

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

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



Visokošolski program Gradbeništvo,
diferencialni 3.1 po VŠ-VSS

Kandidat:

Stanislav Leben

Metodologija za izbor optimalne ureditve križišča - preveritev na konkretnem primeru

Diplomska naloga št.: 338

Mentor:
doc. dr. Tomaž Maher

Ljubljana, 28. 5. 2009

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani **STANISLAV LEBEN** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom: »**METODOLOGIJA ZA IZBOR OPTIMALNE UREDITVE KRIŽIŠČA-PREVERITEV NA KONKRETNEM PRIMERU**«.

Izjavljam, da se odpovedujem vsem materialnim pravicam iz dela za potrebe elektronske separatoteke FGG.

Ljubljana, _____2009

IZJAVA O PREGLEDU NALOGE

Nalogo so si ogledali učitelji prometnotehnične smeri:

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 625.739(043.2)
Avtor: Stanislav Leben
Mentor: doc. dr. Tomaž Maher
Naslov: Metodologija za izbor optimalne ureditve križišča-
preveritev na konkretnem primeru
Obseg in oprema: 162 str., 28 pregl., 13 gr., 57 sl., 32 en.
Ključne besede: križišča cest, primerjalni kriteriji, izbor optimalne ureditve
Izveček

Pri novogradnjah ali rekonstrukcijah križišč na cestnem omrežju se vsakokrat soočimo z vprašanjem: »Kakšna ureditev križišča je glede na merodajne kriterije in dane pogoje najustreznejša oziroma se najbolj približa optimalni?«. Pri tem so globalni kriteriji, katerih zahtevam in merilom mora optimalna rešitev križišča ustrezati, naslednji: funkcionalni kriterij, kriterij prepustnosti, prostorski kriterij, prometno-varnostni kriterij, projektno-tehnični kriterij, okoljski kriterij ter ekonomski kriterij. Ugotavljanje primernosti in analiza posameznih ureditev, ter njihova medsebojna primerjava in izbor najustreznejše, bi morali slediti enotnemu postopku oz. metodologiji. Preden se lotimo ugotavljanja primernosti, pa morata biti jasno definirana problematika in cilji preureditve obstoječega ali izgradnje novega križišča. V pričujoči nalogi so najprej opisani posamezni kriteriji, ki jih je potrebno preveriti, nato pa je podan tudi predlog metodologije za izbor optimalne ureditve posameznega križišča v cestnem omrežju. Uporaba predlagane metodologije je v zaključku naloge prikazana tudi na konkretnem primeru štiri-krakega nivojskega križišča državne ceste R3-646/1196 z lokalno cesto LC 138120 pri Šentvidu pri Stični.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 625.739(043.2)
Author: Stanislav Leben
Supervisor: assist. prof. dr. Tomaž Maher
Title: Methodology for selection the optimal road intersection solution-
verification on case study
Notes: 162 p., 28 tab., 13 cha., 57 fig., 32 eq.
Key words: road intersections, evaluation criteria, optimal alternative

Abstract

When building a new or reconstructing an existing intersections on a road network, we always confront with the following question: "What intersection arrangement will provide the most effective solution or the closest to the optimal, according to the given authoritative criteria and conditions?" The global criteria that such optimal solution must satisfy are: functional criteria, capacity criteria, spatial criteria, road-safety criteria, project and technical criteria, environment criteria and criteria of economic viability. A common procedure or methodology should be followed to determine the suitability of the individual alternatives, their mutual comparison and the selection of the most appropriate. To properly resolve this situation, the problem and the objective of comparison and selection should be first clearly defined. This thesis provides a description of global criteria and proposal of a procedure or methodology, which will result in the selection of the optimal alternative of the intersection in the road network. The use of this proposed methodology is presented in the completed thesis on the specific case of the four-leg intersection of state road R3-646/1196 and local road LC138120 at Šentvid pri Stični.

ZAHVALA

Na tem mestu se najprej iskreno zahvaljujem mentorju, doc. dr. Maher Tomažu, ki je s svojo strokovnostjo in izkušnjami vztrajno usmerjal moje delo in razmišljanja proti zastavljenemu cilju.

Neizmerno sem hvaležen svoji ženi Teji za njeno brezmejno potrpežljivost in upanje vame, ter seveda svojima sinovoma Lovru in Binetu, ki sta me venomer nehote priganjala z vprašanjem: »Oči, a si že naredu diplomo?«. Ata Jože, hvala za skrb in spodbudne besede katere tudi sedaj, ko tebe ni več, še naprej neguje tvoja Zalka. Za moralno podporo se zahvaljujem tudi moji mami in vsem ostalim, ki ste mi stali ob strani.

Podjetju Stia d.o.o. ter Direkciji Republike Slovenije za Ceste, se zahvaljujem za možnost uporabe podatkov in dokumentacije v zvezi z obravnavanim konkretnim primerom križišča. Goranu Jovanoviću, direktorju podjetja Appia d.o.o., pa se zahvaljujem za napotke in možnost uporabečasne polno delujoče verzije programske opreme Sidra Intersections.

SPLOŠNO KAZALO

NASLOVNA STRAN	I
IZJAVA O AVTORSTVU	II
IZJAVA O PREGLEDU NALOGE.....	III
BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEČKOM.....	IV
BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION.....	V
ZAHVALA	VI
SPLOŠNO KAZALO	VII
KAZALO VSEBINE	VIII
KAZALO PREGLEDNIC	X
KAZALO GRAFIKONOV.....	XII
KAZALO SLIK	XIII
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	XVI

VSEBINA	1
----------------------	----------

VIRI	158
-------------------	------------

PRILOGE

Priloga A: Šifrant oznak podatkov o prometnih nesrečah

Priloga B: Izvleček iz podatkov štetja prometa na križišču Šentvid pri Stični

KAZALO VSEBINE

1	NAMESTO UVODA	1
1.1	Predstavitev problema	1
1.2	Namen naloge	3
1.3	Struktura naloge.....	4
2	VLOGA IN RAZVRSTITEV KRIŽIŠČ	5
2.1	Razvrstitev križišč glede na prometni režim in hierarhijo vodenja prometa v križiščih	5
2.2	Splošna razvrstitev križišč	7
2.2.1	Zasnova tipskih klasičnih nivojskih križišč in priključkov	8
2.2.2	Krožna nivojska križišča	9
2.2.3	Krožna križišča s spiralnim potekom krožnega vozišča.....	9
2.2.4	Semaforizirana križišča	10
2.2.5	Izvennivojska križišča	11
3	KRITERIJI ZA IZBOR OPTIMALNE UREDITVE KRIŽIŠČA	12
3.1	Kriterij prepustnosti in nivoja uslug	12
3.1.1	Kapaciteta c in stopnja nasičenosti $X=v/c$	13
3.1.2	Zamude in NU	16
3.2	Kriterij prometne varnosti	19
3.2.1	Ugotavljanje prometne varnosti v križiščih.....	20
3.3	Funkcionalni kriterij	35
3.3.1	Tip prometa	35
3.3.2	Vloga križišča	36
3.3.3	Položaj križišča v cestni mreži	37
3.4	Prostorski kriterij	40
3.5	Okoljski kriterij	44
3.6	Ekonomski kriterij	44
3.6.1	Opredelitev obsega in potrebnih podatkov	45
3.6.2	Ekonomska merila	46

3.7	Projektno-tehnični kriterij	51
3.7.1	Postavitev ustrezne prometne signalizacije	54
3.7.2	Dograditev pasov za levo in/ali desno zavijanje	55
3.7.3	Postavitev svetlobno signalnih naprav oz. semaforizacija križišča.....	59
3.7.4	Predelava obstoječega križišča v enega od osnovnih dovoljenih tipov križišč	62
3.7.5	Predelava klasičnega križišča v krožno križišče.....	63
3.7.6	Alternativne ureditve v križiščih	64
3.7.7	Pretvorba klasičnega križišča s SSN v nekonvencionalno obliko križišča	65
3.7.8	Izvennivojske rešitve	71
4	METODOLOGIJA ZA IZBOR OPTIMALNE UREDITVE KRIŽIŠČA.....	75
4.1	Identifikacija problema.....	76
4.2	Identifikacija ciljev ureditve križišča	77
4.3	Študija ureditve križišča	77
4.3.1	Podrobnejši opis posameznih korakov analize križišča	80
5	IZBOR OPTIMALNE UREDITVE KRIŽIŠČA DRŽAVNE CESTE R3- 646/1196 Z LOKALNO CESTO LC 138120.....	100
5.1	Pobuda za ureditev križišča	100
5.2	Identifikacija potreb in ciljev.....	100
5.3	Študija ureditve križišča	101
5.3.1	Lokacija	101
5.4	Predmet projekta.....	104
5.4.1	Opis obstoječega stanja	104
5.4.2	Podatki o prometnih obremenitvah	106
5.4.3	Kapacitetni parametri in nivo uslug	113
5.4.4	Kriterij prometne varnosti	131
5.4.5	Prostorski kriterij	144
5.4.6	Predlog optimalne ureditve križišča	152
6	ZAKLJUČEK Z NAPOTKI ZA NADALJNJE DELO	154

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1.1 Porazdelitev prometnih nesreč glede na kategorijo ceste v obdobju med leti 2003 in 2007	3
Preglednica 2.1 Prometni režim in hierarhija vodenja prometa	6
Preglednica 2.2 Splošna razvrstitev križišč	8
Preglednica 3.7 Kriterij za upravičenost pasov za leve zavijalce.....	56
Preglednica 4.1 Prikaz osnovnih podatkov o krakih križišča.....	80
Preglednica 4.2 Osnovne usmeritve, ki jih je potrebno upoštevati pri analizi križišča.....	89
Preglednica 4.3 Priporočljiva oddaljenost med sosednjimi križišči v odvisnosti od hitrosti .	96
Preglednica 5.1 Prikaz osnovnih podatkov o krakih križišča.....	104
Preglednica 5.3 Podatki o bližnjih dovozih in priključkih	105
Preglednica 5.4 Prikaz nihanja PLDP v obdobju med leti 2000 in 2008 na št. mestu 289	108
Preglednica 5.5 Prognoza PLDP za leto 2020 ob koncu planske dobe z vinjetnim sistemom cestninjenja (sedanje razmere).....	109
Preglednica 5.6 Prognoza PLDP za leto 2020 ob koncu planske dobe brez vinjetnega sistema oz. s ponovno uvedbo cestninjenja na CP Dob	110
Preglednica 5.7 Prikaz kapacitetnih parametrov v jutranji konici med leta 2008 (OK).....	114
Preglednica 5.8 Prikaz kapacitetnih parametrov v popoldanski konici med leta 2008 (OK)	115
Preglednica 5.9 Prikaz kapacitetnih parametrov v jutranji konici leta 2020 (OK).....	116
Preglednica 5.10 Prikaz kapacitetnih parametrov v popoldanski konici leta 2020 (OK).....	117
Preglednica 5.11 Prikaz kapacitetnih parametrov v jutranji konici leta 2020 (KK).....	119
Preglednica 5.12 Prikaz kapacitetnih parametrov v pop. konici leta 2020 (KK).....	120
Preglednica 5.13 Prikaz podatkov o signalnih faza.....	121
Preglednica 5.14 Prikaz kapacitetnih parametrov v jutranji konici leta 2020 (SK)	122
Preglednica 5.15 Prikaz kapacitetnih parametrov v pop. konici leta 2020 (SK).....	123
Preglednica 5.16 Prikaz kapacitetnih parametrov v jutranji konici leta 2020 (NK).....	124
Preglednica 5.17 Prikaz kapacitetnih parametrov v popoldanski konici leta 2020 (NK).....	125
Preglednica 5.18 Statistični podatki o prometnih nesrečah na cesti R3-646/1196 na odseku od km 3.200 do km 3.400 v obdobju 2005-2007	137
Preglednica 5.19 Statistični podatki o poškodovanih in stroških prometnih nesreč na cesti R3-646/1196 na odseku od km 3.200 do km 3.400 v obdobju 2005-2007	137

Preglednica 5.20 Izvleček podatkov prometnih nesreč na cesti R3-646 v km 3,228 v obdobju od 2005 do 2007	138
Preglednica 5.21 Primerjava posameznih rešitev glede na število prometno nevarnih situacij	143

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 3.1 Področje primernosti izvedbe določenega tipa križišča (K-krožno, S-semaforizirano) na dvopasovni cesti (GP in SP) v odvisnosti od urnih prometnih obremenitev	52
Grafikon 3.2 Primerjava uporabnosti različnih križišč glede na dnevno prometno obremenitev	53
Grafikon 3.3 Primerjava različnih tipov urejanja prometa v 4-krakem križišču z vidika zamud	53
Grafikon 3.4 Kriterij za upravičenost pasu za levo zavijanje.....	57
Grafikon 3.5 Kriterij za upravičenost pasov za desne zavijalce v ZDA.....	58
Grafikon 3.6 Kriterij za upravičenost pasov za desne zavijalce v VB	58
Grafikon 4.1 Priporočljiva oddaljenost med sosednjimi križišči v odvisnosti od PLDP	97
Grafikon 5.1 Primerjava stopnje nasičenosti v/c za različne variante ureditve križišča v jutranji konici na koncu planske dobe I. 2020	127
Grafikon 5.2 Primerjava stopnje nasičenosti v/c za različne variante ureditve križišča v popoldanski konici na koncu planske dobe I. 2020	127
Grafikon 5.3 Primerjava stopnje zamud (s) in nivoja uslug (NU) za različne variante ureditve križišča v jutranji konici na koncu planske dobe I. 2020.....	128
Grafikon 5.4 Primerjava stopnje zamud (s) in nivoja uslug (NU) za različne variante ureditve križišča v popoldanski konici na koncu planske dobe I. 2020	129
Grafikon 5.5 Primerjava dolžin kolon (m) za različne variante ureditve križišča v jutranji konici na koncu planske dobe I. 2020	130
Grafikon 5.6 Primerjava dolžin kolon (m) za različne variante ureditve križišča v popoldanski konici na koncu planske dobe I. 2020	130

KAZALO SLIK

Slika 3.1 Postopek za analizo kapacitete in nivoja uslug v križišču s stransko cesto	14
Slika 3.2 Postopek izračuna kapacitetnih parametrov za semaforizirana križišča po HCM 2000	15
Slika 3.3 Teoretične konfliktne točke na značilnih tipih nivojskih križišč	27
Slika 3.4 Zmanjšanje konfliktnih točk na 4-krakem nivojskem križišču	28
Slika 3.5 Konfliktne točke v nivojskem semaforiziranem 4-krakem križišču	30
Slika 3.6 Prikaz pretoka informacij pri uporabi programa SSAM	33
Slika 3.7 Primerjava porabe prostora med 4-krakim izven urbanim eno-pasovnim krožnim in semaforiziranim križiščem s pasovi za levo zavijanje na vseh krakih	41
Slika 3.8 Primerjava porabe prostora med 4-krakim urbanim kompaktnim eno-pasovnim krožnim in semaforiziranim križiščem s pasovi za levo zavijanje na vseh krakih.....	42
Slika 3.9 Načini preureditve obstoječih nedovoljenih tipov križišč v dovoljene tipe	62
Slika 3.10 Shema križišča z U-obračanjem	66
Slika 3.11 Shema križišča »Jughandle«	67
Slika 3.12 Shema križišča s kontinuiranim prometnim tokom »CFI«	68
Slika 3.13 Shema t.i. »kvadrantnega« križišča.....	69
Slika 3.14 Shema t.i. »Superstreet« križišča	70
Slika 3.15 Nesemaforizirano »superstreet« križišče s sredinskim otokom	71
Slika 3.16 Semaforizirano križišče z levim zavijanjem preko sredinskega nadvoza	72
Slika 3.17 Pretvorba nivojskega v dvojno izvennivojsko semaforizirano križišče	73
Slika 3.18 Nesemaforizirano izvennivojsko križanje s parom krožnih križišč	74
Slika 4.1 Predhodni koraki pred izdelavo študije ureditve križišča	75
Slika 4.2 Metodologija za izbor optimalne ureditve križišče	79
Slika 4.3 Vzorec kolizijskega diagrama prometnih nesreč.....	84
Slika 5.1 Pregledna situacija cestnega omrežja	102
Slika 5.2 Prikaz obstoječega stanja.....	102
Slika 5.3 Digitalni orto-foto posnetek območja križišča	103
Slika 5.4 Prikaz prometnih obremenitev na dan štetja 4.9.2008	106
Slika 5.5 Prikaz lokacije števnege mesta.....	107
Slika 5.6 Prikaz prometnih tokov na dan štetja 4.9.2008	109

Slika 5.7 Prikaz prometnih tokov ob koncu planske dobe leta 2020.....	110
Slika 5.8 Prikaz prometnih tokov v jutranji konici leta 2020 za hipotetični primer.....	111
Slika 5.9 Prikaz kapacitetnih parametrov v jutranji konici leta 2020 za hipotetični primer ..	111
Slika 5.10 Prikaz prometnih tokov v popoldanski konici leta 2020 za hipotetični primer.....	112
Slika 5.11 Prikaz kapacitetnih parametrov v popoldanski konici leta 2020 za hipotetični primer	112
Slika 5.12 Shema obstoječega križišča in model obstoječega križišča s prikazom posameznih smeri možnih premikov skladno s HCM 2000	113
Slika 5.13 Shema obstoječega krožnega križišča (KK).....	119
Slika 5.14 Shema semaforiziranega križišča	121
Slika 5.15 Shema preurejenega nesemaforiziranega križišča.....	124
Slika 5.16 Prikaz prometnih tokov v jutranji konici leta 2020	126
Slika 5.17 Prikaz prometnih obremenitev v popoldanski konici leta 2020	126
Slika 5.18 Pogled proti križišču iz lokalne ceste in smeri kraka B-Glogovica (viden je očiten zamik osi glede na krak iz smeri D-Šentvid).....	132
Slika 5.19 Pogled iz kraka B-Glogovica v smeri kraka C-Pluska (preglednost zmanjšuje obstoječa stanovanjska hiša).....	132
Slika 5.20 Pogled iz kraka B-Glogovica v smeri kraka A-Ivančna Gorica (preglednost zmanjšuje obstoječa prometna in neprometna signalizacija)	133
Slika 5.21 Pogled iz kraka D-Šentvid v smeri križišča (opazen je oster kot priključevanja, ki ovira preglednost pri vključevanju na regionalno cesto; zaradi zamika osi zahteva vključevanje v križišče veliko pozornosti, previdnosti in potrpežljivosti).....	133
Slika 5.22 Pogled iz kraka D-Šentvid v smeri kraka C-Pluska (preglednost omejuje rastlinje in oster kot priključevanja)	134
Slika 5.23 Pogled iz kraka C-Pluska v smeri križišča oz. Ivančne Gorice (prometno varnost zmanjšujejo dovozi v neposredni bližini križišča; zaradi obstoječih objektov in rastlinja je križišče slabo zaznavno).....	134
Slika 5.24 Pogled iz kraka A-Ivančna Gorica v smeri križišča oz. Pluske (prometno nevarni dovoz k kmetijskim poslopjem; zaradi ugodnih horiz. in vertik. elementov velike hitrosti) .	135
Slika 5.25 Prikaz celodnevni prometnih obremenitev na dan 4.9.2008	140
Slika 5.26 Prikaz števila konfliktnih situacij na obstoječem klasičnem 4-krakem križišču...	140
Slika 5.27 Prikaz števila konfliktnih situacij na enopasovnem krožnem križišču.....	141

Slika 5.28 Prikaz števila konfliktnih situacij na križišču z dodanimi pasovi za leve zavijalce na GP za prometne obremenitve na dan 4.9.2008.....	142
Slika 5.29 Prikaz števila konfliktnih situacij na križišču z dodanimi pasovi za leve zavijalce na GP in postavitvijo SSN za prometne obremenitve na dan 4.9.2008.....	143
Slika 5.30 Prikaz poteka obstoječe javne gospodarske infrastrukture.....	145
Slika 5.31 Prikaz zavarovanih območij in enot KD	146
Slika 5.32 Prikaz rabe kmetijskih zemljišč.....	147
Slika 5.33 Prikaz porabe prostora za klasično križišče s pasovi za leve zavijalce na GPS	149
Slika 5.34 Prikaz porabe prostora za enopasovno izven urbano krožno križišče.....	150
Slika 5.35 Prikaz hipotetičnih variant možnih lokacij krožnega križišča.....	151
Slika 5.36 Predlog optimalne ureditve križišča z vidika prometne varnosti in prepustnosti..	153

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

DRSC	Direkcija Republike Slovenije za ceste
RS	Republika Slovenija
ZVCP	Zakon o varnosti cestnega prometa
SSN	svetlobno signalne naprave
NU	nivo uslug
HCM	Highway Capacity Manual
HCS	Highway Capacity Software
PHF	peak flow factor (faktor konične ure)
GP	glavna prometnica
SP	stranska prometnica
MP	Ministrstvo za promet
SPV	stopnja prometne varnosti
SSAM	Surrogate Safety Assesment Model
MNZ	Ministrstvo za notranje zadeve
PNS	prometno nevarna situacija
GPS	glavna prometna smer
SPS	stranska prometna smer
MUTCD	Manual on Uniform Traffic Control Design
CFI	continuous flow intersection (križišče s kontinuirnim prometnim tokom)
ICE	intersecton control evaluation (študija ureditve križišča)
BCP	baza cestnih podatkov
PHV	percent heavy vehicle (delež tovornih vozil)
LOS	level of service (nivo uslug)
OK	obstoječe križišče
KK	krožno križišče
SK	semaforizirano križišče
NK	nesemaforizirano križišče

1 NAMESTO UVODA

Če se skušamo za trenutek vživeti v vlogo vesoljskega bitja, ki iz zraka opazuje množico pisanih oklepnikov, drvečih en proti drugemu naravnost, z leve ali z desne s hitrostjo 1.057×10^{-11} ¹ svetlobnih let/h, bi se kaj hitro lahko vprašali: »Kaj jim pa je, da se takole poigravajo s teorijo verjetnosti!?!«. Dokler zemljani ne bomo izumili teleportiranja ali katerega od drugih nemogočih pojavov, se bomo žal morali vsakodnevno igrati t.i. »rusko ruleto« na vedno bolj nasičenih cestah in križiščih. Prometni strokovnjaki se bodo do tedaj še naprej ukvarjali s križišči in izumljali vedno bolj sofisticirane oblike le teh, vse s ciljem, da se v prometu drug drugemu, vsak s svojim oklepnikom, čim lažje, hitreje in na čim varnejši način izognemo.

Naj bo to še ena izmed nalog, ki se ukvarjajo s postopkom izbora oblike in ureditve križišča, ki bo izbrano rešitev najbolj približal zgoraj omenjenemu cilju.

1.1 Predstavitev problema

K preureditvi križišča običajno pristopamo, ko se v posameznem križišču pojavijo zastoji, kolone in prekomerne časovne zamude ali pa problem nakaže povečano število prometnih nesreč. V nekaterih primerih lahko opisano problematiko rešimo že z manjšimi korekcijami in dopolnitvami, pri drugih pa lahko ustrezna rešitev zahteva temeljito rekonstrukcijo križišča. Običajno imamo pri tem na voljo več različnih načinov ureditve križišča oz. več variant, naša naloga pa je, da glede na funkcijo in napovedane prometne obremenitve izberemo takšno vrsto križišča, ki bo v planski dobi zagotavljala ustrezno raven prometne varnosti, zadostno prepustnost in predpisan nivo uslug. Da bi lahko našli rešitev, ki bo v danem križišču zadostila navedenim pogojem, je potrebno posamezne variante med seboj primerjati na podlagi več različnih kriterijev. Osnovni oz. globalni kriteriji, ki se pri analizi križišč običajno preverjajo so: funkcionalni kriterij, kriterij prepustnosti, prostorski kriterij, kriterij prometne varnosti, projektno-tehnični kriterij, ter okoljski in ekonomski kriterij.

¹ 100 km = 1.05702×10^{-11} svetlobnih let

Zaradi specifičnosti posameznih primerov, velikega števila kriterijev ter omejenih finančnih sredstev, se v praksi izbor ureditve križišča pogosto omeji le na enega izmed kriterijev npr. pretočnost oz. prepustnost. Takšno križišče pa se lahko kasneje, ob povečanju prometnih obremenitev, izkaže za prometno zelo nevarno. Naknadni »lepotni popravki« investicijo običajno zelo podražijo, situacija pa se lahko zaplete v primeru, ko bi se pri iskanju vzrokov za posamezno prometno nesrečo izkazalo, da je vzrok zanjo pomanjkljiv in nedosleden postopek ter izbor neustrezne ureditve križišča. Za takšne primere bi upravljalec ceste oz. križišča moral razpolagati z ustreznim elaboratom oz. študijo, ki dokazuje, da je bila v danih pogojih med možnimi rešitvami izbrana najustreznejša.

Ugotavljanje primernosti posameznih rešitev in predlogov ter njihova medsebojna primerjava se v praksi sicer izvaja, vendar na različnih nivojih in v različnem obsegu. DRSC (Direkcija Republike Slovenije za ceste) pri urejanju križišč na državnih cestah uporablja interno sprejeto navodilo za izdelavo študije upravičenosti, ki jo je pri določanju optimalne rešitve potrebno upoštevati. Za ugotavljanje upravičenosti krožnih križišč se uporabljajo splošna navodila, ki so podana v posebni brošuri o krožnih križiščih, ki jo je izdala DRSC. Poleg prej omenjenega navodila je pri investicijskih projektih za državne ceste, tako pri novogradnjah, kot pri investicijskem vzdrževanju, potrebno upoštevati tudi Uredbo o metodologiji za pripravo in obravnavo investicijske dokumentacije na področju državnih cest (Ur.l. RS, št. 124/2007).

Ob pojavu krožnih križišč in dejstvu, da so prometno varnejša in imajo praviloma večjo prepustnost kot ostali tipi križišč, so le ta ob rekonstrukcijah zamenjala zelo veliko število klasičnih križišč. Krožna križišča pa imajo, kljub splošnem dobrem glasu, ob nepremišljeni uporabi tudi svoje slabosti.

Križišča so sestavni del vseh javnih cest, zato mora biti postopek izbora optimalne ureditve križišča takšen, da bo uporaben tako za državne kot tudi občinske ceste. Občinske oz. lokalne ceste so v osnovi sicer manj prometne vendar, kot potrjuje kvantitativna analiza varnosti v cestnem prometu na cestnem omrežju v RS (Republiki Sloveniji) (Bogo Brvar et. al., 2008), število prometnih nesreč na lokalnih cestah, ob občutno manjšem PLDP (povprečni letni dnevni promet), ne odstopa bistveno od števila nesreč na regionalnih cestah.

V analizi je bilo opazovano obdobje med leti 2003-2007, ko se je na slovenskih cestah zgodilo 177,224 vseh prometnih nesreč. Porazdelitev in deleži glede na kategorijo ceste so razvidni iz preglednice 1.1.

Preglednica 1.1 Porazdelitev prometnih nesreč glede na kategorijo ceste v obdobju med leti 2003 in 2007

	Delež prometnih nesreč	Delež PN (prometnih nesreč) s poškodbo in smrtnim izidom	Razvrstitev cest glede na velikost deleža PN
Naselje z uličnim sistemom	46	40	1
Naselje brez uličnega sistema	12.4	13.4	2
R-II	6.7	8.4	3
G-I	7.2	7.9	4
R-I	5.3	6.7	5
LC	5.1	6.3	6
R-III	4.9	6.2	7
G-II	4.1	4.9	8
AC	5.5	4.1	9
HC	2.5	1.6	10
Turistične ceste	0.4	0.5	11
	100.10	100,00	

Iz navedenega in predpostavke, da je PLDP na državnih cestah večji kot na občinskih cestah lahko zaključimo, da je delež prometnih nesreč oz. kvocient med številom prometnih nesreč in PLDP oziroma število PN/vozilo na lokalnih cestah celo večji, kot na ostalih državnih cestah.

1.2 Namen naloge

Namen naloge je, upoštevajoč opisano problematiko, predlagati ustrezno metodologijo izdelave študije za izbor optimalne ureditve križišča na javnih cestah v Republiki Sloveniji. Metodologija naj temelji na preveritvi osnovnih globalnih kriterijev ter primerjavi posameznih možnih načinov ureditve križišča glede na predhodno določene mejne vrednosti posameznih meril. Uporabnost tako izdelane metodologije se preveri in prikaže na praktičnem primeru analize obstoječega nivojskega, štiri-krakega in ne-semaforiziranega križišča državne ceste R3-646/1196 in lokalne ceste LC 138120.

1.3 Struktura naloge

Nalogo sestavljajo : uvod, teoretične osnove, jedro naloge ter prikaz rezultatov z zaključkom in napotki za nadaljnje delo.

V uvodu je opisan problem in namen naloge ter struktura naloge.

V poglavju teoretične osnove je prikazana splošna razvrstitev križišč in priključkov skladno s TSC 03.344 in TSC 03.341 , ki se uporabljajo pri načrtovanju novih in rekonstrukciji obstoječih križišč. Opisani so različni načini urejanja prometa v križiščih in značilnosti posameznih prometnih režimov. V nadaljevanju so nato podrobneje opisani posamezni globalni kriteriji, ki jih je potrebno pri izboru optimalne ureditve križišča preveriti in sicer: funkcionalni kriterij, kriterij prepustnosti, kriterij prometne varnosti, projektno-tehnični kriterij, prostorski kriterij, okoljski kriterij ter ekonomski kriterij.

V jedru naloge je izdelan predlog enotne metodologije za izbor optimalne ureditve križišča s podrobnejšim opisom posameznih faz procesa. Izdelana metodologija je na koncu prikazana in preverjena na konkretnem realnem križišču. Za potrebe primerjave variant so pridobljeni vhodni podatki o geometriji križišča, lokaciji in prometnih obremenitvah ter izdelane idejne zasnove ureditve križišča v več variantah. Analiza kapacitete posameznih variant ureditve križišča je izdelana s pomočjo računalniškega programa SIDRA Intersection verzija 3.2. Prometna varnost je bila analizirana po metodologiji, kot jo predlagajo v primerjalni analizi Tollazi T. et al., 2007. Na koncu študije obstoječega križišča so prikazani rezultati analize, argumenti za izbrano ureditev ter napotki ob morebitni rekonstrukciji obravnavanega križišča.

V zaključku so podane splošne ugotovitve in napotki za nadaljnje delo pri uporabi metodologije.

2 VLOGA IN RAZVRSTITEV KRIŽIŠČ

Križišča predstavljajo v cestnem omrežju točke, ki zagotavljajo delovanje prometnega sistema. Njihova naloga je, da omogočajo distribucijo uporabnikov v želenih smereh gibanja, kar pa od le teh zahteva ustrezen manever (upočasnitev, zavijanje, zaviranje, križanje poti) in usklajeno ravnanje vseh udeležencev v prometu. Vsi naštetih manevri se morajo izvršiti na relativno majhnem prostoru z medsebojnimi konfliktnimi točkami, katerih število je odvisno od števila in vrste križajočih se cest, ter tipa in oblike križišča. Na delovanje križišča pa poleg navedenega vplivajo tudi način urejanja prometa, voznik s svojimi psihofizičnimi sposobnostmi, poznavanjem in predvsem spoštovanjem pravil vožnje in predvsem velikost posameznih prometnih tokov, katerih poti se v križišču križajo, združujejo, odcepljajo in prepletajo.

2.1 Razvrstitev križišč glede na prometni režim in hierarhijo vodenja prometa v križiščih

Prometni režim je skupek mer in ukrepov, ki so nujni za uspešno prometno-tehnično urejanje poteka prometa v križiščih. V skladu z razvojem cestnega prometa so se razvijali tudi predpisi, ki urejajo pravila gibanja po javnih cestah. V RS je pri vožnji na javnih cestah potrebno upoštevati pravila, ki so zapisana v ZVCP (Zakon o varnosti cestnega prometa). Osnovno pravilo, ki nam pomaga pri prometnem urejanju križišč je desno pravilo, ki v križišču daje prednost vozilu, ki prihaja z desne strani. Prometno-tehnično pravilno ureditev križišča oz. njegov prometni režim moramo torej definirati pred in tudi v času samega gradbeno-tehničnega oblikovanja križišča. Pri tem je nujno potrebno upoštevati internacionalnost cestnega prometa in predvideti ukrepe, ki so v skladu z domačimi in mednarodnimi predpisi s področja varnosti cestnega prometa. Osnovni ukrepi za prometno-tehnično pravilno ureditev prometa so odvisni predvsem od prometnih obremenitev. V splošnem se prometni režim v križiščih ureja na več nivojih, ki jih lahko hierarhično razporedimo, kot je prikazano v preglednici 2.1.

Preglednica 2.1 Prometni režim in hierarhija vodenja prometa

Nivo	Vrsta prometnega vodenja	Opis prometnega vodenja
1. Nivo	Brez prometne signalizacije	Prometna pravila: - desni ima prednost - prednost vozil, ki vozijo naravnost in desno pred vozili, ki zavijajo levo
2. Nivo	Določitev prednostne smeri s prometnimi znaki: - znak II-1 »Križišče s prednostno cesto« na cesti nižjega ranga - znak II-2 »Ustavi!« na cesti nižjega ranga	Upoštevanje prometne signalizacije in prometnih pravil v kolikor ni s prometnimi znaki ukazano drugače: - prednost vozil na cesti (kraku) višjega ranga oz. prednost vozil v krožnem toku v krožnih križiščih - obvezno zaustavljanje prometnega toka na kraku z znakom "ustavi"
3a. Nivo	SSN (svetlobno signalne naprave)	Upoštevanje SSN in prometnih pravil v kolikor ni s prometnimi znaki ukazano drugače: - desno pravilo velja le v križišču enakovrednih cest ob utripajoči rumeni luči na vseh kakih - absolutna prednost vozil v zeleni fazi pred vozili v rdeči fazi - desni ima prednost - prednost vozil v zeleni fazi, ki vozijo naravnost in desno pred vozili, ki zavijajo levo
3b. Nivo	Prometna policija	- samo upoštevanje znakov, ukazov in odredb policista

Izbor ustreznega nivoja je odvisen od tega, katere in koliko konfliktnih točk oziroma situacij je voznik sposoben zaznati in se jim je ob upoštevanju pravil in uporabi lastne presoje izogniti. Kdo in kdaj ima v križišču prednost, je tako za voznika začetnika, kot tudi izkušenega voznika zelo nazorno, slikovito in zanimivo prikazano tudi v brošuri Kdo ima prednost? (Primotehna, 2009).

Prometna signalizacija ali postavitve SSN je potrebna, ko od voznikov ni mogoče pričakovati, da bodo v dani situaciji sposobni konflikt zaznati in se mu uspešno izogniti. Na voznikovo sposobnost, da se pravočasno izogne konfliktnim situacijam vplivata predvsem dva dejavnika:

1 – voznik mora imeti možnost, da eventualni konflikt pravočasno opazi in izvede ustrezen manever izogibanja, kar je odvisno od preglednosti v križišču in pogojev za izvedbo manevra,

2 – prometni volumen mora omogočati sprejemljiv razmak za varen manever, kar je odvisno od kompleksnosti možnega konflikta in razpoložljivosti ustreznega razmaka oz. vrzeli.

Za pravilno ravnanje uporabnikov prometnih površin je pomembno, da lahko z enim pogledom zajamejo celotno križišče in dogajanje v njem. To lahko dosežemo takrat:

- ko z ustreznim gradbenim oblikovanjem križišča (enotnost gradnje in uporabe, hitra in jasna orientacija) zagotovimo da je vodenje prometa dovolj jasno izraženo in razumljivo,
- z uporabo enostavnih oblik križišč,
- ko so posamezni tokovi tehnično in optično dobro vodeni in
- kadar pešci in kolesarji z lahkoto najdejo svojo pot v križišču (oznake).

Če vsega tega ne dosežemo že pri gradnji novega križišča, so potrebni posebni naknadni ukrepi, ki pa so običajno dosti dražji in dosti bolj komplicirani.

2.2 Splošna razvrstitev križišč

Tipske rešitve pri oblikovanju križišč so namenjene prometno-tehničnim strokovnjakom, saj jim omogočajo (ali lajšajo) delo pri oblikovanju križišč, izdelavi analiz in študiji pravilnosti in upravičenosti določene projektne rešitve križišča, kot tudi udeležencem v prometu, saj le-ti, glede na kategorijo ceste po kateri vozijo, pričakujejo temu primerno opremljenost križišča. Pod opremljenost križišča v tem primeru razumemo minimalno, tipično oz. posebno opremo, kot tudi število voznih pasov za posamezne smeri vožnje.

Naloga tipiziranja križišč je torej sistematično združevanje križišč z enakimi pogoji in enakimi potrebami. Razvrstitev križišč izvajamo glede na različna merila, kot je razvidno iz preglednice 2.2:

Preglednica 2.2 Splošna razvrstitev križišč

MERILO	VRSTA
Položaj v globalnem cestnem omrežju	- odvisno od kategorije cest, ki se križata
Način vodenja prometnih tokov	- nivojska - prekinjeno ali neprekinjeno - izven nivojska
Število krakov križišča in oblika	- trikraka - T - Y - križišča - štirikraka $\frac{+}{+}$ ali X - večkraka krožna križišča in krožna križišča s spiralnim tokom
Vrsta udeležencev, ki nastopajo v križiščih	- polna - motorna vozila, kolesarji in pešci - nepopolna (izolirane skupine udeležencev prometa)
Lokacija križišča	- izven naselja (ruralna) - v naselju (urbana)

2.2.1 Zasnova tipskih klasičnih nivojskih križišč in priključkov

Nivojska križišča dobimo pri spajanju treh, štirih ali več cest oz. s križanjem dveh cest. Glede na velikost kota, ki ga križajoče se smeri oklepajo, jih delimo na pravokotna in na poševnokotna križišča. Latentna nevarnost je pri štiri-krakih križiščih mnogo bolj izražena kot pri tri-krakih križiščih, saj imajo normalne izvedbe kar nekajkrat več konfliktnih točk. Poševnokotnih (Y ali X) križišč se načeloma izogibamo. Če jih izjemoma le uporabljamo, pa moramo posvetiti vso pozornost kanaliziranju prometnih tokov. Za nivojska križišča so zasnovane posamezne tipske rešitve, ki se ločijo glede na rang križajočih se cest, število krakov, način urejanja prometa in prometni volumen. Podrobnejše informacije o tem so podane v TSC 03.344 (predlog, januar 2003).

2.2.2 Krožna nivojska križišča

Po definiciji je krožno križišče kanalizirano križišče krožne oblike z nepovoznim, delno povoznim ali prevoznim sredinskim otokom, ter krožnim voziščem v katerega se steka tri ali več krakov cest in ki ima skupno središče zunanjega in notranjega premera ter krožnih prometnih pasov (koncentrični krogi).

Zaradi svoje funkcionalnosti, prometne varnosti in kapacitete, se krožna križišča ob izpolnjevanju predhodnih zahtev lahko uporabljajo predvsem v križiščih kjer:

- se osi priključnih krakov sekajo pod ostrim kotom (Y, X, K, A),
- dovod električne energije za semaforizacijo ni ekonomsko upravičen,
- je majhno število levih zavijalcev,
- želimo povečati prometno varnost,
- se križajo ceste s približno enakimi prometnimi obremenitvami,
- se v križišču križa 5 ali več krakov,
- semaforizacija na podlagi kriterija prepustnosti ni upravičena, je pa presežena kapaciteta nesemaforiziranega križišča.

Podrobnejše informacije o krožnih križiščih so podane v TSC 03.341:2002 Krožna križišča in začasnih navodilih DRSC, s katerimi se spreminjajo nekateri elementi krožnih križišč.

2.2.3 Krožna križišča s spiralnim potekom krožnega vozišča

Od nedavnega smo v Sloveniji bogatejši še za en tip križišča t.j. t.o. »turbo« križišče. Eno se nahaja v Kopru, drugo v Mariboru, kar nekaj pa jih je že v gradnji. V primeru dvopasovnih krožnih križišč in dvopasovnih uvozov prihaja v primeru večjih prometnih obremenitev do prekomernega števila konfliktnih situacij zaradi medsebojnega prepletanja poti posameznih vozil. Na nizozemskem (Fortuijn, 2007) se je zato porodila ideja o zmanjšanju možnosti prepletanja in posledično konfliktnih točk s fizično ločitvijo posameznih pasov.

Razvit je bil nov tip krožnega križišča oz. t.i. krožno križišče s spiralnim potekom krožnega prometa. Po definiciji dr. Tollazzi T. (2008), je krožno križišče s spiralnim potekom krožnega vozišča posebna vrsta večpasovnega krožnega križišča, pri katerem so nekateri smerni tokovi medsebojno ločeni oz. so vodeni po fizično ločenih prometnih pasovih. V krožnem križišču s spiralnim potekom krožnega vozišča so prometni tokovi vodeni ločeno že pred uvozom v krožno križišče, ločene pasove zasedajo ves čas vožnje skozi krožno križišče, ločeno pa so prometni tokovi vodeni tudi na izvozu iz krožnega križišča. Fizična ločenost prometnih pasov je prekinjena le na mestih predvidenega uvažanja (notranji krožni prometni pas) v krožno križišče. Fizično ločevanje se doseže z elementi posebne oblike, ki ovirajo (ne pa tudi preprečujejo) menjavo prometnih pasov v krožnem vozišču (sl. 2.17). Podrobnejše informacije o delitvi »turbo« križišč, ter geometrijskih elementih in ostalih značilnostih so podane v Strokovnih podlagah za izdelavo tehnične specifikacije za projektno tehnično in prometno tehnično dimenzioniranje krožnih križišč s spiralnim potekom krožnega vozišča (Tollazzi T., et al., 2008).

2.2.4 Semaforizirana križišča

Svetlobno signalne naprave oz. semaforji so običajna oblika urejanja prometa, ki omogoča vzajemno uporabo vozniških površin s časovno delitvijo navzkrižnih prometnih tokov. So ena izmed najučinkovitejših načinov urejanja prometa v križiščih. Pri zagotavljanju večje prometne varnosti v križišču imajo semaforji velik pomen, saj običajno eliminirajo nekatere ključne konfliktno točke oz. zmanjšujejo število in resnost prometnih nesreč. Ker pa časovna delitev prometnih tokov pomeni tudi večanje zamud, se SSN postavijo le na križiščih, kjer je to potrebno in upravičeno. Delovanje in lociranje semaforjev mora biti zato zelo skrbno načrtovano. V posameznih primerih sta si potreba po večji kapaciteti in večji prometni varnosti nasprotno diametralni. V kolikor hočemo zadostiti povečani prepustnosti, moramo po drugi strani zmanjšati zahteve pri zagotavljanju prometne varnosti. Pomembno je torej razumeti, do katere stopnje semaforji ob sprejemljivih zamudah še lahko hkrati zagotovijo zahtevano prepustnost in prometno varnost. Slabo načrtovan fazni program ali pa nepotreben semafor lahko zmanjšajo učinkovitost in/ali prometno varnost križišča. S pravilno zasnovano in programirano SSN pa lahko zagotovimo eno ali več naslednjih koristi:

1. Zagotavljanje urejenega in učinkovitega usmerjanja gibanja pešcev;
2. Učinkovito maksimiranje prometnih volumnov, ki so oskrbovani v križišču;
3. Zmanjšanje pogostosti in teže nekaterih vrst nesreč;
4. Zagotavljanje ustreznega nivoja dostopnosti pešcem in prometu s stranske ceste.

2.2.5 Izvenivojska križišča

Izvenivojske oz. večnivojske priključke in vozlišča uporabljamo na stičiščih cest istega ali različnega ranga, kjer so zaradi ranga povezave cest v mreži ali zaradi velikosti prometnih tokov nivojska križanja nedopustna. Preden pa se odločimo za tovrstno križišče je potrebno investicijo upravičiti tudi z vidika stroškov in koristi ter preveriti ali je mogoče z ukrepi v zaledju obravnavanega križišča (preusmeritev prometa, ukinitvev ali nadomestitev posameznih cestnih povezav,...) eliminirati vzroke za prekomerne prometne obremenitve na obravnavanem križišču. Podrobnejše informacije o večnivojskih priključkih in vozliščih so podane v TSC 03.343 (predlog, februar 2002):

3 KRITERIJI ZA IZBOR OPTIMALNE UREDITVE KRIŽIŠČA

V nadaljevanju so opisani globalni kriteriji na podlagi katerih se preverja ustreznost uvedbe novega ali preureditve obstoječega križišča in primerja različne načine ureditve križišča med seboj:

1. kriterij prepustnosti in nivoja uslug,
2. kriterij prometne varnosti,
3. funkcionalni kriterij,
4. projektno-tehnični kriterij,
5. prostorski kriterij,
6. okoljski kriterij in
7. ekonomski kriterij.

Vsak od naštetih kriterijev lahko vpliva tako na upravičenost posamezne rešitve ali ureditve, kot tudi na njeno izvedljivost. Ker so nekateri od kriterijev kvantitativni (prepustnost, prometna varnost, ekonomski kriterij), drugi pa opisni (funkcionalnost, projektno-tehnični, prostorski in okoljski kriterij), sta njihova neposredna primerjava in razvrščanje po pomembnosti nemogoča. Podlago za preveritev ostalih kriterijev v principu predstavljata prepustnost oz. kapacitetni parametri ter raven prometne varnosti.

3.1 Kriterij prepustnosti in nivoja uslug

Kriterij prepustnosti pomeni ugotavljanje ravni prepustnosti križišča in temu primerna kontrola ter izbira elementov križišča (števila prometnih pasov, preveritev potrebe po usmerjevalnih pasovih, izbira načina vodenja prometnih tokov). Pri oceni prepustnosti in delovanja križišča je potrebo preveriti naslednja merila uspešnosti oz. kapacitetne parametre:

- razmerje v/c oz. stopnja izkoriščenosti kapacitete za posamezno smer,
- povprečna zamuda/vozilo za posamezno smer in NU (nivo uslug),
- povprečna dolžina kolon in 95-ti percentil dolžine kolon,
- število ustavljanj idr..

3.1.1 Kapaciteta c in stopnja nasičenosti $X=v/c$

Prepustnost križišča (voz/h) je definirana s številom vozil, ki lahko prevozijo križišče v časovni enoti in se računa za posamezne smeri. Kapaciteta c (voz/h) je maksimalno število vozil, ki ob danih prometnih pogojih prevozi križišče v časovni enoti v obravnavani smeri.

V praksi se za izračun kapacitete, stopnje izkoriščenosti kapacitete, zamud in nivoja uslug križišč uporablja metoda, ki je opisana v ameriškem priročniku za izračun kapacitete prometnic HCM 2000 (Highway Capacity Manual).

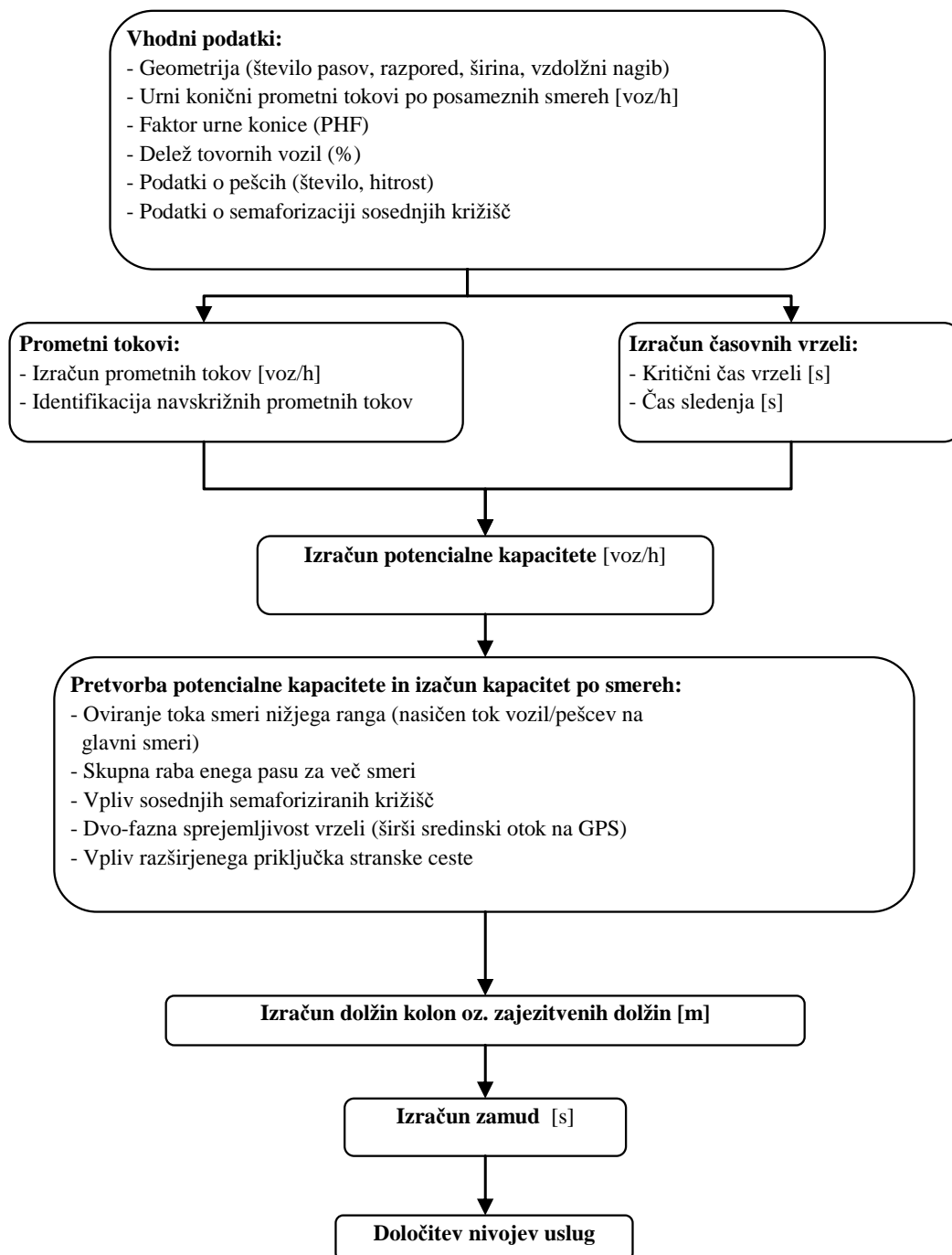
Uporaba HCM je za izračun prepustnosti in nivoja uslug predpisana tudi s Pravilnikom o projektiranju cest (Ur.l. RS, št. 91/2005, 26/2006). Shema postopka za izračun kapacitete in nivoja uslug za nesemaforizirana križišča je prikazana na sliki 3.1 za semaforizirana križišča pa na sliki 3.2.

Zelo pomemben parameter predstavlja razmerje med dejanskim volumnom vozil v (voz/h) in kapaciteto c (voz/h) oz. stopnja nasičenosti prometnega toka $X = v/c$, ki nam pove kolikšna je izkoriščenosti kapacitete. Običajno je delovanje križišča ustrezno v kolikor je $v/c < 0.85$. Razmere v odvisnosti stopnje nasičenosti so prikazane v preglednici 3.1.

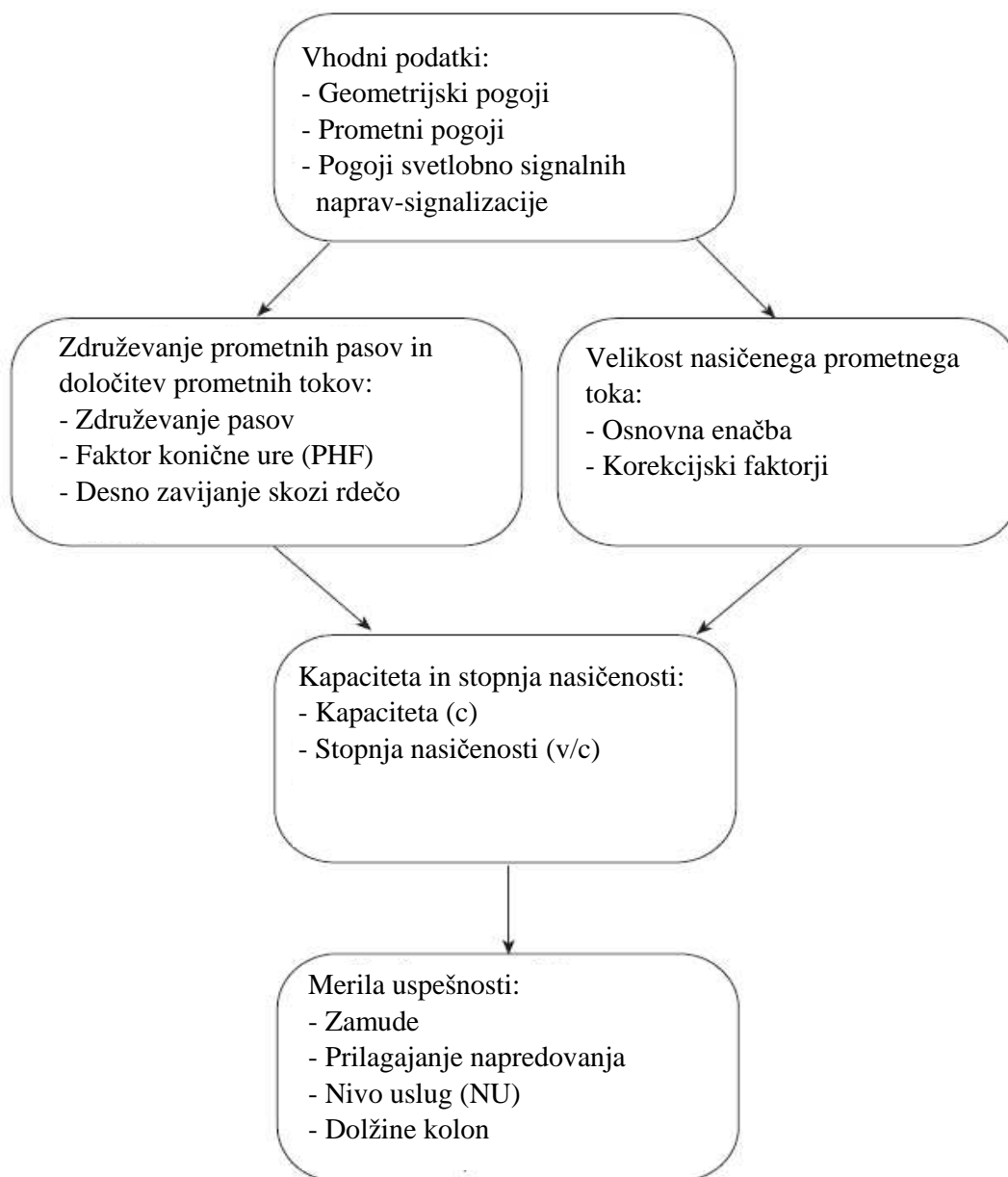
Preglednica 3.1 Opis pragov nasičenosti in ocena razmer v križišču

Kritična stopnja nasičenosti v/c	Ocena razmer
< 0.85	Križišče deluje pod kapaciteto brez daljših zamud.
0.85-0.95	Križišče deluje blizu kapacitete. Pričakovane so lahko daljše zamude vendar brez naraščajočih kolon.
0.95-1.0	Nestabilen prometni tok ki povzroča širok spekter zamud. Kmalu bodo v križišču potrebni ukrepi s ciljem preprečevanja prekomernih zamud.
> 1.0	Prometne zahteve presegajo razpoložljivo kapaciteto križišča. Pričakovati je prekomerne zamude in nastanek kolon.

(Vir: prirejeno po <http://www.tfrc.gov/safety/pubs/04091/07.htm>)



Slika 3.1 Postopek za analizo kapacitete in nivoja uslug v križišču s stransko cesto
(vir: Prirejeno po HCM 2000, 17-1)



Slika 3.2 Postopek izračuna kapacitetnih parametrov za semaforizirana križišča po HCM 2000 (vir: HCM 2000, 16-1)

Poudariti je potrebno, da se lahko nesprejemljive zamude pojavijo tako v situacijah, kjer je kapaciteta nezadostna kot tudi v križiščih, kjer je kapaciteta zadovoljiva. Zamude in NU so tako kot kapaciteta kompleksne spremenljivke odvisne od vrste prometnih in cestnih pogojev ter pri semaforiziranih križiščih tudi pogojev signalizacije. Metode analize, ki so podane v HCM so uporabne za oceno delovanja križišča in za preliminarno določitev faktorjev, ki so vzrok morebitnim težavam.

Za izračun navedenih parametrov je zelo razširjena in priporočljiva tudi uporaba računalniških programov, saj omogočajo enostaven, hiter in pregleden izračun in izpis rezultatov. Programi, ki so dostopni in pogosto uporabljeni tudi na slovenskem tržišču so predvsem aaSidra, Synchron in HCS (Highway capacity software) v tujini pa tudi HiCap 2000, Kriesel, Rodel in drugi. V tej nalogi je bil za izračun kapacitetnih parametrov uporabljen računalniški program Sidra Intersection, ki je po dostopnih podatkih tudi najbolj razširjen pri izdelavi tovrstnih analiz. Program Sidra (Akcelik & Associates Pty Ltd) med drugim omogoča enostavno pretvorbo npr. nesemaforiziranega križišča v krožno križišče ali semaforizirano križišče in obratno. Na podlagi takšne pretvorbe je možna zelo hitra in neposredna primerjava rezultatov med posameznimi načini ureditve križišča z vidika kapacitetnih parametrov oz. kriterija prepustnosti. Program Sidra je zasnovan kot makrosimulacijski model. Za zahtevnejše rešitve z več križišči, pa se uporabljajo tudi mikrosimulacijski modeli, med katerimi sta v Sloveniji najbolj razširjena računalniška programa VISSIM nemškega podjetja PTV in pa Paramics.

3.1.2 Zamude in NU

NU je kvalitativna mera, ki označuje skupek pogojev vožnje skozi križišče. Bistven parameter, ki vpliva na nivo uslug je zamuda, ki se ustvari pri vožnji posameznega vozila skozi križišče ob določeni količini prometa. Določa se za vsak posamezni manever vozila posebej. Novo križišče ali rekonstrukcija obstoječega križišča se skladno s Pravilnikom o projektiranju cest projektira z elementi, ki zagotavljajo na koncu planskega obdobja za vse manevre nivo uslug, kot je prikazano v preglednici 3.2:

Preglednica 3.2 Zahtevan nivo uslug za vse manevre v križišču na koncu planskega obdobja

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

(Vir: Pravilnik o projektiranju cest, Ur.l. RS, št. 91/05, 26/06)

Nivoji uslug in posameznim nivojem pripadajoče vrednosti zamud so podrobneje opisani v preglednici 3.3.

Nivo uslug predstavlja mero za sprejemljivost zamud na obravnavanem križišču z vidika posameznega voznika. Ko zamude postanejo nesprejemljive, je potrebno poiskati vzroke za zamude in jih natančno preučiti. V nadaljevanju je predstavljenih nekaj pogostih situacij, ki se pojavljajo v praksi v npr. semaforiziranih križiščih:

1. NU je indikator splošne sprejemljivosti zamud. Do neke mere je to subjektivna ocena saj zamude, ki so sprejemljive v večjem mestu, kjer so vozniki vajeni zastojev in kolon, niso nujno sprejemljive tudi na križiščih v manjših mestih ali izvenurbanih področjih.
2. V primerih ko so skupne zamude na križišču sprejemljive vendar niso sprejemljive za posamezno skupino pasov, je potrebno preučiti fazni program in/ali prerazporeditev zelenih časov ter s tem zagotoviti boljše delovanje križišča v kritičnih smereh.
3. V primerih ko so zamude nesprejemljive, stopnja nasičenosti v/c pa je relativno nizka je lahko vzrok za to predolg čas cikla glede na prevladujoče pogoje, lahko je pomanjkljiv fazni program ali pa oboje. Potrebno je biti pozoren na to, da se, ko je obravnavano križišče del sistema koordiniranih križišč, dolžina cikla določa glede na zahteve koordinacije, zato spremembe in korekcije parametrov na izolirani lokaciji niso učinkovite.
4. Ko so tako zamude, kot stopnja nasičenosti (v/c) nesprejemljivi, situacija postane kritična. Zamude so velike, prometno povpraševanje pa je blizu kapacitete ali pa jo že presega. V takšnih primerih, se zamude drastično povečajo že ob manjših spremembah prometnega povpraševanja. Potrebna je preučitev in izboljšanje tako geometrijskih značilnosti križišča, kot tudi značilnosti signalnih naprav v primeru semaforiziranih križišč.

Preglednica 3.3 Nivo uslug za posamezne načine urejanja prometa

NIVO USLUG	VRSTA PROM. TOKA	ZAMUDE	MOŽNOST MANEVRIRANJA	ZAMUDA ZARADI POSAMEZNEGA NAČINA UREJANJA PROMETA [s/voz]		
				SEMAF.	NESEMAF. IN KROŽNA	ZNAK II-1 ali II-2 NA VSEH KRAKIH
A	Stabilen prometni tok	Zelo rahle zamude. Napredovanje je ugodno, večina vozil uvaža v zeleni fazi brez ustavljanja.	Zavijanja so lahko izvedljiva in skoraj vsi vozniki prosto izvajajo zelene manevre.	≤ 10.0	≤ 10.0	≤ 10.0
B	Stabilen prometni tok	Dobro napredovanje in/ali kratki cikli. Ustavi več vozil, kot pri NU-A, ki povzročajo višji nivo povprečnih zamud.	Ustvarjajo se skupine vozil. Veliko voznikov se počuti omejenih znotraj skupin vozil.	>10 in ≤ 20.0	>10 in ≤ 15.0	>10 in ≤ 15.0
C	Stabilen prometni tok	Počane zamude, ki izhajajo iz še zadovoljivega napredovanja in/ali daljših ciklov SSN. Pri tem nivoju uslug se lahko pojavijo lokalne nepravilnosti v ciklu SSN. Šteilo vozil, ki ustalajo je znatno kljub temu pa veliko vozil prevozi križišče brez ustavljanja.	Za zavijajočimi vozili se lahko pojavijo kolone. Večina voznikov je počuti ovirano.	>20 in ≤ 35.0	>15 in ≤ 25.0	>15 in ≤ 25.0
D	Nagibanje k nestabilnemu prometnemu toku	Vpliv zasičenja postaja opaznejši. Daljše zamude so lahko posledica kombinacije slabšega napredovanja vozil, dolgih ciklov SSN ali visoke stopnje nasičenosti oz. razmerja ($X = v/c$). Veliko vozil se ustavi, delež vozil, ki pa se ne ustavi se zmanjša. Opazne postanejo posamezne nepravilnosti v ciklu SSN.	Manevriranje je znoraj kratkih časovnih intervalov zaradi občasnih zgostitev za čakajočim vozilom zelo omejeno.	>35 in ≤ 55.0	>25 in ≤ 35.0	>25 in ≤ 35.0
E	Nestabilen prometni tok	V splošnem ta nivo uslug predstavlja zgornjo še sprejemljivo mejno zamudo. Do izraza prihaja slabo napredovanje vozil, dolgi cikli SSN in visoka stopnja nasičenosti v/c . Pogoste so posamezne nepravilnosti cikla SSN.	Tipične za ta nivo uslug so dolge kolone čakajočih vozil pred križiščem.	>55 in ≤ 80.0	>35 in ≤ 50.0	>35 in ≤ 50.0
F	Prisiljen prometni tok	V splošnem je ta nivo uslug nesprejemljiv za večino voznikov. Pogosto nastopa z prometno obremenitvijo, ki presega kapaciteto ($v/c > 1$). Lahko se pojavi tudi pri višjih vrednostih $0.85 < v/c < 1$. Obstaja veliko posamznih nepravilnosti cikla SSN. Slabo napredovanje in predolgi cikli SSN sta lahko poglavitna vzroka za ta nivo uslug.	Pojavi se zastoj prometa. Kolone omejujejo ali celo onemogočajo premik vozil. Prometni tokovi lahko močno nihajo, kar je odvisno predvsem od pogojev vožnje za križiščem.	>80	>50	>50

(Vir: HCM 2000)

Nivo uslug F se na stranskih smereh pogosto pojavi v primerih, ko na primarni smeri ni razpoložljivega zadostnega razmaka oz. vrzeli za vključitev vozila s stranske smeri. Slednje se kaže v obliki povečanih zamud in pojava kolon na stranski smeri. Metoda HCM sicer temelji na konstantnem kritičnem razmaku vendar je nivo uslug F lahko tudi posledica ravnanja voznikov, ki izbirajo manjše razmake od kritičnih. To lahko vodi v zmanjšanje prometne varnosti in povzroči motnje v prometnem toku na primarni cesti. Upoštevati je torej potrebno dejstvo, da nivo uslug F ne vodi nujno v pojavljanje dolgih kolon ampak tudi v modifikacije običajnega načina sprejema vrzeli.

Na nesemaforiziranih križiščih prednostne ceste s stransko cesto predstavljajo kritični premik oz. smer običajno levi zavijalci s stranske smeri. Najnižji prag za NU F predstavlja zamuda 50 s/vozilo. V primerih, ko je prometni volumen na stranskih cestah zelo nizek (manjši od 25 voz/h), lahko izračunane zamude navedeni prag tudi presegajo. Nivo uslug F je običajno dosežen pri kapaciteti 85 voz/h ali manj.

Izračun kapacitetnih parametrov po metodi HCM temelji na naključnem prihodu vozil na GP (glavni prometnici). Za tipično štiri-pasovno primarno cesto s povprečnim dnevnim prometom med 15,000 in 20,000 vozil/dan (konični urni volumen med 8% v mestih do 11% izven mest) bodo za večino urbanih križišč s stransko cesto, kjer je dovoljeno levo zavijanje s stranske ceste, enačbe za izračun zamud na SP (stranski prometnici) izkazale vrednosti večje od 50s ($NU=F$). NU F bo dosežen ne glede na količino prometa na stranski cesti. Kljub temu večina nizko obremenjenih priključkov stranskih cest ne bo izpolnjevala pogojev za postavitve svetlobno signalnih naprav oz. semaforizacijo križišča. Pri uporabi posameznih pragov za odločanje o upravičenosti posameznih ukrepov v križiščih s stransko cesto je zato potrebna določena stopnja previdnosti.

3.2 Kriterij prometne varnosti

Če se navežemo na uvodne besede v pričujoči nalogi bi moralo biti med pomembnejšimi merili za ugotavljanje ustreznosti križišča tudi prometna varnost. Križišča pri nas pa se pogosto preurejajo le s ciljem povečevanja prepustnosti in zmanjševanja zamud.

Vprašanje prometne varnosti se pogosto rešuje post festum, ko število nesreč preseže nek družbeno sprejemljiv nivo. Razlog za navedeno je lahko dejstvo, da v Sloveniji v sklopu izbora ustrezne rešitve križišča preveritev prometne varnosti še ni predpisana. V predlogu TSC 03.344 (januar 2003) je med kriteriji, katerih ustreznost je pri ugotavljanju primernosti uvedbe novega križišča potrebno vedno preveriti, naveden tudi prometno-varnostni kriterij. Dokler pa navedeni TSC ni sprejet, žal tudi ni obvezujoč. Kljub temu nekateri projektanti v praksi načelno upoštevajo prometno-varnostni vidik, običajno pa se brez posebnega naročila prometno-varnostnih analiz ne izvajajo.

Eden od možnih vzrokov za takšno stanje je morda tudi to, da za napovedovanje ravni prometne varnosti v Sloveniji še ni predpisane ustrezne metodologije. V tujini je izvedenih vrsto raziskav na to temo, katerih izsledki pa niso neposredno prenosljivi na naše razmere. S ciljem izboljšanja razmer na tem področju je DRSC naročilo izdelavo primerjalne analize metodologij za napovedovanje ravni prometne varnosti v nivojskih nesemaforiziranih križiščih (Tollazzi T. et al., 2007). Izsledki te naloge, so zaradi neposredne uporabnosti in povezave s pričujočo nalogo povzeti in predstavljeni v nadaljevanju.

Vzroki za nastanek prometne nesreče so običajno zelo kompleksne narave in vključujejo številne faktorje, ki jih lahko razdelimo v štiri osnovne kategorije: aktivnost in sposobnost voznika, tehnične značilnosti vozila, značilnosti prometne površine ter fizične značilnosti okolja v katerem deluje posamezno vozilo. Na povečanje prometne varnosti lahko z izborom ustrezne oblike in načina regulacije prometa v križišču vplivamo le na fizične karakteristike okolja. Delno lahko z izobraževanjem o načinu varne uporabe in vožnje v križišču (krožna in »turbo« krožna križišča) vplivamo tudi na aktivnosti in sposobnosti voznika. Velik napredek v tem pogledu je narejen npr. z brošuro Kdo ima prednost? (Primotehna, 2009).

3.2.1 Ugotavljanje prometne varnosti v križiščih

Z analizo prometne varnosti skušamo za posamezno ureditev križišča, ki ustreza kriteriju prepustnosti ter funkcionalnemu in prostorskemu kriteriju, ugotoviti SPV (stopnjo oz. raven prometne varnosti). Za ocenjevanje ravni prometne varnosti v križiščih obstaja več različnih v tujini razvitih metod, ki v splošnem uporabljajo naslednje pristope:

- določitev in uporaba »povprečja« glede na poznane podatke o prometnih nesrečah, ki so se zgodile v preteklosti na podobnih križiščih,
- uporaba ocen dobljenih na podlagi statističnih modelov zasnovanih na uporabi regresijske analize,
- uporaba ocen dobljenih na podlagi rezultatov izvedenih »before-after« oz. prej-kasneje študij,
- uporaba ocen dobljenih na osnovi ekspertnih mnenj strokovnjakov.

Nekatere od metod, ki se uporabljajo v tujini so pregledno predstavljene v primerjalni analizi (Tollazzi T. et al., 2007), ki pa hkrati ugotavlja, da univerzalna metoda, ki bi bila za določanje ali napovedovanje ravni prometne varnosti v križiščih tudi splošno sprejeta, še ne obstaja. Zaradi navedenega je v sklopu iste primerjalne analize izdelan postopek za napovedovanje pričakovane ravni prometne varnosti v načrtovanih nivojskih nesemaforiziranih križiščih. Primerjave z realnim stanjem so pokazale zadovoljivo stopnjo ujemanja. Ker je postopek uniformen (uporaben za vse tipe nivojskih križišč), je zato zelo priročen za t.i. prvo oz. delno oceno prometne varnosti. Pri določanju stopnje prometne varnosti v obstoječih križiščih poglobilni podatek predstavljajo prometne nesreče, ki so se zgodile v preteklem obdobju (običajno 3-5 let). Tudi za tovrstne analize je v tujini razvitih več različnih metod. V slovenski praksi se uporablja metoda za določanje »črnih točk«, ki sta jo predlagata Tollazzi T. in Marko R. (2006). Uporaba obeh metodologij je podrobneje prikazana v nadaljevanju. Kot zanimivost, je na koncu tega podpoglavja predstavljena tudi metoda SSAM (Surrogate Safety Assesment Module) za napovedovanje prometne varnosti za kakršenkoli tip križišča. Metoda temelji na simulaciji prometno nevarnih situacij s pomočjo trajektorij poti vozil, ki jih dobimo z večkratno simulacijo prometnih tokov s pomočjo mikrosimulacijskih programov. Slednje je neprimerno cenejše in varnejše od čakanja na to, da se na primerljivih križiščih zgodi statistično dovolj velik vzorec prometni nesreč, ki je potreben za napovedovanje nesreč z zadovoljivo gotovostjo. Metoda SSAM je v primerjavi z obstoječimi analitičnimi metodami bolj uporabna predvsem zaradi velikega števila vplivov na pojavljanje in pogostost prometnih nesreč, ki so zajete v simulaciji in v dosedanjih metodah niso upoštevane.

3.2.1.1 Analiza prometne varnosti v obstoječih križiščih

Kljub številnim faktorjem, ki lahko vplivajo na raven prometne varnosti, je pri načrtovanju smiselno upoštevati le parametre z največjim vplivom, ki jih je z ustreznimi prometno-tehničnimi ukrepi mogoče izboljšati (število krakov nivojskega križišča in število prometnih pasov v križišču, jakost prometnega toka na uvozih in smerne porazdelitve prometnih tokov).

3.2.1.1.1 Vhodni podatki

Eno izmed osnov za ugotavljanje prometne varnosti v križiščih predstavljajo prometne nesreče (število nesreč, vzroki, število udeleženih oseb, stopnja poškodb, vrsta, posledice v obliki stroškov), ki so se zgodile v križišču v preteklem obdobju (običajno 3-5 let).

Podatke o prometnih nesrečah na slovenskih cestah evidentira in obdeluje v predpisani strukturi policija in so tudi javno dostopni preko spletnih strani policije na naslovu <http://www.policija.si/portal/statistika/promet/>. Na podlagi teh podatkov je mogoča statistična analiza osnovnih parametrov prometne varnosti:

- gostota nezgod,
- teža posledic nezgod,
- stopnja nezgod glede na različne parametre (čas dneva, škoda, vrsta poškodb,...),
- stroški nezgod glede na vrsto stroškov (materialna škoda, težko poškodovani, mrtvi,...).

Iz navedenih podatkov pa ni mogoče ugotoviti položaja, smeri in hitrosti udeleženih vozil ali posameznega vozila tik pred nesrečo. Za tovrstno analizo potrebujemo še skico prometne nesreče, ki je izdelana s strani policije na kraju samem ob izdelavi zapisnika o nesreči.

Skice prometnih nesreč je le izjemoma (za potrebe izvedeniških mnenj) mogoče pridobiti na MNZ (Ministrstvu za notranje zadeve) na podlagi posebne prošnje.

Na tem mestu velja opozoriti, da je posamezno križišče lahko potencialno nevarno tudi, če so prometne nesreče zelo redke ali jih celo ni. Pomembne so torej tudi »skoraj nesreče«.

Za ustrezno oceno in napovedovanje ravni prometne varnosti je poleg podatkov o prometnih nesrečah, potrebno tudi opazovanje prometnega dogajanja v samem križišču ter pridobitev informacij o potencialnih nevarnostih s strani uporabnikov in upravljalca ceste.

3.2.1.1.2 Izračun stopnje prometne varnosti v obstoječih križiščih

Postopek opisan v nadaljevanju je povzet po članku v Gradbenem vestniku, ki sta ga pripravila Tollazzi T. in Renčelj M. (2006). Stopnja prometne varnosti se določi na osnovi t.i. »koeficientov prometne varnosti« s pomočjo katerih lahko ocenimo raven prometne varnosti glede na izbrani kriterij (projektno-tehnični, prometno-tehnični, prometne nesreče,...). Koeficient prometne varnosti je lahko argument za primerjavo skupnih lastnosti enakih ali navidezno skupnih lastnosti različnih tipov nivojskih križišč. Nekaj koeficientov je predstavljenih v enačbah 3-1 do 3-12, navidezni koeficienti pa se izračunajo s pomočjo enačb 3-13 do 3-17.

$$K_1 = \frac{\text{št.PN}}{PLDP} * \frac{1}{365} \quad (3-1)$$

$$K_2 = \frac{\text{št.PN}}{PLDP} * \frac{1}{\text{št.krakov}} * \frac{1}{365} \quad (3-2)$$

$$K_3 = \frac{\text{št.PN}}{PLDP} * \frac{1}{\text{št.PP}} * \frac{1}{365} \quad (3-3)$$

$$K_4 = \frac{\text{št.PN}}{PLDP} * \frac{1}{\text{št.UPP}} * \frac{1}{365} \quad (3-4)$$

$$K_5 = \frac{\text{št.mrtvih}}{\text{št.PN}} \quad (3-5)$$

$$K_6 = \frac{\text{št.mrtvih}}{\text{št.NS}} \quad (3-6)$$

$$K_7 = \frac{\text{št.P}(HTP + LTP)}{\text{št.PN}} \quad (3-7)$$

$$K_8 = \frac{\text{posledicePN}(\text{mrtvi} + HTP + LTP + BP)}{\text{št.PN}} \quad (3-8)$$

$$K_9 = \frac{\text{št.P}(HTP + LTP)}{PLDP} * \frac{1}{365} \quad (3-9)$$

$$K_{10} = \frac{\text{posledicePN}(\text{mrtvi} + \text{HTP} + \text{LTP} + \text{BP})}{\text{št.PN}} * \frac{1}{365} \quad (3-10)$$

$$K_{11} = \frac{\text{št.PN}}{\text{št.NS}} \quad (3-11)$$

$$K_{12} = \frac{\text{posledicePN}(\text{mrtvi} + \text{HTP} + \text{LTP} + \text{BP})}{\text{št.NS}} \quad (3-12)$$

$$K_{13} = \frac{\text{št.NS}}{\text{PLDP}} * \frac{1}{365} \quad (3-13)$$

$$K_{14} = \frac{\text{št.PN}}{\text{št.krakov}} \quad (3-14)$$

$$K_{15} = \frac{\text{št.PN}}{\text{št.PP}} \quad (3-15)$$

$$K_{16} = \frac{\text{posledicePN}(\text{mrtvi} + \text{HTP} + \text{LTP} + \text{BP})}{\text{št.krakov}} \quad (3-16)$$

$$K_{17} = \frac{\text{posledicePN}(\text{mrtvi} + \text{HTP} + \text{LTP} + \text{BP})}{\text{št.PP}} \quad (3-17)$$

kjer je

- št.NS - število nevarnih situacij,
- št.PN - število prometnih nesreč,
- št.PP - število prometnih pasov,
- št.UPP - število uvoznih prometnih pasov
- št.P - število poškodovanih
- HTP - hudo telesno poškodovani,
- LTP - lahko telesno poškodovani,
- BP - brez poškodb.

Enačba 3-6 predstavlja vsoto vseh koeficientov določenega križišča in podaja SPV tega križišča.

$$SPV = \sum_{i=1}^n K_i \quad (3-18)$$

Kjer je

- SPV - stopnja prometne varnosti,
- K_i - vrednost i-tega koeficienta,
- n - število vseh koeficientov.

To vrednost lahko nato primerjamo s povprečnimi stopnjami prometne varnosti (glej preglednico 3.5) za različne tipe nivojskih križišč, ki so bile izračunane na podlagi vzorca 12 križišč različnih tipov. V kolikor je vrednost SPV obravnavanega križišča večja od povprečne vrednosti istega tipa križišča, sodi križišče v t.i. »črne točke« oz. mesta zgostitve prometnih nesreč, kar narekuje njegovo rekonstrukcijo v prometno varnejši tip nivojskega križišča.

Preglednica 3.4 Povprečne vrednosti SPV za različne tipe analiziranih slovenskih nivojskih križišč

TIP KRIŽIŠČA	SPV(-)
Trikrako nesemaforizirano	7,02
Trikrako-semaforizirano	6,45
Štirikrako-nesemaforizirano	8,85
Štirikrako-semaforizirano	7,62
Štirikrako krožno-enopasovno	6,71
Štirikrako krožno-dvopasovno	13,27

(Vir: Tollazi T., Renčelj M., 2006)

V bodočnosti je priporočljivo izdelati analizo večjega števila križišč s ciljem določiti bolj zanesljive vrednosti SPV. V praksi se pojavlja »teza«, da je merilo za uvrstitev križišča med »črne točke« le število mrtvih ali hudo poškodovanih. Razlog za to je verjetno slaba evidenca in nizki stroški prometnih nesreč, v katerih so udeležene osebe utrpele le lažje poškodbe ali so ostale celo nepoškodovane. S strani enega od predstavnikov MNZ mi je bila podana neuradna izjava, da se, za nesreče z lažjimi poškodbami ali brez poškodb, pogosto celo ne izdeluje skic prometnih nesreč. Za korektno analizo prometne varnosti je pomembna tudi še tako »poceni« ali »skoraj« nesreča, saj je bila za udeležence taista lahko le po naključju velika sreča.

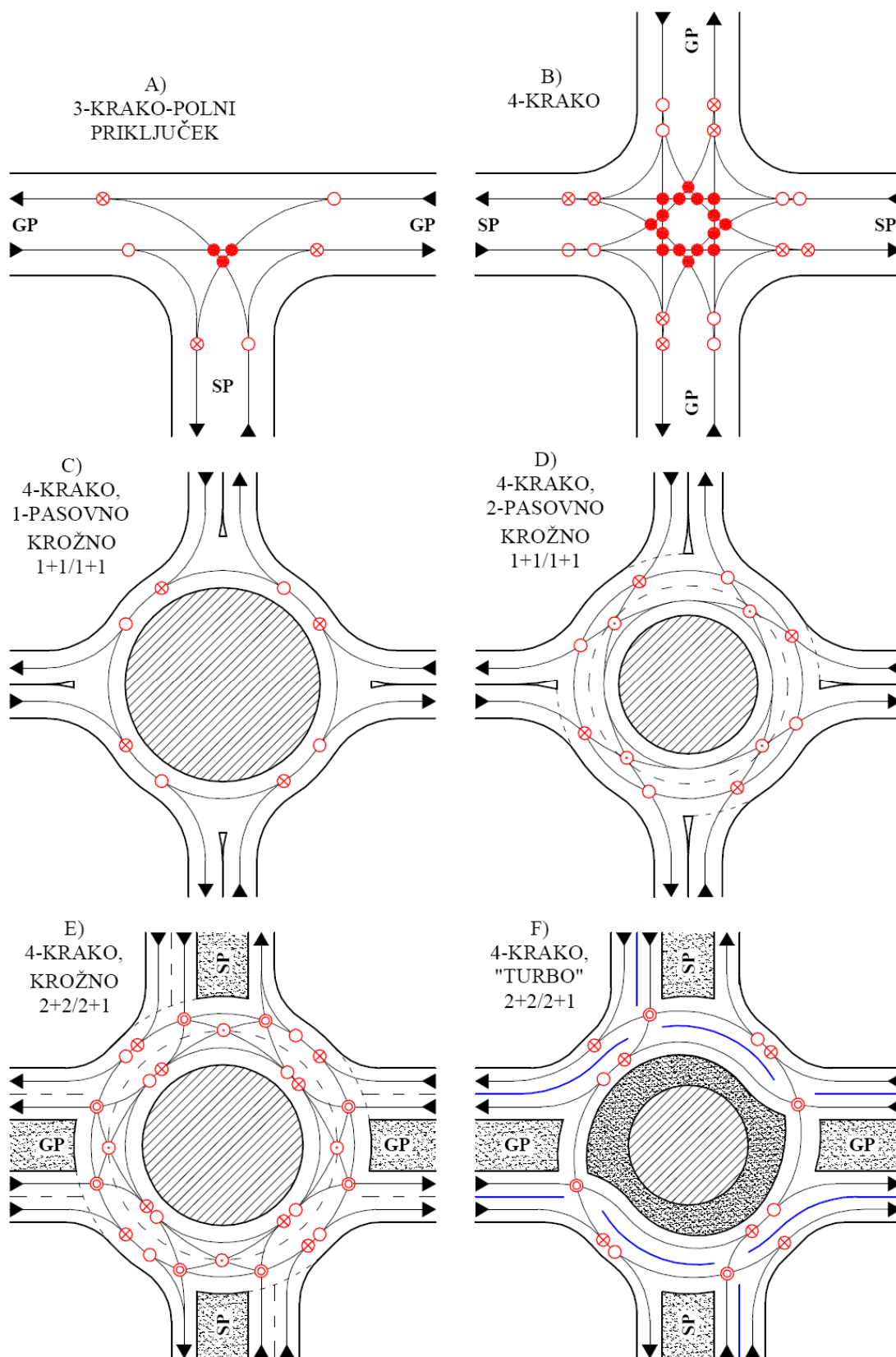
3.2.1.2 Napovedovanje ravni prometne varnosti v novih ali rekonstruiranih križiščih

Izračun je, kot že rečeno povzet po metodologiji, ki je predstavljena v primerjalni analizi Tollazi T. et al. (2007) predlaga pa jo že Zavašnik Z. (2006).

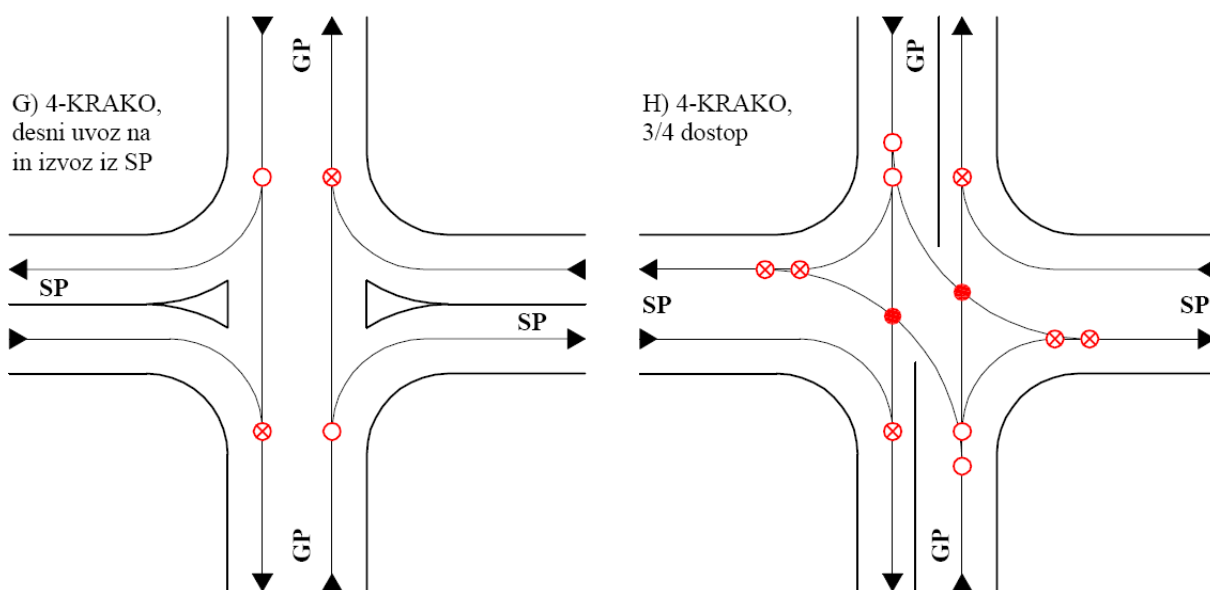
Metodologija izhaja iz seštevka vseh možnih konfliktnih situacij pri čemer dobimo teoretično največje možno število prometno nevarnih situacij. Enačba 3-19 predstavlja splošen obrazec za določitev največjega možnega števila PNS (prometno nevarnih situacij) v kateremkoli tipu nivojskega križišča. Število PNS je odvisno od števila konfliktnih točk in jakosti povprečnega prometnega toka v časovni enoti npr. v enem dnevu. Na slikah 3.3 in 3.4 so prikazana nevarna mesta v posameznih tipih nivojskih nesemaforiziranih križišč ob predpostavki, da vsi vozniki upoštevajo pravila vožnje v posameznih tipih križišč. Pri dvopasovnih krožnih križiščih z enopasovnim uvozom voznik, ki izvažna na prvem izvozu, vozi po zunanjem pasu. Voznik, ki izvažna na naslednjih izvozih pa takoj za uvozom v križišče zapelje na notranji pas. Pri dvopasovnih krožnih križiščih z dvopasovnimi uvozi je predpostavljeno, da vozniki, ki izvažajo na prvem izvozu, v križišče pripeljejo po zunanjem voznem pasu. Vozila, ki izvažajo na naslednjih izvozih pa v križišče zapeljejo po notranjem vozem pasu uvoza na notranji pas krožnega križišča. V praksi se žal tovrstna pravila vožnje konstantno kršijo, kar pa je tudi eden izmed glavnih vzrokov za prometne nesreče v krožnih križiščih. Podrobnejšo primerjavo ravni prometne varnosti nivojskih križišč s stališča števila konfliktnih točk in konfliktnih situacij je v svoji diplomski nalogi izvedel že Bezjak P., 2009. V preglednici 3.6 je prikazano število konfliktnih točk glede na tip križišča in vrsto konfliktno situacije. Pri več-pasovnih krožnih križiščih je število konfliktnih točk težje določljivo saj je možnosti za izvedbo manevra menjave pasov več, večja pa je tudi konfliktna površina. Lahko govorimo kar o konfliktnih odsekih. V primeru, ko imamo močan glavni prometni tok in večpasovne uvoze in izvoze, je to tudi eden izmed glavnih argumentov za uvedbo »turbo« krožnega križišča oz. krožnega križišča s spiralnim potekom krožnega prometnega toka .

Preglednica 3.5 Število konfliktnih točk v odvisnosti od tipa križišča in vrste konfliktno situacije

TIP KRIŽIŠČA	ŠTEVILO KONFLIKTNIH TOČK					Σ
	VRSTA KONFLIKTA					
	KRIŽAJNE ●	CEPLJENJE ○	ZDRUŽEVANJE ⊗	PREPLETANJE ⊙	KRIŽANJE KROŽ. TOKA ⊕	
A)	3	3	3	0	0	9
B)	16	8	8	0	0	32
C)	0	4	4	0	0	8
D)	0	4	4	4	0	12
E)	0	8	8	4	8	28
F)	0	4	6	0	4	14
G)	0	2	2	0	0	4
H)	2	4	6	0	0	12



Slika 3.3 Teoretične konfliktne točke na značilnih tipih nivojskih križišč



Slika 3.4 Zmanjšanje konfliktnih točk na 4-krakem nivojskem križišču

Največje pričakovano število nevarnih situacij dobimo s seštevanjem prekrivanj (križanj) ali dotikanj (združevanje, cepljenj in prepletanj) različnih prometnih manevrov (smernih prometnih tokov), katerih število je odvisno od tipa križišča in jakosti posameznih smernih prometnih tokov. Število prometno nevarnih situacij po določitvi števila konfliktnih točk in poznanih prometnih obremenitvah lahko izračunamo s pomočjo enačbe 3-19.

$$PNS = \sum st.K + \sum st.C + \sum st.Z + \sum st.P, \quad (3-19)$$

- kjer je
- PNS - število prometno nevarnih situacij v časovni enoti (npr. enem dnevu)
 - st.K - število križanj prometnih tokov
 - st.C - število cepljenj (odcepljanj) prometnih tokov
 - st.Z - število priključevanj (združevanj) prometnih tokov
 - st. P - število prepletanj prometnih tokov

V nadaljevanju so podane enačbe za tipične »predstavnike« nivojskih križišč.

a) Trikrako (T) križišče

$$PNS_{KT} = \sum_{k=1}^3 P_k + \sum_{z=1}^3 P_z + \sum_{c=1}^3 P_c, \quad (3-20)$$

Kjer je PNS_{KT} - število PNS v časovni enoti (npr. enem dnevu) v trikrakem križišču,
 P_k - presek prometnih tokov v točkah križanja prometnih tokov,
 P_z - presek prometnih tokov v točkah združevanja prometnih tokov,
 P_c - presek prometnih tokov v točkah cepljenja prometnih tokov.

b) Štirikrako (\boxplus) križišče:

$$PNS_{KS} = \sum_{k=1}^{16} P_k + \sum_{z=1}^8 P_z + \sum_{c=1}^8 P_c, \quad (3-21)$$

Kjer je PNS_{KS} - število prometno nevarnih situacij v časovni enoti (npr. enem dnevu) v trikrakem križišču,
 P_k - presek prometnih tokov v točkah križanja prometnih tokov,
 P_z - presek prometnih tokov v točkah združevanja prometnih tokov,
 P_c - presek prometnih tokov v točkah cepljenja prometnih tokov.

c) Enopasovno krožno križišče:

$$PNS_{EK} = \sum_{z=1}^u P_z + \sum_{c=1}^u P_c, \quad (3-22)$$

Kjer je PNS_{EK} - število prometno nevarnih situacij v časovni enoti (npr. enem dnevu) v enopasovnem krožnem križišču,
 u - število krakov v krožnem križišču (npr. 3 ali 4),
 P_z - presek prometnih tokov v točkah združevanja prometnih tokov,
 P_c - presek prometnih tokov v točkah cepljenja prometnih tokov.

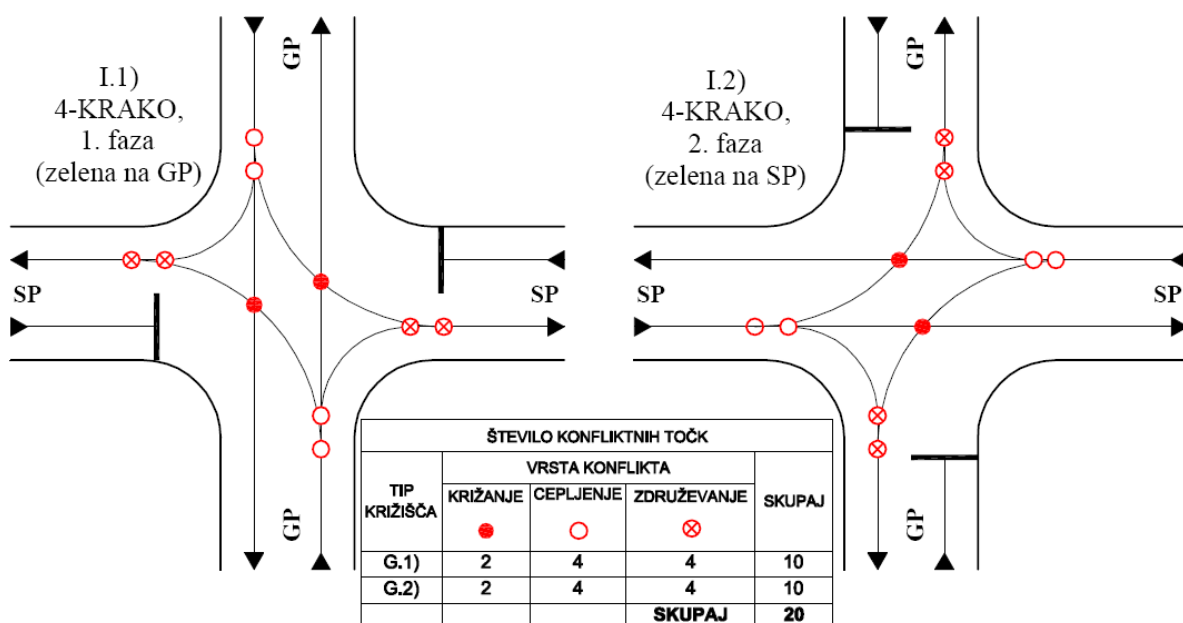
d) Dvopasovno krožno križišče:

$$PNS_{DK} = \sum_{z=1}^u P_z + \sum_{c=1}^u P_c + \sum_{p=1}^u P_p, \quad (3-23)$$

Kjer je PNS_{DK} - število prometno nevarnih situacij v časovni enoti (npr. enem dnevu) v dvopasovnem krožnem križišču,
 u - število krakov v krožnem križišču (npr. 3 ali 4),
 P_z - presek prometnih tokov v točkah združevanja prometnih tokov,
 P_c - presek prometnih tokov v točkah cepljenja prometnih tokov,
 P_p - presek prometnih tokov v točkah prepletanja prometnih tokov.

Na osnovi izračunov dobljenih po enačbah 3-20 do 3-23, dobimo ob poznavanju vseh prometnih tokov kot rešitev največje teoretično število prometno nevarnih situacij v določenem tipu nivojskega nesemaforiziranega križišča.

Pri semaforiziranih križiščih število potencialnih konfliktnih točk umetno zreduciramo s pomočjo faznih programov. Običajno so semaforji opremljeni z dvo-faznim programom, ki v klasičnem 4-krakem križišču omogoča skupno 10 konfliktov na posamezno fazo kot je prikazano na sliki 3.5.



Slika 3.5 Konfliktni točke v nivojskem semaforiziranem 4-krakem križišču

Edini konflikt križanja, ki je v semaforiziranih križiščih ob upoštevanju pravil vožnje tudi najbolj kritičen, so levi zavijalci. Z dodatnimi fazami (podaljšana faza) za leve zavijalce lahko število konfliktnih situacij zmanjšamo ali eliminiramo (zaščitena faza). Ob uvedbi dodatnih faz pa je potrebno biti pozoren na čas ciklusa, ki se običajno podaljša s čimer lahko zmanjšamo prepustnost in nivo uslug.

Izračun največjega števila prometno nevarnih situacij je poleg konfliktnih točk in prometne obremenitve odvisen tudi od časovne razporeditve prometnih tokov oz. dolžine cikla in posameznih faz. Zaradi delovanja semaforja se v prometnem toku umetno tvorijo zgostitve. Po analogiji za nesemaforizirana križišča bi tudi za semaforizirana križišča lahko izračunali število PNS in sicer v odvisnosti od zelene faze posebej za GP in posebej za SP.

Za štirikrako semaforizirano križišče se enačba lahko glasi:

$$PNS_{SK-S} = \sum_{k=1}^2 P_{k,GPS} + \sum_{z=1}^4 P_{z,GPS} + \sum_{c=1}^4 P_{c,GPS} + \sum_{k=1}^2 P_{k,SPS} + \sum_{z=1}^4 P_{z,SPS} + \sum_{c=1}^4 P_{c,SPS} \quad (3-24)$$

Kjer je PNS_{SK-S} število prometno nevarnih situacij na semaforiziranem 4-krakem križišču v časovni enoti (npr. enem dnevu) v štirikrakem semaforiziranem križišču,

P_k - presek prometnih tokov v točkah križanja prometnih tokov,

P_z - presek prometnih tokov v točkah združevanja prometnih tokov,

P_c - presek prometnih tokov v točkah cepljenja prometnih tokov.

GPS - glavna prometna smer (1. faza),

SPS - stranska prometna smer (2. faza).

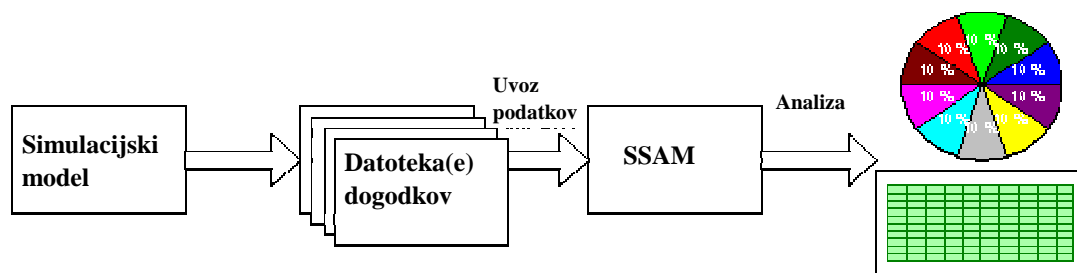
V izračunu niso upoštevane konfliktno situacije s pešci in kolesarji in naletna trčenja, ki so v semaforiziranih križiščih običajno bolj pogosta kot na nesemaforiziranih križiščih. Poseben problem predstavljajo tudi vozniki, ki lovijo zeleno luč in v končni fazi pogosto hkrati prevozi tudi rdečo luč. Zaradi običajno večjih hitrosti (pospeševanje) takih vozil pred križiščem in ker ostali udeleženci tovrstnih situacij ne pričakujejo ali jih niso sposobni pravočasno zaznati (pešci in kolesarji), se morebitne nesreče, kot posledica takšnega ravnanja, pogosto končajo tragično. V tem primeru gre za konfliktno situacije med vozili in pešci v različnih fazah semaforjev, ki pa v enačbi 3-24 niso upoštevane. Za določitev števila tovrstnih nevarnih situacij bi bilo potrebno na podlagi opazovanj in analiz večjega števila prometnih nesreč ugotoviti verjetnost njihovega nastanka v odvisnosti od velikosti prometnih tokov. Tovrstne analize pa bi lahko terjale opazovanje prometnih tokov in števila nesreč skozi daljše obdobje (10 let in več).

Zaradi navedenega in pa zaradi nihajna prometne obremenitve tekom dneva ter vpliva časovne razporeditve prometnih tokov na verjetnost nastanka posamezne prometno nevarne situacije (PNS), bi se dejanskemu številu možnih prometno nevarnih situacij bolje približali s simulacijo prometnih tokov in konfliktnih situacij. V ta namen je bil v ZDA razvit poseben računalniški program SSAM, ki je informativno predstavljen v nadaljevanju.

3.2.1.3 Napovedovanje ravni prometne varnosti s pomočjo simulacijskih programov

Za analiziranje novih in inovativnih prometnih ureditev se vedno pogosteje uporabljajo makro in mikro simulacijski programi. Ti omogočajo napovedovanje delovanja in učinkovitosti predvidenih ureditev še pred njihovo dejansko izvedbo. Simulacijske metode so zelo priročno orodje pri primerjavah relativnih lastnosti različnih rešitev med seboj ali pri analizi vplivov sprememb ali uvedbe posameznih ukrepov na prepustnost, nivo uslug, zamude, itd.. Do nedavnega simulacijski programi uporabniku še niso posredovali uporabnih informacij v smislu prometne varnosti. Obstoječi modeli, ki so osnovani na podlagi podatkov o preteklih prometnih nesrečah, zahtevajo za napovedovanje nesreč z sprejemljivo gotovostjo statistično zadosti velik vzorec, kar pa pomeni čakanje na zadovoljiv vzorec nesreč več deset let. Slednje je zelo nepraktično, ravno tako pa je malo verjetno, da bodo prometne razmere statične skozi celotno obdobje.

Z namenom zapolniti navedene vrzeli je bil v ZDA razvit, v času priprave te naloge še brezplačen, računalniški program SSAM. Program omogoča ocenjevanje oz. modeliranje prometne varnosti v križiščih s pomočjo trajektorij, ki jih proizvede temu prilagojen eden izmed računalniških programov za mikro-simulacijo prometnih tokov (VISSIM, Paramics, AIMSUN, TEXAS,...). SSAM na podlagi podatkov o trajektorijah vozil iz večkratnih zagonov simulacij analizira vse interakcije med vozili, identificira možne konflikte in pripravi bazo konfliktnih situacij (sl. 3.6).



Slika 3.6 Prikaz pretoka informacij pri uporabi programa SSAM
(vir: prirejeno po <http://www.tfrc.gov/safety/pubs/03050/06.htm>)

Vsi omenjeni programi so mikro simulacijski zaradi česar je potrebno poznavanje številnih parametrov, ki vplivajo na nastanek konfliktnih situacij. Pri uporabi npr. programa VISSIM je potrebno definirati podatke o geometriji in regulaciji križišča (prometni pasovi, možni manevri, prioritete, fazni programi,...), značilnostih vozila (tip, teža, pospešek, pojemek, dimenzije,...) ter značilnostih voznika.

Uporaba mikro-simulacijskih programov je za primerjave med alternativnimi tipi križišč na globalnem nivoju oz. za prvo oceno prezahtevna. Terja namreč natančno poznavanje geometrije križišča, lastnosti vozil in značilnosti obnašanja voznikov.

Uporaba mikro-simulacije je lahko smiselna v primeru, ko so parametri križišč znani in je potrebna natančnejša analiza oz. primerjava stopnje prometne varnosti med dvema ali več variantami. Postopek priprave vhodnih podatkov in izdelave simulacije se lahko bistveno pospeši, če imamo na razpolago bazo podatkov podobnih tipov (hipotetičnih ali realnih) križišč, ki omogočajo hitro predelavo v obravnavano rešitev križišča. V primeru, da imamo možnost in je uporaba mikro-simulacijskih programov strokovno in stroškovno upravičena lahko s simulacijo pridobljene podatke o trajektorijah vozil preprosto uvozimo v računalniški program SSAM, ki nato omogoča:

- izdelavo preglednice vseh konfliktov, ki so opredeljeni v seriji datotek s podatki o trajektorijah, vključno s časom, lokacijo, vrsto vozil in resnosti konfliktov,
- izdelavo povzetka vseh konfliktov glede na tip in vhodno datoteko s skupno povprečno vrednostjo stopnje prometne varnosti,

- izoliranje različnih tipov konfliktov glede na stopnjo varnosti, tip konflikta, križišče ali območje cestne mreže,
- izdelavo statistične primerjave med pogostostjo konfliktov in stopnjo prometne varnosti za podatke iz večkratnih simulacij z uporabo Studentove t razporeditve za testiranje hipotez,
- prikaz lokacije konfliktov na načrtu oz. karti prometnega omrežja z ikonami različnih oblik in barv prirejenih stopnjam resnosti in vrsti posameznih konfliktov.

Za vsako posamezno konfliktno situacijo program nato izračuna več različnih prometno-varnostnih parametrov, med najpomembnejšimi pa so:

- TTC (time to colission) - pričakovan čas do trka v primeru, da dve vozili nadaljujeta vožnjo po isti poti s trenutno hitrostjo,
- PET (post-encroachment time) – čas med trenutkom, ko npr. levi zavijalec zapusti konfliktno površino in trenutkom, ko vozilo, ki vozi naravnost prispe na mesto potencialnega konflikta,
- DR (deceleration rate) – velikost pojemka npr. vozila naravnost, ki je potreben za preprečitev nesreče oz. trčenja,
- ET (encroachment time) – čas v katerem npr. zavijajoče vozilo ovira prednost naravnost vozečega vozila,...

Napovedovanje stopnje prometne varnosti s pomočjo mikrosimulacijskih programov je še v fazi razvoja. Kljub temu pa že danes omogoča zelo uporabne rezultate saj je mogoče simulirati prometno varnostne razmere na računskem modelu. Na ta način se izognemo čakanju na izgradnjo ali rekonstrukcijo križišča ter čakanju na zadovoljiv vzorec prometnih nesreč na podlagi katerih bi nato lahko ocenili stopnjo prometne varnosti. Več o obravnavani temi je mogoče najti na naslovu <http://www.itssiemens.com/research/ssam/>.

3.3 Funkcionalni kriterij

Pri uvedbi novega križišča ali rekonstrukciji je potrebno najprej ugotoviti kakšna je funkcija obstoječega oz. jo bo imelo novo križišče v cestni mreži. Ob preveritvi funkcionalnega kriterija lahko v grobem določimo možne načine ureditve križišča. Preveri se torej ustreznost lokacije in položaja v cesti mreži glede na vlogo križišča, ter tip prometa, ki se ali se bo odvijal preko križišča.

3.3.1 Tip prometa

Funkcija križišča je v veliki meri odvisna od tipa prometa, ki ga mora prevajati. Ta je lahko tranzitni ali notranji.

3.3.1.1 Ceste s prevladujočim deležem tranzitnega prometa

Na cestah, kjer je promet v večjem deležu tranzitne narave, gre praviloma za izvenurbane ceste in mestne obvoznice katerih tehnični elementi so prilagojeni večji prepustnosti in večjim hitrostim. Križišča so v tem primeru moteč element, ki prekinja kontinuiran prometni tok. V smeri toka tranzitnega prometa naj bi bilo prekinitev (križišč) čim manj, da ne prihaja do prepogostih upočasnitev in ustavljanj.

3.3.1.2 Ceste s prevladujočim deležem notranjega prometa

Ceste namenjene notranjem prometu imajo več občasnih prekinitev prometnega toka v obliki priključkov in križišč s stranskimi cestami ki napajajo glavno prometnico. Glede na funkcijo so to povezovalne in zbirne ceste v naseljih ter mestne ceste. Uporabne so vse oblike križišč, v kolikor so ustrezne tako z vidika prepustnosti kot tudi prometne varnosti. V primeru, da so med križišči na istem odseku ceste razdalje nezadostne ali križišče leži med koordiniranimi semaforiziranimi križišči, je najprimernejši način urejanja prometa semaforizirano križišče.

3.3.2 Vloga križišča

Vloga križišča v cestni mreži je omogočanje varnega križanja posameznih prometnih smeri ob zadovoljivi oz. zahtevani prepustnosti. Glede na funkcijo križišča pa ima v posameznih primerih zagotavljanje prometne varnosti, v kar sodi tudi umirjanje prometa (zmanjšanje hitrosti ter resnosti in števila prometnih nesreč), prednost pred zagotavljanjem pretočnosti (večja kapaciteta, manjše zamude-višji nivo uslug) ali obratno.

3.3.2.1 Umirjanje prometa

Posamezni tip križišča kot je npr. krožno križišče lahko na določenih mestih predstavlja učinkovit ukrep za umirjanje prometa. Na vseh krakih se hitrosti praviloma zmanjšajo, resnost konfliktov je majhna, saj gre praviloma za prometne nesreče le z materialno škodo oz. lažjimi telesnimi poškodbami. To lastnost je smiselno izrabiti za prvo križišče na uvozu v naselje, kjer je cilj zmanjšati hitrost motornega prometa in spremeniti navade voznika, medtem ko na mestnih obvoznicah ta lastnost krožnega križišča ni merodajno oz. zaželena, saj je ciljna funkcija le teh čim večja prepustnost motornih vozil.

3.3.2.2 Pretočnost oz. prepustnost križišča

V kolikor je osnovna funkcija križišča zagotavljanje čim večje pretočnosti, lahko to zagotovimo z dodajanjem dodatnih pasov v klasičnih križiščih ali pa z izgradnjo eno ali dvo-pasovnega krožnega križišča ter v primerih križanja GP z močnim prometom v smeri naravnost t.i. »turbo« križišča. Pri zelo velikih prometnih obremenitvah pride pri klasičnih križiščih, v kolikor je upravičena, v poštev tudi postavitev SSN. Na drugi strani pa lahko krožno križišče ob neustrezni lokaciji in legi v globalnem smislu npr. na križiščih z izrazito velikimi prometnimi obremenitvami na GPS (glavni prometni smeri) v primerjavi z SPS (stransko prometno smerjo) povečuje zamude in posredno zmanjša nivo uslug na GPS. Krožna križišča so slaba rešitev tudi v primeru močnega deleža levih zavijalcev iz GPS ali pa v primeru bližine sosednjega križišča, ki je opremljeno s SSN oz. med dvema koordiniranima križiščema s SSN.

V primeru kolone oz. zastoja v križišču s SSN se lahko kolona podaljša v samo krožno križišče, ki lahko, če je recimo enopasovno, hitro »odpove« na praktično vseh krakih. Podobno se zgodi ko vozila v zeleni fazi iz križišča s SSN odhajajo v »zgoščeni« koloni. Ko takšna »zgoščena« kolona vozil uvozi v krožno križišče lahko povzroči kolone oz. povečanje zamud na ostalih uvozih.

3.3.3 Položaj križišča v cestni mreži

Glede na položaj v cestni mreži ločimo urbana in ruralna oz. križišča izven naselij.

3.3.3.1 Urbana križišča

V urbanih okoljih so krožna križišča primerna na izoliranih lokacijah, kjer je zagotovljeno dovolj prostora in zadostna oddaljenost od morebitnega vpliva sosednjih semaforiziranih križišč. Pogosto pa je najprimernejša oblika v mestih semaforizirano križišče predvsem zaradi večjega števila pešcev in pa potrebne koordinacije križišč. Križišča so pogostejša ter ponavadi utesnjena med obstoječo grajeno strukturo in pogosto semaforizirana. V kolikor je med njimi zadostna razdalja in križišče ni del koordiniranega sistema, je ustrezna rešitev tudi krožno križišče. Pri oblikovanju krožnega križišča je potrebno posebno pozornost nameniti zaščiti kolesarjev in pešcev ter vplivu prometa pešcev in kolesarjev na prepustnost.

Če gre za mestne (eno ali dvosmerne) ulice z sorazmerno nizko in enakomerno porazdelitvijo prometnih obremenitev po krakih z omejenim prostorom, je morda najprimernejša ureditev križišče enakovrednih cest s postavitvijo znaka II-1 (Križišče s prednostno cesto!) ali II-2 »Ustavi!« na vseh krakih križišča. V primeru, da je križišče del koordinirane mreže semaforiziranih križišč je najbolj ustrezna rešitev klasično križišče z dodatnimi pasovi za zavijalce opremljeno s SSN. V primeru več zaporednih krožnih križišč na kratki medsebojni razdalji lahko prihaja do medsebojnih vplivov kolon in je tako pretočnost enega križišča odvisna od sosednjega križišča. Sestavni del preveritve ustreznosti lokacije križišča v urbanem okolju je tudi preveritev oddaljenosti do predhodnega oz. naslednjega križišča oz. preveritev kriterija umestitve križišča med dve obstoječi (ali predvideni) zaporedni križišči.

Zaradi dejstva, da so križišča moteči element, ki učinkuje na potek prometa med križišči, naj bodo vsaj na cestah višjih kategorij med seboj čim bolj oddaljena. V nadaljevanju predstavljena priporočena medsebojna oddaljenost nivojskih križišč izhaja iz splošne funkcije križišča, njegovega namena in pomena v globalni cestni mreži, iz značilnosti načina vodenja prometa, ter zahtev prometne signalizacije (usmerjevalna - "kažipotna" signalizacija). Izven urbanih območij naj bodo razdalje med križišči, v kolikor jih je možno prosto izbirati, določene tako, da je med križišči možno zadostiti zahtevam, ki izhajajo iz minimalne prehitevalne razdalje oz. zaželeno prehitevalne razdalje.

Če omenjeni zahtevi ni mogoče zadostiti, je potrebno preveriti možnost združevanja posameznih parov križišč (t.i. "križiščni par"), odseke med posameznimi križišči ali križiščnimi pari pa oblikovati tako, da je na njih možno prehitevanje. Najmanjšo razdaljo med dvema križiščema, ki tvorita "križiščni par" dobimo na osnovi upoštevanja elementov križišča (npr. dolžine pasov za leve zavijalce). V takšnem primeru je potrebno za obe križišči uporabiti enotno usmerjevalno signalizacijo. Ločeno postavljanje prometne (usmerjevalne) signalizacije je možno, če upoštevamo v preglednici 3.7 podane minimalne razdalje med sosednjimi križišči, pri čemer se oddaljenost meri od presečišč osi.

Preglednica 3.6 Minimalne razdalje med sosednjimi križišči

V_k [km/h]	50	60	70	80	90
Priporočena razdalja med križišči [m]	140	170	205	235	270

(Vir: TSC 03.344, Preglednica 3.1)

Znotraj urbanih območij praviloma ni ne potrebno niti zaželeno omogočiti prehitevanje med posameznimi križišči dvopasovnih cest. V nekaterih primerih je možno zelene razdalje med križišči, ki izhajajo iz prometno-tehničnih zahtev, izvesti le v primeru uskladitve koordinacije svetlobno signalnih naprav, potrebnih dolžin za čakanje vozil in potrebnih dolžin za menjavo smeri. Vpliv umestitve križišča med dve obstoječi (ali predvideni) zaporedni križišči je potrebno preveriti s prometno študijo in po potrebi z računalniško simulacijo medsebojnih vplivov med križišči.

3.3.3.2 Ruralna oz. križišča izven naselij

Na ruralnih oz. križiščih izven naselij kamor lahko uvrstimo tudi mestne vpadnice in obvoznice sta prevladujoča kriterija predvsem prepustnost na GPS in pa prometna varnost. V poštev pridejo klasična križišča po potrebi opremljena z dodatnimi pasovi za desne zavijalce in leve zavijalce z dodanim sredinskim otokom za zaščito levih zavijalcev. V primeru, da je na razpolago dovolj prostora in gre za enakomerne prometne obremenitve, pride v poštev tudi srednje veliko krožno križišče ($35\text{m} < R < 45\text{m}$, $v=40\text{km/h}$). Za zelo velike prometne obremenitve $Q > 1800$ EO/h pa je morda smiselna izvedba srednje velikih dvopasovnih krožnih križišč ($40\text{m} < R < 70\text{m}$). Ko je prometno bolj obremenjena le ena smer je smiselna izvedba dodatnih pasov ali celo obvozov oziroma direktnega vodenja desnih zavijalcev iz SP (stranske prometnice), ob večjih obremenitvah $Q > 1800$ EO/h pa tudi t.i. »turbo« krožnega križišča. Problem tovrstnih križišč je prometni volumen kolesarjev in pešcev, ki pa je na cestah izven naselja pri nas običajno sorazmerno nizek.

Na ruralnem območju so zaradi narave ceste in okolice ter uvoznih hitrosti semaforizirana križišča neustrezna izbira. Krožna križišča pridejo v poštev, ko glede na relativni prometni volumen v križišču s preoblikovanjem »Y« križišča v pravilno obliko »T« križišča ali pretvorbo »X« križišča v dve zamaknjeni »T« križišči ter izvedbo kanaliziranja in sredinskih otokov ne moremo zagotoviti zadostne prepustnosti in prometne varnosti. V kolikor v takšno okolje, kjer so hitrosti višje umestimo krožno križišče mora biti le to dovolj zaznavno in transparentno z ustreznimi geometrijskimi elementi (horizontalno zvijanje osi pred križiščem, velik sredinski otok, dolgi ločilni otoki, ipd.) ter vertikalno in horizontalno signalizacijo, ki zagotavlja varno delovanje križišča.

V ruralnih krajih in naseljih z kratkimi prometnimi konicami krožna križišča delujejo z majhnimi zamudami in lahko predstavljajo najprimernejšo rešitev.

Ravno tako je lahko krožno križišče primerno pred nakupovalnimi centri ali v krajevnih središčih saj omogočajo »U« obračanje ter v štiri ali tri krakih križiščih, kjer glavni prometni tok zavija levo ali desno. Na območjih z večjim številom pešcev je običajno potrebno semaforizirano križišče.

Na izven urbanih območjih in obrobjih mest, sta v odvisnosti od kriterija prepustnosti in prometne varnosti, primerna rešitev tako semaforizirano kot tudi krožno križišče. Pri tem bo krožno križišče varnejše in s praviloma manjšimi zamudami izven dnevnih konic.

3.4 Prostorski kriterij

S prostorskim kriterijem ugotavljamo ali je za posamezni način ureditve križišča, ki ustreza funkcionalnemu kriteriju, kriteriju prepustnosti in kriteriju prometne varnosti, na obravnavani lokaciji na voljo dovolj prostora oz. ali obstojajo takšne prostorske omejitve (objekti, infrastruktura, zavarovana območja, lastništvo zemljišča), ki onemogočajo umestitev križišča v prostor. Ta korak lahko torej predstavlja pomemben mejnik pri izboru med posameznimi rešitvami, ki so z vidika omenjenih kriterijev enakovredne. Morebitni stroški rušitve objektov ter zaščite ali prestavitve vodov javne gospodarske infrastrukture lahko namreč dosežejo ali celo presežejo stroške rekonstrukcije oz. preureditve križišča.

Na podlagi primerjave glede na prostorski kriterij, je torej bolj sprejemljiva rešitev z manjšim posegom na privatna zemljišča in manjšimi prostorskimi omejitvami, ki bi lahko izvedbo posamezne ureditve podražile ali celo onemogočile. V sklopu preveritve prostorskega kriterija je potrebno zato:

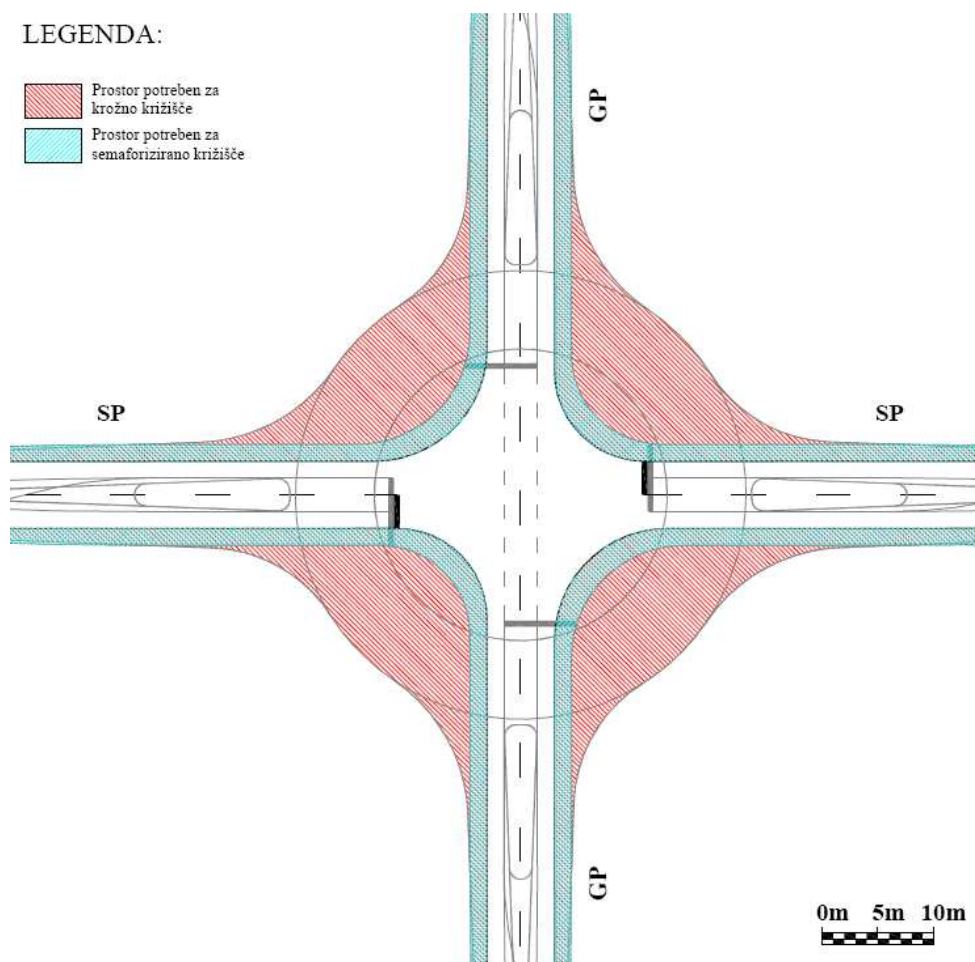
- a. pripraviti idejno(e) zasnovo(e) možne ureditve križišča,
- b. pridobiti podatke o obstoječem zemljišču (varovalni pasovi, zavarovana območja, geodetske podloge in drug kartografski material, podatki o lastništvu),
- c. identificirati posamezne omejitve in
- d. izdelati primerjalno analizo izvedljivosti med več alternativami ureditve križišča

Natančnost in obseg idejnih zasnov oz. načrtov se določi s strani naročnika projekta v odvisnosti od lokacije, vrste posamezne variante ureditve križišča in drugih faktorjev. Podatke o zemljiščih je mogoče pridobiti iz elektronske zemljiške knjige, ki je dostopna na okrožnih sodiščih ali preko spletnega portala (<http://portal.sodisce.si/vpogledi/zk.portal>) podatki pa so dostopni tudi na spletnem portalu (<http://prostor.gov.si/emoneta/index.jsp>).

Zelo uporabni podatki o prostoru predvsem za prvo oceno so dostopni na več različnih spletnih GIS pregledovalnikih:

- <http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/>,
- <http://rkg.gov.si/GERK/viewer.jsp>,
- <http://www.iobcina.si/iobcina2/>,
- <http://www.geoprostor.net/piso/>.

Podatki o javni gospodarski infrastrukturi so evidentirani v katastru javne gospodarske infrastrukture, ki ga vodijo posamezni upravljalci dostopni pa so (bodo) tudi na spletnem portalu geodetske uprave RS (<http://prostor.gov.si/>).

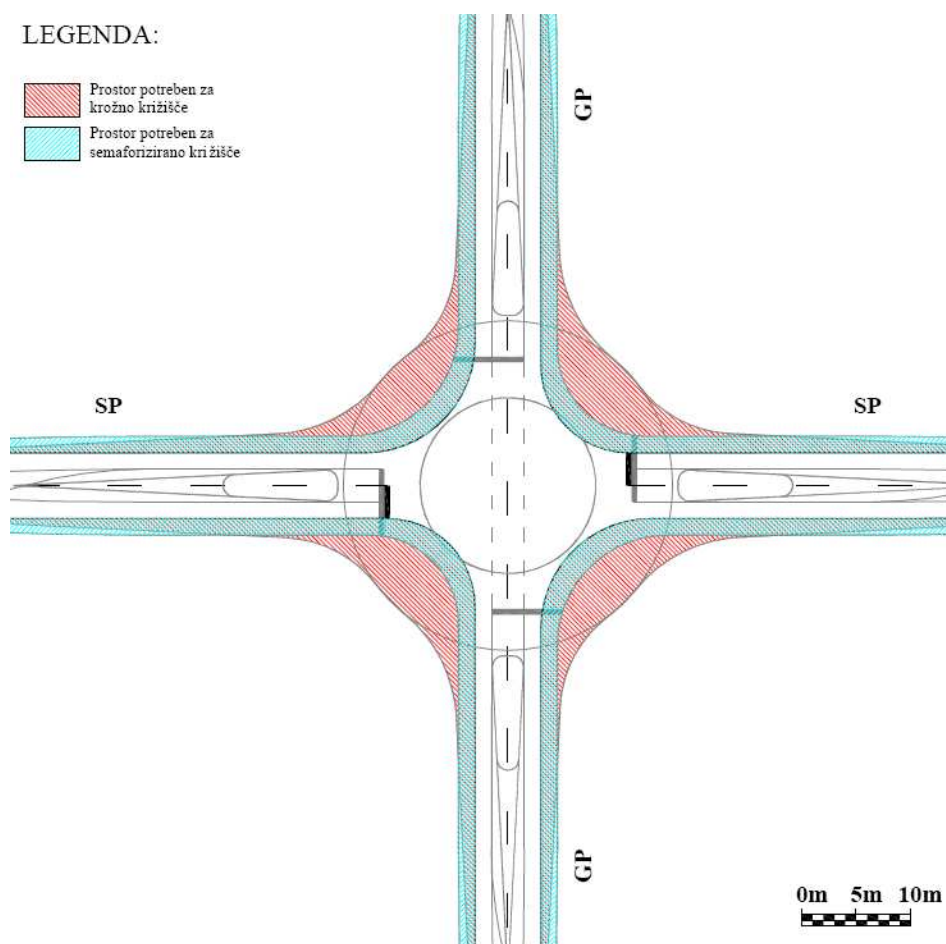


Slika 3.7 Primerjava porabe prostora med 4-krakim izven urbanim eno-pasovnim krožnim in semaforiziranim križiščem s pasovi za levo zavijanje na vseh krakih

Na slikah 3.7 in 3.8 je prikazana primerjava porabe prostora med osnovnimi tipi 4-krakega nivojskega križišča in sicer:

- nesemaforizirano brez posebnih pasov za zavijalce,
- semaforizirano z dodatnimi pasovi za leve zavijalce na GP in SP,
- eno-pasovno krožno križišče.

Za primerjavo je prikazano izven urbano krožno križišče, ki zahteva večje dimenzije ter urbano kompaktno krožno križišče. Na podlagi ocene je ugotovljeno, da izven urbano krožno križišče brez površin za pešce in kolesarje porabi 2x več prostora kot semaforizirano križišče (sl. 3.7) medtem ko urbano krožno križišče ob danih predpostavkah zavzema skoraj enako površino kot semaforizirano križišče (sl. 3.8).



Slika 3.8 Primerjava porabe prostora med 4-krakim urbanim kompaktnim eno-pasovnim krožnim in semaforiziranim križiščem s pasovi za levo zavijanje na vseh krakih

Posamezna rešitev je lahko zaradi prostorskih omejitev neizvedljiva, kar je morda priporočljivo preveriti še pred podrobnejšo analizo. Po drugi strani pa se lahko zgodi, da se ta ista rešitev z vidika prepustnosti in/ali prometne varnosti izkaže za edino sprejemljivo oz. optimalno. V takšnih primerih je potrebno preveriti dodatne stroške, ki nastanejo zaradi morebitnih dodatnih ukrepov (rušenje objektov, prestavitve druge infrastrukture, dodatni ukrepi za zaščito zavarovanih območij,...) ter na drugi strani koristi, ki jih takšna ureditev prinese uporabnikom in širši družbi kot celoti. Izdelati je torej potrebno analizo stroškov in koristi. V kolikor se izkaže, da investicija zaradi prekomernih stroškov ni upravičena, je potrebno poiskati naslednjo alternativno rešitev, ki se obravnavani najbolj približa in je z vidika stroškov še sprejemljiva.

V okviru prostorskega kriterija lahko lastništvo zemljišča predstavlja pomemben faktor. V primeru, ko so zemljišča v državni lasti je zadeva zelo poenostavljena saj se tudi odkup zemljišča v tem primeru ne izvaja. V nasprotnem primeru, ko pa so zemljišča v privatni lasti, se lahko zaradi neodobravanja ali nerazumnih pogojev lastnikov postopek močno zakomplicira. V takem primeru je potrebno presoditi ali se, glede na prioritete in pomen, ureditev križišča lahko začasno opusti ali pa se uvede postopek razlastitve skladno z 28 in 30 čl. ZJC-UPB1 (Ur.l. RS, št. 33/2006). Postopek razlastitve pa lahko predvideno gradnjo zavleče tudi za več let. V primerih, ko imamo z vidika prometno-tehničnih zahtev in prepustnosti na voljo enakovredno alternativno rešitev, lahko kritično varianto, zaradi katere posegamo na problematično zemljišče opustimo. Uporabimo torej z vidika prepustnosti in prometne varnosti še zadovoljivo in primerljivo rešitev, ki pa mora biti z vidika problematike zemljišča ugodnejša in hkrati omogoča realizacijo projekta.

Navedeno nazorno opisuje tudi naslednji vzorčni in dokaj pogost primer iz prakse, ki ga je moč prebrati na spletnih straneh: »Kljub temu, da se ob cesti na Ratežu v tem času gradi in da številni krajanji pričakujejo, da bodo le dočakali večkrat obljubljeni pločnik ob prometni glavni cesti in ureditev križišča proti Brusnicam, so za letos vsi upi zaman. Tokrat nista krivi občina ali država, ampak lastniki zemljišč, ki za gradnjo niso pripravljene odstopiti svojih zemljišč.... Postopek razlastitve lahko traja tudi do dve leti, vsaj toliko časa bo ostala tudi nevarnost v nepreglednem križišču.« (I. Novak, Dolenjski list, 2008)

3.5 Okoljski kriterij

Enega izmed dejavnikov pri izboru posamezne rešitve križišča predstavlja tudi usklajenost predvidenega novega oz. rekonstruiranega križišča z obstoječo okolico oz. prostorom, kjer se križišče nahaja.

V ožji okolici križišča lahko npr. okoliška pozidava omejuje izvedbo posameznih ukrepov in načinov ureditve križišč, omejuje pogled na križišče ali obratno ter ovira pravilno izvedbo ureditve križišča (krajši dodatni pasovi, pozna zaznava semaforja, neustrezen kot priključevanja ter medsebojni razpored krakov v krožnem križišču ipd.). V splošnem pogosto velja, da je krožno križišče z dvignjenim sredinskim otokom in vmesnimi ločilnimi otoki estetsko sprejemljivejša rešitev kot semaforizirano križišče. Nudi več možnosti za oblikovanje detajlov in razgibane hortikulture ureditve, ki pa jo je potrebno predvideti v sozvočju z dano lokacijo. Oblika, ureditev in lokacija križišča pa je pogojena tudi z lego glede na širšo okolico (urbana, ruralna).

3.6 Ekonomski kriterij

Z ekonomskim kriterijem ugotavljamo upravičenost posamezne ureditve oz. investicije z vidika stroškov ali pa primerjamo različne načine ureditve križišča med seboj in iščemo rešitev, ki bo kriteriju prepustnosti in prometne varnosti zadostila ob najnižjih stroških vzdolž celotne planske dobe.

V RS se na področju ekonomskega vrednotenja investicij v cestno infrastrukturo uporablja Uredba o metodologiji za pripravo in obravnavo investicijske dokumentacije na področju državnih cest (Ur.l. RS, št. 124/2007). Za zagotavljanje boljše preglednosti postopka in zmanjšanje možnosti napačnih ali strokovno neutemeljenih odločitev na podlagi neustrezno ali slabo pripravljene investicijske dokumentacije, je Ministrstvo za promet sprejelo Pravilnik o delu komisije za pregled in oceno investicijske dokumentacije na področju državnih cest (Ur.l. RS, št. 4/2009). Komisija preverja skladnost investicijske dokumentacije s metodologijo iz uredbe, ter upravičenost investicije glede na veljavna merila iz metodologije.

3.6.1 Opredelitev obsega in potrebnih podatkov

V kolikor je na podlagi kriterijev prepustnosti in prometne varnosti možna le ena ureditev se upravičenost po ekonomskih kazalcih dokazuje s primerjavo brez investicije oz. z obstoječim stanjem. V primeru več možnih načinov ureditve križišča, ki so z vidika prometne varnosti in prepustnosti enakovredne se na podlagi ekonomske primerjave oz. primerjave stroškov in koristi določi ureditev, ki bo povzročala najmanjše stroške in bo imela pri tem največje koristi. V ovrednotenje so vključeni stroški in koristi infrastrukture in prometa v celotnem projektnem ciklu.

3.6.1.1 Izhodiščni podatki

Izhodiščni podatki o cenah in povprečnih stroških na enoto morajo biti usklajeni s podatki, s katerimi razpolagajo ali jih objavljajo nosilci javnih pooblastil. Predpostavke za projekcije morajo biti utemeljene in verodostojne.

Ocena količin mora temeljiti na predpisani dokumentaciji (predhodne idejne gradbene in prometne rešitve ter študije, projektna in tehnično-tehnološka dokumentacija, standardi in normativi dejavnosti, prostorski akti in druge osnove).

3.6.1.2 Vrste stroškov

Stroški, ki se običajno upoštevajo pri ekonomskih analizah investicij so stroški infrastrukture:

- investicijski stroški (gradbeni stroški, stroški prestavitve obstoječe infrastrukture, stroški odkupa zemljišč)
- vzdrževalni stroški (redni periodični pregledi, čiščenje, košenje trave, menjava rezervnih delov, vgradnja novejših opreme,...),
- obratovalni stroški (stroški električne energije za razsvetljavo in delovanje semaforjev,...)

in pa stroški prometa:

- stroški obratovanja vozil (gorivo in ostali stroški obratovanja),
- stroški časa (zamude v križišču),

- stroški prometnih nesreč (stroški medicinskih storitev, izgube ekonomske zmogljivosti, odškodnin za prestane bolečine in trpljenje, materialne škode in stroški zavarovanja),
- stroški zaradi onesnaževanja okolja (emisije CO, CO₂, NO_x, NH) .

Vsi stroški, ki se upoštevajo v ekonomski analizi so izraženi v denarju in se obračunavajo po stalnih cenah. Stroški se diskontirajo na sedanji čas in se ugotavljajo v finančni in ekonomski analizi po dinamični metodi (za celotno ekonomsko dobo investicije) v obdobju, v katerem se pričakuje njihov nastanek. Inflacija se ne upošteva, prav tako v analizo ne vključujemo amortizacijskih stroškov. Diskontna stopnja za investicije v prometno infrastrukturo je skladno z navodili evropske komisije 5%.

3.6.2 Ekonomska merila

Z ekonomskimi oziroma družbenoekonomskimi merili pri izračunu upravičenosti projekta se ugotavljajo tudi učinki, ki nastanejo zaradi projekta ne le upravljavcu, temveč tudi drugim ekonomskim in preostalim subjektom. Ekonomska merila poleg neposrednih učinkov (stroškov in koristi) vključujejo posredne vplive na družbo kot celoto. Pri vrednotenju investicijskih projektov s področja javnih financ se pri ekonomskih analizah uporabljajo dinamična merila, za njihov izračun pa se uporablja metoda diskontiranja. Pri ekonomski analizi stroškov in koristi, se uporabijo naslednja merila (Ur.l. RS, št. 124/07):

- NSV (neto sedanja vrednost),
- ISD (interna stopnja donosnosti),
- RNSV (relativna neto sedanja vrednost) in
- K/S (količnik relativne koristnosti).

V oznakah je zaradi prepoznavnosti in primerljivosti s formulami iz različnih virov izpuščen indeks (e), ki označuje ekonomska merila.

3.6.2.1 Neto sedanja vrednost

Neto sedanja vrednost oz. NSV predstavlja znesek, ki ga dobimo, ko diskontirane investicijske stroške odštejemo od diskontiranih vrednosti pričakovanih koristi. Predstavlja sedanjo vrednost vseh stroškov in koristi, ki jih od investicije pričakujemo v njeni življenjski dobi. Stroški amortizacije v izračunu NSV niso vključeni.

V splošnem lahko nastopijo naslednji primeri:

- NSV > 0, investicija je upravičena,
- NSV < 0, investicija ni upravičena,
- NSV = 0, do investicije smo z vidika ekonomske upravičenosti neopredeljeni.

Pri tem je potrebno opozoriti na dejstvo, da so projektni v cestno infrastrukturo oz. križišča na cestah kjer se ne plačuje cestnine, praviloma projekti brez donosnosti oz. prilivov. Govorimo lahko le o višini stroškov infrastrukture na eni strani ter stroškov prometa na drugi strani. Pri medsebojni primerjavi več variant zato iščemo tisto, ki povzroči najnižje celokupne stroške. NSV je zaradi navedenega praviloma vedno negativna in iščemo torej varianto, katere neto sedanja vrednost je najmanj negativna.

Splošna oblika enačbe za izračun NSV ima naslednjo obliko:

$$NSV = \sum_{i=1}^t \frac{NDT_i}{(1+r)^i} \quad (3-25)$$

- Kjer je,
- NSV - ekonomska neto sedanja vrednost,
 - NDT_i - neto denarni tokovi,
 - r - diskontna stopnja,
 - t - življenjska doba (let),
 - i - izbrano leto.

Za potrebe določitve NSV pri analizi projektov cestne infrastrukture lahko uporabimo enačbo (3-26), ki je zaradi poenotenja oznak osnovnih parametrov delno prirejena po (Nicholas J.Garber et al, 2002):

$$NSV = \sum_{i=1}^t \frac{R_i}{(1+r)^i} + \frac{S}{(1+r)^t} - \sum_{i=1}^t \frac{M_i + O_i + U_i}{(1+r)^i} - C_0 \quad (3-26)$$

Kjer je

- NSV - neto sedanja vrednost
- R_i - seštevek letnih prihodkov do leta t ,
- S - preostala vrednost objekta v letu t ,
- M_i - vzdrževalni stroški v letu t ,
- O_i - obratovalni stroški v letu t ,
- U_i - stroški uporabnikov v letu t ,
- C_0 - začetni investicijski strošek,
- r - diskontna stopnja,
- t - življenjska doba (let),
- i - izbrano leto.

V kolikor upoštevamo prej navedeno dejstvo glede investicij v cestno prometno infrastrukturo, ki praviloma neposrednih prihodkov ne prinašajo, običajno pa je tudi preostala vrednost težko določljiva se prejšnja enačba poenostavi v enačbo (3-27). Obravnavani so le stroški infrastrukture (investicijski stroški, stroški vzdrževanja in obratovanja) ter zunanji stroški oz. stroški uporabnikov (stroški prometnih nesreč, stroški zamud, stroški onesnaževanja).

$$NSV = - \sum_{i=1}^t \frac{M_i + O_i + U_i}{(1+r)^i} - C_0 \quad (3-27)$$

NSV torej predstavlja seštevek začetnih investicijskih stroškov (gradnja, zemljišče,...) ter stroškov vzdrževanja in obratovanja ter stroškov uporabnikov v celotni ekonomski (planski) dobi, diskontiranih na sedanjo vrednost.

Za izračun stroškov uporabnikov, je zelo uporaben tudi računalniški program aaSIDRA. Predhodno v programu podamo vrednosti posameznih parametrov (strošek ure dela, zasedenost vozil, strošek goriva, razmerje stroška delovanja s stroškom goriva,...). Izračunani stroški so vezani na zamude posameznih vozil v križišču.

Stroški prometnih nesreč predstavljajo produkt med izhodiščnimi stroški za posamezni tip nesreče, ter napovedanim številom posameznih tipov prometnih nesreč, ki je odvisno od števila konfliktnih točk ter napovedanih prometnih obremenitev.

3.6.2.2 Interna stopnja donosa (ISD)

Druga metoda za ekonomsko ocenjevanje investicij je t.i. ekonomska interna stopnja donosa. ISD je tista diskontna stopnja, pri kateri je neto sedanja vrednost prihodkov in neto sedanja vrednost stroškov izenačena oz. pri kateri je NSV=0. Interno stopnjo donosnosti primerjamo s podatkom, ki ponazarja merilo uspešnosti, in tako ocenimo učinke predlagane investicije. ISD je torej tista diskontna stopnja, ki zagotavlja izpolnjevanje naslednjega pogoja:

$$0 = \sum_{i=1}^t \frac{NSD}{(1 + ISD)^i} \quad (3-28)$$

Kjer je, NSD - neto skupni donos (skupna razlika med dohodki in odlivi),
 ISD - iskana diskontna stopnja,
 t - življenjska doba (let),
 i - izbrano leto.

Interno stopnjo donosa izračunamo z enačbo:

$$ISD = r_p + (r_n - r_p) \cdot \frac{NSD_p}{NSD_p - NSD_n} \quad (3-29)$$

Kjer je, ISD - interna stopnja donosa,
 NSD - neto skupni donos = Sd-So,
 NSD_p - NSD pri diskontni stopnji r_p,
 NSD_n - NSD pri diskontni stopnji r_n,
 r_p - diskontna stopnja pri kateri je NSD pozitiven,
 r_n - diskontna stopnja pri kateri je NSD negativen,

Nastopijo lahko naslednji primeri:

ISD > r, investicija je upravičena,
ISD < r, investicija ni upravičena,
ISD = r, do investicije smo z vidika ekonomske upravičenosti neopredeljeni.

Ker ni upoštevana velikost investicije ter časovni faktor, se ISD uporablja se le kot dopolnilna metoda.

3.6.2.3 Relativna neto sedanja vrednost (RNSV)

RNSV je razmerje med neto sedanjo vrednostjo projekta in diskontiranimi (sedanjimi) stroški izračunamo pa jo po naslednji enačbi:

$$RNSV = \frac{NSV}{\sum SV(I)} \quad (3-30)$$

Kjer je, RNSV - relativna neto sedanja vrednost
 NSV - neto sedanja vrednost investicije
 SV(I) - diskontirani stroški

Investicija oz. rešitev je sprejemljiva v kolikor je $RNSV > 0$, v nasprotnem primeru investicijo zavržemo.

3.6.2.4 Količnik relativne koristnosti (K/S)

K/S (Benefit-Cost) je razmerje med sedanjo vrednostjo koristi in neto stroški investicije.

$$\left(\frac{K}{S} \right) = \frac{SV(I)}{SV(O)} \quad (3-31)$$

Kjer je (K/S) - količnik relativne koristnosti
 SV(I) - neto sedanja vrednost prilivov (prihrankov)
 SV(O) - neto sedanja vrednost odlivov (stroškov)

Kot korist lahko pri tem upoštevamo prihranke na račun zmanjšanja stroškov prometa, ki jih predstavljajo stroški prometnih nesreč in stroški časa, stroški goriva in vzdrževanja vozila ter stroški onesnaževanja okolja.

V primeru več variant je potrebno med seboj primerjati razpoložljive alternative vključno z rešitvijo brez investicije, ki ima običajno najnižje stroške oz. jih nima.

Uporabimo enačbo 3-32. Pričnemo z najcenejšo varianto in jo primerjamo z naslednjo z višjimi stroški. Če je K/S dražje rešitve <1 potem le to izključimo in nadaljujemo z naslednjo dražjo varianto. Če je sedaj K/S dražje variante ≥ 1 opustimo cenejšo in poiščemo naslednjo cenejšo varianto. Tako nadaljujemo dokler nismo preverili vseh parov rešitev. Favorizirana je tista rešitev, ki v primerjavi z cenejšimi rešitvami izkazuje $K/S \geq 1$ ter v primerjavi z dražjimi $K/S < 1$.

$$\left(\frac{K}{S}\right)_{2/1} = \frac{SV(I)_2 - SV(I)_1}{SV(O)_2 - SV(O)_1} \quad (3-32)$$

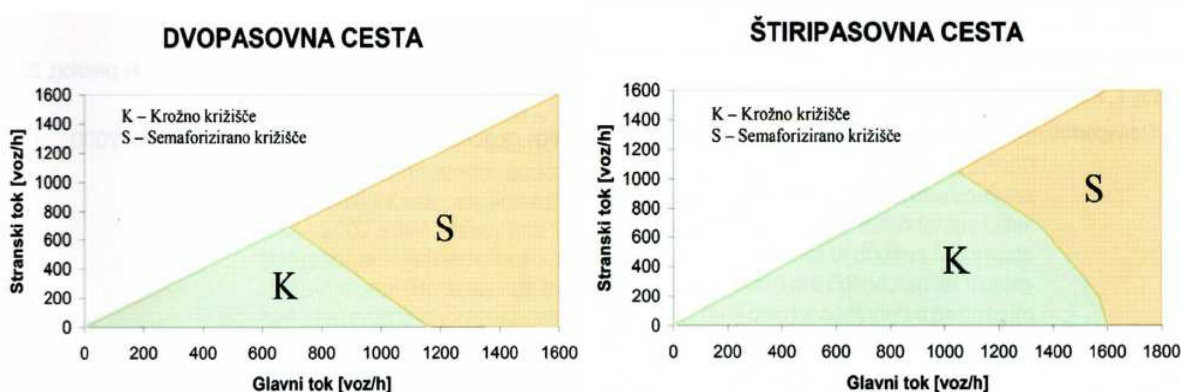
Kjer je	$(K/S)_{2/1}$	- količnik relativne koristnosti
	SV(I)	- neto sedanja vrednost prilivov
	SV(O)	- neto sedanja vrednost odlivov
	2	- varianta 2
	1	- varianta 1

3.7 Projektno-tehnični kriterij

Glede na dane razmere na območju predvidene ali obstoječe lokacije križišča preverimo, kakšne so možnosti uporabe posameznega načina ureditve križišča glede na okoliščine na obravnavani lokaciji.

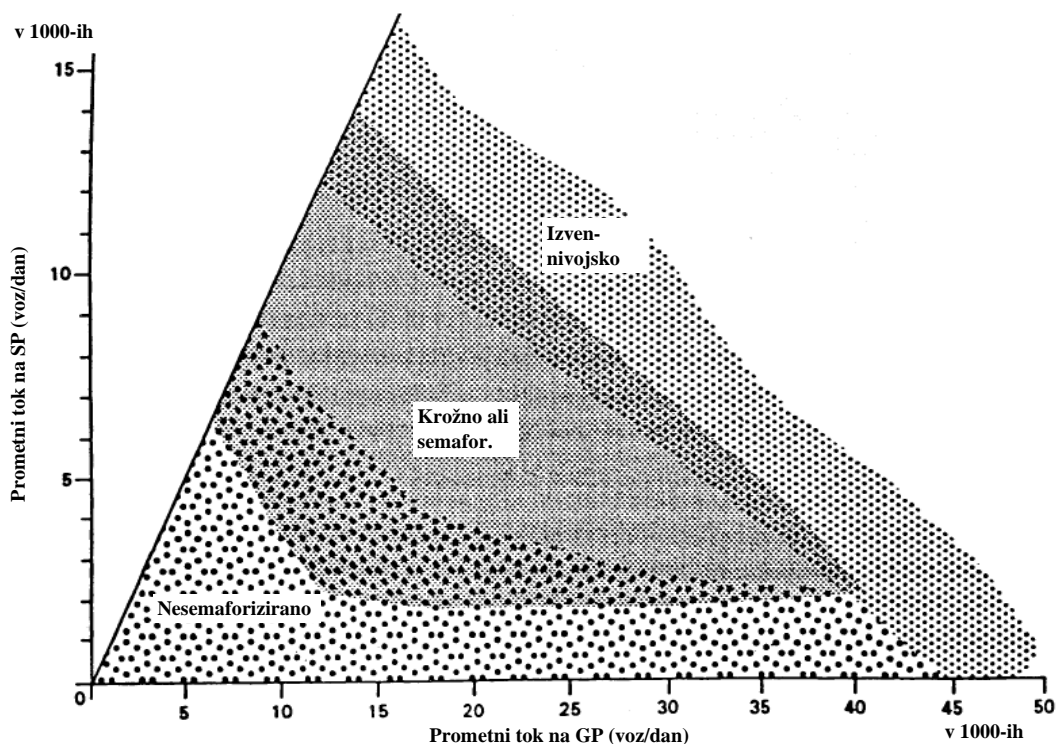
V splošnem lahko ureditve križišč delimo na tiste, ki povečujejo prepustnost in tiste, ki izboljšujejo prometno varnost. Posamezni ukrepi kot je npr. izgradnja dodatnih pasov za leve in/ali desne zavijalce, postavitev svetlobno signalnih naprav ali izgradnja krožnega križišča pa lahko imajo pozitivni učinek tako na prepustnost kot tudi na prometno varnost.

V odvisnosti od obstoječega tipa križišča, zelenih ciljev in okoliščin lokacije lahko izboljšavo obstoječih razmer dosežemo na več načinov, kot je to prikazano v nadaljevanju. Vsak posamezni način ureditve križišča ima svoje prednosti kot tudi slabosti. Mrgole S. je v diplomskem delu s programom aaSidra izdelala primerjavo uspešnosti različnih tipov križišč glede na kriterij čakalnih časov vozil. Rezultati analize so križišče dveh dvopasovnih in dveh štiripasovnih cest prikazani na grafikonu 3.1.

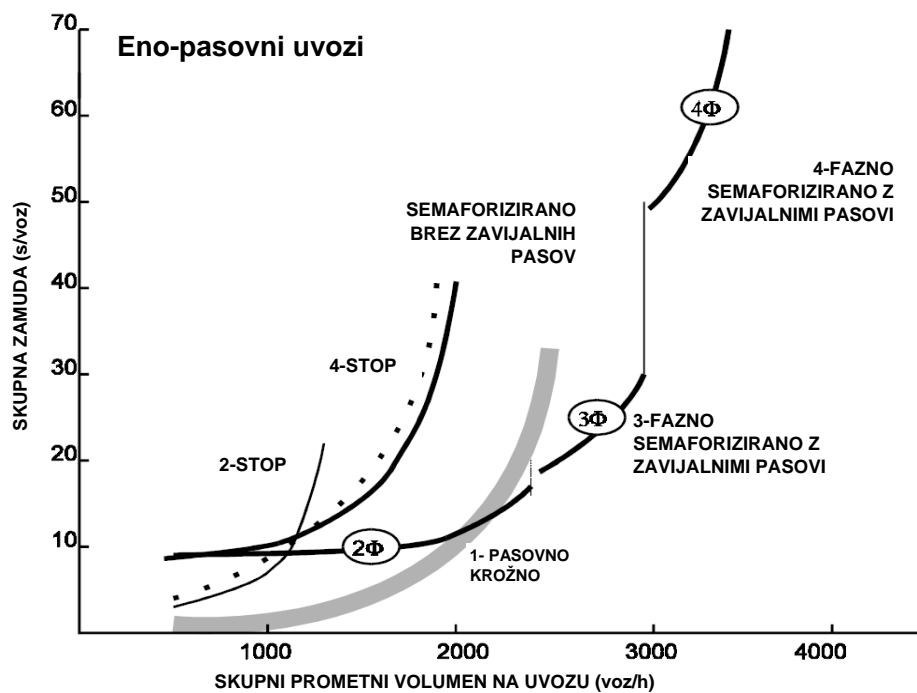


Grafikon 3.1 Področje primernosti izvedbe določenega tipa križišča (K-krožno, S-semaforizirano) na dvopasovni cesti (GP in SP) v odvisnosti od urnih prometnih obremenitev (Vir: Mrgole S., 2004)

Na grafikonu 3.2 je prikazana uporabnost posameznih tipov križišč oz. načinov urejanja prometa glede na različne prometno obremenitev glavne prometnice (GP) in stranske prometnice (SP). Na grafikonu 3.3 je na hipotetičnem primeru 4-krakega križišča prikazan odnos med skupnim prometnim volumnom na uvozu in zamudami za različne tipe križišč (Florida Roundabout guide, 1996). Primerjava je bila izdelana s programom SIDRA na osnovi hipotetične prometne obremenitve (GPS-60%, SPS-40%, LZ_{GPS}-20%, DZ_{GPS}-10%). Vsak posamezni način ureditve križišča na obravnavani lokaciji mora zato, da je njegova uporaba smiselna in smotrna tudi iz projektno-tehničnega vidika, izpolnjevati ustrezne pogoje. V nadaljevanju je naštetih nekaj načinov ureditve križišč s tehničnimi značilnostmi na podlagi katerih je mogoče presoditi ali je posamezen ukrep primeren ali ne. Navedene ureditve niso mišljene kot vseobsegajoči spisek oz. katalog možnih rešitev. Na posamezni lokaciji je lahko, v odvisnosti od specifičnih okoliščin in problematike, najustreznejša in hkrati upravičena tudi uporaba popolnoma drugačne rešitve.



Grafikon 3.2 Primerjava uporabnosti različnih križišč glede na dnevno prometno obremenitev
 (Vir: prirejeno po <http://www.swov.nl/rapport/d-2001-13.pdf>)



Grafikon 3.3 Primerjava različnih tipov urejanja prometa v 4-krakem križišču z vidika zamud
 (vir: prirejeno po Florida Roundabout Guide, FDOT, 1996)

3.7.1 Postavitev ustrezne prometne signalizacije

S postavitvijo prometne signalizacije na križiščih kjer te ni, posameznim stranskim smerem odvzamemo prednost ali zapovemo, da se vozilo na neprednostni smeri v križišču ustavi. Z znakom II-2 »Ustavi!« ali I-1 »Križišče s prednostno cesto« je potrebno opremiti vsa nesignalizirana križišča in priključke, kjer je na podlagi inženirske presoje izpolnjen eden ali več naslednjih pogojev:

- a. Priključek stranske ceste na primarno cesto, kjer le z upoštevanjem desnega pravila ni dovolj jasno določena hierarhija prometnih tokov in upoštevanje pravil vožnje skladno s cestno prometnimi predpisi;
- b. Stranska ulica se priključuje na prometnejšo cesto ali ulico;
- c. V kolikor gre za nesemaforizirana križišča v območju ali bližini semaforiziranih križišč;
- d. Kjer višje hitrosti vožnje na prioritetni smeri, zmanjšana preglednost pri približevanju h križišču in vključevanju vozil s stranske ceste na glavno cesto in število ter vrsta prometnih nesreč nakazujejo na potrebno po regulaciji prometa z znakom »Ustavi!«,

V primeru križanja enakovrednih cest z relativno enakimi prometnimi tokovi in značilnostmi je potrebno znaka II-2 »Ustavi!« ali I-1 »Križišče s prednostno cesto« postaviti na smer oz. krak:

- a. ki predstavlja večji konflikt z obstoječim tokom pešcev ali šolskimi potmi;
- b. s slabšo vidljivostjo, se v križišču priključuje z vzponom ali so v območju priključevanja nameščene grbine tako, da so vozniki prisiljeni zmanjšati hitrost že pred vključitvijo v križišče;
- c. z večjo dolžino neoviranega prometnega toka, ki se približuje križišču;
- d. z boljšo preglednostjo pri vključevanju v križišče.

Podrobneje so kriteriji za upravičenost opredeljeni v MUTCD (Manual on Uniform Traffic Control Design) (FHA, 2003).

Prednosti postavitve prometne signalizacije so, da:

- zagotavlja bolj urejen prometni tok,
- zmanjšuje resnost in pogostost bočnih trkov in trkov levih zavijalcev,
- predstavlja relativno poceni in hitro izvedljivo rešitev.

Pomanjkljivosti:

- povečanje zamud na neprednostnih krakih križišča predvsem v času konic na bolj obremenjenih križiščih.
- število nekaterih tipov nesreč se poveča (nalet, neupoštevanje prednosti in pravil vožnje,...)
- omejeno je na uporabo v manj obremenjenih križiščih
- povečuje zamude na vseh krakih križišča
- najbolj uporabni pri eno-pasovnih dostopih
- kapaciteta celotnega križišča je omejena
- zagotavljanje U obračanja je lahko težavno oz. ga je potrebno prepovedati

3.7.2 Dograditev pasov za levo in/ali desno zavijanje

Z dograditvijo pasov za leve zavijalce povečamo prepustnost križišča, eliminiramo oz. zmanjšamo možnost nastanka kolon zaradi čakajočih levih zavijalcev, izboljšamo prometno varnost z vidika zaščite levih zavijalcev pred naletom napredujočih vozil od zadaj ter levim zavijalcem zagotovimo ustrezno čakalno površino, ki jim omogoča varno čakanje na ustrezen razmak med vozili iz nasprotne smeri.

Tako kot pasovi za leve zavijalce, tudi pasovi za desne zavijalce povečujejo prepustnost in zmanjšujejo možnost naleta na vozila, ki zavijajo desno.

V slovenskih predpisih in tehničnih specifikacijah ni podanih usmeritev oz. objektivnih kriterijev o tem kdaj je uvedba dodatnih pasov za leve ali desne zavijalce upravičena.

V splošnem se v tujini za upravičenost uvedbe dodatnih pasov za leve ali desne zavijalce uporabljajo naslednji kriteriji:

- kriterij volumna vozil
- kriterij prometnih nesreč
- posebni primeri (železniški prehodi, geometrija križišča, semaforizirana križišča, preglednost,...)

3.7.2.1 Kriterij prometnega volumna

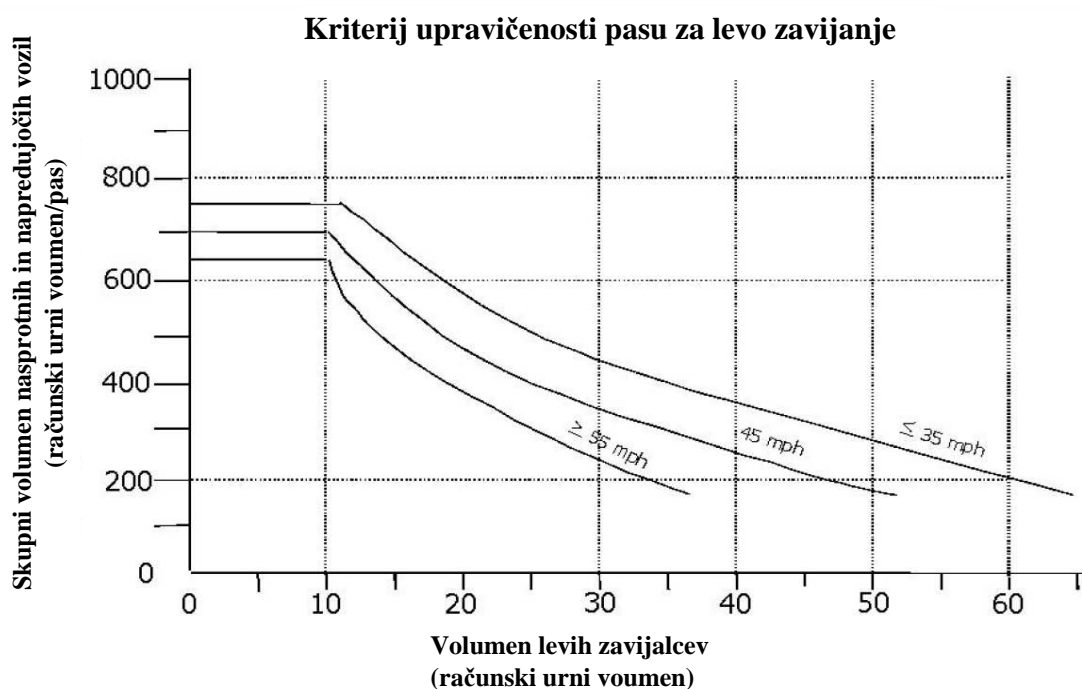
V Združenih Državah Amerike (ZDA) se za določevanje potreb po dodatnih zavijalnih pasovih z vidika volumna vozil uporablja metodo Harmelinka, ki je bila v zadnjih letih dopolnjena zaradi naraščajočega števila starejših voznikov oz. predhodno precenjenih sposobnosti le teh. Za upravičenost pasu za leve zavijalce se uporablja preglednica 3.7.

Preglednica 3.7 Kriterij za upravičenost pasov za leve zavijalce

	Napredujoči prometni tok [voz/h]			
	5%	10%	20%	30%
	Levih	Levih	Levih	Levih
Nasprotni prometni tok [voz/h]	Operativna hitrost 40mph ~ 64.5 km/h			
800	434	300	219	189
600	542	375	272	234
400	682	472	343	293
200	863	600	435	375
100	946	679	493	424
	Operativna hitrost 50mph ~ 80.7km/h			
800	366	257	185	162
600	460	320	234	202
400	577	403	294	255
200	735	513	373	324
100	830	576	424	365
	Operativna hitrost 60mph ~ 96.8km/h			
800	294	207	154	146
600	365	259	187	165
400	461	324	238	206
200	586	414	303	263
100	663	468	344	297

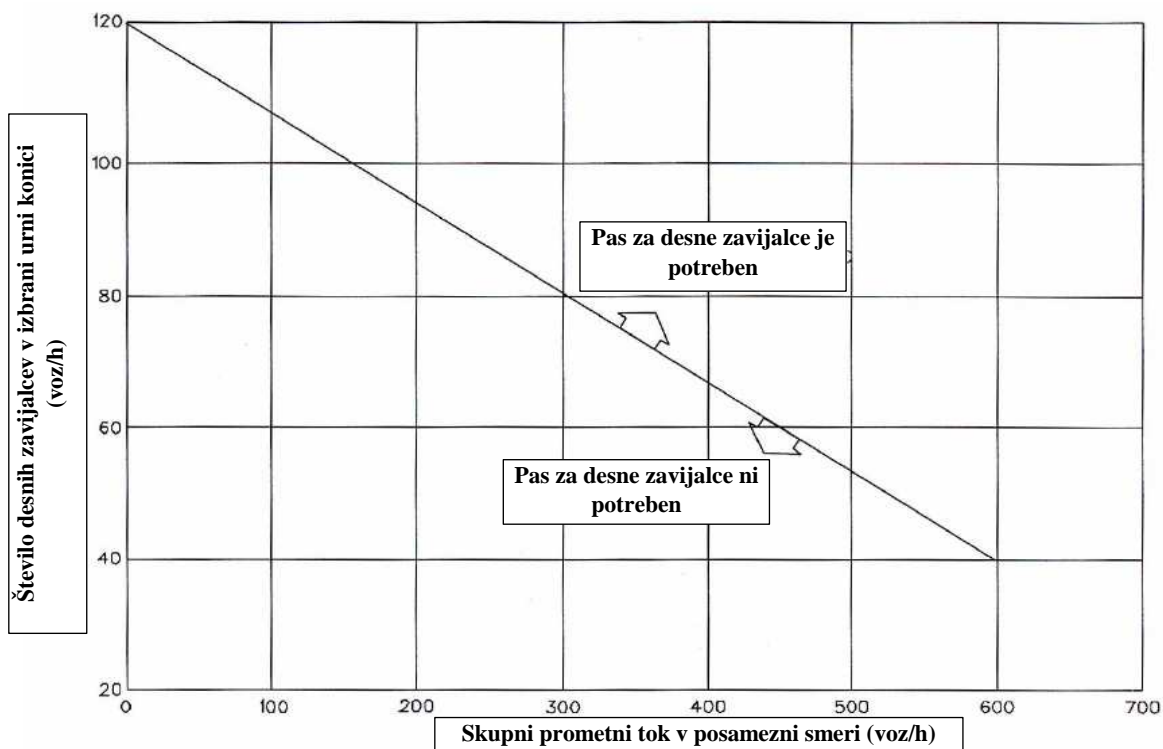
(Vir: prirejeno po <http://www.wsdot.wa.gov/research/reports/fullreports/413.1.pdf>)

Pri na primer 800 voz/h nasprotnega prometnega toka je najmanjše število levih zavijalcev (5% napredujočega prometnega toka), ki že opravičuje uvedbo pasu za leve zavijalce, 22 voz/h pri hitrosti 64.5 km/h, 19 voz/h pri operativni hitrosti 80.7 km/h ter 15 voz/h pri operativni hitrosti 96.8 km/h. Če povemo drugače, je pri nasprotnem prometnem toku 800 voz/h, pri operativni hitrosti 64.5 km/h in 5% levih zavijalcev dodatni prometni pas upravičen pri najmanj 434 vozilih/h v prometnem toku od katerega se odcepljajo levi zavijalci. V Veliki Britaniji (VB) se glede na volumen vozil upravičenost dodatnega pasu za levo zavijanje določa s pomočjo grafikona 3.4. Pri računu skupnega volumna nasprotnih in napredujočih vozil se nasprotni levi zavijalci ne upoštevajo.

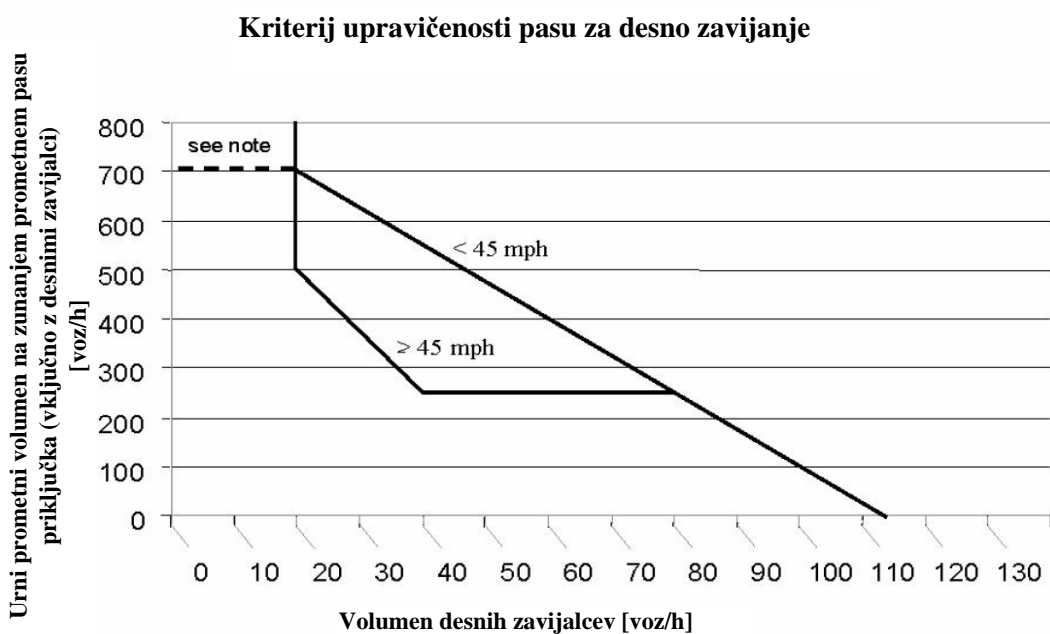


Grafikon 3.4 Kriterij za upravičenost pasu za levo zavijanje
(vir: prirejeno po ftp://ftp.odot.state.or.us/techserv/roadway/web_drawings/HDM/AdxF.pdf)

Za upravičenost posebnega pasu za desno zavijanje se v ZDA uporablja grafikon 3.5, v VB pa grafikon 3.6.



Grafikon 3.5 Kriterij za upravičenost pasov za desne zavijalce v ZDA
 (Vir: prirejeno po <http://www.wsdot.wa.gov/research/reports/fullreports/413.1.pdf>)



Grafikon 3.6 Kriterij za upravičenost pasov za desne zavijalce v VB
 (vir: prirejeno po ftp://ftp.odot.state.or.us/techserv/roadway/web_drawings/HDM/AdxF.pdf)

3.7.2.2 Kriterij prometnih nesreč

Kriterij prometnih nesreč je izpolnjen v primerih, ko:

- z drugimi ustreznimi ukrepi ni bilo moč zmanjšati pogostosti prometnih nesreč,
- so se v preteklosti zgodile prometne nesreče, ki bi jih z uvedbo dodatnega pasu lahko preprečili,
- so koristi z vidika prometne varnosti večje od stroškov izgradnje dodatnega pasu,
- uvedba dodatnega pasu ne vpliva na delovanje križišča.

3.7.2.3 Posebni primeri za uvedbo dodatnih pasov za zavijanje

- Prečkanje železniške proge: V kolikor je železniška proga vzporedna s cesto in neugodno vpliva na leve ali desne zavijalce, je potrebno za določitev potrebne dolžine pasu upoštevati najslabši možni scenarij v odvisnosti od časa spuščene zapornice, prometnega volumna in lokacije križanja.
- Geometrija in prometna varnost: Ugotoviti je potrebno ali je zagotovljena zadostna preglednost (v primeru priključka v nepregledni krivini-potreben pas za zaščito pred naletom na čakajoče vozilo), preveriti operativno hitrost, bližnje dostope ter ostale prometno-varnostne parametre.
- Semaforizirana križišča: Posebno pozornost je potrebno posvetiti uvedbi dodatnih pasov v semaforiziranih križiščih, predvsem z vidika vpliva na prepustnosti in zamude. Dolžine pasov so odvisne od zajezitvenih dolžin.

3.7.3 Postavitev svetlobno signalnih naprav oz. semaforizacija križišča

Postavitev SSN oz. semaforizacija križišča mora biti predhodno upravičena na podlagi več kriterijev oz. morajo biti zanjo izpolnjeni določeni pogoji. V RS se upravičenost postavitve SSN preverja na podlagi naslednjih kriterijev (Kastelic T. et al., 1991):

- kriterij prometne varnosti (utež prometnih nesreč na semaforiziranem križišču mora biti manjša od uteži zabeleženih nesreč na nesemaforiziranem križišču),

- kriterij potekanja prometa (na podlagi prometne prognoze je potrebno ugotoviti ali bodo ob koncu planske dobe kolone vozil še v okviru dolžim pripadajočih voznih pasov in ali so zamude v križišču manjše kot 3 minute),
- kriterij prometnega vodenja (SSN je upravičena v primeru potrebe po vzpostavitvi koordiniranega krmiljenja na določenem odseku z več vmesnimi križišči, v primeru oviranega prometa MPP, pri preprečevanju dodatnega vključevanja vozil na že preobremenjeno cestno mrežo in če na cestah z več kot dvema voznima pasovoma nastopa smerno spreminjajoča se prometna obremenitev tekom dneva,
- kriterij prometnih obremenitev (na podlagi prometnih obremenitev se za posamezne smeri vožnje izračunajo časovne vrzeli in primerjajo z mejnimi-v kolikor so presežene je pričakovati, da se bo z ustreznim faznim programom na SSN stanje izboljšalo).

Za primerjavo so v preglednici 3.8 nanizani kriteriji upravičenosti oz. t.i. traffic signal warrants, ki se pri analizi upravičenosti uporabljajo v ZDA. Za upravičenost postavitve SSN mora biti izpolnjen vsaj eden od kriterijev v ki so prikazani v preglednici 3.2 (podrobneje so kriteriji opisani v MUTCD):

Preglednica 3.8 Kriteriji za uvedbo SSN

ŠT.	KRITERIJ	OPIS
1.	Kriterij prometnega volumna osmih ur: a) najmanjši volumen vozil b) oviranje kontinuiranega prometnega toka - kombinacija a) in b)	Stalni zmerni skupni prometni volumen ali velik prometni volumen na GP
2.	Kriterij prometnega volumna štirih ur	Velik volumen vozil, ki v času konic uvažajo v križišče
3.	Kriterij prometnega volumna v urni konici: - zamude v urni konici - prometni volumen v urni konici	Zelo velik volumen vozil ali velike zamude v času konic
4.	Kriterij prometnega volumna pešcev	Prekomerne zamude in veliko število pešcev
5.	Kriterij šolskega prehoda	Povečane zamude šolarjev/dijakov

ŠT.	KRITERIJ	OPIS
6.	Kriterij koordiniranega krmiljenja	Doseganje/ohranjanje tekoče progresije oz. napredovanja prometa
7.	Kriterij prometnih nesreč	Pogoste nesreče in zmerni prometni volumen
8.	Kriterij prometne mreže	Koncentracija prometnega toka na križišča dveh GP

(Vir: prirejeno po NHCRP, report 457, 2001)

Postavitev svetlobno signalnih naprav oz. semaforizacija križišča predstavlja najvišji nivo ureditve križišča z vidika prometne signalizacije. Tako kot vsaka rešitev, pa ima tudi semaforizacija križišča tako prednosti kot slabosti:

Prednosti:




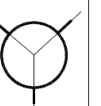
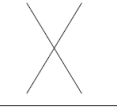


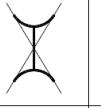

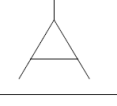
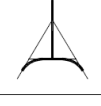

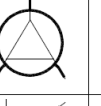
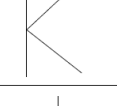
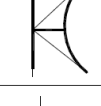
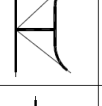

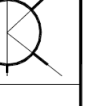
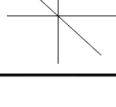
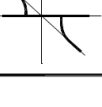

- zagotavlja ustrezen red med prometnimi tokovi,
- se zelo dobro obnese v koordiniranem sistemu več križišč,
- v posameznih primerih lahko zmanjša resnost in pogostost bočnih trkov in trkov levih zavijalcev,
- odlično se izkaže ob uporabi naprav za zaznavanje vozil na prednostni vožnji,
- ne-motoriziranim udeležencem omogočijo varno prečkanje ceste,
- zamude se lahko za posamezno smer uravnava (minimalizirajo).

Slabosti:

- občutnejše povečanje števila nekaterih tipov prometnih nesreč (nalet vozil od zadaj),
- večji investicijski in obratovalni stroški,
- zahtevno in redno vzdrževanje,
- lahko poveča zamude in povzroči/podaljša kolone (običajno na glavni prometni smeri),
- večji prometni tokovi povečujejo velikost križišča in število dodatnih pasov križišča,
- lahko zahteva dodaten prostor za dodatne pasove izven območja križišča ,
- ob večjem številu levih zavijalcev se lahko učinek izboljšav križišča zmanjša,
- zagotavljanje U obračanja je lahko težavno oz. ga je potrebno prepovedati.

3.7.4 Predelava obstoječega križišča v enega od osnovnih dovoljenih tipov križišč

Zaradi zaznavnosti in razumljivosti ter varnega vodenja prometa je potrebno ob rekonstrukcijah ali novogradnjah križišč križišče zasnovati po enem od osnovnih tipov kot so naštetih že v poglavju 2. Drugih tipov križišč ali priključkov (X, Y, K, A, Ж) za nova križišča ni dovoljeno načrtovati. Že obstoječe nedovoljene tipe je potrebno preurediti v enega od dovoljenih tipov križišč, kot je prikazano na sliki 3.9. S preureditvijo se zagotovi pravokotnost križanja, pri katerem je pregledno polje najpravilnejše oblike.

Nedovoljena oblika	Dovoljena oblika			
				
				
				
				
				

Slika 3.9 Načini preureditve obstoječih nedovoljenih tipov križišč v dovoljene tipe (vir: TSC 03.344)

V primeru rekonstrukcije obstoječega nedovoljenega tipa križišča, se za enega od dovoljenih tipov odločimo na osnovi zahtevane prepustnosti križišča na koncu planske dobe, smeri glavnega prometnega toka, okoliške pozidave, razpoložljivega prostora in prometno-varnostne analize.

3.7.5 Predelava klasičnega križišča v krožno križišče

Da lahko klasično križišče preuredimo v krožno križišče, morajo biti izpolnjene naslednje osnovne zahteve:

- zagotovljen mora biti zadosten prostor,
- križišče mora biti upravičeno z vidika prepustnosti, prometne varnosti ter funkcionalnosti,
- nagibi priključnih krakov na zaustavni dolžini ne smejo biti večji od 4%,

Prednosti:

- zagotavlja urejen prometni tok,
- zelo dobro deluje v seriji zaporednih krožnih križišč,
- resnost in pogostost večino tipov prometnih nesreč zmanjša na minimum,
- zagotavlja najmanjše število konfliktnih točk,
- stroški v predvideni »življenjski« dobi križišča so nižji od semaforiziranega križišča,
- širine priključnih krakov so lahko minimalne,
- primerljiva, če ne tudi večja kapaciteta, kot ostali tipi križišč,
- U obračanje je enostaven in varno izvedljiv manever,
- dobro deluje tudi pri večjem odstotku levih zavijalcev,
- dobro deluje tudi na križiščih s prepletanjem diamantne oblike,
- značilnost krožnih križišč v primerjavi z ostalimi je enakomernejša porazdelitev zamud po krakih (na SP se običajno zmanjšajo, na GP pa se pojavijo oz. povečajo),
- s krožnimi križišči se v primerjavi z ostalimi tipi lažje omogoči priključevanje več krakov, uspešneje pa se rešuje tudi križišča z zamikom osi,
- odlično se izkažejo pri zagotavljanju dostopov na posamezna območja ali območja z desnim uvozom in desnim izvozom.

Slabosti:

- lahko zahteva dodatne površine v območju križišča
- deluje zelo slabo, v kolikor oblikovanje geometrije križišča ni ustrezno načrtovano
- zahteva dodatne rešitve (hortikultura, razsvetljava, razširitve za tovorna vozila,...)
- običajno zahteva več truda v začetnih fazah načrtovanja kot ostali tipi križišč,

- delovanje krožnega križišča se lahko zelo poslabša če se promet v sosednjih križiščih ureja s SSN ali z znakom II-2 »Ustavi« na vseh krakih,
- najbolj deluje z enopasovnimi priključnimi kraki,
- lahko slabo deluje če je prometni tok znatno neuravnovešen (velika nihanja),
- lahko otežuje učinkovitost prometnega toka v koordiniranem sistemu križišč,
- ni ga mogoče umestiti v prostor, kjer so vzdolžni nagibi priključnih krakov večji od 4% zaradi dodatno potrebnih prilagoditev in prostora,
- v primeru, da je krožno križišče locirano v temenu konveksne zaokrožitve, je funkcija križišča lahko neustrezna, ker je otežena njegova zaznavnost in preglednost.

3.7.6 Alternativne ureditve v križiščih

3.7.6.1 Kanaliziranje, omejevanje in prepoved posameznih manevrov

Med tovrstne ukrepe prištevamo izvedbo sredinskih otokov in kanaliziranja prometnih tokov. Podrobneje so načini in splošna načela kanaliziranja opisana v TSC 03.344 (predlog, januar 2003).

Prednosti:

- lahko zmanjšajo celokupne zamude,
- zreducirajo prometne nesreče z eliminiranjem posameznih konfliktnih točk in zmanjšanjem konfliktnih površin,
- omogočajo varne čakalne površine za pešce, ki prečkajo cesto,
- potrebe po dodatnih ukrepih za regulacijo prometa so minimalne (semaforizacija lahko celo ni potrebna).

Slabosti:

- voznikom takšni ukrepi zmanjšujejo možnost izbora in lahko povzročajo zmedo,
- lahko povečajo zamude v sosednjih križiščih,
- takšne rešitve so na lokalnem nivoju običajno težje sprejemljive (pot do istega cilja se podaljša,...),
- poveča se število U-obračanj v sosednjih križiščih.

3.7.6.2 Eliminacija dovozov v neposredni bližini križišča

Zaradi neposrednega vpliva na prometno varnost v križiščih je v primeru večjega števila dovozov oz. posameznih priključkov k objektom potrebna t.i. konsolidacija priključkov. To je mogoče doseči z izgradnjo »bypass« dostopne ceste, ki združuje več priključkov in je preko nje tako omogočeno posredno priključevanje na primarno cesto.

3.7.7 Pretvorba klasičnega križišča s SSN v nekonvencionalno obliko križišča

Poleg konvencionalnih tipov nivojskih križišč (klasična, krožna) se v primerih, ko je obstoječe semaforizirano križišče preobremenjeno in gre za močne prometne tokove v posameznih ali vseh smereh se v novejšem času ponekod (predvsem v ZDA) uporabljajo tudi druge alternativne oblike nivojskih križišč, ki skušajo predvsem:

- dodatno zaščititi leve zavijalce tako, da se levo zavijanje izvede posredno preko dodatnih prometnih površin izven območja ali pa v ožjem območju križišča,
- zmanjšati število konfliktnih točk in
- povečati kapaciteto križišč.

V nadaljevanju je naštetih nekaj takšnih tipov križišč, ki pa pridejo v poštev predvsem pri zelo velikih prometnih obremenitvah oz. križanjih večpasovnih cest višjega ranga in kjer izvennivojska križanja niso izvedljiva zaradi prostorskih omejitev. Tovrstna križišča so obvezno opremljena s signalno varnostnimi napravami oz. semaforji. Običajno so investicijski stroški višji kot pri običajnih oblikah križišč, zato je potrebno takšne ukrepe predhodno temeljito analizirati z vidika ekonomske upravičenosti.

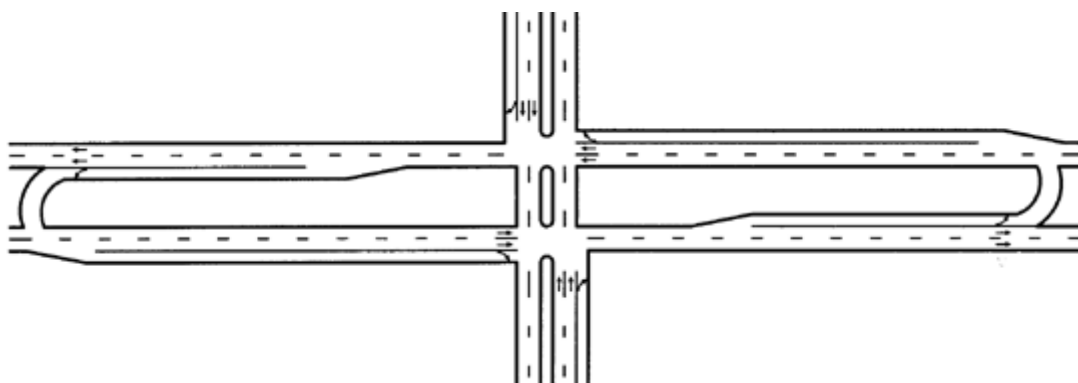
Prednosti takšnih križišča so, da običajno zmanjšujejo število konfliktnih točk, kapaciteta pa je v primerjavi s klasičnimi semaforiziranimi križišči večja. Slabost pa predstavljajo znatno višji investicijski stroški, kot pri običajnih semaforiziranih križiščih, običajno pa zahtevajo tudi večjo dodatno površino (zemljišče). Med tovrstne rešitve sodijo predvsem:

- navzkrižno križišče z U-obračanjem preko sredinskega otoka,
- križišče-ročaj ali »Jughandle«,

- križišča s kontinuiranim prometnim tokom ali »CFI«
- »kvadrantna« križišča,
- »super« navskrižna križišča s sredinskim otokom,

3.7.7.1 Navzkrižno križišče z U-obračanjem preko sredinskega otoka

Ta tip križišča uporabimo pri štiri-krakih križiščih, ko želimo eliminirati levo zavijanje na in z glavne prometne smeri. Pri tem je levo zavijanje predstavljeno za križišče. Levi zavijalci na GP morajo prečkati križišče s SP, preko pasu za prečkanje sredinskega otoka izvedejo manever U-obračanja, se vključijo nazaj na GP v nasprotni smeri in v križišču zavijejo desno na SP. Levi zavijalce s SP v križišču zavijejo desno na GP in preko pasu za prečkanje sredinskega otoka izvedejo manever U-obračanja prečkajo sredinski otok, se vključijo na GP v obratni smeri in v križišču peljejo naravnost. Na sliki 3.10 je prikazana tipična ureditev takšnega križišča.

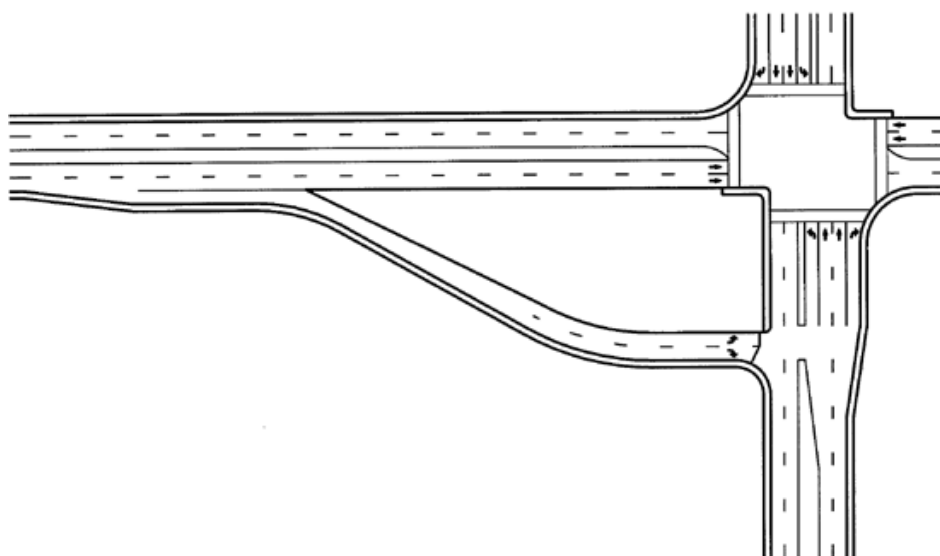


Slika 3.10 Shema križišča z U-obračanjem

(vir: <http://www.tfrc.gov/safety/pubs/04091/10.htm#1022>)

3.7.7.2 Ročajno križišče ali »Jughandle«

»Ročaji« so enosmerni odcepi nameščeni v dveh nasprotno-simetričnih kvadrantih, ki odstranijo zavijalce iz glavnega prometnega toka. Zavijanje levo ali desno je omogočeno posredno brez dodatnih pasov za zavijanje. Desno in levo zavijanje ter U-obračanje z GP je omogočeno preko desnega odcepa na GP, ki se priključi na SP v dodatnem križišču odmaknjeno od osnovnega križišča. Osnovna shema »Jughandle« križišča je prikazana na sliki 3.11.



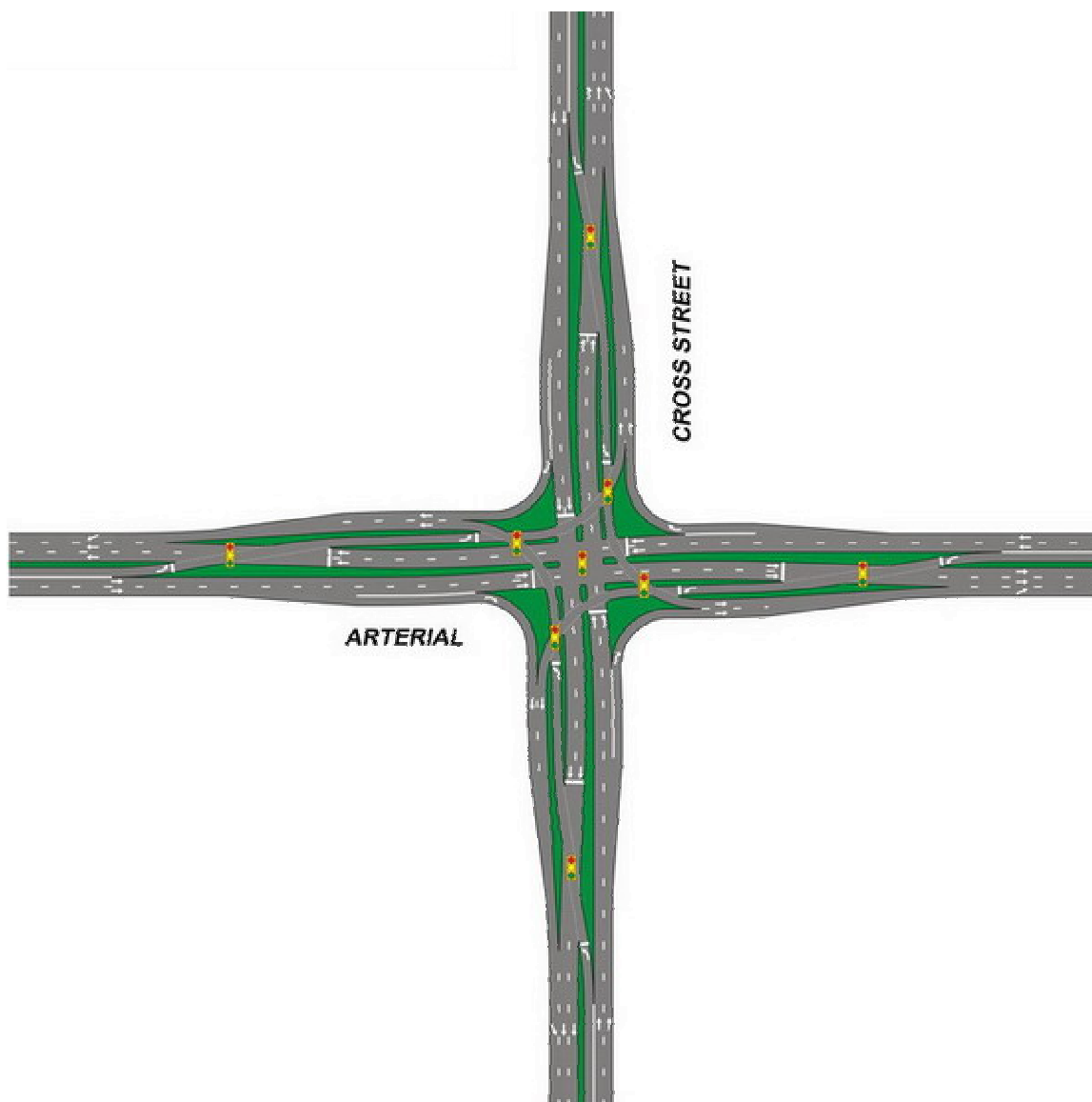
Slika 3.11 Shema križišča »Jughandle«

(vir: <http://www.tfrc.gov/safety/pubs/04091/10.htm#1022>)

Vozniki, ki zavijajo levo se izključijo iz GP preko odcepa in nato v dodatnem križišču zavijejo levo na SP. Pri tem tipu križišča ni potrebe po dodatnem prostoru za leve zavijalce v glavnem križišču, je pa potrebno zagotoviti prostor za enosmerni odcep. Križišče mora biti semaforizirano. V primerjavi z običajnim semaforiziranim križiščem ima lahko SSN v križišču »ročaj« le dve ali tri faze (dodatna faza za leve zavijalce iz SP). V križišču je potrebna jasna in razumljiva prometna signalizacija. Študije so pokazale, da so zamude vozil, ki vozijo na GP naravnost in skupne zamude v križišču manjše v primerjavi s klasičnim križiščem. Zaradi dodatne poti in prečkanja SP ter morebitne kolone levih zavijalcev na SP so zamude levih zavijalcev iz GP večje. Pred aplikacijo takšnega križišča je potrebna primerjava med klasičnim in »ročaj« križiščem s simulacijskimi programi.

3.7.7.3 Križišča s kontinuiranim prometnim tokom ali »CFI«

CFI (continuous flow interections) oz. križišča s kontinuiranim prometnim tokom eliminirajo konflikte levih zavijalcev s prometnim tokom naravnost na ta način, da se ti vodijo pred križiščem na levo stran GP preko vmesnega semaforiziranega križišča na priključnem kraku, kjer je zaželen kontinuirani prometni tok. Shema tovrstnega križišča je prikazana na sliki 3.12.



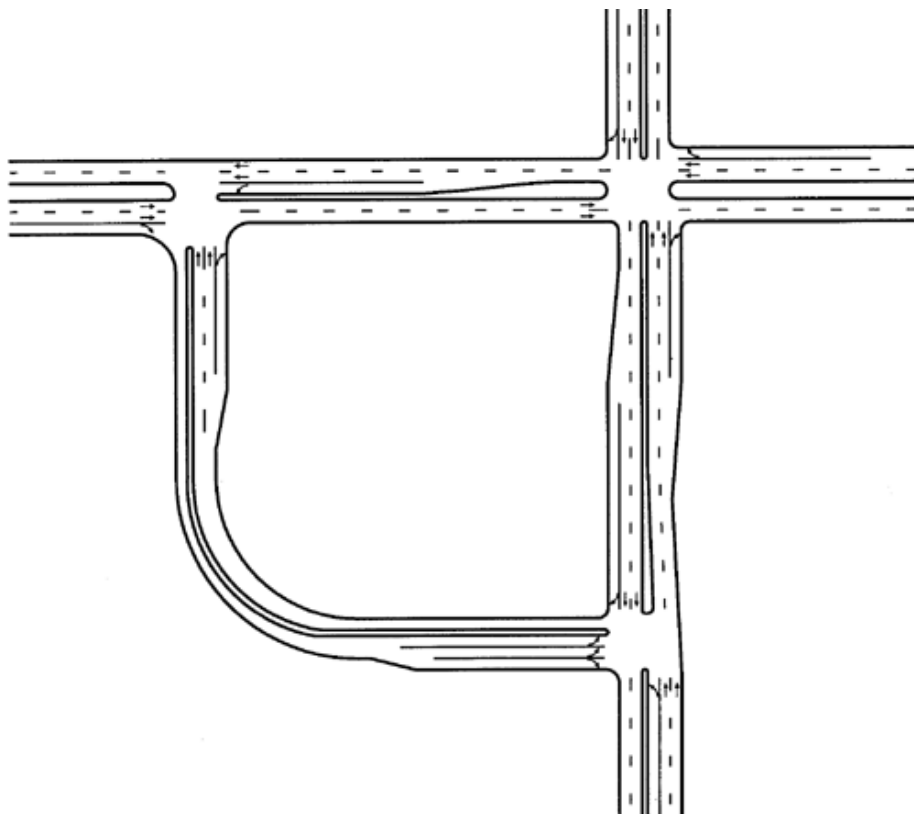
Slika 3.12 Shema križišča s kontinuiranim prometnim tokom »CFI«

(vir: <http://attap.umd.edu/img/Designs/5.jpg>)

Kot je razvidno iz slike 3.18, se levi zavijalci na svoji poti ustavijo trikrat: enkrat na vmesnem križišču na GP, enkrat na glavnem križišču in enkrat na vmesnem križišču na SP. Skrbna koordinacija signalov lahko število teh ustavljanj zmanjša na minimum. Skupno število in število konfliktnih točk in križanj levih zavijalcev se v primerjavi s klasičnim križiščem zmanjša število cepljenj in združevanj pa se poveča. Bistvena prednost takšnega križišča je, da SSN potrebujejo le dvo-fazni program. Predstavljajo nivojsko rešitev, ki lahko občutno izboljša prometne razmere v primerjavi s klasičnim štiri-krakim semaforiziranim križiščem.

3.7.7.4 »Kvadrantna« križišča

T.i. »kvadrantna« križišča vključujejo dodatno cestno povezavo med dvema priključnima krakoma, kot je to razvidno iz slike 3.13. Vozniki, ki želijo zaviti levo ali z GP ali s SP morajo sicer za enak prevoziti daljšo pot, vendar so pri tem v glavnem križišču levi zavijalci v celoti izločeni.



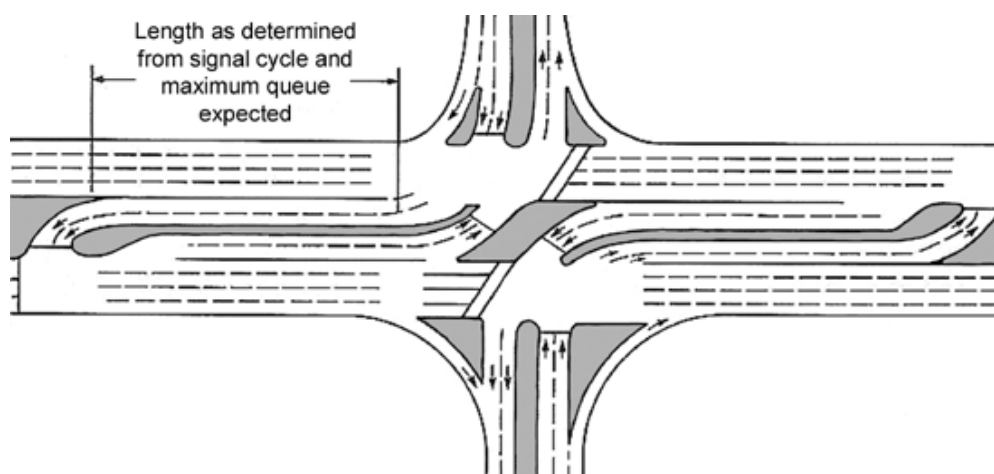
Slika 3.13 Shema t.i. »kvadrantnega« križišča

(vir: <http://www.tfrc.gov/safety/pubs/04091/10.htm#1022>)

Pri takšni rešitvi križišča se ustvarita dve novi semaforizirani T-križišči, ki delujeta s po tremi fazami, glavno križišče pa med tem lahko deluje le dvo-fazno. Kvadrantna oblika križišč je uporabna pri močnem prometnem toku na GP v vseh smereh in na lokacijah, kjer je prostor omejen in se za kvadrantni obvoz lahko uporabi obstoječa ulica v kateremkoli kvadrantu. V primerjavi s klasičnimi križišči so zamude in kolone manjše, manjše pa je tudi skupno število konfliktnih točk in križanj z zavijalci. Kot pri ostalih nekonvencionalnih rešitvah je povečana možnost zmede med vozniki, kar pa se lahko zelo omili z jasno in razumljivo postavljeno prometno signalizacijo.

3.7.7.5 Navskrižno križišče s sredinskim otokom oz. t.i. »Superstreet« križišče

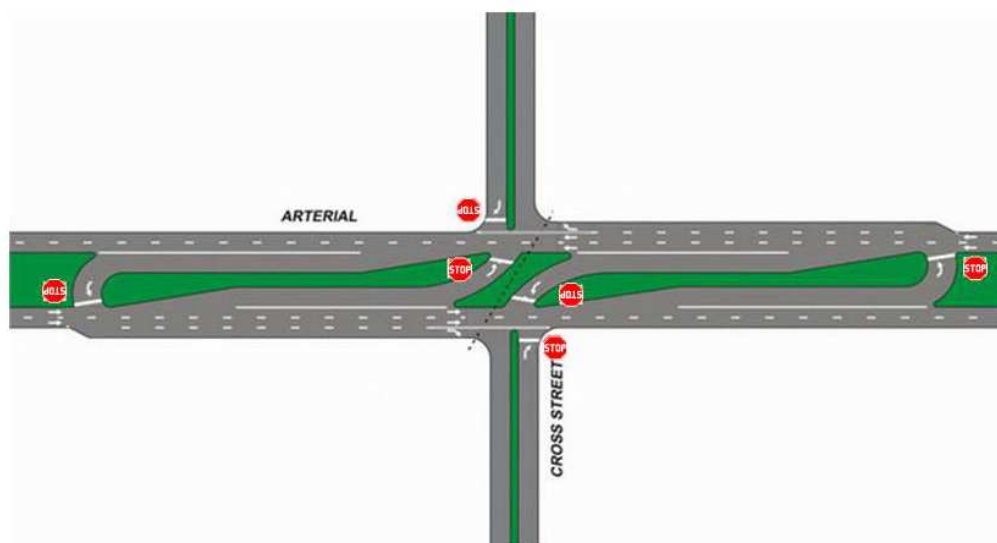
Ta tip križišča je podoben t.i. rešitvi navskrižnega križišča z U-obračanjem v tem, da se tudi tu manever zavijanja izvede posredno z U-obračanjem preko sredinskega otoka. Vozniki s SP, ki želijo zaviti levo ali prečkati GP morajo prehodno zaviti desno na GP, nato zaviti levo in izvesti manever U-obračanja preko navzkrižne povezave nazaj na GP. Vozniki, ki so želeli levo na GP peljejo nato naravnost, vozniki, ki pa so želeli prečkati GP v križišču zavijejo desno na SP. Shema križišča je razvidna iz slik 3.14 in 3.15.



Slika 3.14 Shema t.i. »Superstreet« križišča

(vir: <http://www.tfhr.gov/safety/pubs/04091/10.htm#1022>)

Trenutno tovrstna križišča še ne izkazujejo večjih prednosti pred drugimi rešitvami. Levi zavijalci iz GP imajo glede na rezultate raziskav manjše zamude medtem, ko imajo levi zavijalci in naravnost vozeči iz SP večje zamude in daljšo pot.



Slika 3.15 Nesemaforizirano »superstreet« križišče s sredinskim otokom
(vir: <http://attap.umd.edu/img/Designs/24.jpg>)

3.7.8 Izvennivojske rešitve

V kolikor so prometni tokovi tako intenzivni, da katerakoli od nivojskih rešitev z vidika zamud ni sprejemljiva, je potrebno predvideti večnivojsko križišče. S takšno rešitvijo se dodatno poveča tudi prometna varnost, poveča dostopnost, izboljša povezljivost stranskih priključkov, omogoča pa tudi konsistentno odvijanje prometa na glavni prometni smeri.

Odločitev o tem, ali je gradnja večnivojskega križišča možna in kakšna je najustreznejša oblika takšnega križišča, mora temeljiti na prometni študiji obravnavanega območja in zagotavljanju čim boljše dostopnosti.

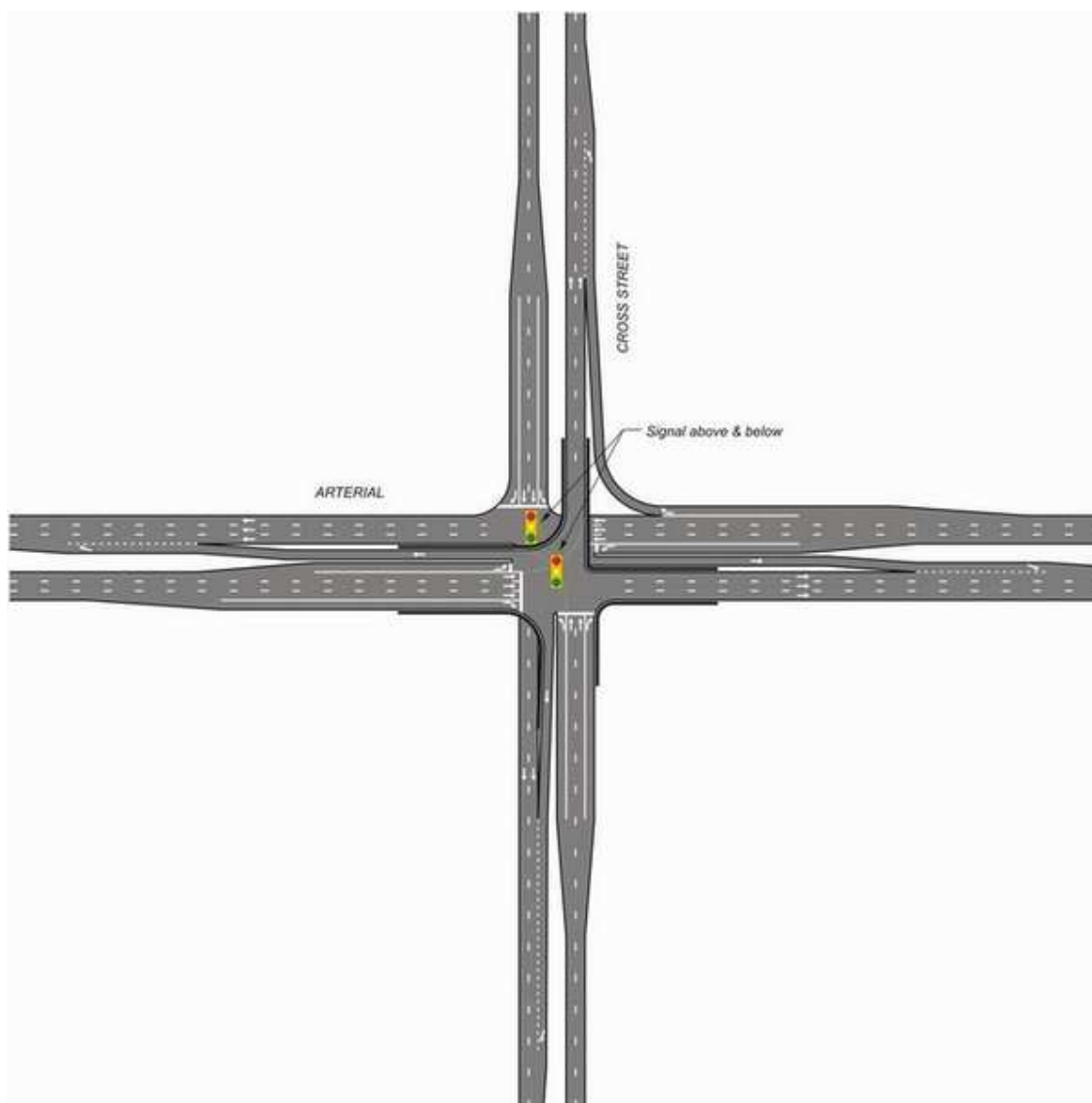
Preden se za takšen ukrep odločimo, je potrebno investicijo upravičiti z vidika stroškov in koristi ter preveriti ali je mogoče z ukrepi v zaledju obravnavanega križišča (preusmeritev prometa, ukinitvev ali nadomestitev posameznih cestnih povezav,...) eliminirati vzroke za prekomerne prometne obremenitve in/ali zamude v obravnavanem križišču. Podrobneje so izvennivojske rešitve obravnavane v TSC 03.343 (predlog, februar 2002). Na slikah 3.16 do 3.18 je kot zanimivost prikazanih nekaj idej za izvennivojsko križanje v smislu reševanja problema levih zavijalcev na GP.

V križišču prikazanem na sliki 3.16 se levi zavijalci odcepijo iz GP in SP z vzponom na ločeno dvignjeno križišče preko ozkih ramp, ki so nameščene znotraj prostora za sredinski otok. Obe križišči, tako izvennivojsko kot nivojsko, sta dvo-fazni z enostavnim faznim programom. Levi zavijalci se nato spustijo iz izvennivojskega križišča in vključijo v vozne pasove za naravnost.



Slika 3.16 Semaforizirano križišče z levim zavijanjem preko sredinskega nadvoza
(vir: <http://attap.umd.edu/img/Designs/13.jpg>)

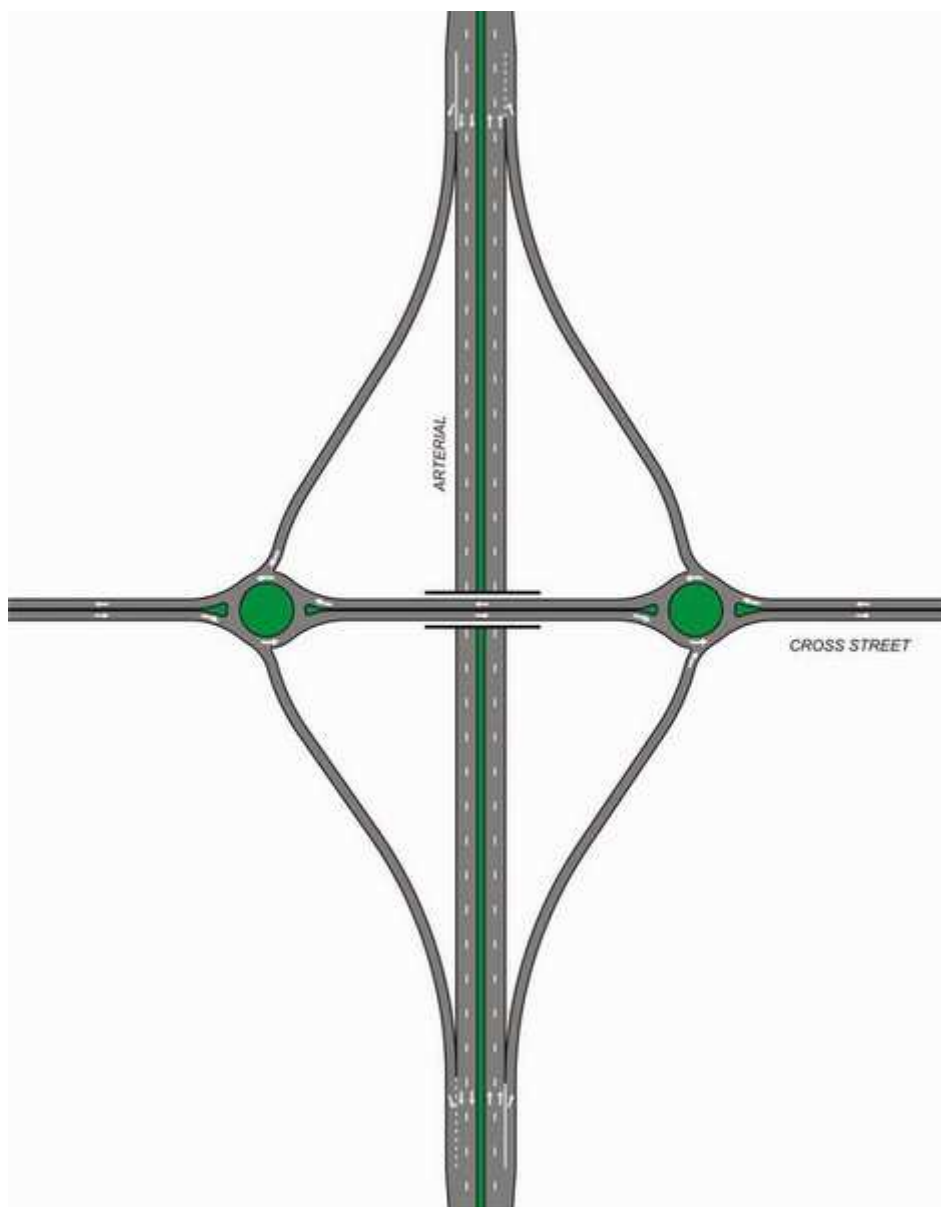
Na sliki 3.17 je prikazano križišče pri katerem sta po en priključek na vsaki od križajočih se cest dvignjena v izvennivojsko križišče medtem, ko se preostali priključki križajo nivojsko. Rezultat je simetrično vzporedno zamaknjen par izvennivojskih dvo-faznih semaforiziranih križišč.



Slika 3.17 Pretvorba nivojskega v dvojno izvennivojsko semaforizirano križišče
(vir: <http://attap.umd.edu/img/Designs/12.jpg>)

Slika 3.18 prikazuje nesemaforizirano križišče kjer je na GP nemoten prometni tok v smeri naravnost zagotovljen s parom eno ali več pasovnih krožnih križišč na SP, ki hkrati omogočata levo in desno zavijanje iz GP na SP, ter vse premike na SP.

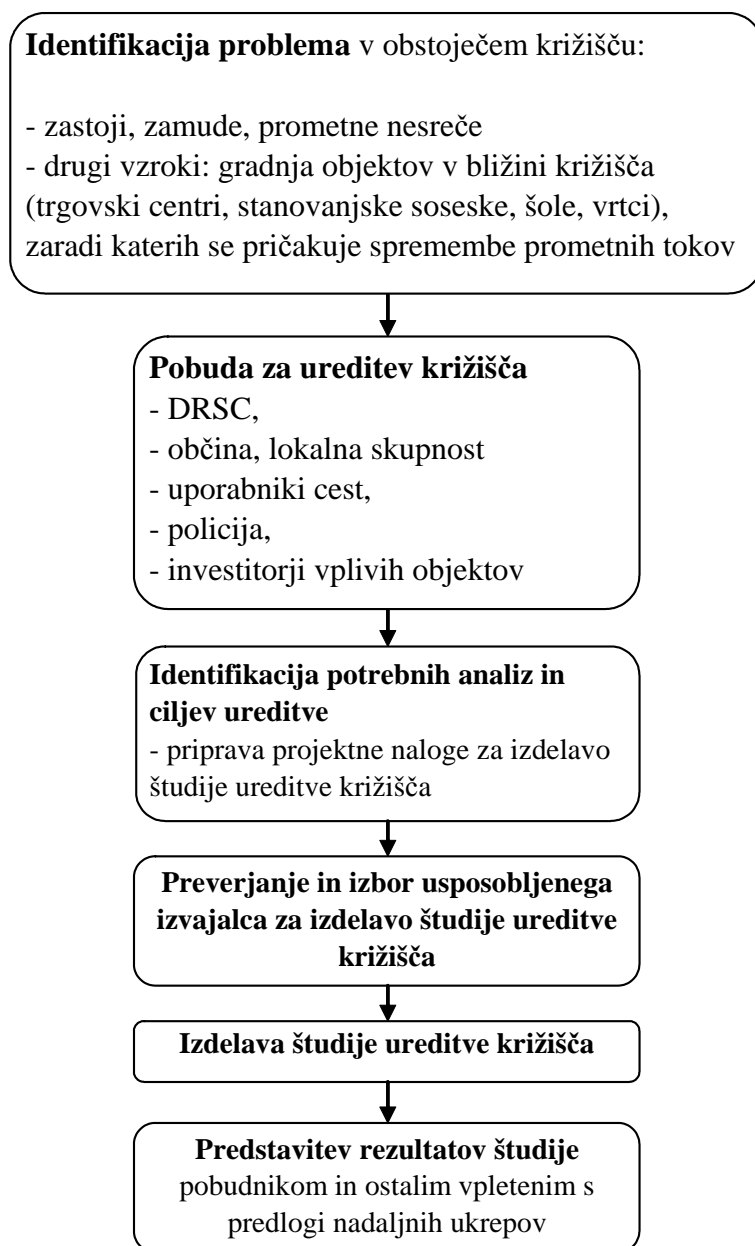
Zasnova zahteva veliko ožji premostitveni objekt (brez dodatnega prostora za zavijalce) ter brez svetlobno signalnih naprav oz. semaforjev.



Slika 3.18 Nesemaforzirano izvennivojsko križanje s parom krožnih križišč
(vir: <http://attap.umd.edu/img/Designs/16.jpg>)

4 METODOLOGIJA ZA IZBOR OPTIMALNE UREDITVE KRIŽIŠČA

Metodologija za izdelavo študije ureditve križišča predstavlja skupek med seboj logično povezanih korakov od pridobivanja vhodnih podatkov, analize in odločitev do priprave končnega predloga. Pred izdelavo študije je potrebna predhodna identifikacija problema in natančna opredelitev potreb in ciljev študije. Na sliki 4.1 je prikazana shema predhodnih korakov, ki jih je potrebno izvesti pred izdelavo študije ureditve posameznega križišča.



Slika 4.1 Predhodni koraki pred izdelavo študije ureditve križišča

V kolikor gre za križišča na državnih cestah, projekte vodi DRSC. Križišča na občinskih cestah se urejajo v domeni občinskih služb pristojnih za upravljanje z občinskimi cestami. Direkcija RS za ceste oz. pristojna služba občine se mora v proces izdelave študije nujno vključiti že na samem začetku. S tem se zagotovi, da bo študija transparentna ter kasneje tudi sprejeta in potrjena.

V nadaljevanju predstavljena metodologija se vsebinsko deloma navezuje na Navodila za izdelavo »študije optimalne ureditve križišča«... (važnejšega priključka), ki jih DRSC uporablja pri študijah in analizah novih in obstoječih križišč ter na TSC 03.344 Nivojska križišča in priključki (predlog, januar 2003). Kot pomoč pri pripravi metodologije je uporabljen tudi postopek ICE (intersection control evaluation) (MNDot, 2007), ki se uporablja za analizo ureditve križišč v ZDA.

4.1 Identifikacija problema

Za kakršnokoli preureditev križišča mora biti predhodno identificiran problem oz. dan povod za analizo in izvedbo posameznih ukrepov. Povod je lahko različnega izvora npr.:

- pojav zamud, dolgih kolon in zastojev,
- povečanje števila več različnih ali posameznega tipa prometnih nesreč,
- poslabšanje prepustnosti oz. pretočnosti križišča,
- gradnja trgovskega centra, šole ali podobnih objektov z izrazitim izvorno-ciljnim prometom v neposredni bližini križišča, za katere se upravičeno pričakuje, da bodo imeli vpliv na prometno dogajanje v križišču,
- križišče je lahko del rekonstrukcije daljšega odseka ali koridorja ceste, zaradi česar je potrebno preveriti potrebe po morebitnih prilagoditvah križišča do konca planske dobe po rekonstrukciji,
- izgradnja novega priključka ali križišča ob izgradnji nove gospodarske, trgovske ali industrijske cone ali zaradi gradnje nove prometne povezave
- preusmeritev prometnih tokov v zaledju obravnavanega križišča.

4.2 Identifikacija ciljev ureditve križišča

Pobuda za začetek postopka preureditve nekega križišča je lahko podana na podlagi informacij s strani uporabnikov cest, predstavnikov policije, občine, lokalnih skupnosti ali pa je posledica ugotovitev anomalij v tekočih analizah prometa, ki jih izvaja upravljalec cest..

Problem je torej potrebno predhodno identificirati, saj se tako že na začetku nakaže smer reševanja problema. V prenesenem pomenu lahko rečemo, da je potrebno postaviti pravilno »diagnozo«, da bomo lahko za odpravo »bolezni« predpisali ustrezno »zdravilo«.

Poglavitni cilji ureditve križišča so običajno:

- izboljšanje prepustnosti,
- zmanjšanje zamud in skrajšanje kolon,
- umirjanje prometa
- zmanjšanje posameznega tipa prometnih nesreč oz. splošno izboljšanje ravni prometne varnosti v križišču,
- preveritev vpliva izgradnje novega križišča na obstoječe cestno omrežje

Z identifikacijo potreb in ciljev so podani pogoji za pripravo projektne naloge, ki mora vsebovati vse ključne podatke o obstoječem križišču (lokacija, naziv, oznaka,...) ter problematiki in ciljih, ki jih je potrebno z študijo doseči. Slednje seveda neposredno vpliva tudi na obseg in vsebino študije ureditve križišča.

Naročnik na podlagi predhodno pripravljene projektne naloge nato razpiše izdelavo študije in izbere izvajalca študije, ki nato prične s postopkom opisanim v nadaljevanju.

4.3 Študija ureditve križišča

Ko je za neko križišče izkazana potreba po preveritvi oz. presoji posameznih kriterijev in je takšna potreba upravičena tudi s strani pristojnih služb DRSC, se pristopi k izdelavi študije ureditve križišča oz. t.i. prometni študiji.

Osnova za izdelavo študije je projektna naloga v kateri so natančno opisani podatki o obstoječem križišču (lokacija, naziv, oznaka,...), obstoječi problematiki in zastavljenih ciljih.

Za potrebe študije je potrebno najprej pridobiti podatke o geometriji križišča, podatke o prometnih obremenitvah in prometnih nesrečah ter druge pomembne podatke, ki lahko vplivajo na izbor ureditve križišča (preglednost, prometna signalizacija idr.). Nato se lahko pristopi k analizi in presoji merodajnih kriterijev, ki pogojujejo izbor ustrezne ureditve križišča.

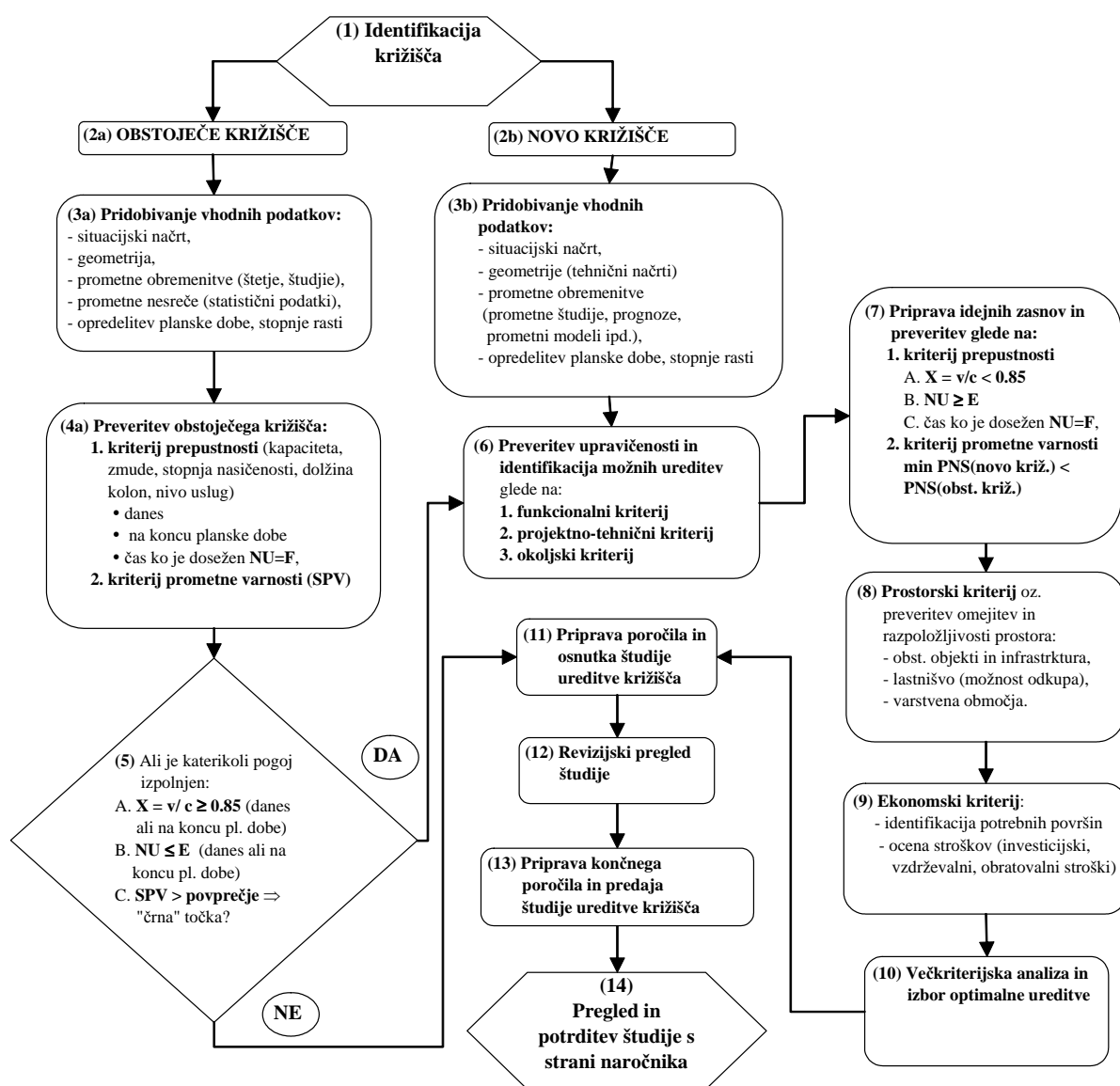
Namen študije je dokumentirati vse analize (prometno-tehnične, ekonomske, družbeno-politične), ki jih so potrebne pri izboru najprimernejše ureditve križišča. Študija mora temeljiti na objektivni analizi obstoječih razmer in potreb v bodočnosti (planski dobi).

Za križišča, za katere se na podlagi kapacitetne analize in preveritve prometne varnosti ugotovi, da zadoščajo le minimalni ukrepi za upravljanje prometa (postavitev prometnih znakov II-1 »Križišče s prednostno cesto!« ali II-2 »Ustavi!«, talne prečne in vzdolžne oznake), preveritev vseh ostalih kriterijev ni potrebna. V takšnih primerih zadostuje le krajše poročilo oz. zaznamek iz katerega je razvidno zakaj uporabljeni ukrepi zadoščajo. V kolikor pa so za izboljšanje prepustnosti ali povečanje stopnje prometne varnosti potrebni zahtevnejši ukrepi (postavitev znaka II-2 »Ustavi!« na vseh krakih, krožno križišče, semaforizacija križišča, dodajanje pasov za leve in/ali desne zavijalce, sredinski otoki za zmanjšanje števila možnih manevrov ipd.), je izdelava analize križišča oz. študije, s katero se preverita upravičenost in ustreznost posamezne ureditve glede na vse merodajne kriterije, obvezna!

Projekti za ureditev križišč so lahko samostojni projekt za izboljšanje prometne varnosti in/ali kapacitete na posamezni lokaciji ali pa so sestavni del obsežnejših projektov npr. ureditve koridorja ali odseka ceste. Pomembno je poudariti, da se študija oz. izbor ustrezne ureditve križišča, ki je del obsežnejšega projekta, pripravi v čim zgodnejši fazi. S tem se zagotovita pravočasno ter tekoče odvijanje in napredovanje projekta.

V posameznih primerih bo potrebna tudi analiza širšega območja oziroma koridorja, kar je odvisno predvsem od lege obravnavanega križišča glede na sosednja križišča ter načina regulacije in upravljanja prometa na njih.

Izdelovalec študije lahko v dogovoru z naročnikom obseg potrebnih analiz in dokumentacije zoži oz. posamezne korake opusti v kolikor presodi, da je ustrezna rešitev že v naprej očitna. Tudi takšne odločitve pa je potrebno ustrezno argumentirati in dokumentirati. Na sliki 4.2 so prikazane faze in koraki poteka predlagane metodologije za izbor optimalne ureditve križišča.



Slika 4.2 Metodologija za izbor optimalne ureditve križišče

4.3.1 Podrobnejši opis posameznih korakov analize križišča

4.3.1.1 Identifikacija križišča

Opisati je potrebno lokacijo obravnavanega križišča glede na obstoječo cestno mrežo. Priložiti je potrebno ustrezno pregledno karto s prikazom obstoječega cestnega omrežja z oznakami iz BCP (baze cestnih podatkov) in lego obravnavanega križišča. Opis naj vsebuje najmanj naslednje podatke:

- 1) Lokacija:...(navede se ime naselja ali bližina območja naselja, kjer se nahaja križišče oziroma opiše območje križišča izven naselja)
- 2) Oznaka križišča:...(navede se prepoznavno ime križišča, ki se nato uporablja skozi celotno študijo)
- 3) Oznaka krakov križišča: kot je prikazano v preglednici 4.1 (v kolikor krak križišča predstavlja lokalno cesto, se v rubriko »krak X« in »številka ceste« vpiše številka lokalne ceste iz BCP oziroma ime ulice (za ceste v naselju ali mestu)).

Preglednica 4.1 Prikaz osnovnih podatkov o krakih križišča

KRIŽIŠČE	Krak 1	Krak 2	Krak 3	Krak 4	Krak 5...
Številka ceste:					
Številka odseka ceste:					
Stacionaža od km do km:					

4.3.1.2 Vhodni podatki in opis obstoječega stanja

Pri izdelavi študije so potrebni podatki, ki so podrobneje opisani v nadaljevanju. Nekatere od njih lahko v odvisnosti od obstoječih razmer in možnih variant ureditve opustimo.

Kakršnekoli dodatne vhodne podatke, ki se morda izkažejo za potrebne, mora predhodno odobriti pooblaščen oseba naročnika. V tem poglavju se opišejo vsi pomembnejši podatki, ki opisujejo obstoječe stanje in so relevantni tudi pri izdelavi študije. Štetja prometa se prikazuje v sklopu analize prepustnosti.

Priložiti je potrebno tudi ustrezne grafične prikaze, preglednice in fotografije iz katerih čim bolj razvidne dejanske razmere v križišču.

4.3.1.2.1 Podatki o geometriji

Za potrebe izdelave študije je potrebno zagotoviti geodetski posnetek in/ali načrt novega križišča s pomočjo katerega se pridobi podatke o:

- geometriji križišča
- razporeditvi pasov, razširitvah in zožitvah, širinah pasov ter vzdolžnih nagibih posameznih krakov,
- obstoječi in predvideni grajeni strukturi (objekti, mostovi, prepusti, transformatorske postaje, sosednje zgradbe, ipd.).
- dostopih in dovoznih poteh ter bližnjih cestnih povezavah,
- parkirni pasovih,
- obstoječih in predvidenih ukrepih za umirjanje prometa, sredinskih otokih ter pločnikih in kolesarskih stezah.

Za vsak krak je treba prikazati omejitve hitrosti in način urejanja prometa s prometno signalizacijo in opremo.

Priložiti je potrebno pregledno karto v večjem merilu, ki prikazuje obravnavano križišče z vzporednimi cestnimi povezavami in dostopnimi mesti (tudi razdalje) vzdolž koridorja ter situativni načrt z definiranimi horizontalnimi, vertikalnimi in prostorskimi omejitvami,

Opisati je potrebno tudi morebitno bližino šol ali drugih površin s pomembno rabo zemljišč (parkirne površine), ki zahtevajo bolj specializirano obravnavo pešcev ali drugih vozil ter geografske značilnosti in omejitve glede rabe zemljišča, odkupu ipd..

4.3.1.2.2 Podatki o prometnih obremenitvah

Za izračun kapacitetnih parametrov so najpomembnejši vhodni podatek prometni volumni v prometnih konicah vključno z deležem zavijalcev in distribucijo prometnih tokov po posameznih krakih in smereh. Podatke o prometnih volumnih je možno zagotoviti iz več virov:

- že izdelane prometne študije, ki upoštevajo rast prometa glede na bodoči prostorski razvoj,
- modeliranje prometne mreže za različne situacije glede na razvoj in rabe prostora ali izboljšav na cestnem omrežju,
- štetje prometa, kot najpogostejši način pridobitve podatkov.

Štetju prometa je potrebno posvetiti dovolj pozornosti predvsem z izborom primernega letnega časa, meseca v letu in dneva v tednu. Potrebno je identificirati vse anomalije, ki bi lahko vplivale na začasno spremembo v prometnih volumnih (delo na cesti v bližini križišča, obvozi in zapore v zaledju, večje prireditve,...).

Štetje se izvaja po posameznih krakih in smereh (v 15-minutnih intervalih med 05:00 in 23:00 uro) s tabelarnim in grafičnim prikazom glede na obstoječo geometrijo križišča (priključka). Določiti je potrebno dnevne konice in konične urne prometne obremenitve, PHF (peak hour factor) oz. faktor konične ure, PHV (percent heavy vehicle) oz. odstotek težkih vozil, evidentirati parkiranje in ustavljanje avtobusov v območju križišča, pri semaforiziranih križiščih pa tudi delež vozil zelene faze in hitrost vozil pri prihodu v križišče.

Štetje se izvaja s strani za to usposobljenih izvajalcev. Po predhodnem naročilu lahko štetje organizira in zagotovi tudi naročnik. V kolikor so ti merodajni za obravnavan primer, je potrebno v štetje vključiti tudi volumen pešcev in kolesarjev po posameznih krakih in smereh.

Za oceno kapacitete in nivoja uslug križišča je potrebno na osnovi štetja prometa pripraviti naslednje podatke:

1. čas urne konice (jutranja in popoldanska),
2. obstoječe prometne volumne v jutranji in popoldanski konici,

3. faktor konične ure PHF,
4. odstotni delež težkih vozil PHV,

Poleg navedenih podatkov pa je, v kolikor je to merodajno, potrebno pridobiti tudi:

5. podatke o parkiranju in ustavljanju avtobusov v območju križišča,
6. volumen pešcev in kolesarjev.

Za nova križišča in priključke je potrebno pridobiti tudi podatke o predvidenih prometnih tokovih »danes«. Te podatke je, kot že rečeno, mogoče dobiti na podlagi obstoječe prometne študije širšega cestnega omrežja, na katerem bo z novogradnjo prišlo do (morebitnih) prerazporeditev in vzajemnih vplivov prometnih tokov.

Za potrebe izdelave korektne analize je potrebno preveriti tudi podatke o morebitni izgradnji cestnih povezav na širšem cestnem omrežju, ki bi lahko v bodočnosti vplivale na zasnovano križišča oz. prometne tokove v obravnavanem križišču. V takšnih primerih je potrebno preveriti tudi občutljivost posamezne izbrane rešitve na morebitne spremembe v pričakovanih prometnih volumnih.

Predstaviti je potrebno obseg in vrsto kasneje morebiti potrebnih prilagoditev križišča, ki bodo omogočale delovanje križišča pod kapaciteto tudi v primeru občutnejših sprememb v količini prometa. Med takšne prilagoditve spadajo npr.:

- predvideti večji sredinski otok zaradi možnosti kasnejše zožitve sredinskega otoka s ciljem pridobitve dodatnega pasu v krožnem križišču,
- že ob rekonstrukciji/izgradnji križišča zagotoviti prostor za izgradnjo morebiti potrebnih dodatnih pasov za leve in/ali desne zavijalce, ter pasov za direktno vodenje desnih zavijalcev v krožnem križišču,
- v semaforiziranih križiščih predvideti prilagodljivo signalno-krmilno opremo, ki jo je mogoče nadgraditi in dograditi v primeru kasneje izkazanih potreb,
- pod vozišče vgraditi zaščitne cevi za potrebe morebitne kasnejše semaforizacije.

4.3.1.2.3 Podatki o pogojih signalizacije in faznih diagramih za semaforizirana križišča

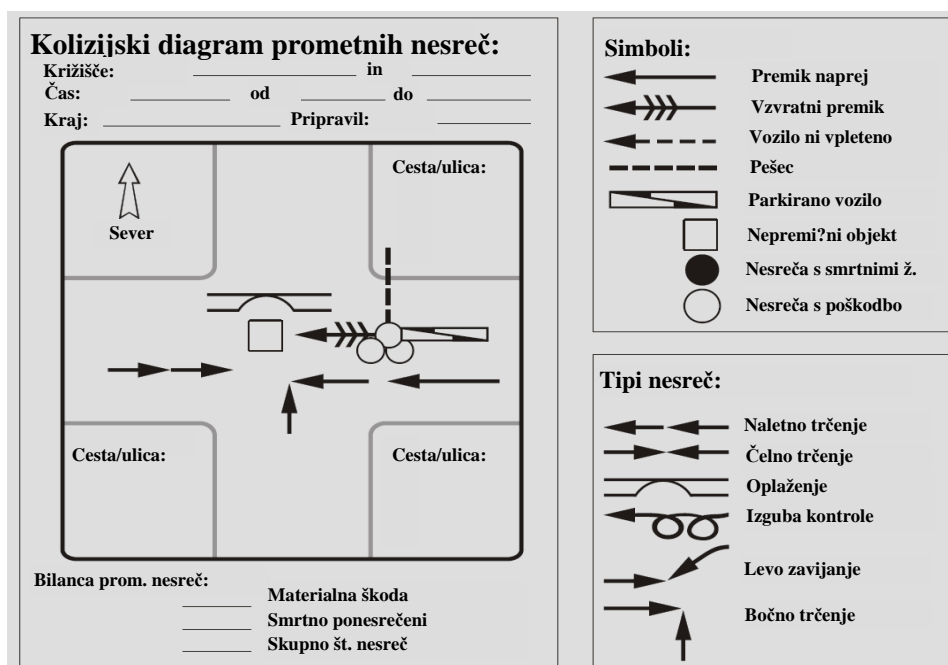
V primeru analize obstoječega semaforiziranega križišča je potrebno pridobiti tudi podatke o pogojih delovanja SSN in sicer: dolžina ciklusa C (s), dolžina zelene faze G (s), Rumena-plus-vse rdeče in čas izpraznitve križišča, Y (s), način krmiljenja, tipka za pešce, minimalna dolžina zelene faze za pešce, Gp (s), fazni diagram in analizirano obdobje, T (h).

4.3.1.2.4 Podatki potrebni za prometno varnostno analizo (prometne nesreče, preglednost, opazovanja)

S strani policije je potrebno pridobiti:

1. tabelarične podatke o nesrečah (tip, teža, lokacija, vzrok, stroški,...), ki so se zgodile v križišču ali območju križišča v zadnjih treh koledarskih letih;
2. skice prometnih nesreč, ki so potrebne za ustrezno analizo prometne varnosti.

Na podlagi podatkov se izdelajo kolizijski diagrami prometnih nesreč (sl. 4.3), ki se skupaj z ostalimi podatki prikažejo v prilogah.



Slika 4.3 Vzorec kolizijskega diagrama prometnih nesreč
 (Vir: prirejeno po

<http://www.dot.state.mn.us/trafficeng/otepubl/fundamentals/safetyfundamentals.pdf>)

Za izdelavo ustrezne prometno varnostne analize je potrebno pridobiti tudi podatke o preglednosti in morebitnih omejitvah le te. Z opazovanjem prometnega dogajanja v križišču je potrebno zabeležiti podatke o »skoraj« nesrečah in zbrati čim več informacij, ki vplivajo na prometno varnost v obstoječem križišču, ali bi lahko imele vpliv na prometno varnost v fazi eksploatacije rekonstruiranega oz. novega križišča.

4.3.1.2.5 Opredelitev planske dobe in stopnje rasti prometa

V opisu bodočih razmer je potrebno definirati plansko dobo in čim bolj verodostojno prikazati bodoče razmere iz vidika razvoja vključno s pričakovanimi prometnimi volumni, morebitne planirane rekonstrukcije ali novogradnje bližnjih ali vzporednih cest, pričakovane spremembe dostopnih krakov (dodajanje ali ukinjanje), ipd.. Skladno s Pravilnikom o projektiranju cest (Ur. l. RS, št. 91/05), se za projektiranje nove ceste, križišča ali priključka upošteva prometna obremenitev, ki je napovedana za dvajsetletno obdobje po zaključku gradnje. Za projektiranje rekonstrukcije, sanacije ali obnove obstoječe ceste se uporabi prometna obremenitev, ki je napovedana za desetletno obdobje po zaključku gradnje projektiranega ukrepa.

Zelo pogost problem, ki se pojavlja v praksi je časovni zamik med v študiji predvidenim letom izgradnje in dejanskim začetkom gradnje, ki znaša tudi do 5 let. V tem času se lahko prometne razmere, kot tudi značilnosti okolja, spremenijo do te mere, da postane že izdelana študija praktično neuporabna. Vzrok je običajno v dolgotrajnih postopkih priprave projektne in investicijske dokumentacije pa vse do izbora in uvedbe izvajalca v delo. Zaradi navedenega je potrebno pri opredelitvi planske dobe navedeni časovni zamik smiselno upoštevati.

Stopnja rasti prometa se določi na podlagi povprečja rasti prometa v preteklem obdobju za enako število let, kot jih opredeljuje planska doba oziroma se stopnja rasti določi tudi drugače, če na to nakazuje specifičen trend rasti ali upadanja prometa v zadnjih letih. Stopnja rasti je lahko opredeljena tudi že v predhodno izdelani študiji prometnih tokov na širšem cestnem omrežju. Pri določevanju stopnje rasti na osnovi preteklih podatkov o PLDP je potrebno biti pozoren na morebitne anomalije in vidna odstopanja, ki so lahko posledica časovno omejenih in izoliranih dogodkov.

4.3.1.3 Identifikacija možnih ureditev križišča

V tem koraku se glede na predhodno izkazane potrebe, lokacijo, funkcijo in pomen križišča določijo možni načini ureditve križišča.

4.3.1.3.1 Funkcija križišča

Pred opredelitvijo možnih načinov ureditve križišča, je potrebno ugotoviti kakšno funkcijo ima obstoječe oz. bo imelo novo križišče v obstoječi cestni mreži. Glede na funkcijo križišča in vlogo, ki naj bi jo opravljalo se določijo možni načini ureditve in oblike križišča. V tej fazi se predlaga eno ali več strategij ureditve prometa, ki jih je smiselno razvijati, upoštevati in analizirati v naslednjih fazah študije.

4.3.1.3.2 Utemeljitev in upravičenost posameznih ureditev glede na projektno-tehnični kriterij

Pred izborom posameznega načina ureditve križišča je potrebno na podlagi podatkov o križišču, prometnih tokovih in prometni varnosti ugotoviti ali posamezna rešitev dosega predpisane pogoje za upravičenost. Tudi če so pogoji za obravnavanje posamezne ureditve izpolnjeni ni nujno, da je takšna rešitev tudi z vidika funkcionalnosti ustrezna za aplikacijo na obravnavani lokaciji.

Za uvedbo semaforizacije križišča ali krožnega križišča morajo biti izpolnjeni ustrezni pogoji oz. kriteriji. V splošnem so pogoji za posamezno ureditev izpolnjeni, če volumen vozil, število prometnih nesreč in pešcev dosegajo predpisane minimalne vrednosti. Te vrednosti so dobljene na podlagi predhodno izvedenih raziskav na različnih primerih, kjer je bila uvedena spremenjena regulacija prometa (SSN ali krožno križišče). Potrebe informacije o pogojih in kriterijih za upravičenost SSN so podane v Tehničnih normativih za projektiranje in opremo mestnih prometnih površin (1991). Zaradi primerjave je smiselno preveriti tudi kriterije, ki so navedene v priročniku za upravičenost SSN, MUTCD (FHA, 2003), ki se uporablja v ZDA.

Pristojni predstavnik naročnika za področje prometa za vsak posamezni primer presodi o merodajnosti posameznih kriterijev. Izpolnjevanje pogojev upravičenosti se uporablja za ugotavljanje ali naj se posamezni tip ureditve (SSN, krožno križišče) pri primerjalni analizi upošteva ali ne.

Krožna križišča so upravičena na križiščih z 5 ali več kraki, pri majhnem deležu levih zavijalcev iz GPS in enakomernih prometnih obremenitvah po krakih, pri križiščih nepravilnih oblik (Y, K, A, X, H ali F), če prometni volumni dosegaajo pogoje za SSN ali ko je kapaciteta SSN presežena. Specifične prometno varnostne razmere na obravnavani lokaciji pa lahko opravičijo postavitev SSN ali izvedbo krožnega križišča, četudi osnovni pogoji za postavitev niso izpolnjeni. Takšni primeri zahtevajo posebno pozornost, zato se je v situacijah ko nastopijo, o uporabi dodatnih ukrepov za urejanje prometa potrebno predhodno posvetovati s predstavnikom naročnika študije.

Četudi so kriteriji za uporabo posamezne oblike ureditve križišča izpolnjeni pa včasih ni nujno, da je takšna ureditev tudi upravičena, kar je odvisno od številnih faktorjev. Proces ugotavljanja upravičenosti pogosto zahteva tudi inženirsko presojo. V študiji je potrebno vse te faktorje, ki posamezno ureditev podpirajo ali ne, ustrezno predstaviti in dokumentirati. Faktorji, ki jih je pri opredelitvi o upravičenosti posamezne ureditve potrebno upoštevati, naj zajemajo vsaj:

- probleme z vidika obstoječe prometne varnosti in nasičenosti prometnega toka,
- načrte za ureditev ceste skladno s predhodno že sprejeto prometno študijo,
- oddaljenost bližnjih križišč in priključkov in kako so ti skladni z veljavno zakonodajo,
- naravovarstvene posebnosti območja,
- pričakovane bodoče prometne obremenitve,
- oddaljenost od sosednjih križišč kjer je promet reguliran s SSN,
- preglednost v križišču,
- razpoložljivost zemljišča,
- razpoložljiva sredstva za implementacijo projekta,
- podpora lokalnih uporabnikov in pristojnih uradnih institucij.

Pri določevanju optimalnega načina upravljanja prometa v križišču je potrebno upoštevati splošno zasnovo in lastnosti križišča. V nadaljevanju je navedenih nekaj splošnih ciljev, ki jih je potrebno upoštevati pri izboru možnih oblik in tipov križišča, da bi lahko dosegli tehnično ustrezno in varno ureditev križišča:

- zmanjšati je potrebno število konfliktnih točk,
- poenostaviti je potrebno konfliktno površine,
- zmanjšati je potrebno pogostost (frekvenco) konfliktov,
- zmanjšati je potrebno število konfliktov s hudimi posledicami,
- zmanjšati je potrebno zamude,
- zagotoviti je potrebno sprejemljivo kapaciteto glede na dane pogoje,
- zagotoviti je potrebno zadostno preglednost.

4.3.1.4 Primerjalna analiza

V splošnem bodo manjši projekti zahtevali manjše število analiz in skladno s tem tudi manj dokumentacije. Ukrepi za izboljšavo obstoječega stanja (npr. sprememba faznega diagrama SSN) zahtevajo le kapacitetno analizo. Tudi za tovrstne rešitve pa je potrebno izdelati ustrezno poročilo in ga posredovati v potrditev pristojni službi naročnika. Poročilo mora utemeljiti predlagane ukrepe in obrazložiti zakaj ni bilo potrebno preveriti drugih načinov ureditve križišča. Samostojna križišča zahtevajo analizo prometne varnosti, kot tudi kapacitetno analizo in podatke o drugih dejavnikih (stroški, potrebe po zemljišču, družbeno-politična vprašanja,...). Obseg potrebnih analiz je torej lahko odvisen tudi od lokacije in opredeljenega cilja študije.

Križišča, ki so del večjega projekta, bodo potrebovala obsežnejše analize in dokumentacijo. Pri tovrstnih projektih je, v kolikor gre za več akterjev, potrebna neposredna koordinacija med nosilci projekta in izdelovalci študije. Sprejemanje pomembnih strateških odločitev že na začetku projekta bo izboljšalo kvaliteto nabora in izbora rešitev ter zmanjšalo možne konflikte med vsemi vpletenimi v fazi razvoja projekta.

Cilj, ki ga je potrebno z postopkom izbora doseči je ta, da izbrana rešitev zagotavlja funkcionalnost, zahtevano prepustnost in sprejemljiv nivo prometne varnosti tako v sedanjih razmerah, kot tudi v razmerah, ki se predvidevajo na koncu planske dobe. V preglednici 4.2 so podane osnovne usmeritve, ki jih je potrebno upoštevati pri analizi križišč.

Preglednica 4.2 Osnovne usmeritve, ki jih je potrebno upoštevati pri analizi križišča

USMERITEV	
1	Ugotoviti kakšna je prepustnost oziroma NU glede kapacitete in zamud na posameznih krakih križišča oziroma za celotno križišče,
2	Na podlagi upoštevane stopnje rasti prometa opredeliti leto, v katerem bo prišlo do prekoračenega kritičnega NU na posameznih krakih križišča: <ul style="list-style-type: none"> - zaradi neustrezne geometrije križišča, - neustreznega števila in dolžin prometnih pasov, - pri semaf. križišču kljub trenutni izboljšavi krmilnih programov...
3	Ugotoviti pričakovane konične prometne obremenitve po smereh,
4	Predlagati spremembe geometrije križišč: <ul style="list-style-type: none"> - potrebne spremembe dolžine in/ali širine ter števila dodatnih pasov ali razširitev v križišču,
5	Ugotoviti vpliv morebitne geometrijske »anomalije« križišča, ki lahko vpliva na: <ul style="list-style-type: none"> - zamude vozil v posamezni smeri, - nivo uslug, - na število vozil v koloni in s tem zaježitveno dolžino (velja v primerih, ko je zaradi prostorskih omejenosti in racionalnosti ukrepa, pogojena tudi geometrija križišča),
6	Ugotoviti vpliv prometnih tokov na priključkih (servisne ceste, hišni priključki,...ipd.), ki se ohranjajo v neposrednem območju križišča,
7	Predlagati druge potrebne ukrepe v križišču (uporaba spremenljive signalizacije, ukrepov za umirjanje,...ipd.),
8	Podati NU po planskem obdobju.
9	Podati predlog optimalne ureditve križišča za časovno obdobje (pred koncem planske dobe), ko bo morebiti prišlo do prekoračenega kritičnega NU na posameznih krakih križišča in pri tem upoštevati zaključke prometno varnostne analize (potrebni dodatni pasovi, potrebna semaforizacija, krožno križišče, večnivojsko križišče).

(Vir: povzeto in prirejeno po Navodilu za izdelavo »študije optimalne ureditve križišča«, DDC, 2000)

4.3.1.4.1 Prepustnost in nivo uslug

V tem koraku se, ločeno za jutranjo in popoldansko konico ter za vsako varianto posebej, z ustreznim računalniškim programom analizirajo posamezni kapacitetni parametri (kapaciteta, zamude in NU, dolžine kolon, stopnja nasičenosti v/c , število ustavljanj). Zaradi preglednosti in lažje primerjave, se rezultati za različne rešitve in za posamezni kapacitetni parameter prikažejo na skupnem diagramu. Računalniški izpisi rezultatov analiz morajo biti priloženi v prilogah.

Obravnavano križišče je potrebno dimenzionirati na razmere ob koncu planske dobe z upoštevanjem stopnje rasti prometnega volumna ter podati zaključke (analitično in grafično) in rezultate izračunov iz katerih je nato mogoče opredeliti:

- a. najugodnejšo geometrijo križišča, ki bo v smislu prepustnosti izkazovala najboljše rezultate ($v/c < 0.85$, $NU = E$ ali bolje),
- b. leto v katerem bo prišlo do prekoračitve nivoja uslug »F« oz. bo dosežena polna kapaciteta ($v/c = 1.0$) na posameznem kraku križišča,
- c. upravičenost semaforizacije križišča (potrebno je določiti leto v katerem upravičenost nastopi) in potrebnost koordinacije semaforiziranega križišča s sosednjimi križišči,
- d. potrebno dolžino, širino in število pasov (ali razširitev) v križišču (ali na priključku),
- e. druge potrebne ukrepe v križišču.

Za posamezno preureditev je potrebno preveriti tudi rezervo kapacitete, saj bo v obstoječem stanju križišče predimenzionirano. V teh primerih je potrebno preveriti možnost in določiti načine časovnega prilagajanja ureditve križišča prometnim potrebam (začasno večji sredinski otok, ki se naknadno lahko zmanjša, rezervacija prostora za dodatne pasove npr. za direktno vodenje desnih zavijalcev ipd.).

Za izračun kapacitete se lahko uporabi tudi splošno uveljavljeno in preizkušeno programsko opremo kot npr. HCS ter aaSIDRA za samostojna nesemaforizirana, semaforizirana in krožna križišča.

Za semaforizirana koordinirana križišča je primerna uporaba programa SYNCHRO in modul SIM-TRAFFIC, za zahtevnejše primere križišč pa je priporočljiva uporaba mikrosimulacijskih programov kot je npr. VISSIM ali Paramics.

Metodologija omenjenih programov razen VISSIM, ki je mikrosimulacijski program, temelji na splošno uveljavljenih postopkih HCM 2000.

O uporabi posameznih metod in načinu izdelave kapacitetne analize se je predhodno potrebno posvetovati s predstavniki naročnika. Zaradi neprestanega razvoja in sprememb programske opreme ter omogočanja konkurenčnega trga, kakršnokoli favoriziranje računalniških programov ni vmesno. V vsakem primeru pa mora, kot že rečeno, izračun temeljiti na splošno priznanih postopkih, iz rezultatov pa morajo biti razvidne predpostavke in privzeti parametri ter navedena uporabljena metodologija.

Rezultat omenjenih analiz je primerjava NU, zamud, dolžin kolon ter stopnje nasičenosti oz. izkoriščenosti kapacitete $X=v/c$ med posameznimi variantami. Za ustrezno medsebojno primerjavo variant, mora biti analiza dovolj podrobna.

Glede na lokacijo in analizirano varianto bo morda potrebno pridobiti tudi dodatne podatke, ki lahko vključujejo:

- potrebe lokalnih skupnosti (potrebe po parkiranju, hodnikih za pešce, kolesarskih stezah, itd.)
- prihodnje razvojne načrte, ki bi lahko vplivali na dostopnost; v kolikor izstopa, tudi tip vozil, ki prečka prometnico; tranzitne poti in njihova pogostost; združljivost z obstoječimi prostorskimi načrti ali lokalnimi načrti prevozov; vplive na učinkovitost širšega (občinskega, regionalnega, med-regionalnega) prometnega koridorja in morebitne politične vidike.

4.3.1.4.2 Prometna varnost

Kriterij prometne varnosti predstavlja merilo s katerim ugotavljamo kakšna je stopnja varnosti vseh udeležencev v prometu pri posamezni vrsti ureditve križišča. Za zagotavljanja ustrezne prometne varnosti v križiščih je potrebno:

- zagotoviti pravočasno zaznavo križišča
- z ustrezno prometno signalizacijo pravočasno in jasno opredeliti pravila vožnje v križišču
- zagotoviti notranjo preglednost križišča ter preglednost pri približevanju h križišču
- geometrijski elementi osi križajočih se cest morajo zagotavljati:
 - a. čim bolj pravokotno križanje s čimer se zagotovi čim krajša pot pri prehajanju skozi konfliktno cono križišča,
 - b. čim manjše (pri izvozu s primarne ceste na priključno cesto) oz. brez poseganja na sosednje ali nasprotno vozne pasove pri izvajanju posameznega manevra

Pri določanju ukrepov za povečanje prometne varnosti je potrebno smiselno in v okviru finančnih možnosti slediti tudi ciljem Resolucije o nacionalnem programu varnosti cestnega prometa za obdobje 2007–2011 (skupaj za večjo varnost) (renpvcp) , Ur.l. RS, št. 2/2007.

Pred uvedbo posameznih ukrepov je potrebno analizirati obstoječe prometne nesreče. Statistični podatki o prometnih nesrečah so dostopni na spletnih straneh policije in v spisih posameznih nesreč, ki se hranijo v arhivih policijskih postaj. Za potrebe analize je potrebno pridobiti podatke o prometnih nesrečah na obstoječe križišču za vsaj tri do pet preteklih let. Na podlagi teh podatkov se pripravi kolizijski diagram iz katerega so razvidna mesta, vzroki in pogostnost prometnih nesreč. V večini primerov lahko z ustrezno analizo obstoječih prometnih nesreč že nakažemo na pomanjkljivosti obstoječe ureditve križišča.

Različni ukrepi v križišču, bodo imeli glede na obstoječ vzorec prometnih nesreč nanj različne vplive.

Osnovni cilj je čim natančneje ugotoviti vplive posamezne variante na prometno varnost. Pri primerjavi alternativnih rešitev je potrebna prognoza vplivov, ki jih bo imela posamezna rešitev na prometno varnost. Za to obstaja več različnih metod, ki temeljijo na podatkih o obstoječih nesrečah vendar niso ustrezno umerjene na slovenske razmere, zato so uporabne le informativno. Za potrebe izdelave študije zadostuje določitev stopnje prometne varnosti na podlagi števila prometno nevarnih situacij, ki je odvisna od števila konfliktnih točk in prometnega volumna (PLDP). Glede na to ali analiziramo obstoječe križišče ali pa napovedujemo stopnjo varnosti križišča ločimo dva nivoja prometno-varnostne analize:

a) Analizo prometne varnosti obstoječega križišča

Na podlagi pridobljenih podatkov o prometnih nesrečah, ki so se zgodile na območju obstoječega križišča v preteklih 3-h letih in terenskega ogleda se ugotovijo vzroki za nastale prometne nesreče, ugotovitve pa se uporabi pri pripravi predlogov ukrepov za izboljšanje ravni prometne varnosti v obstoječem križišču. Pri prometno varnostni analizi se lahko uporabijo le podatki s katerimi razpolaga Ministrstvo za notranje zadeve ali Direkcija Republike Slovenije za ceste in so javno dostopni na spletnem portalu policije. Skice prometnih nesreč so, na podlagi posebne prošnje, pogojno dosegljive na lokalni policijski postaji, ki je vodila uradni postopek v povezavi s posamezno nesrečo. Zaradi primerjave z ostalimi variantami ureditve križišča se raven prometne varnosti ugotovi še s pomočjo metodologije (Tollazi et al, 2007), kjer iz števila konfliktnih točk in povprečnega dnevnega prometa izračunamo največje možno število nevarnih situacij.

b) Napovedovanje ravni prometne varnosti novih in rekonstruiranih križišč

Kot pri izračunu ravni prometne varnosti obstoječega križišča tudi za napovedovanje ravni prometne varnosti novih ureditev križišč uporabimo metodologijo, kot jo predlagajo Tollazi et al. (2007). Ugotovimo število in vrsto konfliktnih točk ter s pomočjo podatkov o dnevnem prometnem volumnu izračunamo največje možno število prometno nevarnih situacij. Na podlagi medsebojne primerjave ravni prometne varnosti ugotovimo katera od možnih načinov ureditve križišča ima najvišji nivo prometne varnosti oz. najmanjše število prometno nevarnih situacij.

Pri oceni prometne varnosti se lahko uporablja tudi faktorje redukcije prometnih nesreč, pogostost nesreč, primerjava s podobnimi križišči, raziskave in logika, vendar vse v mejah ekonomičnosti projekta in z mero zdravega razuma. V zvezi z najnovejšimi metodami, ki se uporabljajo za napovedovanje ali ugotavljanje stopnje prometne varnosti, se je potrebno posvetovati s strokovno službo DRSC.

4.3.1.4.3 Prostorski kriterij

V tem koraku se preveri ali je posamezna rešitev izvedljiva z vidika omejitev v prostoru na obravnavani lokaciji. Vhodni podatek predstavljajo izdelane ustrezne idejne zasnove za posamezne rešitve in podatki o obstoječi pozidavi, varovalnih pasovih in zavarovanih območjih ter obstoječi javni gospodarski infrastrukturi. Nivo obdelave načrtov določi nosilec projekta s strani DRSC v odvisnosti od lokacije, vrste posamezne variante ureditve križišča in drugih faktorjev. Posamezne rešitve je potrebno prikazati na ustreznih topografskih in drugih podlogah s prikazi zavarovanih območij, varovalnih pasov in obstoječe pozidave. Cilj tega koraka je z vidika prostora ugotoviti ali je posamezna rešitev izvedljiva in pod kakšnimi pogoji ter s kakšnimi omejitvami.

4.3.1.4.4 Ekonomski kriterij

Na podlagi izdelanih idejnih zasnov se oceni stroške infrastrukture (investicijske in vzdrževalne stroške, ter stroške morebitni potrebnih odkupov zemljišč) ter, v kolikor je to smotrno in potrebno tudi stroške prometa (poraba goriva, poraba časa, stroški onesnaževanja okolja). Posamezne variante se primerjajo na podlagi ekonomskih kazalcev (neto sedanja vrednost, interna stopnja donosa in pa cost-benefit analiza). Nivo obdelave načrtov določi nosilec naloge s strani DRSC v odvisnosti od lokacije, vrste posamezne variante ureditve križišča in drugih faktorjev. Cilj tega koraka je da se z zadovoljivo natančnostjo oceni stroške posamezne variante in določi najbolj sprejemljivo rešitev iz ekonomskega vidika.

4.3.1.4.5 Ostali vplivi

4.3.1.4.5.1 Kriterij družbeno-politične sprejemljivosti

Vsaka možna varianta se mora oceniti tudi z vidika splošne politične sprejemljivosti in izvedljivosti. Razpoložljive variante je potrebno predstaviti in se o njih posvetovati tudi z lokalnimi skupnostmi in ostalimi vplivnimi akterji. Če se izkaže posamezna rešitev po posvetovanju za nesprejemljivo, se takšna rešitev v kolikor je med alternativnimi možnostmi slabša tudi z vidika prometne varnosti in funkcionalnosti, izloči iz nadaljnje obravnave. To velja še posebno v kolikor je za dano rešitev potrebno zagotoviti dodatna sredstva in angažirati dodatne investitorje. Nivo vpliva posameznih akterjev sporazumno določi vodja projekta ob posvetovanju s pristojnim oddelkom DRSC in lokalnimi oblastmi, potencialnimi vlagatelji in ostalimi zainteresiranimi skupinami. V vsakem primeru se morajo morebitni vlagatelji zavedati poleg finančne tudi tehnične vrednosti posamezne variante.

4.3.1.4.5.2 Oblika križišča

Klasične oblike križišč so v primeru križišč s priključnimi kraki pod ostrim kotom, s kraki z zamikom osi, z večjim številom priključnih krakov (5 in več) ali neposredni bližini sosednjih križišč, običajno neučinkovite. V takšnih primerih lahko krožna križišča uspešno nadomestijo klasična križišča saj ne zahtevajo dodatne za uporabnike komplicirane signalizacije in prilagoditev faznih programov na SSN. Sposobnost krožnih križišč prevzeti tudi večje prometne volumne se posebej dobro izkaže v »Y« in »T« križiščih. Krožna križišča so uporabna tudi v primeru majhne razdalje med dvema križiščema, saj se lahko situacijo preuredi v večkrako krožno križišče. Zahteve po preglednosti v krožnih križiščih so občutno manjše v primerjavi s klasičnim križiščem.

4.3.1.4.5.3 Relief oz. oblika terena

Semaforizirana in krožna križišča se običajno načrtujejo na sorazmerno ravnem oz. položnem terenu.

Za semaforizirana križišča je maksimalni vzdolžni nagib odvisen od sposobnosti zaznavanja signalne naprave s strani prihajajočih vozil ter vpliva vzdolžnega nagiba na prevladujoči tip vozil. Največji dovoljeni nagibi glavne prometne smeri (GPS) v križišču skladno s Pravilnikom o projektiranju cest (Ur.l. RS, št. 94/05) ne sme presegati 3,5%. Vzdolžni nagib na priključnih krakih stranskih prometnih smeri (SPS) pa na razdalji 25,0m ne sme presegati 2,5% oz. na manjših priključkih na razdalji 10,0m ne sme presegati 3,0%. V krožnih križiščih naj velikost vzdolžnega nagiba na zaustavitveni razdalji pred črto za odstop prednosti ne presega 4%. Nagibi, ki se bližajo tej vrednosti in strmejši teren običajno terjajo večje premestitve, da bi se lahko zagotovila zahtevana položnost oz. plato za umestitev križišča v prostor.

4.3.1.4.5.4 Sosednja križišča in sistem signalno koordiniranih križišč

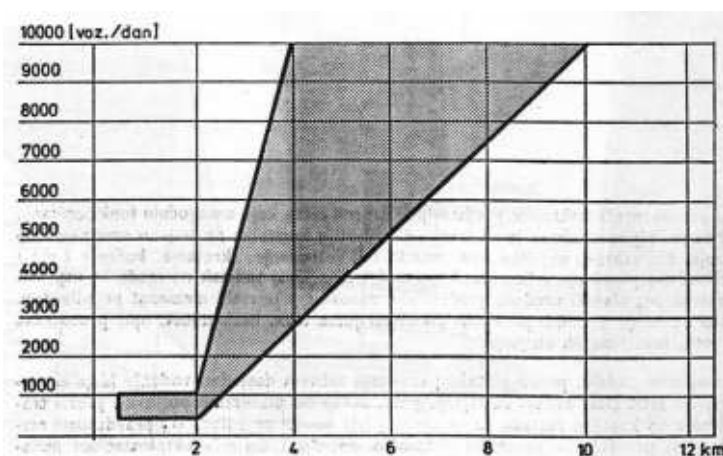
Razdalja med križišči na posamezni prometnici mora biti skladna s priporočenimi vrednostmi, ki so navedene v preglednici 4.3 v odvisnosti računske hitrosti. Kot enega od kriterijev za priporočljivo minimalno razdaljo med križišči lahko upoštevamo tudi PLDP kot je razvidno iz grafikona 4.1.

Preglednica 4.3 Priporočljiva oddaljenost med sosednjimi križišči v odvisnosti od hitrosti

Vr [km/h]	50	60	70	80	90	100
Priporočena razdalja med križišči [m]	140	170	205	235	270	300

(Vir: prirejeno po <http://www.dot.state.mn.us/trafficeng/safety/ice/ICE-GuidelinesImplementation-August2007.pdf>)

V primeru uporabe krožnih križišč so dovoljena tudi odstopanja od teh priporočenih vrednosti, ki jih, odvisno od primera do primera, na osnovi ustreznih argumentiranih razlogov lahko odobri le posebna komisija znotraj DRSC. V splošnem krožno križišče v neposredni bližini semaforiziranega križišča ni zaželeno vendar pa je kljub temu v specifičnih pogojih lahko tudi to sprejemljiva rešitev.



Grafikon 4.1 Priporočljiva oddaljenost med sosednjimi križišči v odvisnosti od PLDP
(Vir: Katanić J., Projektovanje puteva, 1983, str. 272)

Za odločitev o tem ali je umestitev krožnega križišča znotraj sistema koordiniranih semaforiziranih križišča možna oziroma sprejemljiva, je potrebno izdelati obsežnejšo analizo s pomočjo simulacijskih programov v kateri se ustrezno preuči medsebojni vpliv križišč.

4.3.1.4.5.5 Skladnost oziroma konsistentnost prometnega sistema

V primeru, da za posamezno naselje, območje ali regijo že obstaja izdelana prometna študija, je potrebno preveriti tudi vplive posamezne variante na delovanje prometne mreže v katero je vključeno obravnavano križišče oziroma je potrebno variante primerjati z morebitnimi usmeritvami podanimi v prometni študiji. Če ima posamezna varianta ureditve križišča znaten vpliv na delovanje prometne mreže ali ni skladna z usmeritvami prometne študije, je potrebno ta odstopanja in vplive ustrezno upravičiti ali pa rešitev ustrezno prilagoditi.

4.3.1.4.5.6 Problematika v povezavi s pešci in kolesarji

Izboljšanje prometno-varnostih pogojev ne-motoriziranim udeležencem v prometu je ena izmed pglavitnih priorit. V odvisnosti od prometnih volumnov pešcev in kolesarjev in občutljivosti obravnavane lokacije, je lahko posamezna varianta ureditve križišča v prednosti pred ostalimi z vidika varovanja in vodenja pešcev in kolesarjev. V primeru, da je število pešcev in kolesarjev znatno, jih je potrebno upoštevati tudi v kapacitetni analizi.

4.3.1.4.6 Predlagana rešitev

Študija ureditve križišča se mora glede vsakega od predhodno navedenih vplivov, ki se nanaša na obravnavano križišče, ustrezno opredeliti in ga obravnavati. Na podlagi analize in medsebojne primerjave posameznih variant ter preveritve merodajnih faktorjev upravičenosti mora predlagati optimalno varianto. V primeru več med seboj primerljivih variant se izdelava večparameterska oz. večkriterijska analiza. Za tovrstno analizo je potrebno izbrati med seboj primerljive variante ter opredeliti merodajne kriterije in posamezna merila, jih rangirati in razdeliti v razrede ter določiti uteži. Za merila se lahko uporabijo kapacitetni parametri (zamude, nivo uslug, stopnja nasičenosti v/c , število ustavljanj, dolžine kolon), število prometno nevarnih situacij glede na tip konflikta (križanje, združevanje, cepljenje, prepletanj) in pa ustrezni ekonomski kazalci (investicijski stroški, stroški vzdrževanje in obratovanja,...).

Sledi ocenjevanje posameznih alternativ, ki mora temeljiti na objektivnosti in strokovnosti. V nasprotnem primeru lahko že v naprej favoriziramo posamezno rešitev, kar pa lahko privede do neustreznih rešitev in pomeni neodgovorno ravnanje tako z javnimi sredstvi, kot tudi nedopustno hazardiranje s človeškimi življenji.

Na podlagi objektivne primerjave posameznih kriterijev je torej potrebno izbrati takšno ureditev križišča, ki jo bo moč umestiti v prostor in bo glede na predvidene prometne obremenitve, najprej ob izteku planske dobe, zagotavljala najmanj nivo uslug »E«, stopnjo nasičenosti $v/c < 0.85$ in najvišjo raven prometne varnosti med možnimi alternativnimi rešitvami. Odločitev mora biti utemeljena, dokumentirana in izbrana na osnovi logičnih zaključkov. Za izbrano varianto je potrebno izdelati idejno zasnovo, ki prikazuje elemente geometrije križišča in vse predvidene spremembe obstoječega stanja.

4.3.1.4.7 Dodatki in priloge

Študija mora v prilogah vsebovati vse potrebne podatke, na katerih temeljijo pripravljene analize in odločitve (fotografije, tabele, diagrame, računalniške izpise rezultatov analiz) in ki potrjujejo podane rešitve in predloge. V priloge se vložijo tudi zapisniki in dopisi, ki so pogojevali ali vplivali na posamezne odločitve, ali predstavljajo osnovo za odstopanje od zahtev, ki so podane v projektni nalogi.

5 IZBOR OPTIMALNE UREDITVE KRIŽIŠČA DRŽAVNE CESTE R3-646/1196 Z LOKALNO CESTO LC 138120

V nadaljevanju naloge je predhodno opisana metodologija aplicirana na obstoječe križišče - državne ceste R3-646/1196 in lokalne ceste LC 138120.

5.1 Pobuda za ureditev križišča

S strani lokalne skupnosti so bile pristojnim službam DRSC posredovane informacije o problematiki obstoječih avtobusnih postajališč na obravnavani lokaciji. V obstoječem stanju avtobus, ki vozi na relaciji Ivančna Gorica-Šentvid, ustavlja na vozišču v območju priključka lokalne ceste LC 138120 na državno cesto R3-646/1196. Par avtobusnih postajališč je nepravilnih dimenzij, neustrezno razmaknjen, brez osvetlitve in brez ustreznih površin za pešce. V obravnavnem območju postajališč se nahaja neustrezno urejeno štiri-krako križišče (priključek za Šentvid). DRSC je pripravila projektno nalogo za ureditev para avtobusnih postajališč na odseku regionalne ceste R3-646/1196 med km 3,050 in 3,250. V sklopu projektne naloge je predvidena tudi preveritev upravičenosti pasu za leve zavijalce na regionalni cesti v smeri Šentvid. Ureditev avtobusnih postajališč se prilagodi razširitvi vozišča za morebiti potrebni pas za leve zavijalce.

5.2 Identifikacija potreb in ciljev

Zaradi predvidene ureditve para avtobusnih postajališč v neposredni bližini obstoječega križišča regionalne ceste R3-646 in lokalne ceste LC 138120, je izkazana tudi potreba po preveritvi obstoječega križišča. Morebiti potrebna rekonstrukcija ali preureditev bi lahko namreč vplivala tudi na lokacijo in dimenzije bodočih avtobusnih postajališč. Za preveritev potrebe po ureditvi dodatnega pasu za leve zavijalce, je potrebno izdelati ustrezno prometno študijo oz. analizo križišča z vidika kapacitetnih parametrov in prometne varnosti.

5.3 Študija ureditve križišča

V nadaljevanju so iz razpoložljive projektne dokumentacije za Ureditev para avtobusnih postajališč »Glogovica G«..., št. PZI-296/08, ki jo je izdelalo podjetje Stia d.o.o. in prometne študije št. APPIA-070-08, ki jo je izdelalo podjetje Appia d.o.o., ter iz baze cestnih podatkov pridobljeni potrebni vhodni podatki o karakteristikah cest in križišča, prometnih obremenitvah in podatkih o prometnih nesrečah. Za potrebe naloge so bili uporabljeni rezultati izrednega štetja prometa, ki ga je izvedla DRSC za potrebe izdelave prometne študije.

Iz obstoječe državne in občinske planske dokumentacije, predhodno izdelanih študij in idejnih rešitev so bili pridobljeni podatki o predvideni rabi prostora in zasnovah bodoče ureditve cestne infrastrukture. Na predhodno izdelani geodetski podlagi je izdelana idejna zasnova štirih tipov obravnavanega križišča. Pri izdelavi posameznih rešitev so bila upoštevana splošna pravila in strokovna priporočila s področja oblikovanja in dimenzioniranja križišč. Na podlagi izdelanih zasnov in pridobljenih podatkov o cestni mreži ter prometu, je najprej za obstoječe, nato pa še za predlagane alternativne rešitve z računalniškim programom Sidra Intersection verzija 3.2 izdelana kapacitetna analiza. Rešitve so ovrednotene po posameznih kapacitetnih parametrih: stopnja nasičenosti v/c, zamude in nivo uslug ter kolone. Izdelana je tudi primerjava glede na prostorski kriterij ter kriterij prometne varnosti. V zaključkih posameznih analiz je izdelana primerjalna preglednica na podlagi katere je nato izbrana in predlagana optimalna ureditev obravnavanega križišča, ki izboljša obstoječe razmere in zagotavlja sprejemljiv nivo prometne varnosti ter nivo uslug tudi ob koncu planske dobe.

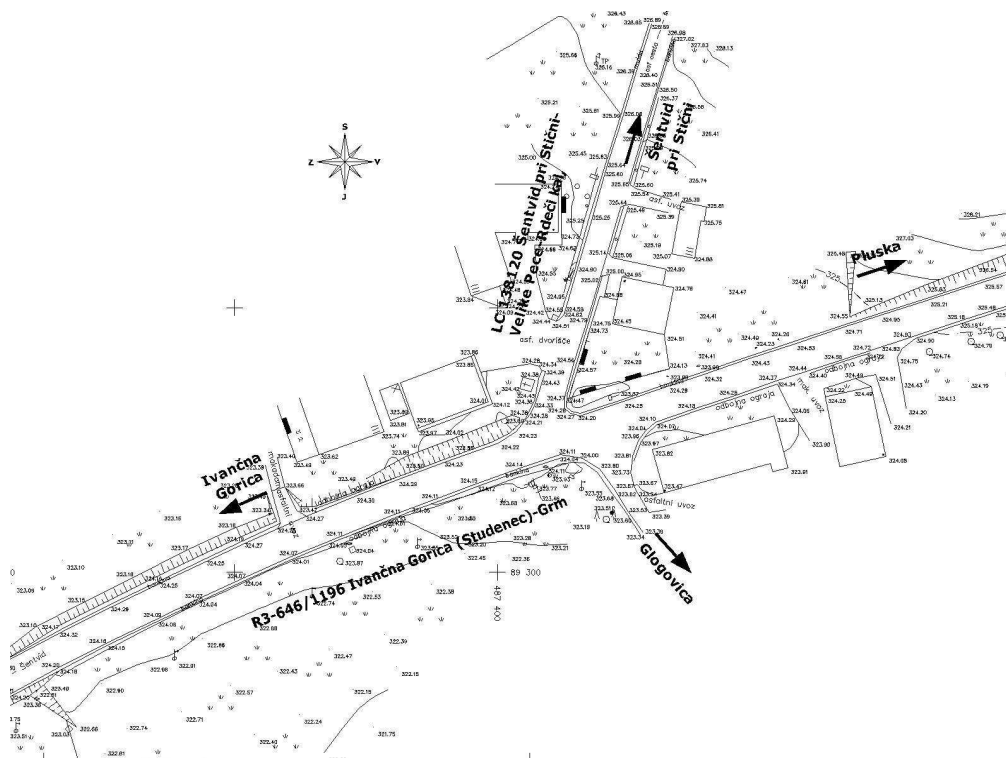
5.3.1 Lokacija

1) **Lokacija:** Kot je razvidno iz slike 5.1, se obravnavano križišče nahaja izven naselja približno 1,3 km iz smeri Ivančne Gorice proti Šentvidu pri Stični na regionalni cesti R3-646/1196 Ivančna Gorica (Studenec) - Grm v km 3,250. V križišču se križata cesti R3-646/1196, ki predstavlja GP in lokalna cesta LC 1380120 Šentvid pri Stični-Velike Pece-Rdeči kal, ki predstavlja SP. Prikaz obstoječega stanja je podan na slikah od 5.1 do 5.3.



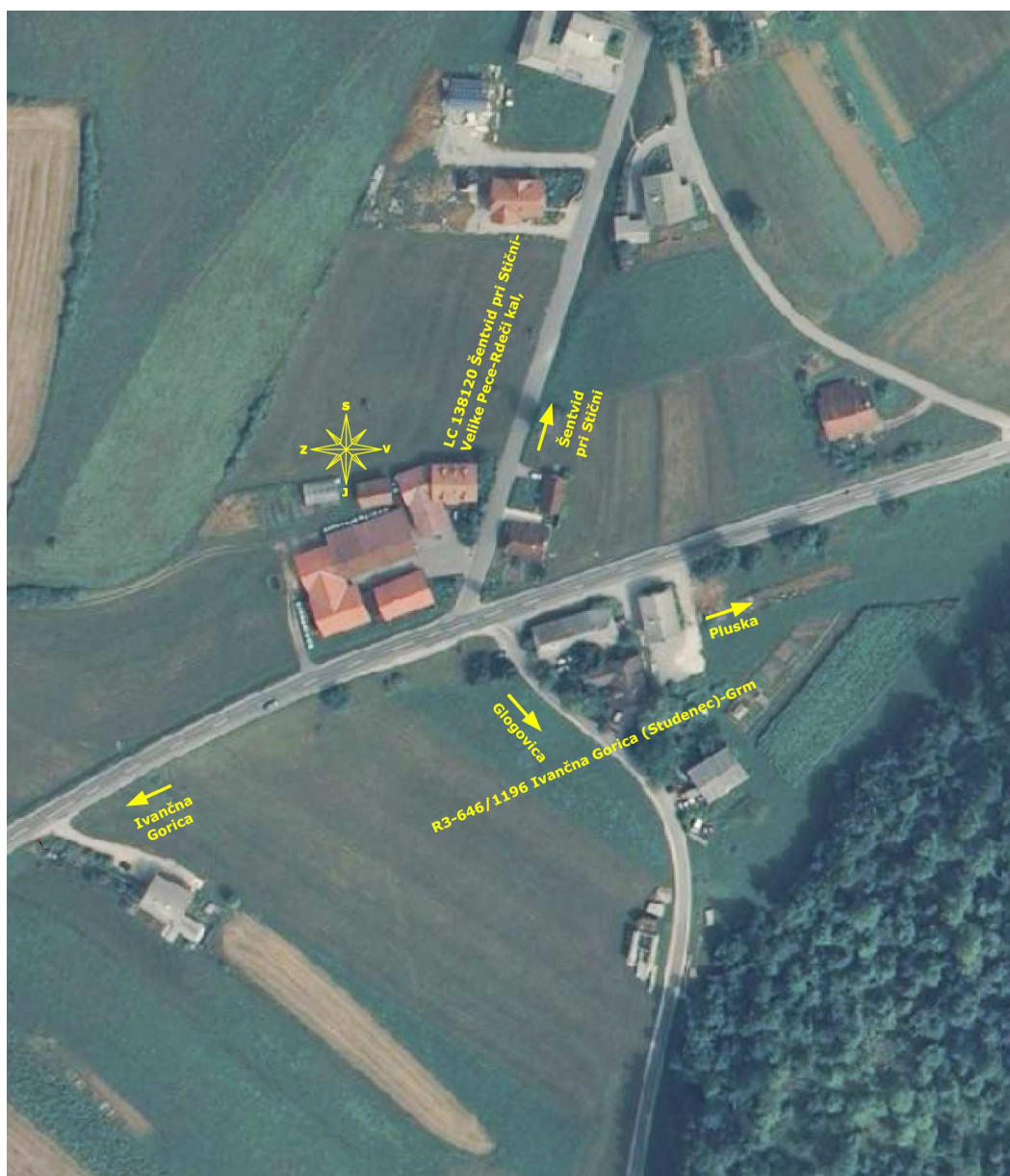
Slika 5.1 Pregledna situacija cestnega omrežja

(vir podloge: [http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/...](http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/))



Slika 5.2 Prikaz obstoječega stanja

(vir podloge: geodetski načrt GN-16/08, Geovizija d.o.o.)



Slika 5.3 Digitalni orto-foto posnetek območja križišča

(vir DOF podloge: [http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/...](http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/))

- 2) **Oznaka križišča:** Skladno s podatki iz BCP je križišče imenuje Šentvid pri Stični in nosi številčno oznako 080906.

3) **Oznaka krakov križišča:** Podatki o krakih križišča so prikazani v preglednici 5.1.

Preglednica 5.1 Prikaz osnovnih podatkov o krakih križišča

KRIŽIŠČE: »Šentvid pri Stični«	Krak A	Krak B	Krak C	Krak D
Številka ceste:	R3-646	LC 1380120	R3-646	LC 1380120
Številka odseka ceste:	1196	-	1196	-
Smer:	Ivančna Gorica	Glogovica	Pluska	Šentvid
Stacionaža od km do km:	→3,250	-	3,250→	-

5.4 Predmet projekta

Predmet projekta je analiza obstoječega križišča državne ceste R3-646/1196 z lokalno cesto LC 1380120 Šentvid pri Stični-Velike Pece-Rdeči kal z vidika prepustnosti, prometne varnosti in prostorskih pogojev. Z metodologijo za izbor optimalne ureditve križišča je potrebno na podlagi rezultatov analize in izkazane potrebe izdelati predlog za ustrezno preureditev križišča, ki bo izpolnjeval zahteve obravnavanih kriterijev.

5.4.1 Opis obstoječega stanja

5.4.1.1 Podatki o geometriji križišča

Obravnavano križišče se nahaja na ravninskem delu odseka ceste R3-646/1196 v osrednjem delu prehodnice, ki se s parametrom $A=220$ iz desne horizontalne krivine z velikostjo radija $R=650\text{m}$ izteka v premo. V smeri Kraka C (Pluska) se niveleta začne na razdalji 50m od križišča vzpenjati z nagibom $s = 3,2\%$. Krak D (Šentvid) se na regionalno cesto priključi pod ostrim kotom 54° , krak B (Glogovica) pa pod kotom 78° . Osi priključnih krakov D in B sta med seboj zamaknjeni za cca 11m. Geometrijski parametri posameznih priključnih krakov so podani v preglednici 5.2, oddaljenost bližnjih dovozov in priključkov od križišča pa je prikazana v preglednici 5.3.

Preglednica 5.2 Podatki o prometnih pasovih

KRIŽIŠČE	Krak A	Krak B	Krak C	Krak D
Število pasov:	2	2	2	2
Širina pasov:	2x2,95=5,90m	2x1,75=3,50m	2x2,85=5,70m	2x2,25=4,50m
Vzdolžni nagib kraka:	0%	3,4%	0,79%	3,3%
Obrabni sloj:	Bitumenski beton	Bitumenski beton	Bitumenski beton	Bitumenski beton

Preglednica 5.3 Podatki o bližnjih dovozih in priključkih

Zap. št.	Krak A		Krak B		Krak C		Krak D	
	Lega (L/D)	Razdalja (m)	Lega (L/D)	Razdalja (m)	Lega (L/D)	Razdalja (m)	Lega (L/D)	Razdalja (m)
1.	L	52,0	L	14,50	D	24,10	L	11,30
2.	D	142,0			D	42,70	D	30,00

5.4.1.2 Preglednost v križišču

Preglednostni trikotnik na neprednostnih krakih je sicer zagotovljen vendar je oviran z prometno in obvestilno signalizacijo ter občestnim rastjem (grmovje) kot je razvidno iz slik 5.24 do 5.30.

5.4.1.3 Ostali merodajni podatki o lokaciji

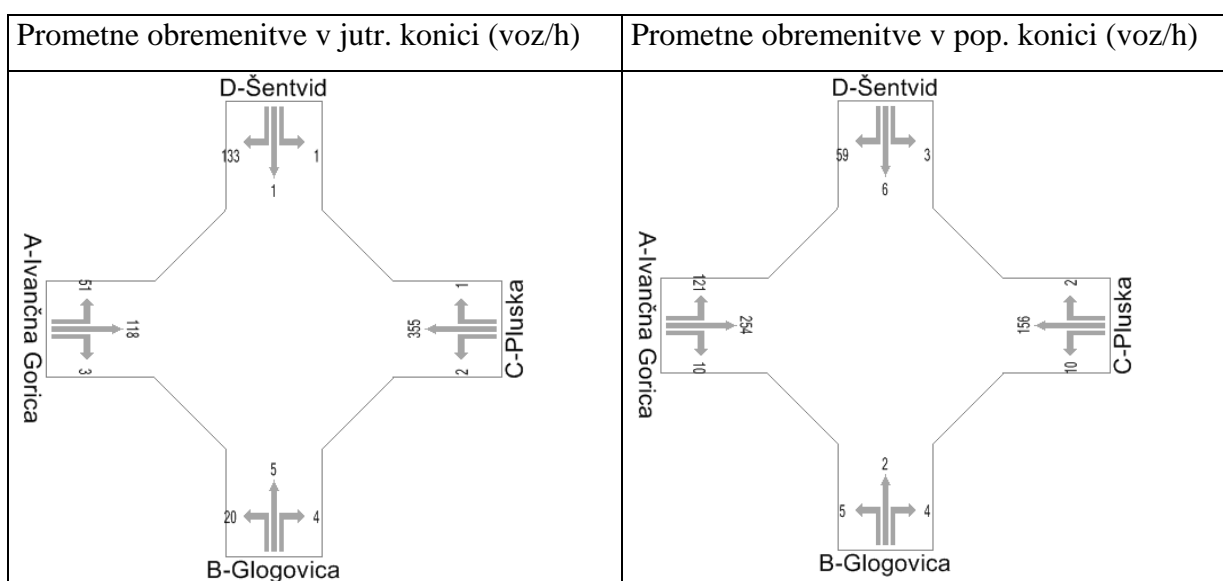
Dovoljena hitrost na odseku je $V_{dov} = 90$ km/h. Minimalni horizontalni elementi ceste vzdolž celotnega odseka R3-646/1196, ki so razvidni iz priloženih podatkov BCP, še ustrezajo projektni hitrosti $V_{proj} \leq 70$ km/h. Teren vzdolž odseka je glede na parametre v pravilniku o projektiranju cest ravninski. Vzdolž obravnavanega odseka poteka linija medkrajevnega avtobusa. Avtobus v zatečenem stanju ustavlja na vozišču v območju priključka za naselje Šentvid pri Stični.

Avtobusna postajališča z označbo na vozišču so evidentirana tudi v BCP vendar se talna signalizacija ni redno vzdrževala. Na območju, kjer ustavlja avtobus, postajališče ni zaznamovano s potrebno horizontalno ter vertikalno signalizacijo. Je brez osvetlitve in ustreznih površin za pešce (prehod za pešce, pločnik in čakališče). Cesta je v obravnavanem odseku zgrajena v plitkem nasipu 0.5 do 1.5m. V km 3.1+30,0 cesto prečka obstoječ okrogli betonski prepust premera DN 80cm, ki omogoča odvodnjavanje površin in odtekanje predvsem zaledne vode z območja severno na območje na južni strani ceste. Razsvetljava ni urejena razen ene svetilke na drogu, ki se nahaja v križišču za Šentvid pri Stični.

5.4.2 Podatki o prometnih obremenitvah

5.4.2.1 Podatki iz štetja prometa

Kakšna je dejanska struktura in količina prometa po uvedbi vinjet je razvidna iz podatkov o izrednem štetju prometa, ki je bilo izvedeno dne 4.9.2008 s strani DRSC za potrebe izdelave prometne študije križišča Šentvid pri Stični. Jutranja konica se pojavi med 6:15-7:15 uro, popoldanska konica pa med 14:15-15:15 uro. Podatki o obstoječih prometnih obremenitvah so razvidni iz slike 5.4, ostali podatki (faktor konične ure, delež tovornih vozil,...) pa iz števnih podatkov v prilogi B.



Slika 5.4 Prikaz prometnih obremenitev na dan štetja 4.9.2008

5.4.2.2 Opredelitev planske dobe in stopnje rasti prometa

Za rekonstrukcije obstoječe ceste se skladno s Pravilnikom o projektiranju cest uporabi prometna obremenitev, ki je napovedana za desetletno obdobje po zaključku gradnje projektiranega ukrepa. Štetje prometa je izvedeno konec leta 2008 izvedba ukrepov pa je predvidena v letu 2009. V prometni študiji, ki jo je izdelalo podjetje Appia je uporabljena planska doba 12 let oz. konec planske dobe v letu 2020. Zaradi primerljivosti rezultatov je tudi v tej nalogi kot konec planske dobe uporabljeno leto 2020. Lokacija števnege mesta je prikazana na sliki 5.5.



Slika 5.5 Prikaz lokacije števnege mesta

(vir: prirejeno po http://www.dc.gov.si/fileadmin/dc.gov.si/pageuploads/Promet/Karta_STM_2007.pdf)

Kot lahko razberemo iz preglednice 5.4, je PLDP v letu 2007 znašal 10.300 vozil. Pri tem je potrebno opozoriti na izrazito naraščanje prometa po uvedbi cestninske postaje DOB na cesti H1 v letu 2000, ko je PLDP znašal le 3.500 vozil/dan. Večina vozil je namreč obravnavani odsek ceste R3-646 uporabljala za obvoz mimo cestninske postaje in se na avtocesto vključevala in izključevala na priključku Bič!

Preglednica 5.4 Prikaz nihanja PLDP v obdobju med leti 2000 in 2008 na št. mestu 289

Leto	Vsa vozila (PLDP)	Letna stopnja rasti p-PLDP (%)	OV	Letna stopnja rasti p-OV (%)	TV	Letna stopnja rasti p-TV (%)	dTV (%)
2008	6,957	-32.5%	5,805	-36.5%	1,152	3.9%	16.6%
2007	10,300	0.1%	9,147	1.4%	1,109	-9.4%	10.8%
2006	10,288	4.3%	9,025	3.9%	1,224	6.9%	11.9%
2005	9,864	3.8%	8,689	3.9%	1,145	2.6%	11.6%
2004	9,506	8.5%	8,363	7.7%	1,116	16.4%	11.7%
2003	8,762	3.7%	7,767	3.2%	959	7.2%	10.9%
2002	8,453	5.3%	7,526	4.2%	895	14.2%	10.6%
2001	8,030	129.4%	7,222	129.6%	784	136.1%	9.8%
2000	3,500	0.0%	3,146	0.0%	332	0.0%	9.5%
1999	3,500	3.2%	3,146	3.2%	332	3.1%	9.5%
1998	3,390	-14.4%	3,047	-17.7%	322	30.9%	9.5%
1997	3,960	5.0%	3,701	6.1%	246	5.1%	6.2%
1996	3,770	5.0%	3,488	5.0%	234	5.4%	6.2%
1995	3,590		3,322		222		6.2%
	p (%)	4.31%		4.13%		6.76%	

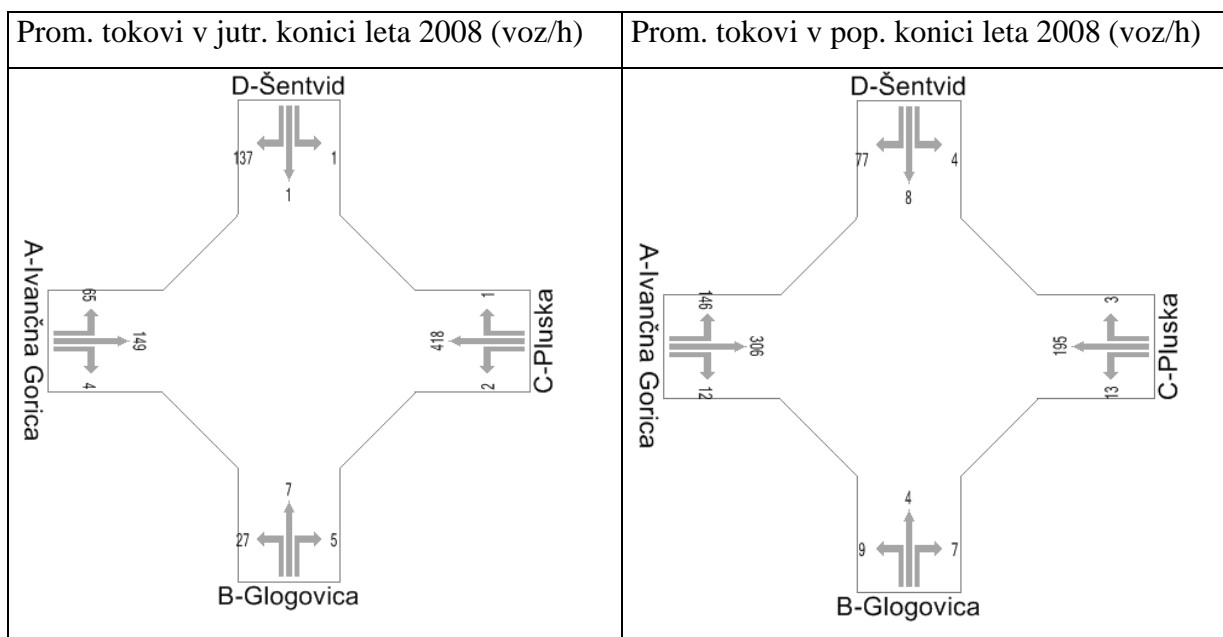
Podrobnejša analiza nihanja prometnih obremenitev od l. 1996 do danes pokaže, da je PLDP v obdobju 1995-1997 enakomerno naraščal v povprečju 5% na letni ravni. V letih 1998-2000 je opazen upad prometa, kar lahko deloma pripisujemo izgradnji avtocestnega odseka Višnja gora-Bič. Po letu 2001 se je trend rasti z vrednostjo 5% nadaljeval, razen izrazitega skoka v letu 2000-2001, ko je PLDP glede na leto 2000 narasel za 120%. Glede na obdobje pred l. 2000 je opazno tudi povečanje deleža tovornih vozil iz prej 6.2-9.5 na kasneje 10% oz. 12% v letu 2006. Leta 2008 ko je bila uvedena uporaba vinjet za osebna vozila pa je promet osebnih vozil glede na leto 2007 drastično upadel (za več kot 35%) medtem ko je promet tovornih vozil, za katere je še vedno obvezno plačevanje cestnine, upadel le za 8.8%. Zaradi navedenega se je delež tovornih vozil v skupnem prometu na obravnavanem odseku povečal na 16.6%. Če sedaj leta, ko so se pojavljale anomalije izločimo in upoštevamo le leta v preglednici 5.4 obarvana rdeče, lahko izračunamo povprečne stopnje rasti prometa in dobimo, da je skupni PLDP naraščal povprečno 4.31% letno, promet osebnih vozil 4.13% ter promet tovornih vozil 6.76% letno.

Za potrebe prognoze prometnih obremenitev v planski dobi bi lahko uporabili izračunane povprečne vrednosti z izhodiščnim letom 2008. V prometni študiji, ki jo je izdelalo podjetje Appia je uporabljena stopnja rasti prometa 3% letno z obrazložitvijo, da je upoštevanje rasti, kot ga nakazuje trend, nerealno. Zaradi primerljivosti rezultatov je tudi v tej nalogi uporabljena stopnja rasti prometa 3% letno za vsa vozila, ker podatki o tovornem prometu na obravnavanem odseku izredno nihajo. Prognoza PLDP ob tej predpostavki je prikazana v preglednici 5.5.

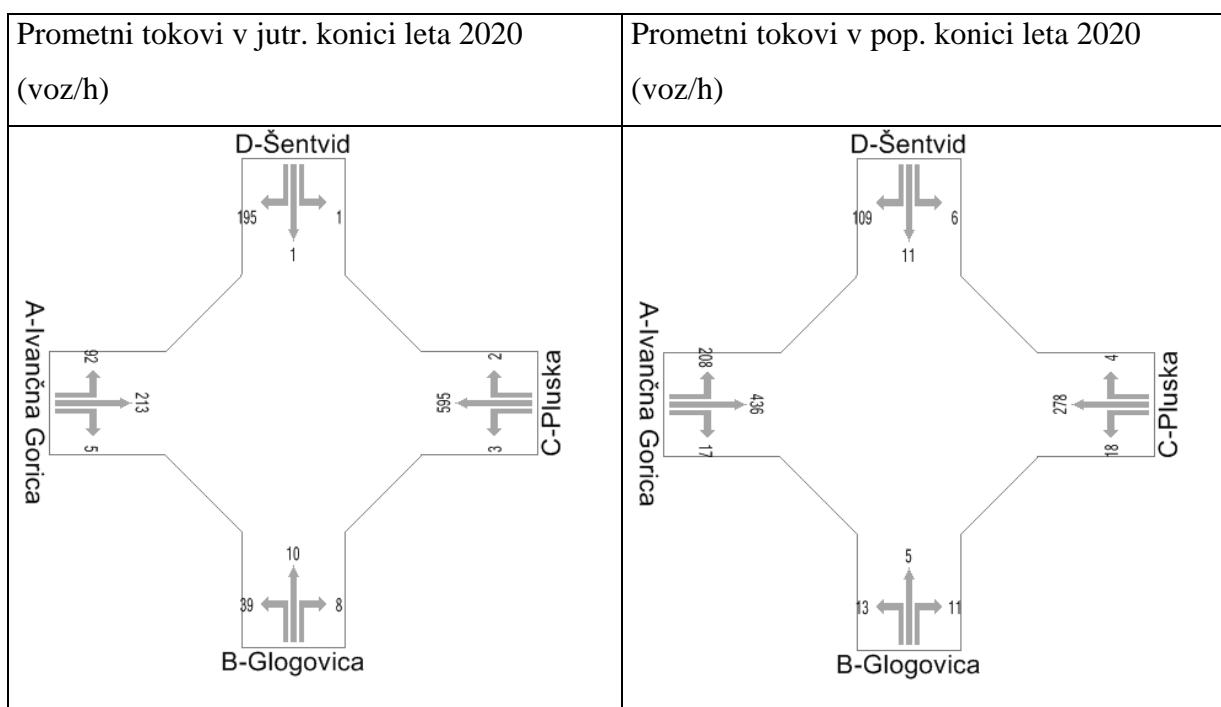
Preglednica 5.5 Prognoza PLDP za leto 2020 ob koncu planske dobe z vinjetnim sistemom cestninjenja (sedanje razmere)

Leto	Vsa vozila (PLDP)	Letna stopnja rasti p-PLDP (%)	OV	Letna stopnja rasti p-OV (%)	TV	Letna stopnja rasti p-TV (%)	dTV (%)
2008	6,957	3	5,805	3.00	1,152	3	16.56%
2020	9,920		8,277		1,643		16.56%

Na slikah 5.6 in 5.7 so prikazani prometni tokovi v jutranji in popoldanski konici z razmere na dan 4.9.2008 in na koncu planske dobe leta 2020.



Slika 5.6 Prikaz prometnih tokov na dan štetja 4.9.2008

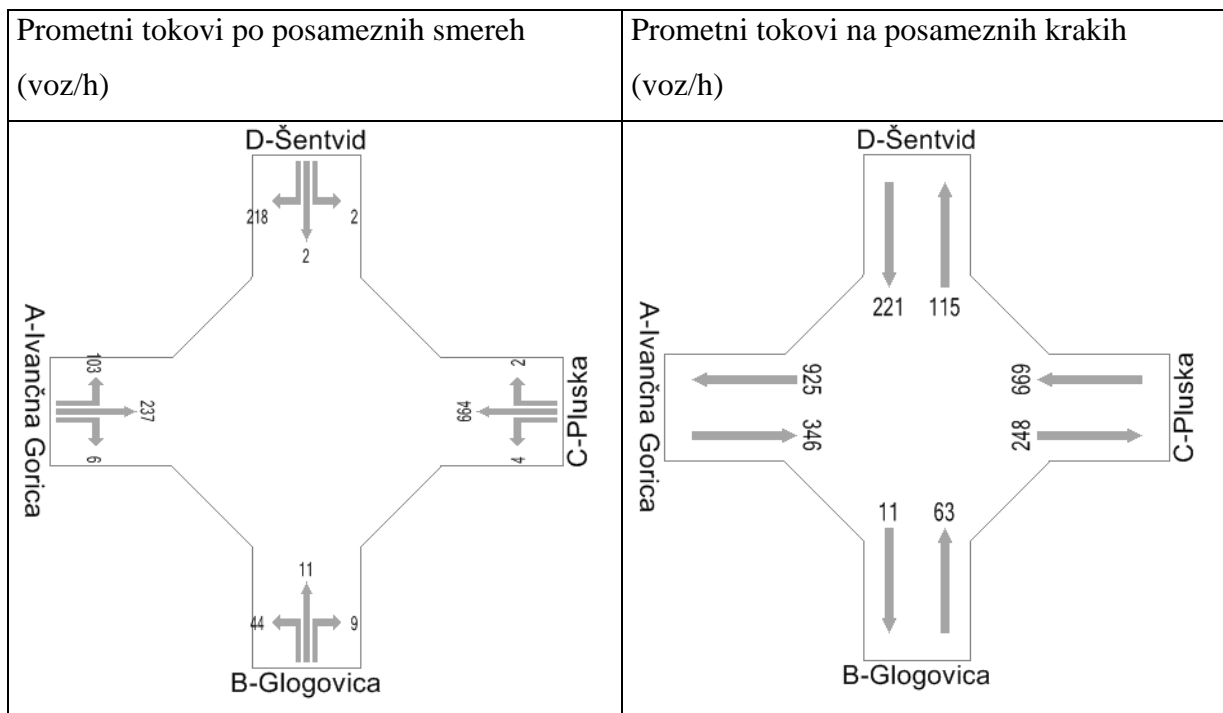


Slika 5.7 Prikaz prometnih tokov ob koncu planske dobe leta 2020

Kot zanimivost so v preglednici 5.6 prikazane prognozirane prometne obremenitve za leto 2020 za primer ukinitve vinjetnega sistema in ponovne uvedbe cestninjenja na cestninski postaji Dob. Za izhodiščno leto je upoštevano leto 2007 s 3% letno rastjo prometa. Kot lahko vidimo bi prometne obremenitve v tem primeru prvotno napoved presegle za kar 52%. Slednje bi razmere v križišču predvsem na stranskih krakih zelo poslabšalo, kar je preverjeno tudi s programom Sidra Intersection in prikazano na slikah 5.8-5.11. Da bi na koncu planske dobe leta 2020 dosegli za 52% večje prometne obremenitve od izračunanih s 3% letno rastjo, je bilo potrebno za obdobje 12 let upoštevati 6,6857% rast na letni ravni.

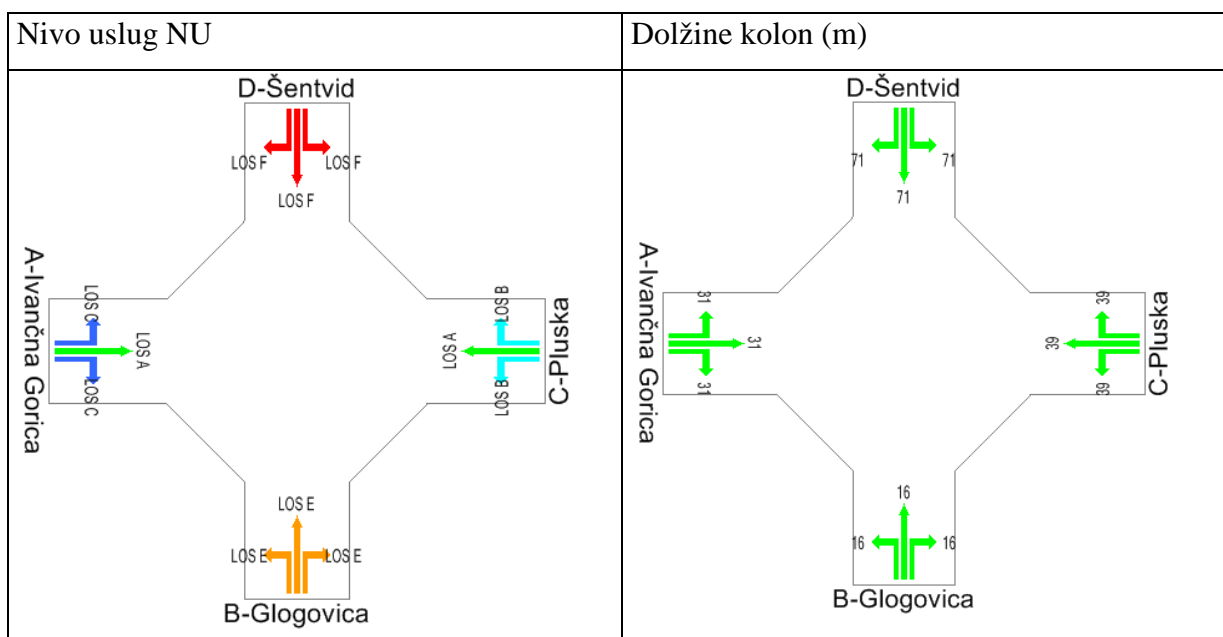
Preglednica 5.6 Prognoza PLDP za leto 2020 ob koncu planske dobe brez vinjetnega sistema oz. s ponovno uvedbo cestninjenja na CP Dob

Leto	Vsa vozila (PLDP)	Letna stopnja rasti p-PLDP (%)	OV	Letna stopnja rasti p-OV (%)	TV	Letna stopnja rasti p-TV (%)	dTV (%)
2007	10,300	3	9,147	3.00	1,109	3	10.77%
2020	15,126		13,433		1,629		10.77%

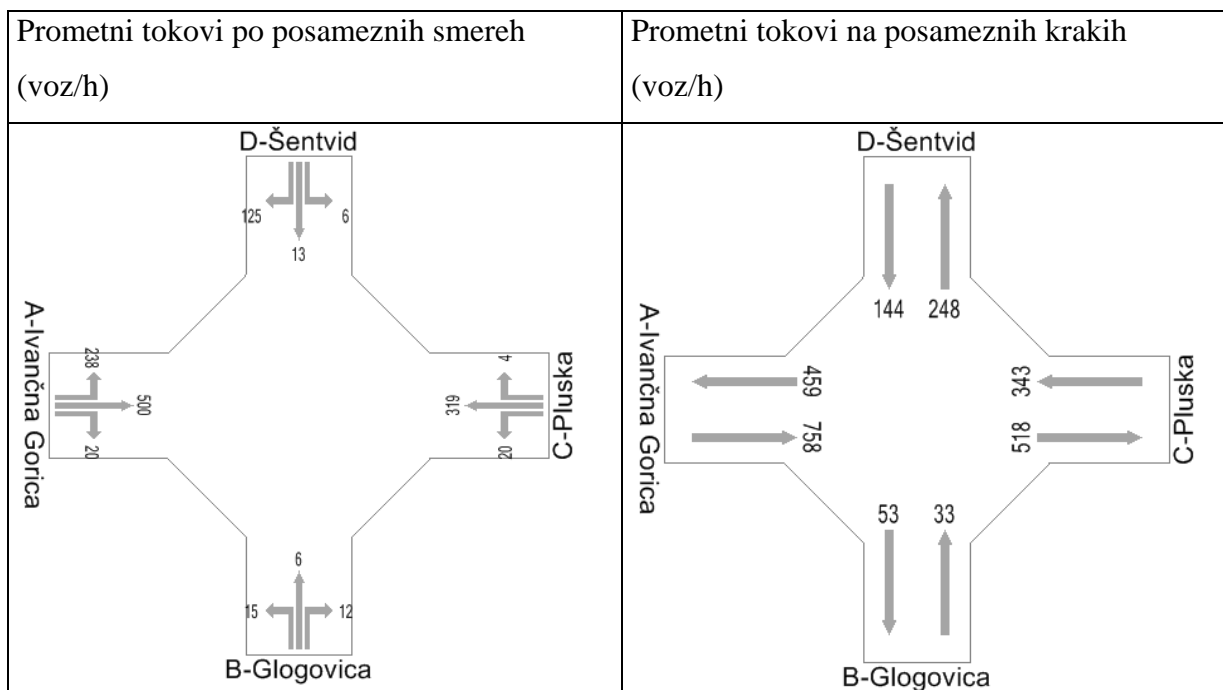


Slika 5.8 Prikaz prometnih tokov v jutranji konici leta 2020 za hipotetični primer

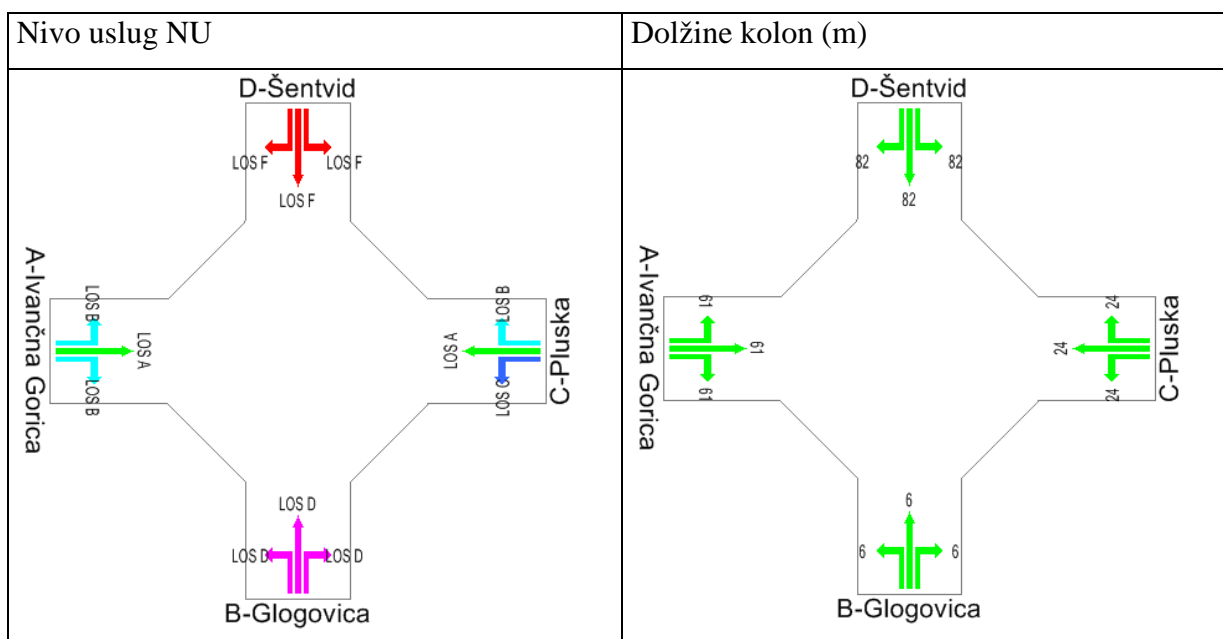
V jutranji konici so na kraku D-Šentvid opazne kolone do 10 vozil, nivo uslug pa zaradi zamud >50s pade na nivo F. Možne posledice so izsiljevanja prednosti in posledični povečanje prometnih nesreč.



Slika 5.9 Prikaz kapacitetnih parametrov v jutranji konici leta 2020 za hipotetični primer



Slika 5.10 Prikaz prometnih tokov v popoldanski konici leta 2020 za hipotetični primer



Slika 5.11 Prikaz kapacitetnih parametrov v popoldanski konici leta 2020 za hipotetični primer

V popoldanski konici so razmere podobne le da se pojavijo prekomerne kolone (>8vozil) tudi na GP t.j. na kraku A (Ivančna Gorica). Možna posledica je zopet izsiljevanje prednosti in povečanje števila prometnih nesreč.

5.4.3 Kapacitetni parametri in nivo uslug

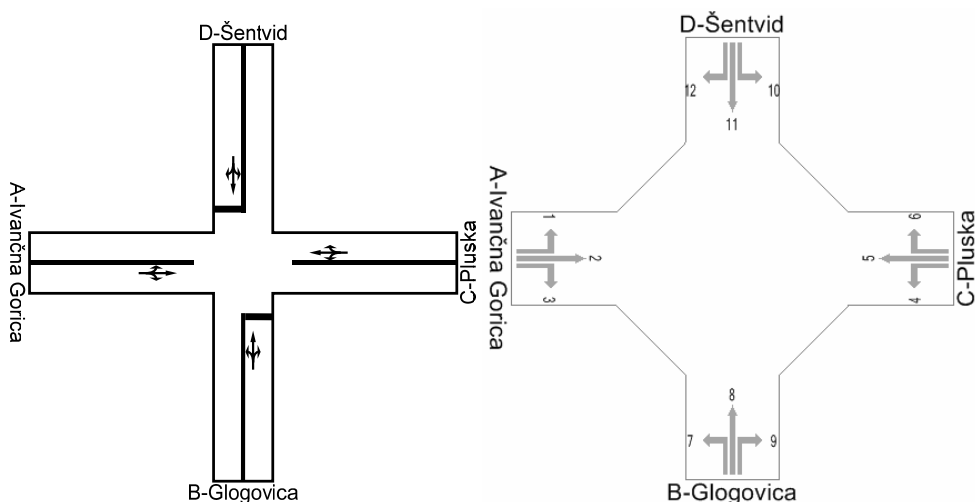
V nadaljevanju je prikazana analiza posameznih ureditev križišč in izračun kapacitetnih parametrov za prometne obremenitve v jutranji in popoldanski prometni konici na dan izvedenega izrednega štetja prometa 4.9.2008 za obstoječe križišče, ter ob koncu planske dobe leta 2020 za obstoječe križišče in predpostavljene možne alternativne ureditve križišča.

5.4.3.1 Obstoječe križišče (OK)

Za izračun kapacitete, zamud, dolžine kolon in nivoja uslug je uporabljen računalniški program SIDRA Intersections verzija 3.2. V program so vneseni naslednji vhodni podatki:

- določitev modela izračuna (US HCM – metric units)
- naziv in oblika križišča,
- število krakov križišča in prometnih pasov,
- oznake in prioritete posameznih premikov,
- podatki o prometnih volumnih,
- za ostale podatke (parametri sprejemljivih razmakov, uvozne in izvozne hitrosti,...) so privzete programsko nastavljene vrednosti.

Na sliki 5.12 sta prikazana shema obstoječega križišča in model obstoječega križišča ter oznake posameznih smeri premikov skladno z HCM metodologijo. Križišče je štiri-krako z dvopasovnimi kraki v vseh smereh brez dodatnih pasov za leve ali desne zavijalce.



Slika 5.12 Shema obstoječega križišča in model obstoječega križišča s prikazom posameznih smeri možnih premikov skladno s HCM 2000

5.4.3.1.1 Obstoječe razmere leta 2008 za OK (obstoječe križišče)

Iz preglednice 5.7 je razvidno, da kapaciteta v jutranji konici na nobenem kraku ali prometnem pasu v križišču ni dosežena ($v/c < 0.85$). Največje zamude so na podrejenem kraku iz smeri Glogovica, ki izkazuje posledično tudi najnižji nivo uslug – C. Najdaljša kolona oz. zajezitvena dolžina se pojavi na kraku C iz smeri Pluske in znaša 2 vozili. Vzrok za pojav kolone je močan prometni tok desnih zavijalcev iz smeri Šentvida, ki v jutranji konici znaša do 33% prometnega toka na kraku C iz smeri Pluske. Z vidika kapacitetnih parametrov obstoječe križišče v jutranji konici leta 2008 ni problematično.

Preglednica 5.7 Prikaz kapacitetnih parametrov v jutranji konici med leta 2008 (OK)

Mov ID	Mov Typ	Total Flow (veh /h)	Total Cap. (veh /h)	Deg. of Satn (v/c)	Aver. Delay (sec)	LOS	Longest Queue 95% Back (vehs)	Queue (m)

West: A-Ivančna Gorica								
1	L	64	386	0.166	12.0	B	1.2	11
2	T	149	899	0.166	2.3	A	1.2	11
3	R	4	24	0.167	12.7	B	1.2	11

South: B-Glogovica								
7	L	27	228	0.118	17.4	C	0.6	4
8	T	7	59	0.119	17.4	C	0.6	4
9	R	5	42	0.119	17.4	C	0.6	4

East: C-Pluska								
4	L	2	8	0.250	10.3	B	2.0	17
5	T	418	1670	0.250	0.8	A	2.0	17
6	R	1	4	0.250	9.9	A	2.0	17

North: D-Šentvid								
10	L	1	4	0.250	15.0	B	1.6	13
11	T	1	4	0.250	15.0	B	1.6	13
12	R	137	491	0.279*	15.0	B	1.6	13

ALL VEHICLES:		816		0.279	5.3	NA	2.0	17

Kot je običajno za večino križišč zunaj naselij je iz prikazanih podatkov v preglednici 5.8 razvidno, da se prometni tokovi v popoldanski konici odvijajo v obratni smeri kot v jutranji konici.

Križišče obratuje pod kapaciteto zamude pa se pojavljajo predvsem na stranskih prometnih smereh. Najnižji nivo uslug je B iz smeri Šentvid in C iz smeri Glogovica. Razmere v križišču z vidika kapacitetnih parametrov ne zahtevajo posebnih ukrepov.

Preglednica 5.8 Prikaz kapacitetnih parametrov v popoldanski konici med leta 2008 (OK)

Mov ID	Mov Typ	Total Flow (veh /h)	Total Cap. (veh /h)	Deg. of Satn (v/c)	Aver. Delay (sec)	LOS	Longest Queue 95% Back (vehs)	Queue (m)
West: A-Ivančna Gorica								
1	L	146	497	0.294*	10.5	B	2.3	19
2	T	306	1042	0.294*	1.0	A	2.3	19
3	R	12	41	0.293	10.0	B	2.3	19
South: B-Glogovica								
7	L	9	150	0.060	16.0	C	0.3	2
8	T	4	66	0.061	16.0	C	0.3	2
9	R	8	133	0.060	16.0	C	0.3	2
East: C-Pluska								
4	L	12	92	0.130	12.3	B	1.2	10
5	T	195	1491	0.131	1.9	A	1.2	10
6	R	3	23	0.130	10.9	B	1.2	10
North: D-Šentvid								
10	L	4	21	0.190	14.6	B	1.0	8
11	T	8	42	0.190	14.6	B	1.0	8
12	R	77	402	0.192	14.6	B	1.0	8
ALL VEHICLES:		784		0.294	5.3	NA	2.3	19

5.4.3.1.2 Predvidene razmere ob koncu planske dobe leta 2020 za (OK)

Iz preglednice 5.8 je razvidno, da tudi na koncu planske dobe leta 2020, ob predpostavljeni 3% stopnji rasti prometa na letni ravni, v jutranji konici kapaciteta še ne bo dosežena. Nivo uslug doseže najnižjo raven D na podrejenih krakih iz smeri Šentvid in iz smeri Glogovica.

Preglednica 5.9 Prikaz kapacitetnih parametrov v jutranji konici leta 2020 (OK)

Mov ID	Mov Typ	Total Flow (veh /h)	Total Cap. (veh /h)	Deg. of Satn (v/c)	Aver. Delay (sec)	LOS	Longest Queue 95% Back (vehs)	Queue (m)
West: A-Ivančna Gorica								
1	L	92	348	0.264	14.4	B	2.6	24
2	T	213	806	0.264	4.6	A	2.6	24
3	R	6	23	0.261	15.0	C	2.6	24
South: B-Glogovica								
7	L	39	136	0.287	30.3	D	1.4	11
8	T	10	35	0.286	30.3	D	1.4	11
9	R	8	28	0.286	30.3	D	1.4	11
East: C-Pluska								
4	L	3	8	0.375	11.0	B	3.5	29
5	T	596	1667	0.358	1.5	A	3.5	29
6	R	2	6	0.333	10.6	B	3.5	29
North: D-Šentvid								
10	L	1	2	0.500	26.9	D	4.3	35
11	T	1	2	0.500	26.9	D	4.3	35
12	R	195	353	0.552*	26.9	D	4.3	35
ALL VEHICLES:		1166		0.552	8.9	NA	4.3	35

V preglednici 5.9 so prikazane razmere v križišču v popoldanski konici leta 2020. Kapaciteta ni dosežena na nobenem izmed krakov, zamude pa so največje na stranskih krakih in sicer 33.4s na kraku iz smeri Šentvid ter 23.4s iz smeri Glogovica. Nivo uslug doseže najnižjo raven D na kraku iz smeri Šentvid ter C na kraku iz smeri Glogovica. Obe vrednosti zamud se nahajata praktično že prehodu na naslednji nižji nivo uslug. Iz tega je mogoče sklepati, da bo ob predpostavljenih prometnih obremenitvah nivo uslug že v letu 2021 E na kraku iz smeri Šentvid ter D na kraku iz smeri Glogovice. V nadaljevanju je z poizkušanjem ugotovljeno, da bo na kraku iz smeri Šentvid nivo uslug F dosežen že leta 2024 s čimer bodo podane razmere za preureditev križišča.

Preglednica 5.10 Prikaz kapacitetnih parametrov v popoldanski konici leta 2020 (OK)

Mov ID	Mov Typ	Total Flow (veh /h)	Total Cap. (veh /h)	Deg. of Satn (v/c)	Aver. Delay (sec)	LOS	Longest Queue 95% Back (vehs)	Queue (m)
West: A-Ivančna Gorica								
1	L	208	481	0.432	11.7	B	5.0	42
2	T	436	1007	0.433	2.2	A	5.0	42
3	R	17	39	0.436	11.2	B	5.0	42
South: B-Glogovica								
7	L	13	98	0.133	23.4	C	0.6	5
8	T	6	45	0.133	23.4	C	0.6	5
9	R	11	83	0.133	23.4	C	0.6	5
East: C-Pluska								
4	L	18	94	0.191	14.2	B	2.3	19
5	T	278	1446	0.192	3.8	A	2.3	19
6	R	4	21	0.190	12.8	B	2.3	19
North: D-Šentvid								
10	L	6	12	0.500	33.4	D	4.5	37
11	T	11	22	0.500	33.4	D	4.5	37
12	R	110	217	0.507*	33.4	D	4.5	37
ALL VEHICLES:		1118		0.507	8.9	NA	5.0	42

Kot je mogoče razbrati iz preglednice 5.10 pa se na kraku iz smeri Ivančna Gorica pojavi prekomerna kolona vozil, ki doseže celo 42m. Kolona se pojavi zaradi povečanega števila levih zavijalcev v smeri Šentvid, ki predstavljajo kar 31% vseh vozil iz smeri Ivančna Gorica. Zanimarjive niso tudi kolone na kraku iz smeri Šentvid, ki znašajo 37m. Iz navedenega lahko sklepamo, da bodo v križišču potrebni dodatni pasovi za leve zavijalce predvsem v smeri Ivančna Gorica-Šentvid in pa morda tudi v smeri Šentvid-Ivančna Gorica, kjer se kolone pojavljajo tako v jutranji kot tudi v popoldanski konici.

5.4.3.1.3 Predlogi alternativnih rešitev za izboljšanje razmer z vidika kapacitetnih parametrov

V splošnem obstoječe križišče ne izkazuje problematike z vidika kapacitete ne v letu 2008 kot tudi ne na koncu planske dobe leta 2020.

Zaradi povečanega števila levih zavijalcev iz smeri Ivančna Gorica v smeri Šentvid, ki v obeh prometnih konicah znaša ~30% in povzroča predvsem v popoldanski konici leta 2020 kolono vozil 42m bi bilo smiselno predvideti dodatni pas za leve zavijalce v minimalni predpisani dolžini 20m. Z vidika kapaciternih parametrov krožno križišče (KK) ali semaforizirano križišče (SK) nista upravičeni in smiselni rešitvi.

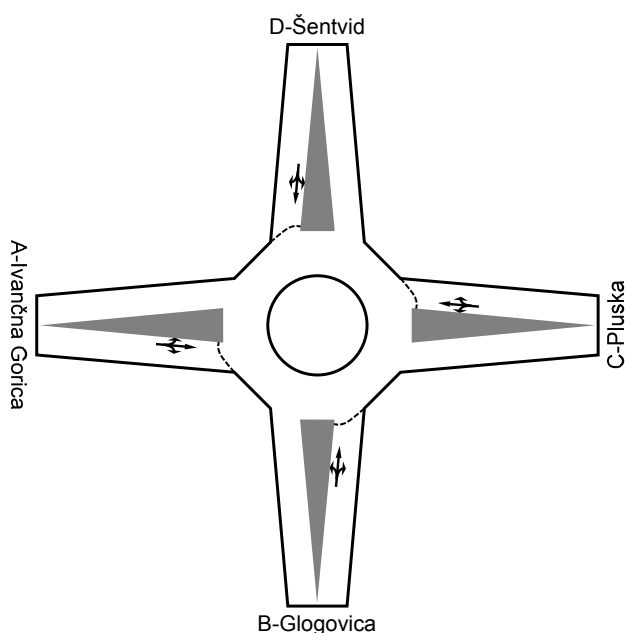
Na podlagi preveritve s programom Sidra bo nivo uslug na kraku iz smeri Šentvid padel na nivo F leta 2025, kar pomeni, da bo tedaj potrebno predvideti dodatne ukrepe za zmanjšanje zamud. Poleg semaforizacije križišča bi bilo morda smiselno predvideti sistem za izogibanje konfliktom, ki voznike na stranski in glavni cesti opozarja na prisotnost vozil v križišču in posredno zadostni razmak oz. vrzel. Na ta način se bo povečala prepustnost, zmanjšale se bodo zamude in povečala prometna varnost v križišču.

Ker je obravnavani primer namenjen prikazu primerjave posameznih parametrov za različne oblike križišč so v nadaljevanju ne glede na upravičenost analizirane tudi alternativne variante in sicer: KK (krožno križišče), SK (semaforizirano križišče) in pa NK (nesemaforizirano križišče) z dodatnimi zavijalnimi pasovi za leve zavijalce na glavni prometni smeri t.j. na regionalni cesti R3-646 v obeh smereh.

Križišče je po svoji funkciji izvenurbano z večjim deležem notranjega prometa in mora zagotavljati prepustnost v glavni prometni smeri Ivančna Gorica – Pluska kot tudi v smeri Ivančna Gorica – Šentvid, ki predstavlja skoraj 1/3 prometnih tokov na regionalni cesti.

5.4.3.2 Krožno križišče (KK)

Ker obstoječe križišče danes ne izkazuje problemov z vidika kapacitete in zamud, je predlagana varianta krožnega križišča preverjena le za prometne tokov na koncu planske dobe. Glede na funkcijo križišča je predvideno izvenurbano srednjeveliko enopasovno krožno križišče z zunanjim premerom 35m, širino krožnega vozišča 6m, tlakovanim delom 3m in premerom sredinskega otoka 17m. Uvozni pasovi so širine 3,5m. Shema križišča je prikazana na sliki 5.13.



Slika 5.13 Shema obstoječega krožnega križišča (KK)

5.4.3.2.1 Predvidene razmere ob koncu planske dobe leta 2020

Kot je pričakovati bi v jutranji konici (pregl. 5.11) na prometno bolj obremenjenih krakih nastajale kolone, ki na kraku C-Pluska dosežejo 55m (7 vozil) in na kraku D-Šentvid 26m (3-4 vozila). Nivo uslug na nobenem kraku in smeri ne pade pod B razen za levega zavijalca iz smeri Šentvid, ki je zaradi povečanega prometa iz smeri Pluska in daljše poti (prevoziti mora $\frac{3}{4}$ krožnega radija) deležen daljših zamud (23.9s).

Preglednica 5.11 Prikaz kapacitetnih parametrov v jutranji konici leta 2020 (KK)

Mov ID	Mov Typ	Total Flow (veh /h)	Total Cap. (veh /h)	Deg. of Satn (v/c)	Aver. Delay (sec)	LOS	Longest Queue 95% (vehs)	Queue Back (m)
West: A-Ivančna Gorica								
1	L	92	375	0.245	12.6	B	2.2	20
2	T	213	869	0.245	6.7	A	2.2	20
3	R	6	24	0.250	7.9	A	2.2	20
South: B-Glogovica								
7	L	39	554	0.070	14.9	B	0.5	4
8	T	10	142	0.070	8.3	A	0.5	4
9	R	8	114	0.070	9.3	A	0.5	4

East: C-Pluska								
4	L	3	5	0.600	14.2	B	6.6	55
5	T	596	1015	0.587	8.0	A	6.6	55
6	R	2	3	0.667*	8.6	A	6.6	55

North: D-Šentvid								
10	L	1	3	0.333	23.9	C	3.2	26
11	T	1	3	0.333	13.2	B	3.2	26
12	R	195	509	0.383	14.6	B	3.2	26

ALL VEHICLES:		1166		0.667	9.5	A	6.6	55

V popoldanski konici (pregl. 5.12) je situacija simetrična saj povečan promet iz smeri Ivančne Gorice in daljša pot zaradi vožnje preko krožnega križišča povzroči povečane zamude levim zavijalcem na kraku B-Glogovica.

Preglednica 5.12 Prikaz kapacitetnih parametrov v pop. konici leta 2020 (KK)

Mov ID	Mov Typ	Total Flow (veh /h)	Total Cap. (veh /h)	Deg. of Satn (v/c)	Aver. Delay (sec)	LOS	Longest Queue 95% Back (vehs)	Queue (m)

West: A-Ivančna Gorica								
1	L	208	401	0.519*	12.8	B	6.0	50
2	T	436	841	0.518	6.6	A	6.0	50
3	R	17	33	0.515	7.1	A	6.0	50

South: B-Glogovica								
7	L	13	188	0.069	20.0	C	0.5	4
8	T	6	87	0.069	14.8	B	0.5	4
9	R	11	159	0.069	15.3	B	0.5	4

East: C-Pluska								
4	L	18	49	0.367	15.6	B	3.0	26
5	T	278	763	0.364	8.7	A	3.0	26
6	R	4	11	0.364	9.3	A	3.0	26

North: D-Šentvid								
10	L	6	35	0.171	19.3	B	1.3	10
11	T	11	65	0.169	8.6	A	1.3	10
12	R	110	651	0.169	9.8	A	1.3	10

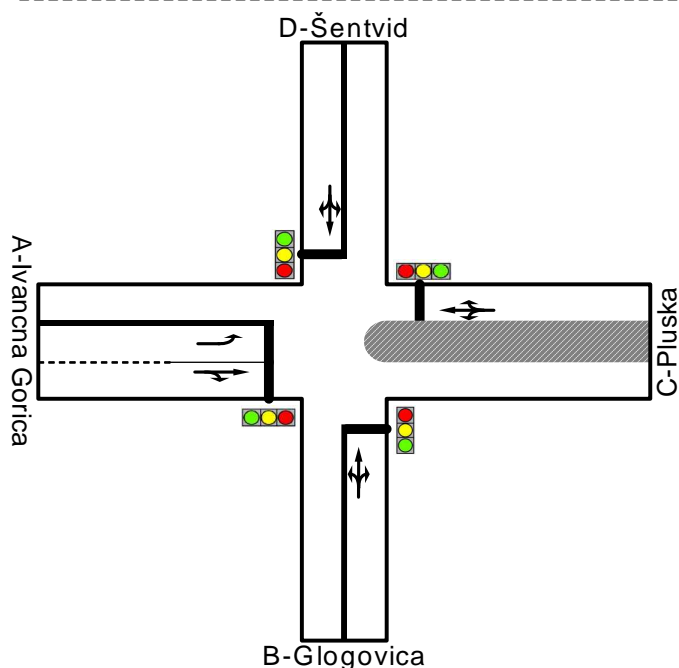
ALL VEHICLES:		1118		0.519	9.1	A	6.0	50

5.4.3.3 Semaforizirano križišče (SK)

Za potrebe primerjave je kot alternativna rešitev predvidena ureditev semaforiziranega križišča z zavijalnimi pasovi za leve zavijalce na krakih GP dolžine 20m. Širina vseh pasov na vseh krakih je 3,0m. Shema križišča je podana na sliki 5.14. Signalni program je dvofazni, podatki o signalnih fazah pa so podani v preglednici 5.13.

Preglednica 5.13 Prikaz podatkov o signalnih fazah

Phase	Change Time	Starting Intgrn	Green Start	Displayed Green	Green End	Terminating Intgrn	Phase Time	Phase Split
A	0	4	4	6	10	4	10	33%
B	10	4	14	16	30	4	20	67%



Slika 5.14 Shema semaforiziranega križišča

5.4.3.3.1 Predvidene razmere ob koncu planske dobe leta 2020

V preglednici 5.14 so prikazani kapacitetni parametri semaforiziranega križišča v jutranji konici na koncu planske dobe leta 2020. Kapaciteta na nobenem kraku ni dosežena, najnižji nivo uslug C je na kraku iz smeri Glogovica.

Najdaljša kolona (10 vozil) se pojavi na kraku iz smeri Pluska v smeri naravnost. Najdaljša zamuda (37.6s) je na kraku iz smeri Glogovice. Križišče ob predpostavljenih parametrih in predvidenih dodatnih pasovih deluje zadovoljivo.

Preglednica 5.14 Prikaz kapacitetnih parametrov v jutranji konici leta 2020 (SK)

Mov ID	Mov Typ	Green Ratio (g/C)	Time (g/C)	Total Flow (veh /h)	Total Cap. (veh /h)	Deg. of Satn (v/c)	Aver. Delay (sec)	LOS	Longest Queue 95% Back (vehs)	Queue (m)
		1st grn	2nd grn							
West: A-Ivancna Gorica										
1	L	0.200		92	314	0.293	22.3	C	1.8	15
2	T	0.500		213	650	0.328	5.8	A	3.1	30
3	R	0.500		6	19	0.324	16.2	B	3.1	30
South: B-Glogovica										
7	L	0.133		39	257	0.152	20.7	C	1.1	9
8	T	0.233		10	66	0.151	11.5	B	1.1	9
9	R	0.233		8	53	0.152	20.7	C	1.2	9
East: C-Pluska										
4	L	0.433*		3	4	0.692*	18.9	B	9.4	79
5	T	0.500		596	892	0.669	9.6	A	9.4	79
6	R	0.500		2	3	0.667	19.0	B	9.9	83
North: D- entvid										
10	L	0.233		1	2	0.612	32.2	C	4.1	34
11	T	0.233*		1	2	0.612	17.3	B	4.1	34
12	R	0.233		195	335	0.582	26.8	C	4.1	34
ALL VEHICLES:				1166		0.692	13.3	B	9.9	83
INTERSECTION (persons):				1399			13.3		9.9	83

Kot je razvidno iz preglednice 5.14, kapaciteta tudi v popoldanski konici na koncu planske dobe leta 2020 ni dosežena. Najdaljša zamuda je na kraku iz smeri Glogovice 24.4s, najdaljša kolona oz. zajezitvena dolžina 56m pa na kraku iz smeri Ivančne Gorice v smeri naravnost. Dolžino pasu za leve zavijalce na tem kraku bi bilo potrebno podaljšati iz 20m na najmanj 25m. Najnižji nivo uslug je C na podrejenih krakih iz smeri Šentvida in Glogovice. Križišče tudi v popoldanski konici deluje zadovoljivo.

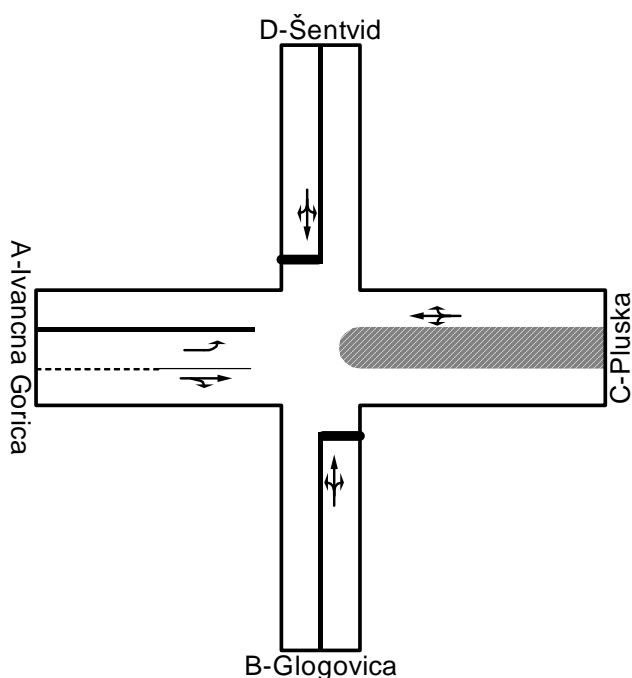
Preglednica 5.15 Prikaz kapacitetnih parametrov v pop. konici leta 2020 (SK)

Mov ID	Mov Typ	Green Time		Total Flow (veh /h)	Total Cap. (veh /h)	Deg. of Satn (v/c)	Aver. Delay (sec)	LOS	Longest Queue	
		Ratio (g/C)	1st grn						2nd grn	95% Back (vehs)
West: A-Ivančna Gorica										
1	L	0.433		208	619	0.336	16.6	B	3.2	25
2	T	0.533		436	784	0.556	7.4	A	6.6	56
3	R	0.533*		17	30	0.559*	16.4	B	6.6	56
South: B-Glogovica										
7	L	0.133		13	159	0.082	19.4	B	0.6	5
8	T	0.200		6	74	0.082	10.2	B	0.6	5
9	R	0.200		11	135	0.081	20.2	C	0.6	5
East: C-Pluska										
4	L	0.367		18	61	0.294	14.9	B	3.7	32
5	T	0.533		278	948	0.293	4.6	A	3.7	32
6	R	0.533		4	14	0.288	13.8	B	3.9	33
North: D- entvid										
10	L	0.200		6	14	0.435	30.1	C	2.6	22
11	T	0.200		11	25	0.437	15.2	B	2.6	22
12	R	0.200*		110	252	0.437	24.5	C	2.6	22
ALL VEHICLES:				1118		0.559	10.8	B	6.6	56
INTERSECTION (persons):				1342			10.8		6.6	56

5.4.3.4 Nesemaforizirano križišče (NK) s pasovi za leve zavijalce na GPS Ivančna Gorica-Pluska

Ker obstoječe križišče načeloma ne izkazuje problematike v povezavi s kapacitetnimi primeri je kot alternativa za zmanjšanje vpliva levih zavijalcev na glavni prometni tok predstavljena tudi naslednja ureditev. Na kraku iz smeri Ivančna Gorica se uredi pas za leve zavijalce v dolžni 20m. Shema križišča je prikazana na sliki 5.15. Na smeri iz Pluske dodatni pas zaradi zelo majhnega števila levih zavijalcev in zadostne preglednosti na regionalni cesti ni potreben.

Takšna ureditev z razliko, da je pas za leve zavijalce predviden tudi na kraku iz smeri Pluska (preprečevanje možnosti naleta in oviranje prometa na glavni prometni smeri) je predvidena tudi s projektno dokumentacijo (Stia d.o.o., januar 2009) v kateri sta rekonstruirana tudi oba priključka stranskih krakov s korekcijo kota priključka, eliminiran pa je tudi zamik osi. Širine vseh pasov v območju križišča so 3m.



Slika 5.15 Shema preurejenega nesemaforiziranega križišča

Preglednica 5.16 Prikaz kapacitetnih parametrov v jutranji konici leta 2020 (NK)

Mov ID	Mov Typ	Total Flow (veh /h)	Total Cap. (veh /h)	Deg. of Satn (v/c)	Aver. Delay (sec)	LOS	Longest Queue 95% Back (vehs)	Queue (m)
West: A-Ivančna Gorica								
1	L	92	828	0.111	13.1	B	0.6	5
2	T	213	1392	0.153	0.0	A	0.0	0
3	R	6	39	0.154	10.4	B	0.0	0
South: B-Glogovica								
7	L	39	117	0.333	36.3	E	1.7	13
8	T	10	30	0.333	36.3	E	1.7	13
9	R	8	24	0.333	36.3	E	1.7	13
East: C-Pluska								
4	L	3	8	0.375	10.9	B	3.5	29
5	T	596	1667	0.358	1.5	A	3.5	29
6	R	2	6	0.333	10.6	B	3.5	29
North: D-Šentvid								
10	L	1	2	0.500	26.9	D	4.3	35
11	T	1	2	0.500	26.9	D	4.3	35
12	R	195	353	0.552*	26.9	D	4.3	35
ALL VEHICLES:		1166		0.552	8.2	NA	4.3	35

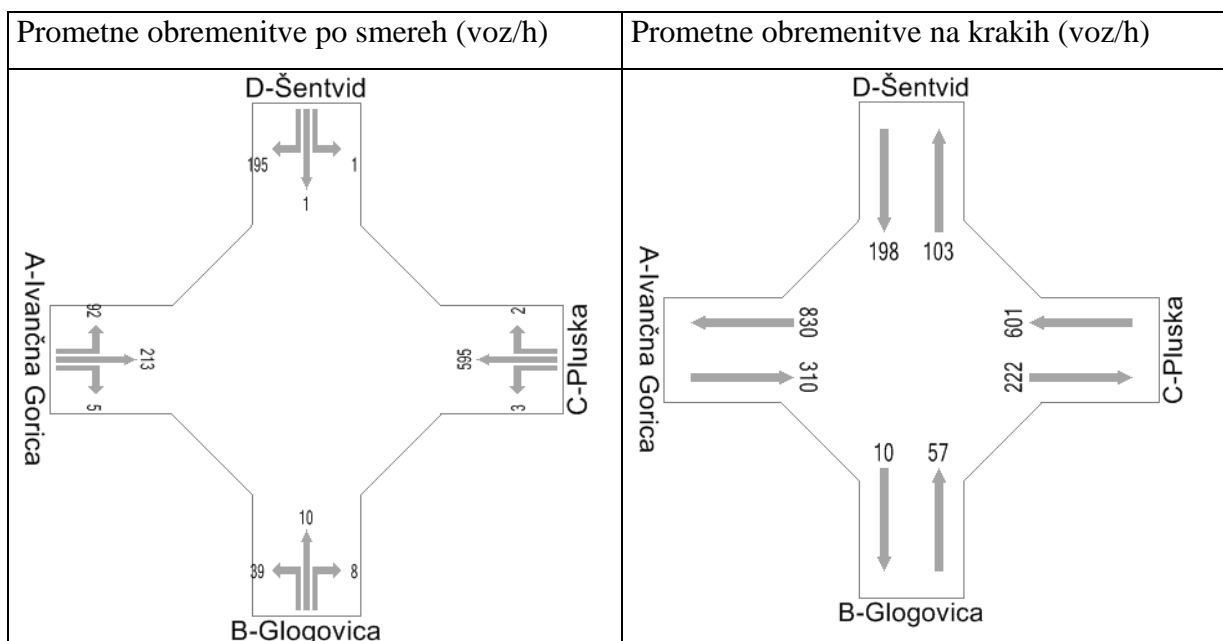
Preglednica 5.17 Prikaz kapacitetnih parametrov v popoldanski konici leta 2020 (NK)

Mov ID	Mov Typ	Total Flow (veh /h)	Total Cap. (veh /h)	Deg. of Satn (v/c)	Aver. Delay (sec)	LOS	Longest Queue 95% Back (vehs)	Queue (m)
West: A-Ivancna Gorica								
1	L	208	1334	0.156	10.7	B	1.0	7
2	T	436	1575	0.277	0.0	A	0.0	0
3	R	17	61	0.279	9.0	A	0.0	0
South: B-Glogovica								
7	L	13	73	0.178	31.1	D	0.7	7
8	T	6	34	0.176	31.1	D	0.7	7
9	R	11	61	0.180	31.1	D	0.7	7
East: C-Pluska								
4	L	18	94	0.191	14.1	B	2.3	19
5	T	278	1446	0.192	3.8	A	2.3	19
6	R	4	21	0.190	12.8	B	2.3	19
North: D- entvid								
10	L	6	12	0.500	34.5	D	4.6	38
11	T	11	21	0.524*	34.5	D	4.6	38
12	R	110	212	0.519	34.5	D	4.6	38
ALL VEHICLES:		1118		0.524	8.1	NA	4.6	38

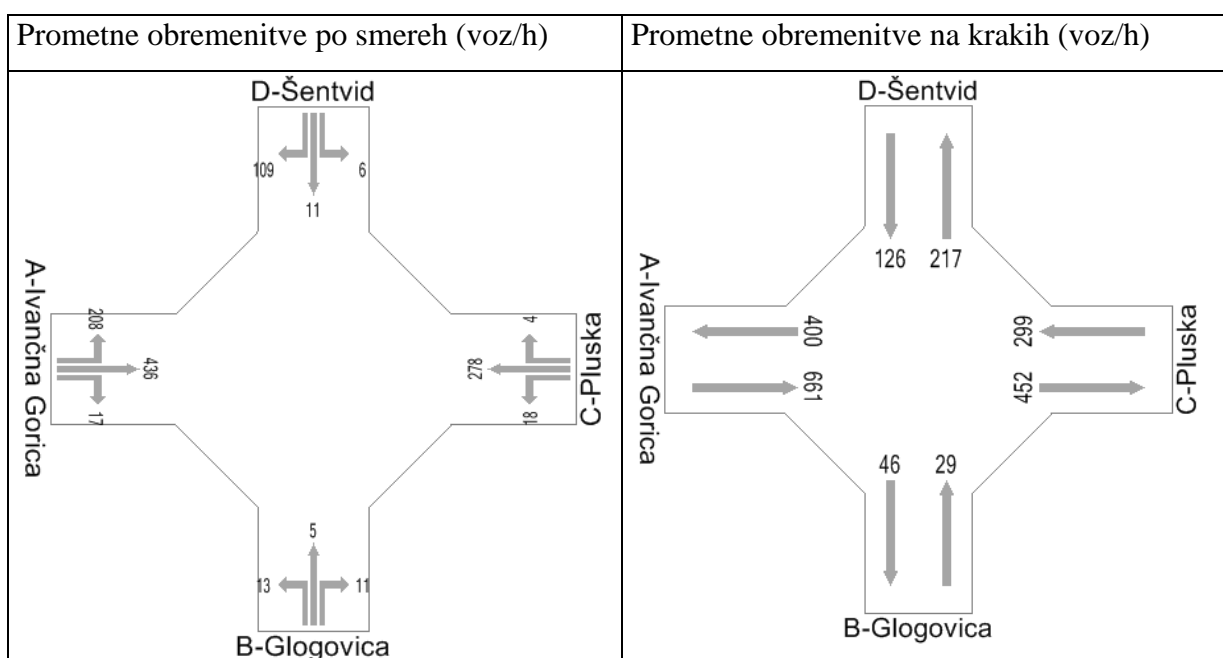
Kot je razvidno iz rezultatov prikazanih v preglednicah 5.16 in 5.17 z dodatnimi pasovi na glavni prometni smeri eliminiramo nastanek kolon zaradi levih zavijalcev, se pa zaradi daljše poti s tem poveča zamuda na stranskih krakih in posledično zniža nivo uslug na nivo E, na katerega mejijo kraki ob koncu planske dobe tudi na obstoječem križišču brez dodatnih pasov. Upravičenost pasov za leve zavijalce lahko dokažemo tudi s pomočjo preglednice 3.1 na strani 56.

Če privzamemo za operativno hitrost 65 km/h dobimo:

- Jutranja konica leta 2020; da je pri nasprotnem prometnem toku 600 voz/h in pri 30% levih zavijalcev od napredujočega toka, ta lahko največ 234 voz/h (dejansko 310).
- Popoldanska konica; pri nasprotnem prometnem toku 300 voz/h je pri 30% levih zavijalcev, ki se odcepljajo od napredujočega prometnega toka, ta lahko največ 334 voz/h (dejansko 661 voz/h). Za obravnavan primer so razmere prikazane na slikah 5.16 in 5.17



Slika 5.16 Prikaz prometnih tokov v jutranji konici leta 2020



Slika 5.17 Prikaz prometnih obremenitev v popoldanski konici leta 2020

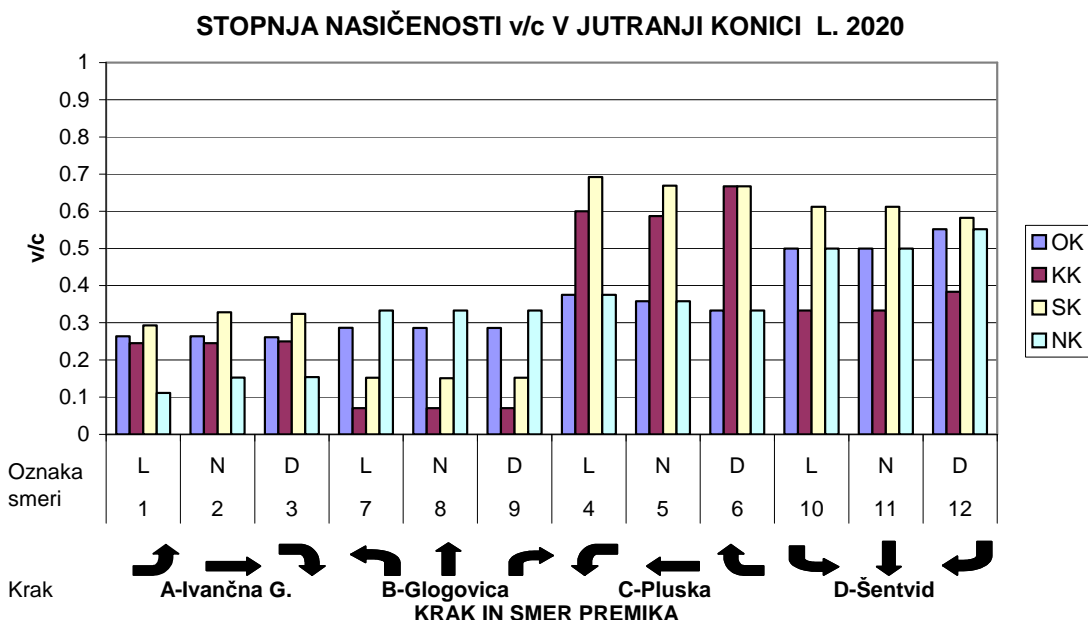
5.4.3.5 Primerjalna analiza kapacitetnih parametrov ob koncu planske dobe leta 2020

5.4.3.5.1 Stopnja nasičenosti $X=v/c$

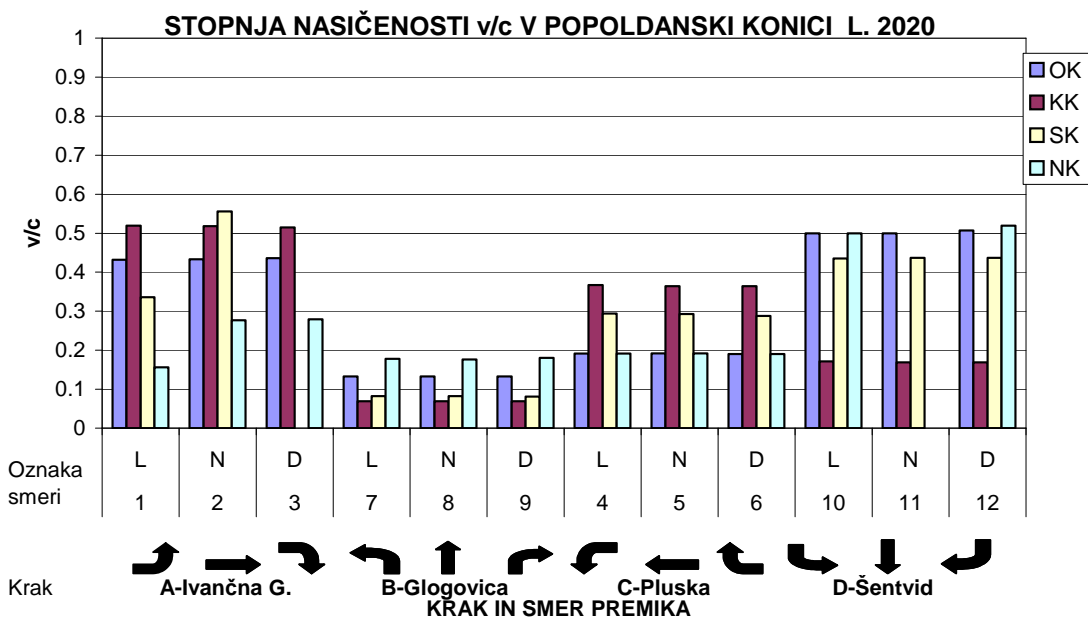
Iz grafikonov 5.1 in 5.2 je razvidno, da bi se z vidika stopnje nasičenosti na manj obremenjenih krakih in smereh najbolj obnašalo KK.

Na bolj obremenjenih krakih, predvsem C-Pluska v jutranji konici in A-Ivančna Gorica v popoldanski konici, pa se bolje OK in NK z dodatnimi pasovi za leve zavijalce na GP.

Ugotovitev gre pripisati temu, da v primeru krožnega križišča ni prednostnih smeri – razmere na stranskih smereh se izboljšajo, na prednostnih pa poslabšajo.



Grafikon 5.1 Primerjava stopnje nasičenosti v/c za različne variante ureditve križišča v jutranji konici na koncu planske dobe I. 2020



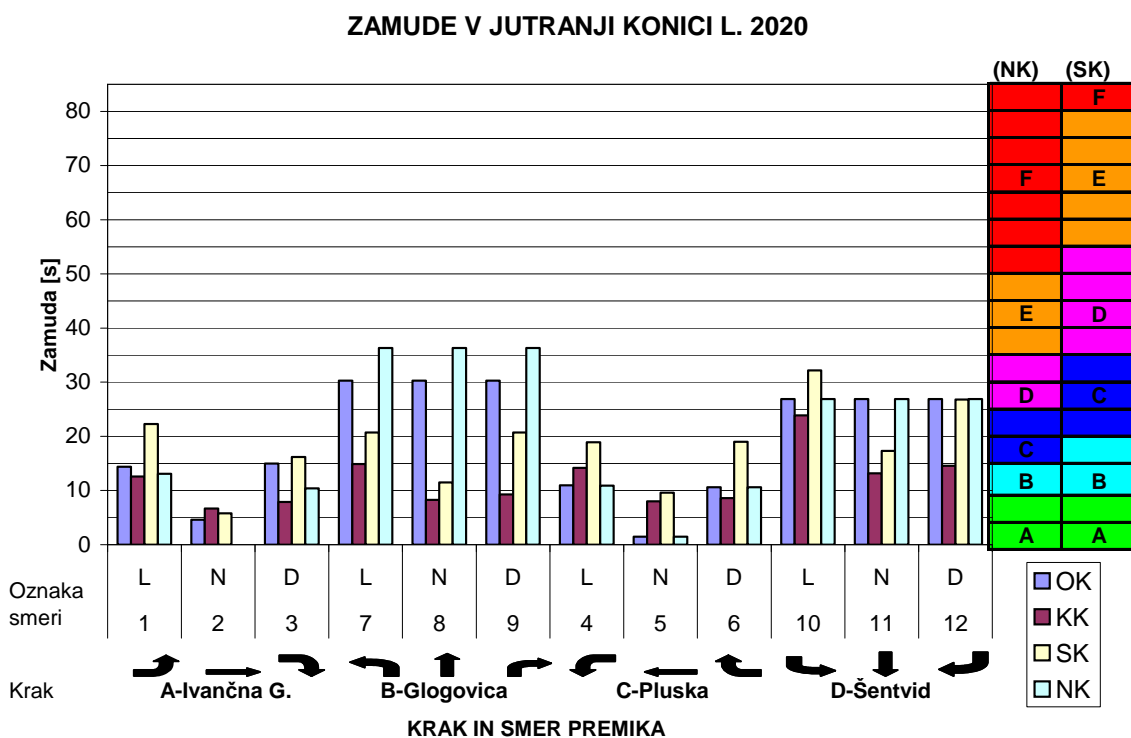
Grafikon 5.2 Primerjava stopnje nasičenosti v/c za različne variante ureditve križišča v popoldanski konici na koncu planske dobe I. 2020

Z vidika stopnje nasičenosti tako OK, kot NK z dodatnimi pasovi, na koncu planske dobe obratujeta zadovoljivo in pod kapaciteto zato ni potrebe po semaforizaciji ali uvedbi krožnega križišča.

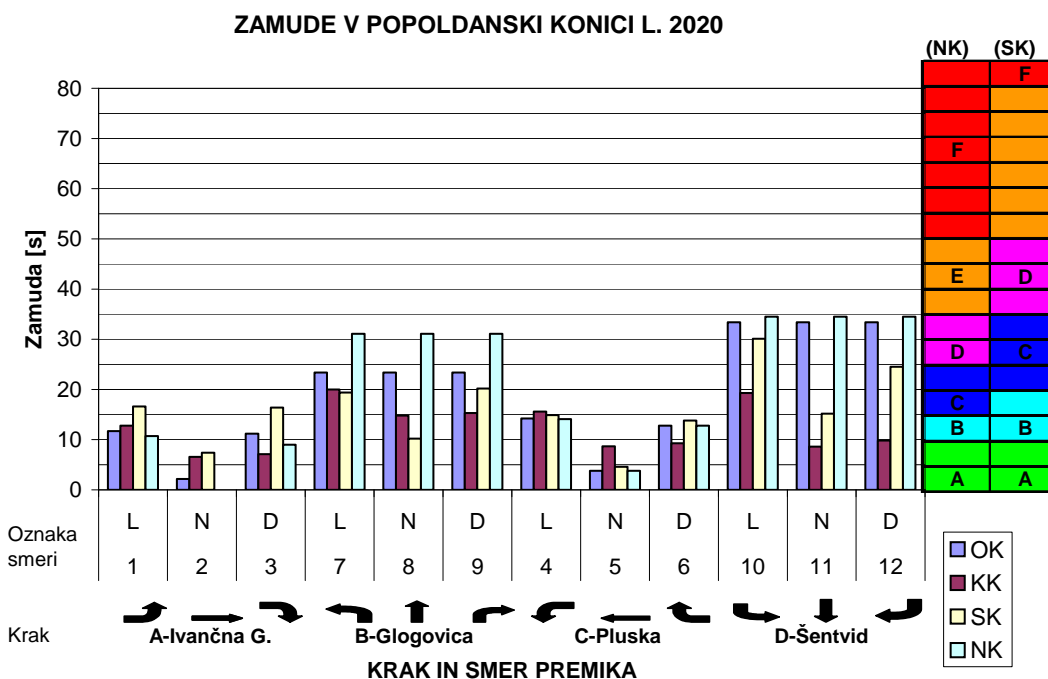
5.4.3.5.2 Zamude in nivo uslug (NU)

Na grafikonu 5.3 je prikazana primerjava posameznih rešitev glede zamud in nivoja uslug za jutranjo konico leta 2020. Kot je mogoče razbrati se najboljše obnašata krožno in malo slabše semaforizirano križišče. Ne glede na to, pa bi bil v OK ali pa NK s pasovi za leve zavijalce na GPS na regionalni cesti R3-646/1196 oz. GP v obeh smereh najslabši nivo uslug B, na stranskih krakih SP pa D oz. E pri varianti križišča NK zaradi podaljšane poti zaradi pasov za leve zavijalce.

Tudi v popoldanski konici (grafikon 5.4) je na obeh krakih regionalne ceste za obstoječe križišče (OK) in varianto (NK) najslabši nivo uslug B, na stranskih krakih pa D oz. E pri varianti križišča (NK) zaradi podaljšane poti zaradi pasov za leve zavijalce.



Grafikon 5.3 Primerjava stopnje zamud (s) in nivoja uslug (NU) za različne variante ureditve križišča v jutranji konici na koncu planske dobe I. 2020



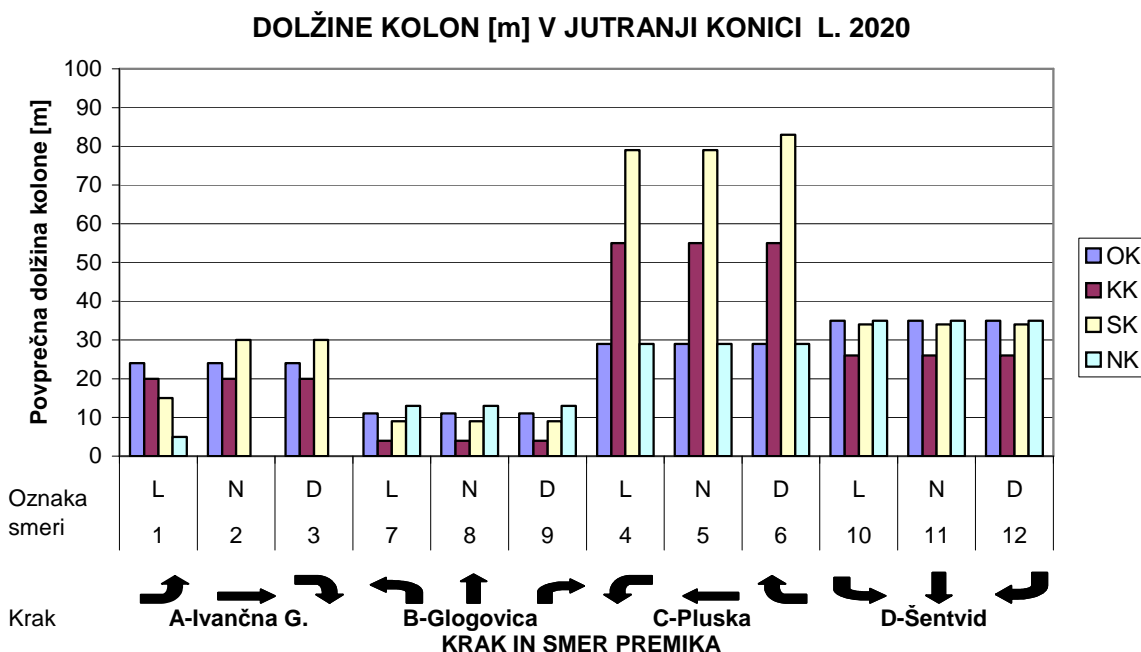
Grafikon 5.4 Primerjava stopnje zamud (s) in nivoja uslug (NU) za različne variante ureditve križišča v popoldanski konici na koncu planske dobe I. 2020

Najmanjše zamude in najvišji nivo uslug nudi seveda krožno križišče vendar pa lahko v primerjavi z obstoječim križiščem in varianto NK opazimo večje zamude v obeh smereh naravnost na regionalni cesti (krak A in C), kar je posledica odvzema prednosti z regulacijo prometa (krožno križišče, semafor). Z vidika zamud kot tudi nivoja uslug obstoječe križišče tudi na koncu planske dobe ni problematično.

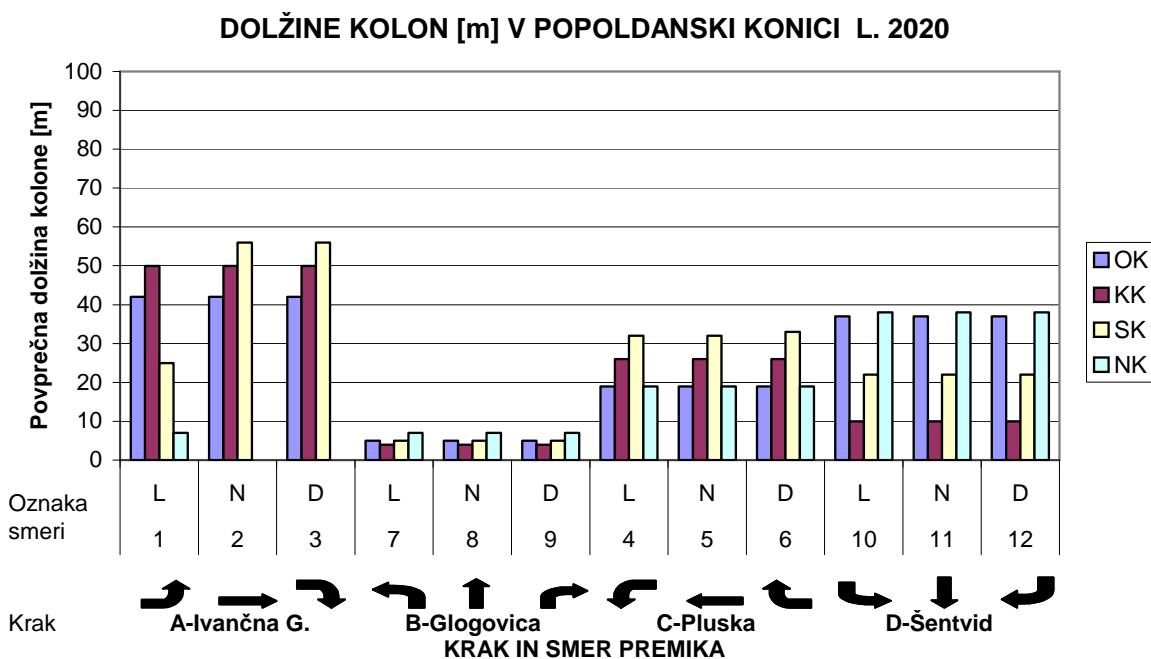
5.4.3.5.3 Dolžine kolon

V jutranji konici (grafikon 5.5) se najdaljše kolone (30-35m oz. 4-5 vozil) pojavljajo na krakih kjer so prometni tokovi usmerjeni proti Ivančni Gorici torej na kraku D-Šentvid in kraku C-Pluska. Obratno se seveda v popoldanski konici (slika 5.23) po končanem delovniku kolone pojavijo na kraku, kjer je prometni tok povečan v smeri Pluska in Šentvid torej kraku A-Ivančna Gorica. Največja dolžina kolone znaša 42m oz. 5-6 vozil. Kot je mogoče opaziti na slikah 5.22 in 5.23, KK in SK v primerjavi z OK povečujeta dolžine kolon na prometno bolj obremenjenih smereh, na stranskih smereh pa jih zmanjšata.

Zadnje gre pripisati regulaciji prometa, kjer je v primeru krožnega in semaforiziranega križišča GP odvezeta prednost pred SP.



Grafikon 5.5 Primerjava dolžin kolon (m) za različne variante ureditve križišča v jutranji konici na koncu planske dobe l. 2020



Grafikon 5.6 Primerjava dolžin kolon (m) za različne variante ureditve križišča v popoldanski konici na koncu planske dobe l. 2020

Zaradi kolone na GP v popoldanski konici na koncu planske dobe, ki bi jo povzročali levi zavijalci v smeri Šentvid bi bilo morda smiselno v predvideti ureditev križišča s pasovi za leve zavijalce NK na GP v minimalni dolžini 20m. Kot je razvidno iz grafikona 5.6, se kolona tako na kraku A-Ivančna Gorica v popoldanski konici kot tudi na kraku C-Pluska v jutranji konici praktično eliminira.

5.4.4 Kriterij prometne varnosti

Z vidika prometne varnosti lahko na podlagi razpoložljivega kartografskega gradiva, terenskih ogledov in podatkov o prometnih nesrečah ugotovimo naslednje pomanjkljivosti:

5.4.4.1 Geometrija križišča

Priključni krak iz smeri Šentvida se na regionalno cesto priključuje pod kotom 55° . Priključni krak iz smeri Glogovice in krak iz smeri Šentvid se na cesto R3-646 priključujeta z medsebojnim zamikom osi. Potrebna je združitev križanja osi stranskih cest in povečanje kota priključevanja stranskih cest na minimalno 75° . Horizontalni elementi regionalne ceste in vzdolžni padec iz smeri Pluske (Radohova vas) v smeri križišča omogočajo visoke hitrosti.

5.4.4.2 Preglednost

Zaustavna preglednost v križišču je na glavni prometni smeri na cesti R3-646/1196 zagotovljena. Problematična je preglednost pri vključevanju v križišče iz stranskih krakov križišča, saj jo omejujejo obstoječi objekti, prometne in neprometna signalizacija ter rastlinje v preglednostnem trikotniku. Pri približevanju križišču iz smeri Šentvid zaustavno razdaljo podaljšuje tudi vzdolžni nagib, ki je $>3\%$. Potrebna je korekcija vzdolžnega nagiba obeh priključnih krakov stranskih cest. Iz polja preglednosti je potrebno odstraniti neprometno signalizacijo, ograje in rastlinje. Na stranskih krakih bi bilo potrebno omejiti hitrost pred križiščem na 50 km/h. Na slikah 5.18-5.24 so prikazane dejanske razmere v obravnavanem križišču.



Slika 5.18 Pogled proti križišču iz lokalne ceste in smeri kraka B-Glogovica (viden je očiten zamik osi glede na krak iz smeri D-Šentvid)



Slika 5.19 Pogled iz kraka B-Glogovica v smeri kraka C-Pluska (preglednost zmanjšuje obstoječa stanovanjska hiša)



Slika 5.20 Pogled iz kraka B-Glogovica v smeri kraka A-Ivančna Gorica (preglednost zmanjšuje obstoječa prometna in neprometna signalizacija)



Slika 5.21 Pogled iz kraka D-Šentvid v smeri križišča (opazen je oster kot priključevanja, ki ovira preglednost pri vključevanju na regionalno cesto; zaradi zamika osi zahteva vključevanje v križišče veliko pozornosti, previdnosti in potrpežljivosti)



Slika 5.22 Pogled iz kraka D-Šentvid v smeri kraka C-Pluska (preglednost omejuje rastlinje in oster kot priključevanja)



Slika 5.23 Pogled iz kraka C-Pluska v smeri križišča oz. Ivančne Gorice (prometno varnost zmanjšujejo dovozi v neposredni bližini križišča; zaradi obstoječih objektov in rastlinja je križišče slabo zaznavno)



Slika 5.24 Pogled iz kraka A-Ivančna Gorica v smeri križišča oz. Pluske (prometno nevarni dovoz k kmetijskim poslojem; zaradi ugodnih horiz. in vertik. elementov velike hitrosti)

5.4.4.3 Podatki o prometnih nesrečah

Na spletnih straneh policije so pridobljeni podatki o prometnih nesrečah, ki so se zgodile v območju križišča v obdobju od 2003 do 2007. S strani DRSC je bil v sklopu projekta ureditve para avtobusnih postajališč »Glogovica-G« ob državni cesti R3-646/1196 pripravljen izvleček in analiza podatkov o prometnih nesrečah.

Iz podatkov o prometnih nesrečah, ki jih je za potrebe projekta pripravil DRSC-Sektor za planiranje in analize je razvidno, da se je v preteklih 3-h letih na ožjem območju križišča v km 3,228 zgodilo 7 prometnih nesreč od tega 3 v letu 2005 in 4 v letu 2006. Vzroki za nesreče so bili v večjem delu prevelika hitrost (3), neupoštevanje pravil o prednosti (1), prekratka varnostna razdalja (2) in premik z vozilom (1). Po tipu trčenja prevladujejo čelno trčenje (4) in naletno trčenje (2). V nobeni od nesreč ni bilo smrtnih žrtev, v glavnem so bile poškodbe lažje.

Iz prometno-varnostnega vidika po podatkih DRSC na podlagi kriterija za »črno točko« križišče ne predstavlja »črne točke«.

Pri Pregledu statističnih podatkov za obdobje od 2000 do 2007 lahko ugotovimo, da so se nesreče na obravnavanem odseku začele pojavljati leta 2005, ko je PLDP narasel že na 9864 vozil/dan. V primerjavi z letom 2000, ko je bil PLDP=3500 vozil/dan pomeni to skoraj 180% povečanje. Povezava med povečanjem PLDP in povečanim številom prometnih nesreč skoraj ne moremo spregledati. Ker se je promet na GPS povečal ob enakem številu levih zavijalcev proti Šentvidu in desnih zavijalcev iz Šentvida proti Ivančni gorici je to za slednje pomenilo drastično poslabšanje možnosti za vključevanje na GPS. Posledice pa so lahko izsiljevanje prednosti – čelna trčenja vozil naravnost in levih zavijalcev v smeri Šentvid ter naleti vozil na GPS v desne zavijalce iz Šentvida. Statistični podatki to domnevo potrjujejo.

S strani policijske uprave kljub večkratnim prošnjam ni bilo mogoče pridobiti skic in opisa prometnih nesreč. Zaradi navedenega je za potrebe naloge privzeto:

- da so se 4 evidentirana čelna trčenja zgodila pri konflikту vozil levih zavijalcev iz smeri Ivančna Gorica proti Šentvidu in vozil v smeri naravnost iz Pluske,
- da sta 2 naletni trčenja posledica trka v zadnji del stoječega vozila, ki čaka na manever zavijanja iz smeri Ivančna Gorica proti Šentvidu.

Zgoraj so navedene le nesreče v križišču oz. v km 3,228 medtem ko se je preostanek nesreč zgodil v območju obstoječih dovozov k objektom ter dostopom na zemljišča. Statistični podatki o nesrečah so razvidni iz preglednic 5.18 in 5.19, izvleček podatkov o nesrečah v neposrednem območju križišča pa je podan v preglednici 5.20. Šifrant oznak se nahaja v prilogah 1 in 2. Nesreče, ki so se zgodile v samem križišču so zapisane z odebeljenim tekstom. Iz tabel je mogoče razbrati, da se je polovica nesreč zgodila na lokacijah obstoječih dovozov in priključkov. Gre predvsem za bočna trčenja in oplaženja vozil, kar nakazuje na problem prepogostih zaporednih dovozov in priključkov na prometno obremenjeno regionalno cesto, kjer je vozna hitrost pogosto višja od dovoljene 90 km/h.

Preglednica 5.18 Statistični podatki o prometnih nesrečah na cesti R3-646/1196 na odseku od km 3.200 do km 3.400 v obdobju 2005-2007

KEY	LETO	STAC	DATUM	DANNOC	URA	NAS	NASELJE	KRAJ	VZROK	TIP	VREME
050440541	2005	3400	14-jan-05	noc	06.20	N	ŠENTVID PRI ST.	C	HI	PR	J
050484973	2005	3273	18-nov-05	noc	11.38	D	ŠENTVID PRI ST.	C	PV	OP	J
050454155	2005	3228	30-mar-05	dan	08.27	D	ŠENTVID PRI ST.	R	PD	ČT	O
050470341	2005	3228	23-jul-05	dan	11.05	D	ŠENTVID PRI ST.	C	VR	NT	O
050481590	2005	3228	20-okt-05	noc	12.40	D	ŠENTVID PRI ST.	R	HI	ČT	D
060513721	2006	3300	27-apr-06	dan	18.30	N	ŠENTVID PRI ST.	C	PD	BT	D
060513951	2006	3200	20-apr-06	noc	21.40	N	ŠENTVID PRI ST.	C	OS	PZ	O
060535293	2006	3228	28-sep-06	dan	12.25	D	ŠENTVID PRI ST.	C	VR	ČT	J
060523130	2006	3228	18-jun-06	dan	20.05	D	ŠENTVID PRI ST.	C	HI	OS	J
060507666	2006	3228	23-mar-06	dan	06.50	D	ŠENTVID PRI ST.	C	HI	ČT	D
060496017	2006	3228	01-jan-06	dan	16.00	D	ŠENTVID PRI ST.	R	PV	NT	N
060523086	2006	3268	17-jul-06	dan	17.50	D	ŠENTVID PRI ST.	C	PD	OP	J
070565986	2007	3300	24-mar-07	dan	17.25	O	ŠENTVID PRI ST.	C	PD	BT	O
070573896	2007	3400	03-jul-07	dan	11.40	O	ŠENTVID PRI ST.	C	VR	TV	O

(vir: DRSC, 2008)

OPOMBA: Šifrant uporabljenih oznak se nahaja v prilogi A.

Preglednica 5.19 Statistični podatki o poškodovanih in stroških prometnih nesreč na cesti R3-646/1196 na odseku od km 3.200 do km 3.400 v obdobju 2005-2007

KEY	KLAS	S	H	L	SN	SP	SS
050440541	B	0	0	0	1317.23	30.73	1347.97
050484973	B	0	0	0	1317.23	61.47	1378.70
050454155	H	0	1	0	10136.92	53775.40	63912.32
050470341	L	0	0	4	4406.54	26707.52	31114.05
050481590	L	0	0	1	4406.54	6738.34	11144.88
060513721	B	0	0	0	1317.23	61.47	1378.70
060513951	U	0	0	0	1317.23	30.73	1347.97
060535293	B	0	0	0	1317.23	30.73	1347.97
060523130	L	0	0	1	4406.54	6676.88	11083.42
060507666	L	0	0	2	4406.54	13384.49	17791.03
060496017	L	0	0	3	4406.54	20061.37	24467.91
060523086	B	0	0	0	1317.23	61.47	1378.70
070565986	H	0	1	1	11357.00	62827.00	74184.00
070573896	B	0	0	0	1370.00	32.00	1402.00

(vir: DRSC, 2008)

Preglednica 5.20 Izvleček podatkov prometnih nesreč na cesti R3-646 v km 3,228 v obdobju od 2005 do 2007

Vrsta imenovalca	Vrednost	Vrednost/leto
Št. nevarnih situacij NS	5120/dan	-
Št. prometnih nesreč PN	7	2,33
Št. krakov	4	4
Št. prometnih pasov PP	2	2
Št. poškodovanih oseb P	12	4
Hudo telesno poškodovani HTP	1	0,33
Lahko telesno poškodovani LTP	11	3,66
Brez poškodb BP	1	0,33

Določitev vrednosti koeficientov prometne varnosti:

$$K_{13} = \frac{\text{št. NS}}{PLDP} * \frac{1}{365} = \frac{5120}{6957} * \frac{1}{365} = 0,002$$

$$K_{14} = \frac{\text{št. PN}}{\text{št. krakov}} = \frac{(2,33)}{4} = 0,58$$

$$K_{15} = \frac{\text{št. PN}}{\text{št. PP}} = \frac{(2,33)}{2} = 1,17$$

$$K_{16} = \frac{\text{posledice PN (mrtvi + HTP + LTP + BP)}}{\text{št. krakov}} = \frac{(0 + 0,33 + 3,66 + 0,33)}{4} = 1,08$$

$$K_{17} = \frac{\text{posledice PN (mrtvi + HTP + LTP + BP)}}{\text{št. PP}} = \frac{(0 + 0,33 + 3,66 + 0,33)}{2} = 2,16$$

Določitev stopnje prometne varnosti:

$$SPV = \sum_{i=1}^n K_i = 0,002 + 0,58 + 1,17 + 1,08 + 2,16 = 4,99 < 8,85$$

Iz navedenega sledi, da je SPV v obravnavanem križišču v primerjavi s povprečno vrednostjo za 4-kraka nesemaforizirana križišča nižja. To pomeni, da obravnavanega križišča ne moremo uvrstiti med t.i. »črne točke«.

5.4.4.4 Podatki o pešcih in kolesarjih

Gre za ruralno območje izven naselja zato je število pešcev in kolesarjev zanemarljivo. Po podatkih iz leta 1999 je dnevni promet štel 115 kolesarjev. Zaradi predvidene izgradnje avtobusnih postajališč je pričakovati tudi povečanje števila pešcev. Za zagotovitev varne prometne površine je skladno s projektom (Stia d.o.o., 2008) predvidena izgradnja hodnikov za pešce in prehod za pešce, ki bo umeščen med obe postajališči izven območja križišča.

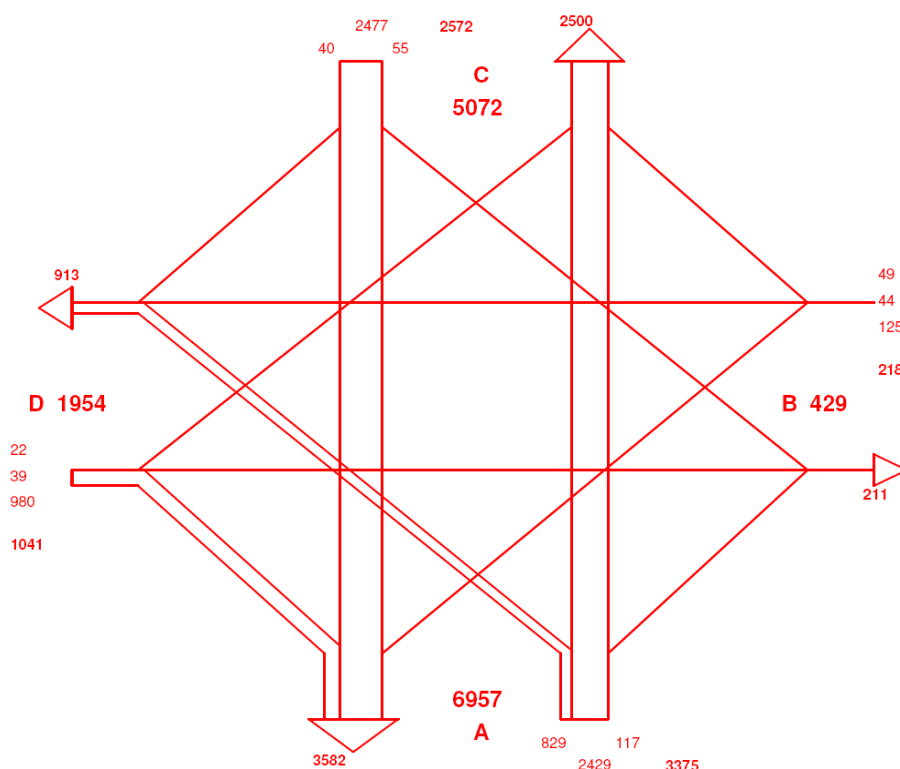
5.4.4.5 Prometno-varnostna analiza

5.4.4.5.1 Obstoječe križišče (OK)

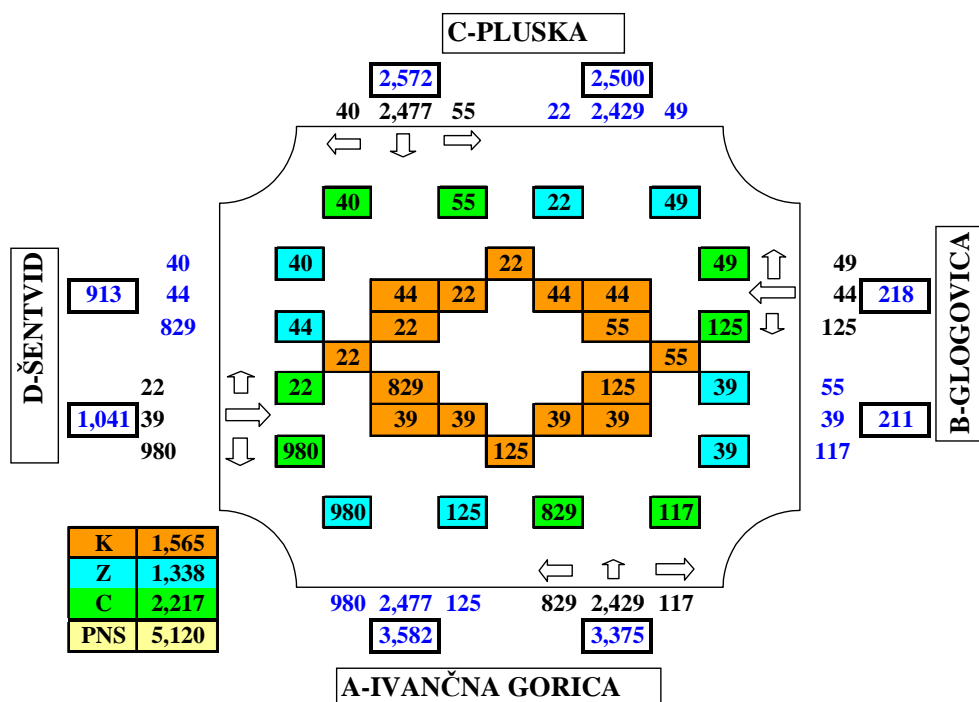
Iz predstavljenih podatkov lahko sklepamo, da je poglavitni vzrok za nastale prometne nesreče velik delež levih zavijalcev na cesti R3-646/1196 v smeri Šentvid in pa konstantno povečevanje skupnega prometa na R3-646 zaradi vpliva cestninske postaje. Promet je v letu 2008 ob uvedbi vinjet precej padel zato lahko predvidevamo, da se bo v bodoče zmanjšalo tudi število prometnih nesreč. Tudi iz prometno varnostnega vidika je smiselna izvedba dodatnih pasov za leve zavijalce na GP oz. cesti R3-646/1196.

Obstoječe križišče je štirikrako križišče dvopasovne glavne prometnice in dvopasovne stranske prometnice. Za določitev skupnega števila PNS potrebujemo podatke o dnevnem prometu, ki so podani na sliki 5.25.

Iz prikazanih podatkov s pomočjo enačbe 3-21 izračunamo PNS, kot je prikazano na sliki 5.26. V enačbi 3-21 ni upoštevan konflikt naleta vozila na čakajoče vozilo, ki v križišču zavija levo. Število prometno nevarnih situacij se ob upoštevanju možnosti naleta poveča za dnevno število levih zavijalcev oz. za $(829+55) = 884$ kar skupno znese $(884+5120) = 6024$.



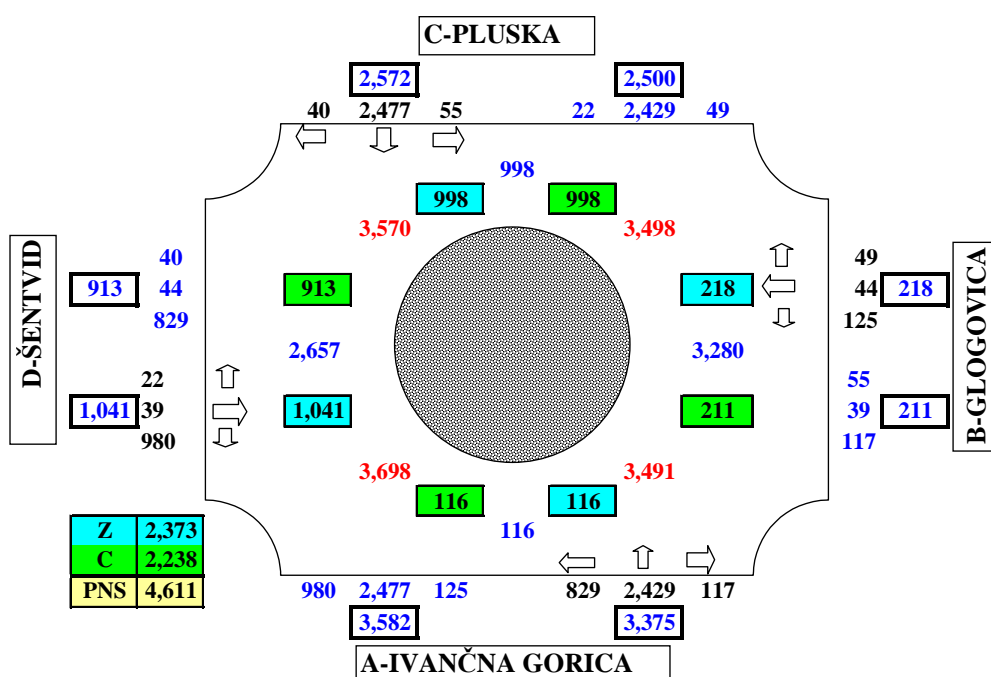
Slika 5.25 Prikaz celodnevni prometnih obremenitev na dan 4.9.2008



Slika 5.26 Prikaz števila konfliktnih situacij na obstoječem klasičnem 4-krakem križišču za prometne obremenitve na dan 4.9.2008

5.4.4.5.2 Krožno križišče (KK)

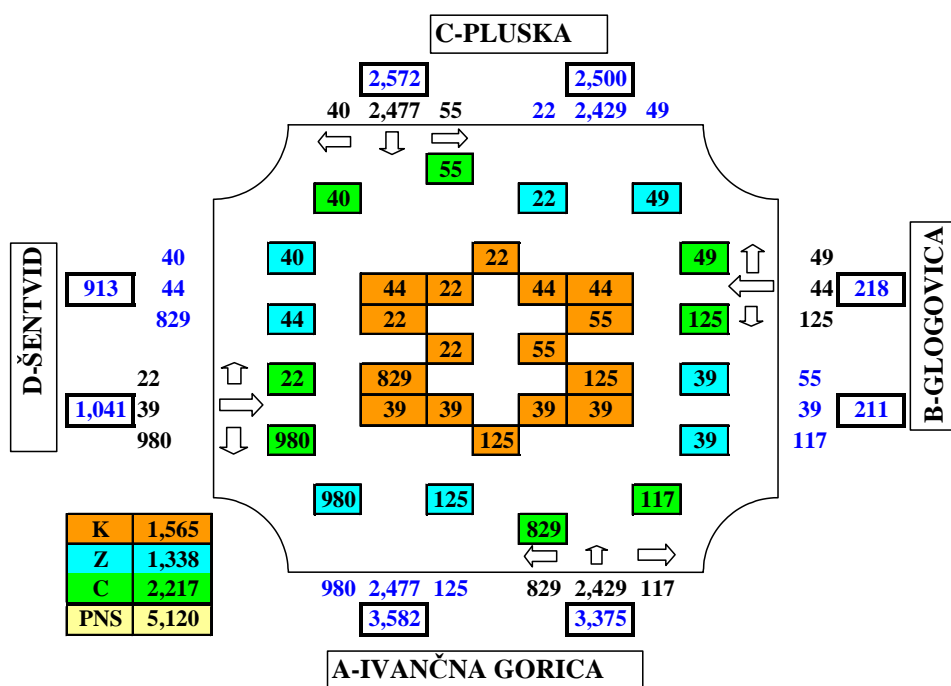
V predlaganem enopasovnem krožnem križišču konfliktnih situacij križanja ni, potrebno pa je preveriti konfliktno situacije združevanj in cepljenj prometnih tokov. Izračun maksimalnega števila prometno nevarnih situacij je izveden s pomočjo enačbe 3-22. Rezultat analize števila prometno nevarnih situacij v enopasovnem krožnem križišču s prometnimi obremenitvami leta 2008 je prikazan na sliki 5.27.



Slika 5.27 Prikaz števila konfliktnih situacij na enopasovnem krožnem križišču za prometne obremenitve na dan 4.9.2008

5.4.4.5.3 Novo križišče z dodatnimi pasovi (NK)

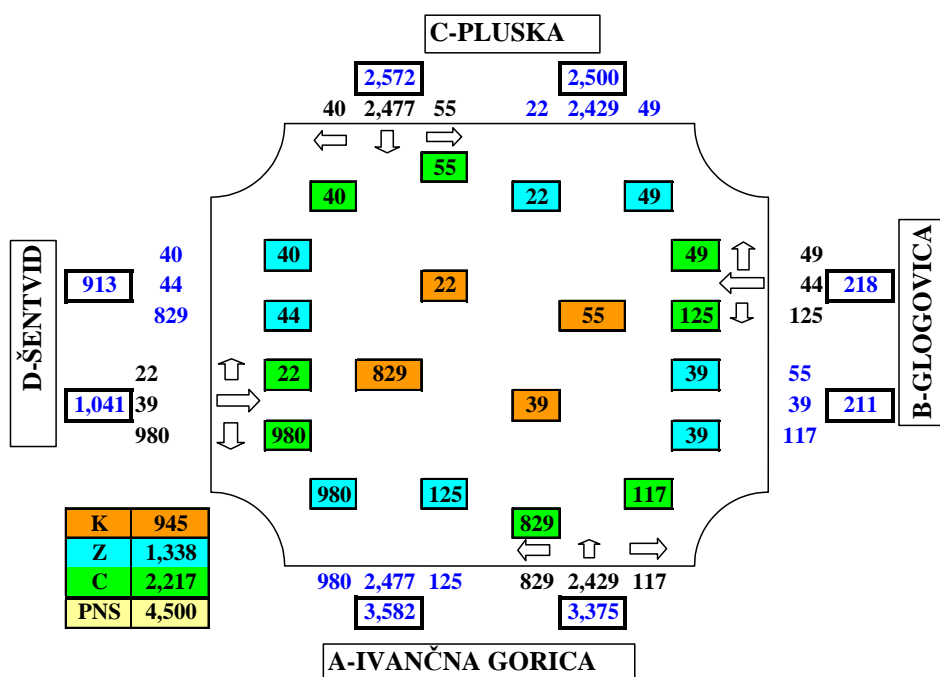
Iz podatkov s pomočjo enačbe 3-21 izračunamo PNS, kot je prikazano na sliki 5.28. Število konfliktnih točk je identično kot pri obstoječem križišču z razliko, da je odcepljanje levih zavijalcev zamaknjeno nazaj na začetek razširitve za dodatni pas. Zaradi dodatnih pasov za leve zavijalce na GP oz. regionalni cesti R3-646 so teoretično eliminirane možnosti naleta na čakajoče vozilo, ki zavija levo iz GP. V primerjavi z obstoječim križiščem je križišče z dodatnimi pasovi za leve zavijalce prometno varnejše.



Slika 5.28 Prikaz števila konfliktnih situacij na križišču z dodanimi pasovi za leve zavijalce na GP za prometne obremenitve na dan 4.9.2008

5.4.4.5.4 Novo križišče z dodatnimi pasovi in SSN (SK)

V semaforiziranem križišču z dodatnimi pasovi za leve zavijalce na GP se zaradi izmeničnih prometnih tokov eliminira vsa pravokotna križanja. Število prometno nevarnih situacij za obe fazi skupaj je prikazano na sliki 5.29 izračuna pa se s pomočjo enačbe 3-24. Omeniti je potrebno dejstvo, da se običajno na semaforiziranih križiščih zelo poveča število na letnih trčenj, ki v izračunu niso upoštevana. V kolikor bi želeli zmanjšati možnost naletnega trčenja je potrebno v območju križišča omejiti hitrost vsaj na največ 70 km/h oziroma predvideti druge razpoložljive systemske in regulativne ukrepe (dodatna prometna signalizacija, prepoved posameznih manevrov,...). Poseben problem predstavljajo tudi nevarne situacije zaradi vožnje v rdečo in pa lovljenja zelene luči, kar v uporabljeni enačbi ni upoštevano.



Slika 5.29 Prikaz števila konfliktnih situacij na križišču z dodanimi pasovi za leve zavijalce na GP in postavitvijo SSN za prometne obremenitve na dan 4.9.2008

Preglednica 5.21 Primerjava posameznih rešitev glede na število prometno nevarnih situacij

	Opis ureditve	Število prometno nevarnih situacij			
		K (križanja)	C (cepljenja)	Z (združevanja)	SKUPAJ
1	Obstoječe križišče (OK)	1565	2217	1338	5120
2	Križišče s pasovi za leve zavijalce na GP (NK)	1565	2217	1338	5120
3	Križišče s SSN in pasovi za leve zavijalce na GP (SK)	945	2217	1338	4500
4	Krožno križišče – enopasovno izvenurbano (KK)	0	2238	2373	4611

5.4.5 Prostorski kriterij

5.4.5.1 Identifikacija obstoječih prostorskih omejitev

Za potrebe preveritve obstoječih prostorskih omejitev so pridobljeni naslednji podatki:

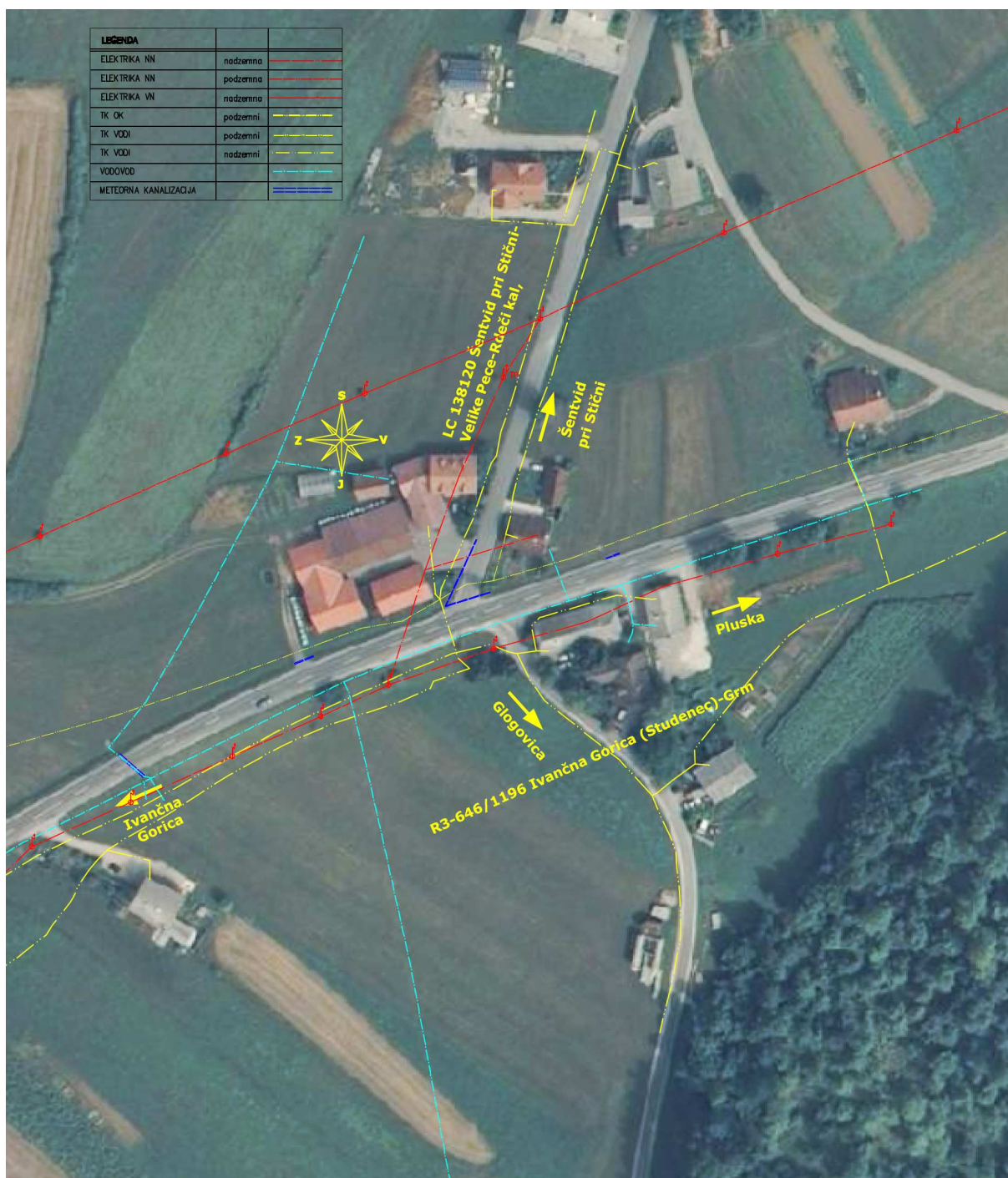
- grajena struktura (stavbe, objekti ipd.)
- javna gospodarska infrastruktura
- območja in enote varstva kulturne dediščine,
- podatki o kmetijskih kategorijah in rabi zemljišča,
- območja nature 2000, ekološko pomembna območja, zavarovana območja in točkovne naravne vrednote in
- podatki iz zemljiškega katastra.

Kot je razvidno iz slike 5.2 se v neposredni bližini križišča nahaja več stanovanjskih in gospodarskih objektov, ki zmanjšujejo preglednost v križišču hkrati pa omejujejo možnost preureditve oz. geometrijske izboljšave križišča.

Na sliki 5.31 so prikazana območja varstva kulturne dediščine z naslednjimi enotami:

- Šentvid pri Stični - Arheološko najdišče Grbčev dovč (arheološka dediščina)- obsega prostor med Pristavljo vasjo in Šentvidom pri Stični;
- Glogovica - Hiša Glogovica 1 (profana stavbna dediščina) – obstoječa hiša v 4. kvadrantu križišča;
- Vir pri Stični - Prazgodovinsko gradišče in gomilna grobišča (arheološka dediščina)- grobišča leže južno od naselja od Studenca do Glogovice. Plani grobovi so bili dokumentirani v bližini Pristavlje vasi in zaselka Dol.

Iz projekta ureditve para avtobusnih postajališč »Glogovica-G« (Stia d.o.o., januar 2009) so povzeti podatki o obstoječih vodih javne gospodarske infrastrukture v območju križišča in prikazani na sliki 5.30. Ob desnem robu regionalne ceste poteka vzdolž odseka primarni cevovod LTŽ DN200. Po južni (desni) strani regionalne ceste poteka iz smeri Ivančna Gorica TK in MK podzemni kabel, po severni (levi) strani regionalne ceste pa optični kabel. V območju križišča se TK in OK kabli razdelijo na vse smeri (Šentvid, Pluska, Glogovica).

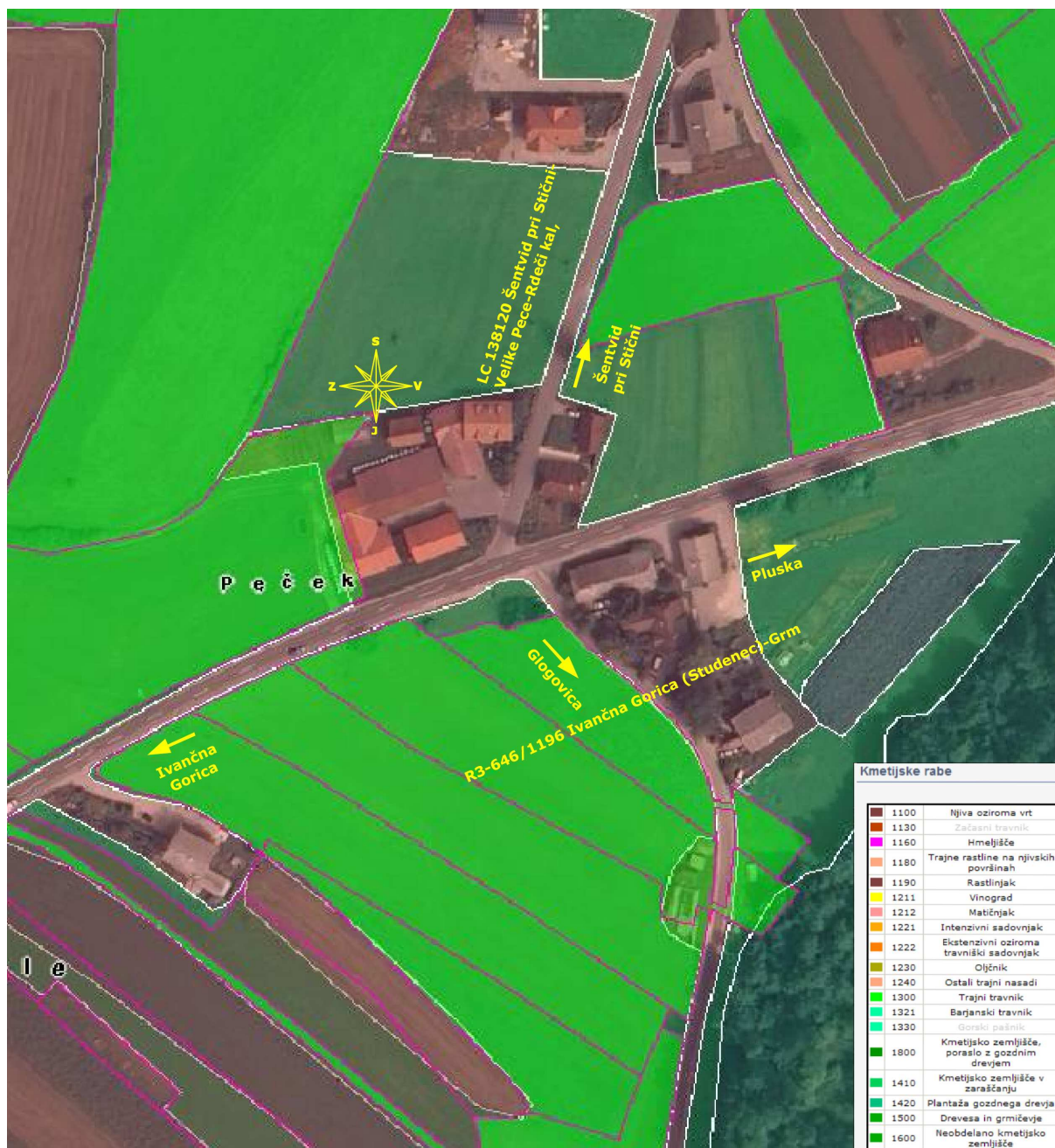


Slika 5.30 Prikaz poteka obstoječe javne gospodarske infrastrukture



Slika 5.31 Prikaz zavarovanih območij in enot KD
(vir podloge: <http://giskd.situla.org/>)

Raba zemljišča v območju križišča je prikazana na sliki 5.32. V 1., 2. in 3. kvadrantu križišča je zemljišče v večjem delu kmetijska zemljišča - trajni travnik, v 4. kvadrantu jugovzhodno od križišča pa je zemljišče v večjem kmetijsko zemljišče - trajni travnik, ki ga med regionalno cesto in obstoječim gozdom južno od križišča deli njiva.



Slika 5.32 Prikaz rabe kmetijskih zemljišč
 (vir podloge: <http://rkg.gov.si/GERK/>)

Obravnava križišče in njegova okolica se nahaja izven ekološko pomembnih območij in območij varstva narave in nature 2000. Ob hiši Glogovica 1 stoji stara lipa pri Pečku, ki je zavarovana kot naravna vrednota lokalnega pomena.

Podatki iz zemljiškega katastra za potrebe naloge niso merodajni in niso pridobljeni. V splošnem so zemljišča na ožjem območju križišča stavbna zemljišča razen 3. kvadranta v neposredni okolici križišča pa se nahajajo kmetijska zemljišča.

5.4.5.2 Vpliv omejitev na posamezne rešitve

Velikosti posegov so prikazane na slikah 5.33 in 5.34, vpliv posamezne rešitve pa opisan v nadaljevanju. Za vsako posamezno rešitev je izmerjena površina dodatno potrebnega prostora izven obstoječega vozišča. Razlike med posameznimi rešitvami so prikazane v preglednici 5.22. Kot lahko opazimo, je dodatna potrebna površina za KK skoraj 2-kratna v primerjavi s površino potrebno za NK ali SK z dograditvijo pasov za leve zavijalce na regionalni cesti R3-646 vključno s korekcijo osi priključnih krakov stranskih cest.

Preglednica 5.22 Prikaz potrebne površine za posamezno vrsto ureditve križišče

	Opis ureditve	Dodatno potrebna površina (m ²)
1	Obstoječe križišče (OK)	0
2	Križišče s pasovi za leve zavijalce na GP (NK), (SK)	490
3	Krožno križišče – enopasovno izvenurbano (KK)	1025

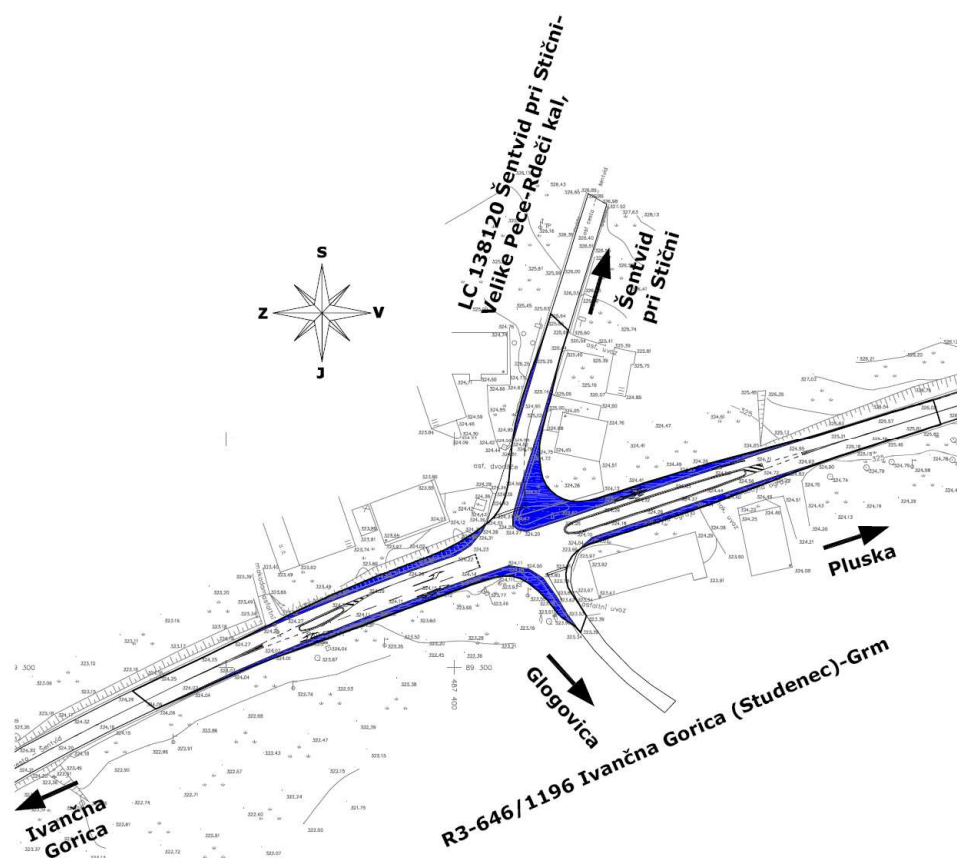
Opomba: V površino je zajet le prostor potreben za vozišče in sred. otok pri krožnem križišču

Za kasnejšo oceno potrebnih stroškov odkupa zemljišč bi bilo potrebno evidentirati potrebne površine glede na posamezna zemljišča oz. parcelne številke, ter jih razporediti glede na kategorijo (stavbno, kmetijsko). Za potrebe te naloge je zaradi primerjave glede na prostorski kriterij med posameznimi rešitvami izmerjena le površina dodatno potrebnega prostora.

5.4.5.2.1 Nesemaforizirano in semaforizirano križišče (NK, SK)

Za ureditev obstoječega križišča z dodatnimi pasovi za leve zavijalce na regionalni cesti je dodaten prostor potreben le zaradi dodanega pasu. Ob rekonstrukciji križišča je potrebno korigirati tudi kot in medsebojni zamik osi priključevanja stranskih krakov za kar bo potreben dodaten prostor neposredno v območju križišča predvsem v 1. kvadrantu. Poraba prostora za potrebe ureditve nesemaforiziranega ali semaforiziranega križišča je prikazana na sliki 5.33. Za razliko od (NK) bi bilo, v primeru semaforizacije križišča (SK), potrebno zagotoviti tudi prostor za dovod električne energije, ki pa na sliki 5.33 ni prikazan. V primeru rekonstrukcije križišča bo potrebna obsežnejša zaščita vodovoda ter prestavitev TK vodov v križišču. Električni vodi potekajo nadzemno in s preureditvijo križišča ne bodo tangirani.

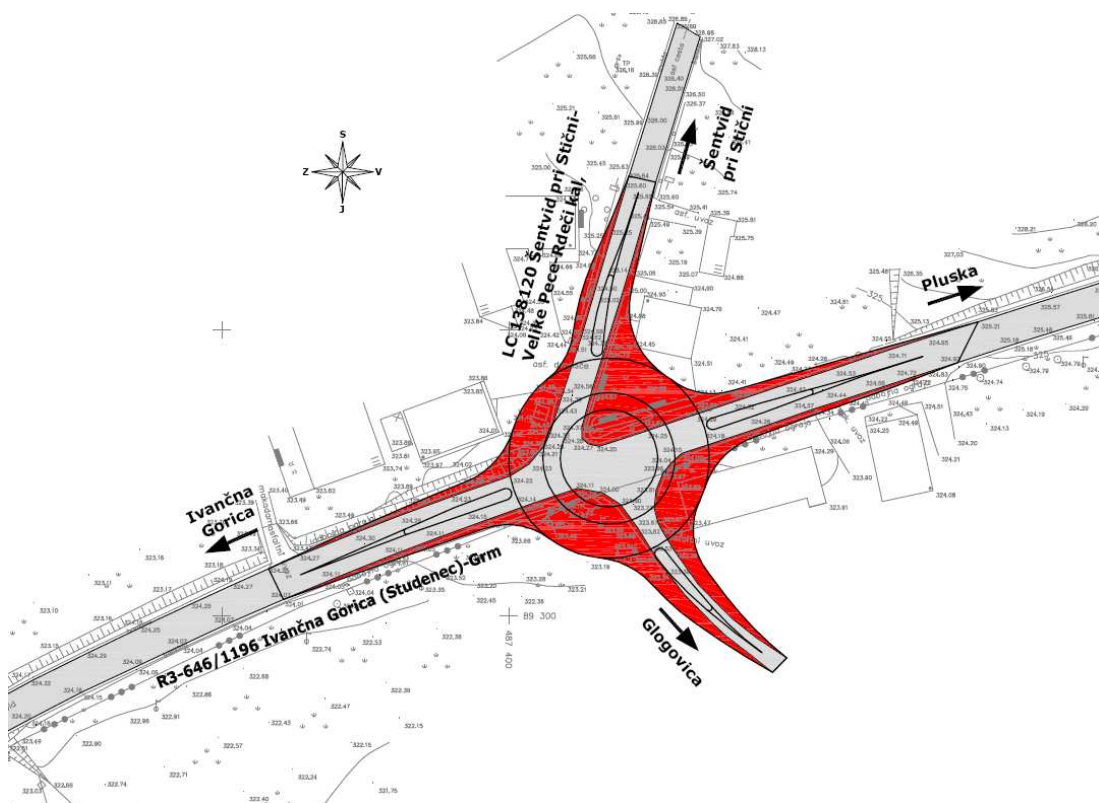
Predvidena širitev križišča je možna, potrebna pa bodo predhodna arheološka izkopavanja zaradi obstoječih najdišč na območju križišča. Zemljišče potrebno za korekcijo kota in zamika osi stranskih cest je stavbno zemljišče. Na kmetijska zemljišča se ne posega.



Slika 5.33 Prikaz porabe prostora za klasično križišče s pasovi za leve zavijalce na GPS

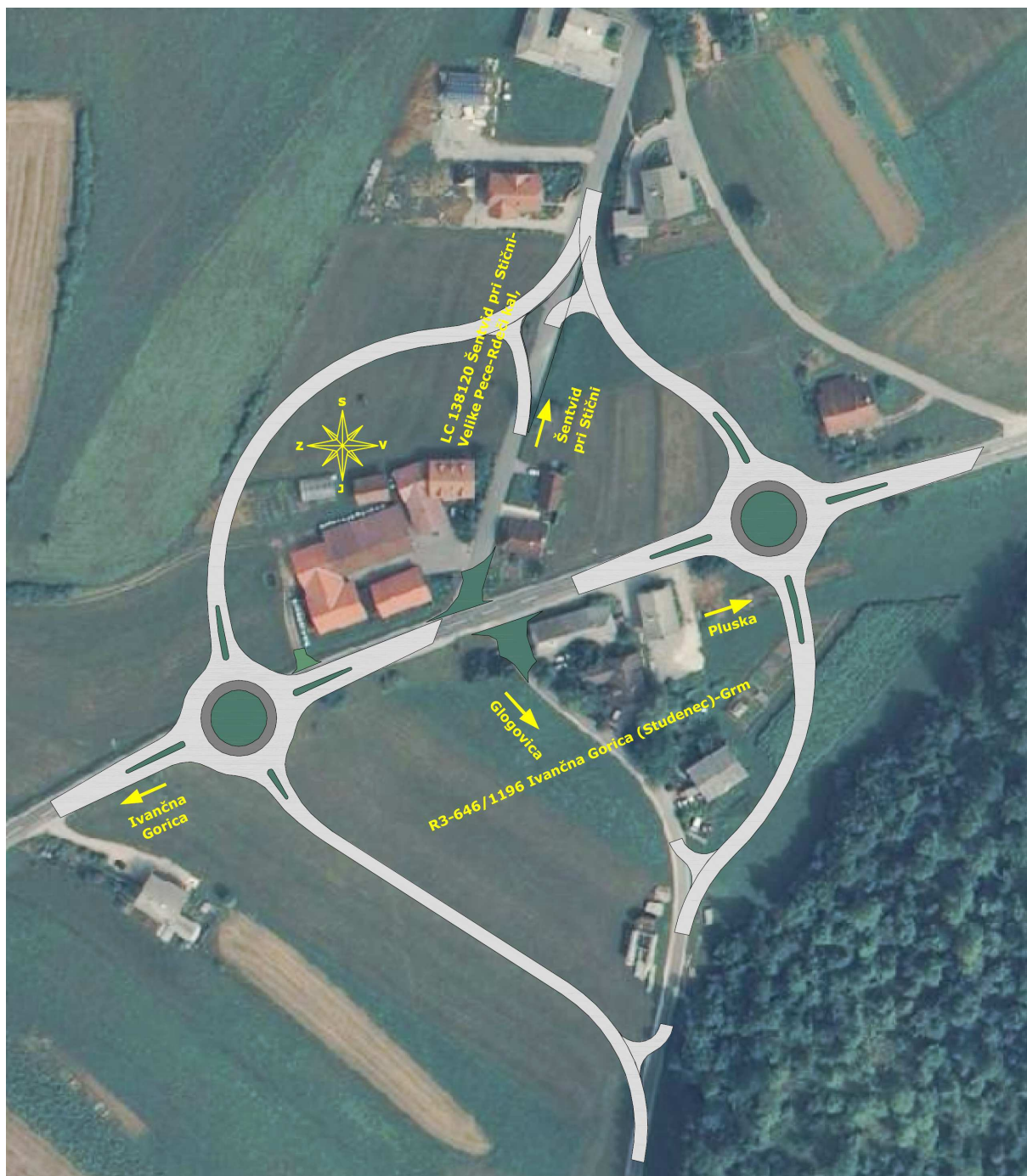
5.4.5.3 Krožno križišče (KK)

Kot je razvidno iz slike 5.34, je umestitev krožnega križišča na lokaciji obstoječega križanja nemogoča brez izdatnejšega posega na bližnja zemljišča, hkrati pa bi bilo potrebno porušiti vsaj dve obstoječi stanovanjski hiši (v 1 in 4. kvadrantu). Na sliki je prikazano le območje vozišča, če pa bi prikazali še potrebne površine za pešce, vmesne pasove itn., bi bilo potrebno porušiti še objekt v 2. kvadrantu. Poleg tega bi bilo potrebno eliminirati vse obstoječe dovoze in jih prestaviti izven območja križišča (najmanj neposredno za ločilne otoke). Z vidika prostorskega kriterija, je krožno križišče na obstoječi lokaciji praktično neizvedljivo brez obsežnih posegov (rušitve, ipd.).



Slika 5.34 Prikaz porabe prostora za enopasovno izven urbano krožno križišče

V primeru, da bi se krožno križišče izkazala za edino rešitev, ki ustreza zahtevam kriterija prepustnosti in/ali kriterija prometne varnosti bi bila ena od možnosti še premestitev lokacije križišča naprej ali nazaj vzdolž regionalne ceste vendar bi v tem primeru morali izvesti obsežne deviacije stranskih krakov. Samo za ilustracijo sta varianti tovrstne rešitve prikazani na sliki 5.35.



Slika 5.35 Prikaz hipotetičnih variant možnih lokacij krožnega križišča

Glede na obstoječe prostorske omejitve (obstoječa pozidava, varstvo kulturne dediščine, infrastruktura), je med vzhodno in zahodno lokacijo krožnega križišča na sliki 5.35 primernejša vzhodna varianta. S podano varianto se križišče umakne od obstoječih stanovanjskih objektov, korigirajo se osi stranskih priključnih krakov, eliminirajo se obstoječi dovozi neposredno z regionalne ceste.

Večjo omejitev predstavlja znatnejši vkop severnega kraka v hrib in pa, kot že rečeno, visoki stroški zaradi obsežnejše deviacije obstoječih stranskih krakov.

5.4.6 Predlog optimalne ureditve križišča

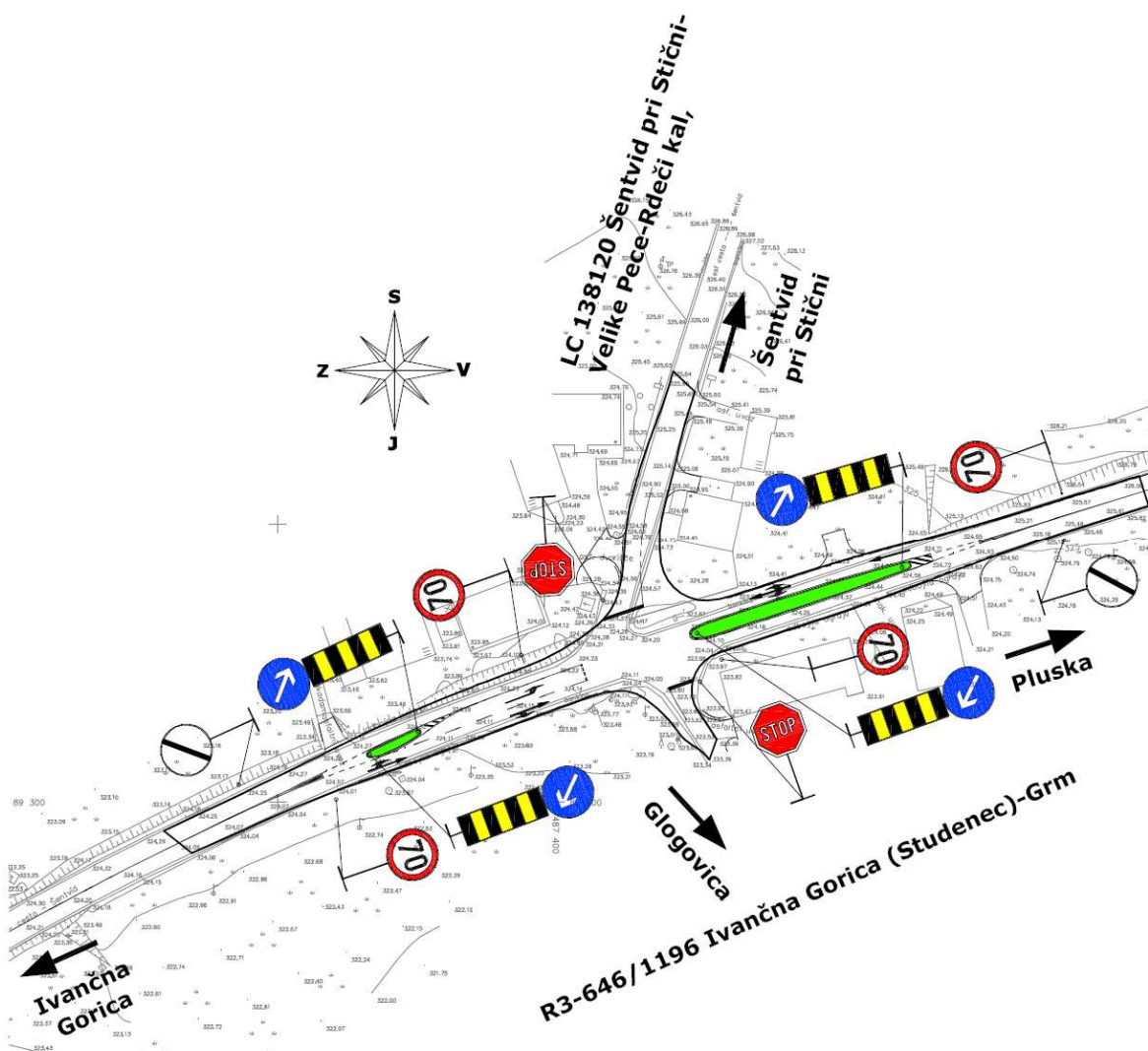
Kot je prikazano s predhodno analizo kapacitetnih parametrov in prometne varnosti, obstoječe križišče v sedanosti ni problematično. Tudi na koncu planske dobe leta 2020, bi obstoječe križišče obratovalo brez prekomernih zamud oz. bi bil na obeh krakih stranske ceste LC 138120 Šentvid pri Stični-Velike Pece-Rdeči Kal najslabši nivo uslug D, na obeh krakih glavne prometne smeri na regionalni cesti R3-646/1196 pa najslabši nivo uslug B. Ob koncu planske dobe bi se glede na predvidne prometne obremenitve lahko na regionalni cesti pojavile prekomerne kolone v popoldanski konici, ki pa jih lahko preprečimo z uvedbo dodanega pasu za leve zavijalce v smeri Ivančna Gorica-Pluska na regionalni cesti.

Glede na ugotovitve lahko zaključimo, da obstoječe križišče zadošča kapacitetnim prametrom tako danes, kot predvidoma tudi na koncu planske dobe t.j. leta 2020. Posebni ukrepi torej niso potrebni.

Z vidika prometne varnosti križišče še ne predstavlja »črne« točke. Skladno z ugotovitvami na terenu in pa analizi tehničnih elementov križišča pa je ugotovljeno, da je potrebno zagotoviti večjo preglednost vozilom, ki se iz lokalne ceste vključujejo na regionalno cesto ter omejiti hitrost na regionalni cesti. Zaradi ugodnih horizontalnih in vertikalnih elementov in slabe zaznavnosti križišča hitrosti pogosto presegajo dovoljeno t.j. 90 km/h. Vzrok za nesreče v obdobju med leti 2005-2007 je bila predvsem neprilagojena hitrost zaradi katere je prihajalo do naleta na čakajoče leve zavijalce in pa do čelnega trčenja med levimi zavijalce in vozili naravnost. Kot priključevanja stranskih krakov je preoster ($<55^\circ$), osi stranskih krakov pa se na regionalno cesto priključujeta z medsebojnim zamikom. Pogoste so tudi nesreče pri vključevanju vozil iz dovozov in priključkov na regionalno cesto. Potrebno bi bilo dovoze na regionalno cesto v neposredni bližini križišča ukiniti in jih preurediti preko dostopnih poti in cest na obstoječo lokalno cesto.

Ob eventualni rekonstrukciji križišča zaradi odprave geometrijskih nepravilnosti je glede na ugotovitve smiselno predvideti dodatni pas za leve zavijalce na kraku A-Ivančna Gorica regionalne ceste. Zaradi obstoječe pozidave, ki omejuje preglednost in zaznavnost križišča, je potrebno na regionalni cesti omejiti hitrost v območju križišča na 70 km/h, na stranskih priključnih krakih pa na 50 km/h.

Ker je v neposredni bližini križišča predvidena gradnja avtobusnih postajališč in hodnikov za pešce, se lahko s ciljem umirjanja prometa namesto zapornih površin na razširitvah uredijo sredinski dvignjeni prometni otoki. Predlog končne ureditve križišča je prikazan na sliki 5.36.



Slika 5.36 Predlog optimalne ureditve križišča z vidika prometne varnosti in prepustnosti

6 ZAKLJUČEK Z NAPOTKI ZA NADALJNJE DELO

Pričujoča naloga skuša odgovoriti na vprašanje, kaj in kako je potrebno pri analizi obstoječih in uvedbi novih križišč upoštevati in preveriti, preden se odločimo kakšna ureditev križišča bo v danih in predvidenih razmerah optimalna. Izbor ureditve križišča je zelo odgovorna naloga, zato je potrebno pred kakršnim koli posegom v križišče, predhodno identificirati problematiko in cilje, ki jih želimo doseči. Zatem se lotimo pridobivanja relevantnih podatkov, jih ustrezno analiziramo ter opredelimo možne načine ureditve. Nato na podlagi preveritve globalnih kriterijev izberemo takšno rešitev, ki bo v največji meri izpolnjevala zastavljene cilje. Globalni kriteriji, ki jih je preverjamo so na prvem mestu: kriterij prepustnosti in kriterij prometne varnosti, ter funkcionalni, projektno-tehnični, prostorski, okoljski in ekonomski kriterij.

Izbrana rešitev mora biti upravičena in argumentirana, vsem potrebnim zahtevam pa mora zadostiti tako v obstoječih razmerah, kot tudi na koncu planske dobe. Planska doba je določena s Pravilnikom o projektiranju cest vendar se v praksi izkaže, da med začetnim datumom, uporabljenim v prometnih analizah križišč, in dejanskim začetkom uporabe križišča, mine pogosto več let. Vzrok za navedeno so dolgotrajni postopki pridobivanja projektne in investicijske dokumentacije, predvsem pa pridobivanja zemljišč in postopkih v primeru posegov na zavarovana območja (vode, narava, kulturna dediščina,...). Pravilna opredelitev planske dobe je torej osnova vsakršne analize, saj tako kapacitetni parametri, kot stopnja prometne varnosti slonita na napovedanih prometnih obremenitvah.

Pogosto se izkaže, da je poraba oz. razpoložljivost prostora lahko zelo pomemben faktor za realizacijo projekta. Že v fazi izvedbe študije oz. analize križišča je torej potrebno ugotoviti ali je umestitev predlagane ureditve križišča v prostor sploh možna in pod kakšnimi pogoji.

Pri analizi kapacitetnih parametrov je danes na razpolago celo vrsto programskih orodij, ki analitično delo močno olajšajo, rezultati pa so pregledni in hitro dosegljivi. Večina temelji na HCM metodologiji, katere uporaba je predpisana tudi v Pravilniku o projektiranju cest.

Velja opozoriti, da zgolj pravilno prepisani in vneseni podatki iz rezultatov štetja še niso garancija za pravilnost rezultatov in na podlagi tega izbrano rešitev. Potrebno je razumevanje vseh okoliščin in pravi izbor vrste faktorjev, ki lahko vplivajo na posamezne kapacitetne parametre. Posebno pozornost je potrebno nameniti morebitnim anomalijam, ki so lahko vzrok za občutna odstopanja v rezultatih.

V Sloveniji še ni predpisanega postopka za ugotavljanje obstoječe in pričakovane ravni prometne varnosti, ki bi omogočala primerjavo med različnimi tipi križišč. V nalogi je za določitev ravni prometne varnosti križišč uporabljena metodologija, ki jo predlaga Tollazzi T. (2006) in predhodno že Zavašnik Z. (2006). Pri določevanju prometne varnosti novih križišč, metodologija temelji na številu konfliktnih točk in jakosti posameznih smernih prometnih tokov. Največje število prometno nevarnih situacij predstavlja seštevek vseh presekov smernih tokov za posamezne tipe nevarnih situacij (križanje, združevanje, cepljenje, prepletanje). Pri določevanju možnih tipov nevarnih situacij za posamezen tip križišča so v različnih virih podane različne informacije. Za klasična štirikraka križišča in enopasovna krožna križišča z enopasovnimi uvozi so sheme nevarnih situacij oz. konfliktnih točk načeloma enotne. Pri dva in več pasovnih krožnih križiščih z dva ali večpasovnimi uvozi pa so si izračuni različni. Zadnje gre pripisati predvsem povečanju konfliktnih površin in možnosti nekontroliranega prehajanja med pasovi. Zaradi tega je otežena tudi ocena števila in lokacije posameznih konfliktnih točk. Metodologija sicer predstavlja neko osnovno izhodišče vendar bi jo bilo smiselno izpopolniti kot sledi:

- a) Posameznim konfliktnim točkam bi bilo potrebno pripisati težo oz. utež glede na položaj in možne posledice nesreče predvsem v odvisnosti od hitrosti.
- b) Verjetnost, da bi bilo isto vozilo udeleženo na več konfliktnih točkah hkrati je praktično nična. Zato bi bilo za posamezno smer premika oz. vožnje vozila smiselno upoštevati le prometno nevarne situacije z največjo vrednostjo zmnožka števila PNS in uteži posameznega konflikta.
- c) Ob predpostavki, da uporabniki poznajo in spoštujejo pravila vožnje v križiščih, bi bilo potrebno pripraviti enotne sheme števil in tipov možnih nevarnih situacij za posamezne tipe križišč, ki bi omogočale primerljivost ocen stopnje prometne varnosti med različnimi lokacijami in avtorji analiz posameznih križišč.

- d) Preučiti bi bilo potrebno vpliv nihanja prometnih tokov tekom dneva (konice) na število nevarnih situacij. Izračun namreč temelji na skupni jakosti prometnih tokov v enem dnevu, večja verjetnost nastanka prometne nesreče pa je ravno v prometnih konicah.

Število prometno nevarnih situacij pa ni in ne more biti zadostno merilo za oceno prometne varnosti posameznega načina ureditve križišča. Smiselno bi bilo razviti, ali pa na Slovenske razmere prirediti, eno od metodologij za napovedovanje števila prometnih nesreč, ki se uporabljajo v tujini. V tem pogledu je v doktorski disertaciji z naslovom: »The methodology for predicting the expected level of traffic safety in the different types of level intersections« (Renčelj M., 2009), izvedena raziskava in predlagana metodologija za napovedovanje pričakovane ravni prometne varnosti za klasična križišča T in 4-kraka križišča pravilnih oblik.

Teoretično je najboljša rešitev z največjo kapaciteto, najvišjim nivojem uslug in najnižjo stopnjo izkoriščenosti kapacitete, najvišjo ravnjo prometne varnosti ter najnižjimi stroški. Najbolj pogosto se za posamezno rešitev odločimo na podlagi ekonomskega kriterija oz. s primerjavo ekonomske neto sedanje vrednosti. Investicije javnega značaja so praviloma investicije brez prihodkov, zato lahko variante med seboj primerjamo le na podlagi stroškov. Z vidika ekonomskega kriterija je torej najustreznejša rešitev, ki ima najmanj negativno ekonomsko neto sedanjo vrednostjo. Ker pa običajno najboljše ni hkrati tudi najcenejše, hitro pridemo do problema, kako izbrati med več možnimi rešitvami, ki so si glede na posamezni kriterij različne. V tem primeru moramo poseči po načinih odločanja, ki vključujejo merljive kriterije, ki jih lahko izrazimo tudi v drugih številčnih, ne le denarnih enotah. Takšen postopek imenujemo večkriterijska analiza. V pričujoči nalogi opisano metodologijo bi bilo smiselno nadgraditi tako, da se osnovnim kriterijem (ekonomskemu, kriteriju prepustnosti in kriteriju prometne varnosti), določi delež v skupni končni oceni posamezne variante glede na pomembnost. Znotraj posameznih kriterijev bi bilo potrebno določiti posamezna merila, jih rangirati in jim določiti uteži.

Ker slednje vsebinsko že presega okvire te naloge je v nadaljevanju podan le obseg predlaganih meril, ki bi jih bilo smiselno pri analizi upoštevati:

- 1) Kapacitetni parametri: kapaciteta, stopnja nasičenosti oz. izkoriščenosti kapacitete, zamude ali nivo uslug, dolžine kolon, število ustavljanj,
- 2) V sklopu kriterija prometne varnosti število posameznih nevarnih situacij (križanje, združevanje, cepljenje, prepletanje,...), pričakovana raven prometne varnosti,
- 3) Pri ekonomskem kriteriju različne vrste stroškov:
 - a) stroški infrastrukture: stroški gradnje, stroški odkupa zemljišč, prestavitvev infrastrukturnih vodov, rušitve objektov in nadomestila, obratovalni stroški, vzdrževalni stroški,
 - b) stroški prometa: stroški obratovanja vozil, stroški onesnaževanja, stroški zaradi zamud, stroški prometnih nesreč, ipd..

Pri tem je potrebno opozoriti, da morajo biti merila, v primeru, ko se končna ocena dobi s seštevanjem posameznih ocen, med seboj neodvisna. V nasprotnem primeru je lahko končna rešitev oz. rezultat analize neustrezen.

Rezultati preveritve ostalih globalnih kriterijev (funkcionalni, okoljski, prostorski, projektno-tehnični) so opisne narave, saj podajo le oceno ali, in katera posamezna rešitev je smiselna oz. izvedljiva ter ob kakšnih pogojih. Ti kriteriji predstavljajo tudi okvir za opredelitev možnih variant pred izdelavo večkriterijske analize. Pri tem se je v največji možni meri potrebno opirati na strokovna stališča, ocena pa mora biti čim bolj objektivna. Ravno v tem segmentu pa se v praksi odločitve prevečkrat prepušča subjektivni oceni posameznih predstavnikov oblasti, tako na državni, kot tudi na lokalni ravni.

VIRI

1. Uporabljeni viri:

Berčič, A. et al. 1995, Ceste in promet: pomembnejše dejavnosti, strokovna pojasnila, napotki, predpisi in viri. Ljubljana, DRC: 145-151.

Brvar, B. 2008, Kvantitativna analiza varnosti v cestnem prometu, Raziskava. Ljubljana, Inštitut za kriminologijo pri Pravni fakulteti v Ljubljani: 191 str.

http://www.mzp.gov.si/fileadmin/mzp.gov.si/pageuploads/DP_varnost_cp/Elaborat.pdf
(4.1.2009)

Dražumerič, M. 2000. Navodilo za izdelavo »študije optimalne ureditve križišča« državnih cest, kot sestavni del projektne naloge k izdelavi projekta križišča, važnejšega priključka ali trase državne ceste na kateri je predvidena ureditev križišča (važnejšega priključka), Ljubljana, DDC.

Garber N. J., Hoel L.A. 2001. Traffic & highway engineering, third edition. University of Virginia, The Wadsworth Group: 1150 str.

Grahek, G. 2001. Interna navodila za postopke pri izdaji soglasij za priključke na državne ceste in pregledu projektne dokumentacije za priključke na državne ceste. Ljubljana, Direkcija RS za ceste: 64 str.

Gettman, D. et al. 2008. Surrogate Safety Assessment Model and Validation: Final Report Publication No. FHWA-HRT-08-051, Office of Safety RD&T Turner Fairbank Highway Research Center, Federal Highway Administration.

<http://www.tfrc.gov/safety/pubs/08051/08051.pdf> (4.1.2008)

Jovanović, G. 2008, Kapacitetna analiza križišča R3-646/1196 Ivančna Gorica (Studeneč)-Grm z LC 138120, v km 3.2+50.00, Elaborat-Prometna študija št. APPIA-070-08. Appia d.o.o., Ljubljana: 49 str..

Katanić J., Andjus, V., Maletin, M. 1983. Projektovanje puteva, Beograd: Građevinska knjiga: 428 str.

Klemenčič, G. 2008, Geodetski načrt št. GN-16/08, Geovizija d.o.o., Novo mesto, Direkcija RS za ceste.

Kržan, S. Kdaj, kje in zakaj krožno križišče? Priloga k sporočilu za: Leben S. 10. november 2008. Osebna komunikacija.

Mrgole, S. 2004. Primerjava uspešnosti različnih tipov križišč glede na kriterij čakalnih časov vozil. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, FGG: 76 f.

Mrgole S., Maher, T. 2005. Primerjava uspešnosti različnih tipov križišč glede na kriterij čakalnih časov. Gradbeni vestnik 54, 237-260: 249-254.

Novak, I. 2008. Projekti na Ratežu in v Brusnicah zastali. Novo mesto. Dolenjski list.
http://www.dolenjskilist.si/2008/10/22/8907/novice/obcine/Krizisce_varnejse_sele_po_razlastitvi (25.2.2009)

Resolucije o nacionalnem programu varnosti cestnega prometa za obdobje 2007–2011 (skupaj za večjo varnost) (renpvcv) , Ur.l. RS, št. 2/2007

Tehnična specifikacija za javne ceste, TSC 03.344 Nivojska križišča in priključki, (predlog, januar 2003). Ljubljana, Republika Slovenija Ministrstvo za promet: 41 str.

Tehnična specifikacija za javne ceste, TSC 03.341 Krožna križišča, 2002. Ljubljana, Republika Slovenija Ministrstvo za promet: 37 str.

Tehnični normativi za projektiranje in opremo mestnih prometnih površin. 1991. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, FAGG, PTI

Tollazzi, T. 2005. Metodologija za ugotavljanje upravičenosti izvedbe krožnega križišča. Urbani izziv, letnik 16, št. 1/05: 104-107.

Tollazzi T., Maher, T., Renčelj, M., Zavašnik, Z. 2005. Analiza značilnosti krožnih križišč na državnem cestnem omrežju. Gradb. vestn. 54: 178-183.

Tollazzi T., Renčelj, M. 2006. Prispevek k metodologiji za napovedovanje pričakovane ravni prometne varnosti v načrtovanih nivojskih križiščih. Gradb. vestn. 55, 1-28: 12-18.

Tollazzi T. et al. 2007, Primerjalna analiza metodologij za napovedovanje ravni prometne varnosti v nivojskih nesemaforiziranih križiščih, Ljubljana, RS MP DRSC: 87 str.

Tollazzi, T. 2008. Strokovne podlage za izdelavo tehnične specifikacije za projektno tehnično in prometno tehnično dimenzioniranje krožnih križišč s spiralnim potekom krožnega vozišča, Predlog končnega poročila. TSC za turbo križišča. Priloga k sporočilu za: Leben S. 4. november 2008. Osebna komunikacija.

Transport Research Board 2000. Chapter 16 - Signalised intersections. Highway capacity manual 2000-HCM2000. National Research Council, Washington DC.

www.webs1.uidaho.edu/ce474f08/resources/highway%20capacity%20manual/hcm2k16.pdf

(5.4.2009)

Transport Research Board 2000. Chapter 17 - Unsignalised intersections. Highway capacity manual 2000-HCM2000. National Research Council, Washington DC.

www.webs1.uidaho.edu/ce474f08/resources/highway%20capacity%20manual/hcm2k17.pdf

(5.4.2009)

Uredba o metodologiji za pripravo in obravnavo investicijske dokumentacije na področju državnih cest. UL RS št. 124/07:

Ureditev para avtobusnih postajališč »Glogovica-G« ob državni cesti R3-646/1196 Ivančna Gorica (Studenc) – Grm od km 2.970 do km 3.350, projekt za izvedbo št. PZI-269/08. 2008. Novo mesto. Stia d.o.o..

U.S. Federal Highway Administration, The Manual on Uniform Traffic Control Devices (MUTCD). <http://mutcd.fhwa.dot.gov/pdfs/2003r1r2/mutcd2003r1r2complet.pdf> (5. januar 2009)

Zavašnik, Z., 2006. Metodologija za napovedovanje pričakovane ravni prometne varnosti v načrtovanih nivojskih križiščih. Magistrska naloga. Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo: 85 f.

2. Ostali viri:

Bezjak, P. 2009, Primerjava ravni prometne varnosti nivojskih križišč s stališča števila konfliktnih točk in konfliktnih situacij. Diplomaska naloga. Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo: 70 f.

Breznik, P. 2008. Kdo ima prednost? Maribor. Primotehna: 79 str.

Dobovšek, M. 2005. Dimenzioniranje nivojskih semaforiziranih križišč v realnem okolju, Maribor. Diplomaska naloga. Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo: 122 f.

Krožna križišča in umirjanje prometa na cestah: Zbornik strokovnega posvetovanja, Otočec, Ljubljana 1997. DRC, Družba za raziskave v cestni in prometni stroki Slovenije: 89 str.

Kuzović, L. 1987. Teorija saobračajnog toka, Beograd: IRO »Građevinska knjiga«: 224 str.

Kuzović, L., Topolnik, D. 1989. Kapacitet drumskih saobračajnica, Beograd: Građevinska knjiga: 296 str.

Lipičnik, M. 1981. Ceste, osnove za projektiranje cest 1.zvezek. Univerza v Mariboru, Visoka tehniška šola: 642 str.

Maher, T. 2007, Teorija prometnega toka, Skripta, Univerza v Ljubljani, FGG: 114 str.

Pravilnik o projektiranju cest. UL RS št. 91/05: 9303.

Sever D., Dobovšek, M. 2005. Sprejemljivost metodologije za prometno dimenzioniranje semaforiziranih križišč po HCM 2000 v slovenskem urbanem okolju. Gradbeni vestnik 54: 273-278.

Sidra intersection user guide, 2007. Greythorn Victoria, Australia. Akcelik & Associates Pty Ltd. (v sklopu uporabe začasne verzije programa Sidra intersections posredovane s strani pooblaščenega prodajalca, podjetja Appia d.o.o., Ljubljana): 500 str.

Zakon o javnih cestah, ZJC-UPB1, UL RS št. 33/06

<http://attap.umd.edu/>

<http://prostor.gov.si/>

<http://rkg.gov.si/GERK/viewer.jsp>

<http://www.dot.state.mn.us/trafficeng/safety/ice/ICE-GuidelinesImplementation-August2007.pdf>

http://www.dc.gov.si/fileadmin/dc.gov.si/pageuploads/Promet/Karta_STM_2007.pdf

<http://www.dot.state.mn.us/trafficeng/otepubl/fundamentals/safetyfundamentals.pdf>

<http://www.geoprostor.net/piso/>

<http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/>

<http://www.tfrc.gov/safety/pubs/04091/07.htm>

<http://www.wsdot.wa.gov/research/reports/fullreports/413.1.pdf>

Priloga A: Šifrant oznak podatkov o prometnih nesrečah

STRUKTURA ZAPISA		ŠIFRANTI			
NESREČE	KEY	številka zadeve	naziv šifranta	šifra	OPIS
	LETO	leto nesreče	Z	železniški prehod	
	IVRC	vrsta ceste	A	avtobusna postaja	
	CESTA	številka ceste	C	cesta	
	ODSEK	številka odseka	K	kol. steza-pločnik	
	STAC	stacionaža v m	P	parkirni prostor	
	DATUM	datum nesreče	R	križišče	
	MESEC	meseč (nesreče)	Z	prehod za pešce	
	DAN	dan v tednu (nesreče)	M	krožno križišče	
	DANNOČ		T	predor	
	URA	ura nesreče	CE	nepravilnosti na cesti	
	URA_INT1	urni interval	HI	nepriagojena hitrost	
	NAS	nesreča v naselju (D)/ izven naselja (N)	NP	nepravilnost pešca	
	NASELJE	ime naselja	OS	ostalo	
	KRAJ	šifra opisa prizorišča nesreče	PD	neupoštevanje pravil o prednosti	
	VZROK	šifra glavnega vzroka nesreče	PR	nepravilno prehitevanje	
	TIP	šifra tipa nesreče	PV	premiki z vozilom	
	VREME	šifra vremenske okoliščine v času nesreče	SV	nepravilna stran/smer vožnje	
	PROMET	šifra stanja prometa v času nesreče	TO	nepravilnosti v tovoru	
	VOZISCE	šifra stanja vozišča v času nesreče	VO	nepravilnosti na vozilu	
POVRVSJE	šifra stanja površine vozišča v času nesreče	VR	neustrezna varnostna razdalja		
KLAS	šifra klasifikacije prometne nesreče	BT	bočno trčenje		
S	število umrlih v prometni nesreči	ČT	čelno trčenje		
H	število hudo poškodovanih v prometni nesreči	NT	naletno trčenje		
L	število lahko poškodovanih v prometni nesreči	OP	oplazenje		
SN	stroški nesreče v EUR	OS	ostalo		
SP	stroški posledic nesreče v EUR	PP	povozitev pešca		
SS	skupni stroški nesreče v EUR	PR	prevrnitev vozila		
UDELEŽENCI	KEY	številka zadeve	PZ	povozitev živali	
	LETO	leto nesreče	TO	trčenje v objekt	
	UDEL	šifra vrsta udeleženca v prometu	TV	trčenje v stoječe/parkirano vozilo	
	POVZR	kot kaj nastopa oseba v prometni nesreči - povzročitelj (D) ali udeleženec (N)	D	deževno	
	POSKOD	šifra poškodba osebe	J	jasno	
	SPOL	spol - (1 – M, 2 – Ž)	M	megla	
			N	neznano	
			O	oblačno	
			S	sneg	
			T	toča	
		V	veter		
		E	neznan		
		G	gost		
		N	normalen		
		R	redok		
		Z	zastoji		
		AH	hrapav asfalt/beton		
		AN	neraven asfalt/beton		
		AZ	zglajen asfalt/beton		
		MA	makadam		
		OS	ostalo		
		BL	blatno		
		MO	mokro		
		OS	ostalo		
		PN	poledenelo - neposipano		
		PP	poledenelo - posipano		
		SL	sneženo - pluženo		
		SN	sneženo - nepluženo		
		SP	spolzko		
		SU	suho		
		B	N brez poškodbe		
		H	N z vsaj eno hudo telesno poškodbo		
		L	N z vsaj eno lažjo telesno poškodbo		
		S	N z vsaj enim smrtnim izidom		
		AV	voznik avtobusa		
		DS	voznik delovnega stroja		
		KM	voznik kolesa z motorjem		
		KO	kolesar		
		KR	x-kršitelj - jrm		
		KV	voznik kombiniranega vozila		
		MK	voznik motornega kolesa		
		MO	voznik mopeda		
		OA	voznik osebnega avtomobila		
		OD	odgovorna oseba		
		OS	ostalo		
		PE	pešec		
		PT	potnik		
		SM	skrbnik mladoletnika		
		SV	voznik specialnega vozila		
		TR	voznik traktorja		
		TV	voznik tovornega vozila		
		B	brez poškodbe		
		H	huda telesna poškodba		
		L	lažja telesna poškodba		
		S	smrt		

Priloga B: Izvleček iz podatkov štetja prometa na križišču Šentvid pri Stični

Diagram prometnih obremenitev

Šifra križišča: 080906

Ime križišča: Šentvid pri Stični

Tip križišča: ABCD

Naslov štetja: Šentvid pri Stični

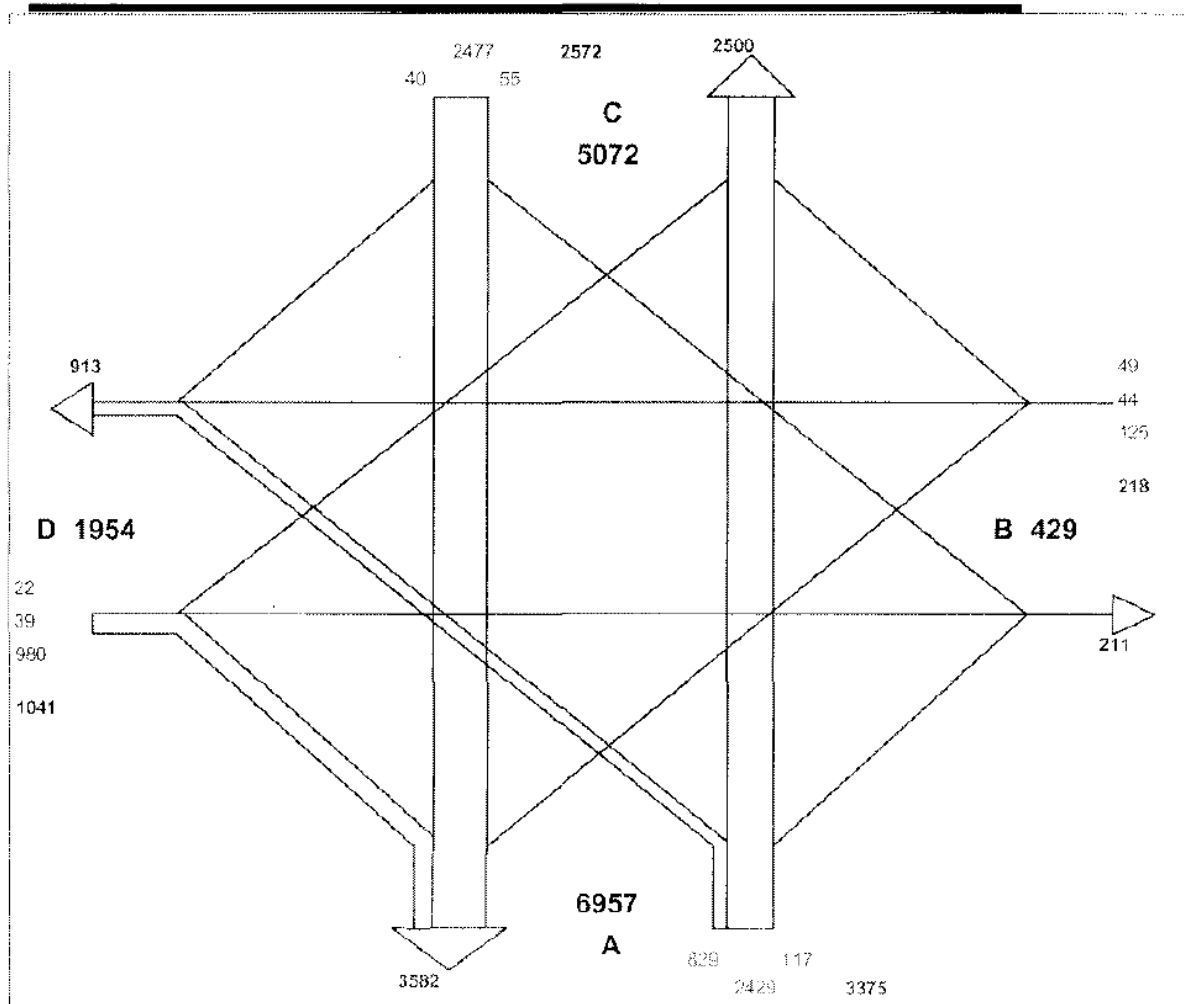
Datum štetja: 4.9.2008

Številka štetja: 1

Časovni interval: od 5:00 do 21:00

Vrsta vozil: O, B, T, V

A	Ivančna Gorica
B	Glogovica
C	Pluska
D	Šentvid pri Stični



Maksimalna urna obremenitev po elementih križišča

Šifra križišča: 080906

Ime križišča: Šentvid pri Stični

Tip križišča: ABCD

Naslov štetja: Šentvid pri Stični

Datum štetja: 4.9.2008

Številka štetja: 1

Časovni interval: od 6:00 do 9:00

Vrsta vozil: O, B, T, V

Križišče:	od 6:15	do 7:15	693
Priključek A :	od 7:15	do 8:15	182
Dovoz:			
Desno	od 7:15	do 8:15	6
Levo	od 6:45	do 7:45	63
Naravnost	od 7:30	do 8:30	125
Priključek B :	od 6:30	do 7:30	32
Dovoz:			
Desno	od 6:00	do 7:00	5
Levo	od 6:15	do 7:15	20
Naravnost	od 7:00	do 8:00	11
Priključek C :	od 6:15	do 7:15	357
Dovoz:			
Desno	od 6:45	do 7:45	1
Levo	od 8:00	do 9:00	6
Naravnost	od 6:15	do 7:15	355
Priključek D :	od 6:15	do 7:15	135
Dovoz:			
Desno	od 6:15	do 7:15	133
Levo	od 7:45	do 8:45	4
Naravnost	od 6:45	do 7:45	5

Maksimalna urna obremenitev po elementih križišča

Šifra križišča: 080906

Ime križišča: Šentvid pri Stični

Tip križišča: ABCD

Naslov štetja: Šentvid pri Stični

Datum štetja: 4.9.2008

Številka štetja: 1

Časovni interval: od 13:00 do 16:00

Vrsta vozil: O, B, T, V

Križišče:	od 14:15	do 15:15	632
Priključek A :	od 15:00	do 16:00	419
Dovoz:			
Desno	od 15:00	do 16:00	12
Levo	od 15:00	do 16:00	123
Naravnost	od 15:00	do 16:00	284
Priključek B :	od 14:45	do 15:45	18
Dovoz:			
Desno	od 14:45	do 15:45	7
Levo	od 14:30	do 15:30	9
Naravnost	od 13:15	do 14:15	5
Priključek C :	od 13:00	do 14:00	181
Dovoz:			
Desno	od 13:30	do 14:30	3
Levo	od 14:15	do 15:15	10
Naravnost	od 13:00	do 14:00	176
Priključek D :	od 14:15	do 15:15	68
Dovoz:			
Desno	od 14:15	do 15:15	59
Levo	od 13:45	do 14:45	5
Naravnost	od 13:15	do 14:15	6

Faktor urne konice (PHF)

Šifra križišča: 080906

Ime križišča: Šentvid pri Stični

Tip križišča: ABCD

Naslov štetja: Šentvid pri Stični

Datum štetja: 4.9.2008

Številka štetja: 1

Ura konice: od 14:15 do 15:15

Vrsta vozil: EOv

Križišče: 0,81

Priključek A : 0,83

Dovoz:

D	0,63
L	0,76
N	0,78

Priključek B : 0,54

Dovoz:

D	0,63
L	0,63
N	0,38

Priključek C : 0,80

Dovoz:

D	0,25
L	0,43
N	0,84

Priključek D : 0,77

Dovoz:

D	0,78
L	0,38
N	0,50

Faktor urne konice (PHF)

Šifra križišča: 080906

Ime križišča: Šentvid pri Stični

Tip križišča: ABCD

Naslov štetja: Šentvid pri Stični

Datum štetja: 4.9.2008

Številka štetja: 1

Ura konice: od 6:15 do 7:15

Vrsta vozil: EOv

Križišče: 0,95

Priključek A : 0,79

Dovoz:

D 0,33

L 0,81

N 0,69

Priključek B : 0,73

Dovoz:

D 0,33

L 0,71

N 0,31

Priključek C : 0,85

Dovoz:

L 0,50

N 0,85

Priključek D : 0,97

Dovoz:

D 0,95

L 0,25

N 0,25

Analiza zavijalcev po strukturi prometa

Šifra križišča: 080906

Ime križišča: Šentvid pri Stični

Tip križišča: ABCD

Naslov štetja: Šentvid pri Stični

Datum štetja: 4.9.2008

Številka štetja: 1

Časovni interval: od 14:15 do 15:15

Dovoz Priključek	Levo	% levo	Naravnost	% naravnost	Desno	% desno	Skupaj	% skupaj
	A							
osebni	118	31%	213	55%	10	3%	341	89%
tovorni	0	0%	21	5%	0	0%	21	5%
avtobus	1	0%	3	1%	0	0%	4	1%
vlačilec	2	1%	17	4%	0	0%	19	5%
Skupaj	121	31%	254	66%	10	3%	385	100%
B								
osebni	5	45%	1	9%	3	27%	9	82%
tovorni	0	0%	1	9%	0	0%	1	9%
avtobus	0	0%	0	0%	1	9%	1	9%
vlačilec	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Skupaj	5	45%	2	18%	4	36%	11	100%
C								
osebni	8	5%	133	79%	2	1%	143	85%
tovorni	2	1%	8	5%	0	0%	10	6%
avtobus	0	0%	1	1%	0	0%	1	1%
vlačilec	0	0%	14	8%	0	0%	14	8%
Skupaj	10	6%	156	93%	2	1%	168	100%
D								
osebni	3	4%	6	9%	56	82%	65	96%
tovorni	0	0%	0	0%	1	1%	1	1%
avtobus	0	0%	0	0%	2	3%	2	3%
vlačilec	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Skupaj	3	4%	6	9%	59	87%	68	100%

Analiza zavijalcev po strukturi prometa

Šifra križišča: 080906

Ime križišča: Šentvid pri Stični

Tip križišča: ABCD

Naslov štetja: Šentvid pri Stični

Datum štetja: 4.9.2008

Številka štetja: 1

Časovni interval: od 6:15 do 7:15

Dovoz		Levo	% levo	Naravnost	% naravnost	Desno	% desno	Skupaj	% skupaj
Priključek									
A	osebni	47	27%	80	47%	2	1%	129	75%
	tovorni	4	2%	14	8%	0	0%	18	10%
	avtobus	0	0%	3	2%	1	1%	4	2%
	vlačilec	0	0%	21	12%	0	0%	21	12%
	Skupaj	51	30%	118	69%	3	2%	172	100%
B	osebni	20	69%	5	17%	4	14%	29	100%
	tovorni	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
	avtobus	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
	vlačilec	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
	Skupaj	20	69%	5	17%	4	14%	29	100%
C	osebni	2	1%	310	87%	0	0%	312	87%
	tovorni	0	0%	34	10%	0	0%	34	10%
	avtobus	0	0%	1	0%	0	0%	1	0%
	vlačilec	0	0%	10	3%	0	0%	10	3%
	Skupaj	2	1%	355	99%	0	0%	357	100%
D	osebni	0	0%	1	1%	122	90%	123	91%
	tovorni	1	1%	0	0%	10	7%	11	8%
	avtobus	0	0%	0	0%	1	1%	1	1%
	vlačilec	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
	Skupaj	1	1%	1	1%	133	99%	135	100%