

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:

Pavlič, D., 2013. Analiza prometno-tehničnih elementov montažnih krožišč na posameznih primerih. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Rijavec, R.): 39 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:

Pavlič, D., 2013. Analiza prometno-tehničnih elementov montažnih krožišč na posameznih primerih. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Rijavec, R.): 39 pp.

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



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

**PRVOSTOPENJSKI
ŠTUDIJSKI PROGRAM** \h-k` u@V\
8k`)"-V@uf\ (tq

Kandidat:

Diplomska naloga št.: 38/OG-MK

Graduation thesis No.: 38/OG-MK

Mentor:

Predsednik komisije:

. dr. u #

Ljubljana, 23. 09. 2013

POPRAVKI

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVE

Podpisani Danijel Pavlič izjavljam, da sem avtor diplomskega dela z naslovom »Analiza prometno-tehničnih elementov montažnih krožišč na posameznih primerih«.

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

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

Ljubljana, 18. 9. 2013

Danijel Pavlič

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	625.739(497.4)(043.2)
Avtor:	Danijel Pavlič
Mentor:	viš. pred. mag. Robert Rijavec
Naslov:	Analiza prometno-tehničnih elementov montažnih krožišč na posameznih primerih.
Tip dokumenta:	Diplomska naloga - visokošolski strokovni študij - B
Obseg in oprema:	39 str., 9 pregl., 41 sl., 2 pril., 9 vir.
Ključne besede:	montažno krožno križišče, krožno križišče, analiza elementov

Izvleček

V diplomski nalogi preučujemo montažna krožišča v bližini domačega kraja. V ta namen v prvem delu izvajamo analizo obravnavanega krožišča: štetje prometa, meritev hitrosti, dejansko pot (trajektorijo), ki jo vozila naredijo, zaustavitvene razdalje ter preglednosti pri uvozu v krožišče v odvisnosti od izbranih elementov posameznega krožišča. Najbolj pa nas zanimata varnost v odvisnosti od hitrosti ter prepustnost posameznega krožišča. Opozarjamo na nekatere potencialne nevarnosti z vidika lastnih izkušenj in z zornega kota domačinov. V drugem delu se posvečamo primerjanju analiziranih krožišč in ugotavljanju njihovih prednosti in slabosti. V tretjem delu diplomske naloge predlagamo izboljšave obstoječih krožišč in predstavimo predloge za postavitev krožišč v prihodnje.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALIST INFORMATION

UDC: 625.739(497.4)(043.2)
Author: Danijel Pavlič
Supervisor: Sen. Lect. Robert Rijavec, M.Sc.
Title: Case study for temporary roundabouts
Document type: Graduation Thesis - Higher professional studies
Scope and tools: 39 p., 9 tab., 41 fig., 2 ann., 9 ref.
Keywords: assembled roundabout, roundabout, analysis of elements

Abstract

In the present thesis we research assembled roundabouts in the proximity of the town of Izola. For this purpose, in the first part of the thesis, we make an analysis of four roundabouts: count of the traffic, measures of speed, trajectory of the vehicles, stopping distances and visibility when entering the roundabouts in relation to selected elements of the roundabout. But most of all, we are interested in the safety and permeability of the roundabouts. We are pointing out some potential dangers in the roundabouts from our prospective and from the point of view of the local users of the roundabout. In the second part of the thesis, we focus on the comparison of the analyzed roundabouts and the identification of pros and cons. In the third part of the thesis, we propose some potential improvements of existing assembled roundabouts and ideas for the future installation of assembled roundabouts.

ZAHVALA

Zahvaljujem se celotni moji družini in prijateljem, ki so verjeli vame in mi v težkih trenutkih z veliko mero razumevanja stali ob strani. Še posebej bi se rad zahvalil mami in očetu, da sta mi omogočila šolanje ter me podpirala vsa ta leta.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
2	PRIČAKOVANJA IN HIPOTEZE	2
3	SPLOŠNO O KROŽIŠČIH	3
3.1	Lastnosti krožnih križišč	3
3.2	Montažna krožna križišča	3
4	METODE DELA	4
4.1	Splošno	4
4.2	Meritve	4
5	MERITVE POSAMEZNIH MONTAŽNIH KROŽIŠČ	6
5.1	Montažno krožišče OŠ Vojke Šmuc	6
5.1.1	Prepustnost	8
5.1.2	Varnost	8
5.1.3	Ugotovitve	9
5.2	Montažno krožišče Jadranka	11
5.2.1	Prepustnost	13
5.2.2	Varnost	13
5.2.3	Ugotovitve	14
5.3	Montažno krožišče Jagodje	16
5.3.1	Prepustnost	18
5.3.2	Varnost	18
5.3.3	Ugotovitve	19
5.4	Montažno krožišče Strunjan	23
5.4.1	Prepustnost	25
5.4.2	Varnost	26
5.4.3	Ugotovitve	26
6	DISKUSIJA	29
7	PREDLAGANE IZBOLJŠAVE	34
8	ZAKLJUČEK	37
	VIRI	38

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Priporočena projektna hitrost v odvisnosti od radija (http://www.deldot.gov/... , 2013).	4
Preglednica 2: Splošni podatki o krožišču OŠ Vojke Šmuc.....	7
Preglednica 3: Podatki o krakih krožišča OŠ Vojke Šmuc.	8
Preglednica 4: Splošni podatki o krožišču Jadranka.	12
Preglednica 5: Podatki o krakih krožišča Jadranka.....	12
Preglednica 6: Splošni podatki o krožišču Jagodje.	17
Preglednica 7: Podatki o krakih krožišča Jagodje.....	17
Preglednica 8: Splošni podatki o krožišču Strunjan.....	24
Preglednica 9: Podatki o krakih krožišča Strunjan.	24

KAZALO SLIK

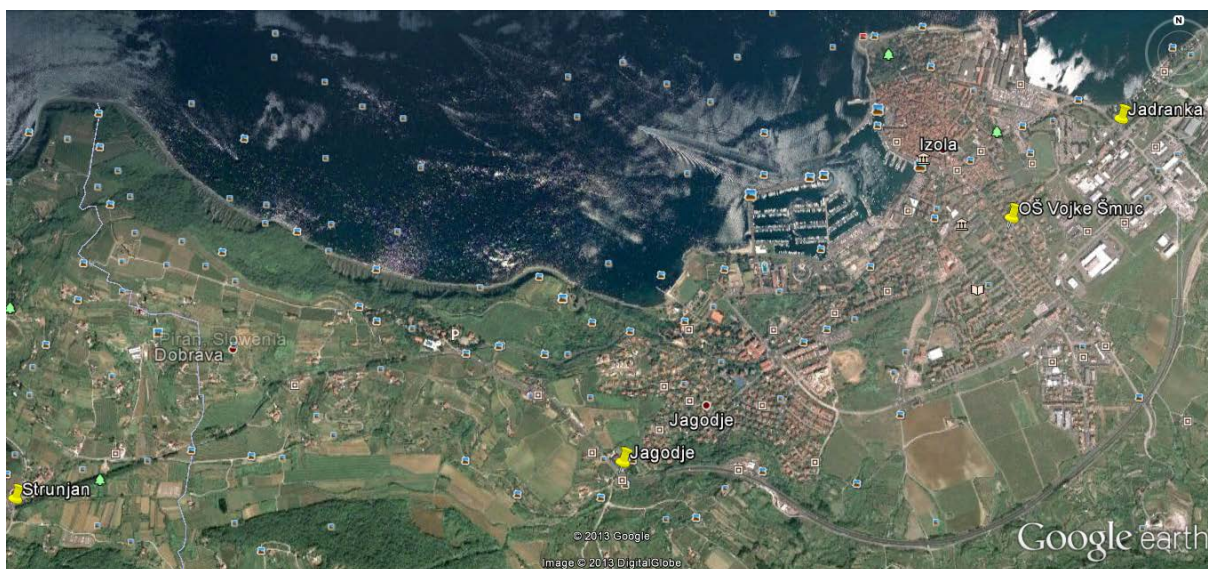
Slika 1: Lokacije krožišč, vključenih v analizo (Google zemlja, 2013).....	1
Slika 2: Osnovni elementi krožišča (TSC 03.341, 2010, str. 7)	3
Slika 3: Situacija krožišča OŠ Vojke Šmuc (Projektna Skupina Prostor d.o.o, 2013).....	6
Slika 4: Prometni pretok krožišča OŠ Vojke Šmuc	7
Slika 5: Sredinski otok krožišča OŠ Vojke Šmuc; a) smer A-C, b) smer C-A.....	9
Slika 6: Ločilna ograja krožišča OŠ Vojke Šmuc.....	10
Slika 7: Ločilni otok kraka B krožišča OŠ Vojke Šmuc	10
Slika 8: Trajektorije krožišča OŠ Vojke Šmuc (Podloga - Projektna Skupina Prostor d.o.o, 2013)	11
Slika 9: Situacije krožišča Jadranka (Projektna Skupina Prostor d.o.o, 2013).....	12
Slika 10: Prometni pretok krožišča Jadranka	13
Slika 11: Ločilni otok kraka A, krožišče Jadranka	14
Slika 12: Ločilni otok kraka D, krožišče Jadranka	14
Slika 13: Zožitev pasu na kraku A, krožišče Jadranka.....	15
Slika 14: Sredinski otok krožišča Jadranka; a) smer C-A, b) smer A-C.....	15
Slika 15: Trajektorije krožišča Jadranka (podloga: Projektna Skupina Prostor d.o.o, 2013).....	16
Slika 16: Situacija krožišča Jagodje (CPK d.d, 2013).	16
Slika 17: Robnik sredinskega otoka krožišča Jagodje	17
Slika 18: Prometni pretok krožišča Jagodje	18
Slika 19: Sredinski otok krožišča Jagodje.....	19
Slika 20: Ločilna otoka krožišča Jagodje; a) krak D, b) krak C	20
Slika 21: Začetek ločilnega otoka kraka C, krožišče Jagodje.....	20
Slika 22: Obrabljenost robnika sredinskega otoka, krožišče Jagodje; a) smer A-C, b) smer C-A.....	21
Slika 23: Pogled na izhode iz krožišča Jagodje; a) v smeri kraka A, b) v smeri kraka C	22
Slika 24: Uničenost jedra sredinskega otoka.....	22
Slika 25: Trajektorije krožišča Jagodje (podloga: CPK d.d., 2013)	23
Slika 26: Situacija krožišča Strunjan (CPK d.d., 2013).....	23
Slika 27: Sredinski otok krožišča Strunjan; a) Pogled iz kraka D, b) Pogled iz kraka C.....	24
Slika 28: Prometni pretok krožišča Strunjan.....	25
Slika 29: Pas za desne zavijalce na kraku A	25
Slika 30: Obrabljenost robnika sredinskega otoka, krožišče Strunjan; a) smer C-A, b) smer A-C.....	26
Slika 31: Ločilna otoka krožišča Strunjan; a) krak C, b) krak D.....	27
Slika 32: Robnik na kraku B krožišča Strunjan.....	27
Slika 33: Nepravilnost sredinskega otoka krožišča Strunjan; a) smer C-A, b) smer A-C	28
Slika 34: Trajektorije krožišča Strunjan (podloga: CPK d.d., 2013)	28
Slika 35: Poškodovana ločilna ograja.....	29

Slika 36: Potreba po sanaciji	30
Slika 37: Postavitev sredinskega otoka iz nasprotnih smeri.....	30
Slika 38: Prikazi neupoštevanja rumene polne črte	31
Slika 39: Potencirana trajektorija vozil v krožiščih	33
Slika 40: Prikaz delineatorja.....	34
Slika 41: Izvedba povezljivosti ločilne ograje; a) členkasta izvedba, b) dodatek za povezljivost.....	34

»Ta stran je namenoma prazna«

1 UVOD

"Najpogostejša krožišča so nesemaforizirana. Mednje sodijo tudi krožišča, ki so se pri nas začela uveljavljati šele v preteklem desetletju. Glavne prednosti, zaradi katerih so krožišča tako popularna, so visoka prometna varnost, možnost prepuščanja prometnih tokov visoke jakosti, manjši čakalni časi, ukrep za umirjanje prometa, estetski videz ipd." (Logar, 2006, str. 1). Dober učinek imajo tudi krožišča, ki so rezultat prenove klasičnih krožišč (Maher, 2006). Prav na teh mestih velikokrat nastanejo montažna krožišča, ki smo jih v tej diplomski nalogi vzeli pod drobnogled. Kljub temu da so montažna krožišča začasna projektna rešitev, morajo zadoščati vsem predpisom, kot to velja tudi za navadna krožišča. Ker se montažna krožišča pojavljajo vse pogosteje in se bodo zaradi nizkih stroškov postavitve v primerjavi z navadnimi krožišči tudi v prihodnje postavljala ne le kot začasna, temveč tudi kot trajnejša rešitev, smo se odločili, da v diplomski nalogi preučimo štiri montažna krožišča (dve krožišči znotraj naselja in dve zunaj naselja) v bližini mojega domačega kraja - v mestu Izola in v njeni neposredni bližini (glej sliko 1).



Slika 1: Lokacije krožišč, vključenih v analizo (Google zemlja, 2013)

Cilj te diplomske naloge je najti najboljše možne rešitve pri izbiri in postavitvi tehničnih elementov za zadostitev predvsem varnosti in prepustnosti samega krožišča ob upoštevanju danih geometrijskih lastnosti.

2 PRIČAKOVANJA IN HIPOTEZE

Še pred pričetkom pisanja diplomske naloge smo večkrat opazovali promet in hitro ugotovili, da si vozniki, ki prihajajo v krožišča iz smeri, ki so pred rekonstrukcijo krožišča veljale za prednostne, jemljejo prednost. Ugotovili smo tudi, da se to še posebej pogosto dogaja v manjših krožiščih. Zgodi se tudi, da vozniki, ki vstopajo z ožje, manjše in na videz stranske ceste (pred rekonstrukcijo neprednostne ceste), dajejo prednost vozilom, ki so veliko bolj oddaljena od krožišča in jih počakajo. Pogost razlog, da vozniki na ožjih (pred tem neprednostnih) cestah puščajo prednost vozilom na glavni smeri, so predvsem visoke hitrosti voznikov na glavni smeri. Vozniki, ki v krožišče prihajajo z nekdanje neprednostne smeri, se tako raje izognejo vstopu v krožišče in s tem preprečijo morebitno nesrečo.

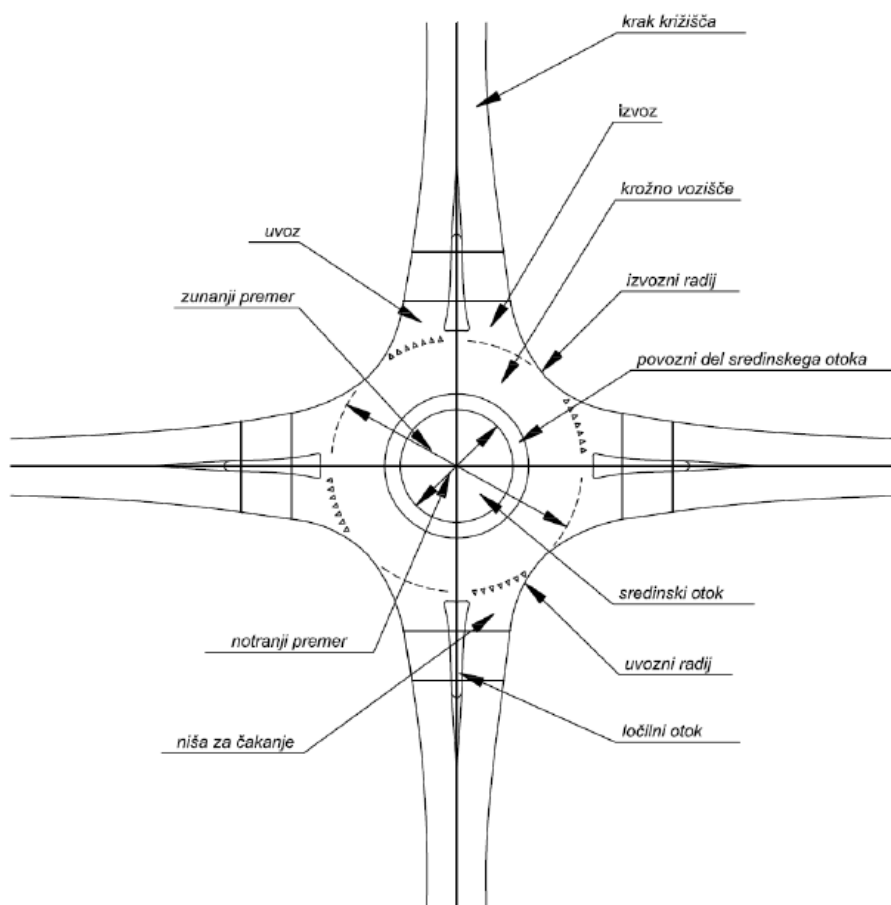
Že iz našega opazovanja lahko pričakujemo, da bodo varnejša tista montažna krožišča, ki zaradi svoje geometrije, postavitve in izbire elementov zmanjšujejo hitrost pred vstopom v krožišče in v njem.

3 SPLOŠNO O KROŽIŠČIH

3.1 Lastnosti krožnih križišč

"Krožno križišče je kanalizirano križišče krožne oblike z nepovoznim, delno povoznim ali prevoznim sredinskim otokom ter krožnim voziščem, v katerega se steka več cest in po katerem poteka vožnja nasprotno od smeri gibanja urinega kazalca." (Maher, 2006, str. 88)

Sestava tipičnega krožišča je prikazana na sliki (glej sliko 2).



Slika 2: Osnovni elementi krožišča (TSC 03.341, 2010, str. 7)

3.2 Montažna krožna križišča

Montažna krožišča poskušamo postaviti na območju že obstoječega križišča. To pomeni, da poskušamo čim bolj ohraniti obstoječe robnike in nivo površin, skratka vse, kar pomeni manjše posege v že obstoječe stanje. Kljub temu pa mora biti montažno krožišče izvedeno v skladu z obstoječo zakonodajo in mora zato vsebovati enake elemente kot stalna krožišča.

Montažna krožišča izvajamo v primeru spremenjenih prometnih razmer, začasnih ovir poteka prometa, preizkušanju ustreznosti krožišča na določeni lokaciji, med izgradnjo stalnega krožišča, z namenom umirjanja prometa, v primeru pomanjkanja finančnih sredstev, itd. (TSC 03.341, 2011).

4 METODE DELA

4.1 Splošno

Ker smo želeli preveriti prepustnost, varnost v odvisnosti od hitrosti in učinek umirjanja prometa, smo opravili dva sklopa meritev za posamezno montažno krožišče. Ugotoviti smo želeli tudi dinamiko krožišča, zato smo izvajali štetje prometa v koničnih urah. Na ta način smo prišli do pomembnih podatkov za preučevanje krožišč, predvsem pa smo dobili vpogled v samo krožišče ter izhodišča, na kaj smo morali biti pri preučevanju pozorni.

Ker smo želeli preveriti tudi hitrost, ki je povezana z varnostjo, oz. preveriti učinek umirjanja prometa, smo opravili en sklop meritev tudi v času, ko je na cesti manj prometa (zvečer), oz. takrat, ko vozniki vozijo hitreje. Primerjali smo hitrosti med posameznimi krožišči, pa tudi hitrosti znotraj samega krožišča.

Preglednica 1: Priporočena projektna hitrost v odvisnosti od radija (<http://www.deldot.gov/...>, 2013)

Projektna hitrost km/h	Minimalen radij (m)
10	7
20	10
30	25
40	50
50	80
60	115

Poleg omenjenih meritev smo opazovali (brez izvajanja meritev) več montažnih krožišč v Kopru. Opazovanja so nam pomagala pri razumevanju montažnih krožišč in iskanju boljših rešitev za njihovo postavitvev oz. boljše izbire elementov.

4.2 Meritve

Merili smo hitrosti posameznih vozil v krožišču, opazovali njihovo trajektorijo skozi krožišče ter opravili štetje prometa.

Hitrost motornih vozil smo merili tako, da smo si izbrali dve referenčni točki, eno pred vstopom v krožišče in drugo na izstopu iz krožišča (začetek zebre, prometni znak, določen element ločilne ograje ...). Z elektronskim merilcem smo izmerili razdaljo med tema dvema točkama. Dobljena razdalja je pripadala daljici, zato smo vrednosti prilagodili, da se pot, ki jo vozilo prevozi, čim bolj približa obliki trajektorije večine vozil na določenem krožišču. S štoparico smo izmeril čas, ki ga vozilo potrebuje za prevoz predhodno izmerjene trajektorije. Na podlagi izmerjenega časa in razdalje smo lahko vsakemu avtomobilu določili potovalno hitrost, s katero prevozi krožišče. Naj poudarim, da smo merili le hitrosti vozil na glavni smeri izven koničnih ur, oz. takrat, ko je manj prometa (pozno zvečer), torej v prostem prometnem toku. Ker nismo želeli, da bi naša prisotnost vplivala na vožnjo voznikov, smo se

postavili tako, da smo bili najmanj opazni. Za vsak krak na glavni smeri smo opravili po 30 meritev hitrosti.

Trajektorijo avtomobilov smo si sproti zarisali na predhodno pripravljeno skico posamičnega krožišča. Trajektorijo predstavlja navidezna pot zadnjega levega kolesa vsakega avtomobila. Predvsem nas je zanimalo, koliko se približa sredinskemu otoku krožišča oz. za koliko ga povezi. Zato imajo dobljene trajektorije večjo natančnost v bližini sredinskega otoka.

Štetje prometa smo opravili v koničnih urah oz. takrat, ko je največ prometa. Načeloma smo meritve opravljali med 7h20 in 7h50 zjutraj na delovni dan, le za krožišče Jagodje smo opravili štetje med 15h50 in 16h20 na delovni dan. Na samo krožišče smo prinesli kamero na stojalu, jo postavili tako, da smo v vidno polje zajeli vse krake krožišča, ter snemali. Dokler je kamera snemala, smo si ogledovali krožišče, skicirali trajektorije voznikov in iskali posebnosti krožišča. Kasneje smo podatke s kamere analizirali tako, da smo si štirikrat ogledali isti posnetek ter vsakič opravili štetje prometa le za en krak naenkrat.

Določitev geometrije krožišča smo opravili z elektronskim merilcem ter metrom. Nekatere podatke o geometriji pa smo našli na florisih načrtov danih krožišč, ki so nam jih posredovali na podjetjih Projektna Skupina Prostor d.o.o. ter CPK d.d.

5 MERITVE POSAMEZNIH MONTAŽNIH KROŽIŠČ

5.1 Montažno krožišče OŠ Vojke Šmuc

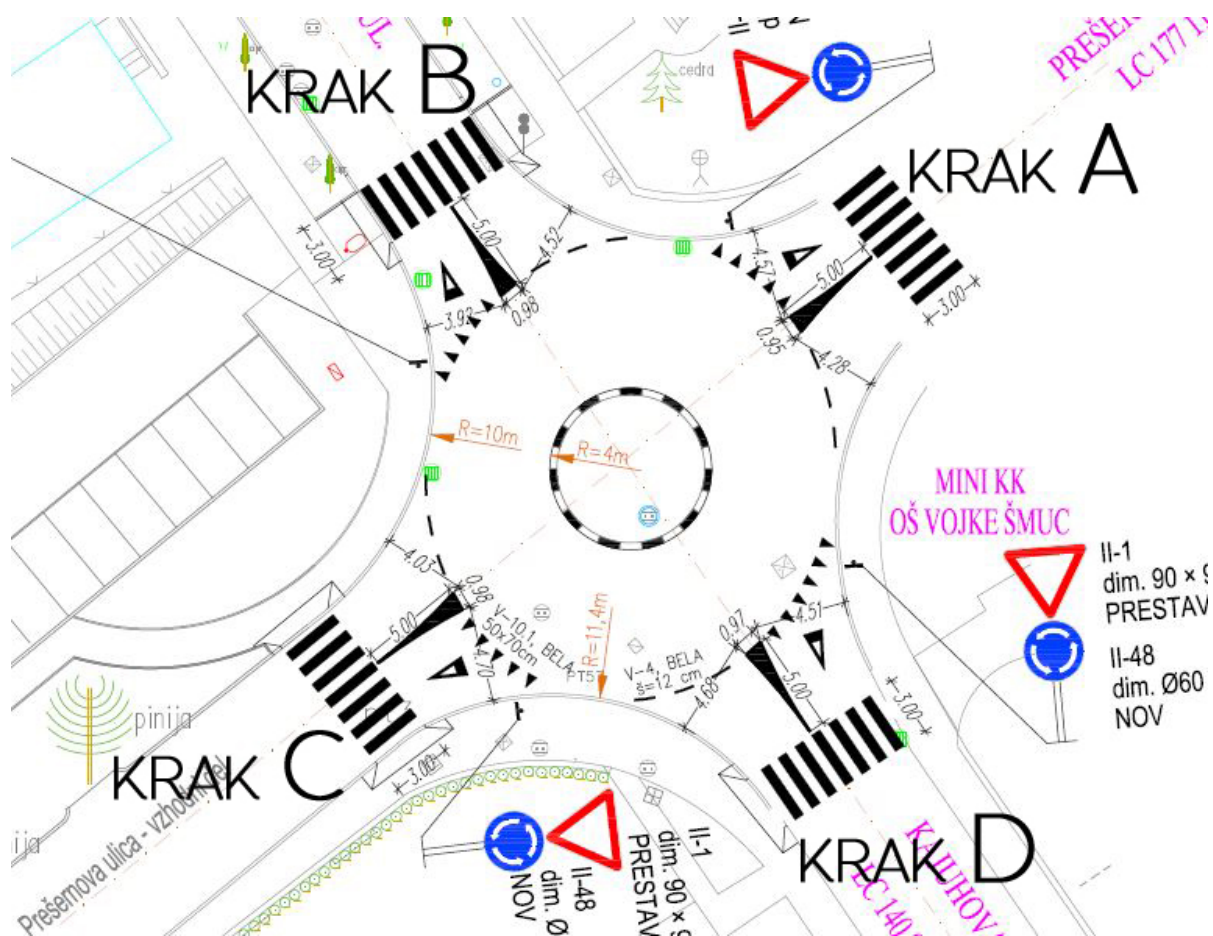
Krožišče leži v Izoli, kjer se sekata Prešernova cesta ter Cankarjev drevored. Pred rekonstrukcijo je to bilo semaforizirano križišče, ki ni imelo pasov za leve zavijalce, zato so se tu pojavljali zastoji.

Gre sicer za »polmontažno« krožišče, saj je bilo potrebno manjše gradbeno delo za izgradnjo povoznega otoka in njegovih robnikov. Potreben je bil manjši izkop, v katerega so vstavili robnike, in vse skupaj zalili z betonom do želene višine. Vsi ostali elementi so montažni.

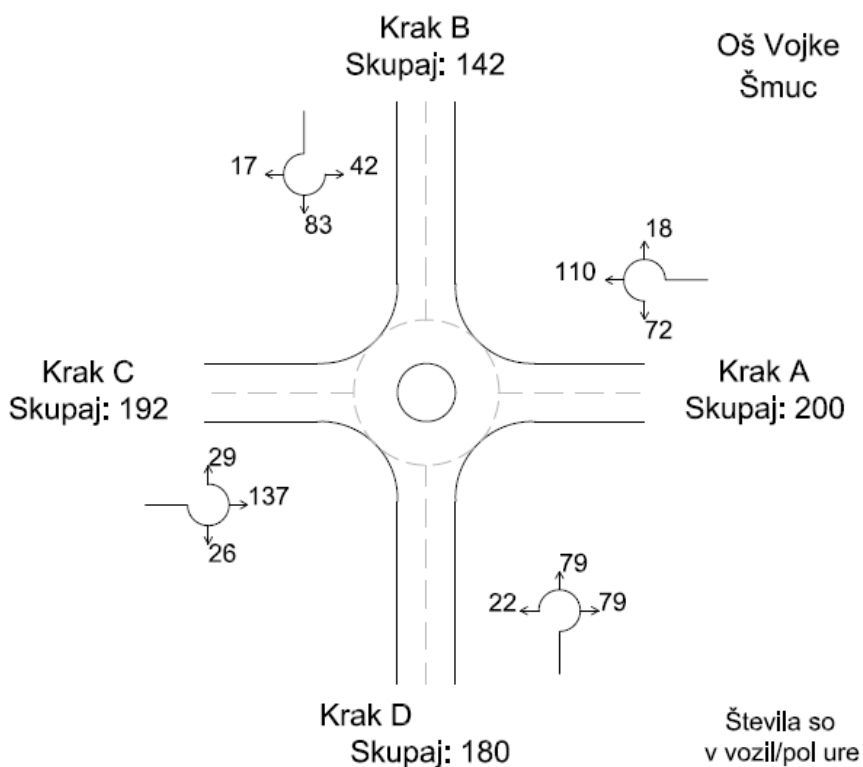
Hitrost je zaradi poteka v naselju omejena na 50 km/h (krak A, C in D), na Bazoviški cesti pa zaradi območja omejene hitrosti na 40 km/h (krak B).

Zanimivost tega krožišča je, da je elipsaste oblike (glej sliko 3).

Krak A predstavlja smer proti Kopru.



Slika 3: Situacija krožišča OŠ Vojke Šmuc (Projektna Skupina Prostor d.o.o, 2013)



Slika 4: Prometni pretok krožišča OŠ Vojke Šmuc

Štetje prometa smo opravili v četrtek, dne 18.7.2013, od 7h20 do 7h50 (glej sliko 4).

Preglednica 2: Splošni podatki o krožišču OŠ Vojke Šmuc.

Krajši premer elipse [m]	20,0
Daljši premer elipse [m]	22,8
Sredinski otok premer [m]	8,0
Širine razdelilnih otokov na krakih [m]	1,0 (širina stranice trikotnika)
Širina povoznega dela [m]	2,0
Relief povoznega dela	0 cm rob, ki počasi naraste na 4 cm
Sredinski otok material	Rdeče-bela začasna ločilna ograja iz umetne snovi višine 50 cm
Širina cestišča v krožišču [m]	6,0

Preglednica 3: Podatki o krakih krožišča OŠ Vojke Šmuc.

OŠ Vojke Šmuc	Krak A	Krak B	Krak C	Krak D
Uvozna širina [m]	4,5	3,9	4,7	4,5
Izvozna širina [m]	4,2	4,5	4,0	4,6
Širina voznega pasu [m]	3,6	3,4	3,6	3,5
Dolžina do prehoda za pešce [m]	5,0	5,0	5,0	5,0
Talna signalizacija v obliki manjših trikotnikov pri vhodu	Da	Da	Da	Da
Talna signalizacija v obliki prekinjene črte pri izhodu	Da	Da	Da	Da
Dolžina ločilnega otoka	5 m dolge rumene črte, vendar le en element pri vhodu v krožišče			
\overline{V}_s - povprečna potovalna hitrost iz kraka (smer naravnost) [km/h]	21,1		22,8	
V_{85} - 85. centil hitrosti iz kraka (smer naravnost) [km/h]	24,3		26,8	
V_{max} - maksimalna potovalna hitrost iz kraka (smer naravnost) [km/h]	29,0		31,3	

5.1.1 Prepustnost

Krožišče deluje prepustno, vendar se hitro napolni, ko se v njem pojavijo pešci.

Čakalni časi za vstop v krožišče so nas presenetili, saj se večkrat pojavi kolona dveh ali več vozil na krakih B in D, kjer je manj prometa kot na krakih A in C. Ta pojav si razlagamo na naslednji način: vozniki, ki prihajajo iz krakov B in D, se počutijo, da prihajajo na večjo oz. prednostno cesto, saj je na drugih dveh krakih promet gostejši. Razlaga je mogoča tudi v tem, da ima predvsem krak D slabši pregledni trikotnik, zato vozniki iz te smeri vselej upočasnijo hitrost ali celo ustavijo. Tovrstno ustavljanje pa vozniki, ki pripeljejo iz kraka C (ti imajo pogosto višjo hitrost), lahko interpretirajo, kakor da jih vozniki iz kraka D čakajo. Ker je promet na smeri C proti A gost, se vzpostavi nekakšen val oz. močan tok prometa, kjer vozniki iz kraka C proti izhodu A v krožišče vstopajo en za drugim z majhnimi medsebojnimi razdaljami, vozniki iz kraka D pa se ta tok prometa bojijo prekiniti, saj, morda dobijo občutek, da si vozniki na relaciji C–A jemljejo prednost.

5.1.2 Varnost

Krožišče deluje varno, vendar vidimo možnost nastanka nesreče, ko se v krožišču pojavijo pešci. Takrat se vozila na hitro ustavijo, zato bi lahko prišlo do možnosti naleta. Težava je v tem, da je 5 m do prehoda premalo. Tolikšna razdalja je dovolj zgolj za en avto, toda le če se ustavi takoj ob zebri. Vozniki pa zaradi uvidevnosti do pešcev večinoma ne ustavijo tik ob zebri, temveč nekoliko prej. V tem primeru zadnji del avtomobila še vedno »štrli« v notranjost krožišča.

Opazili smo, da imajo zavijalci levo, ki prihajajo iz kraka A, težave pri obračanju volana. Imajo posebno trajektorijo (glej sliko 8 – sprva v krožišče zapeljejo naravnost in zatem povozijo sredinski otok), ki kaže, da najverjetneje prepozno začnejo zavijati. Šibka točka krožišča je prehod za pešce.

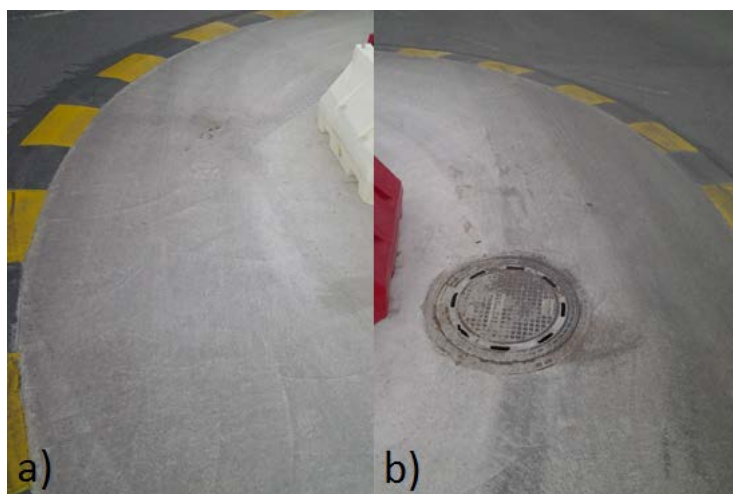
Rezultati so pokazali, da večina voznikov dosega relativno visoke hitrosti, tudi do 31,2 km/h. V preglednici št. 1 vidimo razmerje med projektno hitrostjo in radijem. V našem primeru imamo radij montažnega krožišča 9 m, ki ustreza hitrosti do 20 km/h. Upoštevati moramo tudi, da si vozniki pred krožiščem in znotraj krožišča povečujejo radij na račun približevanju robnikom na vhodu, ob sredinskem otoku ter na izhodu. Kljub temu da jim pridobljeni večji radij omogoča višje hitrosti, vozniki preveč tvegajo, ko se približajo robnikom (tudi na manj kot 10 cm).

Zelo zanimiva ugotovitev je, da vozila na smeri C–A dosegajo višje hitrosti kot na smeri A–C, in to kljub temu da ima smer C–A oteženo geometrijo, saj se morajo vozniki v večjem loku izogniti sredinskemu otoku, ki se nahaja na njihovi poti, kot vozniki na smeri A–C. Vozila na smeri C–A skoraj vedno prevozijo povozni del sredinskega otoka. Večinoma ga povozijo namerno. Menimo, da vozila na smeri C–A dosegajo višje hitrosti kot vozila na smeri A–C zaradi večje izvozne širine. Ker je krožišče elipsaste oblike, ima smer C–A ob vožnji skozi krožišče večje radije oz. bolj ravno trajektorijo kot smer A–C.

5.1.3 Ugotovitve

Kot vidimo, je veliko levih zavijalcev, ki prihajajo iz smeri kraka A (glej sliko 4). Kljub temu je vstopanje voznikov iz kraka C potekalo tekoče, in zaradi voznikov, ki prihajajo iz kraka A in zavijajo levo, ni prihajalo do zastojev.

Zanimivost je, da je povozni otok na smeri C–A večkrat povežen kot na smeri A–C (glej sliko 5).



Slika 5: Sredinski otok krožišča OŠ Vojke Šmuc; a) smer A-C, b) smer C-A

V živo se še bolje vidi, kako je na desni sliki (b-smer C–A) otok večkrat povežen, saj je bolj umazan kot na levi sliki(a).

Opazili smo, da ločilna ograja (glej sliko 6), ki je postavljena na sredinski otok, ni pravilne oblike (pri prvotni postavitvi je bila postavljena v obliki krožnice), saj se zaradi trkov z vozili premakne. Ker nima točno določenega oz. točno označenega mesta, jo občinski delavci le približno postavijo na sredino otoka.



Slika 6: Ločilna ograja krožišča OŠ Vojke Šmuc

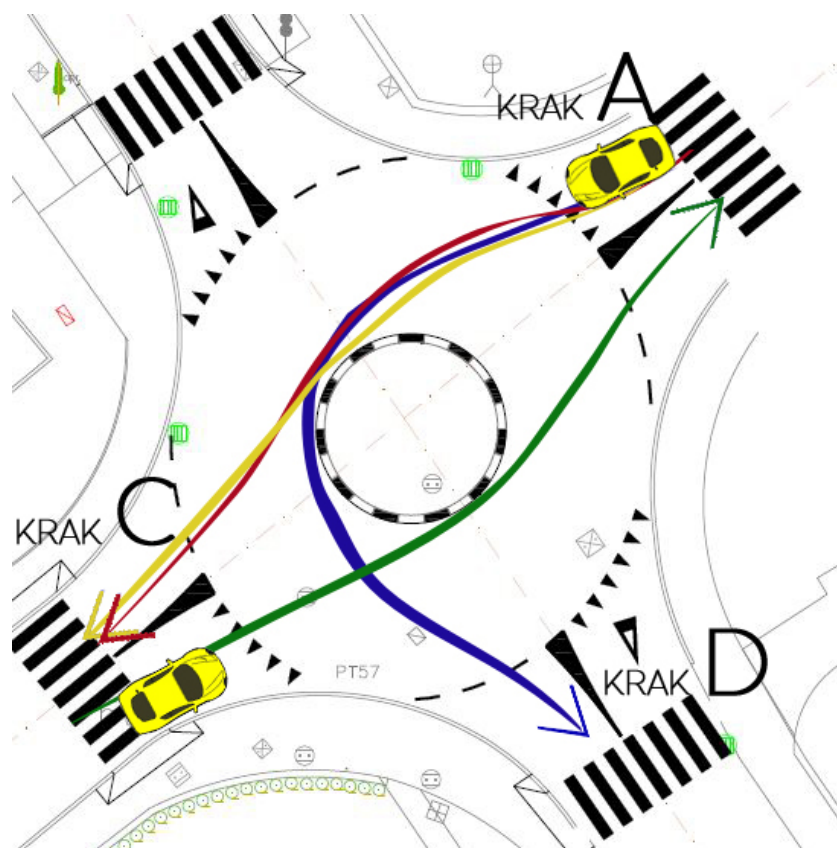
Na tem krožišču ločilni otok predstavlja le en montažni element ločilne ograje. Ker gre samo za en element, ki ob tem niti ni sidran, se z lahkoto premakne in ne služi več svojemu namenu (glej sliko 7).



Slika 7: Ločilni otok kraka B krožišča OŠ Vojke Šmuc

S pomočjo slike 8 smo opisali pot oz. trajektorijo zadnjega levega kolesa vozil. Hitro smo ugotovili, da se z večjo hitrostjo povečuje radij avtomobilov v krožišču oz. hitrejši avtomobili večkrat povozijo povozni del sredinskega otoka.

Rumena črta predstavlja hitrejši vozniki, rdeča voznike s prilagojeno hitrostjo, modra pa voznike, ki zavijajo levo. Slednji imajo težave, saj v krožišču zapeljejo po precej ravni črti, nato pa šele ob vožnji mimo otoka začenejo zelo močno sukati volan (zdi se, kakor da bi vozilo zanašalo proti robniku).



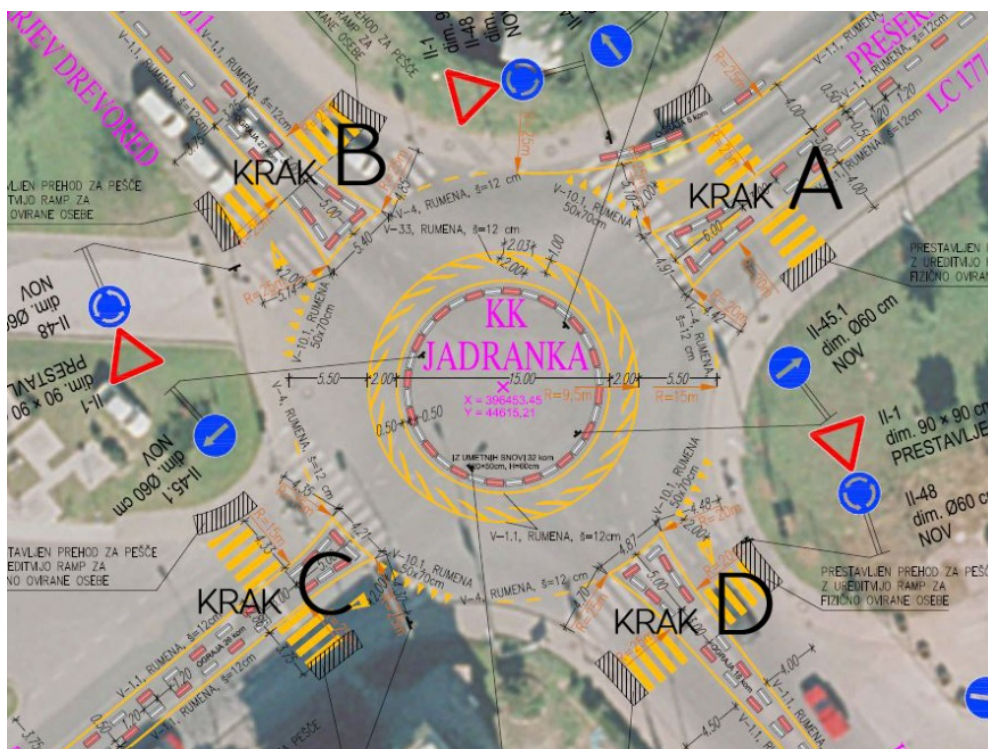
Slika 8: Trajektorije krožišča OŠ Vojke Šmuc (Podloga - Projektna Skupina Prostor d.o.o, 2013)

Krak C pa je zanimiv zato, ker imajo tako vozniki z večjo hitrostjo, kot tisti, ki v krožišču pripeljejo z zmanjšano hitrostjo, enako trajektorijo. Skoraj vedno se namreč dotaknejo povoznega dela sredinskega otoka.

5.2 Montažno krožišče Jadranka

Krožišče leži v Izoli, kjer se sekata Kajuhova ulica ter Prešernova cesta. Pred rekonstrukcijo je bilo to križišče semaforizirano.

Krožišče Jadranka (glej sliko 9) je tipično montažno krožišče, kjer so vsi elementi v krožišču le nameščeni, brez kakršnega koli gradbenega dela. Ker se krožišče nahaja znotraj naselja, je hitrost na vseh krakih omejena na 50km/h. Krak A je v smeri Kopra.



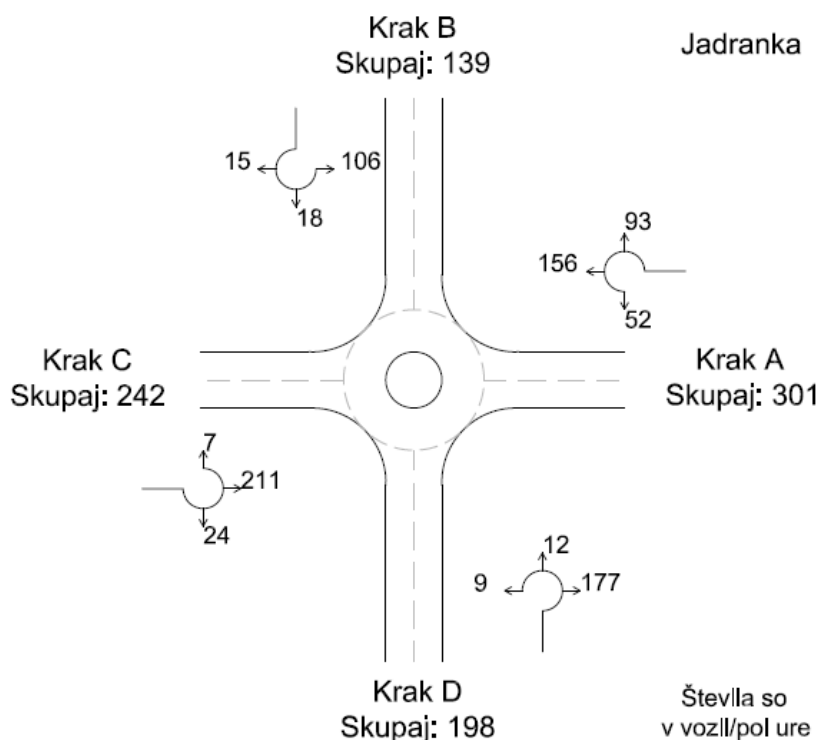
Slika 9: Situacije krožišča Jadranka (Projektna Skupina Prostor d.o.o, 2013)

Preglednica 4: Splošni podatki o krožišču Jadranka.

Premer [m]	30,0
Sredinski otok premer [m]	19,0
Širine razdelilnih otokov na krakih [m]	3,5 do 5,0
Širina povoznega dela [m]	2,5 - polna rumena črta
Relief povoznega dela	0 cm
Sredinski otok material	Ločilna ograja višine 65 cm
Širina cestišča v krožišču [m]	5,5 + 2,5 (če ne upoštevamo rumene črte)

Preglednica 5: Podatki o krakih krožišča Jadranka.

Jadranka – parametri	Krak A	Krak B	Krak C	Krak D
Uvozna širina [m]	5,1	5,1	4,3	4,4
Izvozna širina [m]	4,4	4,8	4,3	4,7
Širina voznega pasu [m]	4,0	3,7	3,7	4,2
Dolžina do prehoda za pešce [m]	6,0	5,0	5,0	5,0
Talna signalizacija v obliki manjših trikotnikov pri vходу	Da	Da	Da	Da
Talna signalizacija v obliki prekinjene črte pri izhodu	Da	Da	Da	Da
Dolžina ločilnega otoka [m]	35,0	26,0	30,0	22,0
\bar{V}_s - povprečna potovalna hitrost iz kraka (smer naravnost) [km/h]	28,2		30,0	
V_{85} - 85. centil hitrosti iz kraka (smer naravnost) [km/h]	35,3		38,5	
V_{max} - maksimalna potovalna hitrost iz kraka (smer naravnost) [km/h]	43,2		47,0	



Slika 10: Prometni pretok krožišča Jadranka

5.2.1 Prepustnost

Krožišče je zelo prepustno, kolona vozil se pojavi le v primeru, ko v krožišče zelo počasi pripelje večje tovorno vozilo ali ko tovrstno vozilo čaka pešca. Prehod za pešce je iz krožišča odmaknjen le 5 do 6 m. Redko kateri osebni avtomobil sicer preseže dolžino 5 m, a mu kljub temu ob čakanju na pešca pri izhodu iz krožišča zadnji del vozila »štrli« v krožišče. Vozniki namreč v večini primerov s sprednjim delom avtomobila ne pridejo tik do zebre, saj bi bilo to za pešce neprijetno, da je avto od njih oddaljen manj kot en meter. Tako zadnji del vozila predstavlja oviro za avtomobile v krožišču.

Kljub temu da je širina cestišča 5,5 m, povozni del sredinskega otoka (ki ga predstavlja zgolj rumena polna črta brez reliefa) pa 2.5 m, si vozniki predstavljajo, da širina cestišča znaša 8 m. Tako veliko širino vozniki uporabijo, ko se želijo umakniti oviri (na primer avtomobilu, ki čaka pešca). To je tudi eden od razlogov, zakaj je to križišče dobro prepustno.

5.2.2 Varnost

Krožišče se nam zdi varno, saj je tudi prometni tok usmerjen tako, da je malo interferenc med udeleženci (glej sliko 10). Relativno velik premer (30 m) krožišča voznikom omogoča dovolj prostora za varno vključevanja v krožišče. Glavni tok je med krakoma A in C.

Po pričakovanju ima smer C–A višjo hitrost kot smer A–C. Razlaga je v tem, da je povozni otok bolj na poti voznikom A–C, ki se mu morajo zato v večjem loku odmakniti, pri tem pa izgubijo tudi nekaj hitrosti.

5.2.3 Ugotovitve

Ločilni otoki v krakih niso enako dolgi, dolžina se razlikuje celo na samem kraku (glej sliko 11). Ti otoki so na tisti strani, kjer vozniki vstopajo v krožišče, daljši kot tam, kjer izstopajo.



Slika 11: Ločilni otok kraka A, krožišče Jadranka

Prometni znak, ki nakazuje, da se morajo vozniki držati desne strani, se nahaja samo na enem kraku, in sicer je to krak D (glej sliko 12).



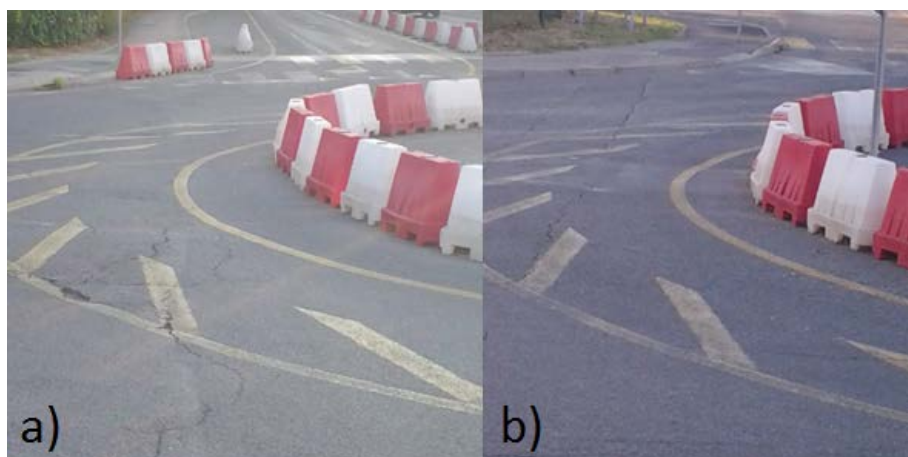
Slika 12: Ločilni otok kraka D, krožišče Jadranka

Z uporabo ločilne ograje (glej sliko 13) lahko ustvarimo tudi zožitev vstopne širine cestišča (saj je bil na tem mestu pred rekonstrukcijo še en vozni pas, namenjen izključno desnim zavijalcem) – krak A.



Slika 13: Zožitev pasu na kraku A, krožišče Jadranka

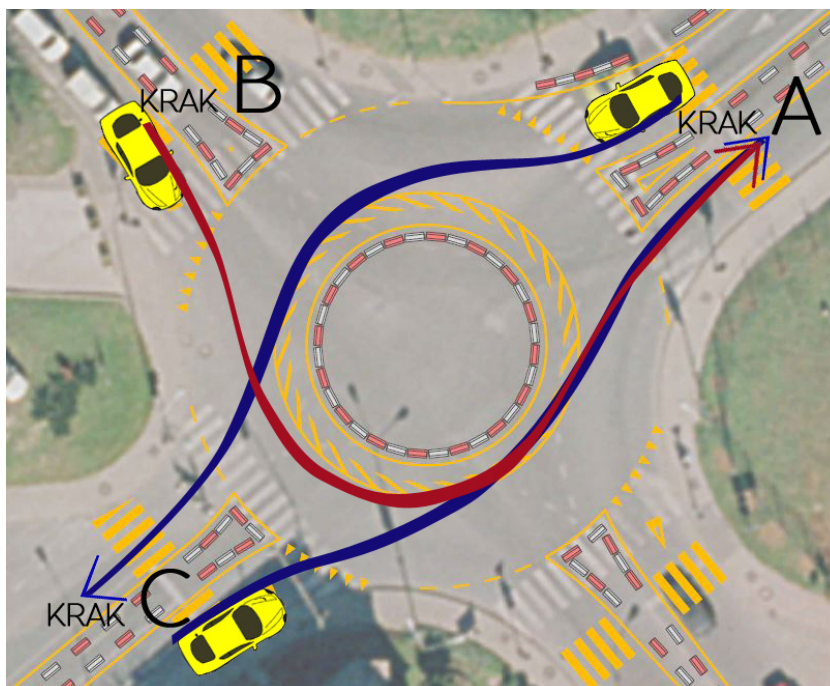
Pri ogledovanju tega krožišča smo uvideli slabost montažnih elementov. Ker večkrat pride do trkov in posledično premaknitve ločilnih ograj, ki so napolnjene s tekočino, jih občinski delavci sicer redno vračajo na mesto, a ker elementi nimajo točno določene pozicije, se sčasoma oblika krožnega križišča oddaljuje od prvotne. Po projektu bi morala biti razdalja med notranjo rumeno črto in ločilnimi elementi le 0,5 m, a je na določenih mestih razdalja tudi 1 m. V takih primerih se sčasoma spremeni geometrija krožišča (glej sliko 14) in posledično tudi trajektorije (glej sliko 15).



Slika 14: Sredinski otok krožišča Jadranka; a) smer C-A, b) smer A-C

Krivdo za premaknitev ločilne ograje gre pripisati voznikom, ki ne upoštevajo polne rumene črte in vozijo v neposredni bližini ločilne ograje, pri tem pa jo v nekaterih primerih z vozilom tudi zadenejo in premaknejo.

Na sliki so prikazane trajektorije vozil v montažnem krožišču Jadranka (glej sliko 15).

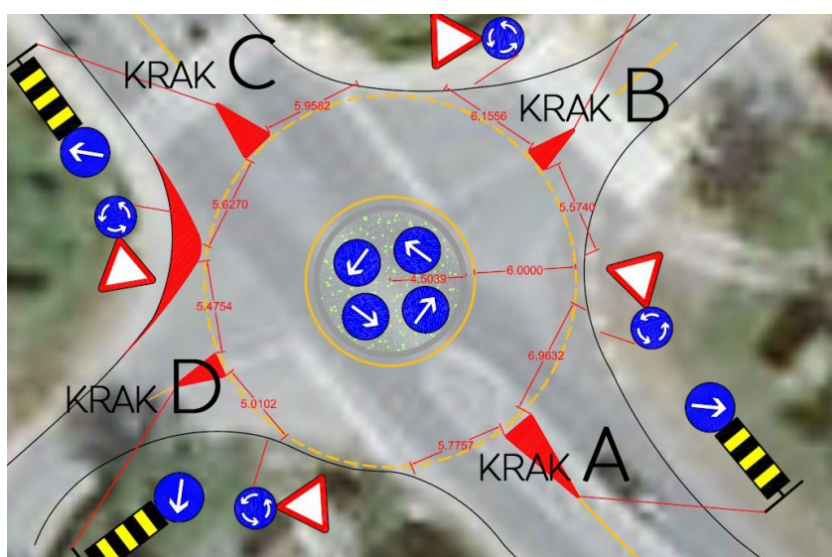


Slika 15: Trajektorije krožišča Jadranka (podloga: Projektna Skupina Prostor d.o.o, 2013)

5.3 Montažno krožišče Jagodje

Krožišče leži na državni cesti Ruda–Valeta izven naselja na cesti v Jagodju (občina Izola). Pred rekonstrukcijo je to bilo nesemaforizirano križišče s štirimi kraki.

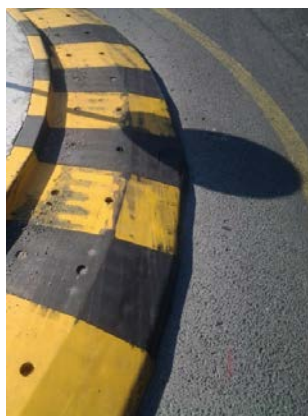
Krožišče leži izven naselja, kjer je hitrost pred krožiščem na obeh glavnih smereh omejena na 50 km/h. Krak A je v smeri Kopra, C pa v smeri Portoroža (glej sliko 16).



Slika 16: Situacija krožišča Jagodje (CPK d.d, 2013).

Tudi tukaj gre za »polmontažno« krožišče, vendar je bilo potrebnih manj gradbenih del kot v krožišču v Izoli (OŠ Vojke Šmuc), saj so robnike povoznega otoka zložili v krožnico, jih zasidrali ter zalili z

betonom (glej sliko 17). Predvidevamo, da so bili robniki vnaprej dimenzionirani na podlagi želenega premera sredinskega otoka, saj so postavljeni tesno skupaj, tako da med njimi ni nobene špranje.



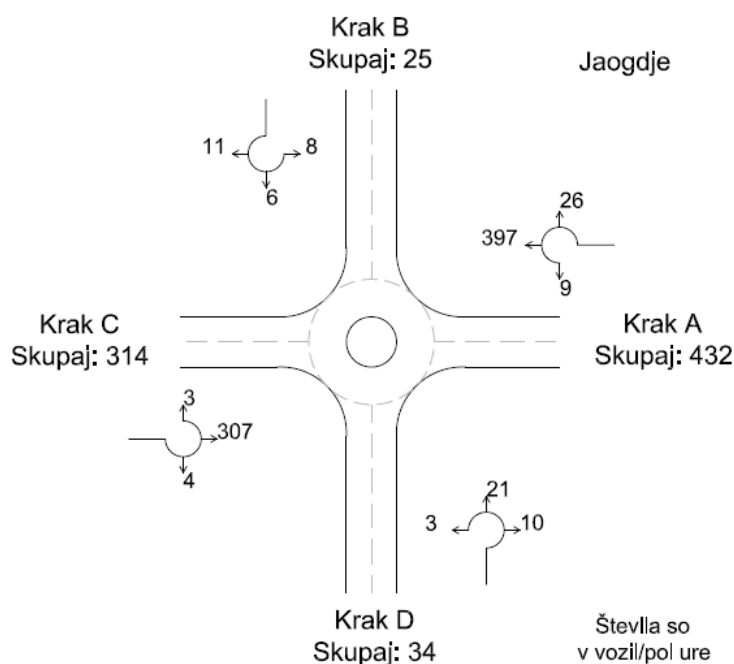
Slika 17: Robnik sredinskega otoka krožišča Jagodje

Preglednica 6: Splošni podatki o krožišču Jagodje.

Premer [m]	22,5
Sredinski otok premer [m]	9,0
Širine razdelilnih otokov na krakih [m]	Cca 0,8
Širina povoznega dela [m]	Od polne rumene črte do robnika je 0,8, sam robnik je širok 1 m. Teoretična širina povoznega dela znaša 1,8.
Relief povoznega dela	7–10 cm
Sredinski otok material	Beton višine 12–15cm
Širina cestišča v krožišču [m]	6,0

Preglednica 7: Podatki o krakih krožišča Jagodje.

Jagodje	Krak A	Krak B	Krak C	Krak D
Uvozna širina [m]	5,8	4,5	4,8	4,0
Izvozna širina [m]	5,7	4,8	5,2	4,0
Širina voznega pasu [m]	5,5	3,5	4,6	3,5
Dolžina do prehoda za pešce [m]	Brez	3,0	5,0	Brez
Talna signalizacija v obliki manjših trikotnikov pri vhodu	Da	Da	Da	Da
Talna signalizacija v obliki prekinjene črte pri izhodu	Da	Da	Da	Da
Dolžina ločilnega otoka [m]	10,0	3,0	27,0	1,0
\bar{V}_s - povprečna potovalna hitrost iz kraka (smer naravnost) [km/h]	37,4		35,7	
V_{85} - 85. centil hitrosti iz kraka (smer naravnost) [km/h]	43,5		41,2	
V_{max} - maksimalna potovalna hitrost iz kraka (smer naravnost) [km/h]	45,5		48,4	



Slika 18: Prometni pretok krožišča Jagodje

5.3.1 Prepustnost

Krožišče je visoko prepustno, saj je prisotna izrazita glavna smer (glej sliko 18). Ob pogledu na preglednico št. 1 ugotovimo, da so hitrosti visoke. Radij zaželenih trajektorij znotraj krožišča znaša 10 m, pripadajoča projektna hitrost za takšen radij je 20 km/h. Kljub temu da upoštevamo, da si vozniki znotraj krožišča ustvarjajo večji radij na račun tveganja za udarce ob robnike cestišča ter sredinskega otoka, imajo še vedno previsoko hitrost za varno vožnjo po montažnem krožišču. Vozniki na kraku A prihajajo s hitre ceste. Kljub temu da na oddaljenosti 700 m pred krožiščem prometna signalizacija opozarja na postopno zmanjševanje hitrosti (omejitev najprej 90 km/h, zatem omejitev 70 km/h, 100 m pred krožiščem pa še omejitev 50 km/h), imajo skoraj vsi vozniki na razdalji 50 m od krožišča višjo hitrost od dovoljene. Po zaslugi krožišča vozniki sicer zmanjšajo hitrost, vendar je ta še vedno previsoka za vožnjo po krožišču. Zato bi morali pred montažnim krožiščem kraka A hitrost umiriti z enim od načinov za umirjanje prometa.

5.3.2 Varnost

Prvotna funkcija tega krožišča je omejitev hitrosti na tem odseku ceste ter posledično tudi lažje in predvsem varnejše vključevanje ostalih voznikov iz krakov B in D.

Kot smo že omenili, hitrost v tem krožišču predstavlja problem. Še večji problem predstavljajo levi zavijalci, ki prihajajo iz glavnih smeri. Ker je glavna smer A–C zelo prevladujoča in se redko zgodi, da kdo zavija levo, vozniki sploh niso pozorni na nasproti vozeče vozilo, saj jemljejo kot samoumevno, da bo to vozilo peljalo naravnost. Ker zavijalci levo to občutijo in se zavedajo tudi

visoke hitrosti nasproti vozečih vozil, pri zavijanju levo raje počakajo (pri tem nekateri celo vključijo levi smerokaz), da se nasprotno vozilo, ki je še daleč od vstopa v krožišče, sploh ustavi, šele nato levi zavijalci izvedejo dokončni zavoj v levo in zapustijo križišče.

Okoli sredniskega otoka je na razdalji cca. 0,8 m narisana rumena polna črta, ki je nihče od voznikov ne upošteva. Morda do tega pride zato, ker je črta slabo vidna, morda pa se voznikom ne zdi pomembna in jo skoraj vsi pri vožnji skozi krožišče povozijo.



Slika 19: Sredinski otok krožišča Jagodje

Naslednji velik problem je sam del povoznega otoka (glej sliko 19), ki je sestavljen iz plastične umetne mase. Robnik je sicer dimenzioniran tako, da je na vogalih oglat (če bi bil pravokoten oz. ostrejši, bi lahko prerezal gumo katerega od avtomobilov). Težava tega povoznega robnika je v tem, da je previsok (7 cm), zato ga vozniki ne želijo povoziti, a po drugi strani ni tako visok, da bi se ga bali. Vsi vozniki se mu zelo približajo in se ga največkrat dotaknejo z zadnjo levo gumo. Nevarnost vidimo v tem, da vozniki z višjo hitrostjo, ki se nehote dotaknejo (ali oplazijo) relativno visok robnik, izgubijo oblast nad vozilom, saj jim zaradi stika z robnikom zamakne zadnji del avtomobila. Tisti vozniki, ki robnik prevozijo namenoma (v času našega opazovanja takega primera sicer nismo zasledili), so prav tako v nevarnosti, saj jih višina robnika lahko preseneti; druga krožišča imajo namreč večinoma nižje robnike.

5.3.3 Ugotovitve

Ločilni otoki so na vseh krakih različnih dolžin, na kraku D pa ga sploh ni, čeprav bi moral po projektu poleg ločilnega otoka stati tudi prometni znak, ki nakazuje na krožni tok (glej sliko 20).



Slika 20: Ločilna otoka krožišča Jagodje; a) krak D, b) krak C

Pred ločilnim otokom na kraku C so poleg prometnega znaka postavili tudi utripajočo luč (glej sliko 21).



Slika 21: Začetek ločilnega otoka kraka C, krožišče Jagodje

Pri opazovanju prometa smo bili presenečeni nad ugotovljenim, saj se vsi vozniki na glavni smeri zelo približajo robniku. Lahko trdimo, da se velika večina voznikov robniku približa na vsega 20 cm ali celo manj, kljub temu da je širina vozišča 6 m. Razlog mogoče tiči v tem, da pri visoki hitrosti vozniki raje opravijo pot v čim bolj iztegnjeni trajektoriji (glej sliko 25).

Še ena posebnost tega krožišča: vozniki, ki prihajajo v krožišče iz kraka A, imajo pred krožiščem daljši desni zavoj, tako da ob vstopu v krožišče le obdržijo volan v istem položaju kot med ovinkom. Ko so v krožišču na približno četrtini poti, zasučejo volan v levo in v trajektoriji, podobni premici, zapeljejo skozi krožišče (glej sliko). Tej geometriji krožišča v kombinaciji z radijem predhodnega desnega ovinka gre pripisati tudi visoko hitrost za krožišče.

Še bolj zanimivo pa je dejstvo, da se vozniki, ki prihajajo iz kraka C, še bolj približajo povoznemu otoku kot tisti, ki prihajajo iz kraka A (glej sliko 22), in to kljub temu da imajo nižje hitrosti in

prihajajo iz relativno počasnejše ceste kot vozniki iz smeri kraka A. Kar dolgo časa smo potrebovali, da smo ugotovili, zakaj pride do tega.



Slika 22: Obrabljenost robnika sredinskega otoka, krožišče Jagodje; a) smer A–C, b) smer C–A

Levi del slike (slika 22) predstavlja smer A–C, desni del pa smer C–A. Vidimo lahko, da so vozniki na desni sliki večkrat povozili robnik, saj je ta veliko bolj umazan in ponekod celo uničen (natrgan ob robu).

Sprva smo posumili, da razlog tiči v geometriji oz. širini cestišča znotraj krožišča, po ponovnem merjenju pa smo ugotovili, da je ta enaka za obe smeri. Pri nadaljnjem opazovanju pa smo opazili dvoje:

- Vozniki v smeri C–A takoj ob vходу v krožišče vidno zasukajo volan v desno (prvi maneuver) in kmalu po vходу zasukajo volan v levo (drugi maneuver), glej sliko trajektorije. Lahko bi trdili, da opravijo krožišče z dvema ravnima linijama, kar je daleč od zelene ločne oz. polkrožne trajektorije. Če bi ti vozniki nekoliko kasneje opravili drugi maneuver (obračanje volana v levo), bi se v manjši meri približali povoznemu otoku.
- Kljub temu da je širina cestišča enaka, v smeri A–C pri izhodu leži pločnik, v smeri C–A pa je postavljena jeklena varnostna ograja višine 1 m (glej sliko 23). Pri tem sumimo, da jeklena varnostna ograja voznikom predstavlja oviro, ki se ji ne želijo preveč približati. Zato bi lahko upoštevali, da je na tem odseku cestišče krožišča ožje kot v resnici.

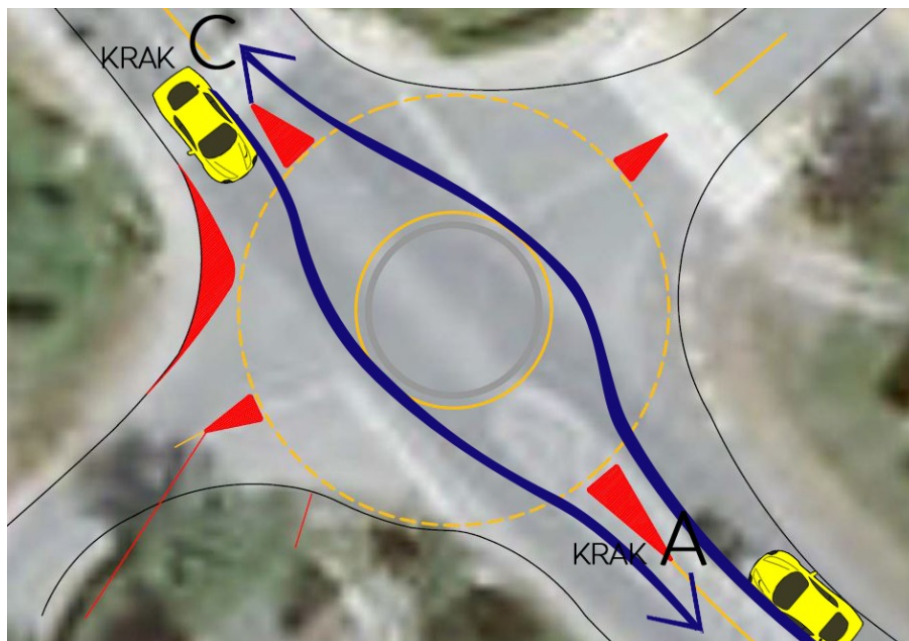


Slika 23: Pogled na izhode iz krožišča Jagodje; a) v smeri kraka A, b) v smeri kraka C

Vozniki na smeri C–A večkrat zadenejo rob povoznega otoka in najverjetneje je bil zato ta del povoznega otoka zaradi pogostih udarcev že deležen obnove (glej sliko 24).



Slika 24: Uničenost jedra sredinskega otoka

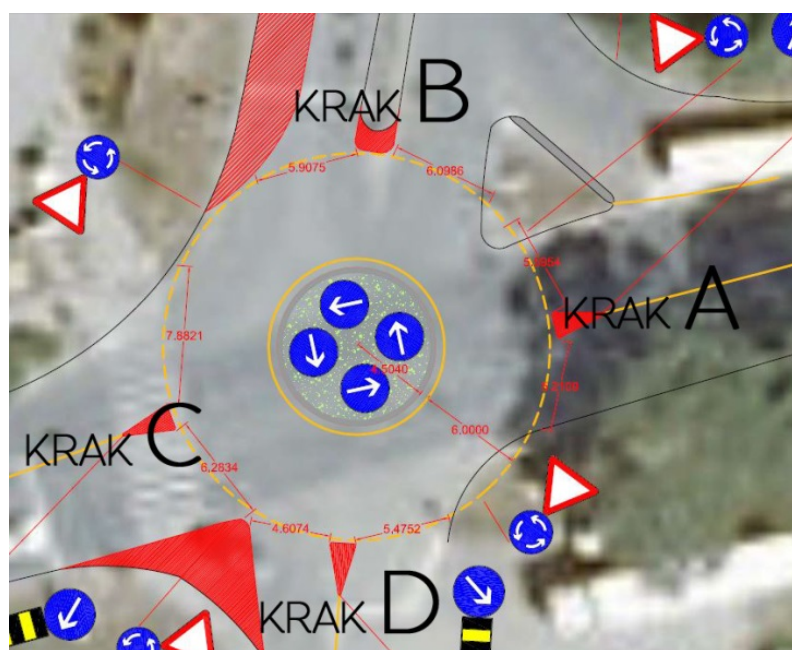


Slika 25: Trajektorije krožišča Jagodje (podloga: CPK d.d., 2013)

5.4 Montažno krožišče Strunjan

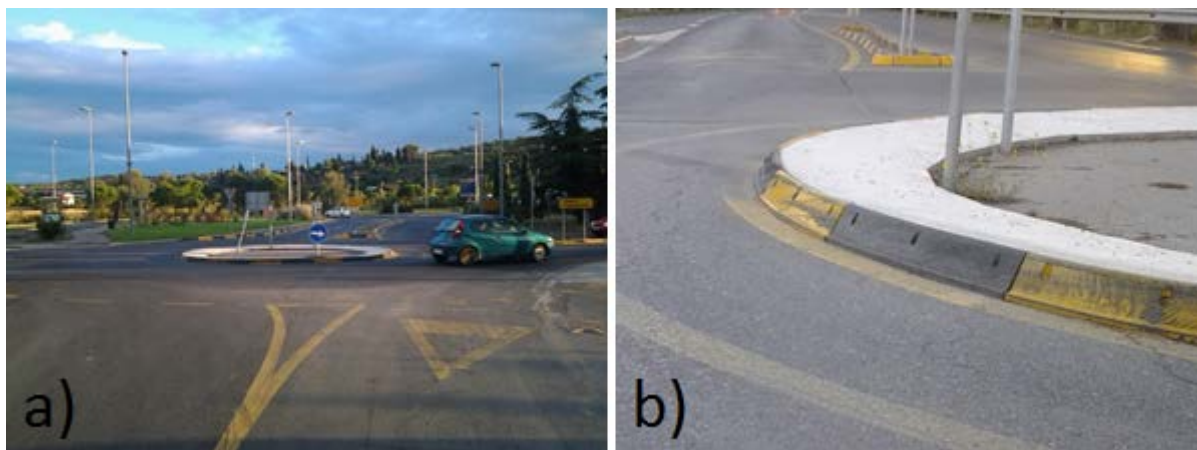
Krožišče leži na državni cesti Ruda–Valeta med Izolo in Piranom v Strunjanu; v občini Piran. Pred rekonstrukcijo je to bilo semaforizirano križišče (glej sliko 26).

Krožišče leži izven naselja, kjer je hitrost pred krožiščem iz obeh glavnih smeri omejena na 50 km/h. Prometna signalizacija, ki voznikom veleva zmanjšanje hitrosti na 50 km/h, se nahaja cca. 150 m pred krožiščem na glavni smeri. Krak A je v smeri Kopra.



Slika 26: Situacija krožišča Strunjan (CPK d.d., 2013)

Tudi tukaj gre za »polmontažno« krožišče, vendar je bilo potrebnih manj gradbenih del kot v krožišču v Izoli (OŠ Vojke Šmuc), saj so robnike povoznega otoka zložili v krožnico, jih zasidrali ter notranji rob nastalega kroga zalili z betonom (glej sliko 27).



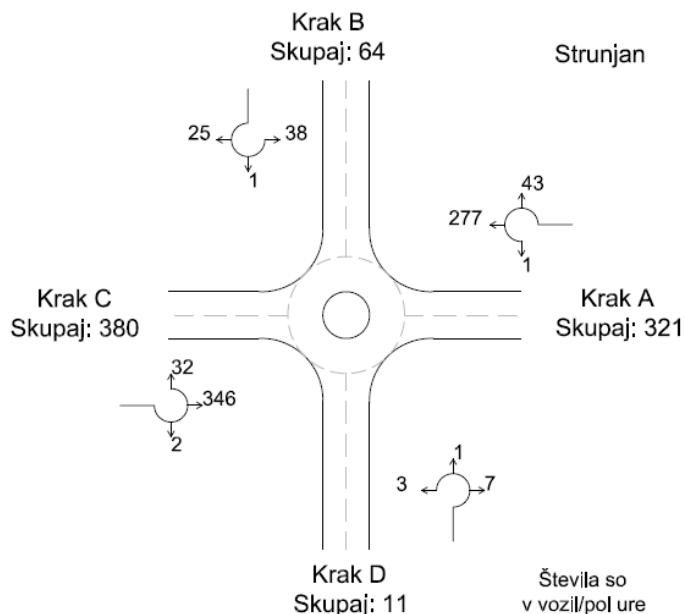
Slika 27: Sredinski otok krožišča Strunjan; a) Pogled iz kraka D, b) Pogled iz kraka C

Preglednica 8: Splošni podatki o krožišču Strunjan.

Premer [m]	22,0
Sredinski otok premer [m]	8,5
Širine razdelilnih otokov na krakih [m]	1,5–2,5
Širina povoznega dela [m]	0,8 m, če polna rumena črta predstavlja povozni del
Relief povoznega dela	0 cm, robniki povoznega otoka so visoki 13 cm
Sredinski otok material	Robniki iz umetne mase višine 13 cm
Širina cestišča v krožišču [m]	6,0

Preglednica 9: Podatki o krakih krožišča Strunjan.

Strunjan	Krak A	Krak B	Krak C	Krak D
Uvozna širina [m]	4,6	5,1	4,7	4,5
Izvozna širina [m]	5,8	5,9	5,2	4,7
Širina voznega pasu [m]	4,5	4,8	4,4	4,0
Dolžina do prehoda za pešce [m]	Brez	brez	8,0	Brez
Talna signalizacija v obliki manjših trikotnikov pri vходу	Da	Da	Da	Da
Talna signalizacija v obliki prekinjene črte pri izhodu	Da	Da	Da	Da
Dolžina ločilnega otoka [m]	18,0	28,0	25,0	1,0
\bar{V}_s - povprečna potovalna hitrost iz kraka (smer naravnost) [km/h]	37,8		37,3	
V_{85} - 85. centil hitrosti iz kraka (smer naravnost) [km/h]	44,5		43,0	
V_{max} - maksimalna potovalna hitrost iz kraka (smer naravnost) [km/h]	51,6		55,3	



Slika 28: Prometni pretok krožišča Strunjan

5.4.1 Prepustnost

Krožišče je visoko prepustno. Kot je razvidno iz podatkov o številu prometa (glej sliko 28), je prevladujoča smer A–C. Krožišče ima iz smeri A dodaten pas za zavijalce desno, ki jih je v turističnem obdobju veliko. Ta pas ima dve dobri lastnosti. V poletnih dneh, ko je promet povečan (zaključki tedna), prihaja na krožišču do zastojev iz smeri A proti smeri C. V tem obdobju se pojavi tudi veliko zavijalcev desno (saj pot preko kraka B vodi proti plaži). Z uporabo tega dodatnega voznega pasa se lahko zavijalci desno izognejo krajšemu zastoju (glej sliko 29). Dodatni pas pa tudi olajša vključevanje voznikov iz kraka B v krožišče, ker morajo biti pri vstopanju v krožišče pozorni na manjše število vozil kot sicer.



Slika 29: Pas za desne zavijalce na kraku A

5.4.2 Varnost

Tudi to krožišče je postavljeno z namenom omejitve hitrosti na tem odseku ceste ter posledično tudi lažje in predvsem varnejše vključevanje ostalih voznikov iz krakov B in D.

To krožišče ima podobne lastnosti kot montažno krožišče Jagodje (glej poglavje 4.3.2): hitrost, prevladujoča glavna smer, levi zavijalci,...

Tudi tu je velika težava v delu povoznega otoka, ki je sestavljen iz plastične umetne mase. Robnik povoznega otoka je visok 13 cm, zato ga niti osebna niti tovorna vozila ne morejo prevoziti. Vseeno pa ga včasih zadenejo (glej sliko 30). Večkrat se to zgodi pri voznikih iz smeri C–A, saj njihova trajektorija poteka bližje otoku kot trajektorija voznikov na smeri A–C. Kot je razvidno iz slik, so del otoka na smeri C–A že obnavljali.



Slika 30: Obrabljenost robnika sredinskega otoka, krožišče Strunjan; a) smer C–A, b) smer A–C

5.4.3 Ugotovitve

Ločilni otoki so na krakih A, B in C različno dolgi in različnih debelin, vendar so vsi iz istega materiala (sidran robnik iz umetne mase višine 13 cm), na kraku D pa je ločilni otok le narisan s polno rumeno črto (glej sliko 31).



Slika 31: Ločilna otoka krožišča Strunjan; a) krak C, b) krak D

V tem krožišču so za zoženje pasu uporabili kar robnike iz umetne mase (glej sliko 32).



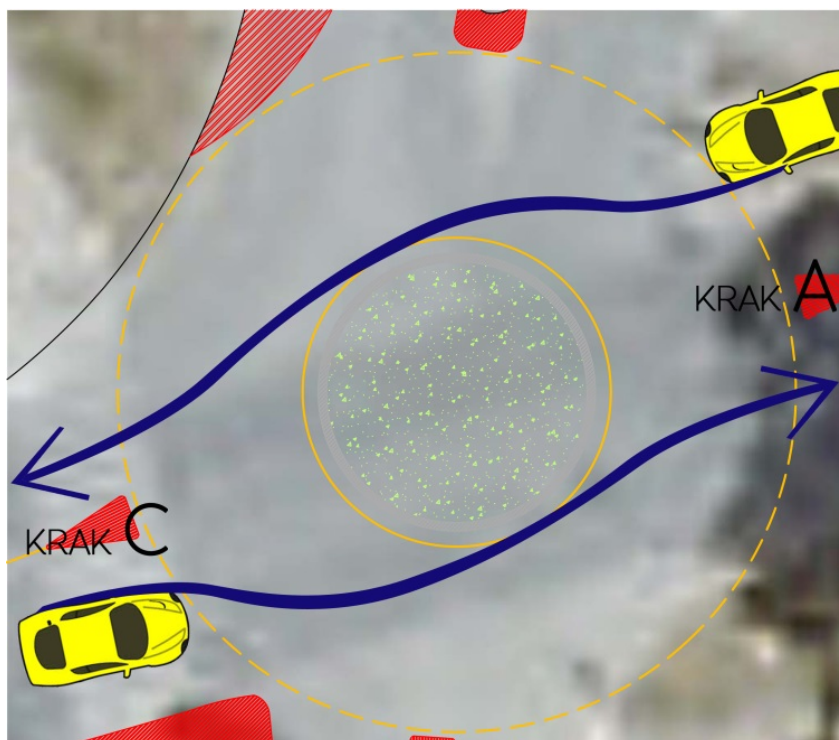
Slika 32: Robnik na kraku B krožišča Strunjan

Sredinski otok ni v obliki krožnice, namenoma je na smeri C–A na enem delu raven (glej sliko 33), morda zato, ker tovorna vozila ne morejo mimo, ne da bi se ga dotaknila; ta del otoka je bil tudi dodatno utrjen. Možno je, da sta takšna oblika in dodatna utrditev posledica naknadne rekonstrukcije. Po projektu bi namreč moral biti sredinski otok pravilne krožne oblike.



Slika 33: Nepravilnost sredinskega otoka krožišča Strunjan; a) smer C–A, b) smer A–C

Trajektorije vozil na montažnem krožišču Strunjan (glej sliko 34)



Slika 34: Trajektorije krožišča Strunjan (podloga: CPK d.d., 2013)

6 DISKUSIJA

Izvedba montažnih krožišč, ki smo jih analizirali, je v primerjavi s »pravimi« krožišči veliko cenejša. Za montažo takega krožišča potrebujemo le elemente, ki jih preprosto postavimo znotraj gabaritov obstoječega križišča. Le izjemoma se opravi manjše gradbeno delo, kot na primer betoniranje sredinskega otoka ali celo vgradnja robnikov sredinskega otoka, v nekaterih primerih pa tudi naredimo popravek zunanjega robnika križišča. Cenejša je tudi projektna dokumentacija. Projekt za izvedbo takega krožišča veleva le položaj elementov in ustrezno prometno signalizacijo. Tudi čas postavitve montažnih krožišč je izredno kratek. Ob predhodni pripravi je postavitve izvedena v nekaj urah in krožišče je že pripravljeno za uporabo.

Ker so ta krožišča rekonstrukcija predhodnih navadnih križišč, so večinoma omejena s površino, zato v veliki večini primerov dobimo manjša krožišča, ki so zaradi tega bolj nerodna. Do tega pride, ker se promet odvija na majhnih razdaljah. Vozniki morajo že pri majhnih hitrostih spretno in sunkovito obračati volan – še posebej imajo težave levi zavijalci. Zato se pogosto zgodi, da vozniki z vozilom udarijo ob montažne elemente, ki jih pogosto premaknejo. Takrat montažno krožišče izgubi svojo prvotno obliko (glej sliko 35).



Slika 35: Poškodovana ločilna ograja

Zato je potrebno montažnim krožiščem zagotoviti redno pregledovanje in vzdrževanje. V večini primerov je potrebno le vrniti elemente na njihovo prvotno mesto. Ob močnejših udarcih pa je lahko potrebna tudi zamenjava ali ponovno sidranje posameznih elementov.

Slabo izvedeni sredinski otoki predstavljajo velik problem, saj se pod težo tovornega vozila ali vozila izrednega prevoza, ki na tem področju pogosto prevažajo plovna sredstva (jadrnice), hitro obrabijo. V

primeru izrednega prevoza so vozniki primorani zapeljati tudi na del otoka, ki je nepovozen, in ga s tem poškodujejo (glej sliko 36).



Slika 36: Potreba po sanaciji

Opazili smo, da večina montažnih krožišč ni popolnoma simetričnih. Dogaja se namreč, da je sredinski otok pomaknjen v eno stran. Vozniki z enega kraka se morajo bolj izogniti oz. narediti večji ovinek okoli otoka kot tisti z nasprotnega kraka (glej sliko 37). To je dobrodošlo takrat, ko je sredinski otok pomaknjen tako, da vozniki vstopajo v krožišče pravokotno, izstopajo pa tangencialno.



Slika 37: Postavitev sredinskega otoka iz nasprotnih smeri

Na zgornjih dveh slikah, posnetih na nasprotnih straneh, se že na prvi pogled vidi, da se morajo vozniki, ki vozijo po pasu, prikazanem na sliki 37 b), bolj izogniti sredinskemu otoku kot tisti, ki vozijo po pasu, prikazanem na sliki 37 a). Posledično se tudi hitrosti na teh dveh krakih razlikujejo.

Rumene polne črte, s katero skušamo na montažnih krožiščih ponazoriti povozni del sredinskega otoka ali mesto, kjer stoji ločilni otok, vozniki ne jemljejo resno, saj jo večina voznikov prevozi (glej sliko 38).



Slika 38: Prikazi neupoštevanja rumene polne črte

Rumeno polno črto uporabljajo tudi za zožitev uvoznega ter izvoznega pasu, največkrat v kombinaciji z ločilnim otokom na drugi strani. Če ne upoštevamo rumene črte v bližini ločilnih in sredinskih otokov, dobi montažno krožišče povsem novo geometrijo.

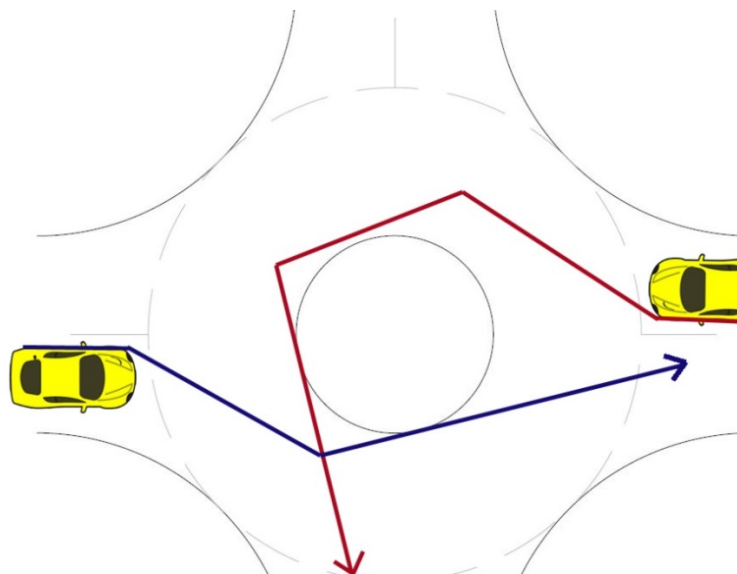
Ločilni otoki so si med seboj zelo različni, tako njihova širina, velikost, kot tudi dolžina. Zaradi trkov z vozili so elementi ločilnega otoka pogosto premaknjeni s prvotnega položaja. Skoraj vsi so pred začetkom dopolnjeni s prometnim znakom, ki veleva voznikom, da se morajo držati desnega dela ceste, da ne bi zašli na nasproti vozeči pas. Vsa analizirana krožišča imajo ravne ločilne otoke (vzporedne z cesto).

Na sliki (glej sliko 39) želimo ponazoriti splošno trajektorijo voznikov. Ker želimo še posebej poudariti, kako si vozniki krožišče razdelijo v daljice, namesto da bi vozili v ločni obliki, smo pri risanju trajektorij to potencilali. Kljub temu da je krožišče okrogle oblike in je priporočena trajektorija ločne oblike, si večina voznikov razdeli pot v dve daljici (to velja za voznike, ki vozijo naravnost). Ko vozniki vstopajo v krožišče, zavijejo v desno in opravijo del poti do začetka sredinskega otoka, nakar obrnejo volan v levo in se po isti premici peljejo do izhoda. Ta pojav je še posebej pogost na krožiščih, ki imajo za povozni del sredinskega otoka polno rumeno črto.

Ta pojav se največkrat pojavi na krožiščih z majhnim radijem, krožiščih z majhnim otokom ter krožiščih s prekomernimi uvoznimi in izvoznimi širinami. V primerih, ko nastopajo široke uvozne širine, si vozniki sami ustvarjajo svojo trajektorijo še pred vhomom v krožišče.

Levi zavijalci imajo v manjših krožiščih težave, saj velikokrat prevozijo povozni del otoka. Vozniki gredo v krožišče v dokaj ravni trajektoriji in ko zapeljejo skoraj mimo povoznega dela otoka, morajo na relativno kratki razdalji narediti ovinek, ki je večji od 90 stopinj. Pri opazovanju teh voznikov se hitro opazi, kako imajo težave pri obračanju volana.

Desni zavijalci krožišče opravijo z lahkoto, saj imajo isti oz. zelo podoben radij kot pred rekonstrukcijo, ko je tu še stalo navadno križišče. Še posebej pri manjših krožiščih skozi krožišče zapeljejo zgolj z držanjem volana v desno smer.



Slika 39: Potencirana trajektorija vozil v krožiščih

Izpostavili bi radi še eno zanimivost. Večkrat smo zasledili, da vozniki radi sledijo trajektoriji predhodnega vozila. Če voznik, ki prvi vstopi v krožišče, pot skozenj opravi z izbiro bolj ekstremnih trajektorij, bo tudi vozilo, ki vozi za njim, opravilo enako oz. zelo podobno pot. To se rado zgodi posebno takrat, ko so vozila na manjši medsebojni razdalji.

Ker so analizirana montažna krožišča relativno majhna, je tudi uporaba smerokazov otežena, saj so izhodi iz krožišča na tako kratki razdalji, da je njihova uporaba skoraj nepotrebna. Lahko povemo, da smo v vsem času, v katerem smo opazovali promet na krožiščih, le redkokdaj zasledili voznika, ki je uporabil smerokaz. Kadar pa smo smerokaz opazili, je bilo to na krožišču Jadranka, ki je od analiziranih montažnih krožišč tudi največje.

Opazili smo, da vozniki, ki vstopajo v krožišče s ceste, ki je pred rekonstrukcijo veljala za neprednostno, dajejo prednost ostalim vozilom. Prednost ostalim vozilom dajejo tudi vozniki, ki se vključujejo v krožišče iz manj prometne ali ožje ceste. Pojav je vzajemen, saj si tudi vozniki, ki prihajajo iz glavnih smeri, jemljejo prednost.

7 PREDLAGANE IZBOLJŠAVE

V naslednjem delu želimo razložiti morebitne izboljšave za postavitev novih montažnih krožišč. Ker polne rumene črte vozniki ne upoštevajo, jo zamenjamo s povoznim trakom (delineator) nižje višine, tako da jo lahko tudi osebna vozila prevozijo, ne da bi pri tem naredila škodo na vozilu (slika delineatorja) (glej sliko 40).



Slika 40: Prikaz delineatorja

Sredinski otok naj sestavljajo elementi, ki so trpežni tudi na udarce vozil, predvsem pa stremimo k temu, da se ob udarcu z vozili čim manj premaknejo. Dober primer takega elementa je členkasta ločilna ograja (glej sliko 41). Bolje je, da se postavi višje elemente, saj vozniki od višjih elementov držijo večjo razdaljo. Obenem pa je potrebno paziti, da elementi niso preveč visoki, da ne bi ovirali preglednosti krožišča.

Priporočljivo je tudi, da se mesto vsakega elementa dobro označi. Na ta način bi lahko vzdrževalci krožišč vrnili elemente ločilne ograje na določeno mesto, ne pa da jih postavijo po svoji lastni presoji.



Slika 41: Izvedba povezljivosti ločilne ograje; a) členkasta izvedba, b) dodatek za povezljivost

Ker ne želimo, da bi osebna vozila povozila povozni del sredinskega otoka, moramo vanj postaviti tak element, da bo voznike odvrčal od vožnje po povoznem delu, razen če to ni nujno potrebno (tovorna vozila). Elementi za odvrčanje vožnje po povoznem delu sredinskega otoka naj bodo reliefno dvignjeni (vendar ne preveč, da se vozila ne poškodujejo ali še huje, da vozniki ne izgubijo oblasti nad vozilom), hrapavi ter svetle in opazne barve. Priporočamo delineator.

Predlagali bi celo dve vrsti delineatorjev na istem krožišču, postavljeni ena ob drugi z manjšim medsebojnim razmikom (10 cm); zunanji nizek, notranji višji. Če bi vozniki povozili zunanjega in se celo dotaknili notranjega delineatorja, bi jih ta razgibana vožnja morda nekoliko ustrašila, tako da bi se raje držali pravilne trajektorije. Na ta način bi voznike prisilili, da opravijo trajektorijo v obliki loka, kar bo privedlo do nižjih hitrosti znotraj krožišča.

Za pešce sta še posebej pomembni širina in višina ločilnega otoka, saj se pri zadostni višini počutijo varne. S kombinacijo ločilne ograje in povoznih delineatorjev lahko ustvarimo dokaj ozko uvozno širino za osebna vozila, a kljub temu dovolj široko za tovorna vozila, ob predpostavki da povozijo delineator. Z uporabo nižjih delineatorjev bi lahko ustvarili »povozni del ločilnega otoka«. Tako bi cestišče in uvozne širine zožali na želene dimenzije, hkrati pa bi tovorna vozila imela potrebno manevrsko širino, ko bi povozila povozni del ločilnega otoka.

Uvozno širino moramo zmanjšati, saj se dogaja, da si vozniki znotraj prevelike uvozne širine sami izbirajo trajektorijo, tako da vstopajo v krožišče dokaj tangencialno, kar omogoča višje hitrosti. Menimo, da bi z uporabo delineatorja v kombinaciji z ločilnim otokom lahko zmanjšali uvozno širino ter posledično omejili hitrosti. S kombinacijo ukrivljenega ločilnega otoka, ki prisili voznike, da v krožišče vstopajo pravokotno, bi dosegli zmanjšanje hitrosti in višjo preglednost za lažje vključevanje ostalih vozil. Obenem pa ne bi veliko zgubili na prepustnosti, saj ne bi omejevali izvozne širine. Skratka, dosegli bi, da bi se hitrost vozil zmanjšala še pred vstopom v krožišče.

Prehod za pešce bi bilo treba nujno postaviti na razdaljo vsaj 7 m od krožišča, vendar moramo paziti, da ga ne postavimo predač. Daljša osebna vozila so dolga 5 m, zraven pa moramo prišteti še 2 m, ker se vozila nikoli ne ustavijo čisto ob robu zebre. S tem ukrepom povečamo prepustnost krožišča ter se izognemo morebitnim naletom.

Priporočljivo je povečati vidnost sredinskega otoka krožišča in zmanjšati preglednost čez krožišče. Na ta način onemogočimo bleščanje nasproti vozečih vozil, hkrati pa moramo zagotoviti zahtevano preglednost.

Če nek element ni mišljen kot povozni, to še ne pomeni, da ga vozniki ne bodo povozili, zato je smotrno izbrati trpežne elemente.

Preverjati je potrebno delo izvajalca, saj se že ob majhni nepredvideni spremembi celotna dinamika in geometrija montažnega krožišča porušita.

8 ZAKLJUČEK

Kot smo kar hitro ugotovili, je na teh krožiščih veliko manjših napak, ki so po našem mnenju zelo lahko popravljive. Še lažje pa se je tem napakam izogniti pri samem načrtovanju montažnih krožišč.

Kljub temu da smo pri projektiranju montažnih krožišč omejeni z geometrijo predhodnega križišča, nimamo omejitev pri izbiri elementov, tako da lahko marsikatero težavo rešimo s pravilno izbiro in postavitvijo montažnih elementov.

Menimo, da bo v prihodnje postavljenih še več montažnih krožišč, saj so zaradi ugodne cene, hitre izvedbe, možnosti kasnejše prilagoditve oz. spremembe (celo možnosti povrnitve križišča v prvotno stanje) dobra alternativa klasičnim krožiščem.

VIRI

Uporabljeni viri:

Logar, D. 2006. Določitev kritičnih razmakov za ovirane prometne tokove v krožnem križišču. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba D. Logar): 54 f.

Maher, T. 2006. Osnove teorije prometnega toka in kapaciteta prometnih objektov. Skripta. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 105 str.

Zemljevidi Google Zemlja.

<http://www.google.com/intl/sl/earth/index.html> (Pridobljeno 12. 9. 2013.)

TSC 03.341:2010. Krožna križišča: 1-37.

TSC 03.341:2011. Krožna križišča: 1-40.

Delaware Department of Transportation.

http://www.deldot.gov/information/pubs_forms/manuals/road_design/pdf/revisions062811/07_Intersections.pdf (Pridobljeno 12. 9. 2013.)

Projektna Skupina PROSTOR d.o.o. 2013. Situacije krožišč. Osebna komunikacija. (14. 6. 2013.)

CPK d.d. 2013. Situacije krožišč. Osebna komunikacija. (Pridobljeno 10. 6. 2013.)

Ostali viri:

Tollazzi T.

<http://www.fg.uni-mb.si/research/cccp/staff/tollazzi/slo-clanki.html#> (Pridobljeno 7. 6. 2013)

SEZNAM PRILOG

Priloga A: Meritve in izračuni hitrosti

Priloga B: Štetje prometa

»Ta stran je namenoma prazna«

PRILOGA A: MERITVE IN IZRAČUNI HITROSTI

strunjan	21,5 m	21-5 m je razdalja med merjenima točkama		
smer a-c	[km/h]		smer c-a	[km/h]
1,8	43,0		2,1	36,9
1,9	40,7		2,4	32,3
2,8	27,6		2,2	35,2
3	25,8		2	38,7
2,1	36,9		2,8	27,6
2,4	32,3		2,3	33,7
2	38,7		2,4	32,3
1,9	40,7		1,85	41,8
1,8	43,0		1,65	46,9
2,1	36,9		2,2	35,2
1,95	39,7		2,1	36,9
1,65	46,9		1,8	43,0
2,3	33,7		1,4	55,3
1,9	40,7		1,9	40,7
1,9	40,7		2,15	36,0
1,75	44,2		2,1	36,9
1,5	51,6		2,4	32,3
2,7	28,7		2,5	31,0
2,7	28,7		2	38,7
1,9	40,7		1,8	43,0
2,2	35,2		2,3	33,7
1,8	43,0		2,4	32,3
2,6	29,8		1,9	40,7
2,5	31,0		2,2	35,2
1,7	45,5		1,8	43,0
1,9	40,7		2,6	29,8
2,1	36,9		2,1	36,9
2,4	32,3		1,8	43,0
1,7	45,5		1,75	44,2
2,2	35,2		2,2	35,2
2,1	36,9		2,8	27,6
		HITROSTI		
Povprečna hitrost	85. centil hitrosti		Povprečna hitrost	85. centil hitrosti
37,8	44,5	[km/h]	37,3	43,0
				[km/h]
max hitrost			max hitrost	
51,6	[km/h]		55,3	[km/h]

jagodje	21,5 m		21.5 m je razdaja med merjenima točkama		
smer a-c			smer c-a		
[s]	[km/h]		[s]	[km/h]	
2,4	32,3		2,3	33,7	
2,1	36,9		1,8	43,0	
1,7	45,5		1,9	40,7	
2,2	35,2		2	38,7	
2,2	35,2		2,1	36,9	
2,2	35,2		1,6	48,4	
1,9	40,7		1,7	45,5	
2,3	33,7		2	38,7	
2,4	32,3		2	38,7	
1,7	45,5		2,2	35,2	
2,5	31,0		2,3	33,7	
2,2	35,2		3	25,8	
2,7	28,7		2,9	26,7	
2,1	36,9		2,1	36,9	
1,8	43,0		3,1	25,0	
1,9	40,7		2,3	33,7	
2,4	32,3		2,3	33,7	
2	38,7		2,5	31,0	
3	25,8		2,3	33,7	
1,8	43,0		2,5	31,0	
2,5	31,0		2,3	33,7	
1,7	45,5		2,4	32,3	
2	38,7		1,9	40,7	
1,8	43,0		2,2	35,2	
1,7	45,5		1,8	43,0	
1,8	43,0		2,6	29,8	
2,3	33,7		2,1	36,9	
2,2	35,2		1,9	40,7	
1,8	43,0		1,9	40,7	
2,2	35,2		2,2	35,2	
2,1	36,9		2,8	27,6	
		HITROSTI			
Povprečna hitrost	85. centil hitrosti		Povprečna hitrost	85. centil hitrosti	
37,4	43,5	[km/h]	35,7	41,2	[km/h]
max hitrost			max hitrost		
45,5	[km/h]		48,4	[km/h]	

jadranka	smer ac	s=30m	smer ca		
[s]	[km/h]		[s]	[km/h]	
5,5	19,6		3,8	28,4	
4,2	25,7		3,3	32,7	
3,5	30,9		5,3	20,4	
2,9	37,2		4,5	24,0	
4,6	23,5		4,4	24,5	
4,7	23,0		4,1	26,3	
4,3	25,1		3,6	30,0	
5,2	20,8		3,7	29,2	
3,8	28,4		4,2	25,7	
3,9	27,7		2,9	37,2	
3,4	31,8		2,8	38,6	
3,1	34,8		4,9	22,0	
4,1	26,3		4,1	26,3	
4,4	24,5		3,1	34,8	
3,5	30,9		5,1	21,2	
3,2	33,8		4,3	25,1	
2,5	43,2		2,6	41,5	
5,2	20,8		3,7	29,2	
5,4	20,0		3,2	33,8	
2,8	38,6		3,3	32,7	
3,4	31,8		3,3	32,7	
3,2	33,8		3,2	33,8	
3,5	30,9		2,6	41,5	
3,5	30,9		5,2	20,8	
4,8	22,5		2,8	38,6	
5,1	21,2		4,8	22,5	
4,6	23,5		2,9	37,2	
3,1	34,8		2,3	47,0	
2,8	38,6		4,2	25,7	
4,5	24,0		5,2	20,8	
6,1	17,7		4,1	26,3	
4,3	25,1		3,8	28,4	
Povprečna hitrost	28,2	[km/h]	Povprečna hitrost	30,0	[km/h]
	85. centil hitrosti		85. centil hitrosti		
	35,3	[km/h]	38,6	[km/h]	
	max hitrost		max hitrost		
	43,2	[km/h]	47,0	[km/h]	

OŠ Vojke Šmuc		33 33 m je razdalja med merjenima točkama			
smer a-c		smer c-a			
[s]	[km/h]	[s]	[km/h]		
5,8	20,5	4	29,7		
5,2	22,8	4,6	25,8		
6	19,8	4,5	26,4		
6	19,8	4,8	24,8		
5,3	22,4	3,8	31,3		
4,7	25,3	6	19,8		
5,4	22,0	4,9	24,2		
7,2	16,5	4,3	27,6		
5,3	22,4	4,6	25,8		
6	19,8	5,2	22,8		
4,6	25,8	6	19,8		
6,3	18,9	4,5	26,4		
5	23,8	4,5	26,4		
5,2	22,8	5,5	21,6		
5,8	20,5	4,5	26,4		
5,4	22,0	4,6	25,8		
5,6	21,2	5,7	2,1		
6,4	18,6	6	19,8		
5,7	20,8	5	23,8		
6,6	18,0	6	19,8		
4,1	29,0	5,6	21,2		
6,8	17,5	3,9	30,5		
5,2	22,8	4,5	26,4		
6,2	19,2	6,1	19,5		
6,8	17,5	7,2	16,5		
5,8	20,5	5,8	20,5		
4,7	25,3	7,2	16,5		
5	23,8	5	23,8		
6,1	19,5	5,9	20,1		
7,8	15,2	6,5	18,3		
		HITROSTI			
Povprečna hitrost	85. centil hitrosti		Povprečna hitrost	85. centil hitrosti	
21,1	24,3	[km/h]	22,8	26,8	[km/h]
max hitrost			max hitrost		
29,0	[km/h]		31,3	[km/h]	

