

Ivan Legac, Nikola Šubić, Hrvoje Pilko

KOMPARATIVNA ANALIZA PROPUSNE MOĆI

KRUŽNIH RASKRIŽJA U GRADU ZAGREBU

COMPARATIVE ANALYSIS OF ROUNDABOUT CAPACITIES

IN THE CITY OF ZAGREB

Ključne riječi: kružno raskrižje, propusna moć, metode proračuna propusne moći, izbor metode

Keywords: *roundabout, capacity, capacity methods, selection of methods*

SAŽETAK

Od više poznatih postupaka, u radu su predočene dvije metode za proračun propusne moći kružnih raskrižja: HCM metoda i Austrijska metoda. Pomoću njih se, prema stvarnim mjerenjima, analizirala propusna moć i učinkovitost 15 kružnih raskrižja, koja se nalaze u urbanim i izvanurbanim dijelovima grada Zagreba. Rezultati istraživanja trebali bi, između ostaloga, koristiti za postupak odabira najpodesnije metode, koja bi se koristila pri proračunu propusne moći određenih kružnih raskrižja u Hrvatskoj.

1.1 SUMMARY

Of the more well-known procedures, the paper presented two methods for calculation capacity of roundabouts: HCM method and the Austrian method. With them, according to the actual measurements, we were able to analyzed the capacity and efficiency of 15 roundabouts, which are located in urban and suburban areas of the city of Zagreb. The research results should, among other things, be used for the selection procedure of most suitable capacity method, which would be used when calculating the capacity of certain roundabouts in Croatia.

1 UVOD

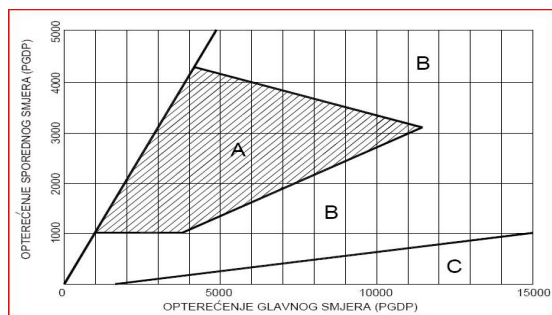
Povećanje propusne moći i sigurnosti odvijanja prometa u raskrižjima s kružnim tokom prometa (RKT), razlog su sve veće primjene ovakvog oblika raskrižja u

posljednjih 20-tak godina. Znanstvena istraživanja diljem svijeta u pogledu dimenzioniranja i kapacitiranja rezultirala su razvojem raznih projektno-oblikovnih rješenja, te metoda za detaljni proračun njihovih kapaciteta. Iz tih razloga odabir metode za proračun kapaciteta RKT-a iziskuje analizu oblikovnih elemenata, odnosno dobra terenska mjerenja i prikupljanje relevantnih podataka iz prometne okoline. U radu su predočene dvije suvremene metode – Austrijska metoda i HCM 2006 metoda, s usporedbom i analizom primjene tih metoda na stvarne podatke (prikupljene mjerenjem na 15 RKT-a s jednostručnim ulazom/izlazom i kružnim kolnikom u Gradu Zagrebu). Analiza podataka podrazumijeva ocjenu kapaciteta raskrižja, koji se prikazuje kroz slijedeće pokazatelje: rezerva kapaciteta, stupanj zasićenja, vremenski gubitci, duljina repova nakupljanja vozila pri ulazu u raskrižje, te razina usluge.

2 AUSTRIJSKA METODA I HCM 2006 METODA

2.1 Austrijska metoda

Odluka o primjeni kružnih raskrižja u prostoru i prometnoj mreži treba se donijeti nakon modeliranja ili barem nakon provjere prema prostorno-prometnoj primjerenosti. Područje primjerenosti izvedbe kružnih raskrižja vidljivo je iz slike 1., gdje za područja vrijedi: Područje A - preporučljiva izvedba raskrižja s kružnim tokom; Područje B - primjerenost izvedbe raskrižja s kružnim tokom potrebno je provjeriti: a) usporedbom s ostalim raskrižjima u razini – donja granica, b) usporedbom s raskrižjem u više razina – gornja granica; Područje C: preporučljiva izvedba klasičnog raskrižja [4,5].



Slika 1. Područje primjerenosti izvedbe kružnog raskrižja [5]

Budući da je propusna moć kružnog raskrižja ovisna o propusnoj moći ulaza u kružni tok, potrebno je odrediti propusnu moć svakog pojedinog ulaza. Za određivanje propusne moći ulaza koristi se izraz:

$$L = 1500 - \left[\frac{8}{9} (b \cdot M_k + a \cdot M_A) \right] \left[PAJ / h \right] \quad (1)$$

gdje je:

L – propusna moć ulaza [PAJ/h],
 M_k – opterećenje na kružnom prometnom traku (u području konfliktne točke y) [PAJ/h],
 M_A – prometno opterećenje izlaza [PAJ/h],
 a – faktor geometrije ulaza,
 b – faktor broja prometnih tokova u krugu [4,5].

Faktor geometrije ulaza a određuje se u ovisnosti od udaljenosti B između konfliktnih točaka x i y (slika 2. a). U slučaju jednostručnog ulaza u kružno raskrižje, za proračun udaljenosti B koristi se izraz:

$$B = \frac{(D_v - FB) \cdot \pi \cdot \varphi}{180} [m] \quad (2)$$

gdje je:

D_v – vanjski promjer raskrižja s kružnim tokom [m],
 FB – širina kružnog prometnog traka [m],
 φ – polovica središnjeg kuta između konfliktnih točaka [°].

Središnji kut između konfliktnih točaka ovisi o geometrijskoj izvedbi raskrižja s kružnim tokom (slika 2.b):

$$\sin \varphi = \frac{B}{D_v - FB} [rad] \quad (3)$$

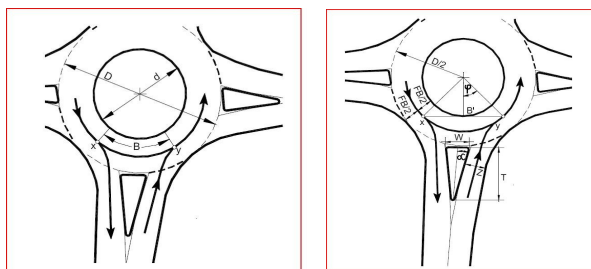
$$B = \frac{(T + FB / 2 + \sin \alpha) \cdot W}{T} [m] \quad (4)$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{W}{2T} [m] \quad (5)$$

gdje je:

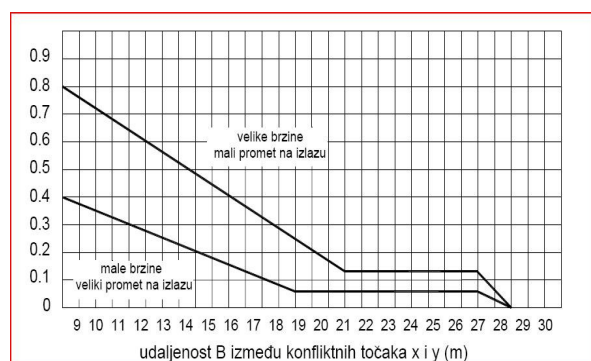
T – duljina razdjelnog otoka [m],
 W – širina razdjelnog otoka [m],
 Z – širina ulaza [m],
 α – polovica oštrog kuta razdjelnog otoka [°] [4,5].

a) b)



Slika 2. Geometrijski odnosi u kružnom raskrižju [5]

Ako u kružnom toku postoje višetračni ulazi ili veći broj prometnih trakova, postupak proračuna je identičan, a mjerodavna je najmanja udaljenost B između konfliktnih točaka.



Slika 3. Faktor a u ovisnosti B i mjerodavnom prometnom stanju [5]

Faktor b izražava utjecaj broja prometnih trakova na ulazu. Navode se vrijednosti koeficijenata b (u zagradama su navedeni koeficijenti koji se upotrebljavaju u Švicarskoj i Austriji): jednostručno $b = 0.90-1.00$ (0.90-1.00); dvotračno $b = 0.80-0.84$ (0.50-0.80).

S pomoću stupnja zasićenosti ulaza određuje se do koje mjere je postignut računski kapacitet ulaza s obzirom na stvarno odnosno predviđeno prometno opterećenje:

$$A = \frac{c \cdot M_E}{L} \cdot 100[\%] \quad (6)$$

gdje je:

- A – stupanj opterećenosti ulaza [%];
- M_E – prometno opterećenje ulaza [voz/h];
- L – sposobnost ulaza [voz/h];
- C – faktor broja trakova na ulazu [-] [4,5].

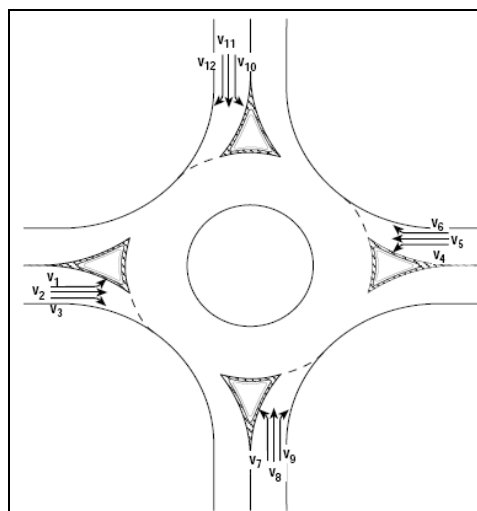
Faktor c određuje utjecaj broja trakova u kružnom toku. Navodimo kalibrirane vrijednosti prema iskustvima iz Slovenije, a u zagradama su originalne austrijske odnosno švicarske vrijednosti: jednostručno $c = 0.90-1.00$ (1.00); dvotračno $c = 0.50-0.65$ (0.60-0.70).

Iz prije navedenih kalibriranih vrijednosti faktora b i c , uočljivo je da za različite vrste kružnih raskrižja faktori nemaju konstantne vrijednosti, već samo neku gornju i donju vrijednost. Za jednostručna mala kružna raskrižja preporučuje se korištenje vrijednosti parametara $b = 1.00$, a za srednje velika $b = 0.95$ i za velika $b = 0.95$. Jednako vrijedi i za dvotračna kružna raskrižja. Manja kružna raskrižja približavaju se gornjoj granici, a veća donjoj. Tako je za srednja i velika kružna raskrižja primjeren faktor $b = 0.63$ i za veoma velika raskrižja s kružnim tokom faktor je $b = 0.58$. Stupnjevi opterećenja ulaza ne smiju (i pri maksimalnim stalnim opterećenjima) prelaziti 90% maksimalnog satnog prometnog opterećenja [4,5,8].

2.2 Metoda HCM 2006

Metoda po HCM-u 2006 bazira se na istom principu kao i metoda HCM-u 2000 [6,9]. Na slici 4. prikazano je četverokrako kružno raskrižje tipa (1,1) i njegovi pripadajući tokovi. Konfliktni tok za svaki privoz je upravo tok kružnog kolnika koji nastaje iz pojedinih tokova privoza. Tako za protoke konfliktnih tokova vrijedi:

- $V_{C, 7, 8, 9} = V_1 + V_2 + V_{10}$;
 - $V_{C, 4, 5, 6} = V_1 + V_7 + V_8$;
 - $V_{C, 10, 11, 12} = V_4 + V_5 + V_7$;
 - $V_{C, 1, 2, 3} = V_4 + V_{10} + V_{11}$.
- (7)



Slika 4. Oznake prometnih tokova na kružnom raskrižju [6]

[s]	t_c	t_f
Minimum	4.2	2.6
Prosjek	5.1	3.2
Maksimum	5.9	4.3

Za napomenuti je da se kružna raskrižja često koriste i za polukružna okretanja, pa stoga polukružne tokove treba uključiti u konfliktne tokove. Protoci se izražavaju u ekvivalentnim jedinicama putničkih automobila po satu kao i u prijašnjoj metodi, na način da svako vozilo ima određenu vrijednost ekvivalentnih jedinica po satu prema tablici 1. Dakle, propusna moć svakog privoza ovisna je o pripadajućem konfliktnom toku. Formula je dobivena na temelju promatranja RKT-a u SAD-u 2003., a glasi:

$$C_{crit} = Ae^{(-Bv_c)} \quad (8)$$

gdje je:

C_{crit} – kapacitet prometne trake privoza [PAJ/h];
 v_c – intezitet konfliktnog toka [PAJ/h] [6].

Veličine A i B su koeficijenti koji predstavljaju kritične vremenske praznine i interval slijeđenja, gdje vrijedi:

$$A = \frac{3600}{t_f} \quad (9)$$

$$B = \frac{t_c - t_f}{3600} \quad (10)$$

gdje je:

t_c – kritična vremenska praznina [s];
 t_f – vrijeme slijeđenja [s].

Tablica 1. Koeficijenti pretvorbe u PAJ jedinice [6]

Vrsta vozila	[PAJ / h]
Osobni automobil	1.0
Teško vozilo	2.0

međutim, ne definiraju razinu usluga raskrižja u cjelini [6].

2 ANALIZA KAPACITETA KRUŽNIH RASKRIŽJA U GRADU ZAGREBU AUSTRIJSKOM I HCM 2006 METODOM

Tablica 3. Određivanje razine usluge na temelju prosječnog vremena kašnjenja [6,7]

Razina usluge	Prosječna vremena kašnjenja [s/voz]
A	0 – 10
B	> 10 – 15
C	> 15 – 25
D	> 25 – 35
E	> 35 – 50
F	> 50

2.4 Duljina nakupljanja vozila

Duljina nakupljanja vozila predstavlja bitan parametar oblikovnosti kružnog raskrižja u pogledu geometrijskih veličina istoga. Definira se kao duljina nakupljanja vozila koja čekaju da uđu u kružni kolnik. Prilikom projektiranja kružnih raskrižja treba voditi računa da se u 95% slučajeva ne premaši duljina nakupljanja vozila pred ulazom u kružni prometni tok. Formula za 95% nakupljanje glasi:

$$Q_{95} = 900T \left[\frac{v}{c} - 1 + \sqrt{\left(1 - \frac{v}{c}\right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{150T}\right) \left(\frac{v}{c}\right)}{\left(\frac{c}{3600}\right) \text{voz}}}\right] \quad (13)$$

gdje je:

- Q_{95} - 95% nakupljanje vozila;
- v - broj vozila na ulazu privoza (PAJ/h),
- c - maksimalni kapacitet uvoza privoza (PAJ/h),
- T - analizirani vremenski period (za cijeli sat $T = 1$, za 15 minuta $T = 0,25$) [6].

S obzirom da stupanj zasićenja ne smije prelaziti iznad 1,0 prilikom projektiranja raskrižja treba voditi računa da se uzima pravovaljana duljina nakupljanja vozila.

Za analizu i procjenu kapaciteta kružnih raskrižja u gradu Zagrebu odabrano je 15 kružnih raskrižja u urbanim i izvanurbanim dijelovima cestovne prometne mreže Grada. Austrijska metoda za proračun kapaciteta kružnih raskrižja koristi geometrijske elemente kružnog kolnika, privoza i broj trakova pri ulaz u kružni kolnik, dok metoda po HCM-u 2006 koristi kritične vremenske praznine i intervale slijeđenja. Oblikovni parametri odabranih raskrižja prikazani su u tablici 4., dok su u tablici 5., prikazani svi prometni pokazatelji kružnih raskrižja sa izračunatim prometnim kapacitetima prema korištenim metodama.

Tablica 4. Oblikovni parametri odabranih kružnih raskrižja [1,2,3]

Red. br.	Oznaka	Naziv raskrižja	Kružni kolnik				Privozi		Napomena	
			Dv (m)	Du (m)	bk (m)	q (±%)	n (-)	bp (m)		uvoz/izvoz(m)
a) m - Mini RKT (Dv ≤ 26 m)										
01.	RKTm	Sv.Duh-Kunišćak	20	6	7	-1,5	3	7,1	3,5/3,6	1
02.	RKTm	Bukovčev trg	20	8	6	-2	4	6,25	3,0/3,25	1
03.	RKTm	Ljudevita Posavskog-Zavrtnica A	19	6	6,5	-	3	7	3,5/3,5	1/1 (2x RKT)
04.	RKTm	Ljudevita Posavskog-Zavrtnica B	19	6	6,5	-	3	7	3,5/3,5	1/1 (2x RKT)
(m) M - Mini raskrižja u funkciji malih										
05.	RKT(m) III	Petretičev trg	22,2	5,7	6,5	-1,5	3	8,5	4,5/4,0	1
06.	RKT(m) III	Bundek-S.R.Njemačke	26	10	5,5	-1,5	3	7,25	4,0/3,25	1
07.	RKT(m) III	Šestinski vjenac-Pantovčak	25	9	8	-4	3	9	4,5/4,5	1
08.	RKT(m) III	Vinogradska-Podolje	10	4	3	-	4	7	3,5/3,5	1
b) M - Mala RKT (22m ≤ Dv ≤ 35 m)										
09.	RKTm	Petrova-Jordanovac	25	12	6,5	-1,5	4	8	3,5/4,5	1
10.	RKTm	Lavoslava Ružičke-hana Lucića	32	21	5,5	-1,5	3	8	4,0/4,0	1
11.	RKTm	Petrova-Bukovačka	30	10	7,5	-2	4	7	3,0/4,0	1
12.	RKTm	Bukovačka-Barutanski j.	30	15	6	-3	3	7,5	3,5/4,0	1
13.	RKTm	Voćarska-Bijenička	22	13	4,5	-3	4	8	4,0/4,0	1
14.	RKTm	Miroševačka-Sunekova	24	7	5	-1,5	4	7	3,5/3,5	1
15.	RKTm	Radnička cesta-Petruševac	40	28	6	-0,5	4	6,5	3,0/3,5	1

Uz navedenih grafikona može se zaključiti slijedeće:

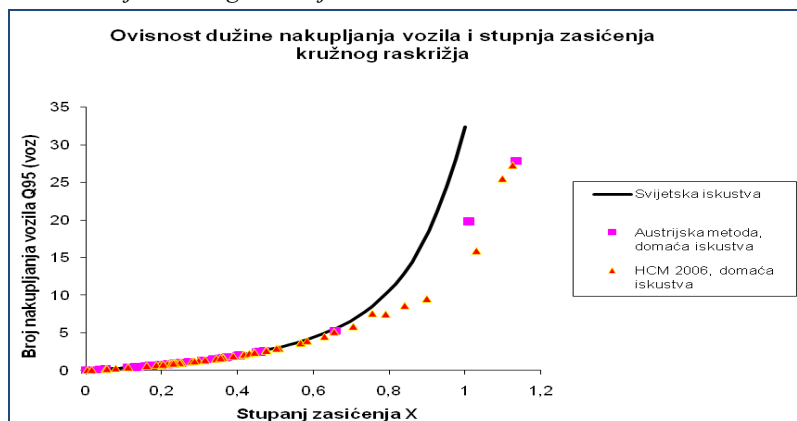
- Primjena HCM 2006 i Austrijske metode u Gradu Zagrebu opravdana je budući da se dobiveni rezultati nalaze u granicama tolerancije;
- Vrijednosti kašnjenja vozila u ovisnosti stupnja zasićenja raskrižja također su u granicama tolerancije, pa su prihvatljive za cestovnu mrežu grada Zagreba;
- Vrijednosti duljina nakupljanja vozila u ovisnosti stupnja zasićenja donekle su u granicama tolerancije, te iziskuju usmjerivanje pažnje na prikupljanje većeg broja podataka zbog detaljnije analize.

Od analiziranih 15 kružnih raskrižja rezultati na samo dva raskrižja (Petrova-Bukovačka i Ljudevita Posavskog-Tuškanova) odstupaju od stranih rezultata, odnosno i nisu u granicama očekivanja. Promatramo li njihove pokazatelje, uočljivo je da je stupanj zasićenja $X \geq 1$ što, uzrokuje stvaranje repova čekanja od 20 do 30 vozila i kašnjenja od 60 do 90 [s/voz] što nije prihvatljivo. Razlog odstupanja može se očitovati u nizu parametara, od kojih su najbitniji slijedeći: oblikovni elementi raskrižja, kvaliteta prometnog toka i ponašanje vozača. Sa svrhom izbjegavanja većih repova čekanja i kašnjenja, potrebno je provesti sanaciju odnosno rekonstrukciju raskrižja s nezadovoljavajućim prometnim pokazateljima.

Tablica 5. Prikaz prometnih pokazatelja i kapaciteta odabranih kružnih raskrižja

Naziv raskrižja (prometnice)	METODE:				AUSTRIJSKA METODA				METODA PREMA HCM 2006				Razina usluge
	Broj vozila kroz raskrižje				Kapacitet C (PAJ/h)	Stupanj zasićenja X	Vrijeme i broj vozila u čekanju		Kapacitet C (PAJ/h)	Stupanj zasićenja X	Vrijeme i broj vozila u čekanju		
	qu (PAJ/h)	qi (PAJ/h)	qk (PAJ/h)	Mk (PAJ/h)			d (s/voz)	Q95% (voz)			d (s/voz)	Q95% (voz)	
broj ulaza	broj izlaza	kružni tok	konflikt										
Sveti Duh - Kunišćak													
Privoz 1	418	410	527	117	1184	0.35	4.69	1.61	1004	0.42	6.12	2.08	A
Privoz 2	216	306	535	229	1173	0.18	3.76	0.67	900	0.24	5.26	0.94	A
Privoz 3	427	345	445	100	1264	0.34	4.29	1.51	1021	0.42	6.04	2.10	A
Bukovčev trg (Mašičeva)													
Privoz 1	480	274	386	112	1285	0.37	4.46	1.76	1009	0.48	6.76	2.62	A
Privoz 2	434	472	592	120	1195	0.36	4.72	1.68	549	0.79	26.99	7.47	D
Privoz 3	224	264	554	290	1131	0.20	3.97	0.74	616	0.36	9.14	1.66	A
Privoz 4	3	131	514	383	1104	0.00	3.27	0.01	652	0.00	5.55	0.01	A
Ljudevita Posavskog - Tuškanova													
Privoz 1	184	194	279	85	1345	0.14	3.10	0.47	534	0.34	10.24	1.52	B
Privoz 2	429	242	269	27	1379	0.31	3.78	1.34	510	0.84	34.20	8.60	D
Privoz 3	141	318	456	138	1250	0.11	3.24	0.38	556	0.25	8.66	1.00	A
Ljudevita Posavskog - Tuškanova													
Privoz 1	250	865	943	78	1089	0.23	4.29	0.89	1125	0.22	4.11	0.85	A
Privoz 2	583	166	328	162	1290	0.45	5.07	2.41	566	1.03	68.03	15.91	F
Privoz 3	438	240	745	505	954	0.46	6.93	2.45	695	0.63	13.56	4.48	B
Peretičev trg													
Privoz 1	50	55	244	189	1315	0.04	2.85	0.12	936	0.05	4.06	0.17	A
Privoz 2	306	208	239	31	1415	0.22	3.24	0.82	1092	0.28	4.58	1.15	A
Privoz 3	214	307	337	30	1353	0.16	3.16	0.56	1093	0.20	4.10	0.73	A
Bundek - S.R. Njemačke													
Privoz 1	475	693	744	51	1163	0.41	5.22	2.02	1071	0.44	6.02	2.32	A
Privoz 2	275	122	526	404	1090	0.25	4.41	1.00	760	0.36	7.40	1.66	A
Privoz 3	507	442	679	237	1103	0.46	6.01	2.47	893	0.57	9.18	3.66	A
Petrova - Jordanovac													
Privoz 1	467	391	590	199	1160	0.40	5.18	1.98	927	0.50	7.76	2.90	A
Privoz 2	139	242	666	424	1057	0.13	3.92	0.45	745	0.19	5.94	0.68	A
Privoz 3	384	427	563	136	1249	0.31	4.16	1.32	986	0.39	5.96	1.87	A
Privoz 4	190	120	520	400	1109	0.17	3.92	0.62	763	0.25	6.28	0.98	A
Lavoslava Ružičke - Ivana Lucića													
Privoz 1	125	495	505	10	1294	0.10	3.08	0.32	1114	0.11	3.64	0.38	A
Privoz 2	12	14	435	421	1121	0.01	3.25	0.03	747	0.02	4.90	0.05	A
Privoz 3	498	426	433	7	1335	0.37	4.29	1.76	1117	0.45	5.79	2.34	A
Petrova - Bukovačka - Prilese													
Privoz 1	373	192	1219	1027	522	0.71	22.33	5.74	414	0.90	49.60	9.51	E
Privoz 2	985	1141	1400	259	868	1.13	89.51	27.86	875	1.13	86.32	27.32	F
Privoz 3	202	267	1244	977	550	0.37	10.28	1.67	895	0.23	5.19	0.87	A
Privoz 4	984	944	1179	235	974	1.01	46.96	19.82	895	1.10	76.21	25.54	F
Bukovačka cesta - Barutanski j.													
Privoz 1	242	165	312	147	1304	0.19	3.39	0.68	975	0.25	4.91	0.98	A
Privoz 2	318	372	389	17	1365	0.23	3.44	0.90	1107	0.29	4.56	1.20	A
Privoz 3	156	179	335	156	1291	0.12	3.17	0.41	967	0.16	4.44	0.57	A
Voćarska - Bijenička													
Privoz 1	478	318	840	522	910	0.53	8.25	3.14	677	0.71	17.03	5.83	C
Privoz 2	171	358	768	410	990	0.17	4.39	0.62	755	0.23	6.16	0.87	A
Privoz 3	436	598	813	215	1092	0.40	5.47	1.95	913	0.48	7.50	2.63	A
Privoz 4	427	238	651	413	1050	0.41	5.76	2.00	753	0.57	10.85	3.61	B
Miroševečka cesta - Sunekova													
Privoz 1	179	272	677	405	1030	0.17	4.23	0.63	759	0.24	6.20	0.91	A
Privoz 2	819	545	584	39	1244	0.66	8.28	5.26	1083	0.76	12.81	7.57	B
Privoz 3	40	30	858	828	752	0.05	5.06	0.17	503	0.08	7.77	0.26	A
Privoz 4	416	607	868	261	1024	0.41	5.90	2.00	873	0.48	7.82	2.61	A
Radnička cesta - Petruševac 1.													
Privoz 1	664	593	701	108	1180	0.56	6.90	3.65	1013	0.66	10.05	5.11	B
Privoz 2	122	120	772	652	875	0.14	4.78	0.48	597	0.20	7.57	0.76	A
Privoz 3	572	631	774	143	1213	0.47	5.59	2.59	979	0.58	8.71	3.92	A
Privoz 4	153	167	715	548	950	0.16	4.52	0.57	660	0.23	7.09	0.89	A

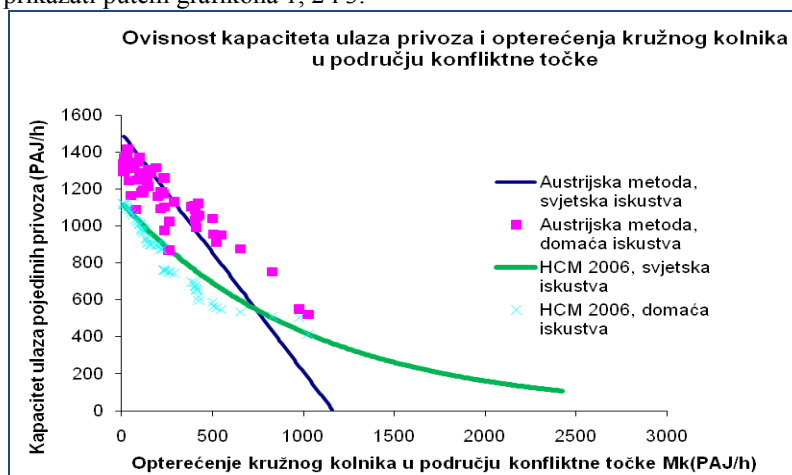
Grafikon 2. Ovisnost kašnjenja vozila i stupnja zasićenja kružnog raskrižja



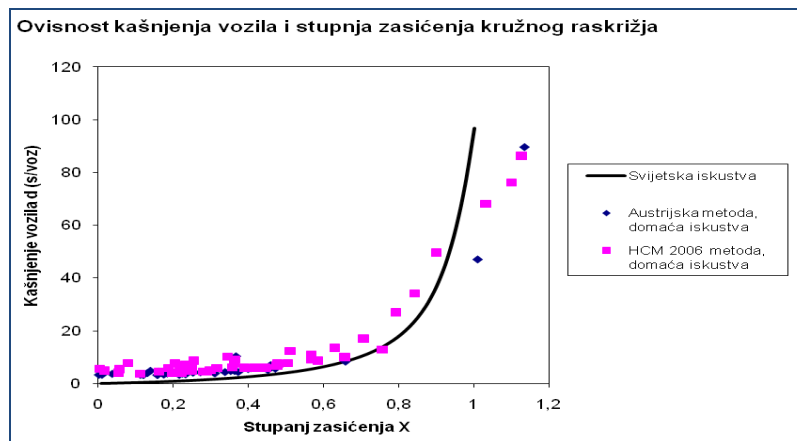
Grafikon 3. Ovisnost dužine nakupljanja i stupnja zasićenja kružnog raskrižja

3 ANALIZA I USPOREDBA REZULTATA ISTRAŽIVANJA

Radi lakše analize i usporedbe dobivenih rezultata istraživanja na 15 kružnih raskrižja, rezultati će se prikazati putem grafikona 1, 2 i 3.



Grafikon 1. Ovisnost kapaciteta ulaza privoza i opterećenja kružnog kolnika u području konfliktne točke



2009.). Fakultet prometnih znanosti/Poglavarstvo Grada Zagreba, Zagreb, str. 10-136.

[4] Legac, I.: Raskrižja javnih cesta/Cestovne prometnice II., Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008, str. 101-120.

[5] Pilko, H.: Utjecaj oblikovnosti gradskih kružnih raskrižja na sigurnost prometa, diplomski rad, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008., str. 28-41.

[6] Highway Capacity Manual (HCM), Proposed Draft Chapter 17, Part C. Transportation Research Board, Washington D.C., 2006.

[7] Smjernice za projektiranje raskrižja u naseljima sa stajališta sigurnosti prometa (prijedlog). Fakultet prometnih znanosti i HC/PGZ, Zagreb, 2004, str. 26-30.

[8] P., Mateljak,; Proračun kapaciteta kružnih raskrižja (radna bilježnica), Ulm-Zagreb, 2003., str. 4-105.

[9] Highway Capacity Manual (HCM). Spec. Rpt. 209, 4th Edition, Washington DC, 2000.

[10] Merkblatt für die Anlage von kleinen Kreisverkehrsplätzen, FSV, Köln, 1998.

[11] Ning W.; Eine universele Formel für Berechnung der Kapazität der Kreisverkehrsplätzen, Bochum, 1997.

4 ZAKLJUČAK

Možemo zaključiti kako su rezultati dobiveni našim mjerenjima, u odnosu prema stranim rezultatima, u granicama realnih očekivanja. Time se potvrđuje teza da se strane metode mogu koristiti u Hrvatskoj za proračunavanje kapaciteta kružnih raskrižja s jednim prometnim trakom na ulazu/izlazu i u kružnom kolniku. Nadalje, primjenom provjerenih stranih metoda u domaćem okruženju korisno je za daljnja istraživanja, te omogućuje osnove za razvoj domaće metode za proračun kapaciteta kružnih raskrižja. Od analiziranih 15 kružnih raskrižja rezultati čega na samo dva kružna raskrižja nisu u očekivanim granicama. Vrijednosti propusne moći i prometnih pokazatelja znatno odstupaju od graničnih stranih vrijednosti i stavljaju promatrana kružna raskrižja pod veliki upitnik u pogledu propusne moći i sigurnosti kružnih raskrižja. Obzirom da se novije metode baziraju na repovima čekanja i kontroli kašnjanja vozila, očito je da će u bliskoj budućnosti predstavljati osnovu za propusnu moć i sigurnost odvijanja prometa na kružnim raskrižjima.

5 LITERATURA

[1] Korelacija oblikovnosti i sigurnosti u raskrižjima s kružnim tokom prometa (studija u toku, 2008.-2011.), Fakultet prometnih znanosti, Zagreb.

[2] N. Šubić, H. Pilko, M. Matulin, "Analysis of roundabout capacities in the city of Zagreb", Conference proceedings Transport, Maritime and Logistics Sciences, 13th ICTS 2010, Portorož, Slovenija, Svibanj 27-28, Faculty of Maritime Sciences and Transport, 2010.

[3] Prometna analiza i unapređenje sigurnosti i protočnosti raskrižja s kružnim tokom prometa (studija,