

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:

Hunski, M., 2014. Idejna zasnova rekonstrukcije križišča v bližini naselja Mestinje. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Lipar, P., somentor Rijavec, R.): 36 str.

Datum arhiviranja: 02-10-2014

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:

Hudej, P., 2014. Analiza posplošene tržne vrednosti zemljišč v savinjski statistični regiji. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Lipar, P., co-supervisor Rijavec, R.): 36 pp.

Archiving Date: 02-10-2014

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



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

UNIVERZITETNI
ŠTUDIJSKI PROGRAM
PRVE STOPNJE
GRADBENIŠTVO

Kandidat:

MATIC HUNSKI

**IDEJNA ZASNOVA REKONSTRUKCIJE KRIŽIŠČA V BLIŽINI
NASELJA MESTINJE**

Diplomska naloga št.: 145/B-GR

**CONCEPTUAL RECONSTRUCTION OF THE INTERSECTION
NEAR THE VILLAGE OF MESTINJE**

Graduation thesis No.: 145/B-GR

Mentor:

doc. dr. Peter Lipar

Predsednik komisije:

izr. prof. dr. Janko Logar

Somentor:

viš. pred. mag. Robert Rijavec

Ljubljana, 23. 09. 2014

ERRATA

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVE

Podpisani Matic Hunski izjavljam, da sem avtor diplomskega dela z naslovom: »Idejna zasnova rekonstrukcije križišča v bližini naselja Mestinje«.

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

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, 11. september 2014

Matic Hunski

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	625.739(497.4Mestinje)(043.2)
Avtor:	Matic Hunski
Mentor:	doc. dr. Peter Lipar
Somentor:	viš. pred. mag. Robert Rijavec
Naslov:	Idejna zasnova rekonstrukcije križišča v bližini naselja Mestinje
Tip dokumenta:	diplomska naloga – univerzitetni študij
Obseg in oprema:	36 str., 12 tabel, 33 sl., 16 pril.
Ključne besede:	štetje prometa, rekonstrukcija, kanalizirano križišče, krožno križišče, preglednost, prevoznost, talne označbe in prometni znaki.

Izvleček

V diplomski nalogi obravnavam štirikrako križišče na glavni cesti G2-107 v bližini domačega kraja. V prvem delu predstavim tehnične normative za projektiranje križišč in krožnih križišč, nato pa v drugem delu analiziram obstoječe stanje izbranega križišča in opozorim na problematiko. Osredotočim se predvsem na prepustnost in varnost. Predstavljeni so tudi podatki, ki sem jih pridobil s štetjem prometa. Ugotovim, da križišče zaradi slabe prometne varnosti nujno potrebuje rekonstrukcijo. Zato poskušam v nadaljevanju rešiti obstoječo situacijo s preureditvijo križišča. Prva možnost je kanalizirano križišče, druga možnost pa je krožno križišče. V obeh primerih preverim nasičenost, preglednost in prevoznost. Na koncu izberem primernejšo rešitev in obe varianti tudi grafično prikažem.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION WITH ABSTRACT

UDC:	625.739(497.4Mestinje)(043.2)
Author:	Matic Hunski
Supervisor:	Assist. Prof. Peter Lipar, Ph.D.
Co-supervisor:	Sen. Lect. Robert Rijavec, M.Sc.
Title:	Conceptual Reconstruction of the Intersection near the Village of Mestinje
Document type:	Graduation Thesis – University studies
Notes:	36 p., 12 tab., 33 fig., 16 ann.
Key words:	traffic count, reconstruction, channelized intersection, roundabout, visibility, transportability, road markings and traffic signs.

ABSTRACT

This thesis deals with the existing 4-way intersection on the main road G2-107 near myhometown. In the first part I present the technical standards of intersection and roundabout planning; in the second part I analyse the current state, and point out the shortcomings of the existing intersection. I mainly focus on the permeability and safety. The information I obtained by traffic count is also shown. I find out that the existing intersection is in urgent need of reconstruction due to poor traffic safety. Therefore I attempt to solve the existing situation by rearranging the intersection. The first option is a channeling intersection and the second one a roundabout. I check the degree of saturation, visibility and transportability in both cases. Finally, to conclude my thesis, I choose the better of the two proposed solutions and present plots of both variants.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju doc. dr. Petru Liparju za pomoč in strokovno vodenje pri nastajanju te diplomske naloge. Prav tako se zahvaljujem somentorju viš. pred. mag. Robertu Rijavcu.

Zahvaljujem se tudi svoji družini, ki mi je ves čas študija stala ob strani.

KAZALO VSEBINE

IZJAVE	II
BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK	III
BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION WITH ABSTRACT	IV
ZAHVALA	V
KAZALO OKRAJŠAV	X
1 UVOD	1
2 KRIŽIŠČA	2
2.1 Splošno	2
2.2 Varnost	2
2.3 Priključki	2
2.3.1 Delitev priključkov	3
2.3.2 Projektiranje priključkov	3
2.3.2.1 Zavijalni loki	4
2.3.2.2 Prometni pasovi	4
2.3.2.2.1 Prometni pasovi za zavijanje v levo	4
2.3.2.2.2 Prometni pasovi za zavijanje v desno	6
2.3.3 Vodenje pešcev v območju priključka	7
2.3.4 Preglednost	7
3 KROŽIŠČA	8
3.1 Splošno	8
3.2 Prednosti in pomanjkljivosti	9
3.3 Prometna varnost	9
3.3.1 Motorni promet	9
3.3.2 Pešci in kolesarji	10
3.4 Kapaciteta	11
3.5 Določitev projektno-tehničnih elementov	12
3.5.1 Izbira zunanjšega premera D in širine krožnega pasu u	13
3.5.2 Vodenje cest v krožno križišče	14
3.5.3 Širina voznega pasu pred krožnim križiščem	14
3.5.4 Širina uvoza v križišče e in dolžina razširitve uvoza l'	15
3.5.5 Širina izvoza iz krožnega križišča in izvozni radij	15
3.5.6 Dimenzije ločilnih otokov	15
3.6 Preglednost	16
4 ANALIZA OBSTOJEČEGA STANJA	17
4.1 Krak A	18
4.2 Krak B	19
4.3 Krak C	20
4.4 Krak D	21
5 ŠTETJE PROMETA	22
5.1 Jutranje štetje	23
5.2 Popoldansko štetje	23
5.3 Faktor konične ure (FKU)	23

5.4	Stopnja nasičenosti	24
5.5	Ugotovitve	26
5.6	Napoved prometa v planski dobi	27
6	REKONSTRUKCIJA OBSTOJEČEGA KRIŽIŠČA.....	28
6.1	Kanalizirano križišče.....	28
6.1.1	Projektiranje rekonstrukcije.....	28
6.1.1.1	Krak A	28
6.1.1.2	Krak B	29
6.1.1.3	Krak C	30
6.1.1.4	Krak D	30
6.1.2	Stopnja nasičenosti.....	31
6.1.3	Preglednost	31
6.1.4	Prevoznost	31
6.1.5	Talna signalizacija in prometni znaki.....	31
6.2	Umestitev krožnega križišča v traso	32
6.2.1	Projektiranje krožišča.....	32
6.2.2	Stopnja nasičenosti.....	33
6.2.3	Prevoznost	33
6.2.4	Preglednost	33
6.2.5	Talna signalizacija in prometni znaki.....	33
7	ZAKLJUČEK	34
VIRI		35

KAZALO SLIK

<i>Slika 1: Območje priključka na javno cesto</i>	3
<i>Slika 2: Elementi pasu za leve zavijalce</i>	5
<i>Slika 3: Oblikovanje posebnega pasu za desne zavijalce izven naselja</i>	6
<i>Slika 4: Konstrukcija pasu za zavijanje v desno v priključkih v urbanem okolju</i>	6
<i>Slika 5: Konstrukcija pasu za zavijanje v desno v priključkih zunaj urbanega okolja</i>	6
<i>Slika 6: Lokacija prehoda za pešce v nesemaforiziranem priključku</i>	7
<i>Slika 7: Preglednost pri vključevanju iz priključka na GPS</i>	7
<i>Slika 8: Osnovni elementi krožnega križišča</i>	8
<i>Slika 9: Konfliktne točke v štirikrakem klasičnem in štirikrakem krožnem križišču</i>	9
<i>Slika 10: Možna načina vodenja kolesarjev v območju krožnega križišča</i>	10
<i>Slika 11: Geometrijska izvedba krožnega križišča</i>	12
<i>Slika 12: Grafični prikaz elementov prevoznosti</i>	14
<i>Slika 13: Optimalno in dopustno vodenje ceste v krožno križišče</i>	14
<i>Slika 14: Povprečna efektivna dolžina razširitve</i>	15
<i>Slika 15: Minimalne dimenzije ločilnega otoka</i>	15
<i>Slika 16: Oblika ločilnega otoka v odvisnosti od velikosti krožnega križišča</i>	15
<i>Slika 17: Preglednost pri vključevanju</i>	16
<i>Slika 18: Lokacija in izgled križišča</i>	17
<i>Slika 19: Krak A ob prečkanju vlaka</i>	18
<i>Slika 20: Krak A, pogled z avtobusne postaje na kraku B</i>	18
<i>Slika 21: Krak A</i>	18
<i>Slika 22: Krak B</i>	19
<i>Slika 23: "Odstavna niša"</i>	19
<i>Slika 24: Pogled z ene avtobusne postaje na drugo</i>	19
<i>Slika 25: Krak C</i>	20
<i>Slika 26: Parkirišče</i>	20
<i>Slika 27: Mestinjska antiklinala</i>	20
<i>Slika 28: Zapuščena stavba</i>	20
<i>Slika 29: Krak D</i>	21
<i>Slika 30: Pogled na krak D s kraka C</i>	21
<i>Slika 31: Priključek do restavracije</i>	21
<i>Slika 32: Določitev sestave prednostnega prometnega toka M_H</i>	24
<i>Slika 33: Diagram zmogljivosti prometne smeri M_N v odvisnosti od prednostnega prometnega toka M_H in časovne vrzeli t_c</i>	26

KAZALO TABEL

<i>Tabela 1: Minimalne vrednosti zavijalnih lokov za različne tipe vozil</i>	4
<i>Tabela 2: Dolžina zaustavljalnega dela (l_v)</i>	5
<i>Tabela 3: Dolžina prehodnega dela pasu za zavijanje v levo (l_{z1} zaokrožene vrednosti)</i>	5
<i>Tabela 4: Mejne in priporočene vrednosti posameznih geometrijskih elementov</i>	13
<i>Tabela 5: Delitev po velikosti in lokaciji</i>	13
<i>Tabela 6: Elementi prevoznosti</i>	14
<i>Tabela 7: Mejne vrednosti časovnih vrzeli.....</i>	25
<i>Tabela 8: Stopnja nasičenosti v jutranji konici.....</i>	26
<i>Tabela 9: Stopnja nasičenosti v popoldanski konici</i>	26
<i>Tabela 10: Povprečni letni dnevni promet v petih letih</i>	27
<i>Tabela 11: Izbrani podatki in izračunana stopnja nasičenosti v jutranji konici.....</i>	33
<i>Tabela 12: Izbrani podatki in izračunana stopnja nasičenosti v popoldanski konici</i>	33

KAZALO OKRAJŠAV

GPS	glavna prometna smer
SPS	stranska prometna smer
EOV	enot osebnega vozila
FKU	faktor konične ure
G2	glavna cesta drugega reda
R1	regionalna cesta prvega reda
LC	lokalna cesta
PLDP	povprečni letni dnevni promet

1 UVOD

Danes si življenja brez potovanj ne moremo predstavljati. Kljub temu da imamo že kar nekaj možnosti pri izbiri potovalnega sredstva, pa obstaja dejstvo, da so cestne povezave še vedno najbolj priljubljene in uporabljene. Ker torej ogromno ljudi veliko časa preživi na cestah, je naloga projektantov, ki oblikujejo prometnice, da zagotovijo, da bo, seveda ob zadostni varnosti vseh udeležencev, promet na njih tekel čim bolj tekoče. Še posebej ranljivi so pešci in kolesarji. Lani je umrlo kar 36 pešcev in kolesarjev, kar predstavlja skoraj 30 % vseh smrtnih žrtev v prometnih nesrečah. Mesta, kjer največkrat pride do konfliktnih situacij, pa so križišča, saj tu različni uporabniki uporabljajo isto površino. Zaradi varnosti in tudi zaradi pretočnosti morajo biti križišča skrbno načrtovana. Ker je slovensko cestno omrežje že kar dobro razvejeno, v prihodnosti velikega števila novogradenj ni za pričakovati, verjetnejše so rekonstrukcije, vendar pa je tudi te, v letu, ko je zmanjkalo denarja za vzdrževanje cest, nevhvaležno napovedovati. Kljub temu sem se odločil, da bom v diplomski nalogi izvedel rekonstrukcijo križišča, za katerega menim, da ni dovolj varno. Nahaja se v bližini naselja Mestinje, v občini Šmarje pri Jelšah.

V prvem delu diplomske naloge podam nekaj teoretičnih osnov o križiščih in krožnih križiščih in pojasnim, kako se projektirajo.

V drugem delu pa se osredotočim na obravnavano križišče. Najprej opišem obstoječe stanje, predstavim prometne obremenitve in izračunam stopnjo nasičenosti. V nadaljevanju pa podam dve možni rešitvi izboljšanja obstoječega stanja. Ena je kanalizirano križišče, kjer dodam prometne pasove za leve zavijalce, uredim površine, ki so namenjene pešcem, in opišem vse uporabljene elemente. Druga možna rešitev pa je, da izvedem krožno križišče. Dandanes je to zelo priljubljen način obnove križišč, ki je uspešen tudi pri umirjanju prometa. V tem delu opišem uporabljene elemente in izračunam stopnjo nasičenja za posamezni krak. Obe rešitvi tudi grafično prikažem.

Moj cilj v diplomski nalogi je predstaviti nevarnosti obstoječega križišča in podati dve preureditvi, s katerima bi križišče izboljšal. Na koncu preureditvi med sabo tudi primerjam.

2 KRIŽIŠČA

2.1 Splošno

»Križišče je prometna površina, ki nastane s križanjem ali združitvijo dveh ali več cest v isti ravnini. Za križišče šteje tudi priključek na javno cesto, razen priključka nekategorizirane ceste, priključka dovozne poti do objekta ali zemljišča in priključka kolovozne poti brez zgrajenega in utrjenega vozišča. Cesta v tem smislu vključuje poleg vozišča tudi pločnik, kolesarsko stezo in druge dele cestišča.« (Zakon o varnosti cestnega prometa, 2008, 23. člen)

Križišča torej omogočajo združevanje, cepljenje ali križanje prometnih tokov. Na njih pride do oviranih prometnih tokov, saj se pojavijo zahteve po uporabi istih prometnih površin za vozila, ki vozijo v različne smeri. In prav zaradi tega se križišča skrbno načrtujejo. Oblikovana in zgrajena morajo biti tako, da (Tehnični normativi za projektiranje in opremo mestnih površin, 1991):

- omogočajo varen potek prometa
- so pogoji gibanja prometnih tokov čim bolj podobni pogojem in udobnosti odprte ceste
- je zagotovljena potrebna prepustnost
- je zagotovljena ekonomičnost, to pomeni, da so stroški za doseg varnosti in kapacitete v sorazmerju z doseženim uspehom

2.2 Varnost

V križiščih obstaja večje tveganje, da se bo zgodila prometna nesreča, kot na odprtih cestah, saj se v križiščih prometni tokovi srečujejo in križajo. Zato moramo zagotoviti, da se lahko vozniki v križiščih pravilno obnašajo, saj s tem povečamo varnost. Pomembno je, da (Tehnični normativi za projektiranje in opremo mestnih površin, 1991):

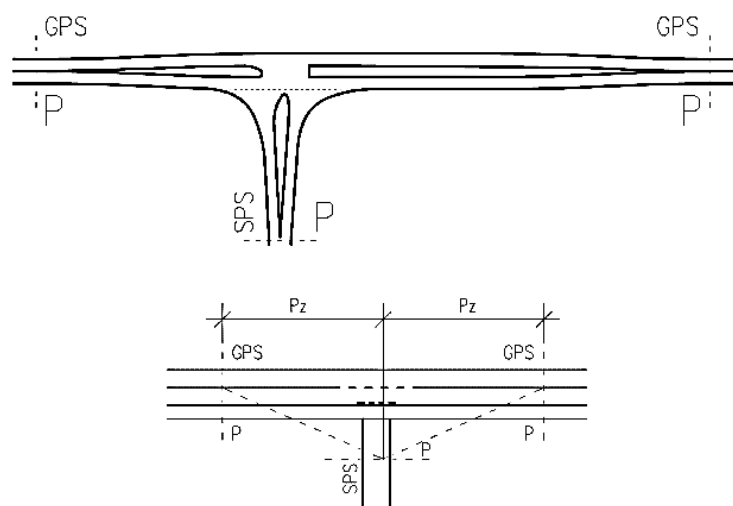
- voznik pravočasno zazna križišče, lahko pravočasno zavira in se pravilno usmeri ali pravilno vključi na prednostno cesto
- je križišče pregledno, tako da vsi tisti, ki nimajo prednosti, vozila s prednostjo pravočasno opazijo
- voznik z enim pogledom objame celotno križišče in dogajanje v njem
- je križišče lahko prevozno, kar pomeni, da je njegova oblika usklajena z dinamičnimi in geometrijskimi značilnostmi gibanja vozila

2.3 Priključki

»Območje priključka na javno cesto je:

- *del javne ceste, določen z mejami, znotraj katerih se spremenijo elementi in dimenzije prečnega profila javne ceste (glavne prometne smeri) ali znotraj katerih se spremenijo označbe na vozišču na glavni prometni smeri (v nadaljnjem besedilu: GPS). V primeru da se elementi GPS za potrebe izvedbe priključka ne spreminjajo, sega območje priključka na GPS do skrajnih meja polja preglednosti,*

- del priključka (stranske prometne smeri) od roba javne ceste do meje spremembe normalnega prečnega profila stranske prometne smeri (v nadaljnjem besedilu SPS),
- vsi pripadajoči deli GPS in SPS, ki so v funkciji zagotavljanja ustrezne ravni prometne varnosti, prevoznosti in stabilnosti GPS in so posledica izgradnje priključka (površine za nemotorizirane udeležence v prometu, avtobusna postajališča, podporni in oporni zidovi, premostitveni objekti, protihrupne ograje, elementi za odvodnjavanje in drugo)« (Pravilnik o cestnih priključkih, 2009, 2. člen).



Slika 1: Območje priključka na javno cesto (Pravilnik o cestnih ..., 2009, str. 2)

2.3.1 Delitev priključkov

Po funkciji delimo priključke na skupinske in individualne. Skupinski so tisti, ki ji pod enakimi pogoji lahko uporablja več uporabnikov. K individualnim priključkom pa štejemo tiste, ki jih uporabljajo posamezniki do stavbnih, kmetijskih in gozdnih površin. Priključke do največ štirih stanovanjskih enot še uvrščamo med individualne. Ko individualni priključek zaradi različnih vzrokov pogojev, ki so značilni za takšne priključke, ne izpolnjuje več, ga je potrebno preurediti v skupinskega.

Glede na vrsto pa priključke ločimo na takšne brez priključnih zavijalnih lokov, takšne, ki potekajo preko pogreznjenega robnika, na priključke s priključnimi zavijalnimi loki brez ukrepov na glavni prometni poti ter priključke s priključnimi zavijalnimi loki z ali brez ločilnega otoka na stranski prometni smeri in z ali brez ukrepov na glavni prometni smeri (Pravilnik o cestnih priključkih, 2009).

2.3.2 Projektiranje priključkov

Pri projektiranju priključkov moramo upoštevati določene pogoje.

- Osi SPS priključujemo na os GPS čim bolj pod pravim kotom. Dovoljeno je 15-stopinjsko odstopanje.
- Tik pred priključevanjem izvedemo os SPS v premi.
- Priključevanje na GPS v krivini izvedemo na zunanji strani krivine.
- Priključek lahko lociramo na notranjo stran krivine samo, če je polmer krožnega loka takšen, da je zagotovljena ustrezna preglednost.

Če zgoraj naštetim pogojem ne moremo zadostiti, je potrebno poiskati drugo lokacijo priključka ali pa uporabiti svetlobno signalno napravo (Pravilnik o cestnih priključkih, 2009).

2.3.2.1 Zavijalni loki

Zavijalni loki pri skupinskih priključkih so v obliki košaraste krivine. Sestavljeni so iz treh krožnih lokov v razmerju $R1 : R2 : R3 = 2 : 1 : 3$. $R2$ predstavlja vrednost minimalnega radija, ki je različna za različna vozila in je prikazana v naslednji tabeli (Pravilnik o cestnih priključkih, 2009).

Tabela 1: Minimalne vrednosti zavijalnih lokov za različne tipe vozil (Pravilnik o cestnih ..., 2009, str. 8)

Tip vozila	Polmeri zavijalnih lokov $R2$ [m]		
	Levo zavijanje	Desno zavijanje	
		z ločilnimi otoki	brez ločilnih otokov
Osebno vozilo	6	10	6
Tovorna vozila in avtobusi	10	12	10
Sedlasti vlačilci in tovorna vozila s prikolicami	12	15	12
Zgibni avtobusi	15	25	15

2.3.2.2 Prometni pasovi

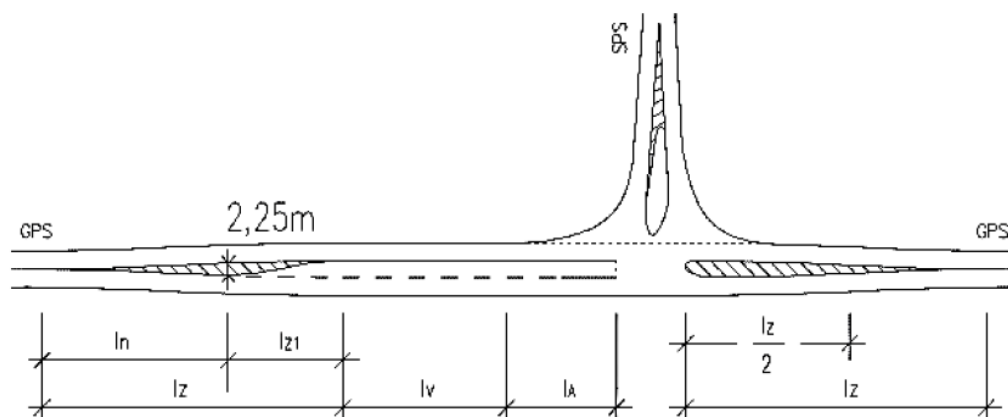
Poleg pasov za naravnost, se v območju križišč pojavijo tudi dodatni pasovi. Poznamo pasove za leve zavijalce, pasove za desne zavijalce, vključevalne pasove za desne zavijalce in posebne večnamenske pasove, pasove za prepletanje prometa in pasove za mestni javni promet. Na to, koliko pasov in katere bomo uporabili, vplivajo motorni promet, pešči in kolesarji (Tehnični normativi za projektiranje in opremo mestnih površin, 1991).

2.3.2.2.1 Prometni pasovi za zavijanje v levo

Prometni pasovi za zavijanje v levo imajo izven naselij varnostni pomen, saj zavijalce ščitijo pred naletom naravnost vozečih vozil. V naseljih pa zagotavljajo večjo kapaciteto in kvaliteto vožnje. Širina takšnega pasu je navadno enaka širini prometnega pasu za naravnost, vendar pa je dovoljeno, da je za 0,25 m, a ne za manj kot 2,75 m, ožja. Če pa imamo pas za naravnost, ki je samo razširjen za levo zavijanje, mora biti širok od 4,75 m do 5,5 m.

Pas za zavijanje v levo je sestavljen iz (Pravilnik o cestnih priključkih, 2009):

- čakalnega dela l_A
- zaustavljalnega dela l_V
- prehodnega dela l_{Z1}
- dolžine razširitve vozišča l_Z



Slika 2: Elementi pasu za leve zavijalce (Pravilnik o cestnih ..., 2009, str. 10)

Čakalni del l_A je namenjen tistim vozilom, ki želijo zaviti levo, vendar čakajo na dovolj veliko časovno vrzel za speljevanje. Njegova dolžina je odvisna od števila vozil, ki želijo zaviti. Čakalni del ne sme biti krajši od 20 m, razen na manj zahtevnih cestah, kjer je lahko dolg le 10 m. Običajno njegova dolžina znaša od 20 do 40 m. Kadar zaradi prostorskih omejitev ne moremo zagotoviti dovolj dolgega čakalnega dela, je dovoljeno, da dolžina kolone sega na pas za zaviranje.

Zaustavljalni del l_V je namenjen zaviranju vozila pred čakalnim delom. Sega od zadnje točke razširitvenega dela do prve točke čakalnega dela. Njegova dolžina je odvisna od jakosti prometnega toka, vzdolžnega nagiba ceste in dovoljene hitrosti v križišču, kot je prikazano v tabeli 2.

Tabela 2: Dolžina zaustavljalnega dela (l_V) (Pravilnik o cestnih ..., 2009, str. 11)

Prometna količina v smeri, od katere se odcepljajo vozila, ki zavijajo levo [voz./h]	Vzdolžni nagib s [%] in dovoljena hitrost v križišču V [km/h]											
	$s \leq -4 \%$				$-4 \% < s < 4 \%$				$s \geq 4 \%$			
	40	50	60	70	40	50	60	70	40	50	60	70
< 400	0	0	10	20	0	0	10	15	0	0	5	10
> 400	0	0	25	40	0	0	20	30	0	0	15	20

Prehodni del l_{Z1} je namenjen uvozu s pasu za naravnost na pas za levo zavijanje. Dolžine prehodnih delov se spreminjajo v odvisnosti od hitrosti, kot kaže tabela 3.

Tabela 3: Dolžina prehodnega dela pasu za zavijanje v levo (l_{Z1} zaokrožene vrednosti) (Pravilnik o cestnih ..., 2009, str. 11)

V [km/h]	40	50	60	70
l_{Z1} [m]	30	30	35	40

Vozilom, ki vozijo naravnost, moramo zagotoviti, da v območju križišča vozijo s takšno hitrostjo, kot jo dovoljuje omejitev. Zato moramo pas na GPS razširiti. Minimalna dolžina razširitve se določi po naslednji enačbi.

$$L_z = V_k \times \sqrt{\frac{i}{3}}, \text{ kjer je:}$$

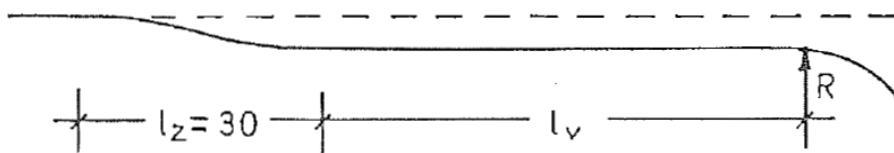
l_z ... dolžina razširitve [m]

V_k ... hitrost v križišču [km/h]

i ... odmik prometnega pasu od prvotne cestne osi

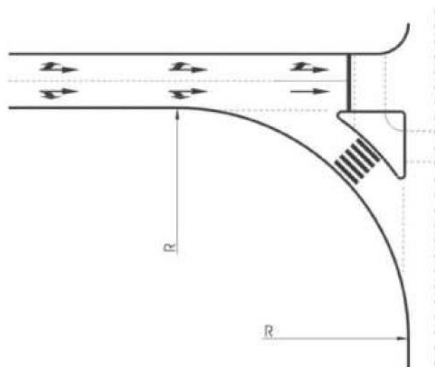
2.3.2.2 Prometni pasovi za zavijanje v desno

V križiščih, kjer imamo težave z zagotavljanjem zadostne kapacitete, lahko uvedemo posebne pasove za zavijanje v desno. Sestavljeni so iz prehodnega in zaustavljalnega dela, ki se oblikujeta enako kot pri pasu za levo zavijanje.

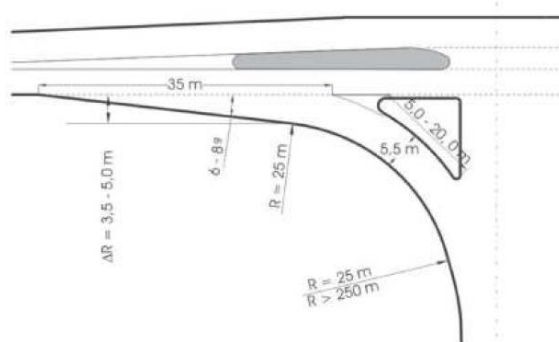


Slika 3: Oblikovanje posebne pasu za desne zavijalce izven naselja (Tehnični normativ ..., 1991, str. VI-29)

Če ugotovimo, da zaradi prepustnosti ne potrebujemo dodatnega pasu za zavijanje v desno, lahko zavijanje v desno izvedemo v poenostavljeni obliki, kot je prikazano na slikah 4 in 5.



Slika 4: Konstrukcija pasu za zavijanje v desno v priključkih v urbanem okolju (Pravilnik o cestnih ..., 2009, str. 12)



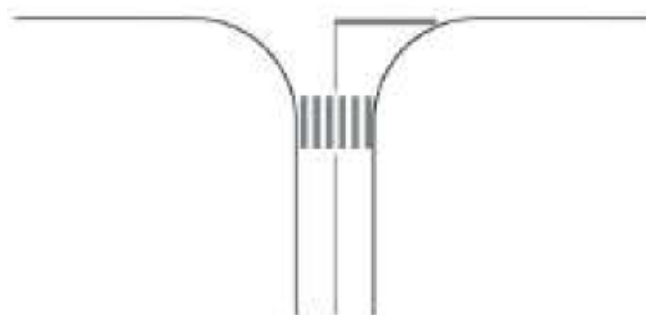
Slika 5: Konstrukcija pasu za zavijanje v desno v priključkih zunaj urbanega okolja (Pravilnik o cestnih ..., 2009, str. 12)

Da je projektna dokumentacija popolna, moramo s šablonami ali primernim grafičnim orodjem preveriti, ali je prometni pas dovolj širok, da ga prepelje merodajno vozilo (Tehnični normativi za projektiranje in opremo mestnih površin, 1991).

2.3.3 Vodenje pešcev v območju priključka

Pešci in kolesarji so najbolj ranljivi uporabniki prometnih površin, zato moramo površine, ki jih uporabljajo, načrtovati še posebej skrbno. Večine prehodov ne moremo izvesti izvennivojsko ali pa jih urejati s svetlobno-signalnimi napravami, lahko pa poskrbimo, da so nivojski prehodi čim bolj pregledni in varni.

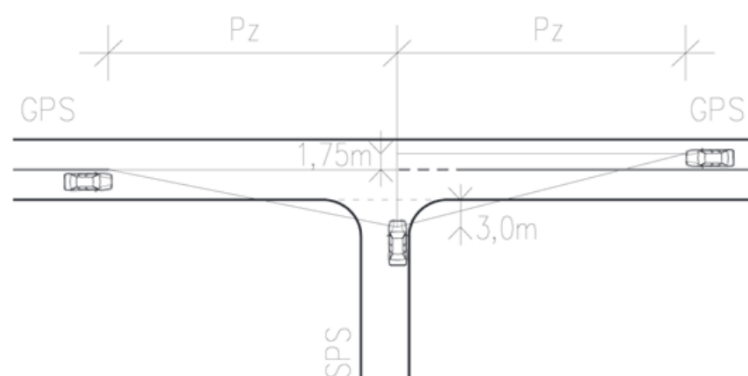
Temeljno pravilo pri nesemaforiziranem nivojskem priključku je, da je prehod za pešce na stranskem prometnem pasu lociran za talno označbo, ki označuje odvzem prednosti. Minimalna oddaljenost prehoda za pešce od glavne prometne smeri je 5 m. Čakalne površine, namenjene pešcem, morajo biti denivelirane od vozišča (Pravilnik o cestnih priključkih, 2009).



Slika 6: Lokacija prehoda za pešce v nesemaforiziranem priključku (Pravilnik o cestnih ..., 2009, str. 15)

2.3.4 Preglednost

Vozila, ki se želijo vključiti na GPS, morajo imeti, zaradi svoje varnosti in varnosti drugih udeležencev, zagotovljeno zadovoljivo polje preglednosti. Če imamo na SPS postavljen znak »Ustavi« (II-2), mora biti vozniku, ki je od roba GPS oddaljen 3 m, omogočen zadovoljiv pregled nad prometnim dogajanjem na GPS.



Slika 7: Preglednost pri vključevanju s priključka na GPS (Pravilnik o cestnih ..., 2009, priloga 1)

Zahtevana dolžina preglednosti P_z se določi s pomočjo tabele v prilogi A (Pravilnik o cestnih priključkih, 2009).

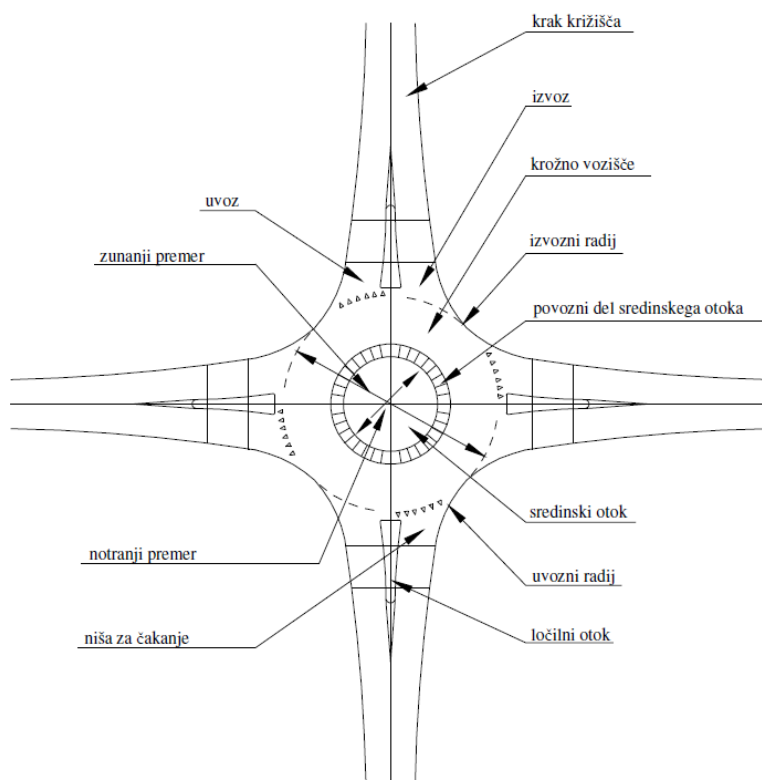
3 KROŽIŠČA

3.1 Splošno

»Krožno križišče je kanalizirano križišče krožne oblike z nepovoznim, delno povoznim ali prevoznim središčnim otokom ter krožnim voziščem, v katerega se stekajo trije ali več krakov cest in po katerem poteka vožnja nasprotno od smeri gibanja urinega kazalca« (TSC 03.341, 2012, str. 4).

Krožišča so dandanes zelo priljubljena, saj jih lahko izvajamo povsod tam, kjer se osi dveh ali več cest križajo pod neugodnim kotom, kjer želimo povečati prepustnost križišča, želimo skrajšati čakalni interval ali želimo umiriti hitrost. V nadaljevanju je njihov opis povzet po tehničnih specifikacijah Krožna križišča (2012).

Krožišča lahko delimo na več načinov. Ločimo jih glede na velikost, lokacijo, namen izvedbe, število krakov, število voznih pasov v krožnem toku, vodenje posameznih smeri in povoznosti sredinskega otoka.



Slika 8: Osnovni elementi krožnega križišča (TSC 03.341, 2011, str. 7)

Krožišče ima nekaj posebnosti, po katerih se loči od klasičnih nivojskih križišč, in sicer:

- prisotna je kombinacija prekinjenega in neprekinjenega prometnega toka
- vozila v krožnem toku imajo prednost pred vozili na uvozi v križišče (ne velja pravilo desnega)
- če je krožno vozišče prosto, se vozilu na uvozu ni potrebno ustaviti, temveč z zmanjšano hitrostjo uvozi v krožni tok
- pravila za pešce in kolesarje so enaka kot v klasičnih križiščih
- vzratna vožnja je prepovedana
- dolga vozila lahko pri vožnji uporabijo tudi povozni del sredinskega otoka

3.2 Prednosti in pomanjkljivosti

Razlog, da so krožna križišča v zadnjem času tako priljubljena in razširjena, so naslednje prednosti pred klasičnimi križišči:

- velika prometna varnost
- sposobnost prepuščanja prometnih tokov velikih jakosti
- manjši čakalni časi
- zmanjšana hrup in onesnaženost
- manjša poraba prostora
- dobra rešitev pri križiščih s podobno obremenitvijo na glavni in stanski prometni smeri
- dobra rešitev pri pet- ali večkrakih križiščih
- manjše posledice prometnih nesreč
- nizki stroški vzdrževanja
- umirjanje prometa v urbanih okoljih
- estetski videz

Seveda pa imajo takšna križišča tudi pomanjkljivosti, te pa so:

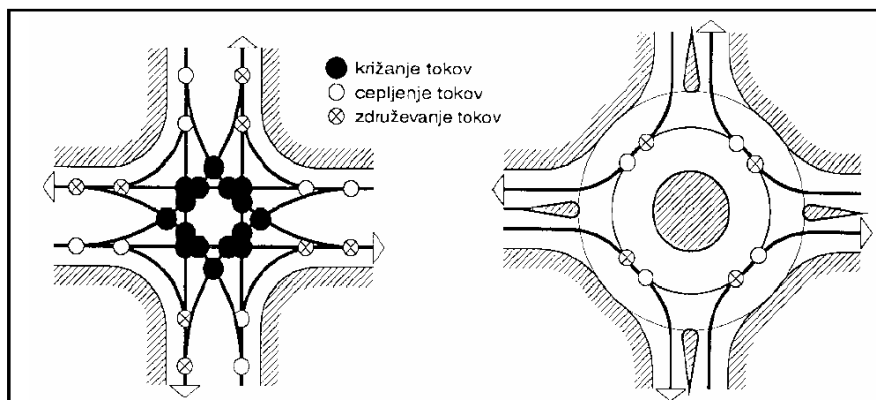
- povečevanje števila pasov v krožnem vozišču pomeni zmanjševanje varnosti
- pri zaporednih krožiščih ne moremo doseči »zelenega vala«
- pomanjkanje prostora v zazidanem območju
- usmerjanje prometa ni mogoče s pomočjo prometne policije
- težave pri močnem kolesarskem in peš prometu
- naknadna semaforizacija ne vpliva bistveno na kapaciteto

3.3 Prometna varnost

3.3.1 Motorni promet

S stališča zagotavljanja prometne varnosti je glavna prednost enopasovnih krožnih križišč v primerjavi s klasičnimi križišči eliminacija konfliktna površine in konfliktnih točk pri križanju in prepletanju, pa tudi zmanjšanje števila konfliktnih točk pri priključevanju in odcepljanju.

Klasično štirikrako križišče ima 32 konfliktnih točk, od tega 16 križanj, 8 cepljenj in 8 združevanj, medtem ko ima enopasovno štirikrako krožišče le 8 takšnih točk, in sicer 4 cepljenja in 4 združevanja.



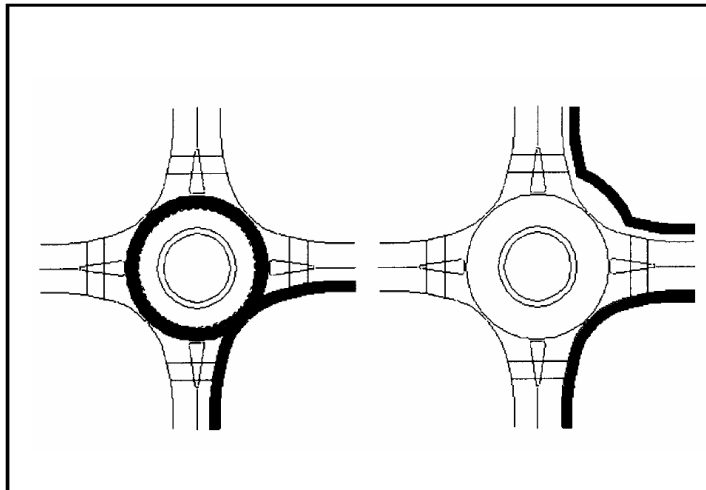
Slika 9: Konfliktna točka v štirikrakem klasičnem in štirikrakem krožnem križišču (TSC 03.341, 2012, str. 9)

Če krožno vozišče sestavljata dva vozna pasova, se število konfliktnih točk sicer poveča, vendar jih je še vedno manj kot 32. Z uvedbo treh ali več pasov pa začne prometna varnost strmo padati.

Posledice nesreč, ki se zgodijo v krožišču, so bistveno manjše kot pri navadnih križiščih. Praviloma ni smrtnih žrtev in težkih telesnih poškodb. Vzroka za to sta predvsem manjša hitrost in odsotnost čelnih trkov. Nastanejo pa lahko nesreče, ki so neznailne za klasična križišča. Trk pri menjavi voznega pasu, nalet od zadaj pri uvozu in izvozu, trk v središčni otok in vožnja v nasprotno smer so samo nekatere izmed njih.

3.3.2 Pešci in kolesarji

Prometna varnost pešcev je odvisna predvsem od pravilne izvedbe ločilnih otokov in signalizacije. Za kolesarje pa je pomemben način, s katerim jih vodimo po območju krožišča. Možna sta dva načina, vzporedno vodenje kolesarskega prometa in samostojno vodenje.



Slika 10: Možna načina vodenja kolesarjev v območju krožnega križišča (TSC 03.341, 2012, str. 10)

Vsa križanja motornega prometa in pešcev se izvedejo pod pravim kotom, saj je s tem zagotovljena najboljša preglednost. Konfliktna točka so tako samo na mestih prehoda preko krakov krožišča, pešci pa so vsaj delno zavarovani z ločilnimi otoki. Pri samostojnem vodenju kolesarjev vse, kar velja za pešce, velja tudi za kolesarje. Takšen način vodenja kolesarjev je varnejši. Pri vzporednem vodenju kolesarjev so ti v neposrednem stiku z motornimi vozili, zato je takšen način manj varen.

Kakšen način se bo uporabil, je odvisno od jakosti in strukture motornega prometa, jakosti toka kolesarjev in položaja krožišča.

3.4 Kapaciteta

»Kapaciteta krožnega križišča C nam pove, koliko vozil lahko prevozi krožno križišče v enoti časa. Dobimo jo tako, da seštejemo prepustnosti vseh uvozov Q_{Ei} v krožno križišče« (TSC 03.341, 2012, str. 15).

$$C = \sum_1^n Q_{Ei}, \quad n - \text{število uvozov v krožišče}$$

Prepustnost uvoza Q_E določa, koliko vozil uvozi v krožišče skozi en uvoz v časovni enoti, in je odvisna od krožečega prometnega toka, kolesarskega in peš prometa, preglednosti in geometrijskih značilnosti krožišča. Geometrijske karakteristike, ki vplivajo na prepustnost uvoza, so:

- število in širina pasov v krožnem križišču
- število in širina pasov na uvozu v krožno križišče
- zunanji premer krožnega križišča
- premer središčnega otoka
- vhodni radij
- ločilni otok – otok za pešce
- vhodna širina
- širina voznega pasu
- povprečna efektivna dolžina razširitve
- vhodni kot
- razdalja med konfliktnima točkama x in y

Po kalibrirani avstrijski metodi se izračuna na naslednji način.

$$Q_E = \frac{1500 - \frac{8}{9} \times (\beta \times Q_c + \alpha \times Q_a)}{\gamma}, \quad \text{kjer so}$$

Q_a ... jakost prometa na izvozu [EOV/h]

Q_c ... jakost prometa na krožnem vozišču [EOV/h]

α ... faktor vpliva geometrije na izvozu

β ... faktor vpliva števila voznih pasov krožnega vozišča

γ ... faktor vpliva števila voznih pasov uvoza

Pri enopasovnem uvozu znaša faktor γ med 0,9 za srednje velika in 1,0 za manjša krožišča. Pri dvopasovnih uvozih pa je faktor γ med 0,5 in 0,7.

Faktor β odraža vpliv števila pasov v krožnem vozišču. Tako znaša od 0,9 do 1,0 za enopasovna srednje velika ter med 0,6 (za zelo velika) in 0,84 (za velika) za tista krožišča, ki imajo po dva pasova v krožnem vozišču.

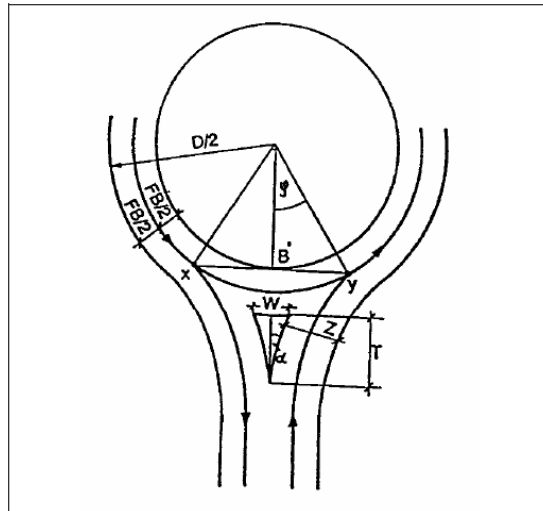
Faktor geometrije α določam v odvisnosti od razdalje B med konfliktnima točkama x in y . Za primer enopasovnega uvoza v krožišče uporabimo naslednjo enačbo.

$$B = \frac{(D - FB) \times \pi \times \varphi}{180}, \quad \text{kjer je}$$

D ... zunanji premer krožišča [m]

FB ... širina krožnega vozišča [m]

φ ... polovični sredinski kot med konfliktnima točkama [°]



Slika 11: Geometrijska izvedba krožnega križišča (TSC 03.341, 2012, str. 17)

Ko imamo določeno razdaljo B , iz naslednjega diagrama odčitamo vrednost faktorja α .



Grafikon 1: Določitev faktorja a v odvisnosti od razdalje B in merodajnih razmer (TSC 03.341, 2012, str. 17)

3.5 Določitev projektno-tehničnih elementov

Ker je vsako križišče specifično, možnosti, kako naj projektant sprojektira križišče, pa ogromno, lahko projektno-tehnične elemente podajamo samo znotraj priporočenih meja, ki so bile izbrane glede na prometno-tehnične ali varnostne vidike. Projektant sam se kasneje odloči, kaj je v dani situaciji najbolj optimalna rešitev.

Tabela 4: Mejne in priporočene vrednosti posameznih geometrijskih elementov (TSC 03.341, 2012, str. 24)

Element	Simbol	Enota	Mejne dimenzije	Priporočene dimenzije
Širina uvoza	e	m	3,6–16,5	4,0–15,0
Širina voznega pasu	v	m	2,75–12,5	3,0–7,3
Dolžina razširitve	l'	m	12–100	30,0–50,0
Premer	D	m	27–172,0	27–100,0
Vpadni kot	φ	°	0,0–77,0	10,0–60,0
Uvozni radij	R	m	6,0–100	8,0–45,0
Širina krožnega pasu	u	m	4,5–25,0	5,4–16,2
Ostrina razširitve	S	/	0–2,9	0–2,9

Vrednosti, ki so bile pridobljene izkustveno, veljajo samo za enopasovna krožna križišča. Odstopanja od priporočenih vrednosti bi lahko zmanjševala varnost, zato jih je potrebno dobro pretehtati.

3.5.1 Izbira zunanega premera D in širine krožnega pasu u

Večja krožna križišča zagotavljajo večjo prepustnost, prav tako pa je na njih možna višja hitrost vožnje, zato je izbira zunanega premera odvisna predvsem od lokacije bodočega križišča. V naseljih, kjer želimo umiriti promet in poleg tega zagotoviti tudi zadostno prepustnost, bomo uporabili krožišče manjšega zunanega premera, ravno nasprotno pa bomo storili na magistralnih cestah, kjer želimo zagotoviti čim večjo prepustnost ob zadostni varnosti vseh udeležencev.

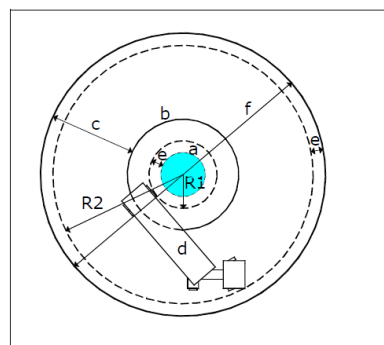
Zunanji premer D in širina krožnega voznega pasu u sta v medsebojni povezavi. Od merodajnega vozila je odvisno, kakšne oblikovne elemente bomo uporabili. Za sedlasti vlačilec veljajo ti elementi v naslednjem razmerju.

Tabela 5: Delitev po velikosti in lokaciji (TSC 03.341, 2012, str. 24)

Tip krožnega križišča	Zunanji premer [m]	Okvirna kapaciteta [voz./dan]
Mini urbano	14–25	10 000
Majhno urbano	22–35	15 000
Srednje veliko urbano	30–40	20 000
Srednje veliko (enopasovno) izvenurbano	35–45	22 000
Srednje veliko (dvopasovno) izvenurbano	40–70	-
Veliko izvenurbano	> 70	-

Tabela 6: Elementi prevoznosti (TSC 03.341, 2012, str. 25)

Premer sredinskega otoka [m]	R1 [m]	R2 [m]	Minimalni zunanji premer krožnega križišča [m]
6,0	4,0	28,8	28,8
8,0	5,0	29,8	29,8
10,0	6,0	30,8	30,8
12,0	7,0	32,0	32,0
14,0	8,0	33,2	33,2
16,0	9,0	34,6	34,6
18,0	10,0	36,0	36,0



Slika 12: Grafični prikaz elementov prevoznosti (TSC 03.341, 2012, str. 25)

a ... središčni otok

b ... središčni otok + povozni del sredinskega otoka

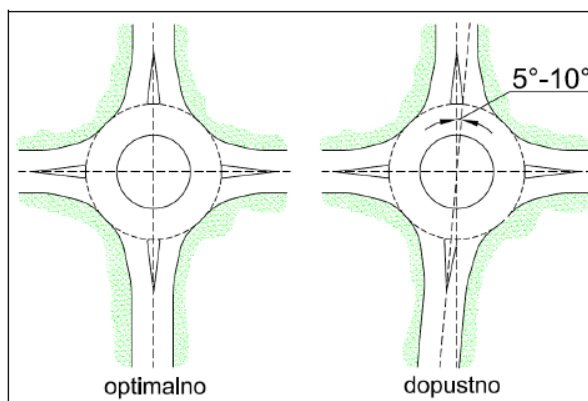
d ... merodajno vozilo

e ... varovalna razdalja (znotraj katere ne sme biti fizičnih ovir) 1,0 m

f ... zunanji premer krožnega križišča

3.5.2 Vodenje cest v krožno križišče

Priključke cest moramo v križišče speljati čim bolj pravokotno, saj s tem zagotovimo večjo varnost. Tangencialno vodeni priključki bi omogočali prevelike hitrosti, težko vključevanje vozil in nalete pri vstopu od zadaj. Če želimo zagotoviti dobro vključevanje vozil v križišče, moramo še posebej paziti na pravilno izbiro vhodnega radija R , širine uvoza e in dolžine razširitve l' .



Slika 13: Optimalno in dopustno vodenje ceste v krožno križišče (TSC 03.341, 2011, str. 26)

3.5.3 Širina voznega pasu pred krožnim križiščem

Prepustnost uvoza je zelo odvisna od širine voznega pasu pred krožnim križiščem. Po slovenskih predpisih je najmanjša dovoljena širina pasu 2,75 m. Mejne in priporočene vrednosti pa so podane v tabeli 4.

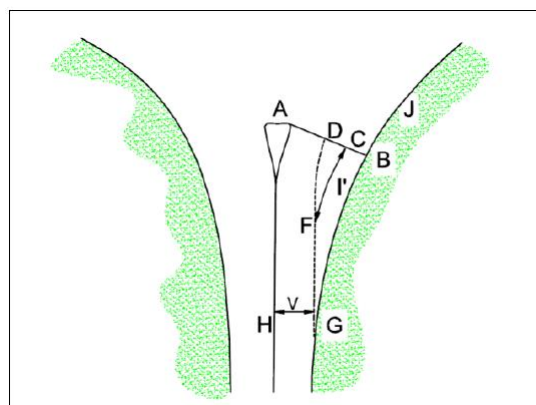
3.5.4 Širina uvoza v križišče e in dolžina razširitve uvoza I'

Vstopanje v krožno križišče je najbolj zahteven vozni manevar, zato je izrednega pomena, da je prostor, kjer izvedemo vstop v krožišče, oblikovan optimalno. Opisujeta ga dva elementa, in sicer širina uvoza e in dolžina razširitve I'.

Uvozna širina e je širina lijakastega uvoza in na sliki 14 predstavlja razdaljo AB.

Dolžina razširitve uvoza pa je definirana kot dolžina srednice med krivuljo normalno širokega uvoza in krivuljo razširitve, na sliki 14 razdalja CF.

Mejne in priporočene vrednosti pa so podane v tabeli 4.



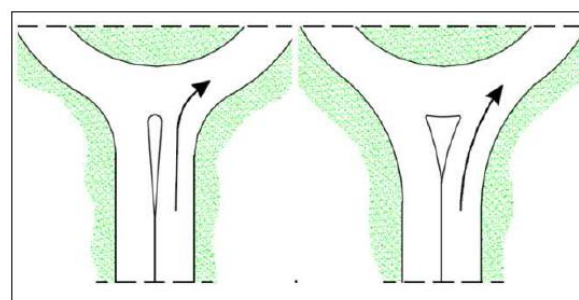
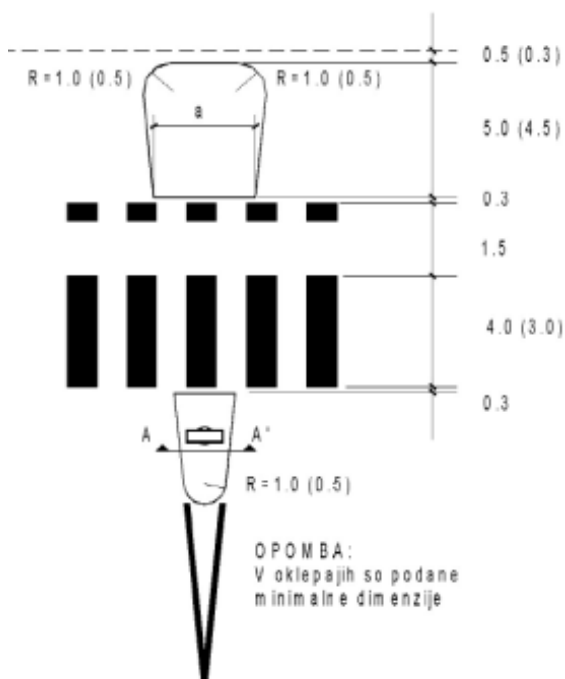
Slika 14: Povprečna efektivna dolžina razširitve (TSC 03.341, 2011, str. 6)

3.5.5 Širina izvoza iz krožnega križišča in izvozni radij

Pri krožnem križišču želimo, da vozila vstopijo vanj počasi in ga čim hitreje zapustijo. Nemoteno izlivanje iz križišča in potrebno varnost dosežemo z dovolj širokim izvozom in dovolj velikim izvoznim radijem. Pomembno je, da je izvozni radij vedno večji od uvoznega ali enak njemu.

3.5.6 Dimenzije ločilnih otokov

Poznamo dve vrsti ločilnih otokov, eni so trikotne, drugi pa kapljaste oblike. Prvi se uporabljajo pri velikih, drugi pa pri majhnih krožnih križiščih.



Slika 16: Oblika ločilnega otoka v odvisnosti od velikosti krožnega križišča (TSC 03.341, 2011, str. 13)

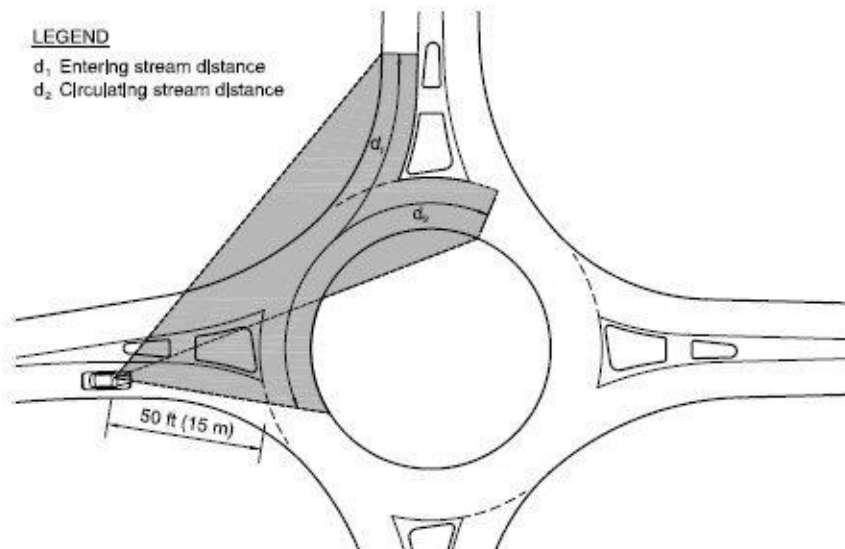
Slika 15: Minimalne dimenzije ločilnega otoka (TSC 03.341, 2011, str. 27)

Dimenzije trikotno oblikovanih otokov so odvisne od velikosti uvoznega radija in same velikosti krožišča. Prav zaradi velikosti krožišča je minimalne dimenzije enostavno zagotoviti. Minimalne dimenzije kapljastega otoka pa so odvisne od vrste udeležencev, ki prečkajo ločilni otok v krožnem križišču. Ne glede na to, ali so to pešci in kolesarji ali pa samo pešci, se priporoča, da je širina ločilnega otoka na širši strani vsaj 2 m, da lahko tam počakata kolesar ali pa oseba, ki vozi otroški voziček. Na mestu postavitve znakov II-47 (obvezna vožnja mimo po desni strani) in VI-8 (znak za označitev prometnega otoka) pa je minimalna širina 1,0 m.

3.6 Preglednost

Zaradi prometne varnosti moramo v krožiščih zagotoviti tudi ustrezno preglednost. Voznik mora, da lahko zmanjša hitrost in se izogne konfliktni situaciji, pravočasno zaznati dogajanje v krožnem toku. Zagotoviti moramo čelno preglednost pri uvozu, preglednost v levo, preglednost v krožnem krožišču in preglednost na prehod za pešce. Če zadostne preglednosti ne moremo zagotoviti, je na to potrebno voznike opozoriti z dodatnimi prometnimi znaki.

Najnevarnejša situacija pri krožišču je vključevanje vozil vanj. Zato mora vključujoči se voznik 15 m pred ločno črto videti, ali je kakšno vozilo na predhodnem uvozu, prav tako pa mora videti celotno širino krožnega vozišča na levi strani do razdalje, ki je potrebna za ustavljanje, izmerjene vzdolž osi krožnega vozišča. To območje lepo prikazuje naslednja slika.



Slika 17: Preglednost pri vključevanju (FHWA, 2014)

4 ANALIZA OBSTOJEČEGA STANJA

Obravnavano štirikrako nesemaforizirano križišče se nahaja v vzhodni Sloveniji, natančneje v občini Šmarje pri Jelšah, 150 m pred naseljem Mestinje v smeri iz Šmarja pri Jelšah. V križišču se stikajo:

- regionalna cesta prvega reda R1-219, odsek 1239, ki pride iz smeri Podčetrtna (krak A)
- glavna cesta drugega reda G2-107, odsek 1238, iz smeri Rogaške Slatine (krak B)
- lokalna cesta LC-406101, ki pelje proti Sladki Gori (krak C)
- glavna cesta drugega reda G2-107, odsek 1275, ki pride iz smeri Šmarja pri Jelšah (krak D)

Glavna cesta poteka od Celja do Celju najbližjega mednarodnega mejnega prehoda Dobovca. Regionalna cesta pa povezuje Obsotelje in Spodnjeposavsko regijo. Križišče je na eni strani omejeno s stavbnim objektom in pobočjem, na drugi strani pa z regionalno železniško progo.



Slika 18: Lokacija in izgled križišča (geopedia.si, 2014)

4.1 Krak A

Krak A predstavlja neprednostno cesto, ki pripelje iz smeri Podčetrška in se po loku z radijem približno 65 m pravokotno priključi na glavno prometno smer. Do križišča je dovoljena hitrost 90 km/h, nato pa je odvzem prednosti označen z znakom »Ustavi« (II-2). Vozni pas je širok 3 m, pred priključkom pa se ta vozni pas, ki je namenjen zavijalcem v levo in desno ter tudi tistim, ki gredo naravnost, razširi na 15 m. Celotno cestišče je tu široko skoraj 30 m. Na priključku sta na obeh straneh cestišča avtobusni postaji. Postaje na desni strani ceste, če peljemo proti križišču, po pravilniku ne bi smelo biti, saj bi morala biti od črte za ustavljanje oddaljena vsaj 20 m, v našem primeru pa se postaja zaključuje praktično pri črti za ustavljanje. Postaja na drugi strani prav tako ni skladna s pravilnikom, saj avtobus ne more počakati znotraj označb, ki prikazujejo postajališče. Do nobene postaje ne vodi pločnik in tudi prehoda za pešce ni. V oddaljenosti okoli 40 m od črte za ustavljanje se nahaja železniški prehod, zavarovan z zapornicami. Med časom, ko so zapornice spuščene, lahko pride do popolne zaustavitve prometa v križišču, saj lahko kolona vozil, ki čakajo, da vlak odpelje, sega na glavno cesto.



Slika 21: Krak A (Google Maps, 2014)



Slika 20: Krak A, pogled z avtobusne postaje na kraku B



Slika 19: Krak A ob prečkanju vlaka

4.2 Krak B

Priključek B je del glavne ceste in tudi glavne prometne smeri. Cesta je v premi in vodi proti Rogški Slatini. Približno 150 m pred križiščem se konča naselje Mestinje, nato pa do križišča omejitev hitrosti ni posebej označena, torej znaša 90 km/h. Vozni pas je širok 3 m in je brez dodatnih zavijalnih pasov. Tudi na tem kraku sta avtobusni postaji na obeh straneh ceste. Na desni strani, gledano proti križišču, je avtobusna postaja tik pred križiščem, kar po pravilniku spet ni dovoljeno, na levi strani pa je postaja od križišča oddaljena kakšnih 60 m. Pločnik širine 1,5 m na desni strani poteka do kraka C, na levi strani pa od avtobusne postaje do konca premostitvenega objekta, 30 m pred križiščem. Na tej strani, ravno med pločnikom in priključkom A, se je ustvarila nekakšna odstavna niša, na kateri ustavljajo vozniki, da bi pobrali ali odložili sovoznike. Prehoda za pešce ni.



Slika 22: Krak B (Google Maps, 2014)



Slika 23: "Odstavna niša"



Slika 24: Pogled z ene avtobusne postaje na drugo

4.3 Krak C

Krak C je lokalna cesta, ki pelje proti Sladki Gori. Na glavno prometno smer se priključuje pod kotom 40° . Kot vemo, je 75° minimalni kot, pod katerim se cesta lahko priključi na glavno prometno smer. Cesta, ki je široka 4,5 m in se razširi na do 15 m, se proti križišču spusti v blagem naklonu. Prednost je odvzeta z znakom »Ustavi« (II-2). Na desni strani priključka, gledano proti križišču, sta tik ob cesti dve stavbi. Ena stoji vzporedno z lokalno cesto, neposredno ob glavni cesti, druga pa je od glavne ceste oddaljena 35 m. Prva je zapuščena, druga pa je stanovanjski objekt. Na nasprotni strani, tik ob cesti, puščajo svoje avtomobile ljudje, ki nadaljujejo pot s kakšnim drugim prevozom. Neposredno ob cesti se nahaja tudi mestinjska antiklinala. To je približno 15 m dolg in 10 m visok profil svodasto nagubanih plasti apnenčevih peščenjakov in laporjev. Takšen geološki pojav je izredno redek, zato ga je pri projektiranju potrebno upoštevati. Površin za pešce ni.



Slika 25: Krak C (Google Maps, 2014)



Slika 26: Parkirišče



Slika 27: Mestinjska antiklinala



Slika 28: Zapuščena stavba

4.4 Krak D

Priključek D predstavlja glavno cesto in glavno prometno smer. Cesta pripelje iz Šmarja pri Jelšah in v premi oz. rahli krivini nadaljuje pot proti Rogaški Slatini. Tudi ta krak se proti križišču spušča v blagem naklonu. Priključek nima dodatnih zavijalnih pasov, vozni pas dvopasovne ceste pa je širok 3 m. Hitrost je omejena na 60 km/h, torej je to edina cesta, ki pripelje do križišča in ima posebej določeno hitrost vožnje. Na levi strani, gledano proti križišču, se nahaja restavracija, ki ima dovozno cesto oddaljeno dobrih 20 m od kraka C. Pločnikov in prehoda za pešce tudi tukaj ni.



Slika 29: Krak D (Google Maps, 2014)



Slika 31: Priključek do restavracije



Slika 30: Pogled na krak D s kraka C

5 ŠTETJE PROMETA

Podatki o prometnih obremenitvah posameznih cestnih odsekov so ena temeljnih informacij na cestah. Te podatke pridobivamo s pomočjo avtomatskih števecv prometa, rednih ročnih štetij prometa, izrednih ročnih štetij prometa in anket. Štetja prometa se na slovenskem cestnem omrežju opravljajo že od leta 1954. Zaradi napredne in vedno bolj dostopne tehnologije je trend sodobnih meritev zaznavanje prometa v realnem času, ki ga nadzira center za avtomatsko vodenje prometa (Rijavec R. et al., 2010).

Vendar pa je kljub vsej tehnologiji, ki jo imamo na voljo, še vedno najenostavnejše in najbolj dostopno ročno štetje, kakršno sem opravil tudi sam. Tako sem poleg samega števila vozil ugotovil tudi strukturo prometa in število zavijalcev po posameznih prometnih pasovih v križišču. Vozila razvrstimo v naslednje skupine (Juvanc, Rijavec, 2005):

- MO (motorna kolesa)
- OA (osebni avtomobili)
- BUS (avtobusi)
- LT (lahki tovornjaki do 3,5 t)
- ST (tovornjaki od 3,5 do 7 t)
- TT (težki tovornjaki nad 7 t)
- TP (tovornjaki s prikolico, vlačilci)
- TR (traktorji)
- KO (kolesarji)

Za potrebe prometnega dimenzioniranja se lahko takšna struktura vozil poenostavi z združitvijo določenih skupin. Nastane naslednja razvrstitev:

- OA (osebni avtomobili in motorna kolesa)
- BUS (avtobusi)
- TOV (tovornjaki in traktorji)
- VLAČ (vlačilci in tovornjaki s prikolico)

Ker je prometni tok mešan oz. nehomogen, ga moramo nekako spremeniti v homogenega. Z upoštevanjem določenih ekvivalentov vsa vozila izrazimo v enotah osebnega vozila (kasneje EOVS) in tako nastane pogojno homogeni prometni tok. Sam sem upošteval naslednjo pretvorbo:

- OA = 1 EOVS
- BUS = 2 EOVS
- TOV = 2 EOVS
- VLAČ = 4 EOVS

Štetje prometa sem na obravnavanem križišču izvajal v sredo, 4. 6. 2014 v dveh 3-urnih intervalih, in sicer zjutraj od 5:30 do 8:30 ter popoldan od 13:45 do 16:45. Tako sem zajel obremenitve v jutranji in popoldanski konici, s katerimi izvedemo račun obremenjenosti in zasičenosti posameznih krakov križišča.

Nato sem v datoteko za štetje prometa Promet v križiščih v programu Microsoft Office Access vnesel zbrane podatke, kot smo to naredili pri vajah predmeta Prometno inženirstvo, in program je izvedel celotno analizo obremenitve križišča.

Kot rezultat analize dobimo:

- 15-minutne obremenitve
- Analizo zavijalcev
- Analizo zavijalcev po strukturi prometa
- Diagram prometnih obremenitev
- Faktor konične ure
- Histogram nihanja prometa po priključkih
- Histogram nihanja prometa po smereh
- Histogram nihanja prometa v križišču
- Maksimalno urno obremenitev po elementih križišča
- Maksimalno urno obremenitev v križišču
- Urne obremenitve

5.1 Jutranje štetje

Pri jutranjem štetju je križišče v vseh smereh prepeljalo 2454 vozil. Promet so večinoma sestavljali osebni avtomobili, bilo jih je 90 %. Najbolj sta bila obremenjena kraka B in D. Proti Rogaški Slatini (krak B) je peljalo 865 EOv, kar 66 % pa jih je prišlo iz smeri Šmarja pri Jelšah (krak D). V obratni smeri se je peljalo 882 EOv, kar je predstavljalo 75 % enot osebnih vozil, ki so peljala proti Šmarju pri Jelšah, saj je teh bilo 1174. Krak C je zelo malo obremenjen. Pri kraku A pa je zanimivo, da je skoraj polovica EOv, ki pripelje iz smeri Podčetrka, levih zavijalcev (45 %). Maksimalna urna obremenitev, torej jutranja konica, nastane med 6:30 in 7:30, ko križišče prevozi 889 EOv. Faktor konične ure (FKU) je znašal 0,85.

5.2 Popoldansko štetje

V popoldanskem štetju pa je celotno križišče prepeljalo 2820 vozil. Spet so bili to večinoma osebni avtomobili (91 %). Tudi tokrat sta bila najbolj obremenjena kraka B in D. Proti Rogaški Slatini (krak B) je peljalo 1178 EOv, 915 od tega iz smeri Šmarja pri Jelšah (krak D). 984 EOv je peljalo proti Šmarju pri Jelšah. Do popoldanske urne konice je prišlo med 14:30 in 15:30, križišče je takrat prevozilo 1008 enot osebnega vozila, faktor konične ure pa je znašal 0,96. Levih zavijalcev iz smeri Podčetrka (krak A), to je tistih, ki so izvajali najtežji manever, je bilo 82 EOv.

5.3 Faktor konične ure (FKU)

Faktor konične ure (Peak – hour factor) je razmerje med prometno obremenitvijo v konični uri in maksimalno prometno obremenitvijo v nominalnem časovnem intervalu, ki za križišča znaša 15 minut. Pove nam, kakšno je nihanje prometnega toka v najbolj obremenjeni uri. Vrednosti faktorja so med 0 in 1. Če so vrednosti višje, to pomeni, da je skozi celotno konično uro pretok približno enak. Višje vrednosti faktorja so značilne za obmestne in mestne ceste. Za križišča se uporablja naslednja enačba:

$$FKU = \frac{\sum_{i=1}^4 Q_i^{15}}{4 \times Q_{i,max}^{15}}$$

Vrednosti faktorjev konične ure so predstavljene v prilogi B.2.

5.4 Stopnja nasičenosti

Stopnja nasičenosti je razmerje med prometno obremenitvijo uvoza in kapaciteto oz. zmogljivostjo uvoza. Predstavlja tudi mero uspešnosti za določanje nivoja uslug v nesemaforiziranih križiščih. Računamo jo v jutranji in popoldanski konici, saj so takrat obremenitve največje. Če dobimo vrednost stopnje nasičenosti 1, to pomeni, da je v križišče pripeljalo ravno toliko vozil, kot jih križišče še lahko sprejme, kar pa ni najbolj ugodno, saj bo kaj kmalu prišlo do zastojev in zamud. Zato določimo, da je najvišja še dovoljena vrednost v nesemaforiziranih križiščih 0,85.

$$X = \frac{Q_{mer}}{M_N} < 0,85$$

Pri čemer sta:

Q_{mer} ... Merodajna prometna obremenitev (EOV/h)

M_N ... Zmogljivost smeri prometnega toka (EOV/h)

Merodajna prometna obremenitev predstavlja maksimalno 15-minutno obremenitev, razširjeno na celotno uro.

$$Q_{mer} = \frac{Q_{dej}}{FKU}$$

Zmogljivost smeri prometnega toka (M_N) je enaka kapaciteti uvoza. M_N je funkcija prednostnega prometnega toka M_H in časovne vrzeli t_c . Vrednosti prednostnega prometnega toka izračunamo tako, da upoštevamo enačbe na sliki 32 za različne vozliščne situacije.

Desno zavijanje $M_H = 0.5 M_{H1} (*) + M_{H2}$	
Levo zavijanje iz glavnega prometnega toka $M_H = M_{H1} + M_{H2}$	
Križanje $M_H = 0.5 M_{H1} * + M_{H2} + M_{H3} + M_{H4} + M_{H5} + M_{H6}$	
Levo zavijanje $M_{H1} = 0.5 M_{H1} * + M_{H2} + M_{H3} + M_{H4} + M_{H5} + M_{H6} + M_{H7} + M_{H8}$	
* Če obstoja samostojen zavijalni pas lahko M_{H1} izpustimo	

Slika 32: Določitev sestave prednostnega prometnega toka M_H

Časovna vrzel je časovni interval med dvema vozečima se voziloma, ki je dovolj velik, da lahko tretje vozilo izvede zelen manever. Vrednost časovnih vrzeli so standardizirane in so prikazane v preglednici.

Tabela 7: Mejne vrednosti časovnih vrzeli

Prometna situacija	Dopustna hitrost			
	do 50 km/h		50–70 km/h	
	Prednostna cesta		Prednostna cesta	
	2 pasova	4 pasovi	2 pasova	4 pasovi
Desno zavijanje				
Znak II-1 "Križišče s prednostno cesto"	4,5	4,5	5,0	5,0
Znak II-2 "Ustavi" (STOP)	5,5	5,5	6,0	6,0
Križanje				
Znak II-1 "Križišče s prednostno cesto"	5,5	6,0	6,0	7,0
Znak II-2 "Ustavi" (STOP)	6,5	7,0	7,0	8,0
Levo Zavijanje				
Znak II-1 "Križišče s prednostno cesto"	6,0	6,5	6,5	7,5
Znak II-2 "Ustavi" (STOP)	7,0	7,5	7,5	8,5
Levo zavijanje iz glavnega prometnega toka	5,0	5,5	5,5	6,0

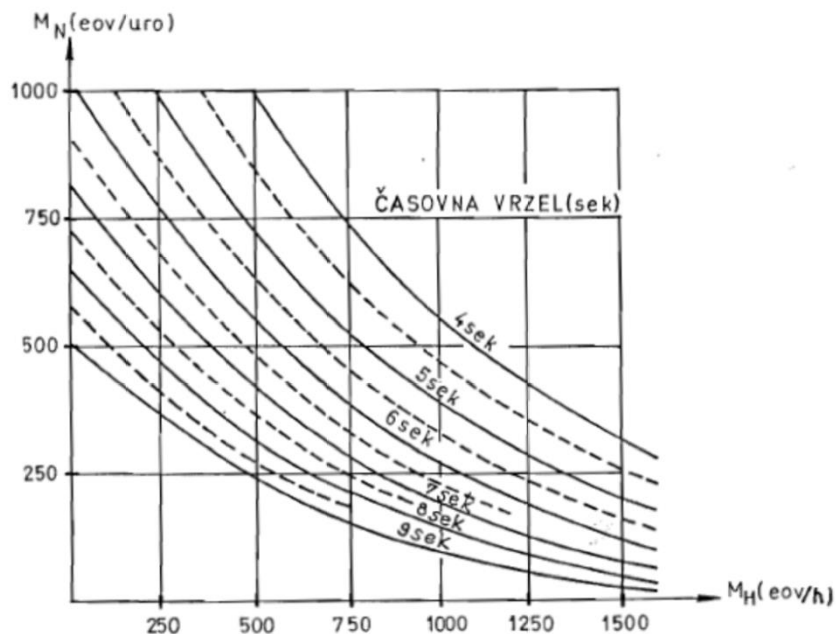
Sedaj ko imamo določeno M_H in t_c , lahko s pomočjo diagrama na sliki 33 določimo zmogljivost smeri prometnega toka M_N . V križiščih, kjer vozila z enega pasu zavijajo v več smeri, pa uporabimo naslednjo redukcijsko enačbo:

$$M_N = \frac{1}{\sum_{i=1}^k \frac{a_i}{M_{Ni}}}$$

Kjer sta

a_i ... delež voznikov, ki zavijajo desno (gredo naravnost ali zavijajo levo) na skupnem pasu

M_{Ni} ... zmogljivost smeri prometnega toka za posamezne zavijalce



Slika 33: Diagram zmogljivosti prometne smeri M_N v odvisnosti od prednostnega prometnega toka M_H in časovne vrzeli t_c

Na prikazan način sem izračunal stopnjo nasičenosti za vse priključke križišča. Celoten izračun je prikazan v prilogi B.3. V nadaljevanju so prikazani samo končni rezultati.

Tabela 8: Stopnja nasičenosti v jutranji konici

Jutranja konica	
Stopnja nasičenja	
Krak A	X = 0,60
Krak B	X = 0,31
Krak C	X = 0,10
Krak D	X = 0,20

Tabela 9: Stopnja nasičenosti v popoldanski konici

Popoldanska konica	
Stopnja nasičenja	
Krak A	X = 0,55
Krak B	X = 0,37
Krak C	X = 0,14
Krak D	X = 0,27

5.5 Ugotovitve

S stopnjo nasičenosti križišča ni bilo težav. Čeprav je pri vseh priključkih samo en vozni pas, se pravi da ni dodatnih zavijalnih pasov, so bile vse vrednosti manjše od 0,85. Pri kraku A sta obe vrednosti nekoliko višje, a se bosta, ko bo uvoz kanaliziran, tudi ti vrednosti znižali.

5.6 Napoved prometa v planski dobi

Pri načrtovanju in planiranju križišča je potrebno upoštevati tudi pričakovano povečanje prometnih obremenitev na koncu planske dobe. Pri projektiranju rekonstrukcije, sanacije ali obnove križišča se upošteva planska doba 10 let po zaključku gradnje. Vemo, da je pred začetkom gradnje potrebno nekaj časa za izvedbo projekta in pridobitev vseh dovoljenj, zato nas pravzaprav zanima, kakšen bo promet čez 12 let. Faktor rasti prometa izračunamo na naslednji način.

$$f_{rasti} = (1 + p)^n$$

Kjer sta:

p ... povprečna letna stopnja rasti [%]

n ... planska doba [leto]

V pravilniku je določeno, da povprečno letno stopnjo rasti določimo na podlagi števnih podatkov prometnih obremenitev zadnjih petih let. V neposredni bližini križišča je avtomatski števec prometa, številka 188 Mestinje.

Tabela 10: Povprečni letni dnevni promet v petih letih

Leto	PLDP
2012	8089
2011	8446
2010	8706
2009	8881
2008	9258

Vidimo lahko, da promet v vseh letih pada. Povprečna stopnja rasti znaša $-2,7\%$. Faktor rasti torej znaša

$$f_{rasti} = (1 + (-0,027))^{14} = 0,68$$

To pomeni, da bi leta 2026 PLDP znašal le še 5500. Vendar pa je v prihodnosti takšno padanje prometa nerealno pričakovati. Zato sem v nadaljevanju računal kar s podatki, ki sem jih pridobil s svojim štetjem. Se pravi, ko sem računal nasičenost v kanaliziranem križišču in v križišču, so izračuni na koncu planske dobe narejeni kar s podatki iz leta 2014.

6 REKONSTRUKCIJA OBSTOJEČEGA KRIŽIŠČA

V četrtem odstavku smo lahko videli, da ogromno cestnih elementov ni izvedenih v skladu s pravilniki in specifikacijami, še pomembneje pa je, da v križišču ni zagotovljena zadostna varnost. Najslabše je poskrbljeno za nemotorizirane udeležence. V nadaljevanju bom zato podal dve rešitvi obstoječega križišča. Ena varianta je kanalizirano križišče, druga pa je krožišče. Pri rekonstrukciji sem želel uporabiti čim več obstoječih cestnih elementov in površin, zato sem bil prostorsko kar omejen, predvsem z železniško progo na eni strani in pobočjem na drugi.

6.1 Kanalizirano križišče

6.1.1 Projektiranje rekonstrukcije

6.1.1.1 Krak A

Na priključku A sem izvedel kanaliziranje prometa. Tako so nastali trije prometni pasovi, dva za uvoz v križišče in eden za izvoz iz njega. Levi uvozni pas je namenjen tistim, ki zavijajo levo ali gredo naravnost, desni pa je za voznike, ki zavijajo desno. Čeprav je v navadi, da je pas za naravnost vozeče in desne zavijalce skupni, sem se po tehtnem razmisleku odločil, da bom naredil drugače. Vozniki, ki gredo naravnost ali levo, potrebujejo enako časovno vrzel, saj je tistih voznikov, ki prihajajo iz nasprotne smeri, torej s priključka C, zelo malo. S tem ukrepom ne bo prišlo do oviranja tistih, ki želijo desno. Vsi trije pasovi so široki 3 m. Pas za desne zavijalce je dolg 36 m in se začne tik za železniško progo, saj sem želel ohraniti obstoječi nivojski prehod. Širina robnega pasu je 0,25 m.

Hitrost vožnje sem v celotnem križišču omejil na 50 km/h.

Med pasovoma, kjer pride do vožnje v nasprotni smeri, sem predvidel otok. Otok je dolg 10 m in je po celotni dolžini širok 1 m.

Ker mi je obstoječe stanje dopuščalo, sem uporabil 20 m dolg uvozni zavijalni polmer, čeprav bi, glede na pravilnik, lahko bil 15-metrski, pod pogojem, da za merodajno vozilo upoštevam sedlasti vlačilec.

Obdržal sem samo eno avtobusno postajališče. Lokalni avtobusi vozijo po krakih A, B in D v vse smeri. Ugotovil sem, da v celotnem križišču potrebujem samo tri postajališča, seveda če jih pravilno umestim, in ne štirih, kot so bila do sedaj. Tako sem ohranil postajališče na levi strani, gledano proti križišču. Postajo sem umestil neposredno za križišče, kot to dovoljuje pravilnik o avtobusnih postajališčih. Če bi postajo izvedel za železniško progo, bi bila preveč oddaljena od križišča, zato sem jo bil primoran umestiti med križišče in progo. Širina, kjer avtobus ustavi, znaša 4 m.

Pločnik je na tem kraku samo na eni strani. Poteka od avtobusne postaje do prehoda za pešce na kraku D. Njegova širina znaša 2 m.

Prehoda za pešce ni, saj nisem uspel najti rešitve, ki bi njegovim uporabnikom zagotavljala zadostno varnost.

Odločil sem se, da na celotnem območju priključka ne bo posebnih površin za kolesarje, saj kolesarskega prometa praktično ni.

6.1.1.2 Krak B

Glavna novost pri tem priključku je dodatni pas za zavijanje v levo. Dodatni pas je izrednega pomena, saj bo zelo ugodno vplival na prepustnost križišča. Do sedaj so tisti, ki so zavijali v levo, onemogočali vožnjo ostalim. Ker pa je glavna prometna smer močno obremenjena v obe smeri, se je lahko zgodilo, da so tisti, ki so želeli naravnost ali desno, čakali povsem brez potrebe. Po rekonstrukciji do takšnih zamud ne bo več prihajalo. Prav tako pa bo ta pas omogočal, da ob spuščeni zapornici čakajoča vozila ne bodo ustavila tistih, ki želijo desno ali naravnost. Vsi trije pasovi, torej dva uvozna in eden izvozni, so široki 3 m.

Izbrani elementi pasu za zavijanje v levo:

- čakalni del $l_A = 30$ m
- zaustavljalni del $l_V = 0$ m ($-4 \% < s < 4 \%$; $V = 50$ km/h; količina prometa v smeri, od katere se odcepljajo vozila, ki zavijajo levo < 400 vozil/h)
- prehodni del $l_{Z1} = 30$ m ($V = 50$ km/h)
- dolžina razširitve vozišča $l_Z = 35,5$ m ($V = 50$ km/h, $i = 1,5$ m)

Širina robnega pasu znaša 0,25 m.

Predvsem zaradi varnosti pešcev se med nasproti vozečima pasovoma nahaja ločilni otok. Prehod za pešce ga loči na dva dela. Dolžina otoka bi, če ne bi bilo prehoda, znašala 17 m. Njegova širina z oddaljevanjem od križišča enakomerno pada, tako se z 1,7 m zmanjša na 1,2 m.

Uporabljeni zavijalni radij za na SPS znaša 6 m, predvidel sem namreč, da bodo desno zavijali samo osebni avtomobili. Ostala vozila lahko desno zavijejo kakšnih 400 m prej, kjer se nahaja pred kratkim na novo urejen priključek.

Tudi na tem kraku sem odstranil eno avtobusno postajališče, in sicer tisto na desni strani, gledano proti križišču. Postajo na nasprotni strani ceste pa sem prestavil, tako da je sedaj bližje križišču in je od njega oddaljena 25 m. Širina, kjer avtobus ustavi, znaša 3,6 m.

Pločnik je na obeh straneh cestišča. Na levi strani poteka od avtobusne postaje do prehoda za pešce, na desni strani pa se začne pri prehodu za pešce na kraku C in se nadaljuje proti naselju Mestinje. Širina obeh je 2 m.

Prehod za pešce je širok 4 m.

6.1.1.3 Krak C

Krak C se na glavno cesto priključi pod zelo ostrim kotom. Glavna naloga je, da izboljšam kot priključevanja. Najprej sem želel priključek premakniti bolj proti severu, vendar pa bi bila nato kraka A in C zamaknjena, kar bi slabo vplivalo na varnost križišča. Ugotovil sem, da ni druge možnosti in da bom moral porušiti vsaj en objekt. Ker je tisti, ki je bližje glavni cesti, zapuščen, mi njegovo rušenje niti ni predstavljalo prevelike ovire, drugače pa je bilo z drugo stavbo, ki sem jo hotel pustiti nedotaknjeno. Če bi obstoječo cesto prestavil za omenjeno stavbo, bi bila geometrija priključka ravno pravšnja, vendar pa bi lahko uničil že omenjeno antiklinalo. Tako mi je ostala možnost, da priključek izvedem v loku z radijem 9,5 m, ki se bo pravokotno priključil na glavno prometno smer. Resda je potrebno porušiti zapuščeno stavbo in garažo, vendar boljše možnosti ni.

Širina obeh vozniških pasov v križišču znaša 3 m, v nadaljevanju pa se cesta priključi na obstoječo lokalno cesto.

Uvozni radij znaša 6 m, saj je priključek namenjen osebnim vozilom.

Pločnika ob cesti nisem predvidel.

Prehod za pešce je širok 2 m in je 5 m oddaljen od črte za ustavljanje.

Ob cesti je predvideno parkirišče, kjer bodo ljudje lahko še naprej puščali svoje avtomobile.

6.1.1.4 Krak D

Tudi pri kraku D je dodan pas za zavijanje v levo. Njegova širina znaša 3 m in je enaka širini pasu za naravnost in desno.

Izbrani elementi pasu za zavijanje v levo:

- čakalni del $l_A = 10$ m
- zaustavljalni del $l_V = 0$ m ($-4\% < s < 4\%$; $V = 50$ km/h; količina prometa v smeri, od katere se odcepljajo vozila, ki zavijajo levo < 400 vozil/h)
- prehodni del $l_{Z1} = 30$ m ($V = 50$ km/h)
- dolžina razširitve vozišča $l_Z = 35,5$ m ($V = 50$ km/h, $i = 1,5$ m)

Zaradi manjšega števila vozil, ki zavijajo levo, kot na kraku B, je čakalni del krajši.

Vozniški pas, ki pelje iz križišča, je širine 4 m in se do konca avtobusnega postajališča zoži na 3 m.

Robni pas je širok 0,25 m.

Tudi tu pešce varuje ločilni otok, ki je enak tistemu na kraku B.

Uporabljeni zavijalni radij za na SPS znaša 12 m in ga označuje prekinjena rumena črta, ki predstavlja območje avtobusnega postajališča. Uvoz na avtobusno postajališče pa ima radij 7 m. Čeprav vlačilci za zavijanje potrebujejo radij 15 m, pa lahko tukaj izvedejo manever desnega zavijanja, ker lahko peljejo tudi po avtobusni postaji, pri čemer ne ovirajo na postaji stoječega avtobusa.

Na tem kraku je dodana avtobusna postaja. Nahaja se 25 m za križiščem. Njena širina je 3,6 m.

Pločnik je samo na eni strani in poteka od avtobusnega postajališča do prehoda za pešce čez krak C. Njegova širina je 2 m.

Prehod za pešce je širok 4 m.

Ker avtobusno postajališče in pločnik preprečita dostop do restavracije, sta takoj po koncu postajališča izvedena nadomestni priključek in pripadajoče parkirišče. Priključek je širine 5 m z zavijalnima radijema 6 m.

6.1.2 Stopnja nasičenosti

Ker število prometa ne narašča in ker stopnja nasičenja ni bila prekoračena v obstoječem stanju, mi stopnje nasičenja, sedaj ko sem promet dodatno kanaliziral, sploh ni potrebno računati. Trdim lahko, da stopnja nasičenja v kanaliziranem križišču ne predstavlja težav.

6.1.3 Preglednost

V križišču je zagotovljena zadostna preglednost, kar je nazorno prikazano v prilogi C.1

6.1.4 Prevoznost

Križišče lahko prevozijo vlačilci s priklopnikom. To sem ugotovil z uporabo zavijalnih krivulj, ki sem jih dobil v Tehničnih normativih za projektiranje in opremo mestnih prometnih površin. V prilogi C.2 je grafično prikazana prevoznost tistih krakov, kjer je predvidena vožnja vlačilcev s priklopnikom.

6.1.5 Talna signalizacija in prometni znaki

V prilogah C.3 in C.4 so prikazani uporabljeni talna signalizacija in prometni znaki.

6.2 Umestitev krožnega križišča v traso

Naslednja od možnih preureditev križišča pa je, da v traso umestimo krožišče. Z njim umirimo promet, povečamo varnost in dosežemo, da se promet odvija bolj tekoče, saj lahko vozila, ki so pripeljala po neprednostni cesti, če imajo prosto pot, brez ustavljanja nadaljujejo vožnjo. Obravnavano križišče pa ima še eno lastnost, zaradi katere je krožišče pametna izbira, in to je priključevanje lokalne ceste pod zelo ostrim kotom. Ker tukaj pelje kar veliko tovornega prometa, je pametno izbrati veliko krožišče, da ga lahko tudi tovornjaki normalno prevozijo. Tudi pri tej varianti pride do rušenja stavbe ob glavni cesti.

6.2.1 Projektiranje krožišča

Izbrani projektno tehnični elementi:

- zunanji premer: 35 m
- premer sredinskega otoka: 16 m
- širina krožnega voznega pasu: 8 m
- širina povoznega dela: 1,5 m

Kraki A, B in D imajo uvozne radije široke 12 m in izvozne 15 m. Po kraku C je predvidena vožnja samo osebnih vozil, zato ima te elemente drugačne. Pri kraku C znaša uvozni radij 12 m in izvozni 7,5 m. Vsi vozni pasovi so široki 3 m. Na uvozu tik pred krožiščem se razširijo na 4,5 m, izvozna širina pa znaša 5 m. Krak C je zopet posebnost, tu je izvozna širina 3,8 m, uvozna pa 3,5 m. Ker je v bližini železniška proga, bi se lahko zgodilo, da bi vozila, ki bi čakala, da vlak odpelje in da se dvignejo zapornice, ustavila promet v krožišču. Zato sem se odločil, da dodam vozni pas, ki bo voznikom, ki pripeljejo iz Šmarja pri Jelšah in nadaljujejo vožnjo proti Podčetrtku, omogočal, da ne zapeljejo v krožno vozišče. S tem sem pridobil nekaj prostora, kar zmanjša verjetnost, da bi zaradi vožnje vlaka krožni promet obstal. Širina tega pasu je 5,5 m in ima radij 42 m. Vsi kraki so opremljeni z ločilnimi otoki.

Kraki A, B in D imajo otok, ki je na najširšem delu širok 3,9 m in ima zaokrožitvene radije, velikosti 1 m. Prehodi za pešce potekajo preko otoka in so od krožnega vozišča oddaljeni od 4,5 m do 6 m. Širine ločilnih otokov na najožjem delu, preko katerega še potekajo prehodi, znašajo 1 m. Otok na kraku C je manjši. Na širšem delu je širok 1,7 m, prehod za pešce pa se nahaja pred otokom.

Po dve avtobusni postajališči sta na krakih B in D. Čeprav se zdi, da je postaj preveč, pa to ni res, saj lokalni avtobus vozi v vse smeri po vseh krakih, razen po kraku C. Ker na kraku B ni prostora za postajo, morajo biti na dveh preostalih krakih štiri avtobusne postaje, ki so široke 3,3 m.

Pločnik, ki je širine 2 m, povezuje avtobusna postajališča med seboj. Prehodi za pešce so širine 4 m.

Ker tudi v tej varianti avtobusno postajališče in pločnik preprečita dostop do restavracije, sta takoj po koncu postajališča izvedena nadomestni priključek in pripadajoče parkirišče. Priključek je širine 5 m, z zavijalnima radijema 6 m.

6.2.2 Stopnja nasičenosti

Stopnjo nasičenosti sem izračunal s pomočjo podatkov, ki sem jih pridobil s štetjem. Za faktor γ sem uporabil vrednost 0,9, za faktor β pa vrednost 0,95. Izračuni za jutranjo in popoldansko konico se nahajajo v naslednjih tabelah.

Tabela 11: Izbrani podatki in izračunana stopnja nasičenosti v jutranji konici

Krak	φ [°]	B	α	Q_a [EOV/h]	Q_c [EOV/h]	Q_E [EOV/h]	X	
A	45	21,2	0,07	158	337	1340	0,18	< 0,85
B	48	22,6	0,07	462	117	1525	0,29	< 0,85
C	35	16,5	0,39	32	534	1153	0,04	< 0,85
D	47	22,1	0,07	501	125	1515	0,24	< 0,85

Tabela 12: Izbrani podatki in izračunana stopnja nasičenosti v popoldanski konici

Krak	φ [°]	B	α	Q_a [EOV/h]	Q_c [EOV/h]	Q_E [EOV/h]	X	
A	45	21,2	0,07	281	380	1291	0,15	< 0,85
B	48	22,6	0,07	464	105	1536	0,31	< 0,85
C	35	16,5	0,39	40	538	1146	0,05	< 0,85
D	47	22,1	0,07	417	173	1476	0,26	< 0,85

Vidimo, da so izračunane vrednosti stopnje nasičenosti na vseh krakih dosti nižje od kritičnih vrednosti. Največja nasičenost se pojavi v popoldanski konici, na kraku B, najmanjša pa je v jutranji konici, na kraku C.

6.2.3 Prevoznost

Edini problematični zavijalni manever predstavlja zavijanje s kraka B na krak C. Vožnja po kraku C je namenjena samo osebnim vozilom. S priloge D.1 se jasno vidi, da osebna vozila ta manever lahko izvedejo.

6.2.4 Preglednost

V krožišču je zagotovljena zadostna preglednost. V prilogi D.2 vidimo, da v označenih poljih ni nobenih ovir, ki bi jo preprečevale.

6.2.5 Talna signalizacija in prometni znaki

V prilogah D.3 in D.4 so prikazani uporabljeni talna signalizacija in prometni znaki.

7 ZAKLJUČEK

V diplomski nalogi sem analiziral klasično štirikrako križišče v bližini domačega kraja. Vsak voznik, ki to križišče prevozi, lahko zazna njegovo nenavadnost. S površnim pogledom nanj takoj opazi tri avtobusne postaje, zelo malo površin za pešce, en priključek, ki se priključuje pod zelo ostrim kotom, in drugi priključek, ki je zelo širok. Ko pa sem križišče pogledal malo bolj natančno, sem ugotovil, da ima še kopico drugih pomanjkljivosti. Posebej sem se osredotočil na njegovi prepustnost in varnost. S štetjem prometa in nadaljnjimi izračuni sem ugotovil, da prepustnost in nasičenost obstoječega stanja ne predstavljata težav, saj so bili vsi rezultati znotraj dovoljenih meja, zato pa toliko več težav predstavlja zagotavljanje varnosti, predvsem pešcev. Kljub temu da so v križišču tri avtobusne postaje, ni niti enega prehoda za pešce niti pločnikov, ki bi pešcem zagotavljali varnost v območju križišča. S stališča prometne varnosti je rekonstrukcija križišča nujno potrebna.

V nadaljevanju sem obravnaval dve možni izboljšavi obstoječega stanja. Moj cilj je bil, da bi uporabil čim več elementov že obstoječega križišča in bi v prostor posegal čim manj. Na voljo sem imel na eni strani z železniško progo in na drugi strani s pobočjem omejeno območje.

Kot prvo možnost izboljšanja stanja sem izbral kanalizirano križišče. Kraki A, B in D so tako dobili dodatne pasove za zavijanje v levo. Krak C, ki se je priključeval pod ostrim kotom, pa sem speljal tako, da se sedaj priključuje pod pravim kotom. V tej varianti so vse tri avtobusne postaje locirane za križiščem in ne več pred njim, kot je bilo v obstoječem stanju. Postaje so povezane s prehodi za pešce in pločniki.

Druga varianta pa je bila, da na mestu obstoječega križišča izvedem krožišče. Zaradi bližine železniškega prehoda sem moral izvesti »bypass« pas, da čakajoča vozila ne bi ustavila prometa v celotnem krožišču. Tukaj sem moral locirati štiri avtobusna postajališča, in sicer na vsakega od krakov B in D po dva. Tudi tu sem v območju križišča uredil površine za pešce.

Menim, da je kanalizirano križišče boljša rešitev. Kot smo ugotovili, je prepustnost zadovoljiva v obeh primerih, vendar je obstoječe stanje takšno, da za kanaliziranje ne bi potrebovali več veliko dodatnega prostora. Kraka B in D bi bilo potrebno samo malo razširiti, na kraku A pa bi lahko dodali samo otok in nove talne označbe. Res je, da bi morali porušiti eno stavbo, vendar bi to morali storiti tudi pri krožišču. Krožišče bi zavzelo več prostora. Prav tako so pri križišču zaradi optimalne postavitve potrebna samo tri avtobusna postajališča, medtem ko pri krožišču potrebujemo štiri. Še zadnja lastnost obstoječega stanja, ki daje prednost kanaliziranemu križišču, pa je ta, da se krak C malce spušča in ga je lažje priključiti v križišče kot v krožišče.

V nadaljevanju so podane še priloge in načrti rekonstrukcij.

VIRI

Interaktivni spletni atlas in zemljevid Slovenije. 2014.

http://www.geopedia.si/lite.jsp#T105_x499072_y112072_s9_b4 (Pridobljeno 25. 8. 2014)

Google Maps, Google Street View.

<https://www.google.si/maps/@46.0661174,14.5320991,12z?hl=en> (Pridobljeno 25. 8. 2014)

Juvanc, A., Rijavec, R. 2005. Temeljni pogoji za določanje cestnih elementov v odvisnosti od voznodinamičnih pogojev, psihofizičnih lastnosti voznikov, okoljskih pogojev, prometne obremenitve, prometne varnosti ter ekonomičnosti in racionalnosti. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Prometnotehniški inštitut: 52 str.

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

Pravilnik o avtobusnih postajališčih. Uradni list RS št. 106-4697/2011: 14372.

Pravilnik o cestnih priključkih na javne ceste. Uradni list RS št. 86-3808/2009: 11593.

Pravilnik o projektiranju cest. Uradni list RS št. 91-3896/2005: 9303.

Pravilnik o prometni signalizaciji in prometni opremi na javnih cestah. Uradni list RS št. 46-2131/2000: 6371.

Rezultati avtomatskega števca prometa za obdobje od 01. 01. 2008 do 31. 12. 2012. Števno mesto: 188 Mestinje. 2014. Ljubljana, Direkcija republike Slovenije za ceste.

http://www.dc.gov.si/si/delovna_podrocja/promet/ (Pridobljeno 8. 8. 2014)

Rijavec, R., Kostanjšek, J., Maher, T., Marsetič, R., Šemrov, D., Velkavrh, J., Zaletel, J., Žura, M. 2010. Alternativne metode zaznavanja prometnega toka v območju križišč: razvojno raziskovalni projekt. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Prometnotehniški inštitut: 95 str.

Tehnični normativi za projektiranje in opremo mestnih površin – 2. del. 1991. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: loč. pag.

TSC 02.401:2012. Označbe na vozišču. Oblika in mere.

TSC 03.341:2011. Krožna križišča.

TSC 03.341:2012. Krožna križišča.

Zakon o varnosti cestnega prometa (uradno prečiščeno besedilo) (ZVCP-1-UPB5). Uradni list RS št. 56/2008: 6021

Ostali viri

Ortofoto posnetki v grafičnih prilogah so pridobljeni 15. 5. 2014 osebno na Katedri za kartografijo, fotogrametrijo in daljinski zaznavanje Fakultete za gradbeništvo in geodezijo, Univerza v Ljubljani, Jamova cesta 2, 1000 Ljubljana.

»Ta stran je namenoma prazna«

SEZNAM PRILOG

PRILOGA A: Določitev dolžine preglednosti P_z

PRILOGA B: Analiza obstoječega stanja

- B.1 Diagrama prometnih obremenitev v konicah
- B.2 Izpis faktorjev konične ure
- B.3 Izračun stopnje nasičenosti za leto 2014

PRILOGA C: Kanalizirano križišče

- C.1 Preglednost
- C.2 Prevoznost križišča
- C.3 Tabela uporabljenih talnih označb
- C.4 Tabela uporabljenih prometnih znakov
- C.5 Tloris rešitve s kanaliziranim križiščem
- C.6 Načrt kanaliziranega križišča s prometnimi znaki

PRILOGA D: Krožno križišče

- D.1 Prevoznost krožišča
- D.2 Preglednost
- D.3 Tabela uporabljenih talnih označb
- D.4 Tabela uporabljenih prometnih znakov
- D.5 Načrt krožnega križišča
- D.6 Prometna situacija rešitve s krožnim križiščem

PRILOGA A: Določitev dolžine preglednosti P_z

Nagib nivelete %	Projektna hitrost										
	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
	Zaustavitvena hitrost										
-12	25	37	55	75	110	140	180	240	287	345	420
-8	23	35	50	68	97	125	165	210	257	310	390
-4	21	32	47	63	87	113	145	185	230	280	350
0	20	30	45	60	80	105	130	165	205	250	315
4	20	29	43	57	76	100	122	156	195	235	285
8	19	28	40	53	71	96	112	144	180	225	260
12	17	27	37	49	64	87	100	130	160	215	240

PRILOGA B: Analiza obstoječega stanja

Priloga B.1: Diagrama prometnih obremenitev v konicah

Diagram prometnih obremenitev v jutranji konici:

Diagram prometnih obremenitev

Šifra križišča: DIP

Ime križišča: Mestinje

Tip križišča: ABCD

Naslov štetja: Mestinje 2014

Datum štetja: 4.6.2014

Številka štetja: 1

Časovni interval: od 6:30 do 7:30

Vrsta vozil: EOVS

A	Podčetrtek
B	Rogalka Slatina
C	Sladka Gora
D	Šmarje pri Ješah

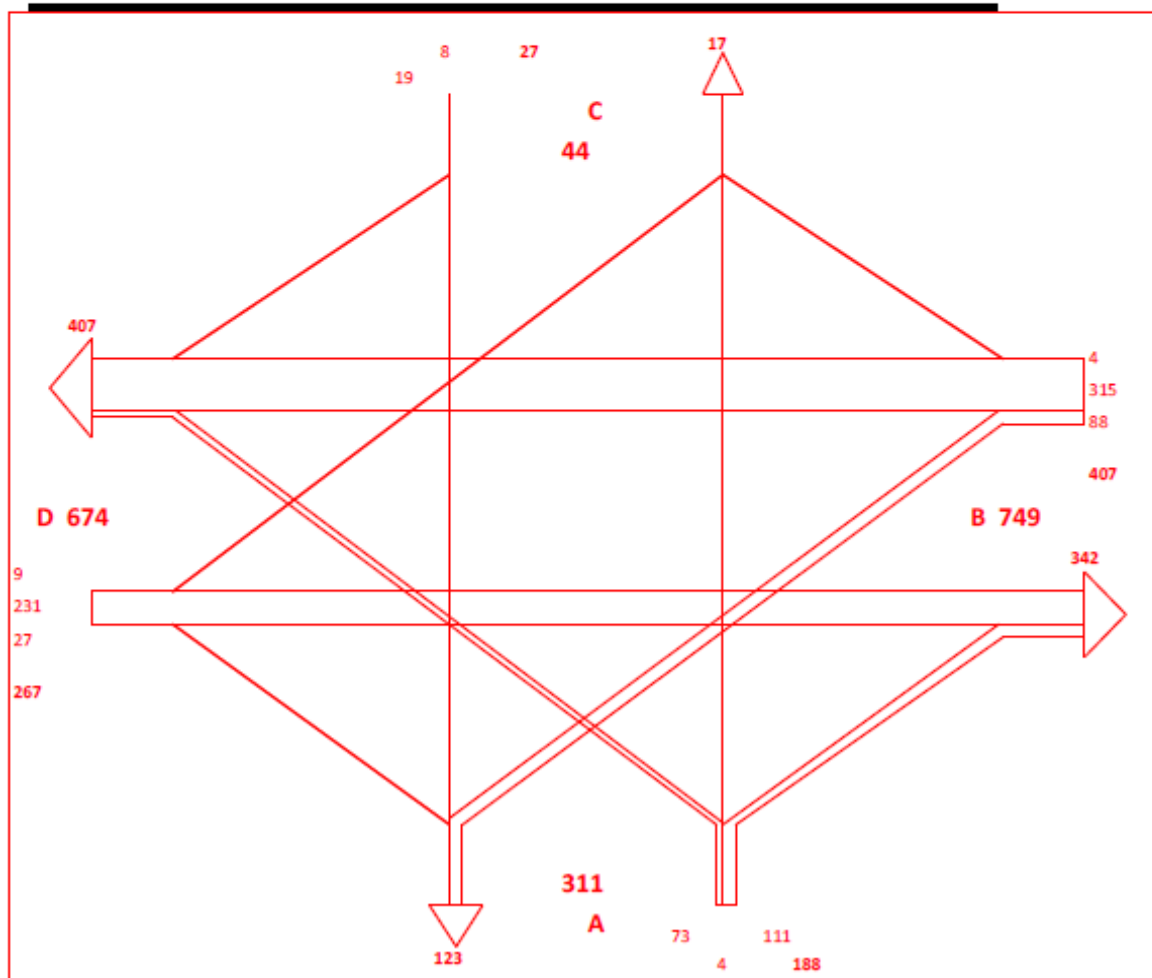


Diagram prometnih obremenitev v popoldanski konici:

Diagram prometnih obremenitev

Šifra križišča: Dipl

Ime križišča: Mestinje

Tip križišča: ABCD

Naslov štetja: Mestinje 2014 PK

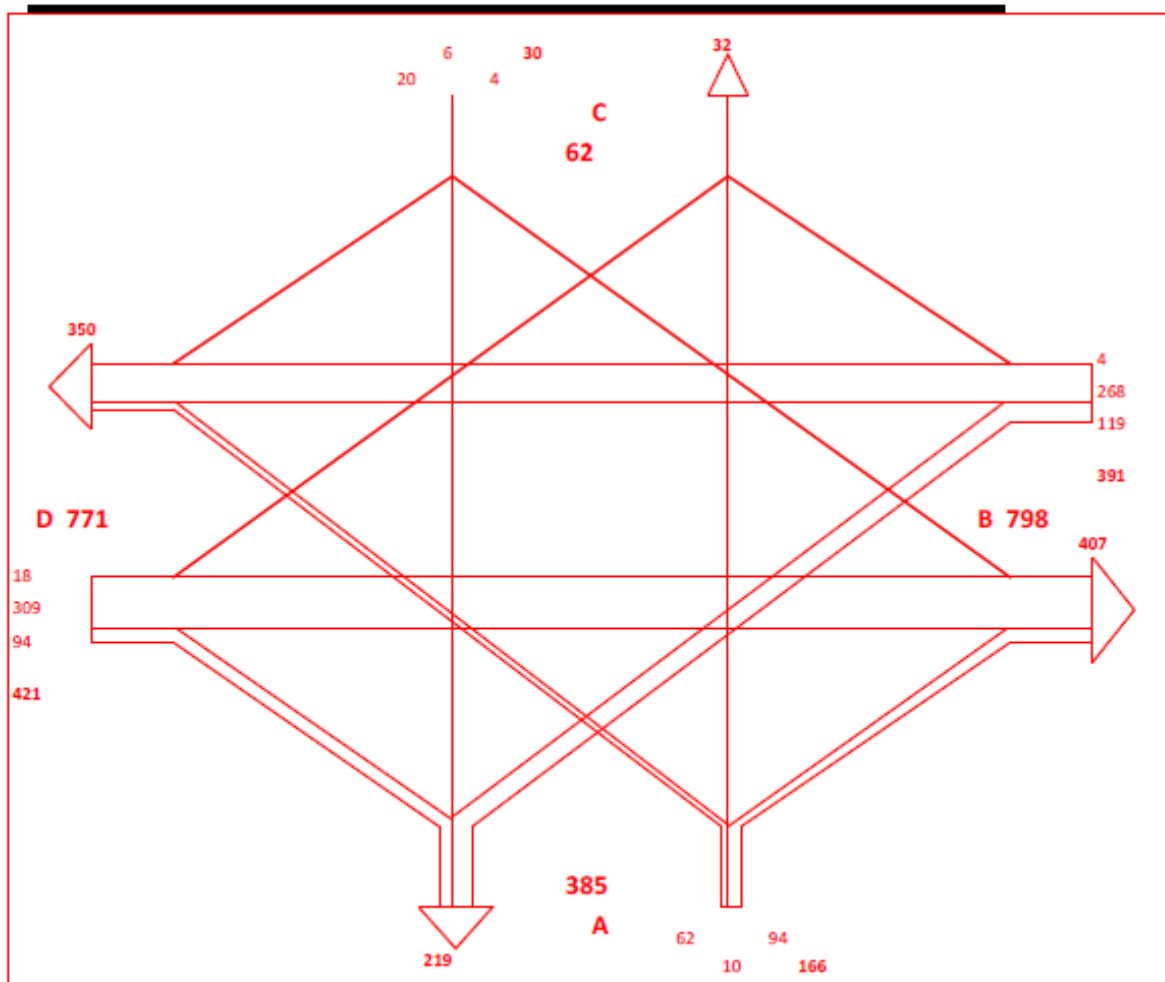
Datum štetja: 4.6.2014

Številka štetja: 1

Časovni interval: od 14:30 do 15:30

Vrsta vozil: EOY

A	Podčetrtek
B	Rogalka Slatina
C	Slačka Gora
D	Šmarje pri Ješah



Priloga B.2: Izpis faktorjev konične ure
Faktor konične ure v jutranji konici:

Faktor urne konice (PHF)

Šifra križišča: DIP

Ime križišča: Mestinje

Tip križišča: ABCD

Naslov štetja: Mestinje 2014

Datum štetja: 4.6.2014

Številka štetja: 1

Ura konice: od 6:30 do 7:30

Vrsta vozil: EOVS

Križišče:	0.85
------------------	-------------

Priljuček A :	0.80
Dovoz:	
Desno	0.79
Levo	0.79
Naravnost	0.50

Priljuček B :	0.92
Dovoz:	
Desno	0.50
Levo	0.81
Naravnost	0.95

Priljuček C :	0.84
Dovoz:	
Desno	0.68
Naravnost	0.50

Priljuček D :	0.77
Dovoz:	
Desno	0.84
Levo	0.56
Naravnost	0.72

Faktor konične ure v popoldanski konici:

Faktor urne konice (PHF)	
Šifra križišča: Dipl	
Ime križišča: Mestinje	
Tip križišča: ABCD	
Naslov štetja: Mestinje 2014 PK	Datum štetja: 4.6.2014
Številka štetja: 1	Ura konice: od 14:30 do 15:30
Vrsta vozil: EOv	
Križišče:	0.96
Priljuček A :	0.92
Dovoz:	
Desno	0.87
Levo	0.91
Naravnost	0.83
Priljuček B :	0.93
Dovoz:	
Desno	1.00
Levo	0.78
Naravnost	0.85
Priljuček C :	0.83
Dovoz:	
Desno	0.63
Levo	0.50
Naravnost	0.50
Priljuček D :	0.86
Dovoz:	
Desno	0.81
Levo	0.75
Naravnost	0.89

Priloga B.3: Izračun stopnje nasičenosti za leto 2014
Izračun nasičenosti za jutranjo konico:

Manever	Q_{dej}	FKU	Q_{mer}
AL	73	0,79	93
AN	4	0,5	8
AD	111	0,79	141
BL	88	0,81	109
BN	315	0,95	332
BD	4	0,5	8
CL	0	0	0
CN	8	0,5	16
CD	19	0,68	28
DL	9	0,56	16
DN	231	0,72	321
DD	27	0,84	33

Manever	M_H [EOV/h]	t_c [s]	M_N [EOV/h]	a	M_N [EOV/h]	X
AL	847	7	230	0,38	401	0,6
AN	803	6,5	300	0,03		
AD	338	5,5	780	0,58		
BL	354	5	850	0,24	1466	0,31
BN	0	0	1900	0,74		
BD	0	0	1900	0,02		
CL	964	7	185	0	457	0,1
CN	815	6,5	270	0,36		
CD	336	5,5	750	0,64		
DL	340	5	860	0,04	1812	0,2
DN	0	0	1900	0,87		
DD	0	0	1900	0,09		

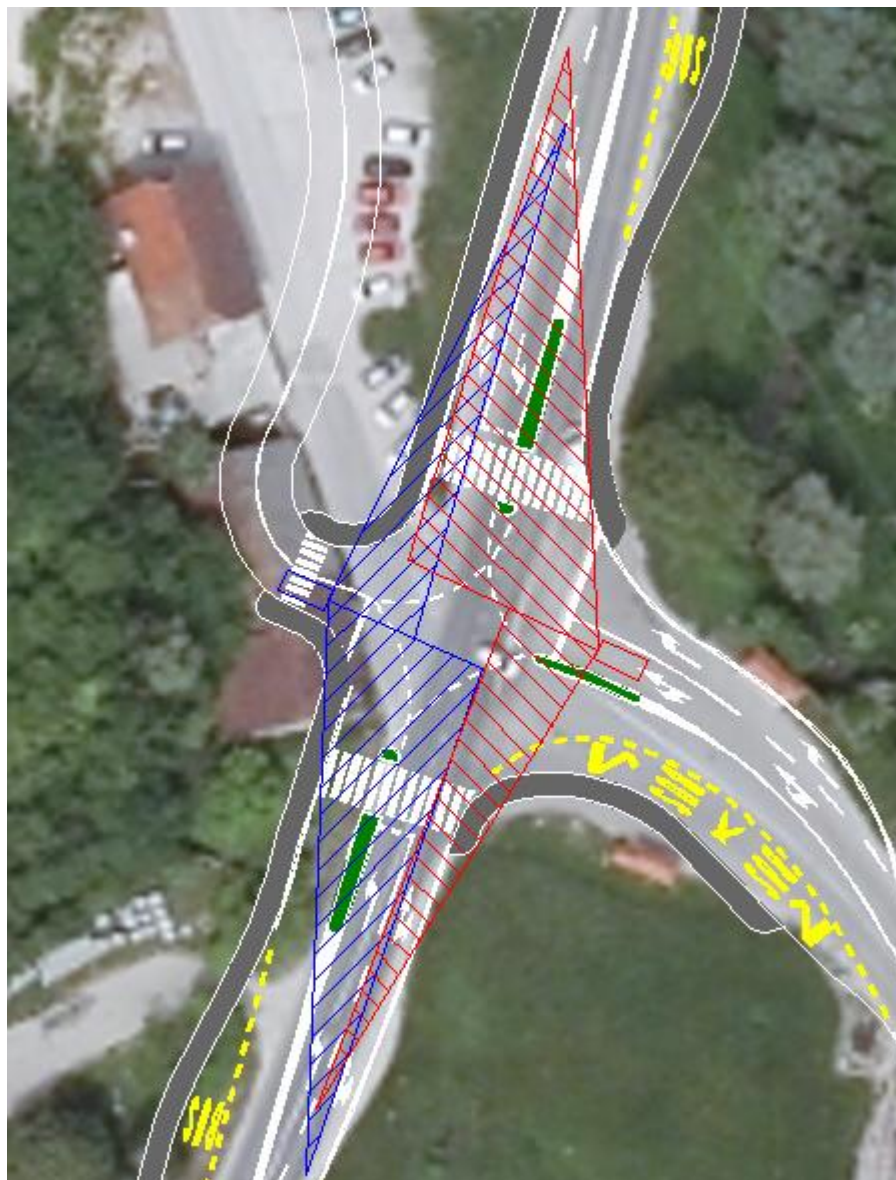
Izračun nasičenosti za popoldansko konico:

Manever	Q_{dej}	FKU	Q_{mer}
AL	62	0,91	69
AN	10	0,83	12
AD	94	0,87	108
BL	119	0,78	153
BN	268	0,85	316
BD	4	1	4
CL	4	0,5	8
CN	6	0,5	12
CD	20	0,63	32
DL	18	0,75	24
DN	309	0,89	348
DD	94	0,81	116

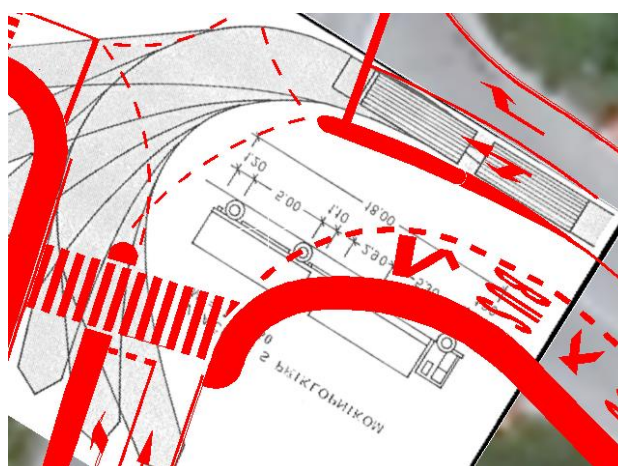
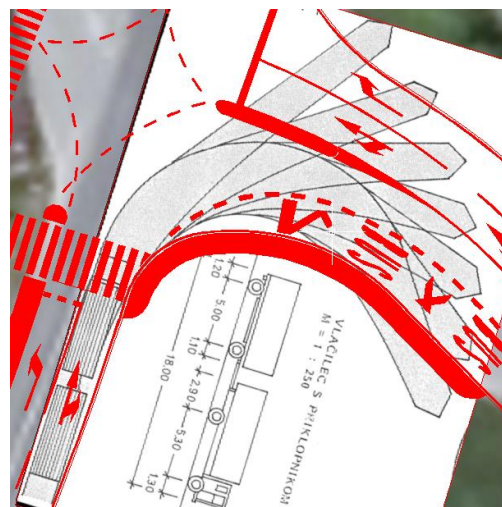
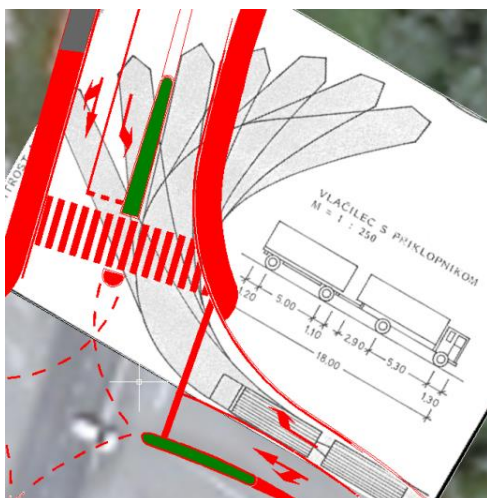
Manever	M_H [EOV/h]	t_c [s]	M_N [EOV/h]	a	M_N [EOV/h]	X
AL	947	7	200	0,37	345	0,55
AN	903	6,5	250	0,06		
AD	406	5,5	700	0,57		
BL	464	5	760	0,32	1284	0,37
BN	0	0	1900	0,67		
BD	0	0	1900	0,01		
CL	1079	7	170	0,15	385	0,14
CN	959	6,5	250	0,23		
CD	318	5,5	780	0,62		
DL	320	5	810	0,05	1780	0,27
DN	0	0	1900	0,71		
DD	0	0	1900	0,24		

PRILOGA C: Kanalizirano križišče

Priloga C.1: Preglednost



Priloga C.2: Prevoznost križišča



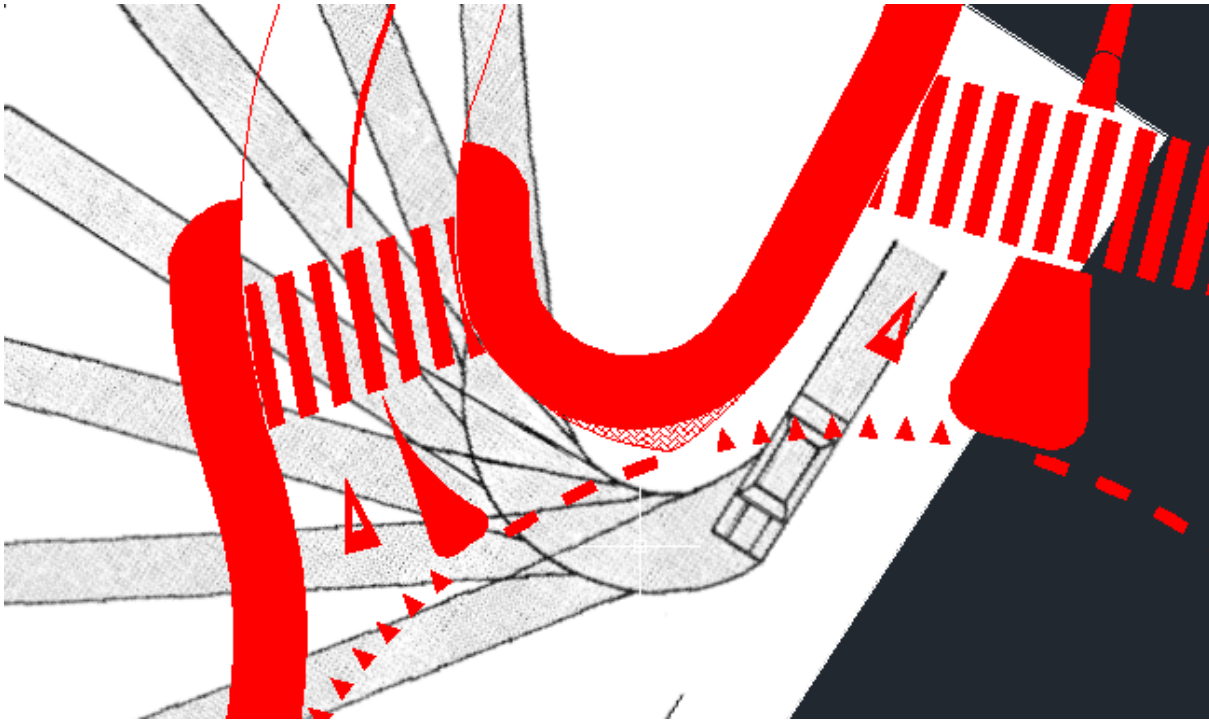
Priloga C.3: Tabela uporabljenih talnih označb

Opis	Šifra	Dimenzije	Lokacija
ločilna neprekinjena črta	V-1	širina: 12 cm	krak A, B in D
ločilna neprekinjena črta	V-1	širina: 10 cm	krak C
robna neprekinjena črta	V.1.1	širina: 12 cm	krak A, B in D
ločilna prekinjena črta	V-2.1	širina: 12 cm dolžina črte: 3 m dolžina presledka: 3 m	pas za leve zavijalce
kratka prekinjena črta	V-4	širina: 12 cm dolžina črte: 1 m dolžina presledka: 1 m	vodilna črta v križišču in ločilna črta, kjer je mogoče njeno prečkanje
široka prekinjena črta	V-5	širina: 30 cm dolžina: 1 m dolžina presledka: 1 m	avtobusna postajališča
neprekinjena široka prečna črta	V-9	širina: 50 cm	priključki
prekinjena široka prečna črta	V-10	širina: 30 cm	pas za leve zavijalce, krak B in D
prehod za pešce	V-16	širina črt: 50 cm dolžina črt: 4 m	krak B in D
		širina črt: 40 cm dolžina črt: 2 m	krak C
puščice za označevanje smeri vožnje			
Levo naravnost in desno	V-19	dolžina: 5 m	krak B in D
	V-20.1	dolžina: 5 m	
Desno naravnost in levo	V-19.1	dolžina: 5 m	krak A
	V-20	dolžina: 5 m	
polje pred ločilnim otokom	V-33		krak A, B in D
označbe na avtobusnem postajališču v niši neposredno za križiščem	V-43.1		krak A
označbe avtobusnega postajališča v niši	V-43.2		krak B in D

Priloga C.4: Tabela uporabljenih prometnih znakov

Opis	Šifra
"Ustavi"	II-2
obvezna vožnja mimo po desni strani	II-47
prehod za pešce	III-6
avtobusno postajališče	III-54
prometni otok	VI-8
razvrščanje vozil, pas za naravnost in desno ter pas za v levo	III-85
razvrščanje vozil, pas za naravnost in levo ter pas za v desno	III-85
kažipot	III-86
prehod ceste čez železniško progo z zapornicami ali polzapornicami	I-36

Priloga D.1: Prevoznost krožišča



Priloga D.2: Preglednost

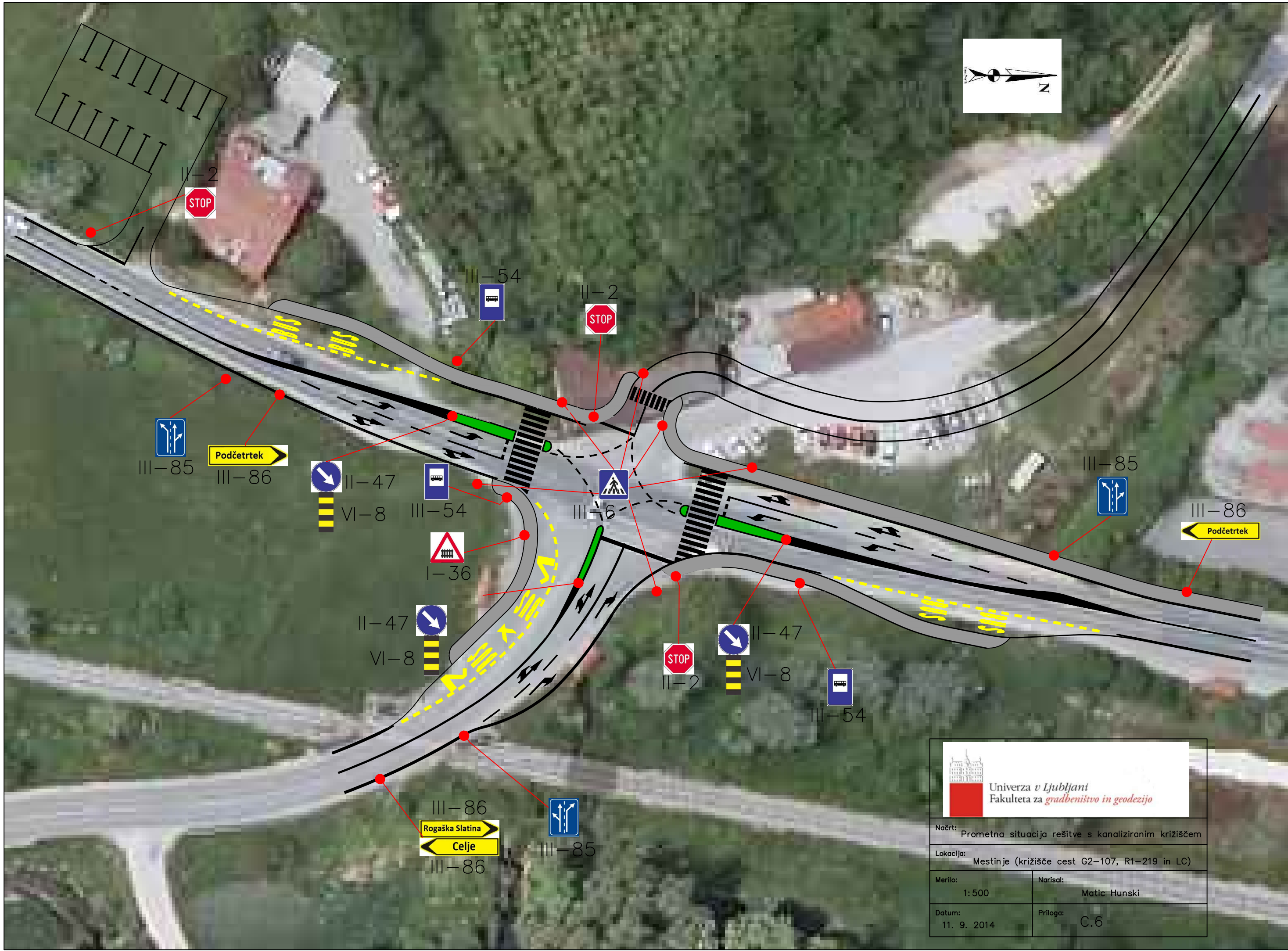
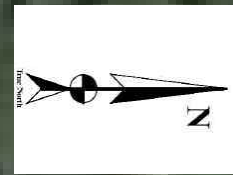



Priloga D.3: Tabela uporabljenih talnih označb

Opis	Šifra	Dimenzije	Lokacija
ločilna neprekinjena črta	V-1	širina: 12 cm	krak A, B in D
ločilna neprekinjena črta	V-1	širina: 10 cm	krak C
robna neprekinjena črta	V.1.1	širina: 12 cm	krak A, B in D
kratka prekinjena črta	V-4	širina: 12 cm	vodilna črta v križišču in ločilna črta, kjer je mogoče njeno prečkanje
		dolžina črte: 1 m	
		dolžina presledka: 1 m	
široka prekinjena črta	V-5.3	širina: 30 cm	izvoz iz krožišča in ločevanje "bypass" pasu
		dolžina: 1 m	
		dolžina presledka: 1 m	
avtobusna postajališča	široka prekinjena črta	V-5	širina: 30 cm
			dolžina: 1 m
			dolžina presledka: 1 m
neprekinjena široka prečna črta	V-9	širina: 50 cm	priključki
prekinjena široka prečna črta v obliki trikotnikov	V-10.1	enakokrak trikotnik višine 60 cm, z osnovnico 50 cm	uvoz v krožišče
prehod za pešce	V-16	širina črt: 50 cm	krak A, B, C in D
		dolžina črt: 4 m	
opozorilni trikotnik	V-39.2	enakokrak trikotnik višine 2 m, z osnovnico 1 m	uvoz v krožišče
polje pred ločilnim otokom	V-33		krak A, B, C in D
označbe avtobusnega postajališča v niši	V-43.2		krak B in D

Priloga D.4: Tabela uporabljenih prometnih znakov


Opis	Šifra
križišče s prednostno cesto	II-1
krožni promet	II-48
obvezna vožnja mimo po desni strani	II-47
prometni otok	VI-8
prehod za pešce	III-6
kažipot	III-86
obvezna smer	II-45.1
ustavi	II-2
avtobusno postajališče	III-54
prehod ceste čez železniško progo z zapornicami ali polzapornicami	I-36




 Univerza v Ljubljani
 Fakulteta za *gradbeništvo in geodezijo*

Načrt: Prometna situacija rešitve s kanaliziranim križiščem	
Lokacija: Mestinje (križišče cest G2-107, R1-219 in LC)	
Merilo: 1:500	Narisal: Matic Hunski
Datum: 11. 9. 2014	Priloga: C.6



 Univerza v Ljubljani Fakulteta za <i>gradbeništvo in geodezijo</i>	
Načrt: Prometna situacija rešitve s krožnim križiščem	
Lokacija: Mestinje (križišče cest G2-107, R1-219 in LC)	
Merilo: 1:500	Narisal: Matic Hunski
Datum: 11. 9. 2014	Priloga: D.6