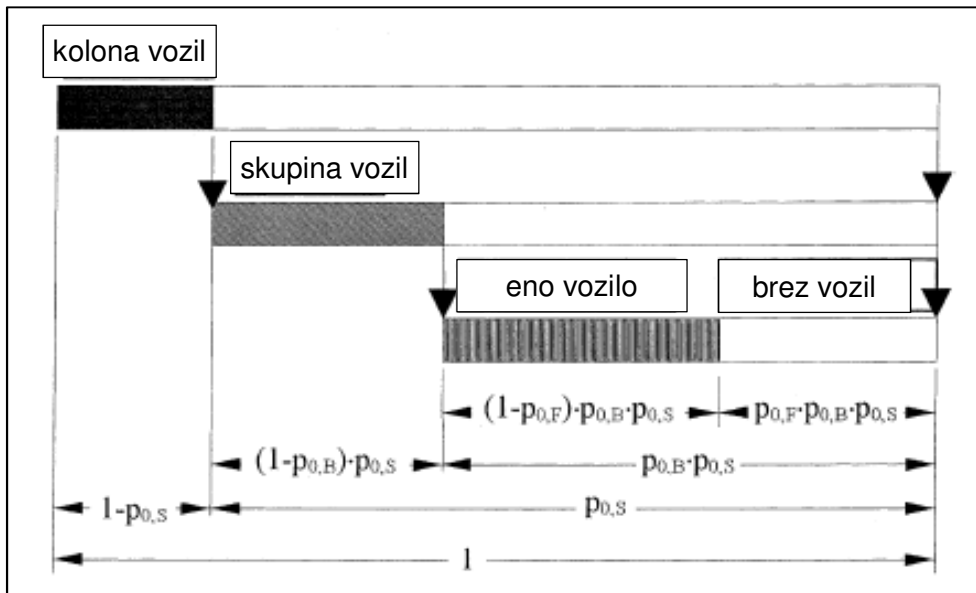
$$p_{0,F} = P[\text{brez vozil} | (\text{brez skupine} | \text{brez kolone})] = 1 - p_F \quad (37)$$

$$p_{0,F} = P(t > t_0 | t > t_{min}) = \frac{P(t > t_0)}{P(t > t_{min})} \quad (38)$$

V primeru neprekinjenega prihoda vozil z upoštevanjem eksponentne porazdelitve časovnih praznin na glavni smeri se enačba (38) lahko zapiše z enačbo (39).

$$p_{0,F} = \frac{e^{-Q_f \cdot (t_0 - t_{min})}}{1} = e^{-Q_f \cdot (t_0 - t_{min})} \quad (39)$$

Verjetnosti posameznih stanj $p_{0,S}$, $p_{0,B}$ in $p_{0,F}$ so med seboj, glede na definicijo posameznih stanj, neodvisne.



Slika 2.6: Posamezna prometna stanja na glavni smeri ter njihova verjetnost (Wu, 2001: str. 608)

Figure 2.6: States in the major stream and their probabilities (Wu, 2001: p. 608)

Enačba za določitev kapacitete na stranski smeri je prikazana v enačbi (40).

$$\begin{aligned}
 C &= (\text{kapaciteta zasičenja|brez ovir}) * P(\text{brez ovir pri koloni}) \\
 &* P(\text{brez ovir pri skupini|brez ovir pri koloni}) \\
 &* P[\text{brez ovir pri enem vozilu} | (\text{brez ovir pri skupini} | \text{brez ovir pri koloni})] \\
 &= P[\text{brez vozil} | (\text{brez skupine} | \text{brez kolone})] \\
 &= C_s \cdot p_{0,S} \cdot p_{0,B} \cdot p_{0,F}
 \end{aligned} \quad (40)$$

Kjer je:

C_s - kapaciteta pri stopnji zasičenja oziroma kapaciteta pri stanju brez vozil [voz/h].

Kapaciteta na stranski smeri pri stanju brez vozil na glavni smeri je recipročna srednji vrednosti časa serviranja v koloni, kar je enako srednji vrednosti času sledenja t_f .

$$C_s = \frac{1}{\bar{t}_f} \quad (41)$$

Z upoštevanjem enačb (30), (35), (39) in (41), se enačba (40) lahko zapiše z enačbo (42).

$$C = \frac{1}{\bar{t}_f} \cdot (1 - x_p) \cdot (1 - Q_C \cdot \overline{t_{min}}) \cdot e^{-Q_f \cdot (t_0 - t_{min})} \quad (42)$$

b) Diskretni prihodi vozil s stranske smeri

Analogno kot za neprekinjene prihode vozil s stranske smeri se lahko zapiše enačba za kapaciteto tudi za diskretne prihode vozil.

$$C = C_s \cdot (1 - x_p) \cdot (1 - Q_C \cdot \overline{t_{min}}) \cdot \frac{P(t > t_c)}{P(t > t_{min})} \quad (43)$$

Pri konstantnih vrednostih t_c , t_f in t_{min} je C_s izražen z enačbo (44).

$$C_s = \frac{Q_f}{1 - e^{-Q_f \cdot t_f}} \quad (44)$$

Enačba za določitev kapacitete je prikazana v enačbi (45)

$$C = (1 - x_p) \cdot (1 - Q_C \cdot \overline{t_{min}}) \cdot \frac{Q_f \cdot e^{-Q_f \cdot (t_c - t_{min})}}{1 - e^{-Q_f \cdot t_f}} \quad (45)$$

Kapaciteta v križišču z več kot enim glavnim prometnim tokom

Z enakim principom, kot za stanje prometa na glavni smeri v primeru enega prometnega toka na glavni smeri, se določijo verjetnosti posameznih stanj v prometu na glavni smeri ter kapaciteta stranske smeri tudi za večpasovno cesto oziroma prometni tok.

S pomočjo te teorije je izpeljana tudi univerzalna enačba za določitev kapacitete večpasovnega krožnega križišča (46). Enačba je vključena v nemškem Capacity Highway Manual oziroma Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS, 2001).

HBS 2001

Osnova za model, ki temelji na metodi sprejemljivih časovnih praznin, je Tannerjeva enačba, ki jo je Wu prilagodil za izračun kapacitete za krožna križišča (Brilon, 2011). Enačba se imenuje tudi Brilonova enačba oziroma Brilonov model.

$$C_E = 3600 \cdot \left(1 - \frac{t_{min} \cdot Q_R}{n_c \cdot 3600}\right)^{n_c} \cdot \frac{n_e}{t_f} \cdot e^{-\frac{Q_R}{3600} \cdot \left(t_c - \frac{t_f}{2} - t_{min}\right)} \quad (46)$$

Kjer je:

- C_E - kapaciteta uvoza [EOV/h];
- Q_R - obremenitev v krožnem vozišču [EOV/h];
- n_c - število vozniških pasov v krožnem križišču [-];
- n_e - število pasov na uvozu [-];
- t_c - mejna časovna praznina [s];
- t_f - časovna praznina sledenja [s];
- t_{min} - minimalna časovna praznina med vozili v krožnem toku [s].

HCM

HCM je kratica za Highway Capacity Manual; to je priročnik, ki ga je izdal Transportation Research Board (TRB) iz ZDA. HCM vsebuje koncepte, smernice in računske postopke za izračun kapacitete in nivoja uslug prometnic, vključno s krožnimi križišči. Od leta 1950 do 2010 je izšlo pet izdaj. Enačba (47) prikazuje izračun kapacitete iz HCM 2000 (HCM, 2000).

$$C_E = \frac{Q_R \cdot e^{-\frac{Q_R}{3600} t_c}}{1 - e^{-\frac{Q_R}{3600} t_f}} \quad (47)$$

Kjer je:

- C_E - kapaciteta uvoza [voz/h];
- Q_R - obremenitev v krožnem vozišču [voz/h];
- t_c - mejna časovna praznina [s];
- t_f - časovna praznina sledenja [s].

V HCM 2010 (Akçelik, 2011) je predstavljena nova metodologija za izračun kapacitete krožnega križišča (48). Kapaciteta uvoza v obliki eksponentne funkcije v odvisnosti od mejnih

časovnih praznin je prilagojena za tovorna vozila in je izražena v ekvivalentu osebnih vozil na uro, in sicer za enopasovna in dvopasovna krožna križišča.

$$C_E = f_{HVe} \cdot A \cdot e^{-B \cdot Q_R} \quad (48)$$

$$A = \frac{3600}{t_f} \quad (49)$$

$$B = \frac{t_c - 0,5 \cdot t_f}{3600} \quad (50)$$

Kjer je:

- C_E - kapaciteta uvoza [EOV/h];
- Q_R - obremenitev v krožnem vozišču [EOV/h];
- f_{HVe} - faktor za težka vozila na uvozu [-];
- A in B - faktorja odvisna od časovne praznine [-];
- t_c - mejna časovna praznina [s];
- t_f - časovna praznina sledenja [s].

V primeru krožnega križišča z enim pasom ter enim ali več pasov na uvozu, znaša faktor $A = 1130$ ter faktor $B = 0,001$. V primeru več pasov v krožnem križišču ter enim pasom na uvozu znaša $A = 1130$ ter $B = 0,0007$, če pa je na uvozu več pasov, ostajajo vrednosti za A in B enake za desni pas, za levi pas pa se spremeni B in znaša $0,00075$.

2.2 Programska orodja za določitev kapacitete

Programsko opremo se lahko razdeli na dva tipa (Stanek in Milam, 2005):

- makroskopski modeli (SIDRA, RODEL, SYNCHRO),
- mikroskopski modeli (VISSIM, Paramics, SimTraffic).

Makroskopski modeli agregirajo vozila in sama potovanja po skupinah, prometni tok se replicira kot statični model, rezultat pa se predstavi kot povprečje v določenem času. Koncentrirajo se na same cestne povezave (linke), križišča pa se v modelu poenostavljajo. Najpogosteje se uporabljajo za primerjavo različnih scenarijev prostorskega razvoja (urbanizacije), analizo ukrepov prometne politike in učinkov prometnih rešitev. Z njimi se vršijo tudi napovedi pričakovanih prometnih obremenitev za potrebe dimenzioniranja cestnega omrežja (Tollazzi, Toplak in Jovanović, 2006).

Mikroskopski modeli modelirajo posebej vsako individualno vozilo, pešca in kolesarja z realnimi karakteristikami (dimenzije, pospešek, pojemek, hitrost gibanja). Modeli predstavljajo inženirski pripomoček, ki je osredotočen na sama križišča (zelo detajlna obdelava geometrije) in se uporablja za analizo koničnih prometnih tokov v krajšem planskem obdobju (Tollazzi, Toplak in Jovanović, 2006).

Programsko opremo glede na način izračuna kapacitete krožnega križišča lahko delimo v dve skupini (McCulloch, 2008):

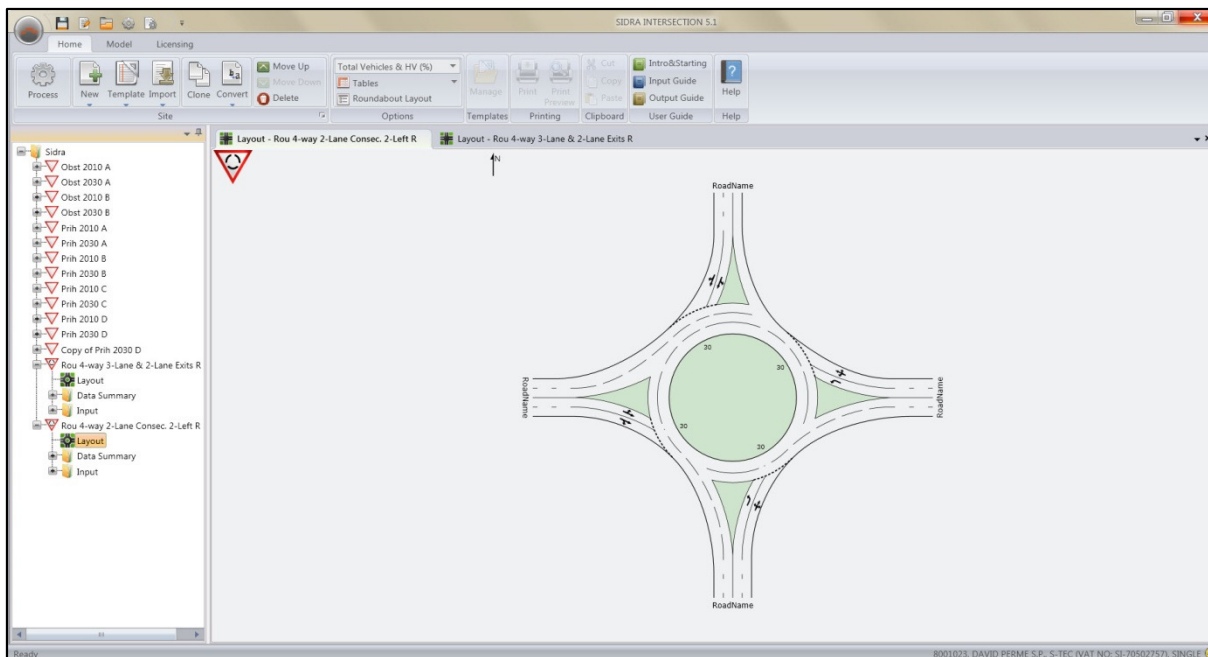
- programska oprema, ki temelji na teoriji časovnih praznin (SIDRA, SYNCHRO/SimTraffic, VISSIM, Paramics),
- programska oprema, ki temelji na empiričnih enačbah (RODEL).

Opis posameznih programskih orodij je podan v nadaljevanju.

SIDRA

Programski paket SIDRA INTERSECTION (Signalised & Unsignalised Intersection Design and Research Aid) je napredno analitično programsko orodje in se uporablja za dimenzioniranje nesemaforiziranih, semaforiziranih in krožnih križišč ter priključkov. Program so razvili pri avstralskem podjetju Akçelik & Associates Pty Ltd iz Melbourne (SIDRA, 2012).

Osnovni računski model je zasnovan na metodologiji HCM (HCM 2010 je vključen v različico SIDRA INTERSECTION 5.1). Sidra uporablja analitične prometne modele skupaj z metodo iterativne aproksimacije za določitev ocene kapacitet, zamud, dolžine kolon, stroškov uporabnikov, porabe goriva ...



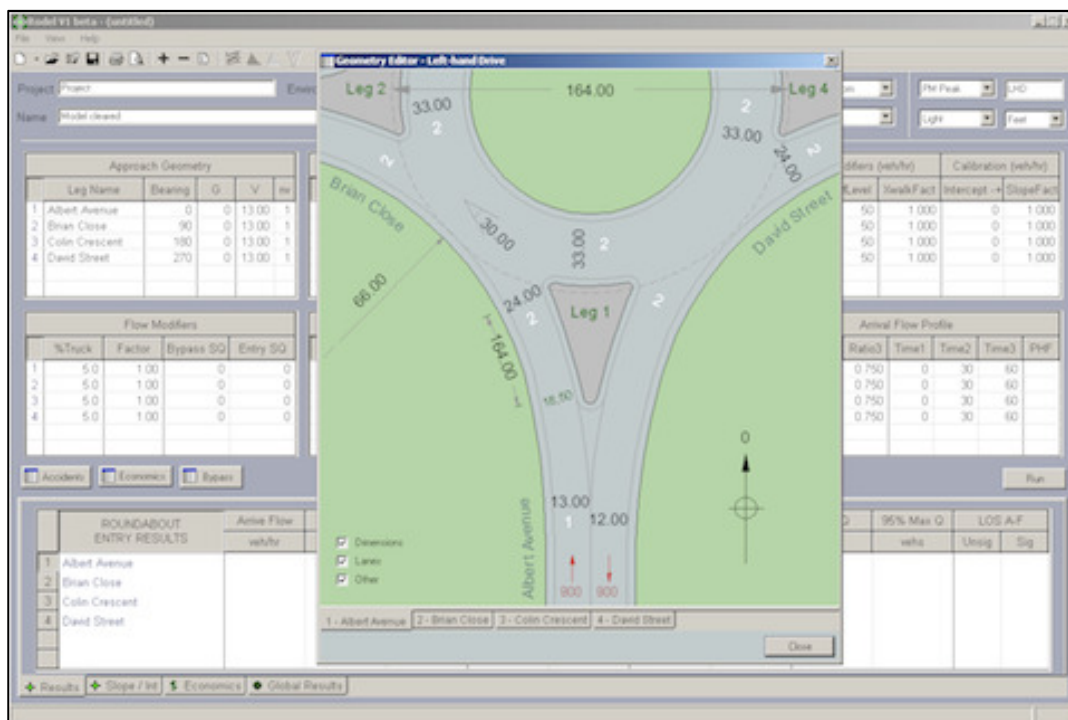
Slika 2.7: Delovno okno v programu SIDRA INTERSECTION

Figure 2.7: The SIDRA INTERSECTION working display

RODEL

RODEL (2012) je empirično programsko orodje za izračun kapacitete izključno za krožna križišča. Razvil ga je Barry Crown iz Transport Research Laboratory (TRL) iz Velike Britanije in temelji na uporabi Kimberjeve² enačbe za izračun kapacitete, ki je odvisna od geometrije krožnega križišča. Kapaciteta se računa za uvoz in ne za vsak uvozni pas posebej.

² Profesor Rod Kimber, vodja oddelka za načrtovanje križišč pri TRL iz Velike Britanije, je v letih 1974 do 1980 izvedel terensko raziskavo na 86 krožnih križiščih, s katerimi je bil pokrit celoten spekter geometrijskih in prometnih razmer. V obsežnem dokumentu z naslovom *The Traffic Capacity of Roundabouts*, ki vključuje ugotovitve teh študij je opisanih 6 neodvisnih geometrijskih parametrov, ki vplivajo na kapaciteto krožnega križišča in vrsto enačb z uporabo teh parametrov, ki se lahko uporabljajo za določitev kapacitete krožnega križišča.



Slika 2.8: Delovno okno programskega orodja RODEL (RODEL, 2012)

Figure 2.8: The RODEL working display (RODEL, 2012)

SYNCHRO/SIMTRAFFIC

Synchro in SimTraffic sta programski orodji, ki ju je razvil Traffiwawe iz ZDA. Synchro je namenjen za makroskopsko analizo prometa. Določitev kapacitete izvaja po metodi ICU³ 2003, verzija 8 pa podpira tudi HCM 2010. SimTraffic pa je orodje za mikrosimulacijo in animacijo prometa (Traffiwawe, 2012).

VISSIM

VISSIM (Verkehr In Städten SIMulation) je modul v okviru programskega okolja PTV VISION. Je stohastični, diskreten ter časovno orientiran mikroskopski simulacijski model. Uporablja psiho-fizične karakteristike, t.i. »car following«, modela za longitudinalna gibanja vozil in algoritme, ki bazirajo na pravilih vožnje za vozila, ki se vključujejo s stranskih smeri. Matematični model je koncipiran na ideji, ki izhaja iz teorije Wiedemanna, da se lahko vsak voznik znajde v eni izmed naslednjih situacij (Tollazzi, Toplak in Jovanović, 2006):

- vožnja v prostem prometnem toku (brez vpliva ostalih vozil),

³ The Intersection Capacity Utilization (ICU) je orodje za določitev kapacitete in je kompatibilen s HCM. Zadnja verzija je v knjigi leta 2003 izdal Traffiwawe.

- dohodna vožnja (proces prilagajanja hitrosti vozilu, ki vozi pred vozilom),
- zasledovalna vožnja (voznik ohranja konstantno razdaljo do vozila pred njim brez pospeševanja ali zaviranja),
- zaviranje (aplicira se, ko varnostna oddaljenost pade pod spodnjo mejo).

Značilno za programski paket VISSIM je, da ne uporablja konvencionalnega načina link/node modularnega sistema, temveč link/connector sistem, ki omogoča modeliranje zelo kompleksnih geometrij (Tollazzi, Toplak in Jovanović, 2006).

Omrežje je sestavljeno iz dveh osnovnih elementov: odsekov (*link*) in povezav med njimi (*connector*). Vozlišč (razen za potrebe dinamičnega obremenjevanja) VISSIM ne uporablja. Geometrijo cest se oblikuje s pomočjo vmesnih točk.

VISSIM ponuja možnost statičnega in dinamičnega obremenjevanja. Pri statičnem obremenjevanju obstajata dva načina vnosa zavijalcev. Klasično se vnaša zavijalce v križiščih, novejša pa je vnašanje po odsekih, kjer je bolj realno (neodvisno) obnašanje vozil. Dinamično obremenjevanje poteka po učni metodi preteklih iteracij. Vse poti s pripadajočimi stroški se zapišejo za vsako iteracijo, kar vozniki upoštevajo v naslednji. To vodi k prerazporejanju prometa v nasičenih razmerah, kar pripomore k boljši izkoriščenosti omrežja in večji realnosti rezultatov (Pretnar, 2004).



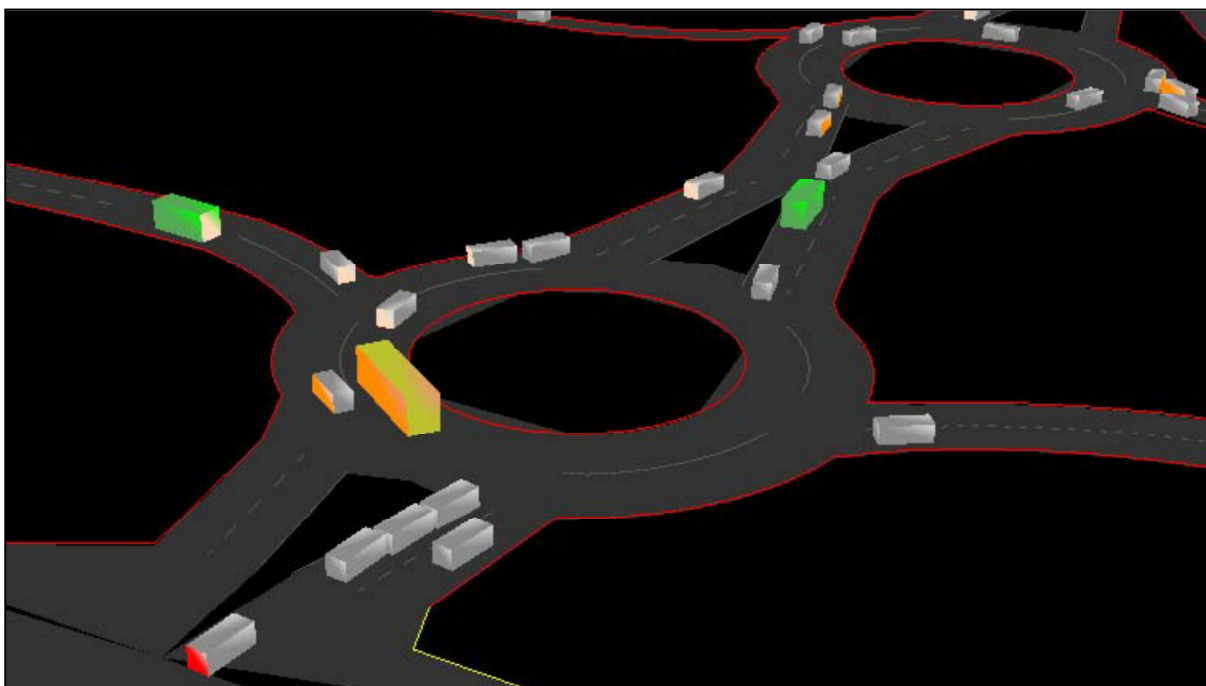
Slika 2.9: 3D pogled v programskem orodju VISSIM

Figure 2.9: The VISSIM 3D view

PARAMICS

Paramics (PARAllell computer MICroscopic Simulation) je programsko orodje za mikrosimulacijo, ki jo pod enakim imenom tržita dve podjetji, ki sta nastali z združitvijo podjetja, ki je razvilo prvo različico. Podjetje SIAS je prometno inženirsko podjetje, ki trži program na področju Velike Britanije, Quadstone trži Paramics v ZDA in na Japonskem (Pretnar, 2004).

Paramics je stohastično mikroskopsko orodje za analizo prometa. Omrežje je sestavljeno iz vozlišč (*node*) in povezav med njimi (*link*). Poleg dinamičnega obremenjevanja ponuja Paramics tudi enostavno metodo obremenjevanja vse-ali-nič, ki je primerno, če ni alternativnih poti med dvema točkama. Dinamično obremenjevanje poteka na podlagi trenutnega stanja na omrežju (Pretnar, 2004).



Slika 2.10: 3D pogled v programskem orodju Paramics (Stanek in Milam, 2005)

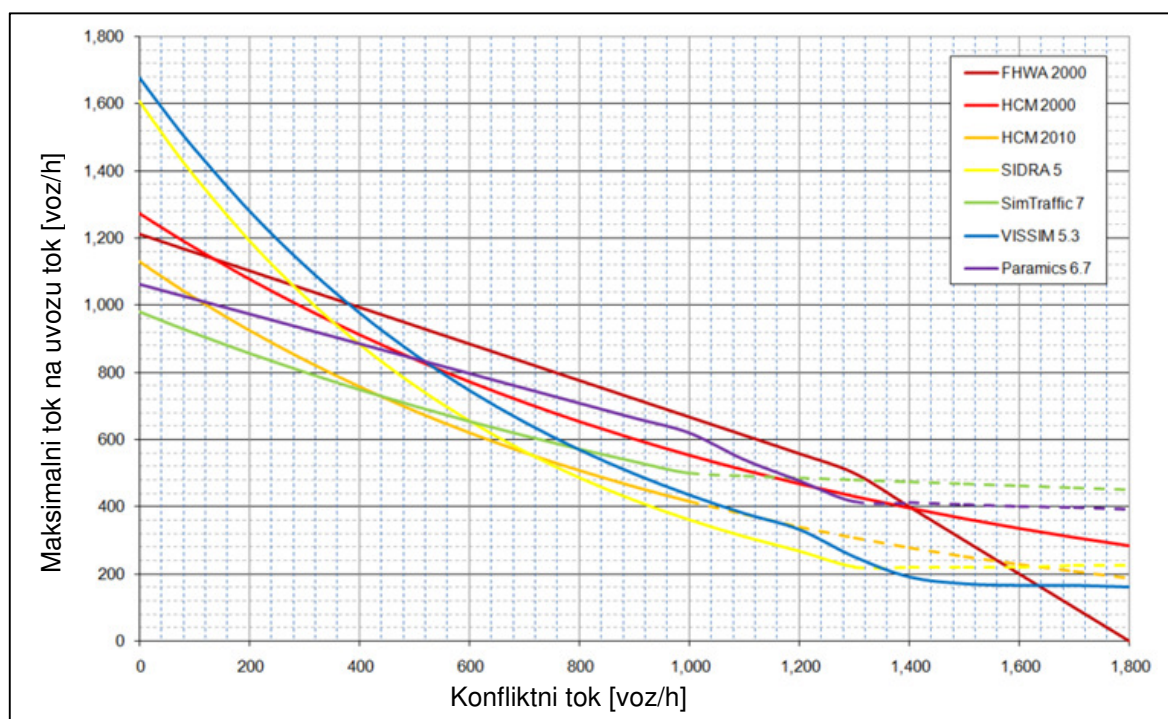
Figure 2.10: The Paramics 3D view (Stanek and Milam, 2005)

2.3 Primerjava različnih izračunov kapacitete krožnih križišč

V literaturi je možno poiskati veliko primerjav izračuna kapacitete krožnih križišč. Nekatere primerjave se nanašajo na različne metode izračuna, druge na primerjavo med različnimi

vrstami križišč. Tako različnih oblik krožnih križišč, kot primerjava krožnih križišč z ostalimi vrstami in oblikami križišč.

Ameriški raziskovalec Stanek je za enopasovno krožno križišče primerjal sedem različnih metod izračuna kapacitete, in sicer: FHWA 2000⁴, HCM 2000, HCM 2010, SIDRA 5, SimTraffic 7, VISSIM 5.3, Paramics 6.7. Rezultat primerjave je prikazan na sliki 2.11, kjer se razbere, da posamezne metode izračuna dajejo različne vrednosti kapacitete pri enakem konfliktnem prometnem toku. Pri določeni vrednosti prometnega toka je pri nekaterih metodah namreč zagotovljena ustrezna zmogljivost enega voznega pasu, pri drugih pa bi bilo potrebno zaradi premajhne kapacitetne zmogljivosti zagotoviti dodatni vozni pas. Pri drugi vrednosti prometnega toka je stanje lahko ravno obratno.



Slika 2.11: Diagram kapacitete enopasovnega krožnega križišča za različne metode izračuna (Stanek, 2011: str. 8)

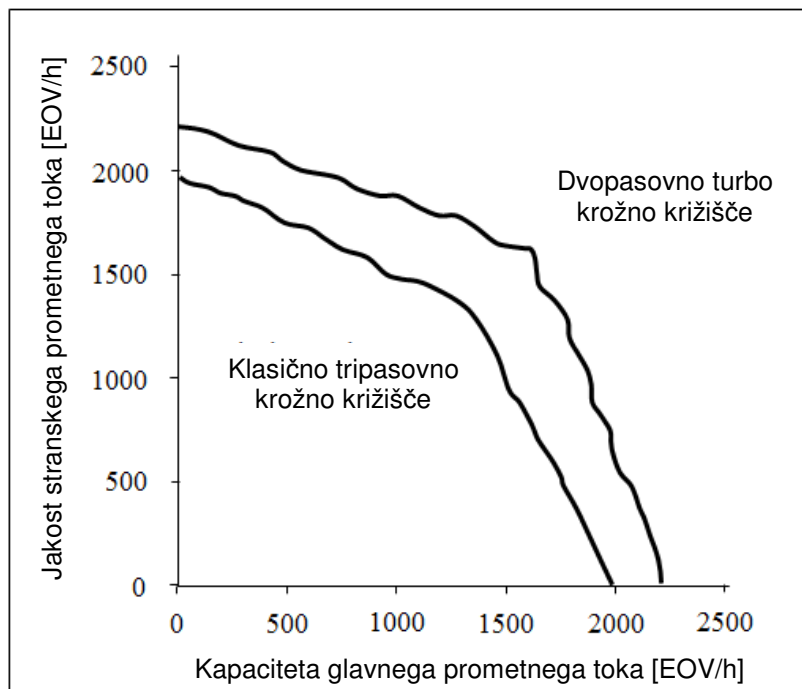
Figure 2.11: The single line roundabout capacity for different methods (Stanek, 2011: p. 8)

V literaturi so bili objavljeni tudi rezultati uporabe mikrosimulacijskih metod za izračun kapacitete turbo krožnih križišč. Avtor Tollazzi s sodelavci (Tollazzi, Toplak in Jovanović, 2006) v članku povzema, da sta Yperman in Immers (2003) v svojem prispevku predstavila mikrosimulacijo turbo krožnega križišča z uporabo mikroskopskega simulacijskega orodja

⁴ Enačba je zapisana v priložniku *Roundabouts: An Informational Guide*. Razvil jo je TRL.

Paramics. Predmet obravnave je bilo običajno tropasovno krožno križišče. Prva simulacija je izvedena s simulacijskimi parametri standardnih vrednosti, ki jih ponuja Paramics. Naslednja simulacija je upoštevala prilagojene simulacijske parametre z namenom boljšega približevanja rezultatom po Bovyjevi enačbi. Prilagajanje vrednosti parametrov je nadaljevano do trenutka, ko se je v modelu kapaciteta na uvozih približala kapaciteti izračunani z Bovyjevo enačbo.

Obravnavano je bilo tudi dvopasovno turbo krožno križišče. V enakem simulacijskem modelu so uporabljeni enaki konstrukcijski elementi krožnega križišča, enaka pravila prednosti, enake vrste vozil in lastnosti voznikov ter enaki simulacijski parametri.



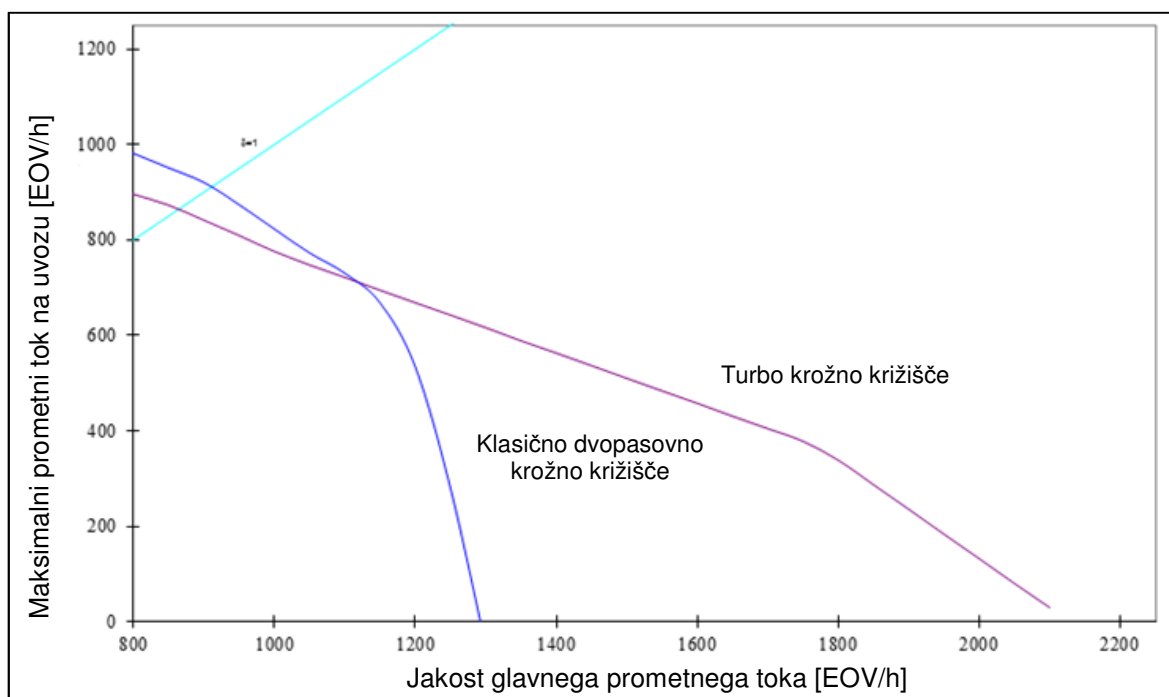
Slika 2.12: Primerjava kapacitete klasičnega in turbo krožnega križišča z mikrosimulacijo (Yperman in Immers, 2003: str. 7)

Figure 2.12: The comparison of capacity determination by microsimulation for the classic and turbo roundabout (Yperman and Immers, 2003: p. 7)

V obravnavanem primeru se je izkazalo (slika 2.12), da kapaciteta celotnega dvopasovnega turbo krožnega križišča presega kapaciteto celotnega klasičnega tropasovnega krožnega križišča za 12% v primeru, ko je intenziteta stranskih prometnih tokov od 0 do 20 % vrednosti glavnih prometnih tokov. Razlika še dodatno naraste v korist turbo krožnega križišča v primeru, ko je intenziteta prometnih tokov na vseh uvozih podobna. Pri običajnem krožnem

križišču se v takih primerih kapaciteta poveča za 35%, pri turbo krožnem križišču celo do 45% (Tollazzi, Toplak in Jovanović, 2006).

Avtor Tollazzi s sodelavci v svojem članku (Tollazzi, Toplak in Jovanović, 2006) opisuje tudi eksperimentalni model, ki so ga na podlagi modificirane Bovyjeve enačbe razvili v pokrajini Južna Nizozemska z namenom približnega izračuna prepustnosti alternativnih oblik krožnih križišč. Eksperimentalni modeli so bili izvedeni na preizkusnih poligonih, ločeno od javnega prometa. Kot sestavni del eksperimenta je bila izvedena primerjava med turbo krožnim križiščem in klasičnim dvopasovnim krožnim križiščem z enopasovnimi izvozi. Rezultat je prikazan na sliki 2.13.



Slika 2.13: Primerjava kapacitete običajnega dvopasovnega in eksperimentalnega turbo krožnega križišča (Fortuijn in Carton, 2000: str. 7)

Figure 2.13: The comparison of capacity of the classic two-lane and turbo roundabout (Fortuijn and Carton, 2000: p. 7)

Primerjava je pokazala, da je s stališča prepustne sposobnosti turbo krožno križišče največkrat v prednosti, za kar sta najverjetnejša dva razloga (Fortuijn in Carton, 2000):

- vožnja po notranjem pasu v krožnem križišču postane bolj atraktivna, ker zaradi fizične ločenosti prometnih tokov ni več potrebe po menjavi pasov pri izvozu iz krožnega krožišča,

- uvozni prometni tok ni več omahljiv, saj voznik na uvozu opazuje vozila samo na enem krožnem pasu, s čimer se poveča prepustnost uvozov.

2.4 Dosedanje raziskave kapacitete z upoštevanjem izvoznega toka v krožnih križiščih

Modeli, ki temeljijo na teoriji sprejemljivih časovnih praznin, ne upoštevajo izvoznega prometnega toka, temveč kot konfliktni tok upoštevajo samo krožni prometni tok, ki je v krožnem križišču pred uvozom v križišče.

Hagring je v svoji študiji »Derivation of Capacity Equation for Roundabout Entry with Mixed and Circulating and Exiting Flows« 2001 že pokazal, da imajo izvozna vozila iz krožnega toka vpliv na kapaciteto uvoza. Ugotovil je, da na kapaciteto uvoza vplivajo voznikove zmogljivosti zaznavanja izvoznih vozil ter s simulacijo prometa pokazal, da kapaciteta narašča s povečevanjem deleža izvoznih vozil pri konstantnem glavnem prometnem toku. Poleg Hagringa je tudi Troutbeck v svojem prispevku »Does Gap Acceptance Theory Adequately Predict the Capacity of a Roundabout«, iz leta 1985, ugotovil, da poleg deleža izvoznega toka na glavni smeri vplivata na kapaciteto uvoza tudi geometrija na uvozu ter hitrost vozil na glavni smeri (Mereszczak in sod., 2005).

Fortuijn je v svojem prispevku »Turbo Roundabouts, Estimation of Capacity« 2009 tudi opozoril, da dejansko v literaturi ni modela sprejemljivih časovnih praznin, ki bi pri računu kapacitete v krožnem križišču upošteval psevdokonflikt – torej vpliv izvoznega toka v krožnem križišču na voznika, ki uvaža v krožno križišče. V enačbi (51) za določitev kapacitete je h krožnemu prometnemu toku dodal delež izvoznega toka (52) .

$$C_E = 3600 \cdot \frac{\alpha \cdot Q_C \cdot e^{\lambda_C \cdot (t_c - t_{min})}}{1 - e^{\lambda_C \cdot t_f}} \quad (51)$$

$$Q_C = Q_R + d \cdot Q_S \quad (52)$$

$$\lambda_C = \frac{\alpha \cdot Q_C}{1 - Q_C \cdot t_{min}} \quad (53)$$

$$\alpha = 1 - Q_R \cdot t_{min} \quad (54)$$

Kjer je:

C_E - kapaciteta uvoza [voz/h];

- Q_C - jakost konfliktnega prometnega toka [voz/h];
- Q_R - jakost krožnega prometnega toka [voz/h];
- Q_S - jakost prometnega toka na izvozu [voz/h];
- d - delež prometnega toka na izvozu;
- t_c - mejna časovna praznina [s];
- t_f - časovna praznina sledenja [s];
- t_{min} - minimalna časovna praznina med vozili v krožnem toku [s].

Na osnovi meritev je določena vrednost deleža prometnega toka na izvozu pri širini otoka 2,5 m med uvozom v krožno križišče in izvozom iz krožnega križišča in znaša med 0,2 in 0,5. Vrednost d pa se z večanjem širine otoka zmanjšuje proti vrednosti 0 (Fortuijn, 2009).

3 IZPELJAVA ENAČBE ZA IZRAČUN KAPACITETE Z UPOŠTEVANJEM IZVOZNEGA TOKA PRI KROŽNIH KRIŽIŠČIH

V prejšnjem poglavju so prikazani modeli za izračun kapacitete krožnih križišč. Razbere se, da se pri vseh modelih za izračun kapacitete upošteva konfliktni tok, razlika v modelih pa je v različni definiciji konfliktnega toka. Pri modelih sprejemljivih časovnih praznin predstavlja konfliktni tok krožeči prometni tok, torej samo tisti, ki je v krožnem križišču na točki uvoza, katerega kapaciteto želimo določiti. Pri empiričnih modelih (Bovy) pa je v konfliktni tok vključen tudi prometni tok na izvozu iz krožnega križišča.

Na osnovi 60. člena zakona o pravilih cestnega prometa (ZPrCP, 2010), ki opredeljuje vožnjo v krožnem križišču, pri tem pa sicer eksplicitno ne navaja uporabo utripalk, ter 42. člena istega zakona, ki opredeljuje vključevanje v promet, spremembo smeri in premike z vozilom, je jasno, da je pri izvozu iz krožnega križišča potrebno svojo namero pravočasno in nedvoumno nakazati z utripalkami. S tem voznik drugim udeležencem v prometu sporoči svojo namero, kje bo zapustil krožno križišče. Toda v praksi pravila o nameri o izvozu iz krožnega križišča z utripalkami ne sporočijo vsi vozniki. Na osnovi tega dejstva pa temelji tudi predpostavka, da konfliktni tok, poleg krožečega prometnega toka, vključuje tudi prometni tok na izvozu iz krožnega križišča.

V primeru, da je razdalja med uvoznim in izvoznim prometnim pasom majhna, potem vozniki na uvozu ne vedo, ali bo konfliktno vozilo nadaljevalo pot v krožnem križišču ali bo zapustilo krožno križišče na izvozu. To pomeni, da ima tudi izvozni prometni tok vpliv na kapaciteto uvoza. Do katere mere je potrebno upoštevati izvozni tok, pa je odvisno od razdalje med točko uvoza in izvoza ter voznikovo obnašanje.

Če je kritična oziroma mejna časovna praznina t_c , ki omogoča vozilu na uvozu, da se vključi v krožno križišče, manjša od časa, potrebnega za vožnjo od točke izvoza do točke uvoza, potem voznik upošteva kot konfliktni tok le krožni prometni tok. V primeru, da je mejna časovna praznina večja od časa, potrebnega za vožnjo od točke izvoza do točke uvoza, pa mora upoštevati poleg krožnega prometnega toka tudi izvozni tok.

Od teoretičnih izpeljav opisanih v prejšnjem poglavju torej samo Bovyjeva enačba upošteva za konfliktni tok poleg krožnega prometnega toka tudi izvozni prometni tok. Modeli sprejemljivih časovnih praznin pa upoštevajo samo krožni prometni tok. Predpostavljena metoda oziroma metoda PTI temelji na uporabi modelov sprejemljivih časovnih praznin, pri čemer se za konfliktni tok upošteva tako krožni kot izvozni prometni tok. Kot osnovo za

model sprejemljivih časovnih praznin se vzame najbolj pogost uporabljen Brilonov model, ki je prikazan v enačbi (46).

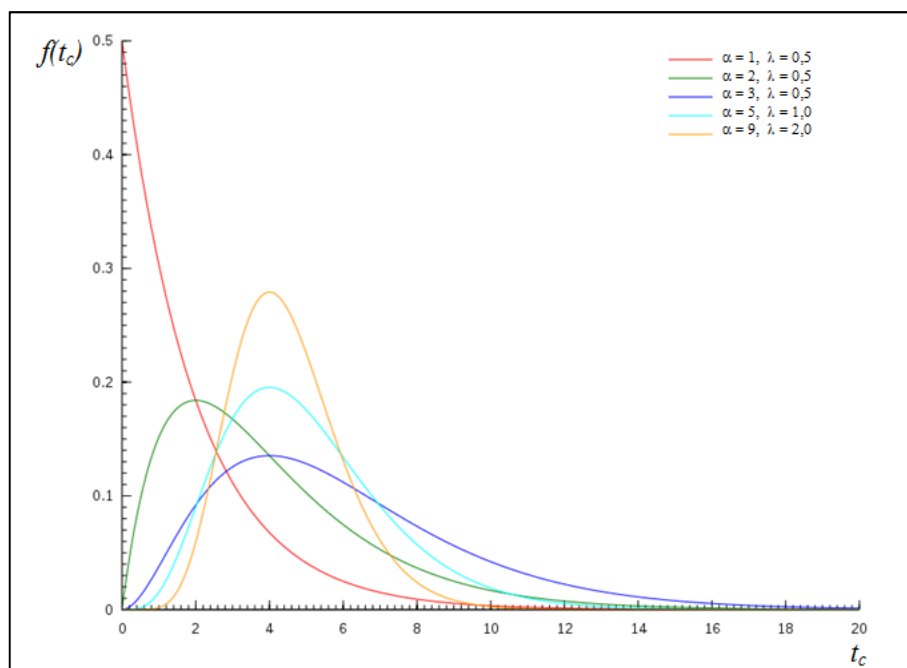
3.1 Izpeljava enačbe

Osnovna ideja metode PTI je, da se najprej določi delež vozil, ki imajo mejno časovno praznino manjšo od časa t_K potrebnega za vožnjo od točke K_E do točke K_S , ki pa je odvisen, ne le od hitrosti, ampak tudi od širine otoka l_o med uvoznim in izvoznim pasom.

3.1.1 Izračun deleža vozil z mejno časovno praznino t_c manjšo od časa t_K

Predpostavi se, da je mejna časovna praznina t_c porazdeljena z Erlangovo verjetnostno funkcijo, kot jo je predpostavil tudi Wu (2001).

$$f(t_c) = \frac{\lambda}{(\alpha - 1)!} \cdot (\lambda t_c)^{\alpha-1} \cdot e^{-\lambda t_c} \quad (55)$$



Slika 3.1: Erlangova verjetnostna funkcija (Erlang, 2012)

Figure 3.1: The Erlang probability density function (Erlang, 2012)

Kumulativna porazdelitvena funkcija je prikazana v enačbi (56).

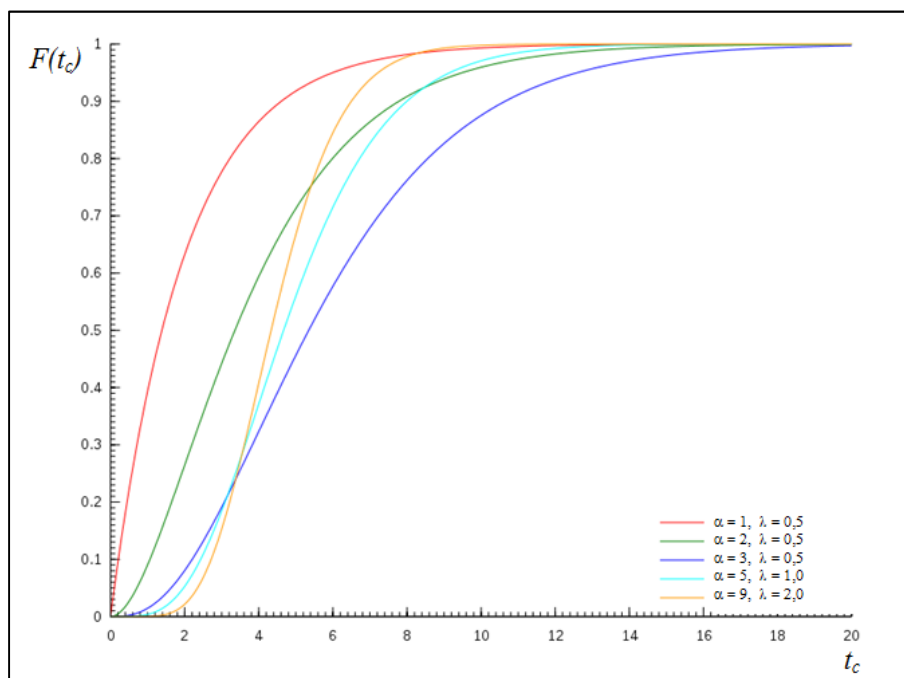
$$F(t_c) = 1 - \sum_{n=0}^{\alpha-1} e^{-\lambda t_c} \cdot \frac{(\lambda t_c)^n}{n!} \quad (56)$$

$$\lambda = \frac{\alpha}{\bar{t}_c} \quad (57)$$

Kjer je:

α - parameter Erlangove porazdelitvene funkcije;

\bar{t}_c - povprečna vrednost mejne časovne praznine.



Slika 3.2: Erlangova kumulativna porazdelitvena funkcija (Erlang, 2012)

Figure 3.2: The Erlang cumulative distribution function (Erlang, 2012)

Če se v enačbi (56) predpostavi, da je $\alpha = 5$ (Brilon, König, in Troutbeck, 1997), se lahko z enačbo (58) določi delež voznikov, ki imajo mejno časovno praznino t_c manjšo od časa t_K .

$$P(t_c < t_K) = 1 - e^{-\lambda t_K} - e^{-\lambda t_K} \cdot \lambda t_K - \frac{e^{-\lambda t_K} \cdot (\lambda t_K)^2}{2} - \frac{e^{-\lambda t_K} \cdot (\lambda t_K)^3}{6} - \frac{e^{-\lambda t_K} \cdot (\lambda t_K)^4}{24} - \frac{e^{-\lambda t_K} \cdot (\lambda t_K)^5}{120} \quad (58)$$

Delež voznikov, ki pa imajo časovno praznino t_c večjo od časa t_K , pa se določi z enačbo (59).

$$P(t_c > t_K) = 1 - (P(t_c < t_K)) \quad (59)$$

3.1.2 Izračun kapacitete

Pri izračunu kapacitete uvoza je pomembno, kateri konfliktni tok se upošteva:

- če je mejna časovna praznina manjša od časa, potrebnega za vožnjo od izvozne točke do točke uvoza, potem na kapaciteto uvoza vpliva samo krožni prometni tok Q_R ;
- če pa je mejna časovna praznina večja od časa, potrebnega za vožnjo od izvozne točke do točke uvoza, potem na kapaciteto uvoza poleg krožnega prometnega toka Q_R vpliva tudi izvozni prometni tok Q_S .

Kapaciteto uvoza C_E se zapiše z enačbo (60).

$$C_E = P(t_c < t_K) \cdot C_E(Q_R) + P(t_c > t_K) \cdot C_E(Q_R + Q_S) \quad (60)$$

Za izračun $C_E(Q_R)$ in $C_E(Q_R+Q_S)$ se uporabi Brilonovo enačbo (46).

$$C_E(Q_R) = 3600 \cdot \left(1 - \frac{t_{min} \cdot Q_R}{n_c \cdot 3600}\right)^{n_c} \cdot \frac{n_e}{t_f} \cdot e^{-\frac{Q_R}{3600} \left(t_c - \frac{t_f}{2} - t_{min}\right)} \quad (61)$$

$$C_E(Q_R + Q_S) = 3600 \cdot \left(1 - \frac{t_{min} \cdot (Q_R + Q_S)}{n_c \cdot 3600}\right)^{n_c} \cdot \frac{n_e}{t_f} \cdot e^{-\frac{(Q_R+Q_S)}{3600} \left(t_c - \frac{t_f}{2} - t_{min}\right)} \quad (62)$$

Z upoštevanjem enačb od (57) do (62) se dobi končno enačbo (63) za izračun kapacitete uvoza.

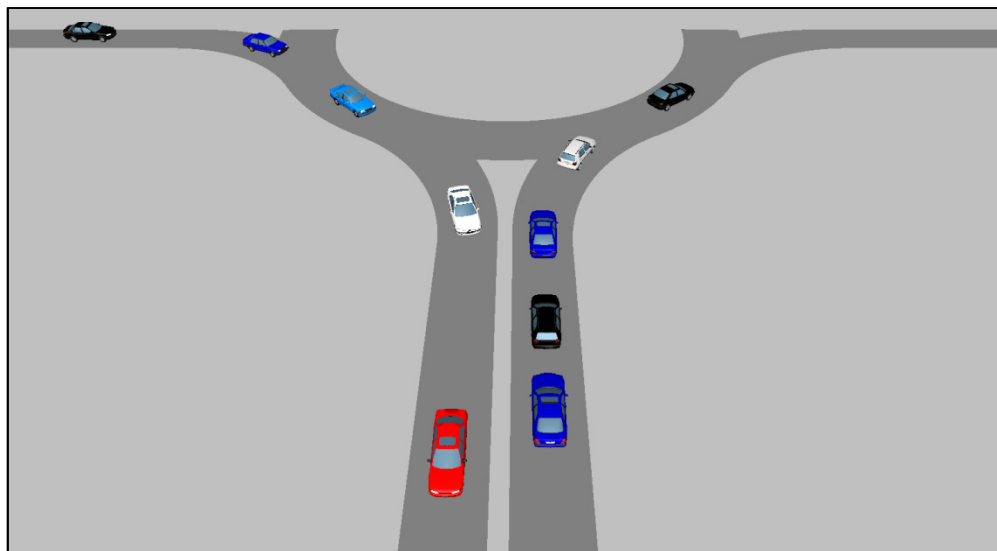
$$\begin{aligned}
C_E = & \left(1 - e^{-\frac{5}{\bar{t}_c} t_K} - e^{-\frac{5}{\bar{t}_c} t_K} \cdot \frac{5}{\bar{t}_c} t_K - \frac{e^{-\frac{5}{\bar{t}_c} t_K} \cdot \left(\frac{5}{\bar{t}_c} t_K\right)^2}{2} - \frac{e^{-\frac{5}{\bar{t}_c} t_K} \cdot \left(\frac{5}{\bar{t}_c} t_K\right)^3}{6} \right. \\
& \left. - \frac{e^{-\frac{5}{\bar{t}_c} t_K} \cdot \left(\frac{5}{\bar{t}_c} t_K\right)^4}{24} - \frac{e^{-\frac{5}{\bar{t}_c} t_K} \cdot \left(\frac{5}{\bar{t}_c} t_K\right)^5}{120} \right) \cdot \left(3600 \cdot \left(1 - \frac{t_{min} \cdot Q_R}{n_c \cdot 3600} \right)^{n_c} \cdot \frac{n_e}{t_f} \cdot e^{-\frac{Q_R}{3600} \left(t_c - \frac{t_f}{2} - t_{min} \right)} \right) + \\
& + \left(e^{-\frac{5}{\bar{t}_c} t_K} + e^{-\frac{5}{\bar{t}_c} t_K} \cdot \frac{5}{\bar{t}_c} t_K + \frac{e^{-\frac{5}{\bar{t}_c} t_K} \cdot \left(\frac{5}{\bar{t}_c} t_K\right)^2}{2} + \frac{e^{-\frac{5}{\bar{t}_c} t_K} \cdot \left(\frac{5}{\bar{t}_c} t_K\right)^3}{6} \right. \\
& \left. + \frac{e^{-\frac{5}{\bar{t}_c} t_K} \cdot \left(\frac{5}{\bar{t}_c} t_K\right)^4}{24} + \frac{e^{-\frac{5}{\bar{t}_c} t_K} \cdot \left(\frac{5}{\bar{t}_c} t_K\right)^5}{120} \right) \cdot \left(3600 \cdot \left(1 - \frac{t_{min} \cdot (Q_R + Q_S)}{n_c \cdot 3600} \right)^{n_c} \cdot \frac{n_e}{t_f} \cdot e^{-\frac{(Q_R + Q_S)}{3600} \left(t_c - \frac{t_f}{2} - t_{min} \right)} \right)
\end{aligned} \tag{63}$$

kjer je:

- C_E - kapaciteta uvoza [EOV/h];
- Q_R - krožni prometni tok [EOV/h];
- Q_S - izvozni prometni tok [EOV/h];
- n_c - število vozniških pasov v krožnem križišču [-];
- n_e - število pasov na uvozu [-];
- t_c - mejna časovna praznina [s];
- t_f - časovna praznina sledenja [s];
- t_{min} - minimalna časovna praznina med vozili v krožnem toku [s];
- \bar{t}_c - povprečna vrednost mejne časovne praznine;
- t_K - čas potreben za vožnjo od izvozne do uvozne točke [s];
- α - parameter Erlangove porazdelitvene funkcije.

3.2 Primerjava metode PTI z drugimi modeli

Metoda PTI je preizkušena na preprostem enopasovnem krožnem križišču z enopasovnim uvozom in izvozom (slika 3.3).



Slika 3.3: Oblika krožnega križišča uporabljenega v primeru (slika iz simulacije v programskem orodju VISSIM)

Figure 3.3: The tested example of a roundabout (the picture from the simulation using the VISSIM software)

Za primerjavo rezultatov pridobljenih z metodo PTI je kapaciteta določena tudi z dvema uveljavljenima modeloma, in sicer z Brilonovim modelom (48) za model sprejemljivih časovnih praznin ter Bovyjevim modelom (1) in (2) za empirični model. S pomočjo enačbe (64), ki predstavlja izračun povprečnih zamud (HCM, 2000), so iz kapacitete določene zamude, ki pa so primerjane z rezultati mikroskopske simulacije izdelane s programskim orodjem VISSIM.

$$d_E = \frac{3600}{C_E} + 900 \cdot T \cdot \left[\frac{Q_E}{C_E} - 1 + \sqrt{\left(\frac{Q_E}{C_E} - 1\right)^2 + \frac{3600 \cdot Q_E}{C_E \cdot C_E \cdot 450 \cdot T}} \right] \quad (64)$$

Kjer je:

d_E - povprečna zamuda na vozilo na uvozu v krožno križišče [s];

Q_E - uvozni prometni tok [EOV/h];

C_E - kapaciteta uvoza [EOV/h];
 T - čas analize [h].

3.2.1 Vhodni podatki

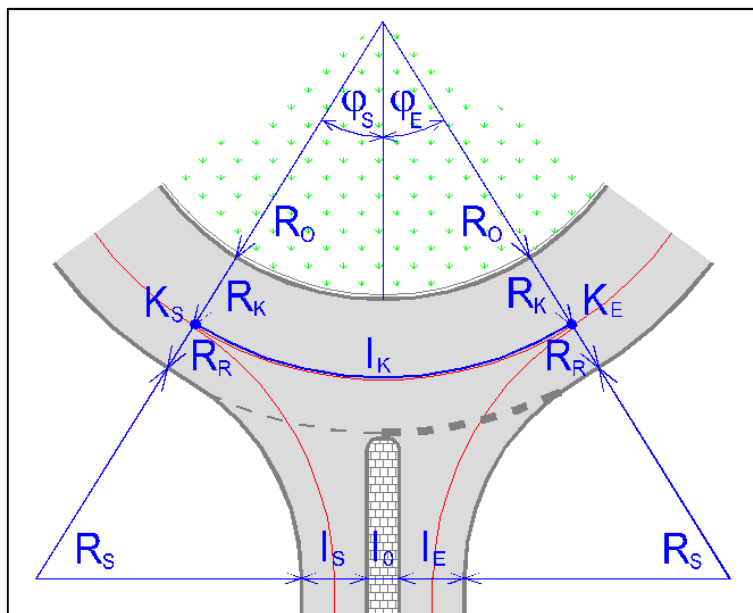
Konfliktni tok je razdeljen na krožni prometni tok Q_R in izvozni prometni tok Q_S v vrednostih po 100 EO/h od 0 do 500 EO/h. Pri izračunu zamud se upošteva tudi uvozni prometni tok v vrednostih od 100 do 500 EO/h. Pri izračunu kapacitete oziroma zamud so izdelane vse kombinacije med vrednostmi prometnih tokov.

Preglednica 3.1: Vrednosti krožnega Q_R , izvoznega Q_S in uvoznega Q_E prometnega toka

Table 3.1: Values of circulating Q_R , exiting Q_S and entering Q_E traffic flow

Prometni tok	[EOV/h]					
Q_R	0	100	200	300	400	500
Q_S	0	100	200	300	400	500
Q_E		100	200	300	400	500

Glede na to, da je pri Bovyjevem modelu in metodi PTI kapaciteta odvisna od konfliktnega toka in geometrije, so v izračunu izdelane tudi kombinacije za različne širine otoka med uvoznim in izvoznim pasom (l_o na sliki 2.1). Dejansko je pomembna razdalja, ki jo prevozi vozilo od konfliktna točka izvoza in konfliktna točka uvoza (točki K_S in K_E na sliki 2.1). Izračun te razdalje je prikazan z enačbami od (65) do (73).

Slika 3.4: Prikaz osnovnih dimenzij za določitev dolžine l_K Figure 3.4: The definition of the basic dimensions to determine the length l_K

$$l_K = \frac{R_K \cdot \pi \cdot \varphi}{180^\circ} \quad (65)$$

$$R_K = \frac{R_R - R_O}{2} + R_O = \frac{R_R + R_O}{2} \quad (66)$$

$$\varphi = \varphi_S + \varphi_E \quad (67)$$

$$\varphi_S = \arcsin \frac{a_S}{c_S} \quad (68)$$

$$\varphi_E = \arcsin \frac{a_E}{c_E} \quad (69)$$

$$a_S = \frac{l_O}{2} + \frac{l_S}{2} + R_S \quad (70)$$

$$a_E = \frac{l_O}{2} + \frac{l_E}{2} + R_E \quad (71)$$

$$c_S = R_K + R_S \quad (72)$$

$$c_E = R_K + R_E \quad (73)$$

Kjer je:

- R_O - notranji radij (polmer sredinskega otoka) [m];
- R_R - zunanji radij (polmer sredinskega otoka s krožnim voziščem) [m];
- R_E - uvozni radij [m];
- R_S - izvozni radij [m];
- l_K - dolžina krožnega loka v krožnem križišču od točke K_S do točke K_E [m];
- l_o - širina ločilnega otoka med izvoznim in uvoznim pasom [m];
- l_E - širina uvoznega pasu [m];
- l_S - širina izvoznega pasu [m].

Čas potreben za vožnjo od točke K_S do točke K_E je določen z enačbo (74).

$$t_K = \frac{l_K}{v} \cdot 3,6 \quad (74)$$

Kjer je:

- t_K - čas vožnje od točke K_S do točke K_E [s];
- v - hitrost vozil v krožnem križišču [km/h].

Za primer je uporabljeno srednje veliko izvenurbano krožno križišče (TSC, 2010) z naslednjimi dimenzijami:

$$R_O = 17,25 \text{ m}$$

$$R_R = 22,25 \text{ m}$$

$$R_E = 14,0 \text{ m}$$

$$R_S = 14,0 \text{ m}$$

$$l_E = 4,0 \text{ m}$$

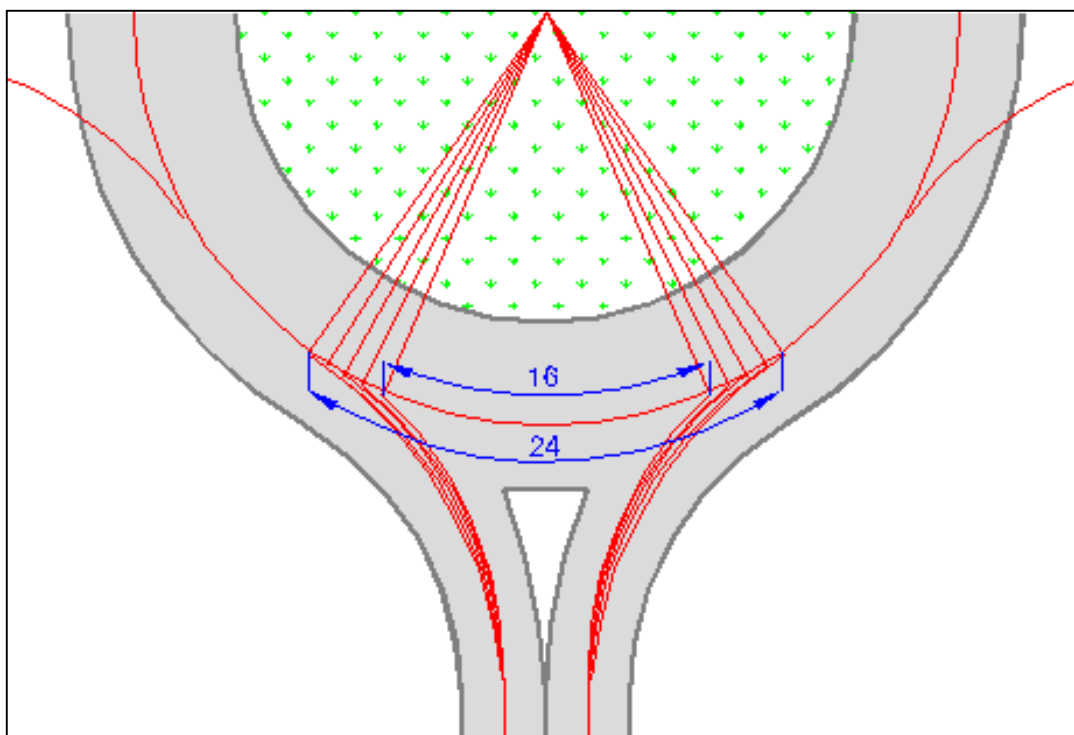
$$l_S = 4,0 \text{ m}$$

Glede na to, da je vpliv izvoznega toka pri metodi PTI odvisen od razdalje med točko uvoza in izvoza, so v primeru obravnavane različne dolžine te razdalje. V preglednici 3.2 so prikazane vse obravnavane variante dolžine krožnega loka l_K ter potreben čas t_K za prevoz te razdalje, pri čemer se upošteva, da se vozila v krožnem križišču vozijo s hitrostjo 25 km/h.

Preglednica 3.2: Dolžina krožnega loka l_K in čas vožnje t_K od točke izvoza K_S do točke uvoza K_E v primeru hitrosti vožnje v krožnem križišču 25 km/h

Table 3.2: The length of the arc l_K and driving time t_K from the exit K_S and entry K_E to the conflict point in the case of speed on the roundabout of 25 km/h

Dolžina krožnega loka l_K [m]	16,0	18,0	20,0	22,0	24,0
Čas vožnje t_K [s]	2,3	2,6	2,9	3,2	3,5



Slika 3.5: Prikaz dolžin l_K

Figure 3.5: The definition of lengths l_K

Pri Bovyjevem modelu so upoštevani naslednji faktorji:

$$\gamma = 1$$

$$\beta = 0,95$$

Pri Brilonovem modelu ter metodi PTI pa so predpostavljene naslednje časovne praznine:

$$t_c \text{ oz. } \bar{t}_c = 3,3 \text{ s}$$

$$t_f = 3,0 \text{ s}$$

$$t_{min} = 2,0 \text{ s}$$

3.2.2 Izračun kapacitete in zamud

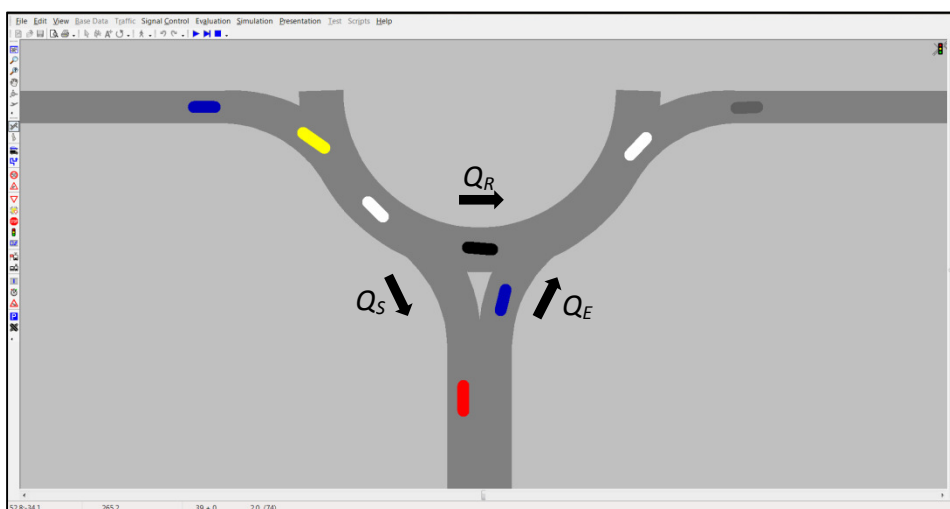
Kapaciteta je določena za vse kombinacije prometnih obremenitev od 0 do 500 EO/h za pet različnih geometrij krožnega križišča (variante dolžine krožnega loka l_k).

Izračun kapacitete je izdelan z naslednjimi modeli oziroma metodami:

- metoda PTI z enačbo (63),
- Brilonov model z enačbo (46),
- Bovyjev model z enačbama (1) in (2).

S pomočjo enačbe za določitev povprečnih zamud (64) so rezultati primerjani z rezultati mikroskopske simulacije, ki je izdelana s programskim orodjem VISSIM. Rezultat pri simulaciji prometa s programskim orodjem VISSIM ne more biti izražen kot kapaciteta, zato so kot rezultat pri simulaciji prikazane samo povprečne zamude na vozilo.

Simulacija je izdelana samo za en krak križišča, pri čemer se upošteva izvozni prometni tok Q_S , krožni prometni tok Q_R in uvozni prometni tok Q_E .



Slika 3.6: Prometni tokovi v VISSIM

Figure 3.6: Traffic flows in VISSIM

Programsko orodje VISSIM vsebuje celo vrsto simulacijskih parametrov, ki lahko vplivajo na rezultate simulacije (lastnosti omrežja, vozil, voznikov ...). Glede na to, da je pri metodi PTI ključnega pomena mejna časovna praznina, se je pri simulaciji prometa osredotočilo na parametre, ki so v VISSIM definirani v *pravilih o prednosti* (Priority Rules). V samih parametrih se določijo pravila vožnje, minimalna mejna praznina (reakcijski čas voznikov) in pa minimalna razdalja (headway).

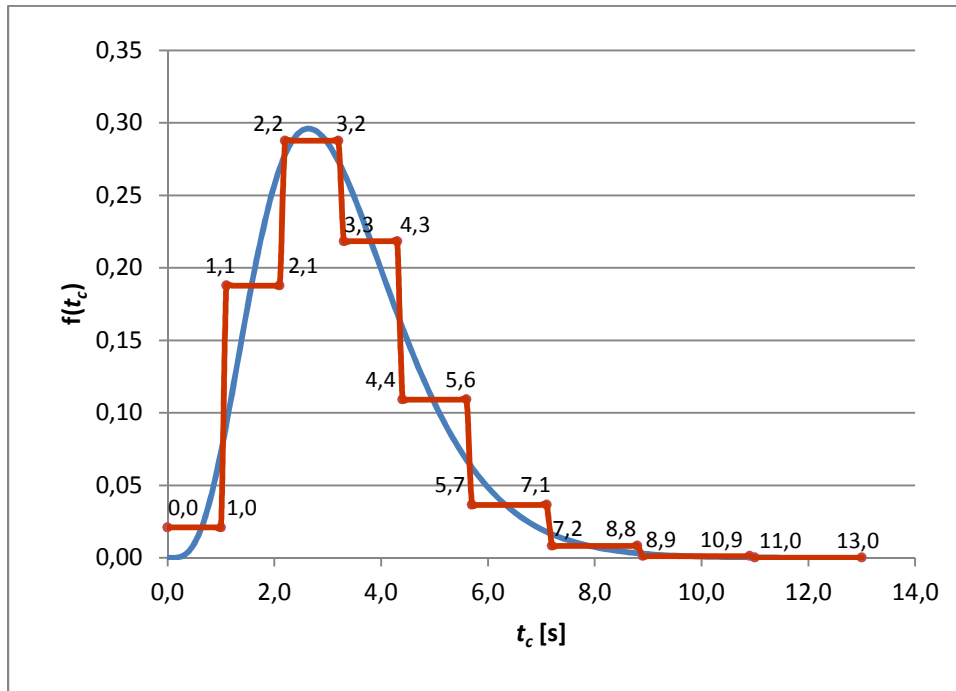
Glede na to, da je v metodi PTI predpostavljeno, da je mejna časovna praznina t_c porazdeljena z Erlangovo verjetnostno funkcijo, je tudi pri simulaciji prometa kreiranih več razredov vozil z različnimi vrednostmi mejne časovne praznine. Pri določitvi razredov in mejne časovne praznine je upoštevano, da je $\alpha = 5$, $\bar{t}_c = 3,3$ s. Porazdelitev funkcije, razdeljene na 9 razredov, je prikazana v preglednici 3.3 ter na sliki 3.7.

Preglednica 3.3: Razredi Erlangove verjetnostne funkcije mejne časovne praznine t_c pri $\alpha = 5$, $\bar{t}_c = 3,3$ s

Table 3.3: Erlang probability density function classes of the critical gap acceptance t_c at $\alpha = 5$, $\bar{t}_c = 3,3$ s

Območje t_c [s]	Srednja vrednost t_c [s]	Funkcija $f(t_c)$	Delež
0,0 – 1,0	0,5	0,021	0,019
1,1 – 2,1	1,6	0,188	0,197
2,2 – 3,2	2,7	0,288	0,316
3,3 – 4,3	3,8	0,218	0,245
4,4 – 5,6	5,0	0,109	0,147
5,7 – 7,1	6,4	0,037	0,057
7,2 – 8,8	8,0	0,008	0,015
8,9 – 10,9	9,9	0,001	0,003
11,0 – 13,0	12,0	0,000	0,000

Ker je v praksi skoraj nemogoče, da bi imeli vozniki mejno časovno praznino manjšo od 1 sekunde, je smiselno porazdelitev z razredi navzdol omejiti. Zato v nadaljevanju razred, kjer je srednja vrednost t_c enaka 0,5 sekund, ni upoštevan. Podobno je omejena tudi najvišja časovna praznina. Mejne časovne praznine z vrednostjo večjo od 7,1 sekund, v nadaljevanju niso upoštevane. V simulaciji VISSIM je tako upoštevanih pet razredov, ki so prikazani v preglednici 3.4.



Slika 3.7: Porazdelitev Erlangove funkcije t_c ter prikaz devetih razredov pri $\alpha = 5$, $\bar{t}_c = 3,3$ s

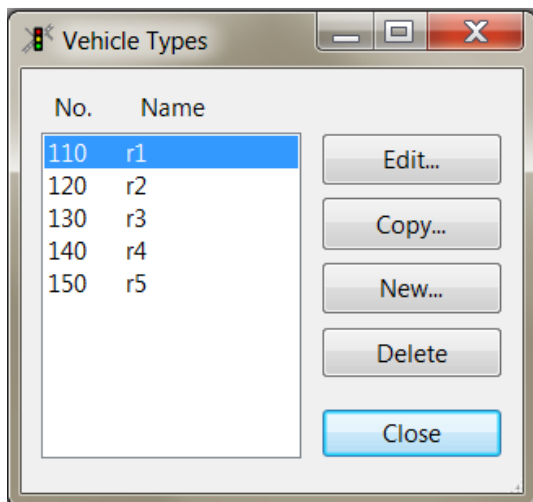
Figure 3.7: The distribution of the Erlang probability function t_c and definition of 9 vehicle types at $\alpha = 5$, $\bar{t}_c = 3,3$ s

Preglednica 3.4: Razredi mejne časovne praznine z deležem vozil uporabljenih v simulaciji prometa s programskim orodjem VISSIM

Table 3.4: The definition of vehicle types for the critical gap acceptance used in VISSIM

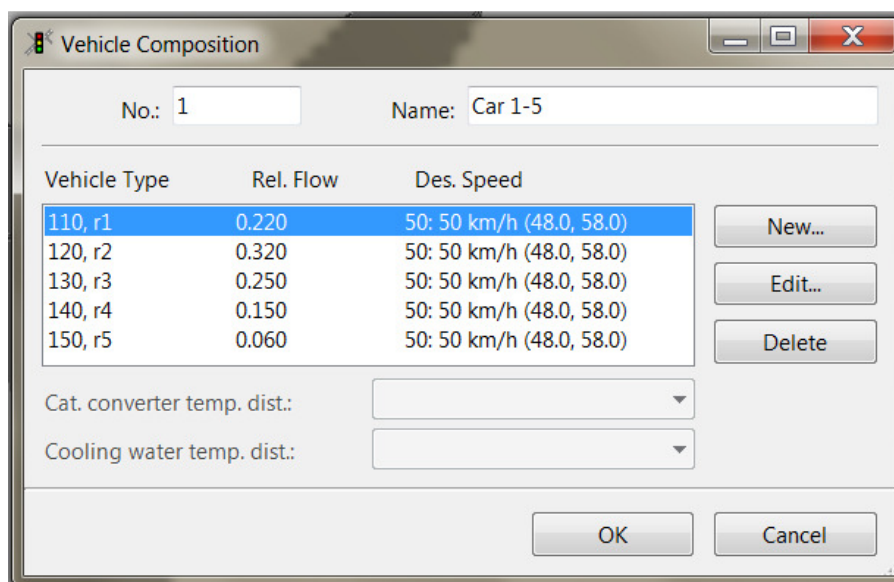
Razred	Srednja vrednost t_c [s]	Delež
r1	1,6	0,22
r2	2,7	0,32
r3	3,8	0,25
r4	5,0	0,15
r5	6,4	0,06

Za vsak razred vozil je določen relativni tok (slika 3.9).



Slika 3.8: Definiranje razredov vozil v VISSIM

Figure 3.8: The definition of vehicle types in VISSIM



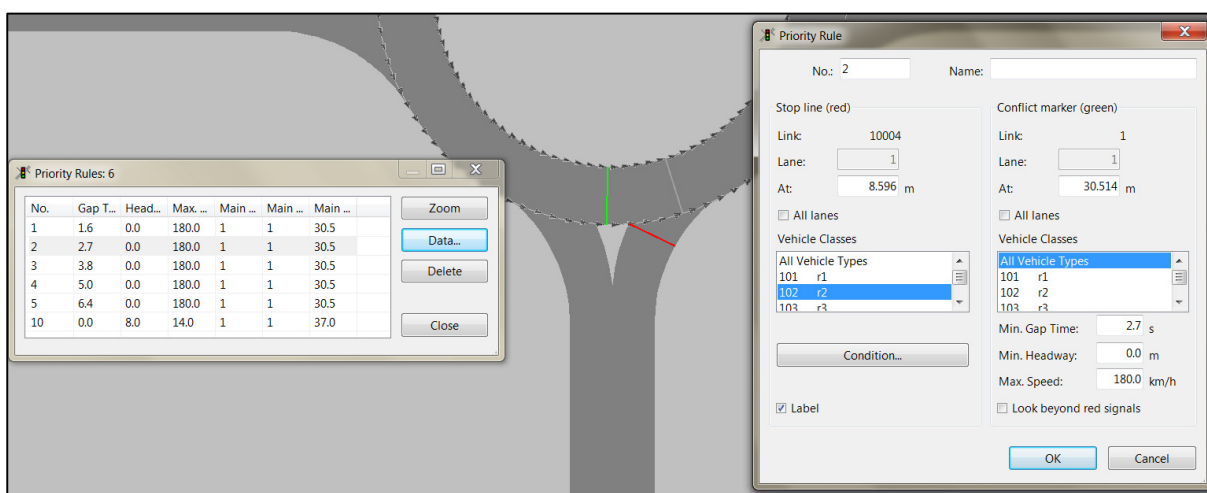
Slika 3.9: Določitev relativnega toka za posamezno vrsto vozil v VISSIM

Figure 3.9: The definition of the relative flow for each vehicle type in VISSIM

V pravilih o prednosti (*Priority Rules*) VISSIM določi odvzem prednosti določenemu vozilu in se vsak posameznik, odvisno od razmer, odloči za nadaljevanje poti oziroma počaka na ustrezne prometne razmere. Na označenem mestu, pred nadaljevanjem poti, mora voznik preveriti naslednja dva vnaprej določena pogoja:

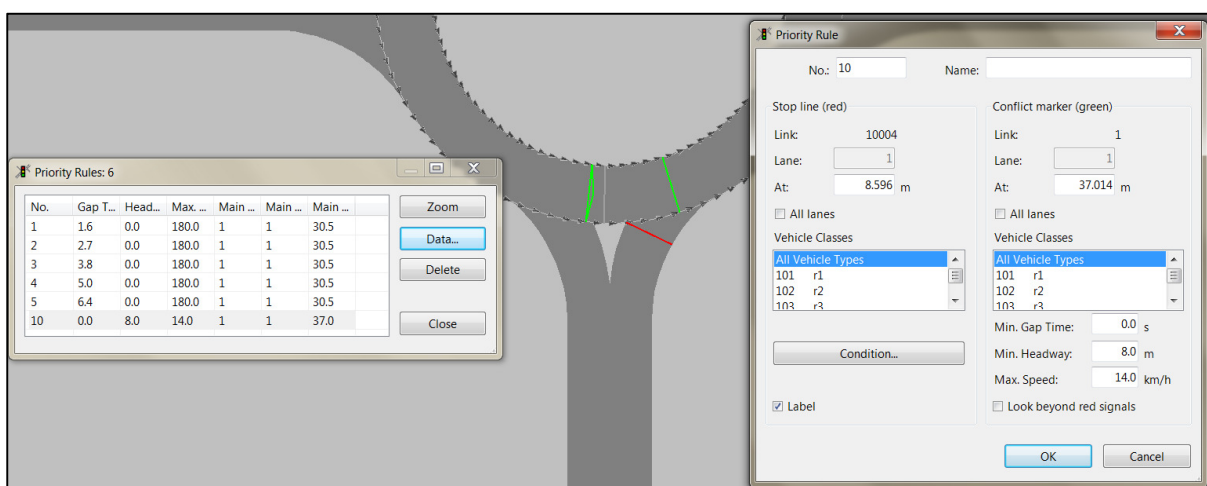
- minimalna razdalja (min. headway) in
- minimalna mejna praznina (min. gap time).

Na sliki 3.10 je prikazana pozicija stop črte (rdeča barva) ter konfliktna oznaka (zelena črta), ki je povezana s stop črto. Pozicija obeh oznak je za vse razrede vozil ista, vrednosti minimalne mejne praznine za posamezno vrsto vozil na uvozu pa so različne, kot je prikazano v preglednici 3.4. Na sliki 3.11 je prikazana konfliktna oznaka za minimalno razdaljo, ki pa je za vse tipe vozil enaka.



Slika 3.10: Prikaz pozicije stop črte (rdeča barva) ter konfliktna oznake (zelena črta) v VISSIM

Figure 3.10: The position of the virtual stop line (red) at the entry and the conflicting line (green) in VISSIM



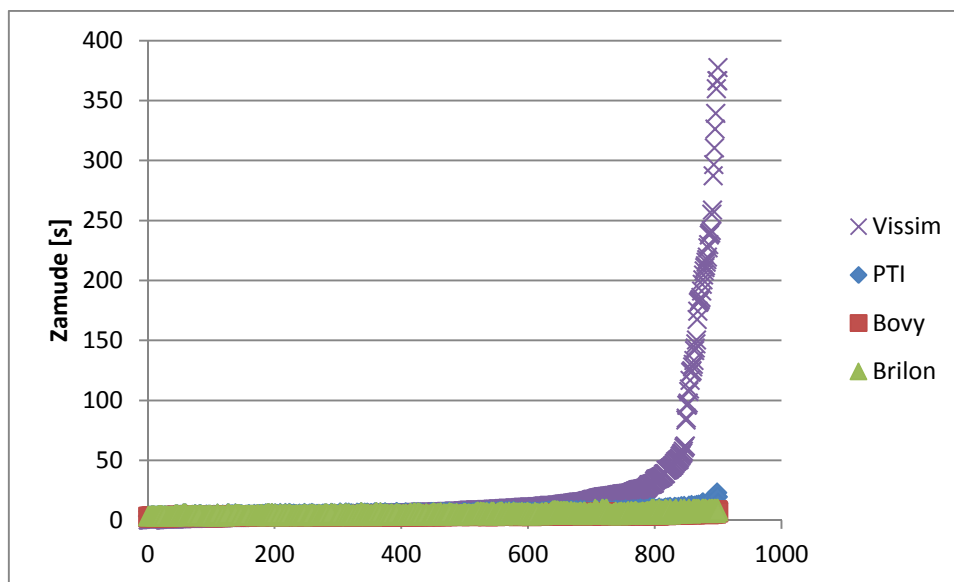
Slika 3.11: Prikaz pozicije konfliktna oznake (zelena črta) za minimalno razdaljo v VISSIM

Figure 3.11: The position of the conflicting line (green) for the minimal headway in VISSIM

3.2.3 Analiza rezultatov

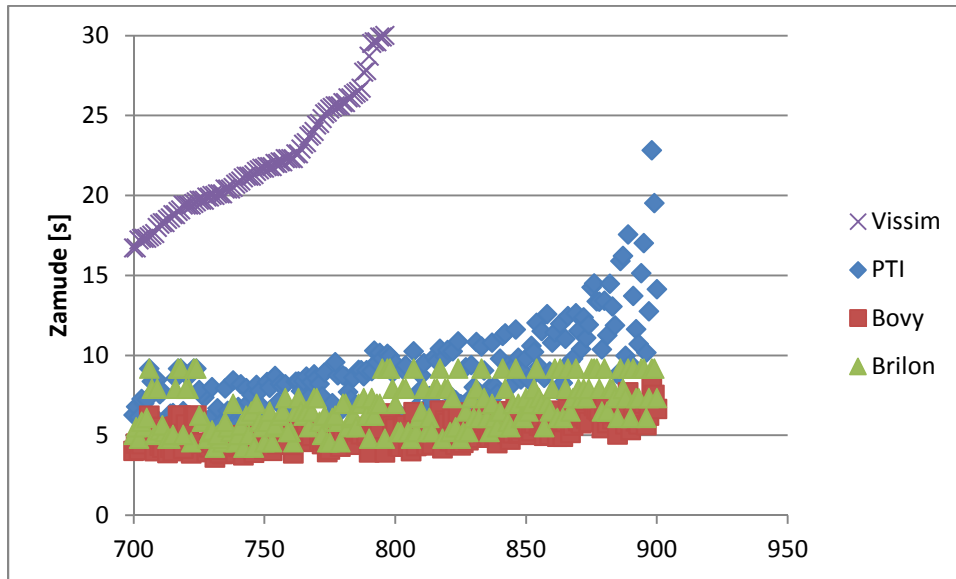
Za vse kombinacije prometnih obremenitev in razdalje med uvoznim in izvoznim tokom, vsega skupaj jih je 900, je simulacija prometa izdelana s programskim orodjem VISSIM, izračuni za metodo PTI ter Brilonov in Bovyjev model. Obdelava rezultatov je izdelana s programskim orodjem MS Access.

Rezultati vseh izračunanih primerov za posamezne modele in simulacije s programskim orodjem VISSIM so prikazani v prilogi A. Na sliki 3.12 so za vse primere prikazane naraščajoče zamude, in sicer glede na rezultate povprečnih zamud iz simulacije s programskim orodjem VISSIM. Opazi se, da zamude pri simulaciji narastejo čez 350 s, pri čemer vsa vozila ne pridejo skozi krožno križišče, kar pomeni, da je križišče že doseglo stopnjo zasičenosti. Zamude pri metodi PTI veliko počasneje naraščajo in znašajo največ nekaj čez 20 s, pri Bovyjevem in Brilonovem modelu pa ne presežejo 10 s (slika 3.13). Pri majhnih obremenitvah, kjer ni konfliktnega toka (slika 3.14) se opazi, da pri simulaciji prometa dejansko ni zamud oziroma so zelo majhne (0,3 s), pri metodi PTI in Brilonovem modelu znaša zamuda 3,3 s, pri Bovyjevem modelu pa 2,6 s.



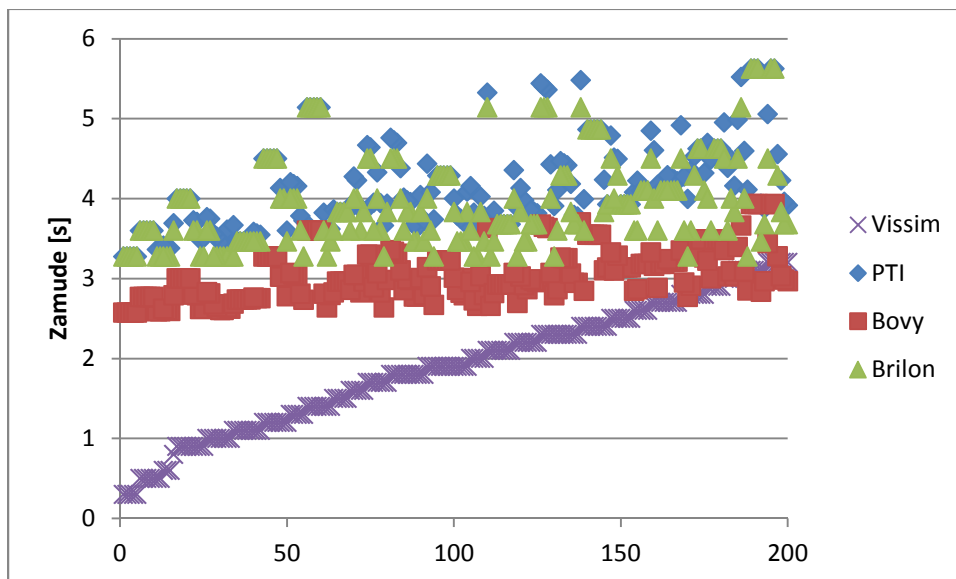
Slika 3.12: Povprečne zamude na vozilo po velikosti glede na rezultat simulacije s programskim orodjem VISSIM za 900 primerov

Figure 3.12: The growing average control delay per vehicle according to the result of microsimulation model VISSIM for 900 cases



Slika 3.13: Povprečne zamude na vozilo po velikosti glede na rezultat simulacije s programskim orodjem VISSIM za zadnjih 200 primerov

Figure 3.13: The growing average control delay per vehicle according to the result of microsimulation model VISSIM for the last 200 cases



Slika 3.14: Povprečne zamude na vozilo po velikosti glede na rezultat simulacije s programskim orodjem VISSIM za prvih 200 primerov

Figure 3.14: The growing average control delay per vehicle according to the result of microsimulation model VISSIM for the first 200 cases

Glede na to, da nivo uslug križišča, kjer so zamude na vozilo večje od 50 s, po HCM znaša že F (HCM 2000), kritična meja nivoja uslug za povezovalne ceste pa je E (4. točka, 12. člen,

Pravilnik o projektiranju cest, 2005), kar je prometno tehnično še sprejemljivo, medtem ko nivo uslug F praviloma pomeni nastanek kolon in večjih zamud v križišču ter tako gledano s prometno tehničnega vidika ni sprejemljiv, je smiselno, da se iz vseh primerov izloči tiste, ki imajo pri simulaciji zamude večje kot 50 s, saj dejansko ti primeri niso merodajni za primerjavo z metodo PTI ter Bovyjevim in Brilonovim modelom. Takšnih primerov je 65 in so v glavnem primeri z vsaj enim prometnim tokom, ki ima vrednost 500 EO/h.

Preglednica 3.5: Zamude za različne nivoje uslug pri nesemaforiziranem križišču (HCM, 2000: str. 17–2)

Table 3.5: Delays for different levels of services in unsignalized intersection (HCM, 2000: p. 17–2)

Nivo uslug	Zamude na vozilo [s/voz]
A	≤10
B	10 – 15
C	15 – 25
D	25 – 35
E	35 – 50
F	>50

Za preveritev zanesljivosti in verodostojnosti metode PTI, se rezultate metode PTI primerja z rezultati simulacije s programskim orodjem VISSIM, ki je že uveljavljeno programsko orodje za mikroskopske simulacije prometa. Natančnost in zanesljivost prometnega modela določajo posamezni standardi in parametri.

Primerjava je narejena glede na posamezne zamude, in sicer z naslednjima dvema meriloma:

- statistično analizo vrednosti GEH in
- regresijsko analizo.

GEH⁵ je metoda za oceno ustreznosti prometnega modela, ki jo priporoča angleški Department for Transport v svojem priročniku Design Manual for Roads and Bridges (DMRB, 1997). Statistična metoda GEH je empirična formula, ki se je izkazala za koristno za različne namene analize prometa, predvsem analizo prometnih obremenitev.

⁵ Izumitelj Geoffrey E. Havers je formulo GEH, ki jo je imenoval po sebi, izumil leta 1970, medtem ko je kot prometni planer delal v Londonu.

$$GEH = \sqrt{\frac{2 \cdot (M - C)^2}{(M + C)}} \quad (75)$$

Kjer je:

M - prometna obremenitev pri modelu;

C - prometna obremenitev pri številu prometa.

Po smernicah DMRB je priporočeno, da naj bi 85 % posameznih primerov ne imelo vrednosti GEH večje kot 5.

V obravnavanem primeru se namesto prometnih obremenitev uporabijo zamude, model predstavlja metoda PTI, štetje prometa pa se nadomesti z zamudami, pridobljenimi s simulacijo prometa s programskim orodjem VISSIM.

$M \rightarrow d_{PTI}$ - zamuda pri metodi PTI [s]

$C \rightarrow d_{VISSIM}$ - zamuda pri simulaciji prometa s programskim orodjem VISSIM [s]

Rezultat statistične metode GEH je prikazan v preglednici 3.6. Za primerjavo sta poleg metode PTI dodana tudi Bovyjev in Brilonov model. Vrednost GEH je pri metodi PTI v 38 primerih od 835 večja od 5, kar pomeni, da je v 95,8 % primerov vrednost GEH < 5. Rezultat pri Bovyjevem in Brilonovem modelu je nekoliko slabši od rezultata za metodo PTI, vendar je rezultat še vedno v predpisanih mejah. Na osnovi rezultata statistične metode GEH se ocenjuje, da je metoda PTI ustrezna.

Preglednica 3.6: Rezultat statistične metode GEH za zamude pri metodi PTI ter Bovyjevem in Brilonovem modelu v primerjavi z rezultati simulacije prometa s programskim orodjem VISSIM

Table 3.6: The result of GEH statistics for delays PTI method and Bovy's and Brilon's model compare with the results of microscopic simulation using VISSIM software

	Število primerov z GEH > 5	Odstotek primerov z GEH < 5	Povprečni GEH
Metoda PTI	38	95,8 %	1,56
Bovyjev model	67	92,6 %	1,94
Brilonov model	50	94,4 %	1,74

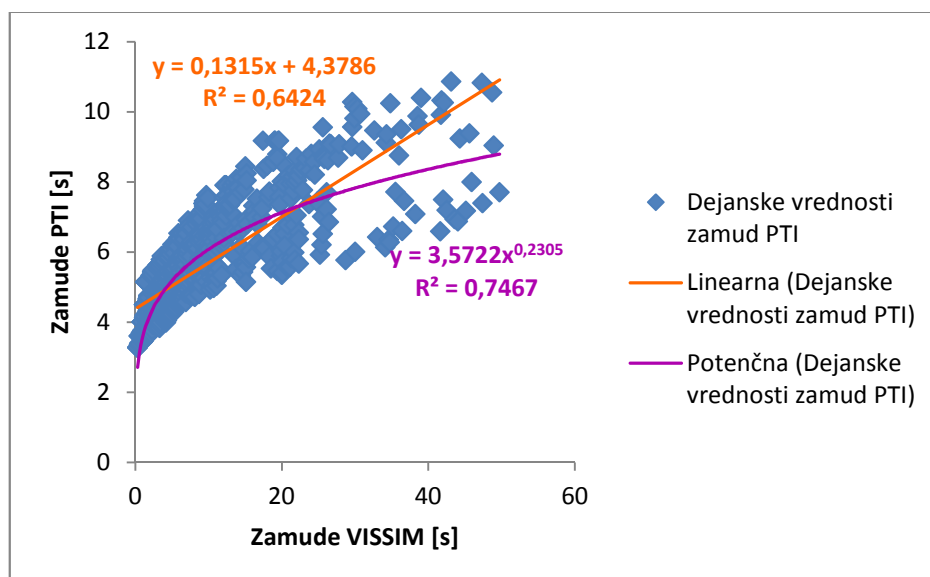
Regressijska analiza je pomembna za opis zveze med eno ali več neodvisnimi spremenljivkami in odvisno spremenljivko z ustreznim regresijskim modelom. Koeficient R^2 , s katerim se meri povezava, določena z regresijsko premico med neodvisno spremenljivko x in

odvisno spremenljivko y , se imenuje determinacijski koeficient ali koeficient določenosti. R^2 zavzema vrednosti od 0 do 1. V primeru, ko je $R^2 = 1$, je napaka modela $E = 0$ in je med spremenljivkama x in y popolna povezava. Ko pa je $R^2 = 0$, takrat med spremenljivkama ni odvisnosti. V situaciji, ko je $0 < R^2 < 1$, sta spremenljivki x in y povezani, in sicer, če je R^2 večji in bližje 1, se izbrana funkcija bolje prilega podatkom in obratno, če je R^2 majhen, takrat se izbrana funkcija ne prilega dobro podatkom in model ni dober za dane podatke (Korenjak, 2010).

Poleg vrednosti R^2 je pomemben tudi rezultat grafičnega prikaza regresijske funkcije, okrog katere morajo vrednosti variirati s konstantno varianco. Če je model pravilen, so ostanki simetrično razporejeni okrog premice (horizontalne črte) s povprečno vrednostjo 0.

Za namen izdelave regresijske analize so rezultati zamud, določenih z metodo PTI, prikazani na razsevnem diagramu na sliki 3.15 v odvisnosti od rezultatov simulacije s programskim orodjem VISSIM. Na diagramu sta dodani dve trendni črti, in sicer:

- linearna regresijska premica z enačbo $y = 0,1315x + 4,3786$ ter determinacijskim koeficientom $R^2 = 0,6424$ in
- potenčna regresijska krivulja z enačbo $y = 3,5722x^{0,2305}$ ter determinacijskim koeficientom $R^2 = 0,7467$.



Slika 3.15: Dejanske vrednosti zamud PTI v odvisnosti od zamud VISSIM z linearno in potenčno trendno črto

Figure 3.15: The actual values for PTI delays depending on the VISSIM delays with the linear and power trendline

Glede na to, da se linearna regresijska premica slabše prilagaja rezultatom zamud PTI in da je determinacijski koeficient manjši kot pri potenčni regresijski krivulji, je za nadaljevanje regresijske analize izbrana potenčna regresijska krivulja. Tudi članek o nelinearni regresiji »Non-Linear Regression« (Baker, 2008) pravi, da je v primeru, ko neka spremenljivka narašča eksponentialno, odnos med spremenljivkama x in y v obliki krivulje. Ker pa je namen izdelati regresijsko analizo s programskim orodje MS Excel, ki podpira samo linearno regresijsko analizo, se lahko potenčna enačba (76) spremeni v linearno obliko z logaritmiranjem obeh strani enačbe. Potenčno enačbo se lahko uporabi samo v primeru, ko sta obe spremenljivki vedno pozitivni, kar pa v obravnavanem primeru zamude zagotovo so.

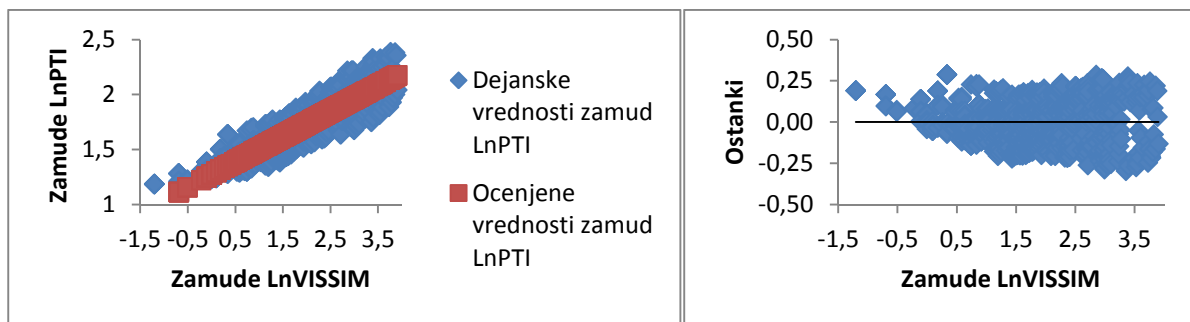
$$y = ax^b \quad (76)$$

$$\ln(y) = \ln(a) + b \cdot \ln(x) \quad (77)$$

Kjer je:

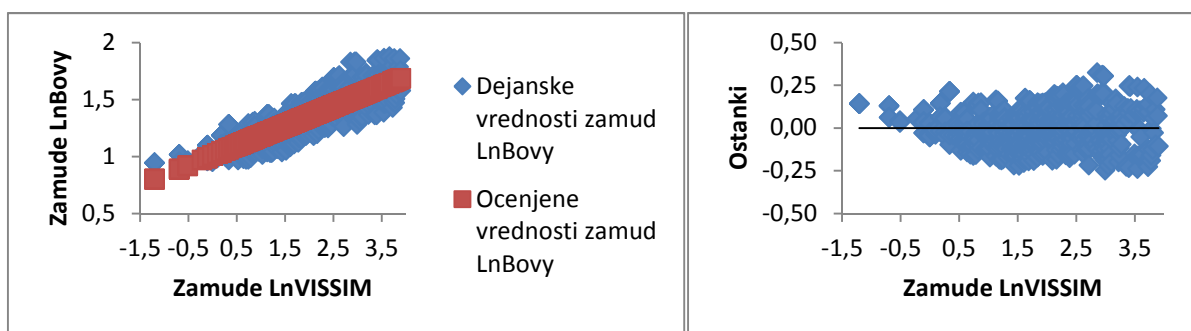
- a - regresijska konstanta;
- b - regresijski koeficient.

Na slikah od 3.16 do 3.18 so prikazani razsevni diagrami za logaritmirane zamude metode PTI ter Bovyjevega in Brilonovega modela v odvisnosti od logaritmiranih zamud VISSIM. Na desnih diagramih so prikazane vrednosti ostankov (residualov) med dejanskimi in ocenjenimi vrednostmi logaritmiranih zamud. Iz levih diagramov je razvidno, da vrednosti variirajo okrog regresijske premice s konstantno varianco, ostanki na desnih diagramih, pa so simetrično porazdeljeni okrog premice z vrednostjo 0. Glede na grafične rezultate se smatra, da je metoda PTI ustrezna.



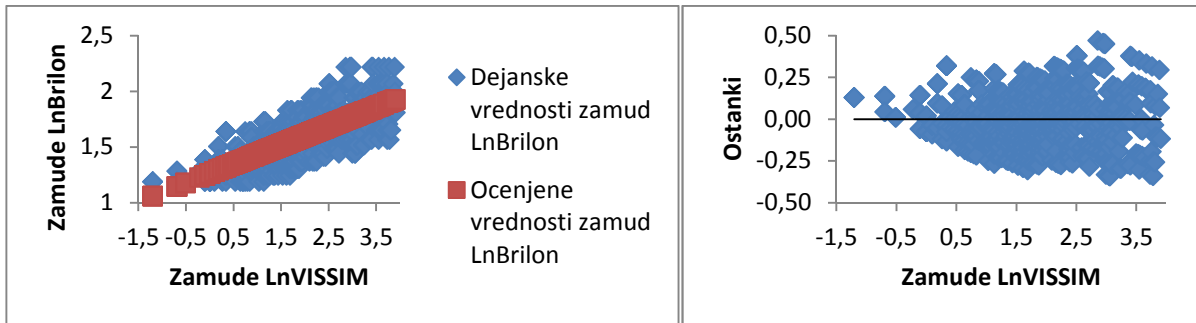
Slika 3.16: Razsevni diagram za logaritmirane zamude VISSIM in PTI z vrisano logaritmirano potenčno regresijsko krivuljo (levo) ter diagram ostankov (desno) za metodo PTI

Figure 3.16: The scatter diagram for VISSIM and PTI logarithmic delay with charted logarithmic power regression curve (left) and residuals plot for the PTI method (right)



Slika 3.17: Razsevni diagram za logaritmirane zamude VISSIM in Bovy z vrisano logaritmirano potenčno regresijsko krivuljo (levo) ter diagram ostankov (desno) za Bovyjev model

Figure 3.17: The scatter diagram for VISSIM and Bovy logarithmic delay with the charted logarithmic power regression curve (left) and residuals plot for the method Bovy (right)



Slika 3.18: Razsevni diagram za logaritmirane zamude VISSIM in Brilon z vrisano logaritmirano potenčno regresijsko krivuljo (levo) ter diagram ostankov (desno) za Brilonov model

Figure 3.18: The scatter diagram for VISSIM and Brilon logarithmic delay with the charted logarithmic power regression curve (left) and residuals plot for the method Brilon (right)

V preglednici 3.7 so prikazani povzetki rezultatov regresijske analize (ANOVA) za vse tri primere (metoda PTI ter Bovyjev in Brilonov model). Celotne preglednice analize ANOVA so priložene v prilogi B. Kvadrat determinacijskega koeficienta v primeru metode PTI znaša 0,747, kar pomeni, da je približno 75 % variabilnosti zamud PTI pojasnenih z zamudami VISSIM. Standardna napaka znaša 0,130, vrednost P pa znaša 0,000 in je manj kot 0,05, kar predstavlja mejno vrednost. Pri Bovyjevem modelu je v primerjavi z metodo PTI nekoliko manjša vrednost za standardno napako (0,106), Brilonov model pa ima najslabše rezultate (determinacijski koeficient je 0,523, standardna napaka pa 0,157). Glede na rezultate se smatra, da je regresijski model za metodo PTI ustrezen.

Preglednica 3.7: Rezultat regresijske analize za zamude pri metodi PTI ter Bovyjevem in Brilonovem modelu v primerjavi z rezultati simulacije prometa s programskim orodjem VISSIM

Table 3.7: Results of regression analysis for delays of PTI method and Bovy's and Brilon's model compare with the results of microscopic simulation using VISSIM software

	R^2	Standardna napaka	P-vrednost
Metoda PTI	0,747	0,130	0,000
Bovyjev model	0,713	0,106	0,000
Brilonov model	0,523	0,157	0,000

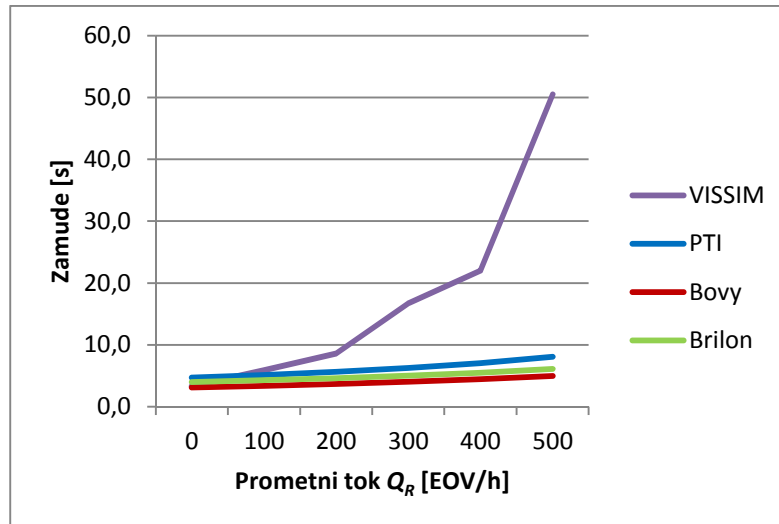
Glede na rezultate statistične analize vrednosti GEH in regresijske analize je metoda PTI ustrežna in je primerna za nadaljnjo uporabo.

V nadaljevanju je v obliki preglednic in diagramov prikazana analiza rezultatov nekaterih primerov. V vseh primerih je razvidno, da je kapaciteta, določena z metodo PTI, manjša od kapacitete določene z Bovyjevim in Brilonovim modelom. V primeru, ko narašča krožni (Q_R) ali uvozni (Q_E) prometni tok, zamude v vseh primerih naraščajo. Zamude simulacije prometa s programskim orodjem VISSIM so v vseh primerih največje, razen pri zelo majhnih obremenitvah (primer na sliki 3.20), sledijo zamude metode PTI, nato zamude Brilonovega modela, zamude določene z Bovyjevim modelom pa so v vseh primerih najmanjše. V primeru, ko izvozni prometni tok (Q_S) narašča ali ko narašča razdalja l_k , se vidi, da so zamude, določene z Brilonovim modelom, ves čas konstantne, medtem ko zamude, določene z ostalimi metodami, naraščajo (primer na sliki 3.20) oziroma padajo (primer na sliki 3.22).

Preglednica 3.8: Kapaciteta in zamude za konstantne vrednosti $Q_S = 400$ EO/h, $Q_E = 300$ EO/h in $l_k = 20$ m ter variacija Q_R od 0 do 500 EO/h

Table 3.8: The capacity and delays for the constant values of $Q_S = 400$ EO/h, $Q_E = 300$ EO/h and $l_k = 20$ m and variation of Q_R from 0 to 500 EO/h

Vhodni podatki				Kapaciteta			Zamude			
Q_R	Q_S	Q_E	l_k	PTI	Bovy	Brilon	VISSIM	PTI	Bovy	Brilon
0	400	300	20	1063	1450	1200	3,3	4,7	3,1	4,0
100	400	300	20	1001	1365	1140	5,9	5,1	3,4	4,3
200	400	300	20	938	1281	1079	8,6	5,6	3,7	4,6
300	400	300	20	875	1196	1017	16,7	6,3	4,0	5,0
400	400	300	20	811	1112	954	22,0	7,0	4,4	5,5
500	400	300	20	746	1027	891	50,5	8,1	4,9	6,1



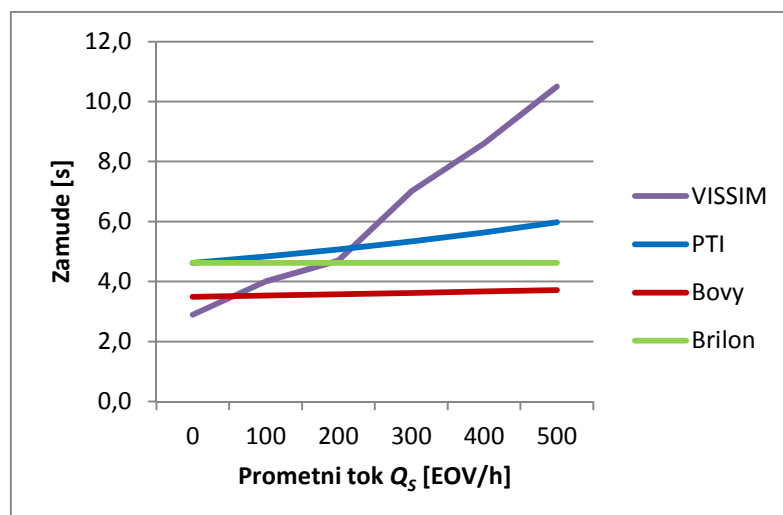
Slika 3.19: Diagram zamud za simulacijo prometa s programskim orodjem VISSIM, metodo PTI ter Bovyjev in Brilonov model v odvisnosti od krožnega prometnega toka Q_R

Figure 3.19: The diagram of average control delay in the traffic simulation with VISSIM, PTI method and Bovy's and Brilon's model as a function of circulating traffic volume Q_R

Preglednica 3.9: Kapaciteta in zamude za konstantne vrednosti $Q_R = 200$ EOV/h, $Q_E = 300$ EOV/h in $l_k = 20$ m ter variacija Q_S od 0 do 500 EOV/h

Table 3.9: The capacity and delays for the constant values of $Q_R = 200$ EOV/h, $Q_E = 300$ EOV/h and $l_k = 20$ m and variation of Q_S from 0 to 500 EOV/h

Vhodni podatki				Kapaciteta			Zamude			
Q_R	Q_S	Q_E	l_k	PTI	Bovy	Brilon	VISSIM	PTI	Bovy	Brilon
200	0	300	20	1079	1331	1079	2,9	4,6	3,5	4,6
200	100	300	20	1044	1319	1079	4,0	4,8	3,5	4,6
200	200	300	20	1009	1306	1079	4,7	5,1	3,6	4,6
200	300	300	20	974	1293	1079	7,0	5,3	3,6	4,6
200	400	300	20	938	1281	1079	8,6	5,6	3,7	4,6
200	500	300	20	902	1268	1079	10,5	6,0	3,7	4,6



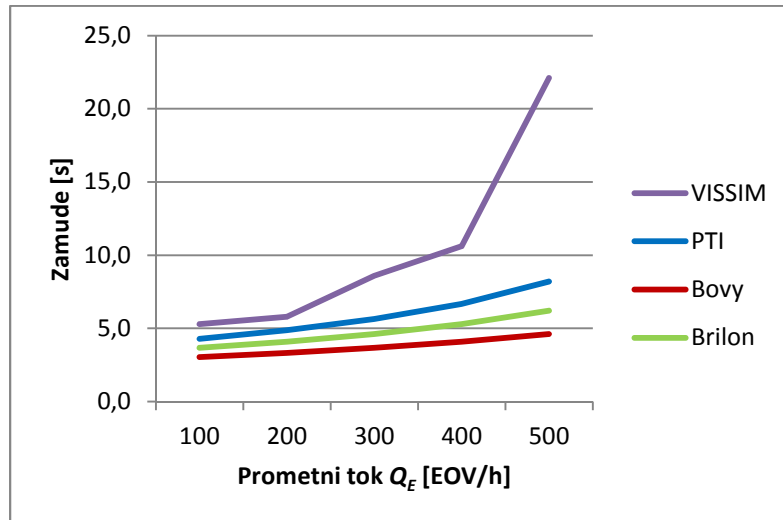
Slika 3.20: Diagram zamud za simulacijo prometa s programskim orodjem VISSIM, metodo PTI ter Bovyjev in Brilonov model v odvisnosti od izvoznega prometnega toka Q_S

Figure 3.20: The diagram of average control delay in the traffic simulation with VISSIM, PTI method and Bovy's and Brilon's model as a function of exiting traffic volume Q_S

Preglednica 3.10: Kapaciteta in zamude za konstantne vrednosti $Q_R = 200$ EOV/h, $Q_S = 400$ EOV/h in $l_k = 20$ m ter variacija Q_E od 100 do 500 EOV/h

Table 3.10: The capacity and delays for the constant values of $Q_R = 200$ EOV/h, $Q_S = 400$ EOV/h and $l_k = 20$ m and variation of Q_E from 100 to 500 EOV/h

Vhodni podatki				Kapaciteta			Zamude			
Q_R	Q_S	Q_E	l_k	PTI	Bovy	Brilon	VISSIM	PTI	Bovy	Brilon
200	400	100	20	938	1281	1079	5,3	4,3	3,0	3,7
200	400	200	20	938	1281	1079	5,8	4,9	3,3	4,1
200	400	300	20	938	1281	1079	8,6	5,6	3,7	4,6
200	400	400	20	938	1281	1079	10,6	6,7	4,1	5,3
200	400	500	20	938	1281	1079	22,1	8,2	4,6	6,2
200	400	100	20	938	1281	1079	5,3	4,3	3,0	3,7



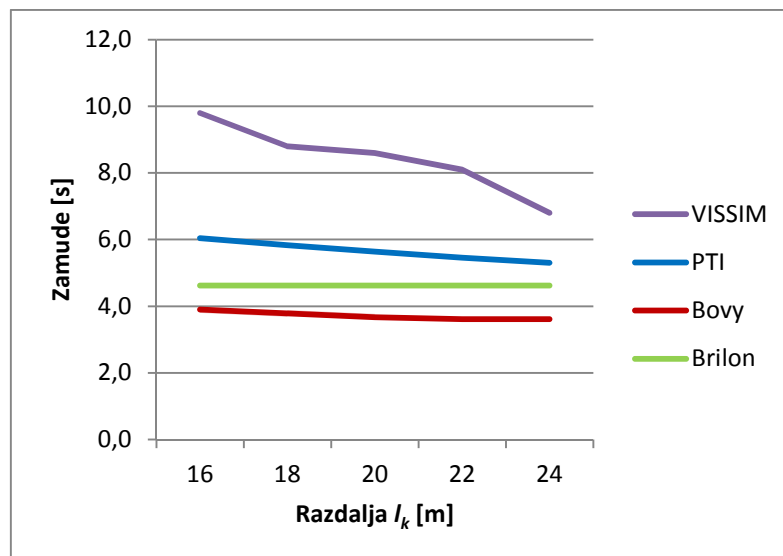
Slika 3.21: Diagram zamud za simulacijo prometa s programskim orodjem VISSIM, metodo PTI ter Bovyjev in Brilonov model v odvisnosti od uvoznega prometnega toka Q_E

Figure 3.21: The diagram of average control delay in the traffic simulation with VISSIM, PTI method and Bovy's and Brilon's model as a function of entering traffic volume Q_E

Preglednica 3.11: Kapaciteta in zamude za konstantne vrednosti $Q_R = 200$ EOV/h, $Q_S = 400$ EOV/h in $Q_E = 300$ EOV/h ter variacija l_k od 16 m do 24 m

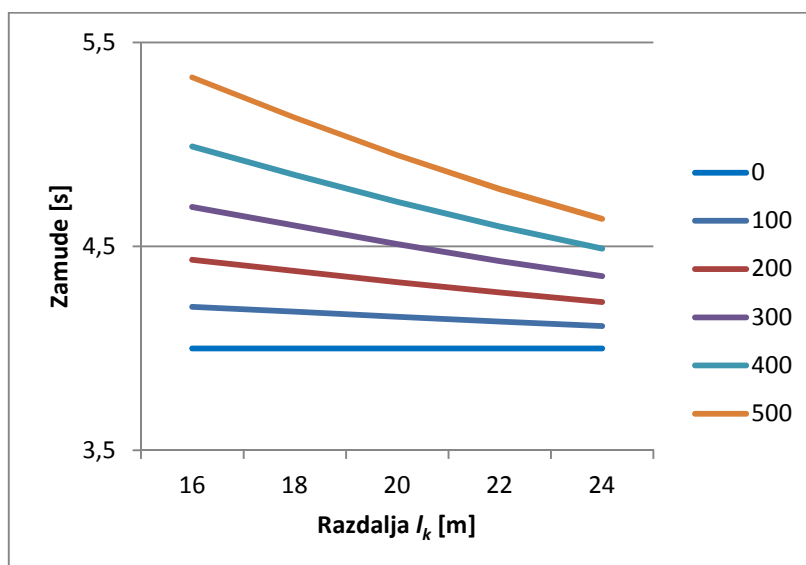
Table 3.11: The capacity and delays for the constant values of $Q_R = 200$ EOV/h, $Q_S = 400$ EOV/h and $Q_E = 300$ EOV/h and variation of l_k from 16 m to 24 m

Vhodni podatki				Kapaciteta			Zamude			
Q_R	Q_S	Q_E	l_k	PTI	Bovy	Brilon	VISSIM	PTI	Bovy	Brilon
200	400	300	16	896	1221	1079	9,8	6,0	3,9	4,6
200	400	300	18	917	1251	1079	8,8	5,8	3,8	4,6
200	400	300	20	938	1281	1079	8,6	5,6	3,7	4,6
200	400	300	22	959	1296	1079	8,1	5,5	3,6	4,6
200	400	300	24	978	1296	1079	6,8	5,3	3,6	4,6



Slika 3.22: Diagram zamud za simulacijo prometa s programskim orodjem VISSIM, metodo PTI ter Bovyjev in Brilonov model v odvisnosti od razdalje l_k

Figure 3.22: The diagram of average control delay in the traffic simulation with VISSIM, PTI method and Bovy's and Brilon's model as a function of distance l_k



Slika 3.23: Diagram zamud pri metodi PTI za različne vrednosti izvoznega toka Q_S [EOV/h] v odvisnosti od razdalje l_k , pri vrednosti $Q_R = 0$ EOV/h in $Q_E = 300$ EOV/h

Figure 3.23: The diagram of average control delay at PTI method as a function of distance l_k at the constant value $Q_R = 0$ PCU/h and $Q_E = 300$ PCU/h

Na sliki 3.23, kjer so prikazane zamude za različne vrednosti Q_S pri metodi PTI v odvisnosti od razdalje l_k , pri čemer sta Q_R in Q_E konstantni vrednosti, se vidi, da se zamude zmanjšujejo

s povečevanjem razdalje l_k . Pri vrednosti $Q_S = 0$ EO/h pa je zamuda konstantna za vse vrednosti l_k .

3.3 Ugotovitve

Predpostavljena metoda PTI je razvita z namenom, da se model sprejemljive časovne praznine nadgradi z upoštevanjem izvoznega prometnega toka. Za osnovo je uporabljen Brilonov model, izvozni tok pa je upoštevan v odvisnosti od širine otoka l_o med uvoznim in izvoznim pasom ter od mejne časovne praznine, ki je porazdeljena z Erlangovo verjetnostno funkcijo s parametrom $\alpha = 5$.

Metoda PTI je preizkušena na preprostem enopasovnem krožnem križišču z enopasovnim uvozom in izvozom ter primerjana z uveljavljenima modeloma, in sicer z Brilonovim in Bovyjevim modelom. S pomočjo enačbe za izračun povprečnih zamud, so iz kapacitete določene zamude, ki pa so primerjane z rezultati mikroskopske simulacije s programskim orodjem VISSIM.

Glede na vse predpostavke, ki so upoštevane pri izpeljavi metode PTI ter pri poizkusu na primeru, so podane naslednje ugotovitve:

- a) Ideja za upoštevanje izvoznega toka pri določitvi kapacitete krožnega križišča izhaja iz dejstva, da le del voznikov spoštuje pravilo, da se pri vožnji iz krožnega križišča nakaže svojo namero z desnimi utripalkami. V metodi PTI se vsa vozila obravnava enako, in sicer je predpostavljeno, da noben voznik ne nakaže svojega izvoza iz krožnega križišča z utripalkami. V primeru, da voznik z utripalkami nakaže svojo pot iz krožnega križišča in je mejna časovna praznina večja od časa potrebnega za vožnjo od izvozne točke do točke uvoza, potem po metodi PTI na kapaciteto uvoza vpliva tudi to vozilo, ki izvaža iz krožnega križišča, kljub temu da je svojo namero nakazal z utripalkami. V metodi PTI bi bilo torej potrebno upoštevati delež vozil, ki z utripalkami nakažejo izvoz iz križišča in teh dejansko ne upoštevati kot konfliktni tok. Delež teh vozil bi se lahko določil s terenskimi raziskavami.
- b) Osnova za izpeljavo metode PTI je Brilonov model. Poleg uporabljenega Brilonovega modela bi bil lahko uporabljen tudi model HCM.
- c) Mejna časovna praznina je porazdeljena z Erlangovo verjetnostno funkcijo s parametrom $\alpha = 5$. Namesto Erlangove funkcije bi bila lahko tudi katera koli druga, na primer negativna eksponentna funkcija ali logaritemska normalna porazdelitev. Odločitev za Erlangovo porazdelitveno funkcijo izhaja iz teorije, ki je prikazana v članku »A universal procedure for capacity determination at unsignalized (priority-controlled)

intersection« (Wu, 2001). Vrednost parametra α izhaja iz članka »Useful Estimation Procedures for Critical Gaps« (Brilon, König, in Troutbeck, 1997), vendar je lahko tudi drugačna.

- d) Oblika in velikost krožnega križišča nima vpliva, saj je dejansko pomembna samo razdalja med konfliktnima točkama. V primeru je preverjenih 5 različnih dolžin krožnega loka od izvozne konfliktna točke do uvozne konfliktna točke, pri čemer je pri hitrosti vozila 25 km/h čas vožnje pri najkrajši razdalji 2,3 s, kar je manj kot je uporabljen povprečni mejni časovni razmak (3,3 s), pri najdaljši razdalji pa je čas vožnje 3,5 s, kar je več kot je uporabljen povprečni mejni časovni razmak. Pri upoštevanju drugačne hitrosti vozil v krožnem križišču bi bile tudi vrednosti časa vožnje med konfliktnima točkama drugačne.
- e) Simulacija v programskem orodju VISSIM je izvedena pri enakih pogojih, kot so predpostavke pri metodi PTI: velikost in oblika krožnega križišča, Erlangova porazdelitev mejne časovne praznine s parametrom $\alpha = 5$, hitrost vozil v krožnem križišču, prometne obremenitve. Če bi bile pri izračunu z metodo PTI drugačne predpostavke, bi bile te upoštevane tudi pri simulaciji s programskim orodjem VISSIM.

Glede na sliki 3.13 in 3.14 na prvi pogled izgleda, da se rezultati metode PTI in simulacije prometa s programskim orodjem VISSIM ne ujemajo. Zamude pri simulaciji prometa s programskim orodjem VISSIM so v prvih 200 primerih manjše od metode PTI, v zadnjih 200 primerih pa so zamude pri simulaciji prometa s programskim orodjem VISSIM večje od ostalih metod.

Na sliki 2.11, kjer so prikazani rezultati kapacitete za različne metode in programska orodja, se vidi, da je pri obremenitvah konfliktnega prometnega toka manjšega od 400 voz/h krivulja maksimalnega prometnega toka na uvozu za VISSIM nad vsemi ostalimi. Ravno obratno pa je pri konfliktnem prometnem toku nad 800 voz/h, kjer pa so rezultati za kapaciteto določeni s programskim orodjem VISSIM pod povprečjem ostalih metod in je po vsej verjetnosti kapaciteta pri teh obremenitvah za VISSIM nekoliko premajhna. Iz tega se lahko sklepa, da so rezultati simulacije s programskim orodjem VISSIM najbolj realni oziroma so v območju povprečja vseh ostalih metod samo v delu od 400 do 800 voz/h, kar pa je tudi območje pri metodi PTI, ki se najbolj prilagaja rezultatom VISSIM, če se primerja zamude (slika 3.12).

Kljub zgornji razlagi pa zamude, dobljene pri simulaciji prometa s programskim orodjem VISSIM, pri zelo majhnem konfliktnem prometnem toku znašajo približno 0 s, kar je bolj logično, kot pa rezultati pri ostalih metodah, kjer znašajo približno 3 s.

Kljub tem razlikam pri zamudah, dobljenih pri simulaciji prometa s programskim orodjem VISSIM ter ostalih metodah (PTI, Brilon in Bovy), pa je rezultat zanesljivosti in verodostojnosti dober, pri čemer so iz preveritve izločeni primeri, ko znaša zamuda več kot 50 s/voz, saj je v tem primeru kapaciteta že presežena oziroma je nivo uslug že F. Preveritev zanesljivosti in verodostojnosti metode PTI je narejena s statistično analizo vrednosti GEH in regresijsko analizo. Vrednost GEH je pri metodi PTI v 38 primerih od 835 večja od 5, kar pomeni, da je v 95,8 % primerov vrednost $GEH < 5$. Pri regresijski analizi kvadrat determinacijskega koeficienta znaša 0,747, kar pomeni, da je približno 75% variabilnosti zamud PTI pojasnjenih z zamudami VISSIM.

Metoda PTI se glede na rezultate bolje približa rezultatom simulacije prometa s programskim orodjem VISSIM, zato se lahko reče, da je metoda PTI nadgradnja Brilonovega modela, ki poleg spremenljivih časovnih praznin upošteva tudi izvozni prometni tok, ki ga Brilonov model ne, in je zato mogoče trditi, da je metoda PTI boljša od Brilonovega modela.

Glede na rezultate prikazane na sliki 3.23, kjer so prikazane zamude za različne vrednosti Q_S pri metodi PTI v odvisnosti od razdalje l_K , pri čemer sta Q_R in Q_E konstantni vrednosti, se razbere, da se zamude zmanjšujejo s povečevanjem razdalje l_K . Podoben diagram poteka zamud je tudi v primeru drugih vrednosti prometnega toka Q_R in Q_E . Hipoteza, da se vpliv izvoznega toka zmanjšuje s povečevanjem razdalje, ki jo mora voznik prevoziti od točke izvoza do točke uvoza, je potrjena.

Dokaz za drugo hipotezo, ki pravi, da je kapaciteta izračunana z metodo PTI manjša od kapacitete določene z Brilonovim modelom, je razviden iz preglednic od 3.8 do 3.11. V vseh primerih je namreč kapaciteta določena z metodo PTI manjša od kapacitete določene z Brilonovim modelom. Kapaciteti sta enaki le v primeru, ko je izvozni prometni tok $Q_S = 0$ EOV/h (razvidno iz preglednice 3.9). Iz kapacitete so z enako enačbo za vse primere določene zamude. Iz slik od 3.19 do 3.22 je razvidno, da so zamude metode PTI v vseh primerih večje od zamud Brilonovega modela, zamude dobljene s simulacijo prometa s programskim orodjem VISSIM, pa so najvišje, razen v primeru majhnih prometnih obremenitev. Vrednosti zamud metode PTI so v primerjavi z vrednostmi zamud Brilonovega modela tako bližje zamudam VISSIM.

Hipoteza, da je kapaciteta izračunana po metodi PTI manjša od kapacitete določene z Brilonovim modelom oziroma da so zamude, določene iz kapacitete, izračunane po metodi PTI, večje od zamud, izračunane po Brilonovem modelu, in da so hkrati zamude, določene z

metodo PTI bližje rezultatom simulacije prometa s programskim orodjem VISSIM, je tako lahko tudi potrjena.

4 PRIMERJAVA KAPACITETE MED KLASIČNIM IN TURBO KROŽNIM KRIŽIŠČEM

4.1 Namen in cilj primerjave

Hipoteza je namreč bila, da ima izvozni tok pri klasičnih Namen primerjave kapacitete med klasičnim in turbo krožnim križiščem je uporaba metode PTI pri izračunu dvopasovnega klasičnega in turbo krožnega križišča. Cilj je primerjava rezultatov kapacitete, in sicer določene enkrat z Brilonovim modelom, drugič pa z metodo PTI, in s tem pokazati, kakšen vpliv ima izvozni tok pri klasičnem krožnem križišču v primerjavi s turbo krožnim križiščem. krožnih križiščih zaradi geometrije križišča večji vpliv na kapaciteto, določeno z metodo PTI, kot pri turbo krožnih križiščih, kar pomeni, da je razlika med kapaciteto, izračunano z Brilonovim modelom in metodo PTI, večja pri klasičnem krožnem križišču kot pri turbo krožnem križišču.

4.2 Vhodni podatki

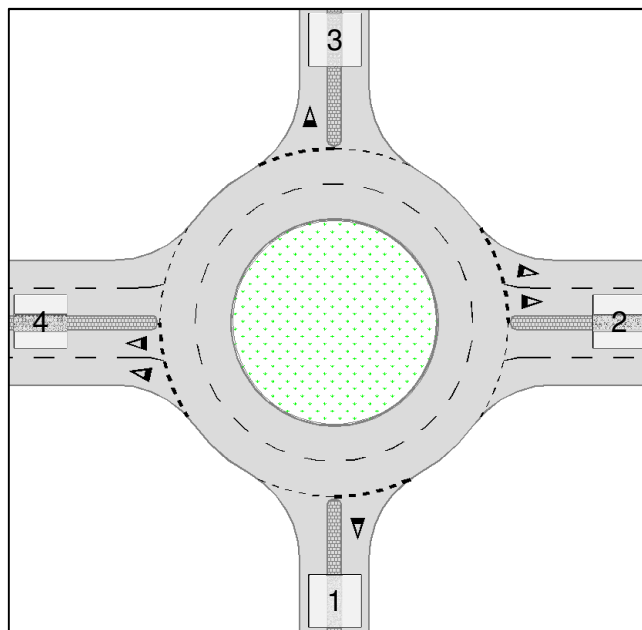
4.2.1 Oblika krožnega križišča

Obravnavano je dvopasovno krožno križišče, in sicer:

- klasično krožno križišče (slika 4.1),
- turbo krožno križišče (slika 4.2).

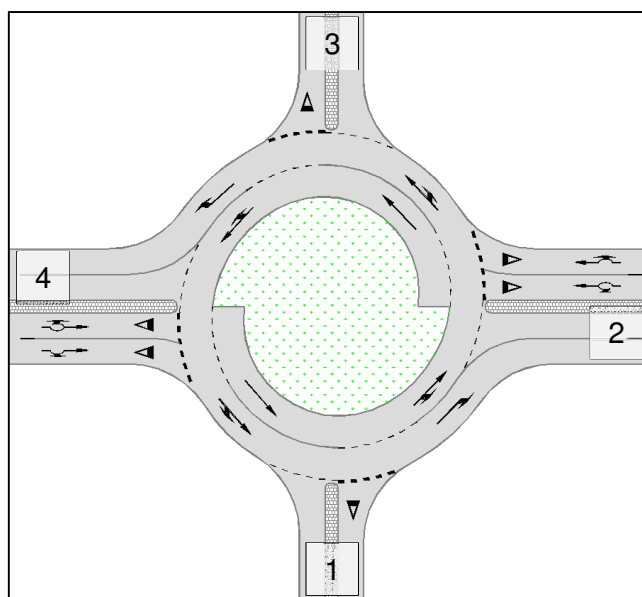
Glavna lastnost turbo krožnega križišča je fizična ločenost prometnih tokov. Prometna tokova se fizično ločita že pred uvozom v krožno križišče, ločena sta na krožnem vozišču in ločeno sta vodena tudi na izvozu iz krožnega križišča. Fizična ločenost vozniških pasov je prekinjena le na mestih predvidenega uvoza (notranji krožni prometni pas) v krožno križišče (Tolazzi, 2006).

Oba primera obravnavata dvopasovno krožno križišče. Glavna smer poteka v smeri vzhod – zahod (2 in 4), kjer sta po dva vozna pasova na uvozu oziroma izvozu, stranska smer pa v smeri sever – jug (3 in 1) in ima po en vozni pas na uvozu in izvozu. Turbo krožno križišče je jajčaste oblike.



Slika 4.1: Oblika klasičnega krožnega križišča uporabljenega v primeru

Figure 4.1: The form of the classic roundabout in the tested example



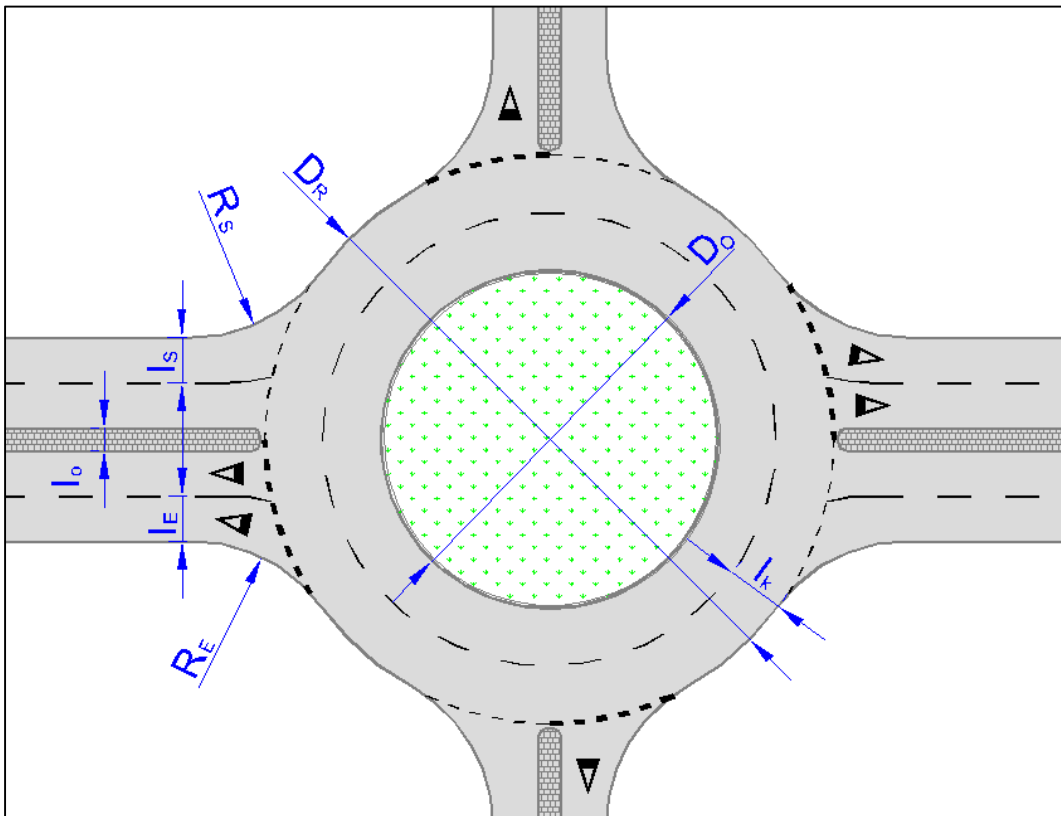
Slika 4.2: Oblika turbo krožnega križišča uporabljenega v primeru

Figure 4.2: The form of the turbo roundabout in the tested example

Križišče je po velikosti srednje veliko dvopasovno krožno križišče. Projektno-tehnični elementi so v priporočenih mejah, ki izhajajo iz prometno-tehničnih ali varnostnih vidikov (TSC, 2010). Dimenzije krožnega križišča, prikazane na sliki 4.3, so naslednje:

- zunanji premer $D_R = 50$ m,
- notranji premer $D_O = 30$ m,

- širina krožnega vozišča $l_k = 5$ m,
- širina uvoznega in izvoznega voznega pasu $l_E = l_S = 4$ m,
- uvozni radij $R_E = 14$ m,
- izvozni radij $R_S = 14$ m,
- širina ločilnega otoka $l_o = 2$ m.



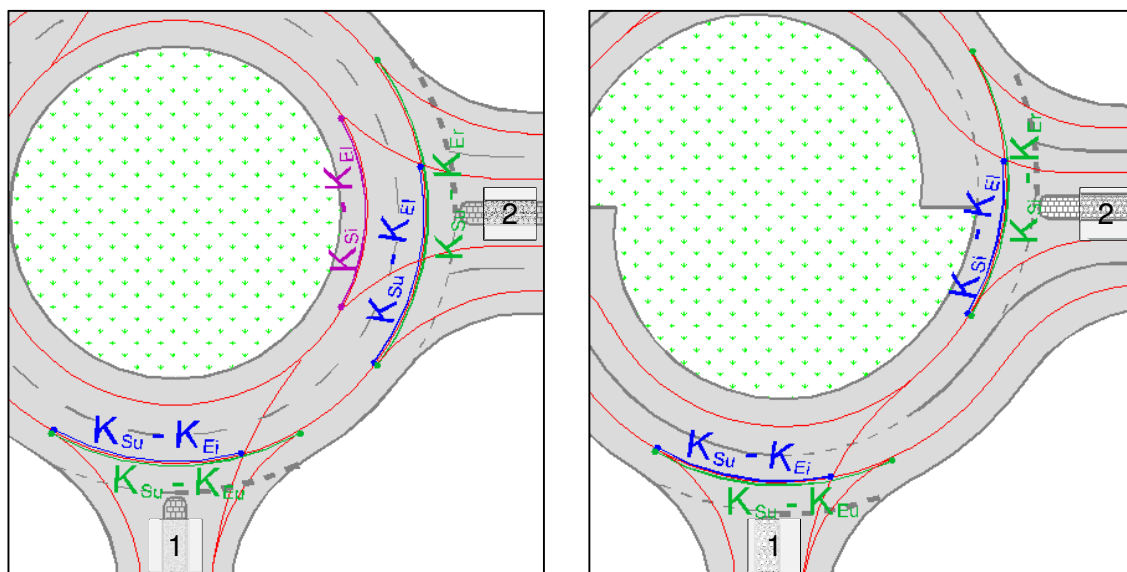
Slika 4.3: Dimenzije osnovnih elementov krožnega križišča

Figure 4.3: Dimensions of basic elements of roundabouts

Pri izračunu kapacitete z metodo PTI je v smislu geometrije ključnega pomena dolžina med konfliktno točko izvoza K_S in točko uvoza K_E . Vsi primeri, ki so v nadaljevanju uporabljeni pri izračunu kapacitete pri klasičnem in turbo krožnem križišču, so prikazani v preglednici 4.1. Razdalje so določene s pomočjo programskega orodja AutoCAD, s katerim sta bili obe obravnavani križišči tudi narisani. Poleg razdalje je v preglednici izračunan še čas, potreben za vožnjo od ene do druge točke, pri čemer je predpostavljeno, da je hitrost vožnje v krožnem križišču 25 km/h.

Pri določitvi konfliktnih točk je upoštevano, da pri klasičnem krožnem križišču vozila ne izvažajo na enopasovni izvoz (krak 1 in 3) z notranjega krožnega pasu, ampak se morajo vozila najprej razvrstiti na zunanji krožni pas, nato šele lahko zapeljejo na izvozni krak (4.

točka, 60. člena ZPrCP, 2010). V primeru dvopasovnega izvoza (krak 2 in 4), pa je izvažanje z notranjega voznega pasu možno.



Slika 4.4: Prikaz konfliktnih točk in razdalje med njimi na klasičnem (levo) in turbo (desno) krožnem križišču

Figure 4.4: The definition of conflict points and distance between points for the classic (on the left) and the turbo (on the right) roundabout

Preglednica 4.1: Razdalje l_K in časi t_K potrebni za prevoz razdalje med točko izvoza K_S in točko uvoza K_E pri klasičnem in turbo krožnem križišču pri upoštevanju hitrosti vožnje v krožnem križišču 25 km/h

Table 4.1: Lengths l_K and driving times t_K needed from the exit K_S and entry K_E conflict point in the case of speed on the roundabout of 25 km/h for classic and turbo roundabout

Smer	Točke	Klasično krožno križišče		Turbo krožno križišče	
		Razdalja l_K [m]	Čas t_K [s]	Razdalja l_K [m]	Čas t_K [s]
1 in 3	$K_{Su} - K_{Ei}$	16,1	2,3	16,1	2,3
	$K_{Su} - K_{Eu}$	21,8	3,1	21,8	3,1
2 in 4	$K_{Si} - K_{Ei}$	20,0	2,9	24,6	3,5
	$K_{Si} - K_{Er}$	/	/	14,3	2,1
	$K_{Su} - K_{Ei}$	17,5	2,5	/	/
	$K_{Su} - K_{Er}$	27,6	4,0	/	/

4.2.2 Prometne obremenitve

Prometne obremenitve uporabljene v primeru so prikazane v O-D matriki v preglednici 4.2. Predpostavljeno je, da so obremenitve enake na smeri 1 in 3 ter smeri 2 in 4, ter da so enake za leve in desne zavijalce ločeno po smereh. Na glavni smeri je tako vsakih zavijalcev posebej 10 % ter naravnost vozečih vozil 80 %, na stranski smeri pa je 45 % levih in desnih zavijalcev ter 10 % naravnost vozečih vozil.

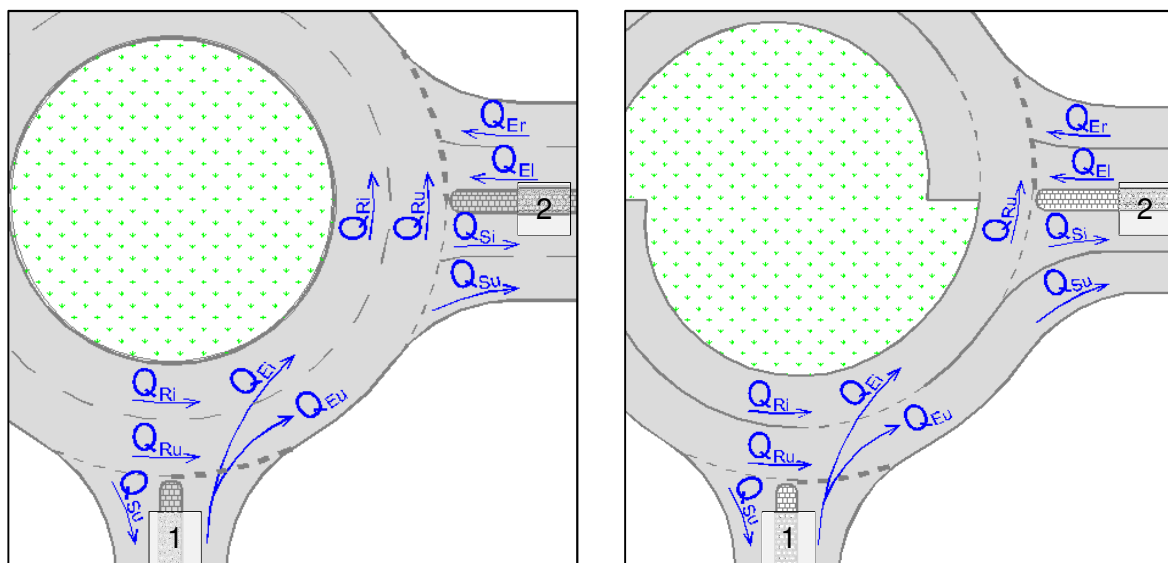
Preglednica 4.2: O-D matrika prometnih obremenitev

Table 4.2: O-D traffic matrix

Uvoz\izvoz	1	2	3	4
1	0	0,45	0,10	0,45
2	0,10	0	0,10	0,80
3	0,10	0,45	0	0,45
4	0,10	0,80	0,10	0

Pri matriki se upošteva, da se prometne obremenitve množijo z α pri uvozu 1 in 3 ter z β pri uvozu 2 in 4. Pri izračunu je upoštevana vrednost $\alpha = \beta = n \cdot 100$, pri čemer je $n \in \mathbb{N}$. Prometne obremenitve so podane v ekvivalentu osebnega vozila (EOV).

Oznake prometnih tokov po smereh glede na prometni pas so prikazane na sliki 4.5, razdelitev pa je prikazana v preglednici 4.3. Pri turbo krožnem križišču je predpostavljeno, da je na smeri 2 in 4 razdelitev med levim in desnim pasom za vozila, ki vozijo naravnost, v razmerju 40 : 60 (Mauro in Branco, 2010). V klasičnem krožnem križišču je razmerje manjše, saj je znano, da v večpasovnih klasičnih krožnih križiščih manj voznikov uporablja notranji vozni pas oziroma je zunanji pas atraktivnejši (Yperman in Immers, 2003).



Slika 4.5: Prikaz prometnih tokov na klasičnem (levo) in turbo (desno) krožnem križišču

Figure 4.5: The definition of traffic flows for the classic (on the left) and the turbo (on the right) roundabout

Preglednica 4.3: Razdelitev prometnih tokov glede na prometni pas

Table 4.3: The distribution of traffic flows according to the traffic lane

Smer	Prometni tok	Klasično krožno križišče			Turbo krožno križišče		
		desno	naravnost	levo	desno	naravnost	levo
1 in 3	Q_{Ei}	0	0,1	0,25	0	1	1
	Q_{Eu}	1	0,9	0,75	1	0	0
2 in 4	Q_{Ei}	0	0,2	0,3	0	0,4	1
	Q_{Er}	1	0,8	0,7	1	0,6	0

4.2.3 Časovne praznine

Pri izračunu kapacitete z Brilonovim modelom in metodo PTI so potrebne tudi vrednosti časovnih praznin. Vrednost mejne časovne praznine t_c je enaka kot v prejšnjem poglavju, torej 3,3 s. Vrednosti časovne praznine sledenja t_f in minimalne časovne praznine med vozili v krožnem toku t_{min} , pa so za turbo krožno križišče privzete iz članka o primerjavi klasičnega in turbo krožnega križišča (Mauro in Branco, 2010) ter so različne glede na prometni pas. Enake vrednosti so za podoben primer vključevanja v krožno križišče uporabljene tudi pri klasičnem krožnem križišču.

Preglednica 4.4: Vrednosti mejne časovne praznine t_c , časovne praznine sledenja t_f in minimalne časovne praznine med vozili v krožnem toku t_{min}

Table 4.4: The time values of the critical gap t_c , move-up time t_f and minimum gap between two vehicles driving in succession t_{min}

Smer	Prometni tok	Klasično krožno križišče			Turbo krožno križišče		
		t_c [s]	t_f [s]	t_{min} [s]	t_c [s]	t_f [s]	t_{min} [s]
1 in 3	Q_{Ei}	3,3	3,0	1,0	3,3	3,0	1,0
	Q_{Eu}	3,3	2,6	2,0	3,3	2,6	2,0
2 in 4	Q_{Ei}	3,3	3,0	1,0	3,3	2,6	2,0
	Q_{Er}	3,3	2,6	2,0	3,3	2,6	2,0

4.3 Izračun kapacitete

Izračun kapacitete je izdelan za štiri primere:

- klasično krožno križišče, Brilonov model;
- turbo krožno križišče, Brilonov model;
- klasično krožno križišče, metoda PTI;
- turbo krožno križišče, metoda PTI.

4.3.1 Brilonov model

Pri izračunu z Brilonovim modelom je uporabljena splošna enačba (46), pri čemer je za turbo krožno križišče določena ločeno po smereh, kot je uporabljeno v članku o primerjavi klasičnega in turbo krožnega križišča (Mauro in Branco, 2010). Na enak način je določena kapaciteta tudi za klasično krožno križišče. V preglednici 4.5 in 4.6 so prikazane enačbe za posamezni prometni pas ter enačba za izračun skupne kapacitete uvoza.

Enačbe za posamezno smer in prometni pas se razlikujejo v vrednostih konfliktnega toka Q_R , vrednostmi časovnih praznin t_c , t_{min} in t_f ter številu krožnih pasov v krožnem križišču n_c .

Preglednica 4.5: Enačbe za izračun kapacitete C_E^B z Brilonovim modelom za klasično krožno križišče

Table 4.5: Equations for the classic roundabout capacity C_E^B with Brilon's model

Smer	Kapaciteta posameznega pasu	Kapaciteta uvoza
1 in 3	$C_{Ei}^B = 3600 \cdot \left(1 - \frac{1 \cdot (Q_{Ru} + Q_{Ri})}{2 \cdot 3600}\right)^2 \cdot \frac{1}{3} \cdot e^{-\frac{(Q_{Ru} + Q_{Ri})}{3600} \cdot (3,3 - \frac{3}{2} - 1)}$	$C_E = \frac{Q_{Ei} + Q_{Eu}}{\frac{Q_{Ei}}{C_{Ei}} + \frac{Q_{Eu}}{C_{Eu}}}$
	$C_{Eu}^B = 3600 \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot Q_{Ru}}{1 \cdot 3600}\right)^1 \cdot \frac{1}{2,6} \cdot e^{-\frac{Q_{Ru}}{3600} \cdot (3,3 - \frac{2,6}{2} - 2)}$	
2 in 4	$C_{El}^B = 3600 \cdot \left(1 - \frac{1 \cdot (Q_{Ru} + Q_{Ri})}{2 \cdot 3600}\right)^2 \cdot \frac{1}{3} \cdot e^{-\frac{(Q_{Ru} + Q_{Ri})}{3600} \cdot (3,3 - \frac{3}{2} - 1)}$	$C_E = C_{El} + C_{Er}$
	$C_{Er}^B = 3600 \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot Q_{Ru}}{1 \cdot 3600}\right)^1 \cdot \frac{1}{2,6} \cdot e^{-\frac{Q_{Ru}}{3600} \cdot (3,3 - \frac{2,6}{2} - 2)}$	

Preglednica 4.6: Enačbe za izračun kapacitete C_E^B z Brilonovim modelom za turbo krožno križišče

Table 4.6: Equations for the turbo roundabout capacity C_E^B with Brilon's model

Smer	Kapaciteta posameznega pasu	Kapaciteta uvoza
1 in 3	$C_{Ei}^B = 3600 \cdot \left(1 - \frac{1 \cdot (Q_{Ru} + Q_{Ri})}{2 \cdot 3600}\right)^2 \cdot \frac{1}{3} \cdot e^{-\frac{(Q_{Ru} + Q_{Ri})}{3600} \cdot (3,3 - \frac{3}{2} - 1)}$	$C_E = \frac{Q_{Ei} + Q_{Eu}}{\frac{Q_{Ei}}{C_{Ei}} + \frac{Q_{Eu}}{C_{Eu}}}$
	$C_{Eu}^B = 3600 \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot Q_{Ru}}{1 \cdot 3600}\right)^1 \cdot \frac{1}{2,6} \cdot e^{-\frac{Q_{Ru}}{3600} \cdot (3,3 - \frac{2,6}{2} - 2)}$	
2 in 4	$C_{El}^B = 3600 \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot Q_{Ru}}{1 \cdot 3600}\right)^1 \cdot \frac{1}{2,6} \cdot e^{-\frac{Q_{Ru}}{3600} \cdot (3,3 - \frac{2,6}{2} - 2)}$	$C_E = C_{El} + C_{Er}$
	$C_{Er}^B = 3600 \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot Q_{Ru}}{1 \cdot 3600}\right)^1 \cdot \frac{1}{2,6} \cdot e^{-\frac{Q_{Ru}}{3600} \cdot (3,3 - \frac{2,6}{2} - 2)}$	

4.3.2 Metoda PTI

Pri metodi PTI na kapaciteto poleg krožnega toka vpliva tudi izvozni tok. Grafični prikaz z opisom konfliktnih tokov za posamezni primer je prikazan v preglednicah 4.7 in 4.8, razdalje med konfliktnimi točkami pa so prikazane na sliki 4.4.

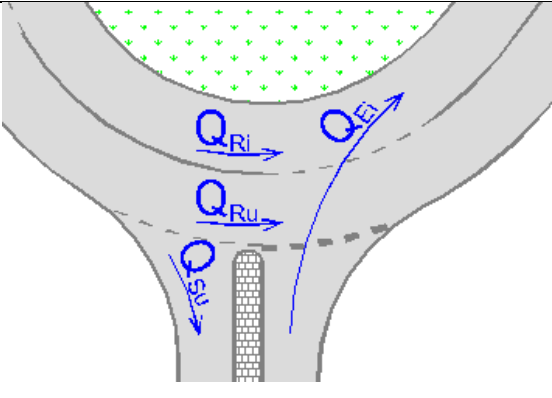
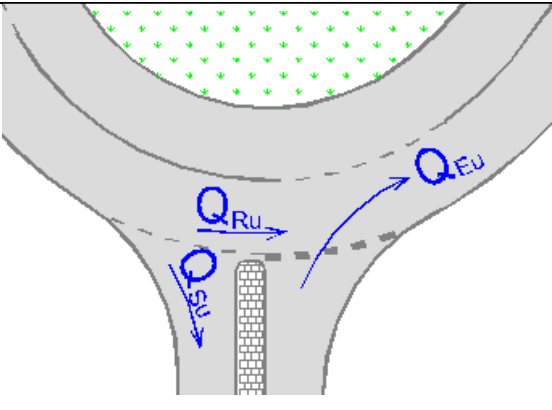
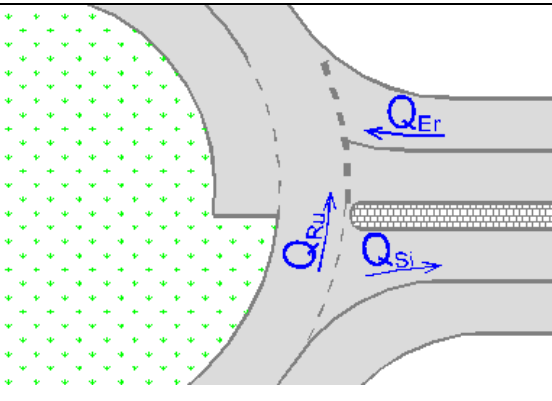
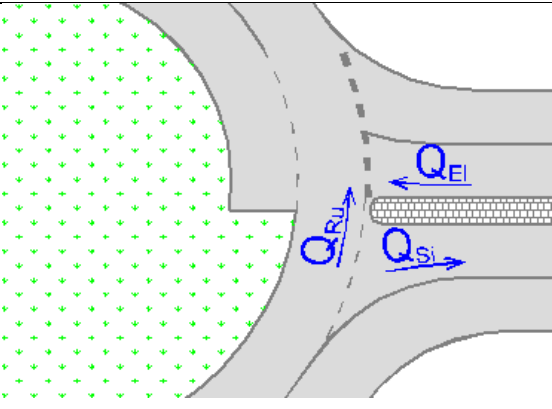
Preglednica 4.7: Konfliktni prometni tokovi pri klasičnem krožnem križišču

Table 4.7: Conflicting traffic flows on the classic roundabout

Smer	Prometni tok	Grafični prikaz
1 in 3	<p>C_{Ei}</p> <ul style="list-style-type: none"> - krožni prometni tok: Q_{Ri} in Q_{Ru} - izvozni prometni tok: Q_{Su} - razdalja med točko izvoza in točko uvoza: $K_{Su} - K_{Ei}$ 	
	<p>C_{Eu}</p> <ul style="list-style-type: none"> - krožni prometni tok: Q_{Ru} - izvozni prometni tok: Q_{Su} - razdalja med točko izvoza in točko uvoza: $K_{Su} - K_{Eu}$ 	
2 in 4	<p>C_{Ei}</p> <ul style="list-style-type: none"> - krožni prometni tok: Q_{Ri} in Q_{Ru} - izvozni prometni tok: Q_{Si} in Q_{Su} - razdalja med točko izvoza in točko uvoza: $K_{Si} - K_{Ei}$ in $K_{Su} - K_{Ei}$ 	
	<p>C_{Er}</p> <ul style="list-style-type: none"> - krožni prometni tok: Q_{Ru} - izvozni prometni tok: Q_{Su} - razdalja med točko izvoza in točko uvoza: $K_{Su} - K_{Er}$ 	

Preglednica 4.8: Konfliktni prometni tokovi pri turbo krožnem križišču

Table 4.8: Conflicting traffic flows on the turbo roundabout

Smer	Prometni tok	Grafični prikaz
1 in 3	<p>C_{Ei}</p> <ul style="list-style-type: none"> - krožni prometni tok: Q_{Ri} in Q_{Ru} - izvozni prometni tok: Q_{Su} - razdalja med točko izvoza in točko uvoza: $K_{Su} - K_{Ei}$ 	
	<p>C_{Eu}</p> <ul style="list-style-type: none"> - krožni prometni tok: Q_{Ru} - izvozni prometni tok: Q_{Su} - razdalja med točko izvoza in točko uvoza: $K_{Su} - K_{Eu}$ 	
2 in 4	<p>C_{Ei}</p> <ul style="list-style-type: none"> - krožni prometni tok: Q_{Ru} - izvozni prometni tok: Q_{Si} - razdalja med točko izvoza in točko uvoza: $K_{Si} - K_{Ei}$ 	
	<p>C_{Er}</p> <ul style="list-style-type: none"> - krožni prometni tok: Q_{Ru} - izvozni prometni tok: Q_{Si} - razdalja med točko izvoza in točko uvoza: $K_{Si} - K_{Er}$ 	

Enačbe v preglednicah 4.5 in 4.6 se pri metodi PTI dopolnijo z upoštevanjem izvoznega toka na način, kot je prikazano v enačbi (78). V primeru, ko je mejna časovna praznina t_c manjša od časa t_K potrebnega za vožnjo od točke izvoza do točke uvoza, potem je kapaciteta uvoza odvisna od Q_R in dejansko predstavlja kapaciteto z Brilonovim modelom C_E^B , v primeru, ko pa je t_c večji od časa t_K , potem na kapaciteto uvoza poleg krožnega prometnega toka Q_R vpliva tudi izvozni prometni tok Q_S .

$$C_E^{PTI} = P(t_c < t_K) \cdot C_E^B(Q_R) + P(t_c > t_K) \cdot C_E^B(Q_R + Q_S) \quad (78)$$

V preglednicah 4.9 in 4.10 so prikazane enačbe za posamezni prometni pas po metodi PTI, pri čemer je $C_E^B(Q_R)$ kapaciteta določena z Brilonovim modelom, $C_E^B(Q_R+Q_S)$ pa kapaciteta določena z Brilonovim modelom z upoštevanjem dodatnega izvoznega toka Q_S . Q_R pomeni prometni tok Q_{Ru} ali $Q_{Ru}+Q_{Ri}$, Q_S pa Q_{Su} ali Q_{Si} ali $Q_{Su}+Q_{Si}$. Enačba za izračun skupne kapacitete uvoza ostajajo enake kot pri Brilonovem modelu.

Preglednica 4.9: Formule za izračun kapacitete C_E^{PTI} z metodo PTI za klasično krožno križišče

Table 4.9: Equations for the classic roundabout capacity C_E^{PTI} with PTI method

Smer	Kapaciteta posameznega pasu
1 in 3	$C_{Ei}^{PTI} = P(t_c < t_{K_{Su}K_{Ei}}) \cdot C_{Ei}^B(Q_{Ru} + Q_{Ri}) + P(t_c > t_{K_{Su}K_{Ei}}) \cdot C_{Ei}^B(Q_{Ru} + Q_{Ri} + Q_{Su})$
	$C_{Eu}^{PTI} = P(t_c < t_{K_{Su}K_{Eu}}) \cdot C_{Eu}^B(Q_{Ru}) + P(t_c > t_{K_{Su}K_{Ei}}) \cdot C_{Eu}^B(Q_{Ru} + Q_{Su})$
2 in 4	$C_{El}^{PTI} = P(t_c < t_{K_{Su}K_{El}}) \cdot C_{El}^B(Q_{Ru} + Q_{Ri}) + P(t_{K_{Su}K_{El}} < t_c < t_{K_{Si}K_{El}}) \cdot C_{El}^B(Q_{Ru} + Q_{Ri} + Q_{Su}) + P(t_c > t_{K_{Si}K_{El}}) \cdot C_{El}^B(Q_{Ru} + Q_{Ri} + Q_{Su} + Q_{Si})$
	$C_{Er}^{PTI} = P(t_c < t_{K_{Su}K_{Er}}) \cdot C_{Er}^B(Q_{Ru}) + P(t_c > t_{K_{Su}K_{Er}}) \cdot C_{Er}^B(Q_{Ru} + Q_{Su})$

Preglednica 4.10: Formule za izračun kapacitete C_E^{PTI} z metodo PTI za turbo krožno križiščeTable 4.10: Equations for the turbo roundabout capacity C_E^{PTI} with PTI method

Smer	Kapaciteta posameznega pasu
1 in 3	$C_{Ei}^{PTI} = P(t_c < t_{K_{Su}K_{Ei}}) \cdot C_{Ei}^B(Q_{Ru} + Q_{Ri}) + P(t_c > t_{K_{Su}K_{Ei}}) \cdot C_{Ei}^B(Q_{Ru} + Q_{Ri} + Q_{Su})$
	$C_{Eu}^{PTI} = P(t_c < t_{K_{Su}K_{Eu}}) \cdot C_{Eu}^B(Q_{Ru}) + P(t_c > t_{K_{Su}K_{Ei}}) \cdot C_{Eu}^B(Q_{Ru} + Q_{Su})$
2 in 4	$C_{El}^{PTI} = P(t_c < t_{K_{Si}K_{El}}) \cdot C_{El}^B(Q_{Ru}) + P(t_c > t_{K_{Si}K_{El}}) \cdot C_{El}^B(Q_{Ru} + Q_{Si})$
	$C_{Er}^{PTI} = P(t_c < t_{K_{Si}K_{Er}}) \cdot C_{Er}^B(Q_{Ru}) + P(t_c > t_{K_{Si}K_{Er}}) \cdot C_{Er}^B(Q_{Ru} + Q_{Si})$

Časi t_K , potrebni za prevoz razdalje med konfliktnimi točkami, prikazanimi na sliki 4.4, so za vse primere prikazani v preglednici 4.4. Delež voznikov, ki imajo časovno praznino t_c manjšo od časa t_K , se določijo z enačbo (58), deleže voznikov, ki imajo časovno praznino t_c večjo od časa t_K , pa se določijo z enačbo (59). Pri klasičnem krožnem križišču za smer 2 in 4 se pojavi tudi primer, ko je t_c med dvema vrednostma t_K . V tem primeru se uporabi enačbo (79).

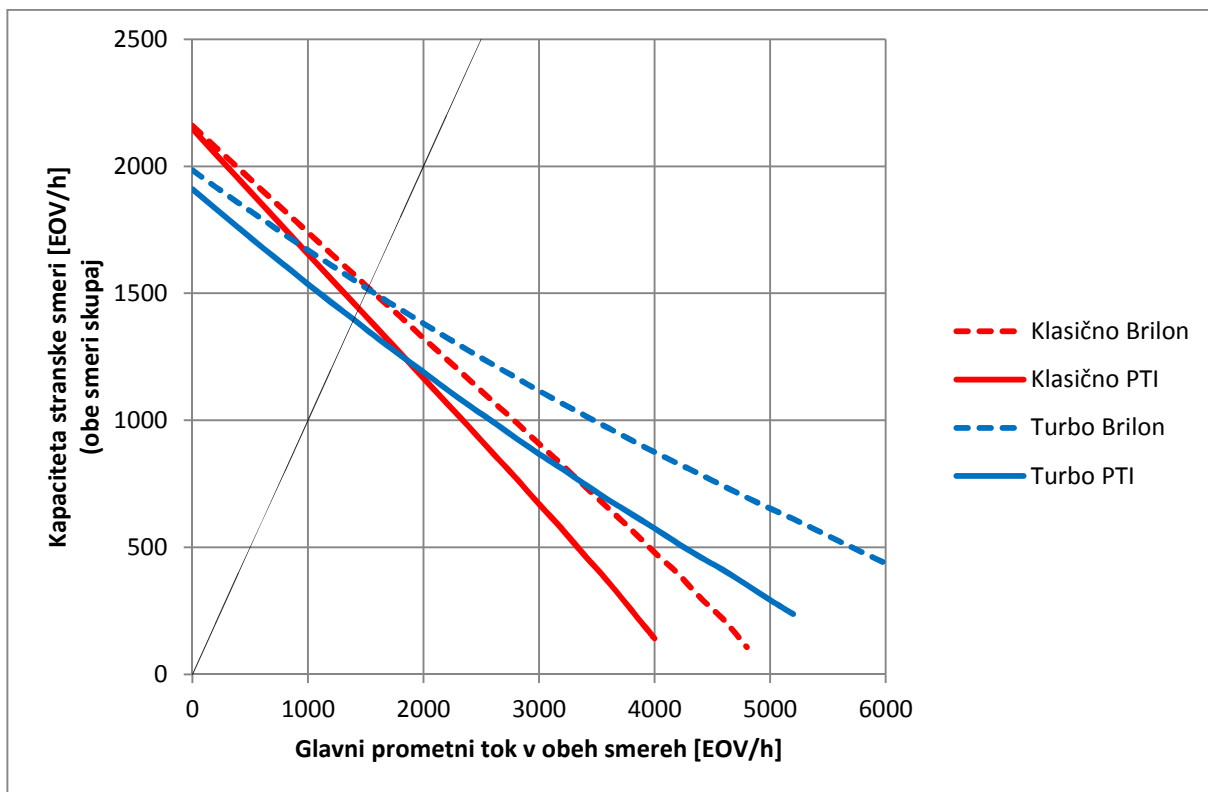
$$\begin{aligned}
P(t_{K1} < t_c < t_{K2}) &= P(t_c < t_{K2}) - P(t_c < t_{K1}) = \\
&= \left(e^{-\lambda t_{K1}} + e^{-\lambda t_{K1}} \cdot \lambda t_{K1} + \frac{e^{-\lambda t_{K1}} \cdot (\lambda t_{K1})^2}{2} + \frac{e^{-\lambda t_{K1}} \cdot (\lambda t_{K1})^3}{6} \right. \\
&\quad \left. + \frac{e^{-\lambda t_{K1}} \cdot (\lambda t_{K1})^4}{24} + \frac{e^{-\lambda t_{K1}} \cdot (\lambda t_{K1})^5}{120} \right) \\
&\quad - \left(e^{-\lambda t_{K2}} + e^{-\lambda t_{K2}} \cdot \lambda t_{K2} + \frac{e^{-\lambda t_{K2}} \cdot (\lambda t_{K2})^2}{2} + \frac{e^{-\lambda t_{K2}} \cdot (\lambda t_{K2})^3}{6} \right. \\
&\quad \left. + \frac{e^{-\lambda t_{K2}} \cdot (\lambda t_{K2})^4}{24} + \frac{e^{-\lambda t_{K2}} \cdot (\lambda t_{K2})^5}{120} \right)
\end{aligned} \tag{79}$$

4.4 Analiza rezultatov

Izračuni za vse kombinacije prometnih obremenitev so izdelani s programskim orodjem Excel, s katerim so izrisani tudi diagrami. Izračunana je kapaciteta za obe glavni stranski smeri skupaj, in sicer z Brilonovim modelom ter metodo PTI. Določene so vrednosti glavnega oziroma stranskega toka, pri katerih je kapaciteta presežena (100 % zasičenost). Te mejne

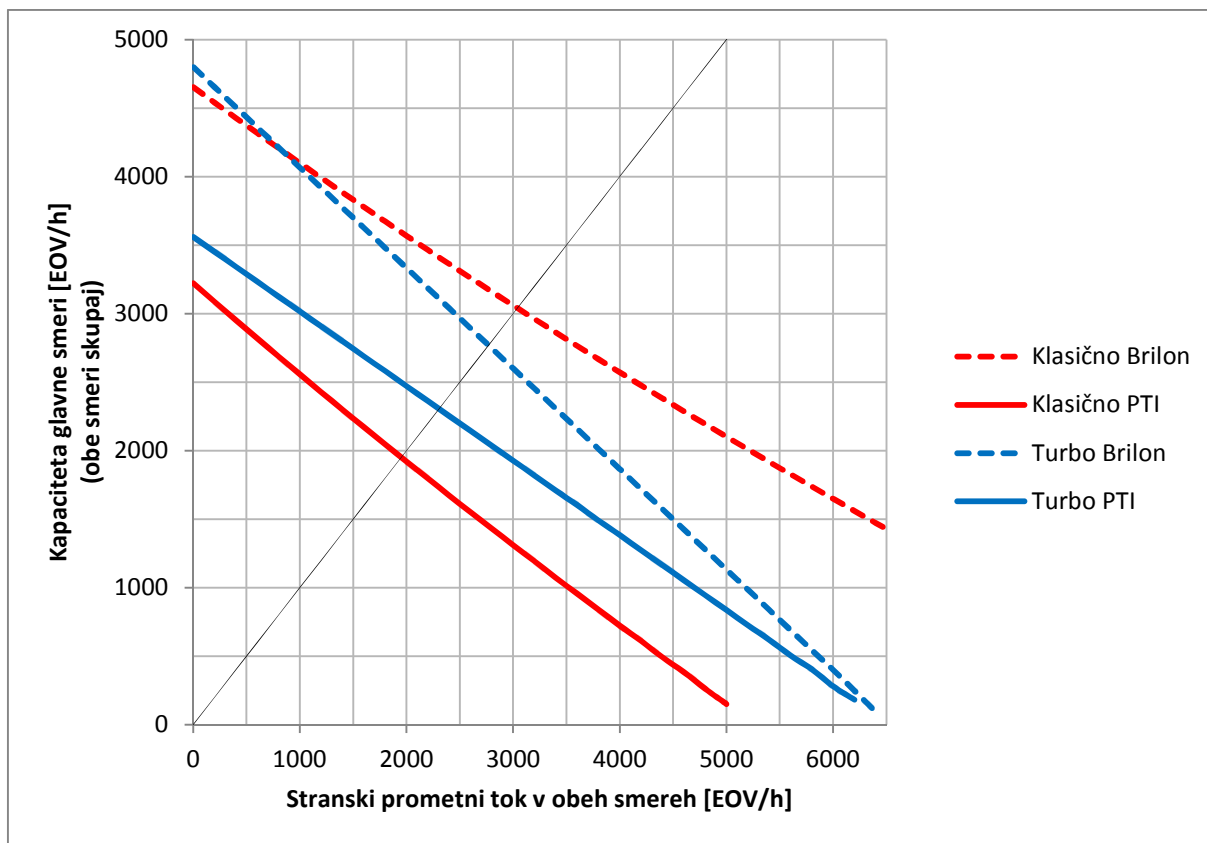
vrednosti so prikazane na diagramih v nadaljevanju. Diagrami kapacitete so izdelani za klasično in turbo krožno križišče glede na spreminjanje prometnih obremenitev na glavni in stranski smeri. Vrednosti pri vseh diagramih predstavljajo prometni tok v obeh smereh. Prikazana je tudi linija, ki ni prikazana v legendi in predstavlja vrednosti $2\alpha = 2\beta$. Na sliki 4.6 je prikazana kapaciteta stranske smeri, na sliki 4.7 pa kapaciteta glavne smeri. Kapaciteti stranske smeri in glavne smeri sta združeni v skupen diagram, ki predstavlja kapaciteto celotnega križišča, in je prikazana na sliki 4.10.

Kapaciteta stranske smeri določene z Brilonovim modelom znaša za klasično in turbo krožno križišče pri 1600 EO/h glavnega prometnega toka približno 1500 EO/h. Kapaciteta stranske smeri pri vrednosti glavnega toka 4000 EO/h znaša pri klasičnem krožnem križišču 500 EO/h, pri turbo krožnem križišču pa 900 EO/h. Kapaciteta določena z metodo PTI se pri obeh križiščih zmanjša. Pri 1600 EO/h glavnega prometnega toka znaša kapaciteta stranske smeri pri klasičnem krožnem križišču 1400 EO/h, pri turbo krožnem križišču pa 1300 EO/h. Pri vrednosti glavnega toka 4000 EO/h znaša pri klasičnem krožnem križišču 100 EO/h, pri turbo krožnem križišču pa 600 EO/h.



Slika 4.6: Kapaciteta stranske smeri dvopasovnega krožnega križišča

Figure 4.6: The capacity of minor stream on the two-lane roundabout



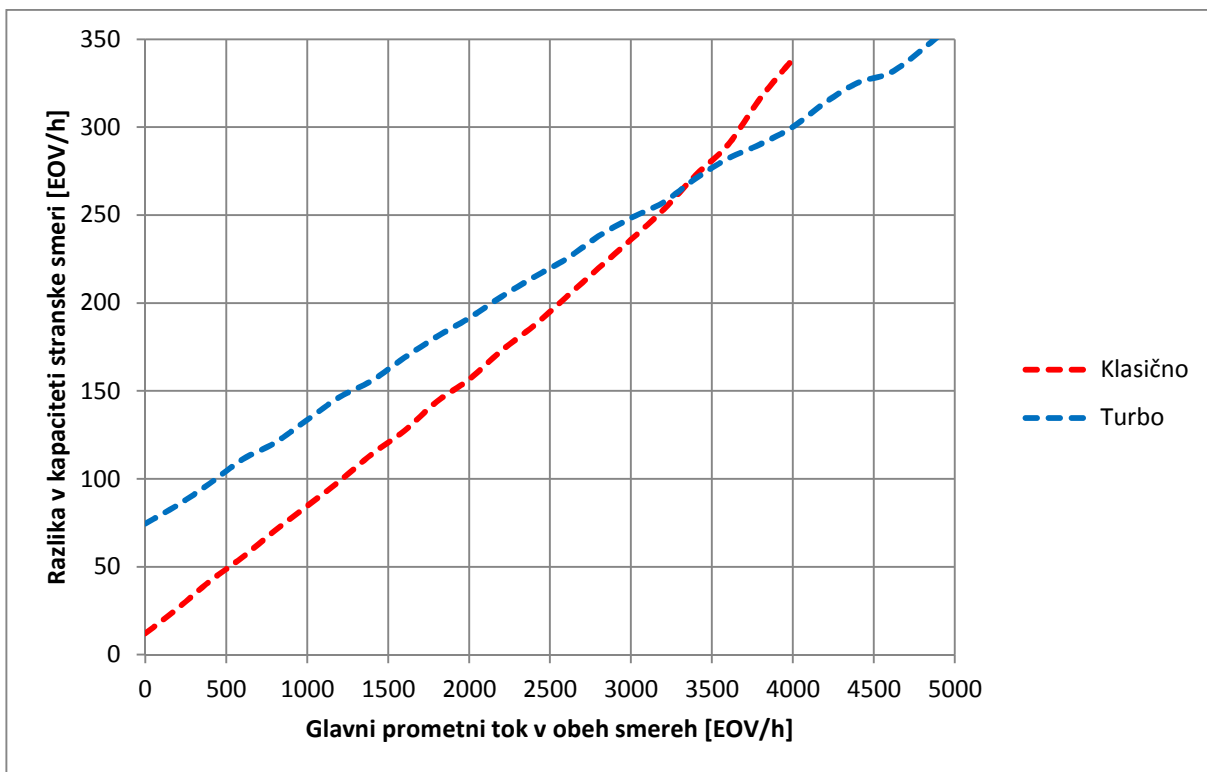
Slika 4.7: Kapaciteta glavne smeri dvopasovnega krožnega križišča

Figure 4.7: The capacity of major stream on the two-lane roundabout

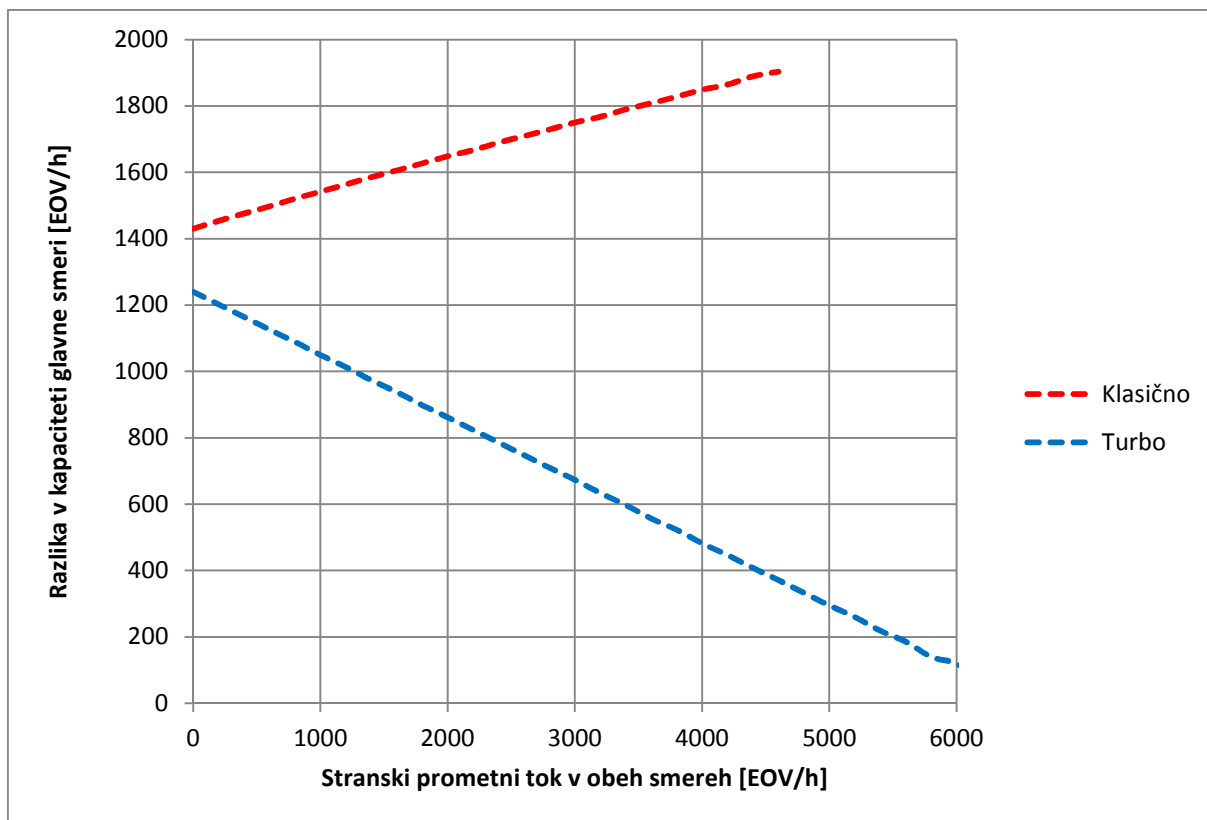
Kapaciteta glavne smeri določene z Brilonovim modelom pri vrednosti stranskega prometnega toka 500 EO/h znaša pri obeh krožnih križiščih približno 4400 EO/h. Pri vrednosti stranskega prometnega toka 2000 EO/h pa znaša kapaciteta pri klasičnem krožnem križišču 3600 EO/h, pri turbo krožnem križišču pa 3300 EO/h. Kapaciteta določena z metodo PTI se pri obeh križiščih zmanjša, vendar se v večji meri pri klasičnem krožnem križišču. Pri 500 EO/h stranskega prometnega toka znaša kapaciteta glavne smeri pri klasičnem krožnem križišču 2900 EO/h, pri turbo krožnem križišču pa 3300 EO/h. Pri vrednosti glavnega toka 2000 EO/h znaša pri klasičnem krožnem križišču 1900 EO/h, pri turbo krožnem križišču pa 2500 EO/h.

Iz diagrama, ki prikazuje kapaciteto stranske smeri je razvidno, da je vpliv izvoznega toka pri obeh križiščih približno enak, saj gre v obeh primerih za enako geometrijo in pri turbo krožnem križišču na stranski smeri ni značilnega kanaliziranega izvoza iz krožnega križišča. Na diagramu, ki prikazuje kapaciteto glavne smeri in je geometrija izvoza pri turbo krožnem križišču tipična za ta križišča, je vidno, da ima izvozni tok pri klasičnih krožnih križiščih veliko večji vpliv kot pri turbo krožnih križiščih. Razvidno je, da pri kapaciteti stranske smeri ni

takšnih razlik kot pri kapaciteti glavne smeri. Na slikah 4.8 in 4.9 je prikazana razlika med kapaciteto določeno z Brilonovim modelom in metodo PTI. Razlika npr. pri kapaciteti stranske smeri pri glavnem toku 3000 EO/h je pri klasičnem krožnem križišču približno 240 EO/h, pri turbo krožnem križišču pa okoli 250 EO/h. Razlika s povečevanjem glavnega prometnega toka pri obeh krožnih križiščih enakomerno raste. Razlika pri kapaciteti na glavni smeri pri vrednosti stranskega toka 800 EO/h znaša okoli 1520 EO/h pri klasičnem krožnem križišču in približno 1090 EO/h pri turbo krožnem križišču. Pri isti obremenitvi gre torej za razliko 430 EO/h v prid turbo krožnemu križišču. Razlika se s povečevanjem stranskega prometnega toka pri klasičnih krožnih križiščih še povečuje, pri turbo krožnih križiščih pa zmanjšuje.



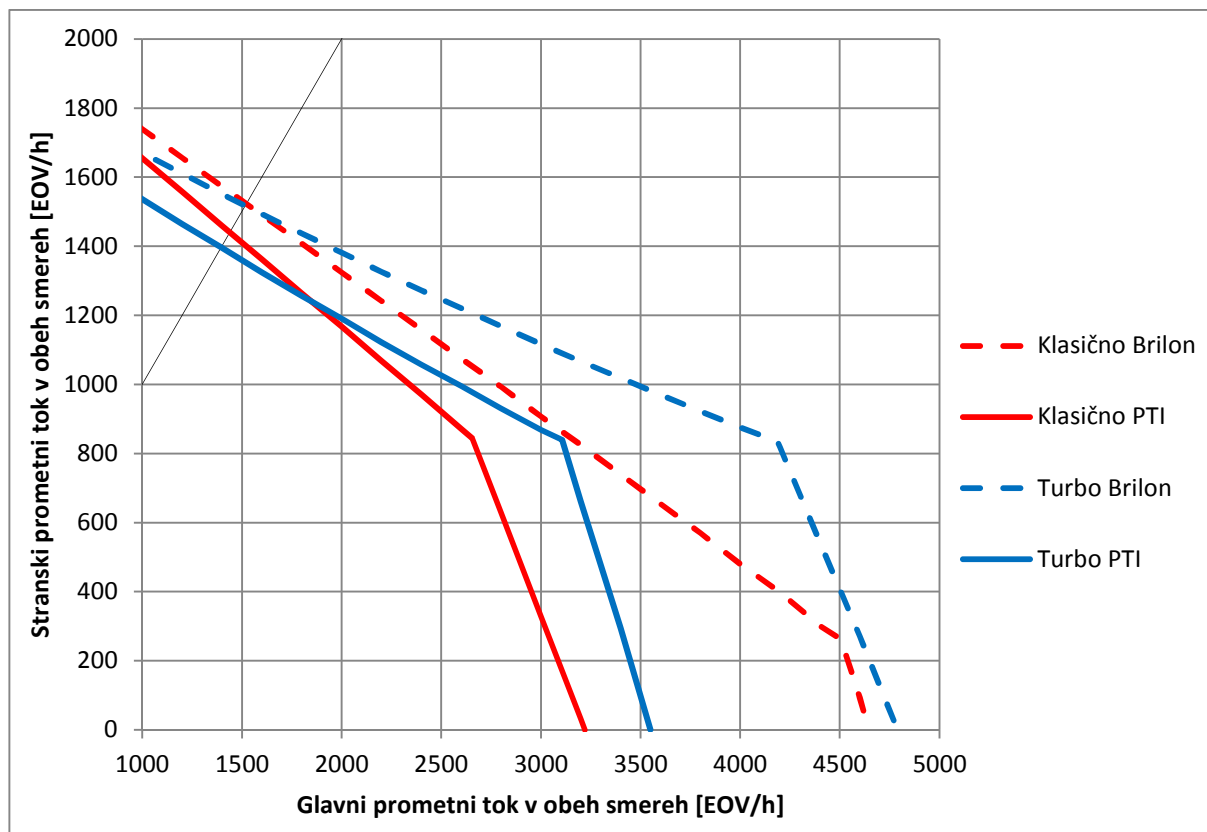
Slika 4.8: Razlika v kapaciteti stranske smeri določene z Brilonovim modelom in metodo PTI
Figure 4.8: The capacity difference of minor stream determined by Brilon's model and PTI method



Slika 4.9: Razlika v kapaciteti glavne smeri določene z Brilonovim modelom in metodo PTI

Figure 4.9: The capacity difference of major stream determined by Brilon's model and PTI method

Iz diagrama na sliki 4.10 je razvidno, da je v obeh izračunih kapaciteta turbo krožnega križišča večja od kapacitete klasičnega krožnega križišča, razen pri metodi PTI pri vrednostih glavnega prometnega toka manjšega od 1850 EOV/h.



Slika 4.10: Kapaciteta dvopasovnega klasičnega in turbo krožnega križišča določene z Brilonovim modelom in metodo PTI

Figure 4.10: The capacity of two-lane classic and turbo roundabout determined by Brilon's model and PTI method

4.5 Ugotovitve

Primerjava kapacitete izračunane z Brilonovim modelom in z metodo PTI za klasično in turbo krožno križišče je izdelana z namenom, da se pokaže, kakšen vpliv ima izvozni tok pri klasičnem krožnem križišču v primerjavi s turbo krožnim križiščem. V ta namen je bila tudi geometrija krožnega križišča določena tako, da je uvoz in izvoz na stranski smeri dejansko enak pri turbo in klasičnem krožnem križišču, izvoz na glavni smeri pa se razlikuje pri obeh križiščih. Hipoteza je namreč bila, da ima izvozni tok pri klasičnih krožnih križiščih zaradi geometrije križišča večji vpliv na kapaciteto, določeno z metodo PTI, kot pri turbo krožnih križiščih. To pomeni, da je razlika med kapaciteto, izračunano z Brilonovim modelom in metodo PTI, večja pri klasičnem krožnem križišču kot pri turbo krožnem križišču.

Velikost krožnega križišča in s tem povezano razdaljo krožnega loka med konfliktnima točkama med uvozom in izvozom iz krožnega križišča je izbrana naključno. Tudi prometne

obremenitve in njihova porazdelitev glede na smer in vozni pas je izbrana naključno. Vrednost časovnih praznin je povzeta iz članka »Comparative Analysis od Compact Multilane Roundabouts and Turbo-Roundabouts« (Mauro in Branco, 2010), le za mejno časovno praznino je upoštevan druga vrednost. Izračun kapacitete je izdelan za vsak prometni pas posebej.

Glede na vse predpostavke, ki so upoštevane pri določitvi kapacitete klasičnega in turbo krožnega križišča z Brilonovim modelom in metodo PTI, so podane naslednje ugotovitve:

- a) Velikost krožnega križišča bi bila lahko drugačna, vendar sta tako klasično kot turbo krožno križišče enakih dimenzij. Sama kapaciteta bi bila verjetno pri drugačni dimenziji krožnega križišča lahko nekoliko drugačna (to velja za izračun pri metodi PTI, kjer je dolžina krožnega loka med konfliktnima točkama pomembna).
- b) Prometne obremenitve so določene simetrično glede na glavno in stransko smer, levih in desnih zavijalcev je enako, na glavni smeri 10 % v vsako smer, na stranski smeri pa 45 % na vsako smer. Izbira porazdelitve prometnih obremenitev glede na smer in glede na prometni pas predstavlja najbolj splošno porazdelitev in ni rezultat katerega koli stanja na terenu – torej štetja prometa v konkretnem krožnem križišču. Glede na to, da ni namen analizirati kapaciteto konkretnega krožnega križišča, temveč je namen ugotoviti razlike vpliva izvoznega toka pri klasičnem in turbo krožnem križišču, je izbira takšnih prometnih obremenitev logična. Seveda pa bi vsakršna koli drugačna matrika prometnih obremenitev lahko spremenila rezultate kapacitete.
- c) Vrednost mejne časovne praznine je upoštevana enako kot v predhodnem poglavju pri izpeljavi enačbe. Povprečna vrednost 3,3 s za mejno časovno praznino je za slovenske voznike primerna. Vrednosti časovnih praznin bi bile lahko drugačne, vendar so uporabljene časovne praznine realne za naše razmere.
- d) Kljub temu da je za izračun kapacitete uvoza za večpasovno klasično krožno križišče primerna Brilonova enačba, ki upošteva število pasov v krožnem križišču in na uvozu, je kapaciteta izračunana za vsak pas posebej, saj je pri metodi PTI konfliktni tok različen na posameznem prometnem pasu in je tako upoštevanje le tega lažje z izračunom kapacitete za vsak pas posebej.

Vse zgornje ugotovitve ne spremenijo hipoteze, da ima izvozni tok pri klasičnih krožnih križiščih zaradi geometrije križišča večji vpliv na kapaciteto kot pri turbo krožnih križiščih.

Glede na rezultate prikazane na slikah 4.9 in 4.10 je jasno, da je vpliv izvoznega toka na kapaciteto krožnega križišča večji pri klasičnih krožnih križiščih kot pri turbo krožnih križiščih. Stranska smer je namreč enaka po geometriji za obe križišči, glavna smer pa se razlikuje pri

izvoznem kraku, kjer je pri turbo krožnem križišču zunanji oziroma desni izvozni tok kanaliziran oziroma fizično ločen od notranjega oziroma levega izvoznega pasu in se kot tak ne šteje za konfliktni tok, kot je to pri klasičnih krožnih križiščih.

Hipoteza, da ima izvozni tok pri klasičnih krožnih križiščih zaradi geometrije križišča večji vpliv na kapaciteto, določeno z metodo PTI, kot pri turbo krožnih križiščih, kar pomeni, da je razlika med kapaciteto, izračunano z Brilonovim modelom in metodo PTI, večja pri klasičnem krožnem križišču kot pri turbo krožnem križišču, je glede na rezultate potrjena.

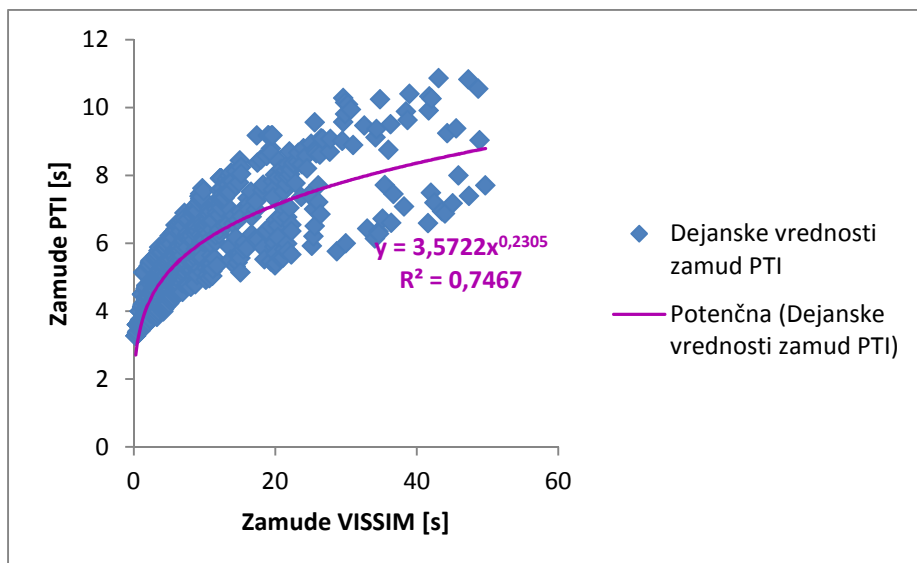
5 ZAKLJUČEK

Z namenom upoštevanja izvoznega toka pri določitvi kapacitete krožnega križišča je s pomočjo uveljavljenega Brilonovega modela sprejemljivih časovnih praznin izpeljana nova metoda PTI, ki poleg krožnega prometnega toka za konfliktni tok upošteva tudi izvozni prometni tok. V primeru, da je mejna časovna praznina manjša od časa potrebnega za vožnjo od izvozne točke do točke uvoza, potem na kapaciteto uvoza vpliva samo krožni prometni tok Q_R , če pa je mejna časovna praznina večja od časa potrebnega za vožnjo od izvozne točke do točke uvoza, potem na kapaciteto uvoza poleg krožnega prometnega toka Q_R vpliva tudi izvozni prometni tok Q_S . Mejna časovna praznina je porazdeljena z Erlangovo verjetnostno funkcijo.

Metoda PTI je preizkušena na preprostem enopasovnem krožnem križišču z enopasovnim uvozom in izvozom za 900 različnih kombinacij prometnega toka (uvozni, izvozni in krožni prometni tok) in razdalj od izvozne do uvozne konfliktno točke. Za primerjavo rezultatov pridobljenih z metodo PTI je določena kapaciteta tudi z dvema uveljavljenima modeloma, in sicer z Brilonovim modelom za model sprejemljivih časovnih praznin ter Bovyjevim modelom za empirični model. Iz kapacitete so določene zamude, ki pa so primerjane z rezultati mikroskopske simulacije s programskim orodjem VISSIM, v katerem so upoštevane enake predpostavke kot pri metodi PTI.

Preveritev zanesljivosti in verodostojnosti metode PTI je izdelana s statistično analizo vrednosti GEH in regresijsko analizo. Pri metodi PTI ima 95,8 % primerov vrednost GEH < 5. Pri potenčni regresijski analizi kvadrat determinacijskega koeficienta znaša 0,747, kar pomeni, da je približno 75 % variabilnosti zamud PTI pojasnenih z zamudami VISSIM.

Metoda PTI se glede na rezultate bolje približa rezultatom simulacije prometa s programskim orodjem VISSIM, zato se lahko reče, da je metoda PTI nadgradnja Brilonovega modela, ki poleg spremenljivih časovnih praznin upošteva tudi izvozni prometni tok, ki ga Brilonov model ne, in je zato mogoče trditi, da je metoda PTI boljša od Brilonovega modela.



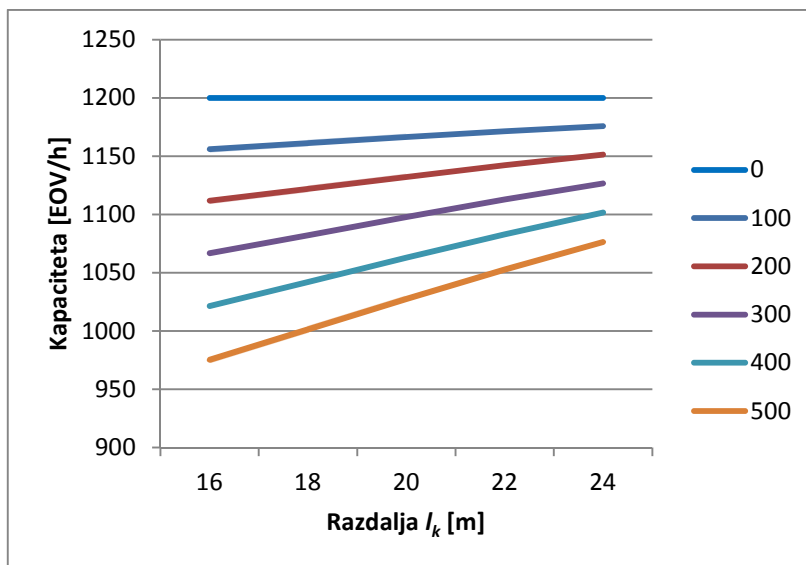
Slika 5.1: Vrednosti zamud PTI v odvisnosti od zamud VISSIM s potenčno trendno črto

Figure 5.1: The values for PTI delays depending on the VISSIM delays with the power trendline

Na sliki 5.2, kjer je prikazana z metodo PTI določena kapaciteta uvoza za različne vrednosti Q_S v odvisnosti od razdalje l_K , pri čemer sta Q_R in Q_E konstantni vrednosti, se vidi, da se kapaciteta povečuje s povečevanjem razdalje l_K . Vpliv izvoznega toka se torej zmanjšuje s povečevanjem razdalje, ki jo mora voznik prevoziti od konfliktna točke izvoza do konfliktna točke uvoza.

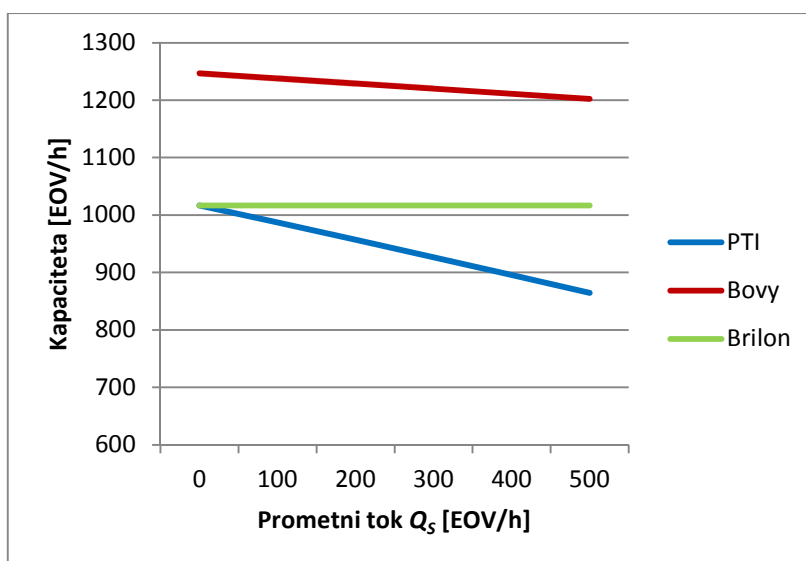
Kapaciteta uvoza v odvisnosti od izvoznega prometnega toka Q_S je za različne metode izračuna prikazana na sliki 5.3. Iz diagrama je razvidno, da je kapaciteta, določena z metodo PTI, manjša od kapacitete določene z Brilonovim ali Bovyjevim modelom. Kapaciteta določena z Brilonovim modelom je pri različnih obremenitvah izvoznega prometnega toka konstantna, kapaciteta določena z metodo PTI, pa se s povečevanjem izvoznega toka zmanjšuje.

Za enak primer kot na sliki 5.3 so na sliki 5.4 prikazane zamude. S povečevanjem izvoznega toka in konstantnem krožnem in uvoznem toku se zamude povečujejo pri simulaciji s programskim orodjem VISSIM, metodi PTI ter pri Bovyjevem modelu, pri Brilonovem modelu pa so zamude ves čas konstantne, kar je dokaz, da Brilonov model ne upošteva izvoznega toka. Zamude, določene z metodo PTI, so najbližje rezultatom simulacije prometa s programskim orodjem VISSIM.



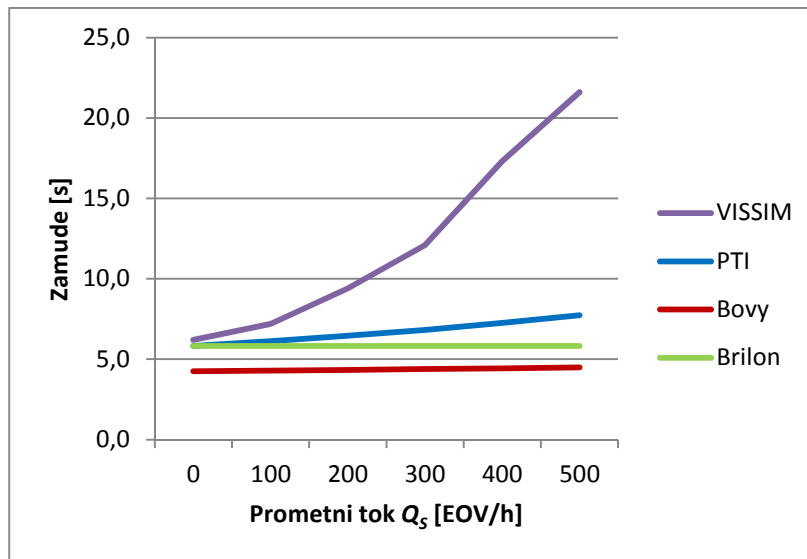
Slika 5.2: Kapaciteta uvoza pri metodi PTI za različne vrednosti izvoznega toka Q_S [EOV/h] v odvisnosti od razdalje l_k , pri vrednosti $Q_R = 0$ EOV/h in $Q_E = 300$ EOV/h

Figure 5.2: The capacity by PTI method as a function of distance l_k at the constant value $Q_R = 0$ PCU/h and $Q_E = 300$ PCU/h



Slika 5.3: Kapaciteta uvoza v odvisnosti od izvoznega prometnega toka Q_S pri vrednosti $Q_R = 300$ EOV/h, $Q_E = 400$ EOV/h in $l_k = 22$ m

Figure 5.3: The capacity as a function of exiting traffic volume Q_S at the constant value $Q_R = 300$ PCU/h, $Q_E = 400$ PCU/h and $l_k = 22$ m

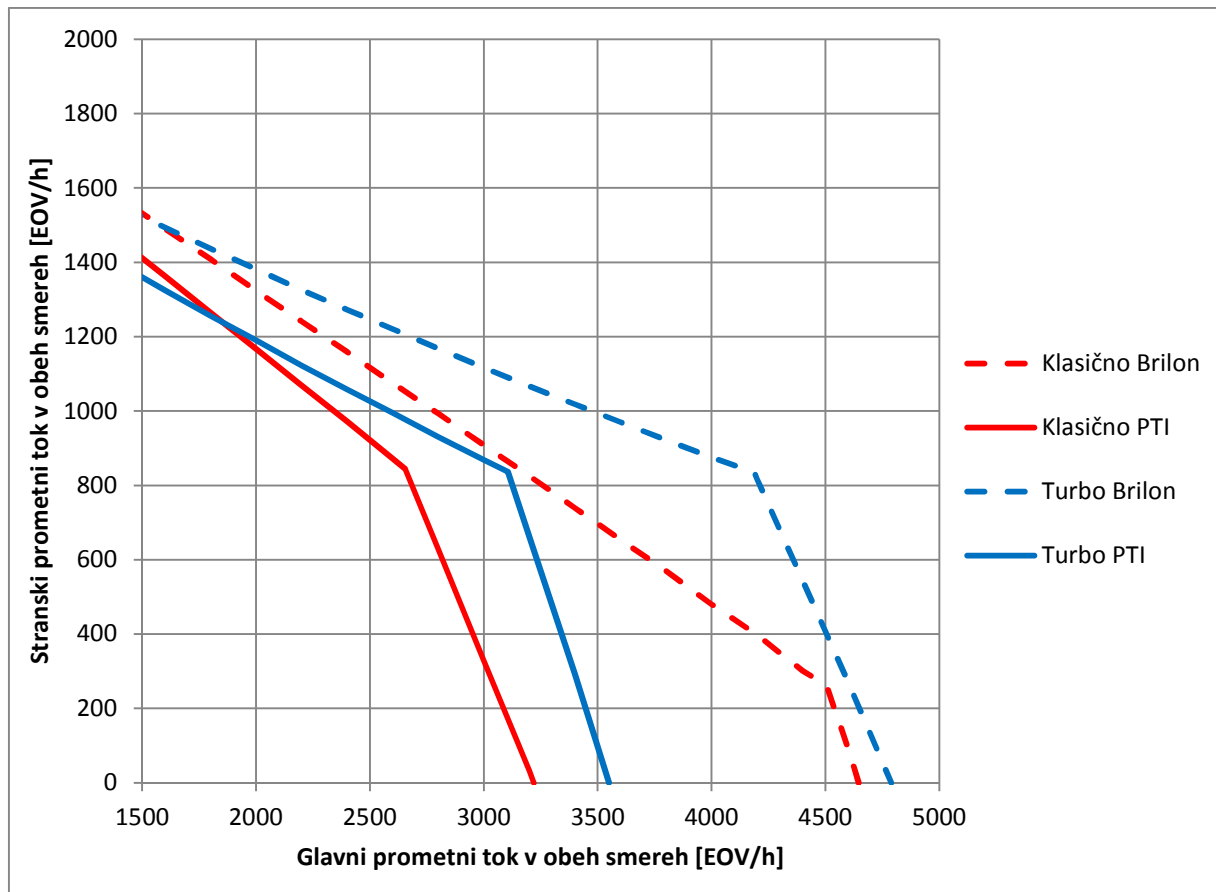


Slika 5.4: Diagram zamud v odvisnosti od izvoznega prometnega toka Q_S pri vrednosti $Q_R = 300$ EOV/h, $Q_E = 400$ EOV/h in $l_k = 22$ m

Figure 5.4: The diagram of average control delay as a function of exiting traffic volume Q_S at the constant value $Q_R = 300$ PCU/h, $Q_E = 400$ PCU/h and $l_k = 22$ m

Primerjava kapacitete izračunane z Brilonovim modelom in metodo PTI za klasično in turbo dvopasovno krožno križišče je izdelana z namenom, da se pokaže, kakšen vpliv ima izvozni tok pri klasičnem krožnem križišču v primerjavi s turbo krožnim križiščem. V ta namen je bila tudi geometrija krožnega križišča določena tako, da je uvoz in izvoz na stranski smeri dejansko enak pri turbo in klasičnem krožnem križišču, izvoz na glavni smeri pa se razlikuje pri obeh križiščih.

Kot rezultat je na sliki 5.5 prikazan diagram mejne kapacitete, kjer je razvidno, da je v obeh izračunih kapaciteta turbo krožnega križišča večja od kapacitete klasičnega krožnega križišča ter da se z upoštevanjem izvoznega toka, torej z uporabo metode PTI, kapaciteta pri obeh geometrijah krožnega križišča zmanjša.



Slika 5.5: Kapaciteta dvopasovnega klasičnega in turbo krožnega križišča določena z Brilonovim modelom in metodo PTI

Figure 5.5: The capacity of the two-lane classic and turbo roundabout determined by Brilon's model and PTI method

Vpliv izvoznega toka na kapaciteto krožnega križišča je večji pri klasičnih krožnih križiščih kot pri turbo krožnih križiščih, katerih značilnost je fizična ločenost prometnih tokov na izvozu iz krožnega križišča. Razlika med izračunom kapacitete z Brilonovim modelom in metodo PTI pri glavnem toku 3000 EO/h je prikazana v preglednici 5.1. Razvidno je, da je razlika v kapaciteti na stranski smeri pri obeh oblikah krožnega križišča približno enaka in znaša nekaj manj kot 250 EO/h. Razlika na glavni smeri, kjer se dejansko geometrija pri turbo krožnem križišču razlikuje od geometrije klasičnega krožnega križišča, je razlika v kapaciteti pri klasičnem krožnem križišču približno 2800 EO/h, pri turbo krožnem križišču pa je razlika manjša in znaša okoli 1400 EO/h. Razlike so torej na glavni smeri veliko večje kot na stranski smeri, s tem da je razlika v kapaciteti pri turbo krožnem križišču manjša kot pri klasičnem krožnem križišču.

Preglednica 5.1: Razlika v kapaciteti določene z Brilonovim modelom in metodo PTI pri glavnem toku 3000 EO/h [EO/h]

Table 5.1: The capacity difference determined by Brilon's model and PTI method at the major stream 3000 EO/h [EO/h]

Smer	Klasično krožno križišče	Turbo krožno križišče
Glavna smer	2791	1422
Stranska smer	236	248

Glede na rezultate so vse tri hipoteze, podane v uvodu, potrjene.

Kljub temu da je nova metoda PTI dala dobre rezultate in predstavlja nadgradnjo Brilonovega modela, pa je treba opozoriti na naslednje:

- V metodi PTI je predpostavljeno, da noben voznik ne nakaže svojega izvoza iz krožnega križišča z utripalkami. V primeru, da voznik z utripalkami nakaže svojo pot iz krožnega križišča in je mejna časovna praznina večja od časa potrebnega za vožnjo od izvozne točke do točke uvoza, potem po metodi PTI na kapaciteto uvoza vpliva tudi to vozilo, ki izvažajo iz krožnega križišča, kljub temu da je svojo namero nakazal z utripalkami. V metodi PTI bi bilo torej dobro upoštevati delež vozil, ki z utripalkami nakažejo izvoz iz križišča in teh dejansko ne upoštevati kot konfliktni tok. Delež teh vozil bi se lahko določil s terenskimi raziskavami.
- Prometne obremenitve pri primerjavi kapacitete izračunane z Brilonovim modelom in z metodo PTI za klasično in turbo dvopasovno krožno križišče so določene simetrično glede na glavno in stransko smer, levih in desnih zavijalcev je enako. Drugačna izbira porazdelitve prometnih obremenitev bi lahko dala drugačne rezultate kapacitete krožnega križišča. Namen naloge sicer ni bil prikaz kapacitete za različne kombinacije porazdelitve prometnih obremenitev na glavni in stranski smeri, temveč prikaz vpliva izvoznega toka pri obeh geometrijah krožnega križišča.

6 POVZETEK

Analiza pretoka prometa in izračun kapacitete uvoznega kraka v krožno križišče je predmet raziskav številnih avtorjev v zadnjih desetletjih. Večina analiz temelji na empiričnih in stohastičnih modelih, med seboj pa se razlikujejo po definiciji konfliktnega toka. Modeli, ki temeljijo na teoriji sprejemljivih časovnih praznin, ne upoštevajo izvoznega prometnega toka, temveč kot konfliktni tok upoštevajo samo krožni prometni tok, ki je v krožnem križišču pred uvozom.

Glede na to, da v literaturi obstajajo dokazi, da na kapaciteto uvoza vplivajo voznikove zmogljivosti zaznavanja izvoznih vozil ter da poleg deleža izvoznega toka na glavni smeri vplivata na kapaciteto uvoza tudi geometrija na uvozu ter hitrost vozil na glavni smeri, je namen naloge izpeljava nove metode za določitev kapacitete z upoštevanjem izvoznega toka.

Nova oziroma predpostavljena metoda PTI temelji na uporabi modelov sprejemljivih časovnih praznin, pri čemer je za konfliktni tok upoštevan tako krožni kot izvozni prometni tok. Za model sprejemljivih časovnih praznin je uporabljen najbolj pogosto uporabljen Brilonov model.

Osnovna ideja metode PTI je, da se najprej določi delež vozil, ki imajo mejno časovno praznino manjšo od časa potrebnega za vožnjo od točke izvoza iz krožnega križišča do točke uvoza v krožno križišče, ki pa je odvisen poleg hitrosti tudi od širine otoka med uvoznim in izvoznim pasom. Nato pa se v modelu za izračun kapacitete upošteva konfliktni tok na naslednji način:

- če je mejna časovna praznina manjša od časa potrebnega za vožnjo od izvozne točke do točke uvoza, potem na kapaciteto uvoza vpliva samo krožni prometni tok Q_R ;
- če pa je mejna časovna praznina večja od časa potrebnega za vožnjo od izvozne točke do točke uvoza, potem na kapaciteto uvoza poleg krožnega prometnega toka Q_R vpliva tudi izvozni prometni tok Q_S .

Predpostavljeno je, da je kritična časovna praznina porazdeljena z Erlangovo verjetnostno funkcijo.

Metoda PTI je preizkušena na preprostem enopasovnem krožnem križišču z enopasovnim uvozom in izvozom ter primerjana z uveljavljenima modeloma, in sicer z Brilonovim in

Bovyjevim modelom. S pomočjo enačbe za izračun povprečnih zamud, so iz kapacitete določene zamude, ki so primerjane z rezultati mikroskopske simulacije s programskim orodjem VISSIM. S pomočjo regresijske analize in statistične analize GEH je ugotovljena primernost predpostavljenega modela v primerjavi z rezultati simulacije prometa.

Metoda PTI se glede na rezultate bolje približa rezultatom simulacije prometa s programskim orodjem VISSIM kot pri Brilonovem in Bovyjevem modelu, zato je možno trditi, da je metoda PTI nadgradnja Brilonovega modela, ki poleg spremenljivih časovnih praznin upošteva tudi izvozni prometni tok, ki ga Brilonov model ne, in je zato mogoče trditi, da je metoda PTI boljša od Brilonovega modela.

V drugem delu naloge je s pomočjo Brilonovega modela ter metode PTI določena kapaciteta za dvopasovno klasično in turbo krožno križišče za različne prometne obremenitve. Namen primerjave je prikaz vpliva izvoznega toka pri klasičnem krožnem križišču v primerjavi s turbo krožnim križiščem. Kot rezultat so prikazani diagrami mejne kapacitete, kjer je razvidno, da je vpliv izvoznega toka na kapaciteto krožnega križišča večji pri klasičnih krožnih križiščih kot pri turbo krožnih križiščih, katerih značilnost je fizična ločenost prometnih tokov na izvozu iz krožnega križišča.

7 SUMMARY

Analysing roundabouts' traffic flow and calculation of their entry lanes' capacity has been a subject of research of several authors in the last decades. The majority of methods focus on empirical and stochastic models which differ in a definition of the conflict flow. No gap acceptance model in the literature takes the exiting traffic flow into account when estimating capacity – all methods are based on merging of circulating flow (on the roundabout passing entry lane) only.

With regard to the evidence in literature that the capacity depends on the driver's behaviour, the intersection geometry and the vehicle speed, the purpose of this thesis was to develop a new method that considers also the exiting flow.

The proposed PTI method is based on the models developed using the gap acceptance and queuing theory. It extends the most widely used Brilon model by considering both, the circulating and the exiting flow.

The basic idea of the method is firstly to calculate the share of drivers, whose critical gap is less than the time needed from the exit to the entry point and secondly to calculate the capacity for these drivers. The next step is to add the capacity for the remaining drivers to the previously calculated capacity. Consequently, if the distance between the exit and the entry lane is small, the driver entering the roundabout does not know whether the vehicle would leave the roundabout or continue driving in a circulating flow. That means one should consider not only the circulating flow but at least partially the exiting flow as well. To which extend it should be considered depends on the distance between the exit and the entry point and the driver's behaviour. Whether the driver's critical gap is less than the time needed from the exit to the entry point then he considers the circulating flow only, otherwise he has to consider the exiting flow as well. It is assumed that the critical gap is distributed by the Erlang probability density function.

The proposed PTI method has been tested on a simple roundabout entry with one entry, exit and circulating lane. The roundabout entry capacity and the average delay per vehicle have been calculated using the PTI method and compared with Brilon and Bovy model. The average driver's delay for all analytical models has been calculated by the same delay equation. The results have been compared to the quasi observed data. Sources of the quasi observed data have been compared with the results of the microscopic simulation using

VISSIM software. The regression analysis between the model and simulation results and GEH statistic has been performed.

The results of PTI method compared to the results of Brilon's model are closer to the results of the traffic simulation with VISSIM software. The PTI method is an upgrade of Brilon's model because it also considers the exiting traffic flow. It can be argued that the PTI method is better than Brilon's model.

In the second part of the thesis; the two-lane classic and turbo roundabout capacity has been determined for different traffic flows with Brilon's model and PTI method. The purpose of the comparison is to show the impact of the exiting flow in the classic roundabout compared to the turbo roundabout. It is clear from the results of the maximum capacity displayed in diagrams that the impact of the exiting flow has a bigger influence on the capacity on classic roundabouts than the turbo roundabouts where the traffic flows are physically separated on the exit lane of the roundabout.

VIRI

Akçelik, R. 2011. Some common and differing aspects of alternative models for roundabout capacity and performance estimation. Transportation Research Board, 3rd International Roundabout Conference. Carmel, Indiana, 17. 20. maj, 2011: 18 f

<http://teachamerica.com/RAB11/RAB11Papers/RAB1117Akcelik-0127.pdf> (Pridobljeno 18.1.2012.)

Baker, S.L. 2008. Non-Linear Regression. University of South Carolina. The Arnold School of Public Health. Department of Health Services Policy and Management Course Materials: 10 f.

<http://hspm.sph.sc.edu/courses/J716/pdf/716-5%20Non-linear%20regression.pdf> (Pridobljeno 15.01.2013.)

Brilon, W. 2011. Studies on Roundabouts in Germany : Lessons Learned. Transportation Research Board, 3rd International Roundabout Conference. Carmel, Indiana, 17. 20. maj, 2011: 15 f.

<http://teachamerica.com/RAB11/RAB11Papers/RAB1122Brilon-0097.pdf> (Pridobljeno 18.1.2012.)

Brilon, W., König, R., Troutbeck, R. 1997. Useful Estimation Procedures for Critical Gaps. 3rd International Symposium on Intersections without Traffic Signals, Portland Oregon, 21. – 23. julij 1997: 34 f.

http://www.verkehr.bi.ruhr-uni-bochum.de/download/literatur/Portland97_Bri_trout_koen_2005_11_03.pdf (Pridobljeno 22.5.2012.)

DMRB (Design Manual for Roads and Bridges). 1997. V: Traffic Appraisal of Road Schemes, knjiga 12. Great Britain, Department for Transport, Highways Agency: str. 356.

Erlang. 2012.

http://en.wikipedia.org/wiki/Erlang_distribution (Pridobljeno 04.05.2012.)

HBS (Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen). 2001. V: Knotenpunkte ohne Lichtsignalanlage. Köln, FGSV Verlag GmbH: 79 str.

HCM (Highway Capacity Manual). 2000. V: Unsignalized Intersections. Washington, D.C, Transportation Research Board. National Research Council: 103 str.

Fortuijn, L.G.H. 2009. Turbo Roundabouts: Estimation of Capacity. Transportation Research Board, Journal of the Transportation Research Board, 2009, 2130: 83-92.
doi: 10.3141/2130-11

Fortuijn, L.G.H., Carton, P.J. 2000. *Turbo Circuits: A Well-tried Concept in a New Guise*. Province of South Holland, Board of Economy and Transport: 12 f.
www.pzh.nl/onderwerpen/verkeer_en_vervoer/Turbo_circuits (Pridobljeno 27.1.2012.)

Kenjić, Z. 2009. Priručnik za planiranje o projektovanje kružnih raskrsnica – rotora. Sarajevo, IPISA Institut Sarajevo: 117 str.

Korenjak, A. 2010. Regresijska analiza. Diplomaska naloga. Maribor, (A. Korenjak): 52 f.

Mauro, R., Branco, F. 2010. Comparative Analysis of Compact Multilane Roundabouts and Turbo-Roundabouts. Journal of Transportation Engineering 136, 4: 316-322.
doi: 10.1061/(ASCE)TE.1943-5436.0000106

McCulloch, H. 2008. Issues with Roundabout Capacity Software. Transportation Research Board, 2nd International Roundabout Conference, Kansas City, Missouri, 18. – 21. maj, 2008: 40 f.
<http://www.teachamerica.com/rab08/RAB08S5BMcCulloch/index.htm> (Pridobljeno 18.1.2012.)

Meerstrooksrotondeverkenner. 2012.
www.zuid-holland.nl/ (Pridobljeno 06.03.2012.)

Mereszczak, Y., Dixon, M., Kyte, M., Rodegerdts, L., Blogg, M. 2005. Incorporating Exiting Vehicles in Capacity Estimation at Single-Lane U.S. Roundabouts. Transportation Research Board, 1st International Roundabout Conference, Vail, Colorado, 22. – 25. maj 2005: 25 f.
http://teachamerica.com/Roundabouts/RA057B_ppr_Mereszczak.pdf (Pridobljeno 23.10.2012.)

Pravilnik o projektiranju cest. Ur. list RS št. 91/2005: 9303 - 9319.

Pretnar, G. 2004. Primerjava modelov za fazo obremenjevanja cestnega omrežja. Diplomaska naloga. Ljubljana, (G. Pretnar): 67 f.

RODEL. 2012.

www.rodel-interactive.com (Pridobljeno 15,2,2012.)

SIDRA. 2012.

www.sidrasolutions.com (Pridobljeno 15,2,2012.)

Stanek, D. 2011. Comparing Roundabout Capacity Analysis Methods, or How the Selection of Analysis Method Can Affect the Design. Transportation Research Board, 3rd International Roundabout Conference. Carmel, Indiana, 17. 20. maj, 2011: 13 f.

<http://teachamerica.com/RAB11/RAB11Papers/RAB1117Stanek-0053.pdf> (Pridobljeno 18.1.2012.)

Stanek, D., Milam, R. 2005. High-capacity Roundabouts Intersection Analysis Going Around In Circles. Transportation Research Board, 1st International Roundabout Conference, Vail, Colorado, 22. – 25. maj 2005: 12 f.

http://teachamerica.com/Roundabouts/RA057B_ppr_Stanek.pdf (Pridobljeno 18.1.2012.)

Tollazzi, T. 2006. Turbo-krožno krožišče. 8. Slovenski kongres o cestah in prometu: Portorož, 25. – 26. oktober 2006. Portorož, Družba za raziskave v cestni in prometni stroki Slovenije d.o.o.: 11 f.

<http://www.drc.si/Portals/1/Referati/T5-Tollazzi.pdf> (Pridobljeno 18.1.2012.)

Tollazzi, T, Toplak, S., Jovanović, G. 2006. Ocena kapacitete turbo krožnega križišča. Gradbeni vestnik 55, 12: 310-318.

Traffiware. 2012.

www.trafficwareinc.com (Pridobljeno 15,2,2012.)

TSC (Tehnična specifikacija za javne ceste) 03.341:2010 – Krožna križišča.

Yperman, I., Immers, B. 2003. Capacity of a turbo-roundabout determined by micro-simulation. Katholieke Universiteit Leuven. Department of Civil Engineering - Transportation Planning and Highway Engineering. Leuven.

<http://www.kuleuven.be/traffic/dwn/P2003D.pdf> (Pridobljeno 18.1.2012.)

Wu, N. 2001. A universal procedure for capacity determination at unsignalized (priority-controlled) intersections. Transportation research Part B 35, 6: 593-623.

Zakon o pravilih cestnega prometa (ZPrCP). Ur. list RS št. 109/2010: 16849-16905.

PRILOGE

PRILOGA A: REZULTATI VSEH IZRAČUNOV KAPACITETE IN ZAMUD ZA METODO PTI, BOVYJEV IN BRILONOV MODEL, ZAMUDE ZA SIMULACIJO PROMETA S PROGRAMSKIM ORODJEM VISSIM TER VREDNOSTI GEH

PRILOGA B: REZULTATI REGRESIJSKE ANALIZE

PRILOGA A: REZULTATI VSEH IZRAČUNOV KAPACITETE IN ZAMUDE ZA METODO PTI, BOVYJEV IN BRILONOV MODEL, ZAMUDE ZA SIMULACIJO PROMETA S PROGRAMSKIM ORODJEM VISSIM TER VREDNOSTI GEH

Vhodni podatki				Kapaciteta			Zamude				GEH		
Q_R	Q_S	Q_E	l_k	PTI	Bovy	Brilon	VISSIM	PTI	Bovy	Brilon	PTI	Bovy	Brilon
[EOV/h]		[m]		[EOV/h]			[s]						
0	0	100	16	1200	1500	1200	0,3	3,3	2,6	3,3	2,2	1,9	2,2
0	0	100	18	1200	1500	1200	0,3	3,3	2,6	3,3	2,2	1,9	2,2
0	0	100	20	1200	1500	1200	0,3	3,3	2,6	3,3	2,2	1,9	2,2
0	0	100	22	1200	1500	1200	0,3	3,3	2,6	3,3	2,2	1,9	2,2
0	0	100	24	1200	1500	1200	0,3	3,3	2,6	3,3	2,2	1,9	2,2
0	0	200	16	1200	1500	1200	0,5	3,6	2,8	3,6	2,2	1,8	2,2
0	0	200	18	1200	1500	1200	0,5	3,6	2,8	3,6	2,2	1,8	2,2
0	0	200	20	1200	1500	1200	0,5	3,6	2,8	3,6	2,2	1,8	2,2
0	0	200	22	1200	1500	1200	0,5	3,6	2,8	3,6	2,2	1,8	2,2
0	0	200	24	1200	1500	1200	0,5	3,6	2,8	3,6	2,2	1,8	2,2
0	0	300	16	1200	1500	1200	0,9	4,0	3,0	4,0	2,0	1,5	2,0
0	0	300	18	1200	1500	1200	0,9	4,0	3,0	4,0	2,0	1,5	2,0
0	0	300	20	1200	1500	1200	0,9	4,0	3,0	4,0	2,0	1,5	2,0
0	0	300	22	1200	1500	1200	0,9	4,0	3,0	4,0	2,0	1,5	2,0
0	0	300	24	1200	1500	1200	0,9	4,0	3,0	4,0	2,0	1,5	2,0
0	0	400	16	1200	1500	1200	1,2	4,5	3,3	4,5	2,0	1,4	2,0
0	0	400	18	1200	1500	1200	1,2	4,5	3,3	4,5	2,0	1,4	2,0
0	0	400	20	1200	1500	1200	1,2	4,5	3,3	4,5	2,0	1,4	2,0
0	0	400	22	1200	1500	1200	1,2	4,5	3,3	4,5	2,0	1,4	2,0
0	0	400	24	1200	1500	1200	1,2	4,5	3,3	4,5	2,0	1,4	2,0
0	0	500	16	1200	1500	1200	1,4	5,1	3,6	5,1	2,1	1,4	2,1
0	0	500	18	1200	1500	1200	1,4	5,1	3,6	5,1	2,1	1,4	2,1
0	0	500	20	1200	1500	1200	1,4	5,1	3,6	5,1	2,1	1,4	2,1
0	0	500	22	1200	1500	1200	1,4	5,1	3,6	5,1	2,1	1,4	2,1
0	0	500	24	1200	1500	1200	1,4	5,1	3,6	5,1	2,1	1,4	2,1
0	100	100	16	1156	1473	1200	0,6	3,4	2,6	3,3	2,0	1,6	1,9
0	100	100	18	1161	1480	1200	0,6	3,4	2,6	3,3	2,0	1,6	1,9
0	100	100	20	1166	1487	1200	0,6	3,4	2,6	3,3	2,0	1,6	1,9
0	100	100	22	1171	1491	1200	0,5	3,4	2,6	3,3	2,1	1,7	2,0
0	100	100	24	1176	1491	1200	0,5	3,3	2,6	3,3	2,1	1,7	2,0
0	100	200	16	1156	1473	1200	1,0	3,8	2,8	3,6	1,8	1,3	1,7
0	100	200	18	1161	1480	1200	1,0	3,7	2,8	3,6	1,8	1,3	1,7
0	100	200	20	1166	1487	1200	0,9	3,7	2,8	3,6	1,9	1,4	1,8
0	100	200	22	1171	1491	1200	0,9	3,7	2,8	3,6	1,8	1,4	1,8
0	100	200	24	1176	1491	1200	0,8	3,7	2,8	3,6	1,9	1,5	1,9
0	100	300	16	1156	1473	1200	1,3	4,2	3,1	4,0	1,8	1,2	1,7
0	100	300	18	1161	1480	1200	1,3	4,2	3,1	4,0	1,7	1,2	1,7
0	100	300	20	1166	1487	1200	1,3	4,2	3,0	4,0	1,7	1,2	1,7
0	100	300	22	1171	1491	1200	1,2	4,1	3,0	4,0	1,8	1,3	1,7
0	100	300	24	1176	1491	1200	1,2	4,1	3,0	4,0	1,8	1,3	1,7
0	100	400	16	1156	1473	1200	1,8	4,8	3,4	4,5	1,6	1,0	1,5
0	100	400	18	1161	1480	1200	1,8	4,7	3,3	4,5	1,6	1,0	1,5
0	100	400	20	1166	1487	1200	1,8	4,7	3,3	4,5	1,6	0,9	1,5
0	100	400	22	1171	1491	1200	1,7	4,7	3,3	4,5	1,7	1,0	1,6
0	100	400	24	1176	1491	1200	1,7	4,6	3,3	4,5	1,7	1,0	1,6
0	100	500	16	1156	1473	1200	2,4	5,5	3,7	5,1	1,6	0,7	1,4
0	100	500	18	1161	1480	1200	2,3	5,4	3,7	5,1	1,6	0,8	1,5
0	100	500	20	1166	1487	1200	2,3	5,4	3,6	5,1	1,6	0,8	1,5
0	100	500	22	1171	1491	1200	2,3	5,4	3,6	5,1	1,6	0,8	1,5

Vhodni podatki				Kapaciteta			Zamude				GEH		
Q_R	Q_S	Q_E	l_k	PTI	Bovy	Brilon	VISSIM	PTI	Bovy	Brilon	PTI	Bovy	Brilon
[EOV/h]		[m]		[EOV/h]			[s]						
0	100	500	24	1176	1491	1200	2,1	5,3	3,6	5,1	1,7	0,9	1,6
0	200	100	16	1112	1445	1200	1,0	3,6	2,7	3,3	1,7	1,2	1,6
0	200	100	18	1122	1460	1200	1,0	3,5	2,6	3,3	1,7	1,2	1,6
0	200	100	20	1132	1475	1200	0,9	3,5	2,6	3,3	1,7	1,3	1,6
0	200	100	22	1142	1482	1200	1,0	3,5	2,6	3,3	1,6	1,2	1,6
0	200	100	24	1151	1482	1200	1,0	3,4	2,6	3,3	1,6	1,2	1,6
0	200	200	16	1112	1445	1200	1,7	3,9	2,9	3,6	1,3	0,8	1,2
0	200	200	18	1122	1460	1200	1,6	3,9	2,9	3,6	1,4	0,8	1,2
0	200	200	20	1132	1475	1200	1,5	3,9	2,8	3,6	1,4	0,9	1,3
0	200	200	22	1142	1482	1200	1,4	3,8	2,8	3,6	1,5	1,0	1,4
0	200	200	24	1151	1482	1200	1,3	3,8	2,8	3,6	1,6	1,1	1,5
0	200	300	16	1112	1445	1200	1,9	4,4	3,1	4,0	1,4	0,8	1,2
0	200	300	18	1122	1460	1200	1,8	4,4	3,1	4,0	1,5	0,8	1,3
0	200	300	20	1132	1475	1200	1,7	4,3	3,1	4,0	1,5	0,9	1,4
0	200	300	22	1142	1482	1200	1,6	4,3	3,0	4,0	1,6	0,9	1,4
0	200	300	24	1151	1482	1200	1,6	4,2	3,0	4,0	1,5	0,9	1,4
0	200	400	16	1112	1445	1200	3,2	5,1	3,4	4,5	0,9	0,1	0,7
0	200	400	18	1122	1460	1200	3,1	5,0	3,4	4,5	0,9	0,2	0,7
0	200	400	20	1132	1475	1200	2,8	4,9	3,3	4,5	1,1	0,3	0,9
0	200	400	22	1142	1482	1200	2,7	4,8	3,3	4,5	1,1	0,4	0,9
0	200	400	24	1151	1482	1200	2,5	4,8	3,3	4,5	1,2	0,5	1,1
0	200	500	16	1112	1445	1200	3,6	5,9	3,8	5,1	1,0	0,1	0,7
0	200	500	18	1122	1460	1200	3,5	5,8	3,7	5,1	1,1	0,1	0,8
0	200	500	20	1132	1475	1200	3,4	5,7	3,7	5,1	1,1	0,2	0,8
0	200	500	22	1142	1482	1200	3,3	5,6	3,7	5,1	1,1	0,2	0,9
0	200	500	24	1151	1482	1200	3,1	5,5	3,7	5,1	1,2	0,3	1,0
0	300	100	16	1067	1418	1200	1,3	3,7	2,7	3,3	1,5	1,0	1,3
0	300	100	18	1082	1440	1200	1,1	3,7	2,7	3,3	1,7	1,2	1,5
0	300	100	20	1098	1462	1200	1,0	3,6	2,6	3,3	1,7	1,2	1,6
0	300	100	22	1113	1473	1200	1,0	3,6	2,6	3,3	1,7	1,2	1,6
0	300	100	24	1127	1473	1200	0,9	3,5	2,6	3,3	1,8	1,3	1,6
0	300	200	16	1067	1418	1200	2,0	4,2	3,0	3,6	1,2	0,6	1,0
0	300	200	18	1082	1440	1200	1,9	4,1	2,9	3,6	1,3	0,6	1,0
0	300	200	20	1098	1462	1200	1,8	4,0	2,9	3,6	1,3	0,7	1,1
0	300	200	22	1113	1473	1200	1,7	3,9	2,8	3,6	1,3	0,7	1,2
0	300	200	24	1127	1473	1200	1,6	3,9	2,8	3,6	1,4	0,8	1,2
0	300	300	16	1067	1418	1200	2,9	4,7	3,2	4,0	0,9	0,2	0,6
0	300	300	18	1082	1440	1200	2,7	4,6	3,2	4,0	1,0	0,3	0,7
0	300	300	20	1098	1462	1200	2,5	4,5	3,1	4,0	1,1	0,4	0,8
0	300	300	22	1113	1473	1200	2,3	4,4	3,1	4,0	1,2	0,5	1,0
0	300	300	24	1127	1473	1200	2,2	4,4	3,1	4,0	1,2	0,5	1,0
0	300	400	16	1067	1418	1200	4,2	5,4	3,5	4,5	0,5	0,3	0,1
0	300	400	18	1082	1440	1200	4,0	5,3	3,5	4,5	0,6	0,3	0,2
0	300	400	20	1098	1462	1200	3,7	5,2	3,4	4,5	0,7	0,2	0,4
0	300	400	22	1113	1473	1200	3,3	5,0	3,4	4,5	0,9	0,0	0,6
0	300	400	24	1127	1473	1200	3,0	5,0	3,4	4,5	1,0	0,2	0,8
0	300	500	16	1067	1418	1200	5,7	6,3	3,9	5,1	0,3	0,8	0,2
0	300	500	18	1082	1440	1200	5,1	6,2	3,8	5,1	0,5	0,6	0,0
0	300	500	20	1098	1462	1200	4,7	6,0	3,7	5,1	0,6	0,5	0,2
0	300	500	22	1113	1473	1200	4,2	5,9	3,7	5,1	0,7	0,3	0,4
0	300	500	24	1127	1473	1200	4,0	5,7	3,7	5,1	0,8	0,2	0,5
0	400	100	16	1021	1390	1200	2,3	3,9	2,8	3,3	0,9	0,3	0,6
0	400	100	18	1042	1420	1200	2,0	3,8	2,7	3,3	1,1	0,5	0,8
0	400	100	20	1063	1450	1200	1,9	3,7	2,7	3,3	1,1	0,5	0,9
0	400	100	22	1083	1464	1200	1,7	3,7	2,6	3,3	1,2	0,6	1,0
0	400	100	24	1102	1464	1200	1,4	3,6	2,6	3,3	1,4	0,9	1,2

Vhodni podatki				Kapaciteta			Zamude				GEH		
Q_R	Q_S	Q_E	l_k	PTI	Bovy	Brilon	VISSIM	PTI	Bovy	Brilon	PTI	Bovy	Brilon
[EOV/h]	[m]	[EOV/h]	[EOV/h]	[s]									
0	400	200	16	1021	1390	1200	3,0	4,4	3,0	3,6	0,7	0,0	0,3
0	400	200	18	1042	1420	1200	2,8	4,3	3,0	3,6	0,8	0,1	0,4
0	400	200	20	1063	1450	1200	2,7	4,2	2,9	3,6	0,8	0,1	0,5
0	400	200	22	1083	1464	1200	2,6	4,1	2,8	3,6	0,8	0,1	0,6
0	400	200	24	1102	1464	1200	2,4	4,0	2,8	3,6	0,9	0,3	0,7
0	400	300	16	1021	1390	1200	5,0	5,0	3,3	4,0	0,0	0,8	0,5
0	400	300	18	1042	1420	1200	3,8	4,9	3,2	4,0	0,5	0,3	0,1
0	400	300	20	1063	1450	1200	3,3	4,7	3,1	4,0	0,7	0,1	0,4
0	400	300	22	1083	1464	1200	3,1	4,6	3,1	4,0	0,8	0,0	0,5
0	400	300	24	1102	1464	1200	3,0	4,5	3,1	4,0	0,8	0,1	0,5
0	400	400	16	1021	1390	1200	5,9	5,8	3,6	4,5	0,0	1,0	0,6
0	400	400	18	1042	1420	1200	5,4	5,6	3,5	4,5	0,1	0,9	0,4
0	400	400	20	1063	1450	1200	5,0	5,4	3,4	4,5	0,2	0,8	0,2
0	400	400	22	1083	1464	1200	4,5	5,3	3,4	4,5	0,3	0,6	0,0
0	400	400	24	1102	1464	1200	4,3	5,1	3,4	4,5	0,4	0,5	0,1
0	400	500	16	1021	1390	1200	7,2	6,9	4,0	5,1	0,1	1,3	0,8
0	400	500	18	1042	1420	1200	6,7	6,6	3,9	5,1	0,0	1,2	0,6
0	400	500	20	1063	1450	1200	6,1	6,4	3,8	5,1	0,1	1,0	0,4
0	400	500	22	1083	1464	1200	5,7	6,2	3,7	5,1	0,2	0,9	0,2
0	400	500	24	1102	1464	1200	5,3	6,0	3,7	5,1	0,3	0,7	0,1
0	500	100	16	975	1363	1200	3,1	4,1	2,9	3,3	0,5	0,1	0,1
0	500	100	18	1001	1400	1200	2,8	4,0	2,8	3,3	0,6	0,0	0,3
0	500	100	20	1028	1437	1200	2,2	3,9	2,7	3,3	1,0	0,3	0,6
0	500	100	22	1053	1456	1200	2,1	3,8	2,7	3,3	1,0	0,4	0,7
0	500	100	24	1076	1456	1200	2,0	3,7	2,7	3,3	1,0	0,4	0,8
0	500	200	16	975	1363	1200	3,7	4,6	3,1	3,6	0,5	0,3	0,1
0	500	200	18	1001	1400	1200	2,9	4,5	3,0	3,6	0,8	0,1	0,4
0	500	200	20	1028	1437	1200	2,8	4,3	2,9	3,6	0,8	0,1	0,4
0	500	200	22	1053	1456	1200	2,6	4,2	2,9	3,6	0,9	0,2	0,6
0	500	200	24	1076	1456	1200	2,3	4,1	2,9	3,6	1,0	0,4	0,8
0	500	300	16	975	1363	1200	6,7	5,3	3,4	4,0	0,6	1,5	1,2
0	500	300	18	1001	1400	1200	5,5	5,1	3,3	4,0	0,2	1,1	0,7
0	500	300	20	1028	1437	1200	5,1	4,9	3,2	4,0	0,1	1,0	0,5
0	500	300	22	1053	1456	1200	4,9	4,8	3,1	4,0	0,1	0,9	0,4
0	500	300	24	1076	1456	1200	4,2	4,6	3,1	4,0	0,2	0,6	0,1
0	500	400	16	975	1363	1200	7,6	6,3	3,7	4,5	0,5	1,6	1,3
0	500	400	18	1001	1400	1200	7,0	6,0	3,6	4,5	0,4	1,5	1,0
0	500	400	20	1028	1437	1200	6,4	5,7	3,5	4,5	0,3	1,3	0,8
0	500	400	22	1053	1456	1200	6,1	5,5	3,4	4,5	0,2	1,2	0,7
0	500	400	24	1076	1456	1200	5,1	5,3	3,4	4,5	0,1	0,8	0,3
0	500	500	16	975	1363	1200	12,1	7,6	4,2	5,1	1,4	2,8	2,4
0	500	500	18	1001	1400	1200	11,6	7,2	4,0	5,1	1,4	2,7	2,2
0	500	500	20	1028	1437	1200	10,4	6,8	3,8	5,1	1,2	2,5	1,9
0	500	500	22	1053	1456	1200	9,9	6,5	3,8	5,1	1,2	2,3	1,7
0	500	500	24	1076	1456	1200	9,5	6,2	3,8	5,1	1,2	2,2	1,6
100	0	100	16	1140	1416	1140	1,1	3,5	2,7	3,5	1,6	1,2	1,6
100	0	100	18	1140	1416	1140	1,1	3,5	2,7	3,5	1,6	1,2	1,6
100	0	100	20	1140	1416	1140	1,1	3,5	2,7	3,5	1,6	1,2	1,6
100	0	100	22	1140	1416	1140	1,1	3,5	2,7	3,5	1,6	1,2	1,6
100	0	100	24	1140	1416	1140	1,1	3,5	2,7	3,5	1,6	1,2	1,6
100	0	200	16	1140	1416	1140	1,5	3,8	3,0	3,8	1,4	1,0	1,4
100	0	200	18	1140	1416	1140	1,6	3,8	3,0	3,8	1,4	0,9	1,4
100	0	200	20	1140	1416	1140	1,5	3,8	3,0	3,8	1,4	1,0	1,4
100	0	200	22	1140	1416	1140	1,5	3,8	3,0	3,8	1,4	1,0	1,4
100	0	200	24	1140	1416	1140	1,5	3,8	3,0	3,8	1,4	1,0	1,4
100	0	300	16	1140	1416	1140	1,9	4,3	3,2	4,3	1,4	0,8	1,4

Vhodni podatki				Kapaciteta			Zamude				GEH		
Q_R	Q_S	Q_E	l_k	PTI	Bovy	Brilon	VISSIM	PTI	Bovy	Brilon	PTI	Bovy	Brilon
[EOV/h]		[m]		[EOV/h]			[s]						
100	0	300	18	1140	1416	1140	1,9	4,3	3,2	4,3	1,4	0,8	1,4
100	0	300	20	1140	1416	1140	1,9	4,3	3,2	4,3	1,4	0,8	1,4
100	0	300	22	1140	1416	1140	1,9	4,3	3,2	4,3	1,4	0,8	1,4
100	0	300	24	1140	1416	1140	1,9	4,3	3,2	4,3	1,4	0,8	1,4
100	0	400	16	1140	1416	1140	2,4	4,9	3,5	4,9	1,3	0,7	1,3
100	0	400	18	1140	1416	1140	2,4	4,9	3,5	4,9	1,3	0,7	1,3
100	0	400	20	1140	1416	1140	2,4	4,9	3,5	4,9	1,3	0,7	1,3
100	0	400	22	1140	1416	1140	2,4	4,9	3,5	4,9	1,3	0,7	1,3
100	0	400	24	1140	1416	1140	2,4	4,9	3,5	4,9	1,3	0,7	1,3
100	0	500	16	1140	1416	1140	3,1	5,6	3,9	5,6	1,2	0,4	1,2
100	0	500	18	1140	1416	1140	3,2	5,6	3,9	5,6	1,2	0,4	1,2
100	0	500	20	1140	1416	1140	3,1	5,6	3,9	5,6	1,2	0,4	1,2
100	0	500	22	1140	1416	1140	3,1	5,6	3,9	5,6	1,2	0,4	1,2
100	0	500	24	1140	1416	1140	3,2	5,6	3,9	5,6	1,2	0,4	1,2
100	100	100	16	1095	1388	1140	1,4	3,6	2,8	3,5	1,4	1,0	1,3
100	100	100	18	1100	1396	1140	1,2	3,6	2,8	3,5	1,5	1,1	1,5
100	100	100	20	1106	1403	1140	1,1	3,6	2,8	3,5	1,6	1,2	1,6
100	100	100	22	1111	1407	1140	1,1	3,6	2,8	3,5	1,6	1,2	1,6
100	100	100	24	1115	1407	1140	1,1	3,5	2,8	3,5	1,6	1,2	1,6
100	100	200	16	1095	1388	1140	2,0	4,0	3,0	3,8	1,2	0,6	1,1
100	100	200	18	1100	1396	1140	1,9	4,0	3,0	3,8	1,2	0,7	1,1
100	100	200	20	1106	1403	1140	1,8	4,0	3,0	3,8	1,3	0,8	1,2
100	100	200	22	1111	1407	1140	1,8	4,0	3,0	3,8	1,3	0,8	1,2
100	100	200	24	1115	1407	1140	1,7	3,9	3,0	3,8	1,3	0,8	1,3
100	100	300	16	1095	1388	1140	2,8	4,5	3,3	4,3	0,9	0,3	0,8
100	100	300	18	1100	1396	1140	2,5	4,5	3,3	4,3	1,1	0,5	1,0
100	100	300	20	1106	1403	1140	2,3	4,5	3,3	4,3	1,2	0,6	1,1
100	100	300	22	1111	1407	1140	2,3	4,4	3,3	4,3	1,2	0,6	1,1
100	100	300	24	1115	1407	1140	2,3	4,4	3,3	4,3	1,2	0,6	1,1
100	100	400	16	1095	1388	1140	3,6	5,2	3,6	4,9	0,8	0,0	0,6
100	100	400	18	1100	1396	1140	3,6	5,1	3,6	4,9	0,7	0,0	0,6
100	100	400	20	1106	1403	1140	3,5	5,1	3,6	4,9	0,8	0,0	0,7
100	100	400	22	1111	1407	1140	3,4	5,1	3,6	4,9	0,8	0,1	0,7
100	100	400	24	1115	1407	1140	3,3	5,0	3,6	4,9	0,8	0,1	0,8
100	100	500	16	1095	1388	1140	4,8	6,0	4,1	5,6	0,5	0,4	0,4
100	100	500	18	1100	1396	1140	4,7	6,0	4,0	5,6	0,6	0,3	0,4
100	100	500	20	1106	1403	1140	4,8	5,9	4,0	5,6	0,5	0,4	0,4
100	100	500	22	1111	1407	1140	4,6	5,9	4,0	5,6	0,6	0,3	0,5
100	100	500	24	1115	1407	1140	4,6	5,8	4,0	5,6	0,5	0,3	0,5
100	200	100	16	1050	1361	1140	1,9	3,8	2,9	3,5	1,1	0,6	1,0
100	200	100	18	1061	1376	1140	1,9	3,7	2,8	3,5	1,1	0,6	1,0
100	200	100	20	1071	1390	1140	1,9	3,7	2,8	3,5	1,1	0,6	1,0
100	200	100	22	1081	1398	1140	1,8	3,7	2,8	3,5	1,1	0,6	1,0
100	200	100	24	1091	1398	1140	1,8	3,6	2,8	3,5	1,1	0,6	1,0
100	200	200	16	1050	1361	1140	2,4	4,2	3,1	3,8	1,0	0,4	0,8
100	200	200	18	1061	1376	1140	2,3	4,2	3,1	3,8	1,0	0,5	0,9
100	200	200	20	1071	1390	1140	2,2	4,1	3,0	3,8	1,1	0,5	0,9
100	200	200	22	1081	1398	1140	1,9	4,1	3,0	3,8	1,3	0,7	1,1
100	200	200	24	1091	1398	1140	1,8	4,0	3,0	3,8	1,3	0,8	1,2
100	200	300	16	1050	1361	1140	3,7	4,8	3,4	4,3	0,5	0,2	0,3
100	200	300	18	1061	1376	1140	3,6	4,7	3,3	4,3	0,6	0,1	0,3
100	200	300	20	1071	1390	1140	3,6	4,7	3,3	4,3	0,5	0,2	0,3
100	200	300	22	1081	1398	1140	3,3	4,6	3,3	4,3	0,7	0,0	0,5
100	200	300	24	1091	1398	1140	3,2	4,6	3,3	4,3	0,7	0,0	0,6
100	200	400	16	1050	1361	1140	5,1	5,5	3,7	4,9	0,2	0,6	0,1
100	200	400	18	1061	1376	1140	4,6	5,4	3,7	4,9	0,4	0,4	0,1

Vhodni podatki				Kapaciteta			Zamude				GEH		
Q_R	Q_S	Q_E	l_k	PTI	Bovy	Brilon	VISSIM	PTI	Bovy	Brilon	PTI	Bovy	Brilon
[EOV/h]	[m]	[EOV/h]			[s]								
100	200	400	20	1071	1390	1140	4,2	5,4	3,6	4,9	0,5	0,3	0,3
100	200	400	22	1081	1398	1140	4,1	5,3	3,6	4,9	0,5	0,3	0,4
100	200	400	24	1091	1398	1140	3,8	5,2	3,6	4,9	0,7	0,1	0,5
100	200	500	16	1050	1361	1140	5,9	6,5	4,2	5,6	0,3	0,8	0,1
100	200	500	18	1061	1376	1140	5,9	6,4	4,1	5,6	0,2	0,8	0,1
100	200	500	20	1071	1390	1140	5,5	6,3	4,0	5,6	0,3	0,7	0,1
100	200	500	22	1081	1398	1140	5,2	6,2	4,0	5,6	0,4	0,6	0,2
100	200	500	24	1091	1398	1140	4,9	6,1	4,0	5,6	0,5	0,4	0,3
100	300	100	16	1005	1333	1140	2,2	4,0	2,9	3,5	1,0	0,4	0,8
100	300	100	18	1020	1356	1140	2,2	3,9	2,9	3,5	1,0	0,4	0,8
100	300	100	20	1036	1378	1140	2,1	3,8	2,8	3,5	1,0	0,5	0,8
100	300	100	22	1051	1389	1140	2,0	3,8	2,8	3,5	1,0	0,5	0,9
100	300	100	24	1066	1389	1140	1,8	3,7	2,8	3,5	1,2	0,7	1,0
100	300	200	16	1005	1333	1140	3,6	4,5	3,2	3,8	0,4	0,2	0,1
100	300	200	18	1020	1356	1140	3,5	4,4	3,1	3,8	0,4	0,2	0,2
100	300	200	20	1036	1378	1140	3,3	4,3	3,1	3,8	0,5	0,1	0,3
100	300	200	22	1051	1389	1140	3,2	4,2	3,0	3,8	0,5	0,1	0,3
100	300	200	24	1066	1389	1140	3,0	4,2	3,0	3,8	0,6	0,0	0,4
100	300	300	16	1005	1333	1140	5,0	5,1	3,5	4,3	0,0	0,7	0,3
100	300	300	18	1020	1356	1140	4,5	5,0	3,4	4,3	0,2	0,5	0,1
100	300	300	20	1036	1378	1140	4,1	4,9	3,3	4,3	0,4	0,4	0,1
100	300	300	22	1051	1389	1140	4,0	4,8	3,3	4,3	0,4	0,4	0,1
100	300	300	24	1066	1389	1140	3,9	4,7	3,3	4,3	0,4	0,3	0,2
100	300	400	16	1005	1333	1140	6,5	5,9	3,9	4,9	0,2	1,2	0,7
100	300	400	18	1020	1356	1140	6,3	5,8	3,8	4,9	0,2	1,1	0,6
100	300	400	20	1036	1378	1140	5,8	5,7	3,7	4,9	0,1	1,0	0,4
100	300	400	22	1051	1389	1140	5,4	5,5	3,6	4,9	0,1	0,8	0,2
100	300	400	24	1066	1389	1140	5,1	5,4	3,6	4,9	0,1	0,7	0,1
100	300	500	16	1005	1333	1140	8,8	7,1	4,3	5,6	0,6	1,8	1,2
100	300	500	18	1020	1356	1140	8,4	6,9	4,2	5,6	0,5	1,7	1,0
100	300	500	20	1036	1378	1140	7,7	6,7	4,1	5,6	0,4	1,5	0,8
100	300	500	22	1051	1389	1140	7,0	6,5	4,0	5,6	0,2	1,3	0,5
100	300	500	24	1066	1389	1140	6,7	6,4	4,0	5,6	0,1	1,1	0,4
100	400	100	16	959	1306	1140	3,9	4,2	3,0	3,5	0,1	0,5	0,2
100	400	100	18	980	1336	1140	3,8	4,1	2,9	3,5	0,1	0,5	0,2
100	400	100	20	1001	1365	1140	3,5	4,0	2,8	3,5	0,3	0,4	0,0
100	400	100	22	1021	1380	1140	3,4	3,9	2,8	3,5	0,3	0,3	0,0
100	400	100	24	1040	1380	1140	3,3	3,8	2,8	3,5	0,3	0,3	0,1
100	400	200	16	959	1306	1140	5,2	4,7	3,3	3,8	0,2	0,9	0,6
100	400	200	18	980	1336	1140	4,6	4,6	3,2	3,8	0,0	0,7	0,4
100	400	200	20	1001	1365	1140	4,0	4,5	3,1	3,8	0,2	0,5	0,1
100	400	200	22	1021	1380	1140	3,7	4,4	3,1	3,8	0,3	0,4	0,1
100	400	200	24	1040	1380	1140	3,6	4,3	3,1	3,8	0,3	0,3	0,1
100	400	300	16	959	1306	1140	7,4	5,5	3,6	4,3	0,8	1,6	1,3
100	400	300	18	980	1336	1140	6,6	5,3	3,5	4,3	0,5	1,4	1,0
100	400	300	20	1001	1365	1140	5,9	5,1	3,4	4,3	0,3	1,2	0,7
100	400	300	22	1021	1380	1140	5,7	5,0	3,3	4,3	0,3	1,1	0,6
100	400	300	24	1040	1380	1140	4,5	4,9	3,3	4,3	0,2	0,6	0,1
100	400	400	16	959	1306	1140	8,8	6,4	4,0	4,9	0,9	1,9	1,5
100	400	400	18	980	1336	1140	7,8	6,2	3,8	4,9	0,6	1,6	1,2
100	400	400	20	1001	1365	1140	7,1	6,0	3,7	4,9	0,4	1,4	0,9
100	400	400	22	1021	1380	1140	6,7	5,8	3,7	4,9	0,4	1,3	0,8
100	400	400	24	1040	1380	1140	5,9	5,6	3,7	4,9	0,1	1,0	0,4
100	400	500	16	959	1306	1140	14,0	7,8	4,5	5,6	1,9	3,1	2,7
100	400	500	18	980	1336	1140	13,3	7,5	4,3	5,6	1,8	3,0	2,5
100	400	500	20	1001	1365	1140	12,3	7,2	4,2	5,6	1,6	2,8	2,2

Vhodni podatki				Kapaciteta			Zamude				GEH		
Q_R	Q_S	Q_E	l_k	PTI	Bovy	Brilon	VISSIM	PTI	Bovy	Brilon	PTI	Bovy	Brilon
[EOV/h]		[m]		[EOV/h]			[s]						
100	400	500	22	1021	1380	1140	11,8	6,9	4,1	5,6	1,6	2,7	2,1
100	400	500	24	1040	1380	1140	11,2	6,7	4,1	5,6	1,5	2,6	1,9
100	500	100	16	912	1279	1140	5,4	4,4	3,1	3,5	0,4	1,1	0,9
100	500	100	18	939	1316	1140	5,0	4,3	3,0	3,5	0,3	1,0	0,7
100	500	100	20	965	1353	1140	4,6	4,2	2,9	3,5	0,2	0,9	0,6
100	500	100	22	991	1371	1140	4,2	4,0	2,8	3,5	0,1	0,7	0,4
100	500	100	24	1015	1371	1140	3,1	3,9	2,8	3,5	0,4	0,2	0,2
100	500	200	16	912	1279	1140	5,7	5,1	3,3	3,8	0,3	1,1	0,9
100	500	200	18	939	1316	1140	5,5	4,9	3,2	3,8	0,3	1,1	0,8
100	500	200	20	965	1353	1140	5,1	4,7	3,1	3,8	0,2	1,0	0,6
100	500	200	22	991	1371	1140	4,9	4,6	3,1	3,8	0,2	0,9	0,5
100	500	200	24	1015	1371	1140	4,7	4,4	3,1	3,8	0,1	0,8	0,4
100	500	300	16	912	1279	1140	7,6	5,9	3,7	4,3	0,7	1,7	1,4
100	500	300	18	939	1316	1140	6,9	5,6	3,5	4,3	0,5	1,5	1,1
100	500	300	20	965	1353	1140	6,2	5,4	3,4	4,3	0,3	1,3	0,8
100	500	300	22	991	1371	1140	6,0	5,2	3,4	4,3	0,3	1,2	0,8
100	500	300	24	1015	1371	1140	5,3	5,0	3,4	4,3	0,1	0,9	0,5
100	500	400	16	912	1279	1140	10,8	7,0	4,1	4,9	1,3	2,5	2,1
100	500	400	18	939	1316	1140	9,7	6,7	3,9	4,9	1,1	2,2	1,8
100	500	400	20	965	1353	1140	9,1	6,4	3,8	4,9	1,0	2,1	1,6
100	500	400	22	991	1371	1140	8,5	6,1	3,7	4,9	0,9	1,9	1,4
100	500	400	24	1015	1371	1140	7,0	5,9	3,7	4,9	0,5	1,4	0,9
100	500	500	16	912	1279	1140	22,0	8,7	4,6	5,6	3,4	4,8	4,4
100	500	500	18	939	1316	1140	20,9	8,2	4,4	5,6	3,3	4,6	4,2
100	500	500	20	965	1353	1140	18,3	7,7	4,2	5,6	2,9	4,2	3,7
100	500	500	22	991	1371	1140	16,1	7,3	4,1	5,6	2,6	3,8	3,2
100	500	500	24	1015	1371	1140	13,7	7,0	4,1	5,6	2,1	3,2	2,6
200	0	100	16	1079	1331	1079	2,1	3,7	2,9	3,7	0,9	0,5	0,9
200	0	100	18	1079	1331	1079	2,1	3,7	2,9	3,7	0,9	0,5	0,9
200	0	100	20	1079	1331	1079	2,1	3,7	2,9	3,7	0,9	0,5	0,9
200	0	100	22	1079	1331	1079	2,1	3,7	2,9	3,7	0,9	0,5	0,9
200	0	100	24	1079	1331	1079	2,1	3,7	2,9	3,7	0,9	0,5	0,9
200	0	200	16	1079	1331	1079	2,7	4,1	3,2	4,1	0,8	0,3	0,8
200	0	200	18	1079	1331	1079	2,6	4,1	3,2	4,1	0,8	0,3	0,8
200	0	200	20	1079	1331	1079	2,7	4,1	3,2	4,1	0,8	0,3	0,8
200	0	200	22	1079	1331	1079	2,6	4,1	3,2	4,1	0,8	0,3	0,8
200	0	200	24	1079	1331	1079	2,6	4,1	3,2	4,1	0,8	0,3	0,8
200	0	300	16	1079	1331	1079	2,9	4,6	3,5	4,6	0,9	0,3	0,9
200	0	300	18	1079	1331	1079	2,9	4,6	3,5	4,6	0,9	0,3	0,9
200	0	300	20	1079	1331	1079	2,9	4,6	3,5	4,6	0,9	0,3	0,9
200	0	300	22	1079	1331	1079	2,8	4,6	3,5	4,6	0,9	0,4	0,9
200	0	300	24	1079	1331	1079	2,8	4,6	3,5	4,6	0,9	0,4	0,9
200	0	400	16	1079	1331	1079	4,5	5,3	3,9	5,3	0,4	0,3	0,4
200	0	400	18	1079	1331	1079	4,6	5,3	3,9	5,3	0,3	0,4	0,3
200	0	400	20	1079	1331	1079	4,5	5,3	3,9	5,3	0,4	0,3	0,4
200	0	400	22	1079	1331	1079	4,5	5,3	3,9	5,3	0,4	0,3	0,4
200	0	400	24	1079	1331	1079	4,5	5,3	3,9	5,3	0,4	0,3	0,4
200	0	500	16	1079	1331	1079	5,5	6,2	4,3	6,2	0,3	0,5	0,3
200	0	500	18	1079	1331	1079	5,5	6,2	4,3	6,2	0,3	0,5	0,3
200	0	500	20	1079	1331	1079	5,6	6,2	4,3	6,2	0,3	0,6	0,3
200	0	500	22	1079	1331	1079	5,1	6,2	4,3	6,2	0,5	0,4	0,5
200	0	500	24	1079	1331	1079	5,1	6,2	4,3	6,2	0,5	0,4	0,5
200	100	100	16	1034	1304	1079	2,2	3,9	3,0	3,7	1,0	0,5	0,9
200	100	100	18	1039	1311	1079	2,2	3,8	3,0	3,7	0,9	0,5	0,9
200	100	100	20	1044	1319	1079	2,2	3,8	3,0	3,7	0,9	0,5	0,9
200	100	100	22	1049	1322	1079	2,3	3,8	2,9	3,7	0,9	0,4	0,8

Vhodni podatki				Kapaciteta			Zamude				GEH		
Q_R	Q_S	Q_E	l_k	PTI	Bovy	Brilon	VISSIM	PTI	Bovy	Brilon	PTI	Bovy	Brilon
[EOV/h]	[m]			[EOV/h]			[s]						
200	100	200	18	1039	1311	1079	2,7	4,3	3,2	4,1	0,9	0,3	0,8
200	100	100	24	1054	1322	1079	2,3	3,8	2,9	3,7	0,8	0,4	0,8
200	100	200	16	1034	1304	1079	2,8	4,3	3,3	4,1	0,8	0,3	0,7
200	100	200	20	1044	1319	1079	2,7	4,3	3,2	4,1	0,8	0,3	0,8
200	100	200	22	1049	1322	1079	2,7	4,2	3,2	4,1	0,8	0,3	0,8
200	100	200	24	1054	1322	1079	2,7	4,2	3,2	4,1	0,8	0,3	0,8
200	100	300	16	1034	1304	1079	4,2	4,9	3,6	4,6	0,3	0,3	0,2
200	100	300	18	1039	1311	1079	4,1	4,9	3,6	4,6	0,4	0,3	0,3
200	100	300	20	1044	1319	1079	4,0	4,8	3,5	4,6	0,4	0,2	0,3
200	100	300	22	1049	1322	1079	3,9	4,8	3,5	4,6	0,4	0,2	0,4
200	100	300	24	1054	1322	1079	3,7	4,8	3,5	4,6	0,5	0,1	0,5
200	100	400	16	1034	1304	1079	5,8	5,7	4,0	5,3	0,1	0,8	0,2
200	100	400	18	1039	1311	1079	5,7	5,6	4,0	5,3	0,0	0,8	0,2
200	100	400	20	1044	1319	1079	5,3	5,6	3,9	5,3	0,1	0,6	0,0
200	100	400	22	1049	1322	1079	5,1	5,5	3,9	5,3	0,2	0,6	0,1
200	100	400	24	1054	1322	1079	5,1	5,5	3,9	5,3	0,2	0,6	0,1
200	100	500	16	1034	1304	1079	7,2	6,7	4,5	6,2	0,2	1,1	0,4
200	100	500	18	1039	1311	1079	6,9	6,7	4,4	6,2	0,1	1,0	0,3
200	100	500	20	1044	1319	1079	6,7	6,6	4,4	6,2	0,0	1,0	0,2
200	100	500	22	1049	1322	1079	6,4	6,5	4,4	6,2	0,1	0,9	0,1
200	100	500	24	1054	1322	1079	6,3	6,5	4,4	6,2	0,1	0,8	0,0
200	200	100	16	988	1276	1079	3,4	4,1	3,1	3,7	0,3	0,2	0,1
200	200	100	18	999	1291	1079	3,3	4,0	3,0	3,7	0,4	0,2	0,2
200	200	100	20	1009	1306	1079	3,2	4,0	3,0	3,7	0,4	0,1	0,3
200	200	100	22	1019	1313	1079	3,2	3,9	3,0	3,7	0,4	0,1	0,3
200	200	100	24	1029	1313	1079	3,1	3,9	3,0	3,7	0,4	0,1	0,3
200	200	200	16	988	1276	1079	4,4	4,6	3,3	4,1	0,1	0,5	0,1
200	200	200	18	999	1291	1079	4,3	4,5	3,3	4,1	0,1	0,5	0,1
200	200	200	20	1009	1306	1079	4,0	4,4	3,3	4,1	0,2	0,4	0,0
200	200	200	22	1019	1313	1079	4,0	4,4	3,2	4,1	0,2	0,4	0,0
200	200	200	24	1029	1313	1079	3,7	4,3	3,2	4,1	0,3	0,3	0,2
200	200	300	16	988	1276	1079	5,2	5,2	3,7	4,6	0,0	0,7	0,3
200	200	300	18	999	1291	1079	5,0	5,2	3,6	4,6	0,1	0,7	0,2
200	200	300	20	1009	1306	1079	4,7	5,1	3,6	4,6	0,2	0,6	0,0
200	200	300	22	1019	1313	1079	4,7	5,0	3,6	4,6	0,1	0,6	0,0
200	200	300	24	1029	1313	1079	4,6	4,9	3,6	4,6	0,2	0,5	0,0
200	200	400	16	988	1276	1079	7,1	6,1	4,1	5,3	0,4	1,3	0,7
200	200	400	18	999	1291	1079	7,0	6,0	4,0	5,3	0,4	1,3	0,7
200	200	400	20	1009	1306	1079	6,5	5,9	4,0	5,3	0,2	1,1	0,5
200	200	400	22	1019	1313	1079	5,9	5,8	3,9	5,3	0,0	0,9	0,3
200	200	400	24	1029	1313	1079	5,8	5,7	3,9	5,3	0,0	0,8	0,2
200	200	500	16	988	1276	1079	9,6	7,4	4,6	6,2	0,8	1,9	1,2
200	200	500	18	999	1291	1079	9,2	7,2	4,5	6,2	0,7	1,8	1,1
200	200	500	20	1009	1306	1079	8,7	7,1	4,5	6,2	0,6	1,7	0,9
200	200	500	22	1019	1313	1079	8,7	6,9	4,4	6,2	0,6	1,7	0,9
200	200	500	24	1029	1313	1079	8,4	6,8	4,4	6,2	0,6	1,6	0,8
200	300	100	16	942	1249	1079	4,9	4,3	3,1	3,7	0,3	0,9	0,6
200	300	100	18	958	1271	1079	4,7	4,2	3,1	3,7	0,2	0,8	0,5
200	300	100	20	974	1293	1079	4,4	4,1	3,0	3,7	0,1	0,7	0,4
200	300	100	22	989	1304	1079	4,3	4,0	3,0	3,7	0,1	0,7	0,3
200	300	100	24	1004	1304	1079	4,2	4,0	3,0	3,7	0,1	0,6	0,3
200	300	200	16	942	1249	1079	5,8	4,8	3,4	4,1	0,4	1,1	0,8
200	300	200	18	958	1271	1079	5,6	4,7	3,4	4,1	0,4	1,1	0,7
200	300	200	20	974	1293	1079	5,1	4,7	3,3	4,1	0,2	0,9	0,5
200	300	200	22	989	1304	1079	5,0	4,6	3,3	4,1	0,2	0,9	0,4
200	300	200	24	1004	1304	1079	4,7	4,5	3,3	4,1	0,1	0,7	0,3

Vhodni podatki				Kapaciteta			Zamude				GEH		
Q_R	Q_S	Q_E	l_k	PTI	Bovy	Brilon	VISSIM	PTI	Bovy	Brilon	PTI	Bovy	Brilon
[EOV/h]		[m]		[EOV/h]			[s]						
200	300	300	16	942	1249	1079	8,4	5,6	3,8	4,6	1,1	1,9	1,5
200	300	300	18	958	1271	1079	7,5	5,5	3,7	4,6	0,8	1,6	1,2
200	300	300	20	974	1293	1079	7,0	5,3	3,6	4,6	0,7	1,5	1,0
200	300	300	22	989	1304	1079	6,7	5,2	3,6	4,6	0,6	1,4	0,9
200	300	300	24	1004	1304	1079	6,2	5,1	3,6	4,6	0,5	1,2	0,7
200	300	400	16	942	1249	1079	11,0	6,6	4,2	5,3	1,5	2,4	2,0
200	300	400	18	958	1271	1079	10,1	6,4	4,1	5,3	1,3	2,2	1,7
200	300	400	20	974	1293	1079	8,8	6,3	4,0	5,3	0,9	1,9	1,3
200	300	400	22	989	1304	1079	8,1	6,1	4,0	5,3	0,7	1,7	1,1
200	300	400	24	1004	1304	1079	7,2	6,0	4,0	5,3	0,5	1,4	0,8
200	300	500	16	942	1249	1079	14,5	8,1	4,8	6,2	1,9	3,1	2,6
200	300	500	18	958	1271	1079	13,9	7,8	4,7	6,2	1,8	3,0	2,4
200	300	500	20	974	1293	1079	13,6	7,6	4,5	6,2	1,9	3,0	2,3
200	300	500	22	989	1304	1079	12,9	7,3	4,5	6,2	1,7	2,9	2,2
200	300	500	24	1004	1304	1079	11,4	7,1	4,5	6,2	1,4	2,5	1,7
200	400	100	16	896	1221	1079	6,0	4,5	3,2	3,7	0,6	1,3	1,1
200	400	100	18	917	1251	1079	5,6	4,4	3,1	3,7	0,5	1,2	0,9
200	400	100	20	938	1281	1079	5,3	4,3	3,0	3,7	0,5	1,1	0,8
200	400	100	22	959	1296	1079	4,8	4,2	3,0	3,7	0,3	0,9	0,5
200	400	100	24	978	1296	1079	4,2	4,1	3,0	3,7	0,0	0,6	0,3
200	400	200	16	896	1221	1079	6,4	5,2	3,5	4,1	0,5	1,3	1,0
200	400	200	18	917	1251	1079	6,2	5,0	3,4	4,1	0,5	1,3	0,9
200	400	200	20	938	1281	1079	5,8	4,9	3,3	4,1	0,4	1,2	0,8
200	400	200	22	959	1296	1079	5,5	4,7	3,3	4,1	0,3	1,1	0,6
200	400	200	24	978	1296	1079	5,3	4,6	3,3	4,1	0,3	1,0	0,6
200	400	300	16	896	1221	1079	9,8	6,0	3,9	4,6	1,3	2,3	1,9
200	400	300	18	917	1251	1079	8,8	5,8	3,8	4,6	1,1	2,0	1,6
200	400	300	20	938	1281	1079	8,6	5,6	3,7	4,6	1,1	2,0	1,5
200	400	300	22	959	1296	1079	8,1	5,5	3,6	4,6	1,0	1,9	1,4
200	400	300	24	978	1296	1079	6,8	5,3	3,6	4,6	0,6	1,4	0,9
200	400	400	16	896	1221	1079	11,8	7,3	4,4	5,3	1,5	2,6	2,2
200	400	400	18	917	1251	1079	11,0	7,0	4,2	5,3	1,3	2,5	2,0
200	400	400	20	938	1281	1079	10,6	6,7	4,1	5,3	1,3	2,4	1,9
200	400	400	22	959	1296	1079	9,9	6,4	4,0	5,3	1,2	2,2	1,7
200	400	400	24	978	1296	1079	8,2	6,2	4,0	5,3	0,7	1,7	1,1
200	400	500	16	896	1221	1079	27,8	9,1	5,0	6,2	4,4	5,6	5,2
200	400	500	18	917	1251	1079	26,3	8,6	4,8	6,2	4,2	5,5	5,0
200	400	500	20	938	1281	1079	22,1	8,2	4,6	6,2	3,6	4,8	4,2
200	400	500	22	959	1296	1079	19,7	7,8	4,5	6,2	3,2	4,4	3,7
200	400	500	24	978	1296	1079	16,6	7,5	4,5	6,2	2,6	3,7	3,1
200	500	100	16	849	1194	1079	6,5	4,8	3,3	3,7	0,7	1,5	1,3
200	500	100	18	875	1231	1079	6,3	4,6	3,2	3,7	0,7	1,4	1,2
200	500	100	20	902	1268	1079	5,9	4,5	3,1	3,7	0,6	1,3	1,0
200	500	100	22	928	1287	1079	5,4	4,3	3,0	3,7	0,5	1,2	0,8
200	500	100	24	952	1287	1079	5,0	4,2	3,0	3,7	0,4	1,0	0,6
200	500	200	16	849	1194	1079	11,4	5,5	3,6	4,1	2,0	2,8	2,6
200	500	200	18	875	1231	1079	10,9	5,3	3,5	4,1	2,0	2,8	2,5
200	500	200	20	902	1268	1079	7,5	5,1	3,4	4,1	0,9	1,8	1,4
200	500	200	22	928	1287	1079	7,1	4,9	3,3	4,1	0,9	1,7	1,3
200	500	200	24	952	1287	1079	6,7	4,8	3,3	4,1	0,8	1,5	1,1
200	500	300	16	849	1194	1079	13,3	6,6	4,0	4,6	2,1	3,2	2,9
200	500	300	18	875	1231	1079	12,1	6,3	3,9	4,6	1,9	2,9	2,6
200	500	300	20	902	1268	1079	10,5	6,0	3,7	4,6	1,6	2,5	2,1
200	500	300	22	928	1287	1079	9,7	5,7	3,6	4,6	1,4	2,3	1,9
200	500	300	24	952	1287	1079	8,3	5,5	3,6	4,6	1,1	1,9	1,4
200	500	400	16	849	1194	1079	20,0	8,0	4,5	5,3	3,2	4,4	4,1

Vhodni podatki				Kapaciteta			Zamude				GEH		
Q_R	Q_S	Q_E	l_k	PTI	Bovy	Brilon	VISSIM	PTI	Bovy	Brilon	PTI	Bovy	Brilon
[EOV/h]	[m]			[EOV/h]			[s]						
200	500	400	18	875	1231	1079	18,2	7,6	4,3	5,3	3,0	4,1	3,8
200	500	400	20	902	1268	1079	16,3	7,2	4,1	5,3	2,7	3,8	3,3
200	500	400	22	928	1287	1079	14,2	6,8	4,1	5,3	2,3	3,4	2,8
200	500	400	24	952	1287	1079	12,9	6,5	4,1	5,3	2,0	3,0	2,5
200	500	500	16	849	1194	1079	29,6	10,3	5,2	6,2	4,3	5,9	5,5
200	500	500	18	875	1231	1079	25,6	9,6	4,9	6,2	3,8	5,3	4,9
200	500	500	20	902	1268	1079	25,1	8,9	4,7	6,2	3,9	5,3	4,8
200	500	500	22	928	1287	1079	23,2	8,4	4,6	6,2	3,7	5,0	4,4
200	500	500	24	952	1287	1079	21,2	7,9	4,6	6,2	3,5	4,6	4,0
300	0	100	16	1017	1247	1017	2,4	3,9	3,1	3,9	0,9	0,4	0,9
300	0	100	18	1017	1247	1017	2,5	3,9	3,1	3,9	0,8	0,4	0,8
300	0	100	20	1017	1247	1017	2,5	3,9	3,1	3,9	0,8	0,4	0,8
300	0	100	22	1017	1247	1017	2,5	3,9	3,1	3,9	0,8	0,4	0,8
300	0	100	24	1017	1247	1017	2,5	3,9	3,1	3,9	0,8	0,4	0,8
300	0	200	16	1017	1247	1017	3,5	4,4	3,4	4,4	0,5	0,0	0,5
300	0	200	18	1017	1247	1017	3,5	4,4	3,4	4,4	0,5	0,0	0,5
300	0	200	20	1017	1247	1017	3,4	4,4	3,4	4,4	0,5	0,0	0,5
300	0	200	22	1017	1247	1017	3,4	4,4	3,4	4,4	0,5	0,0	0,5
300	0	200	24	1017	1247	1017	3,4	4,4	3,4	4,4	0,5	0,0	0,5
300	0	300	16	1017	1247	1017	4,7	5,0	3,8	5,0	0,1	0,4	0,1
300	0	300	18	1017	1247	1017	4,6	5,0	3,8	5,0	0,2	0,4	0,2
300	0	300	20	1017	1247	1017	4,7	5,0	3,8	5,0	0,1	0,4	0,1
300	0	300	22	1017	1247	1017	4,5	5,0	3,8	5,0	0,2	0,3	0,2
300	0	300	24	1017	1247	1017	4,3	5,0	3,8	5,0	0,3	0,2	0,3
300	0	400	16	1017	1247	1017	6,4	5,8	4,3	5,8	0,2	0,9	0,2
300	0	400	18	1017	1247	1017	6,4	5,8	4,3	5,8	0,2	0,9	0,2
300	0	400	20	1017	1247	1017	6,3	5,8	4,3	5,8	0,2	0,9	0,2
300	0	400	22	1017	1247	1017	6,2	5,8	4,3	5,8	0,2	0,9	0,2
300	0	400	24	1017	1247	1017	6,2	5,8	4,3	5,8	0,2	0,9	0,2
300	0	500	16	1017	1247	1017	8,8	7,0	4,8	7,0	0,7	1,5	0,7
300	0	500	18	1017	1247	1017	9,0	7,0	4,8	7,0	0,7	1,6	0,7
300	0	500	20	1017	1247	1017	8,5	7,0	4,8	7,0	0,6	1,4	0,6
300	0	500	22	1017	1247	1017	8,4	7,0	4,8	7,0	0,5	1,4	0,5
300	0	500	24	1017	1247	1017	8,4	7,0	4,8	7,0	0,5	1,4	0,5
300	100	100	16	971	1219	1017	4,5	4,1	3,2	3,9	0,2	0,7	0,3
300	100	100	18	977	1227	1017	4,3	4,1	3,2	3,9	0,1	0,6	0,2
300	100	100	20	982	1234	1017	4,2	4,1	3,2	3,9	0,1	0,5	0,1
300	100	100	22	987	1238	1017	4,0	4,1	3,2	3,9	0,0	0,4	0,0
300	100	100	24	992	1238	1017	3,4	4,0	3,2	3,9	0,3	0,1	0,3
300	100	200	16	971	1219	1017	4,8	4,7	3,5	4,4	0,1	0,6	0,2
300	100	200	18	977	1227	1017	4,6	4,6	3,5	4,4	0,0	0,5	0,1
300	100	200	20	982	1234	1017	4,6	4,6	3,5	4,4	0,0	0,6	0,1
300	100	200	22	987	1238	1017	4,5	4,6	3,5	4,4	0,0	0,5	0,0
300	100	200	24	992	1238	1017	4,3	4,5	3,5	4,4	0,1	0,4	0,1
300	100	300	16	971	1219	1017	6,0	5,4	3,9	5,0	0,3	0,9	0,4
300	100	300	18	977	1227	1017	5,9	5,3	3,9	5,0	0,2	0,9	0,4
300	100	300	20	982	1234	1017	5,6	5,3	3,9	5,0	0,1	0,8	0,3
300	100	300	22	987	1238	1017	5,6	5,2	3,8	5,0	0,2	0,8	0,3
300	100	300	24	992	1238	1017	5,5	5,2	3,8	5,0	0,1	0,8	0,2
300	100	400	16	971	1219	1017	7,7	6,3	4,4	5,8	0,5	1,3	0,7
300	100	400	18	977	1227	1017	7,6	6,2	4,4	5,8	0,5	1,3	0,7
300	100	400	20	982	1234	1017	7,4	6,2	4,3	5,8	0,5	1,3	0,6
300	100	400	22	987	1238	1017	7,2	6,1	4,3	5,8	0,4	1,2	0,5
300	100	400	24	992	1238	1017	7,2	6,1	4,3	5,8	0,4	1,2	0,5
300	100	500	16	971	1219	1017	9,7	7,6	5,0	7,0	0,7	1,7	1,0
300	100	500	18	977	1227	1017	9,9	7,5	5,0	7,0	0,8	1,8	1,0

Vhodni podatki				Kapaciteta			Zamude				GEH		
Q_R	Q_S	Q_E	l_k	PTI	Bovy	Brilon	VISSIM	PTI	Bovy	Brilon	PTI	Bovy	Brilon
[EOV/h]		[m]		[EOV/h]			[s]						
300	100	500	20	982	1234	1017	9,4	7,5	4,9	7,0	0,7	1,7	0,9
300	100	500	22	987	1238	1017	9,3	7,4	4,9	7,0	0,7	1,7	0,8
300	100	500	24	992	1238	1017	9,4	7,3	4,9	7,0	0,7	1,7	0,9
300	200	100	16	925	1192	1017	4,6	4,4	3,3	3,9	0,1	0,7	0,3
300	200	100	18	936	1207	1017	4,6	4,3	3,3	3,9	0,1	0,7	0,3
300	200	100	20	947	1221	1017	4,5	4,3	3,2	3,9	0,1	0,7	0,3
300	200	100	22	957	1229	1017	4,5	4,2	3,2	3,9	0,1	0,7	0,3
300	200	100	24	967	1229	1017	4,3	4,2	3,2	3,9	0,1	0,6	0,2
300	200	200	16	925	1192	1017	6,1	5,0	3,6	4,4	0,5	1,1	0,7
300	200	200	18	936	1207	1017	6,2	4,9	3,6	4,4	0,6	1,2	0,8
300	200	200	20	947	1221	1017	5,6	4,8	3,5	4,4	0,3	1,0	0,5
300	200	200	22	957	1229	1017	5,5	4,8	3,5	4,4	0,3	0,9	0,5
300	200	200	24	967	1229	1017	5,2	4,7	3,5	4,4	0,2	0,8	0,4
300	200	300	16	925	1192	1017	9,1	5,8	4,0	5,0	1,2	2,0	1,5
300	200	300	18	936	1207	1017	8,3	5,7	4,0	5,0	1,0	1,7	1,3
300	200	300	20	947	1221	1017	8,1	5,6	3,9	5,0	1,0	1,7	1,2
300	200	300	22	957	1229	1017	8,0	5,5	3,9	5,0	1,0	1,7	1,2
300	200	300	24	967	1229	1017	7,5	5,4	3,9	5,0	0,8	1,5	1,0
300	200	400	16	925	1192	1017	10,8	6,8	4,5	5,8	1,3	2,3	1,7
300	200	400	18	936	1207	1017	10,6	6,7	4,5	5,8	1,3	2,2	1,7
300	200	400	20	947	1221	1017	9,8	6,6	4,4	5,8	1,1	2,0	1,4
300	200	400	22	957	1229	1017	9,4	6,5	4,3	5,8	1,0	1,9	1,3
300	200	400	24	967	1229	1017	9,0	6,3	4,3	5,8	1,0	1,8	1,2
300	200	500	16	925	1192	1017	15,0	8,4	5,2	7,0	1,9	3,1	2,4
300	200	500	18	936	1207	1017	15,2	8,2	5,1	7,0	2,0	3,2	2,5
300	200	500	20	947	1221	1017	15,2	8,0	5,0	7,0	2,1	3,2	2,5
300	200	500	22	957	1229	1017	13,8	7,9	4,9	7,0	1,8	2,9	2,1
300	200	500	24	967	1229	1017	14,4	7,7	4,9	7,0	2,0	3,0	2,3
300	300	100	16	879	1164	1017	6,1	4,6	3,4	3,9	0,6	1,2	1,0
300	300	100	18	895	1187	1017	5,7	4,5	3,3	3,9	0,5	1,1	0,8
300	300	100	20	911	1209	1017	5,5	4,4	3,2	3,9	0,5	1,1	0,7
300	300	100	22	926	1220	1017	5,1	4,4	3,2	3,9	0,3	0,9	0,6
300	300	100	24	941	1220	1017	4,6	4,3	3,2	3,9	0,2	0,7	0,3
300	300	200	16	879	1164	1017	7,1	5,3	3,7	4,4	0,7	1,4	1,1
300	300	200	18	895	1187	1017	6,5	5,2	3,6	4,4	0,5	1,3	0,9
300	300	200	20	911	1209	1017	6,2	5,1	3,6	4,4	0,5	1,2	0,8
300	300	200	22	926	1220	1017	6,0	5,0	3,5	4,4	0,4	1,1	0,7
300	300	200	24	941	1220	1017	5,4	4,9	3,5	4,4	0,2	0,9	0,4
300	300	300	16	879	1164	1017	10,0	6,2	4,2	5,0	1,3	2,2	1,8
300	300	300	18	895	1187	1017	9,6	6,0	4,1	5,0	1,3	2,1	1,7
300	300	300	20	911	1209	1017	9,5	5,9	4,0	5,0	1,3	2,1	1,7
300	300	300	22	926	1220	1017	9,0	5,7	3,9	5,0	1,2	2,0	1,5
300	300	300	24	941	1220	1017	8,1	5,6	3,9	5,0	0,9	1,7	1,2
300	300	400	16	879	1164	1017	13,6	7,5	4,7	5,8	1,9	2,9	2,5
300	300	400	18	895	1187	1017	12,5	7,3	4,6	5,8	1,7	2,7	2,2
300	300	400	20	911	1209	1017	12,4	7,0	4,4	5,8	1,7	2,7	2,2
300	300	400	22	926	1220	1017	12,1	6,8	4,4	5,8	1,7	2,7	2,1
300	300	400	24	941	1220	1017	11,1	6,6	4,4	5,8	1,5	2,4	1,8
300	300	500	16	879	1164	1017	32,6	9,5	5,4	7,0	5,0	6,2	5,8
300	300	500	18	895	1187	1017	26,5	9,1	5,2	7,0	4,1	5,3	4,8
300	300	500	20	911	1209	1017	25,8	8,7	5,1	7,0	4,1	5,3	4,7
300	300	500	22	926	1220	1017	20,5	8,4	5,0	7,0	3,2	4,3	3,7
300	300	500	24	941	1220	1017	21,5	8,1	5,0	7,0	3,5	4,5	3,9
300	400	100	16	832	1137	1017	6,9	4,9	3,5	3,9	0,8	1,5	1,3
300	400	100	18	853	1167	1017	6,6	4,8	3,4	3,9	0,8	1,4	1,2
300	400	100	20	875	1196	1017	5,9	4,6	3,3	3,9	0,5	1,2	0,9

Vhodni podatki				Kapaciteta			Zamude				GEH		
Q_R	Q_S	Q_E	l_k	PTI	Bovy	Brilon	VISSIM	PTI	Bovy	Brilon	PTI	Bovy	Brilon
[EOV/h]	[m]			[EOV/h]				[s]					
300	400	100	22	896	1211	1017	5,7	4,5	3,2	3,9	0,5	1,2	0,8
300	400	100	24	915	1211	1017	5,6	4,4	3,2	3,9	0,5	1,1	0,8
300	400	200	16	832	1137	1017	14,9	5,7	3,8	4,4	2,9	3,6	3,4
300	400	200	18	853	1167	1017	13,7	5,5	3,7	4,4	2,6	3,4	3,1
300	400	200	20	875	1196	1017	11,8	5,3	3,6	4,4	2,2	2,9	2,6
300	400	200	22	896	1211	1017	11,1	5,2	3,6	4,4	2,1	2,8	2,4
300	400	200	24	915	1211	1017	11,1	5,0	3,6	4,4	2,1	2,8	2,4
300	400	300	16	832	1137	1017	20,8	6,8	4,3	5,0	3,8	4,7	4,4
300	400	300	18	853	1167	1017	19,4	6,5	4,2	5,0	3,6	4,4	4,1
300	400	300	20	875	1196	1017	16,7	6,3	4,0	5,0	3,1	3,9	3,5
300	400	300	22	896	1211	1017	11,6	6,0	4,0	5,0	1,9	2,7	2,3
300	400	300	24	915	1211	1017	9,3	5,9	4,0	5,0	1,3	2,1	1,6
300	400	400	16	832	1137	1017	21,8	8,3	4,9	5,8	3,5	4,6	4,3
300	400	400	18	853	1167	1017	20,4	7,9	4,7	5,8	3,3	4,4	4,0
300	400	400	20	875	1196	1017	19,7	7,6	4,5	5,8	3,3	4,4	3,9
300	400	400	22	896	1211	1017	17,3	7,3	4,4	5,8	2,9	3,9	3,4
300	400	400	24	915	1211	1017	16,3	7,0	4,4	5,8	2,7	3,7	3,1
300	400	500	16	832	1137	1017	50,5	10,8	5,6	7,0	7,2	8,5	8,1
300	400	500	18	853	1167	1017	29,9	10,1	5,4	7,0	4,4	5,8	5,3
300	400	500	20	875	1196	1017	29,6	9,6	5,2	7,0	4,5	5,9	5,3
300	400	500	22	896	1211	1017	26,7	9,1	5,1	7,0	4,2	5,4	4,8
300	400	500	24	915	1211	1017	25,8	8,6	5,1	7,0	4,1	5,3	4,7
300	500	100	16	784	1110	1017	9,4	5,3	3,6	3,9	1,5	2,3	2,1
300	500	100	18	811	1147	1017	9,0	5,1	3,4	3,9	1,5	2,2	2,0
300	500	100	20	838	1184	1017	8,7	4,9	3,3	3,9	1,5	2,2	1,9
300	500	100	22	864	1202	1017	8,1	4,7	3,3	3,9	1,3	2,0	1,7
300	500	100	24	889	1202	1017	6,9	4,6	3,3	3,9	1,0	1,6	1,3
300	500	200	16	784	1110	1017	14,4	6,2	4,0	4,4	2,6	3,4	3,3
300	500	200	18	811	1147	1017	13,5	5,9	3,8	4,4	2,4	3,3	3,0
300	500	200	20	838	1184	1017	11,0	5,6	3,7	4,4	1,9	2,7	2,4
300	500	200	22	864	1202	1017	10,7	5,4	3,6	4,4	1,9	2,7	2,3
300	500	200	24	889	1202	1017	11,0	5,2	3,6	4,4	2,0	2,7	2,4
300	500	300	16	784	1110	1017	24,8	7,4	4,4	5,0	4,3	5,3	5,1
300	500	300	18	811	1147	1017	21,2	7,0	4,3	5,0	3,8	4,8	4,5
300	500	300	20	838	1184	1017	20,1	6,7	4,1	5,0	3,7	4,6	4,3
300	500	300	22	864	1202	1017	18,8	6,4	4,0	5,0	3,5	4,4	4,0
300	500	300	24	889	1202	1017	17,6	6,1	4,0	5,0	3,3	4,1	3,7
300	500	400	16	784	1110	1017	55,6	9,3	5,1	5,8	8,1	9,2	9,0
300	500	400	18	811	1147	1017	25,6	8,7	4,8	5,8	4,1	5,3	5,0
300	500	400	20	838	1184	1017	24,5	8,2	4,6	5,8	4,0	5,2	4,8
300	500	400	22	864	1202	1017	21,6	7,7	4,5	5,8	3,6	4,7	4,3
300	500	400	24	889	1202	1017	19,7	7,4	4,5	5,8	3,4	4,4	3,9
300	500	500	16	784	1110	1017	124,1	12,6	5,9	7,0	13,5	14,7	14,5
300	500	500	18	811	1147	1017	116,5	11,5	5,6	7,0	13,1	14,2	13,9
300	500	500	20	838	1184	1017	96,3	10,6	5,3	7,0	11,7	12,8	12,4
300	500	500	22	864	1202	1017	61,4	9,8	5,1	7,0	8,6	9,8	9,3
300	500	500	24	889	1202	1017	57,6	9,2	5,1	7,0	8,4	9,4	8,9
400	0	100	16	954	1162	954	3,8	4,2	3,4	4,2	0,2	0,2	0,2
400	0	100	18	954	1162	954	4,0	4,2	3,4	4,2	0,1	0,3	0,1
400	0	100	20	954	1162	954	3,7	4,2	3,4	4,2	0,3	0,2	0,3
400	0	100	22	954	1162	954	3,7	4,2	3,4	4,2	0,3	0,2	0,3
400	0	100	24	954	1162	954	3,8	4,2	3,4	4,2	0,2	0,2	0,2
400	0	200	16	954	1162	954	7,8	4,8	3,7	4,8	1,2	1,7	1,2
400	0	200	18	954	1162	954	7,5	4,8	3,7	4,8	1,1	1,6	1,1
400	0	200	20	954	1162	954	7,5	4,8	3,7	4,8	1,1	1,6	1,1
400	0	200	22	954	1162	954	7,5	4,8	3,7	4,8	1,1	1,6	1,1

Vhodni podatki				Kapaciteta			Zamude				GEH		
Q_R	Q_S	Q_E	l_k	PTI	Bovy	Brilon	VISSIM	PTI	Bovy	Brilon	PTI	Bovy	Brilon
[EOV/h]		[m]		[EOV/h]			[s]						
400	0	200	24	954	1162	954	7,4	4,8	3,7	4,8	1,1	1,6	1,1
400	0	300	16	954	1162	954	6,8	5,5	4,2	5,5	0,5	1,1	0,5
400	0	300	18	954	1162	954	6,6	5,5	4,2	5,5	0,4	1,0	0,4
400	0	300	20	954	1162	954	6,7	5,5	4,2	5,5	0,5	1,1	0,5
400	0	300	22	954	1162	954	6,8	5,5	4,2	5,5	0,5	1,1	0,5
400	0	300	24	954	1162	954	6,8	5,5	4,2	5,5	0,5	1,1	0,5
400	0	400	16	954	1162	954	8,9	6,5	4,7	6,5	0,9	1,6	0,9
400	0	400	18	954	1162	954	8,8	6,5	4,7	6,5	0,8	1,6	0,8
400	0	400	20	954	1162	954	8,5	6,5	4,7	6,5	0,7	1,5	0,7
400	0	400	22	954	1162	954	8,5	6,5	4,7	6,5	0,7	1,5	0,7
400	0	400	24	954	1162	954	8,6	6,5	4,7	6,5	0,8	1,5	0,8
400	0	500	16	954	1162	954	12,2	7,9	5,4	7,9	1,4	2,3	1,4
400	0	500	18	954	1162	954	12,4	7,9	5,4	7,9	1,4	2,3	1,4
400	0	500	20	954	1162	954	12,3	7,9	5,4	7,9	1,4	2,3	1,4
400	0	500	22	954	1162	954	12,3	7,9	5,4	7,9	1,4	2,3	1,4
400	0	500	24	954	1162	954	12,3	7,9	5,4	7,9	1,4	2,3	1,4
400	100	100	16	908	1135	954	5,0	4,5	3,5	4,2	0,3	0,7	0,4
400	100	100	18	914	1142	954	5,0	4,4	3,5	4,2	0,3	0,8	0,4
400	100	100	20	919	1150	954	5,0	4,4	3,4	4,2	0,3	0,8	0,4
400	100	100	22	924	1153	954	4,6	4,4	3,4	4,2	0,1	0,6	0,2
400	100	100	24	929	1153	954	4,5	4,3	3,4	4,2	0,1	0,5	0,1
400	100	200	16	908	1135	954	6,6	5,1	3,9	4,8	0,6	1,2	0,8
400	100	200	18	914	1142	954	6,5	5,0	3,8	4,8	0,6	1,2	0,7
400	100	200	20	919	1150	954	6,5	5,0	3,8	4,8	0,6	1,2	0,7
400	100	200	22	924	1153	954	6,6	5,0	3,8	4,8	0,7	1,2	0,8
400	100	200	24	929	1153	954	6,3	4,9	3,8	4,8	0,6	1,1	0,6
400	100	300	16	908	1135	954	9,6	5,9	4,3	5,5	1,3	2,0	1,5
400	100	300	18	914	1142	954	9,1	5,9	4,3	5,5	1,2	1,9	1,3
400	100	300	20	919	1150	954	9,2	5,8	4,2	5,5	1,2	1,9	1,4
400	100	300	22	924	1153	954	9,2	5,8	4,2	5,5	1,3	1,9	1,4
400	100	300	24	929	1153	954	8,6	5,7	4,2	5,5	1,1	1,7	1,2
400	100	400	16	908	1135	954	11,6	7,1	4,9	6,5	1,5	2,3	1,7
400	100	400	18	914	1142	954	11,7	7,0	4,8	6,5	1,5	2,4	1,7
400	100	400	20	919	1150	954	11,0	6,9	4,8	6,5	1,4	2,2	1,5
400	100	400	22	924	1153	954	10,7	6,9	4,8	6,5	1,3	2,1	1,4
400	100	400	24	929	1153	954	10,4	6,8	4,8	6,5	1,2	2,0	1,3
400	100	500	16	908	1135	954	19,4	8,8	5,7	7,9	2,8	3,9	3,1
400	100	500	18	914	1142	954	19,4	8,7	5,6	7,9	2,9	3,9	3,1
400	100	500	20	919	1150	954	18,8	8,6	5,5	7,9	2,8	3,8	3,0
400	100	500	22	924	1153	954	18,0	8,5	5,5	7,9	2,6	3,6	2,8
400	100	500	24	929	1153	954	17,5	8,4	5,5	7,9	2,5	3,5	2,7
400	200	100	16	862	1107	954	6,5	4,7	3,6	4,2	0,7	1,3	1,0
400	200	100	18	873	1122	954	6,2	4,7	3,5	4,2	0,7	1,2	0,9
400	200	100	20	883	1137	954	6,0	4,6	3,5	4,2	0,6	1,2	0,8
400	200	100	22	894	1144	954	5,5	4,5	3,4	4,2	0,4	1,0	0,6
400	200	100	24	903	1144	954	5,3	4,5	3,4	4,2	0,4	0,9	0,5
400	200	200	16	862	1107	954	8,5	5,4	4,0	4,8	1,2	1,8	1,4
400	200	200	18	873	1122	954	8,4	5,4	3,9	4,8	1,2	1,8	1,4
400	200	200	20	883	1137	954	8,1	5,3	3,8	4,8	1,1	1,7	1,3
400	200	200	22	894	1144	954	7,9	5,2	3,8	4,8	1,1	1,7	1,2
400	200	200	24	903	1144	954	7,3	5,1	3,8	4,8	0,9	1,5	1,0
400	200	300	16	862	1107	954	11,1	6,4	4,5	5,5	1,6	2,4	1,9
400	200	300	18	873	1122	954	10,6	6,3	4,4	5,5	1,5	2,3	1,8
400	200	300	20	883	1137	954	11,0	6,2	4,3	5,5	1,6	2,4	1,9
400	200	300	22	894	1144	954	10,8	6,1	4,3	5,5	1,6	2,4	1,9
400	200	300	24	903	1144	954	11,0	6,0	4,3	5,5	1,7	2,4	1,9

Vhodni podatki				Kapaciteta			Zamude				GEH		
Q_R	Q_S	Q_E	l_k	PTI	Bovy	Brilon	VISSIM	PTI	Bovy	Brilon	PTI	Bovy	Brilon
[EOV/h]	[m]	[EOV/h]			[s]								
400	200	400	16	862	1107	954	14,9	7,8	5,1	6,5	2,1	3,1	2,6
400	200	400	18	873	1122	954	12,5	7,6	5,0	6,5	1,5	2,5	2,0
400	200	400	20	883	1137	954	12,6	7,4	4,9	6,5	1,6	2,6	2,0
400	200	400	22	894	1144	954	12,4	7,3	4,8	6,5	1,6	2,6	1,9
400	200	400	24	903	1144	954	12,1	7,1	4,8	6,5	1,6	2,5	1,8
400	200	500	16	862	1107	954	41,7	9,9	5,9	7,9	6,3	7,3	6,8
400	200	500	18	873	1122	954	38,7	9,6	5,8	7,9	5,9	7,0	6,4
400	200	500	20	883	1137	954	34,3	9,4	5,6	7,9	5,3	6,4	5,7
400	200	500	22	894	1144	954	34,2	9,1	5,6	7,9	5,4	6,4	5,7
400	200	500	24	903	1144	954	31,0	8,9	5,6	7,9	4,9	5,9	5,2
400	300	100	16	815	1080	954	7,4	5,0	3,7	4,2	0,9	1,6	1,3
400	300	100	18	831	1102	954	7,2	4,9	3,6	4,2	0,9	1,6	1,3
400	300	100	20	847	1124	954	6,9	4,8	3,5	4,2	0,9	1,5	1,1
400	300	100	22	863	1136	954	6,7	4,7	3,5	4,2	0,8	1,4	1,1
400	300	100	24	878	1136	954	6,6	4,6	3,5	4,2	0,8	1,4	1,0
400	300	200	16	815	1080	954	16,0	5,9	4,1	4,8	3,1	3,8	3,5
400	300	200	18	831	1102	954	15,1	5,7	4,0	4,8	2,9	3,6	3,3
400	300	200	20	847	1124	954	15,1	5,6	3,9	4,8	3,0	3,6	3,3
400	300	200	22	863	1136	954	14,7	5,4	3,8	4,8	2,9	3,6	3,2
400	300	200	24	878	1136	954	14,4	5,3	3,8	4,8	2,9	3,5	3,1
400	300	300	16	815	1080	954	17,3	7,0	4,6	5,5	3,0	3,8	3,5
400	300	300	18	831	1102	954	16,7	6,8	4,5	5,5	2,9	3,8	3,4
400	300	300	20	847	1124	954	14,1	6,6	4,4	5,5	2,3	3,2	2,7
400	300	300	22	863	1136	954	12,1	6,4	4,3	5,5	1,9	2,7	2,2
400	300	300	24	878	1136	954	11,6	6,2	4,3	5,5	1,8	2,6	2,1
400	300	400	16	815	1080	954	23,3	8,7	5,3	6,5	3,7	4,8	4,4
400	300	400	18	831	1102	954	22,6	8,3	5,1	6,5	3,6	4,7	4,2
400	300	400	20	847	1124	954	22,1	8,0	5,0	6,5	3,6	4,7	4,1
400	300	400	22	863	1136	954	22,9	7,8	4,9	6,5	3,9	4,8	4,3
400	300	400	24	878	1136	954	21,2	7,5	4,9	6,5	3,6	4,5	4,0
400	300	500	16	815	1080	954	54,7	11,4	6,2	7,9	7,5	8,8	8,4
400	300	500	18	831	1102	954	47,3	10,8	6,0	7,9	6,8	8,0	7,5
400	300	500	20	847	1124	954	41,8	10,3	5,8	7,9	6,2	7,4	6,8
400	300	500	22	863	1136	954	38,5	9,9	5,7	7,9	5,8	7,0	6,4
400	300	500	24	878	1136	954	36,3	9,5	5,7	7,9	5,6	6,7	6,0
400	400	100	16	767	1053	954	11,1	5,4	3,8	4,2	2,0	2,7	2,5
400	400	100	18	789	1082	954	10,8	5,2	3,7	4,2	2,0	2,7	2,4
400	400	100	20	811	1112	954	10,5	5,1	3,6	4,2	1,9	2,6	2,3
400	400	100	22	832	1127	954	10,2	4,9	3,5	4,2	1,9	2,6	2,2
400	400	100	24	851	1127	954	8,7	4,8	3,5	4,2	1,5	2,1	1,8
400	400	200	16	767	1053	954	18,6	6,3	4,2	4,8	3,5	4,3	4,0
400	400	200	18	789	1082	954	17,2	6,1	4,1	4,8	3,2	4,0	3,7
400	400	200	20	811	1112	954	19,9	5,9	3,9	4,8	3,9	4,6	4,3
400	400	200	22	832	1127	954	20,1	5,7	3,9	4,8	4,0	4,7	4,3
400	400	200	24	851	1127	954	18,5	5,5	3,9	4,8	3,7	4,4	4,0
400	400	300	16	767	1053	954	26,1	7,7	4,8	5,5	4,5	5,4	5,2
400	400	300	18	789	1082	954	23,7	7,4	4,6	5,5	4,1	5,1	4,8
400	400	300	20	811	1112	954	22,0	7,0	4,4	5,5	3,9	4,8	4,4
400	400	300	22	832	1127	954	21,7	6,8	4,4	5,5	4,0	4,8	4,4
400	400	300	24	851	1127	954	20,4	6,5	4,4	5,5	3,8	4,6	4,1
400	400	400	16	767	1053	954	53,3	9,8	5,5	6,5	7,8	8,8	8,6
400	400	400	18	789	1082	954	44,3	9,2	5,3	6,5	6,8	7,8	7,5
400	400	400	20	811	1112	954	36,0	8,7	5,1	6,5	5,8	6,8	6,4
400	400	400	22	832	1127	954	23,8	8,3	5,0	6,5	3,9	5,0	4,4
400	400	400	24	851	1127	954	21,8	8,0	5,0	6,5	3,6	4,6	4,1
400	400	500	16	767	1053	954	207,9	13,4	6,5	7,9	18,5	19,5	19,3

Vhodni podatki				Kapaciteta			Zamude				GEH		
Q_R	Q_S	Q_E	l_k	PTI	Bovy	Brilon	VISSIM	PTI	Bovy	Brilon	PTI	Bovy	Brilon
[EOV/h]		[m]		[EOV/h]			[s]						
400	400	500	18	789	1082	954	184,0	12,4	6,2	7,9	17,3	18,2	18,0
400	400	500	20	811	1112	954	182,1	11,5	5,9	7,9	17,3	18,2	17,9
400	400	500	22	832	1127	954	127,7	10,8	5,7	7,9	14,0	14,9	14,5
400	400	500	24	851	1127	954	97,5	10,2	5,7	7,9	11,9	12,8	12,3
400	500	100	16	719	1025	954	21,3	5,8	3,9	4,2	4,2	4,9	4,8
400	500	100	18	746	1062	954	21,1	5,6	3,7	4,2	4,3	4,9	4,7
400	500	100	20	774	1099	954	20,0	5,3	3,6	4,2	4,1	4,8	4,5
400	500	100	22	800	1118	954	15,1	5,1	3,5	4,2	3,1	3,8	3,5
400	500	100	24	825	1118	954	10,7	5,0	3,5	4,2	2,0	2,7	2,4
400	500	200	16	719	1025	954	43,6	6,9	4,4	4,8	7,3	8,0	7,9
400	500	200	18	746	1062	954	41,6	6,6	4,2	4,8	7,1	7,8	7,6
400	500	200	20	774	1099	954	34,7	6,3	4,0	4,8	6,3	7,0	6,7
400	500	200	22	800	1118	954	30,0	6,0	3,9	4,8	5,7	6,3	6,1
400	500	200	24	825	1118	954	28,7	5,8	3,9	4,8	5,5	6,1	5,8
400	500	300	16	719	1025	954	123,3	8,6	5,0	5,5	14,1	14,8	14,7
400	500	300	18	746	1062	954	56,1	8,1	4,7	5,5	8,5	9,3	9,1
400	500	300	20	774	1099	954	51,6	7,6	4,5	5,5	8,1	8,9	8,6
400	500	300	22	800	1118	954	42,5	7,2	4,4	5,5	7,1	7,9	7,6
400	500	300	24	825	1118	954	26,4	6,9	4,4	5,5	4,8	5,6	5,2
400	500	400	16	719	1025	954	215,0	11,2	5,8	6,5	19,2	19,9	19,8
400	500	400	18	746	1062	954	210,6	10,4	5,4	6,5	19,1	19,7	19,6
400	500	400	20	774	1099	954	167,2	9,6	5,1	6,5	16,8	17,5	17,2
400	500	400	22	800	1118	954	124,5	9,0	5,0	6,5	14,1	14,8	14,6
400	500	400	24	825	1118	954	95,8	8,5	5,0	6,5	12,1	12,8	12,5
400	500	500	16	719	1025	954	239,0	16,2	6,8	7,9	19,7	20,9	20,8
400	500	500	18	746	1062	954	217,1	14,5	6,4	7,9	18,8	19,9	19,7
400	500	500	20	774	1099	954	219,4	13,0	6,0	7,9	19,1	20,1	19,8
400	500	500	22	800	1118	954	190,9	11,9	5,8	7,9	17,8	18,7	18,4
400	500	500	24	825	1118	954	147,0	11,0	5,8	7,9	15,3	16,2	15,8
500	0	100	16	891	1078	891	5,7	4,6	3,7	4,6	0,5	0,9	0,5
500	0	100	18	891	1078	891	5,8	4,6	3,7	4,6	0,5	1,0	0,5
500	0	100	20	891	1078	891	5,8	4,6	3,7	4,6	0,5	1,0	0,5
500	0	100	22	891	1078	891	5,7	4,6	3,7	4,6	0,5	0,9	0,5
500	0	100	24	891	1078	891	5,8	4,6	3,7	4,6	0,5	1,0	0,5
500	0	200	16	891	1078	891	8,3	5,2	4,1	5,2	1,2	1,7	1,2
500	0	200	18	891	1078	891	8,0	5,2	4,1	5,2	1,1	1,6	1,1
500	0	200	20	891	1078	891	7,2	5,2	4,1	5,2	0,8	1,3	0,8
500	0	200	22	891	1078	891	7,3	5,2	4,1	5,2	0,8	1,3	0,8
500	0	200	24	891	1078	891	7,2	5,2	4,1	5,2	0,8	1,3	0,8
500	0	300	16	891	1078	891	10,0	6,1	4,6	6,1	1,4	2,0	1,4
500	0	300	18	891	1078	891	10,1	6,1	4,6	6,1	1,4	2,0	1,4
500	0	300	20	891	1078	891	9,9	6,1	4,6	6,1	1,3	2,0	1,3
500	0	300	22	891	1078	891	10,0	6,1	4,6	6,1	1,4	2,0	1,4
500	0	300	24	891	1078	891	10,0	6,1	4,6	6,1	1,4	2,0	1,4
500	0	400	16	891	1078	891	12,8	7,3	5,3	7,3	1,7	2,5	1,7
500	0	400	18	891	1078	891	12,4	7,3	5,3	7,3	1,6	2,4	1,6
500	0	400	20	891	1078	891	12,3	7,3	5,3	7,3	1,6	2,4	1,6
500	0	400	22	891	1078	891	12,1	7,3	5,3	7,3	1,5	2,3	1,5
500	0	400	24	891	1078	891	12,7	7,3	5,3	7,3	1,7	2,5	1,7
500	0	500	16	891	1078	891	19,5	9,2	6,2	9,2	2,7	3,7	2,7
500	0	500	18	891	1078	891	19,0	9,2	6,2	9,2	2,6	3,6	2,6
500	0	500	20	891	1078	891	19,6	9,2	6,2	9,2	2,7	3,7	2,7
500	0	500	22	891	1078	891	17,4	9,2	6,2	9,2	2,3	3,3	2,3
500	0	500	24	891	1078	891	19,1	9,2	6,2	9,2	2,6	3,6	2,6
500	100	100	16	845	1050	891	6,6	4,8	3,8	4,6	0,7	1,2	0,9
500	100	100	18	850	1058	891	6,6	4,8	3,8	4,6	0,8	1,2	0,9

Vhodni podatki				Kapaciteta			Zamude				GEH		
Q_R	Q_S	Q_E	l_k	PTI	Bovy	Brilon	VISSIM	PTI	Bovy	Brilon	PTI	Bovy	Brilon
[EOV/h]		[m]		[EOV/h]			[s]						
500	100	100	20	855	1065	891	6,3	4,8	3,7	4,6	0,7	1,1	0,8
500	100	100	22	861	1069	891	6,0	4,7	3,7	4,6	0,5	1,0	0,6
500	100	100	24	865	1069	891	5,9	4,7	3,7	4,6	0,5	1,0	0,6
500	100	200	16	845	1050	891	9,7	5,6	4,2	5,2	1,5	2,1	1,6
500	100	200	18	850	1058	891	9,5	5,5	4,2	5,2	1,4	2,0	1,6
500	100	200	20	855	1065	891	9,1	5,5	4,2	5,2	1,3	1,9	1,5
500	100	200	22	861	1069	891	8,6	5,4	4,1	5,2	1,2	1,8	1,3
500	100	200	24	865	1069	891	8,4	5,4	4,1	5,2	1,1	1,7	1,2
500	100	300	16	845	1050	891	10,7	6,6	4,8	6,1	1,4	2,1	1,6
500	100	300	18	850	1058	891	10,5	6,5	4,7	6,1	1,4	2,1	1,5
500	100	300	20	855	1065	891	10,2	6,5	4,7	6,1	1,3	2,0	1,4
500	100	300	22	861	1069	891	10,2	6,4	4,7	6,1	1,3	2,0	1,4
500	100	300	24	865	1069	891	10,4	6,4	4,7	6,1	1,4	2,1	1,5
500	100	400	16	845	1050	891	13,8	8,1	5,5	7,3	1,7	2,7	2,0
500	100	400	18	850	1058	891	13,5	8,0	5,5	7,3	1,7	2,6	1,9
500	100	400	20	855	1065	891	13,2	7,9	5,4	7,3	1,6	2,6	1,8
500	100	400	22	861	1069	891	13,1	7,8	5,4	7,3	1,6	2,5	1,8
500	100	400	24	865	1069	891	13,4	7,7	5,4	7,3	1,7	2,6	1,9
500	100	500	16	845	1050	891	39,0	10,4	6,5	9,2	5,8	6,8	6,1
500	100	500	18	850	1058	891	34,8	10,2	6,4	9,2	5,2	6,2	5,5
500	100	500	20	855	1065	891	30,3	10,1	6,4	9,2	4,5	5,6	4,8
500	100	500	22	861	1069	891	30,7	9,9	6,3	9,2	4,6	5,7	4,8
500	100	500	24	865	1069	891	29,9	9,8	6,3	9,2	4,5	5,5	4,7
500	200	100	16	798	1023	891	7,4	5,2	3,9	4,6	0,9	1,5	1,2
500	200	100	18	808	1038	891	7,3	5,1	3,8	4,6	0,9	1,5	1,1
500	200	100	20	819	1053	891	6,8	5,0	3,8	4,6	0,7	1,3	0,9
500	200	100	22	830	1060	891	6,6	4,9	3,7	4,6	0,7	1,3	0,9
500	200	100	24	840	1060	891	6,6	4,9	3,7	4,6	0,7	1,3	0,9
500	200	200	16	798	1023	891	15,7	6,0	4,4	5,2	2,9	3,6	3,2
500	200	200	18	808	1038	891	15,6	5,9	4,3	5,2	3,0	3,6	3,2
500	200	200	20	819	1053	891	15,5	5,8	4,2	5,2	3,0	3,6	3,2
500	200	200	22	830	1060	891	14,9	5,7	4,2	5,2	2,9	3,5	3,1
500	200	200	24	840	1060	891	14,8	5,6	4,2	5,2	2,9	3,4	3,0
500	200	300	16	798	1023	891	17,3	7,2	5,0	6,1	2,9	3,7	3,3
500	200	300	18	808	1038	891	16,2	7,1	4,9	6,1	2,7	3,5	3,0
500	200	300	20	819	1053	891	15,1	6,9	4,8	6,1	2,5	3,3	2,8
500	200	300	22	830	1060	891	15,3	6,8	4,7	6,1	2,6	3,3	2,8
500	200	300	24	840	1060	891	14,7	6,7	4,7	6,1	2,5	3,2	2,7
500	200	400	16	798	1023	891	48,9	9,0	5,8	7,3	7,4	8,2	7,8
500	200	400	18	808	1038	891	24,0	8,8	5,6	7,3	3,8	4,8	4,2
500	200	400	20	819	1053	891	24,4	8,6	5,5	7,3	3,9	4,9	4,3
500	200	400	22	830	1060	891	22,6	8,4	5,5	7,3	3,6	4,6	4,0
500	200	400	24	840	1060	891	22,3	8,2	5,5	7,3	3,6	4,5	3,9
500	200	500	16	798	1023	891	107,2	12,0	6,9	9,2	12,3	13,3	12,9
500	200	500	18	808	1038	891	60,2	11,6	6,7	9,2	8,1	9,3	8,7
500	200	500	20	819	1053	891	53,7	11,2	6,5	9,2	7,5	8,6	7,9
500	200	500	22	830	1060	891	43,1	10,9	6,4	9,2	6,2	7,4	6,6
500	200	500	24	840	1060	891	48,7	10,5	6,4	9,2	7,0	8,1	7,3
500	300	100	16	750	996	891	11,5	5,5	4,0	4,6	2,0	2,7	2,5
500	300	100	18	766	1018	891	11,1	5,4	3,9	4,6	2,0	2,6	2,3
500	300	100	20	783	1040	891	10,3	5,3	3,8	4,6	1,8	2,4	2,1
500	300	100	22	799	1051	891	9,7	5,2	3,8	4,6	1,7	2,3	1,9
500	300	100	24	813	1051	891	8,6	5,0	3,8	4,6	1,4	1,9	1,6
500	300	200	16	750	996	891	22,3	6,5	4,5	5,2	4,1	4,9	4,6
500	300	200	18	766	1018	891	22,3	6,4	4,4	5,2	4,2	4,9	4,6
500	300	200	20	783	1040	891	20,4	6,2	4,3	5,2	3,9	4,6	4,2

Vhodni podatki				Kapaciteta			Zamude				GEH		
Q_R	Q_S	Q_E	l_k	PTI	Bovy	Brilon	VISSIM	PTI	Bovy	Brilon	PTI	Bovy	Brilon
[EOV/h]		[m]		[EOV/h]			[s]						
500	300	200	22	799	1051	891	19,9	6,0	4,2	5,2	3,9	4,5	4,1
500	300	200	24	813	1051	891	18,3	5,9	4,2	5,2	3,6	4,2	3,8
500	300	300	16	750	996	891	45,9	8,0	5,2	6,1	7,3	8,1	7,8
500	300	300	18	766	1018	891	35,5	7,7	5,0	6,1	6,0	6,8	6,5
500	300	300	20	783	1040	891	36,7	7,5	4,9	6,1	6,2	7,0	6,6
500	300	300	22	799	1051	891	26,1	7,2	4,8	6,1	4,6	5,4	5,0
500	300	300	24	813	1051	891	25,5	7,0	4,8	6,1	4,6	5,3	4,9
500	300	400	16	750	996	891	42,1	10,3	6,0	7,3	6,2	7,4	7,0
500	300	400	18	766	1018	891	85,1	9,8	5,8	7,3	10,9	11,8	11,4
500	300	400	20	783	1040	891	45,6	9,4	5,6	7,3	6,9	7,9	7,4
500	300	400	22	799	1051	891	29,5	9,0	5,5	7,3	4,7	5,7	5,2
500	300	400	24	813	1051	891	27,7	8,7	5,5	7,3	4,5	5,4	4,9
500	300	500	16	750	996	891	196,7	14,3	7,2	9,2	17,8	18,8	18,5
500	300	500	18	766	1018	891	212,1	13,4	6,9	9,2	18,7	19,6	19,3
500	300	500	20	783	1040	891	181,3	12,6	6,7	9,2	17,1	18,0	17,6
500	300	500	22	799	1051	891	141,5	12,0	6,5	9,2	14,8	15,7	15,2
500	300	500	24	813	1051	891	130,0	11,4	6,5	9,2	14,1	14,9	14,5
500	400	100	16	702	968	891	21,7	6,0	4,1	4,6	4,2	4,9	4,7
500	400	100	18	724	998	891	21,8	5,8	4,0	4,6	4,3	5,0	4,8
500	400	100	20	746	1027	891	20,7	5,6	3,9	4,6	4,2	4,8	4,5
500	400	100	22	767	1042	891	20,1	5,4	3,8	4,6	4,1	4,7	4,4
500	400	100	24	787	1042	891	11,2	5,2	3,8	4,6	2,1	2,7	2,4
500	400	200	16	702	968	891	45,1	7,2	4,7	5,2	7,4	8,1	8,0
500	400	200	18	724	998	891	44,0	6,9	4,5	5,2	7,4	8,0	7,8
500	400	200	20	746	1027	891	36,4	6,6	4,4	5,2	6,4	7,1	6,8
500	400	200	22	767	1042	891	34,6	6,3	4,3	5,2	6,2	6,9	6,6
500	400	200	24	787	1042	891	34,1	6,1	4,3	5,2	6,2	6,8	6,5
500	400	300	16	702	968	891	83,4	8,9	5,4	6,1	11,0	11,7	11,6
500	400	300	18	724	998	891	61,9	8,5	5,2	6,1	9,0	9,8	9,6
500	400	300	20	746	1027	891	50,5	8,1	4,9	6,1	7,8	8,7	8,3
500	400	300	22	767	1042	891	49,7	7,7	4,8	6,1	7,8	8,6	8,3
500	400	300	24	787	1042	891	47,4	7,4	4,8	6,1	7,6	8,3	8,0
500	400	400	16	702	968	891	227,0	11,9	6,3	7,3	19,7	20,4	20,3
500	400	400	18	724	998	891	185,8	11,1	6,0	7,3	17,6	18,4	18,2
500	400	400	20	746	1027	891	183,2	10,4	5,7	7,3	17,6	18,3	18,0
500	400	400	22	767	1042	891	174,3	9,8	5,6	7,3	17,1	17,8	17,5
500	400	400	24	787	1042	891	109,3	9,3	5,6	7,3	13,0	13,7	13,4
500	400	500	16	702	968	891	241,4	17,5	7,7	9,2	19,7	20,9	20,7
500	400	500	18	724	998	891	237,8	15,9	7,2	9,2	19,7	20,8	20,6
500	400	500	20	746	1027	891	200,4	14,5	6,8	9,2	17,9	19,0	18,7
500	400	500	22	767	1042	891	204,4	13,4	6,6	9,2	18,3	19,3	18,9
500	400	500	24	787	1042	891	150,1	12,5	6,6	9,2	15,3	16,2	15,8
500	500	100	16	653	941	891	25,6	6,5	4,3	4,6	4,8	5,5	5,4
500	500	100	18	681	978	891	25,4	6,2	4,1	4,6	4,8	5,5	5,4
500	500	100	20	708	1015	891	25,2	5,9	3,9	4,6	4,9	5,6	5,4
500	500	100	22	735	1033	891	22,3	5,7	3,9	4,6	4,4	5,1	4,8
500	500	100	24	760	1033	891	19,4	5,5	3,9	4,6	4,0	4,6	4,3
500	500	200	16	653	941	891	50,0	7,9	4,9	5,2	7,8	8,6	8,5
500	500	200	18	681	978	891	42,0	7,5	4,6	5,2	6,9	7,7	7,6
500	500	200	20	708	1015	891	38,2	7,1	4,4	5,2	6,5	7,3	7,1
500	500	200	22	735	1033	891	35,2	6,7	4,3	5,2	6,2	6,9	6,7
500	500	200	24	760	1033	891	33,0	6,4	4,3	5,2	6,0	6,6	6,4
500	500	300	16	653	941	891	339,2	10,2	5,6	6,1	24,9	25,4	25,4
500	500	300	18	681	978	891	255,2	9,4	5,3	6,1	21,4	21,9	21,8
500	500	300	20	708	1015	891	229,8	8,8	5,0	6,1	20,2	20,7	20,6
500	500	300	22	735	1033	891	143,4	8,3	4,9	6,1	15,5	16,1	15,9

Vhodni podatki				Kapaciteta			Zamude				GEH		
Q_R	Q_S	Q_E	l_k	PTI	Bovy	Brilon	VISSIM	PTI	Bovy	Brilon	PTI	Bovy	Brilon
[EOV/h]		[m]		[EOV/h]			[s]						
500	500	300	24	760	1033	891	133,1	7,8	4,9	6,1	14,9	15,4	15,2
500	500	400	16	653	941	891	377,3	14,1	6,6	7,3	26,0	26,8	26,7
500	500	400	18	681	978	891	359,8	12,8	6,2	7,3	25,4	26,1	26,0
500	500	400	20	708	1015	891	287,0	11,6	5,9	7,3	22,5	23,2	23,1
500	500	400	22	735	1033	891	296,4	10,7	5,7	7,3	23,1	23,7	23,5
500	500	400	24	760	1033	891	239,6	10,0	5,7	7,3	20,6	21,1	20,9
500	500	500	16	653	941	891	366,3	22,8	8,1	9,2	24,6	26,2	26,1
500	500	500	18	681	978	891	366,4	19,5	7,5	9,2	25,0	26,2	26,1
500	500	500	20	708	1015	891	326,1	17,0	7,0	9,2	23,6	24,7	24,5
500	500	500	22	735	1033	891	310,4	15,1	6,7	9,2	23,1	24,1	23,8
500	500	500	24	760	1033	891	258,6	13,7	6,7	9,2	21,0	21,9	21,6

PRILOGA B: REZULTATI REGRESIJSKE ANALIZE

Priloga B.1: Rezultati regresijske analize za metodo PTI

SUMMARY OUTPUT						
<i>Regression Statistics</i>						
Multiple R	0,864					
R Square	0,747					
Adjusted R Square	0,746					
Standard Error	0,130					
Observations	835					
ANOVA						
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>	
Regression	1	41,345	41,345	2454,954	0,000	
Residual	833	14,029	0,017			
Total	834	55,374				
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>
Intercept	1,273	0,010	132,973	0,000	1,254	1,292
In vissim	0,231	0,005	49,547	0,000	0,221	0,240

Priloga B.2: Rezultati regresijske analize za Bovyjev model

SUMMARY OUTPUT						
<i>Regression Statistics</i>						
Multiple R	0,844					
R Square	0,713					
Adjusted R Square	0,713					
Standard Error	0,106					
Observations	835					
ANOVA						
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>	
Regression	1	23,317	23,317	2069,647	0,000	
Residual	833	9,385	0,011			
Total	834	32,702				
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>
Intercept	1,009	0,008	128,895	0,000	0,994	1,025
In vissim	0,173	0,004	45,493	0,000	0,166	0,181

Priloga B.3: Rezultati regresijske analize za Brilonov model

SUMMARY OUTPUT						
<i>Regression Statistics</i>						
Multiple R		0,723				
R Square		0,523				
Adjusted R Square		0,522				
Standard Error		0,157				
Observations		835				
<i>ANOVA</i>						
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>	
Regression	1	22,465	22,465	913,134	0,000	
Residual	833	20,493	0,025			
Total	834	42,958				
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>
Intercept	1,262	0,012	109,062	0,000	1,239	1,285
ln vissim	0,170	0,006	30,218	0,000	0,159	0,181