

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*



ROBERT MLAKAR

**UREDITEV PROMETNIH POVEZAV V NASELJU
MOSTE**

DIPLOMSKA NALOGA

**UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI PROGRAM PRVE
STOPNJE GRADBENIŠTVO**

Ljubljana, 2024

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



Kandidat/-ka:

ROBERT MLAKAR

**UREDITEV PROMETNIH POVEZAV V NASELJU
MOSTE**

Diplomska naloga št.:

**ARRANGEMENT OF TRAFFIC CONNECTIONS IN
THE TOWN OF MOSTE**

Graduation thesis No.:

Mentor/-ica:

doc. dr. Peter Lipar

Predsednik komisije:

Somentor/-ica:

doc. dr. Robert Rijavec

Član komisije:

Ljubljana, _____

POPRAVKI – ERRATA

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

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju doc. dr. Petru Liparju, univ. dipl. inž. grad. in somentorju doc. dr. Robertu Rijavcu, univ. dipl. inž. grad. za pomoč pri izdelavi zaključnega dela. Hvala sošolcem in prijateljem, ki so mi polepšali študijske dni. Hvala tudi moji družini, ki me je vsa leta študija podpirala in verjela vame.

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	656.1(497.4Moste)(043.2)
Avtor:	Robert Mlakar
Mentor:	doc. dr. Peter Lipar, univ. dipl. inž. gradb.
Somentor:	doc. dr. Robert Rijavec, univ. dipl. inž. gradb.
Naslov:	Ureditev prometnih povezav v naselju Moste
Tip dokumenta:	diplomska naloga – univerzitetni študij
Obseg in oprema:	29 str., 1 pregl., 56 sl., 4 pril., 9 virov
Ključne besede:	križišče, kapacitetna analiza, rekonstrukcija, pas za desne zavijalce krožišče, turbo krožišče

Izvleček

Zaključno delo obravnava cestno mrežo v naselju Moste pri Komendi. Osrednja problematika cestne mreže je na križišču v središču naselja. Na tem mestu se stikata regionalna in glavna cesta, ki povezujeta letališče Ljubljana, obrtno cono Komenda, Kamnik in Mengeš. V nalogi smo preverili tudi stanje prometnih nesreč v naselju in ali je naselje varno prometno urejeno za ranljivejše udeležence v prometu - pešce.

Osrednje križišče v naselju že več let predstavlja ozko grlo cestne mreže. V okviru naloge smo prometno analizirali osrednje križišče v obstoječem stanju v dopoldanski in popoldanski konici. Ugotovili smo, da kapaciteta križišča ne zadošča prometnim obremenitvam.

Zato smo preverili tri projektne variante za izboljšanje pretočnosti križišča in cestne mreže. Prva varianta je nadgradnja križišča na obstoječi lokaciji, in sicer z dodajanjem pasu za desne zavijalce. Druga in tretja varianta pa sta krožišče in turbo krožišče, pri čemer se križišče prestavi na novo lokacijo. Za vse variante smo naredili tudi kapacitetno analizo in jih primerjali med seboj.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 656.1(497.4Moste)(043.2)
Author: Robert Mlakar
Supervisor: Assist. Prof. Peter Lipar, PhD.
Co-supervisor: Assist. Prof. Robert Rijavec, PhD.
Title: Arrangement of traffic connections in the town of Moste
Document type: Graduation Thesis – University studies
Notes: 29 p., 1 tab., 56 fig., 4 ann., 49 ref.
Keywords: intersection, capacity analysis, reconstruction, lane for right turners, roundabout, turbo-roundabout

Abstract

This thesis deals with the road network in the town of Moste pri Komendi. The central problem of the road network is at the intersection in the center of the town. This is where the regional and main roads meet, which connect the Ljubljana airport, the craft zone Komenda, Kamnik and Mengeš. In this thesis, we also reviewed the situation of traffic accidents and whether the settlement has a safe traffic arrangement for the more vulnerable road users - pedestrians.

The central intersection in the town has been a bottleneck in the road network for many years. As part of the task, we analyzed the traffic of the central intersection in its current state during the morning and afternoon rush hours. We found that the capacity of the intersection is not sufficient for traffic loads.

Therefore, we checked three project variants to improve the flow of the intersection and the road network. The first option is to upgrade the intersection at the existing location, namely by adding a lane for right turns. The second and third variants are a roundabout and a turbo roundabout, whereby the intersection is moved to a new location. We also performed a capacity analysis for all variants and compared them with each other.

KAZALO

POPRAVKI – ERRATA	I
ZAHVALA	II
BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK	III
BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	IV
KAZALO SLIK	VI
KAZALO PREGLEDNIC	VIII
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI / ABBREVIATIONS AND SYMBOLS	IX
1 UVOD.....	1
2 METODOLOGIJA	3
2.1 SPLOŠNO	3
2.2 TIPI KRIŽIŠČ	4
2.2.1 PREUREDITEV KLASIČNEGA KRIŽIŠČA V KROŽIŠČA	6
3 PROBLEMATIKA CESTNE MREŽE V NASELJU MOSTE - OBSTOJEČE STANJE	7
3.1 PREGLED NESREČ IN PROMETNA VARNOST ZA PEŠČE.....	7
3.2 KRIŽIŠČE MOSTE PRI KOMENDI.....	9
3.2.1 LOKACIJA IN GEOMETRIJA KRIŽIŠČA	9
3.2.2 PROMETNE OBREMENITVE	10
3.2.3 KAPACITETNA ANALIZA	11
4 REŠEVANJE PROBLEMATIKE UREDITVE PROMETNIH POVEZAV NASELJA MOSTE	15
4.1 PROMETNE OBREMENITVE PRI ANALIZI VARIANT.....	16
4.2 VARIANTA 1 – DODAJANJE VOZNEGA PASU ZA DESNE ZAVIJALCE.....	17
4.2.1 LOKACIJA IN GEOMETRIJA	17
4.2.2 KAPACITETNA ANALIZA	18
4.3 VARIANTA 2 – KROŽIŠČE.....	20
4.3.1 LOKACIJA IN GEOMETRIJA	20
4.3.2 KAPACITETNA ANALIZA	21
4.4 VARIANTA 3 – TURBO KROŽIŠČE.....	23
4.4.1 KAPACITETNA ANALIZA	24
5 PRIMERJAVA VARIANT	27
6 ZAKLJUČEK	29
VIRI	31

KAZALO SLIK

Slika 1: Kriterij čakalnih časov na križišču in uvrstitev v nivo uslug [1].....	3
Slika 2: Primerjava kapacitet uvoza pri različnih oblikah križišč [1].....	4
Slika 3: Konfliktne točke klasičnega in krožnega križišča [3]	5
Slika 4: Primerjava konfliktnih točk 2-pasovnega in turbo krožnega križišča [1]	6
Slika 5: Primer kraja nesreče	8
Slika 6: Bližina šole	8
Slika 7: Znak »šolska pot« in pločnik	8
Slika 8: Krak Moste - Mengeš	8
Slika 9: Prečni profil pločnika [6]	8
Slika 10: Lokacija obravnavanega križišča [7]	9
Slika 11: Geometrija križišča (vir: osebni arhiv)	10
Slika 12: Priključek lokalne ceste (vir: osebni arhiv).....	10
Slika 13: Geometrija križišča v Mostah	11
Slika 14: Prometne obremenitve v času jutranje konice	12
Slika 15: Nivo uslug v času jutranje konice.....	12
Slika 16: Stopnja nasičenost v času jutranje konice.....	12
Slika 17: Povprečna dolžina kolone v času jutranje konice v metrih.....	13
Slika 18: Zamude v času jutranje konice v sekundah	13
Slika 19: Prometne obremenitve v času popoldanske konice.....	13
Slika 20: Nivo uslug v času popoldanske konice	14
Slika 21: Stopnja nasičenosti v času popoldanske konice.....	14
Slika 22: Povprečna dolžina kolone v času popoldanske konice v metrih	A-14
Slika 23: Zamude v času popoldanske konice v sekundah	A-14
Slika 24: Projektna rešitev LUZ [8].....	15
Slika 25: Prometne obremenitve v jutranji konici v planski dobi 20 let	16
Slika 26: Prometne obremenitve v popoldanski konici v planski dobi 20 let.....	16
Slika 27: Geometrija križišča z dodanim voznim pasom za desne zavijalce.....	17
Slika 28: Prostorski kriterij variante 1	17
Slika 29: Nivo uslug za varianto 1 v času jutranje konice	18
Slika 30: Stopnja nasičenosti za varianto 1 v času jutranje konice	18
Slika 31: Povprečna dolžina kolone za varianto 1 v času jutranje konice v metrih.....	18
Slika 32: Zamude za varianto 1 v času jutranje konice v sekundah	18
Slika 33: Nivo uslug za varianto 1 v času popoldanske konice	19
Slika 34: Stopnja nasičenosti za varianto 1 v času popoldanske konice	19
Slika 35: Povprečna dolžina kolone za varianto 1 v času popoldanske konice v metrih.....	19

Slika 36: Zamude za varianto 1 v času popoldanske konice v sekundah.....	19
Slika 37: Geometrija krožnega križišča	20
Slika 38: Izris krožnega križišča na novi lokaciji	21
Slika 39: Nivo uslug za varianto 2 v času jutranje konice	21
Slika 40: Stopnja nasičenosti za varianto 2 v času jutranje konice	21
Slika 41: Povprečna dolžina kolone za varianto 2 v času jutranje konice v metrih	22
Slika 42: Zamude za varianto 2 v času jutranje konice v sekundah.....	22
Slika 43: Nivo uslug za varianto 2 v času popoldanske konice	A-22
Slika 44: Stopnja nasičenosti za varianto 2 v času popoldanske konice	A-22
Slika 45: Povprečna dolžina kolone za varianto 2 v času popoldanske konice v metrih	A-22
Slika 46: Zamude za varianto 2 v času popoldanske konice v sekundah	A-22
Slika 47: Geometrija turbo krožišča	23
Slika 48: Izris turbo krožišča na novi lokaciji.....	23
Slika 49: Nivo uslug za varianto 3 v času jutranje konice	24
Slika 50: Stopnja nasičenosti za varianto 3 v času jutranje konice	24
Slika 51: Povprečna dolžina kolone za varianto 3 v času jutranje konice v metrih	24
Slika 52: Zamude za varianto 3 v času jutranje konice v sekundah.....	24
Slika 53: Nivo uslug za varianto 3 v času popoldanske konice	25
Slika 54: Stopnja nasičenosti za varianto 3 v času popoldanske konice	25
Slika 55: Povprečna dolžina kolone za varianto 3 v času popoldanske konice v metrih	25
Slika 56: Zamude za varianto 3 v času popoldanske konice v sekundah.....	25

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Prikaz nesreč zadnjih 10 let v naselju Moste pri Komendi [6]	7
---	---

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI / ABBREVIATIONS AND SYMBOLS

PLDP	Povprečni letni dnevni promet
JK	Jutranja konica
PK	Popoldanska konica
TV	Tovorna vozila
FKU	Faktor urne konice
EOV	Enota osebnih vozil
HCM	<i>Highway Capacity Manual</i> (angl. Priročnik za kapaciteto avtocest)

»Ta stran je namenoma prazna.«

1 UVOD

Vsak dan smo udeleženci v prometu. Včasih vemo do minute natančno, kdaj se moramo odpraviti, da se izognemo gneči in ujamemo zeleno luč. Vendar pa se moramo za križišče v Mostah pri Komendi zjutraj in popoldne kar pripraviti na gnečo in čakanje na semaforju. Gre za križišče v središču naselja, kjer se križata državna cesta 2. reda, in sicer glavna cesta G2-104, ki povezuje Mengeš skozi Moste pri Komendi proti Brniku, in regionalna cesta R2-413, ki povezuje Vodice čez to križišče proti Kamniku. Križišče je pomembno, saj povezuje ljubljansko letališče, obrtno cono Komenda, Kamnik in Mengeš. V jutranji in popoldanski konici se zaradi prevelikih prometnih obremenitev pojavljajo dolge kolone in zamude. To križišče je trenutno semaforizirano, nepravilne oblike in zato tudi nepregledno.

V nalogi smo izvedli kapacitetno analizo omenjenega križišča v jutranji in popoldanski konici. Križišče v Mostah pri komendi je zgrajeno že več desetletij in že davno ne izpolnjuje zahtev, da bi nudilo zadostno kapaciteto za prometno povpraševanje. Prometa je z vsakim letom več, zato smo v nalogi predlagali tri možne variante. Za vsako varianto smo ponovili kapacitetno analizo in presodili, ali so ustrezne za reševanje obstoječega stanja. S tem smo imeli v mislih tudi celotno cestno mrežo naselja, saj smo predstavili dve varianti, kjer prometni tok vodimo izven naselja. S tem razbremenimo tok čez naselje, kar ima vpliv tudi na priležno nesemaforizirano križišče.

»Ta stran je namenoma prazna.«

2 METODOLOGIJA

2.1 SPLOŠNO

Križišča so pomemben del cestnega omrežja in želimo si, da so le-ta dovolj pretočna, da prispemo na cilj s čim manjšimi zamudami. Križišča dimenzioniramo na podlagi merodajnih prometnih obremenitev, ki so s prometno napovedjo običajno določene za plansko dobo 20 let. Ob rekonstrukciji križišča se prometna napoved določi za najmanj 10 let, pri novogradnjah pa za 20 let. Po navadi se upravitelji odločijo za daljše obdobje.

Rekonstrukcija križišča je potrebna, ko stopnja nasičenja preseže 0,85. Ukrepi za izboljšavo so lahko gradbeni (npr. krožišče), prometno-tehnični (npr. semafor ali druga prometna signalizacija) ali administrativni (npr. omejitev prometa). Ukrep je lahko vezan le na eno križišče, lahko na cestno mrežo: dodamo novo cesto, spremenimo prometni režim, uvedemo kontrolo dostopa itd.

Prometne obremenitve za dimenzioniranje križišča dobimo s 16-urnim štetjem, s 15-minutnimi intervali, iz katerih lahko določimo jutranjo in popoldansko konico ter faktor urne konice (FKU).

Promet štejemo po kategorijah:

- osebna in lažja tovorna vozila (TV),
- srednje težka in težka TV ter avtobusi,
- tovrnjak s priklopnikom in vlačilec.

Ker gre za tri različne kategorije obremenitev, se v prometnem inženirstvu uporablja EOv – enota osebnih vozil. Upoštevamo, da so osebna vozila 1 EOv, srednje težka tovorna vozila 2 EOv, najtežja kategorija (vlačilci) pa 3 EOv. Podatke štetja tako pretvorimo v osnovno enoto in dobimo vhodne podatke za dimenzioniranje križišč.

Križišča dimenzioniramo s pomočjo programov, ki izračunajo kapaciteto križišča. Uporabljamo programe PTV Vissim, PTV Vistro, Sidra Intersection ... Slednjega bomo uporabili v tem zaključnem delu. Iz kapacitetne analize dobimo vrsto podatkov, najpomembnejši pa so podatki o nivoju uslug, stopnji nasičenosti križišča, dolžini kolone in zamudah.

Nivoje uslug določamo po HCM (ameriške smernice za določanje kapacitete prometne infrastrukture). Gre za 6 razredov od A do F, ki nam povedo, kako pretočno je križišče. Razred A pomeni prosti prometni tok (brez zamud, skozi križišče peljemo z zeleno hitrostjo), medtem ko je razred F najslabši in pomeni velike zamude in zastoje. Na sliki 1 je prikazan kriterij čakalnih časov na križišču za grobo uvrstitev v nivo uslug. Da križišče še ustreza zahtevam pretočnega prometa, mora spadati vsaj v razred D, sicer je potrebno križišče rekonstruirati. [1]

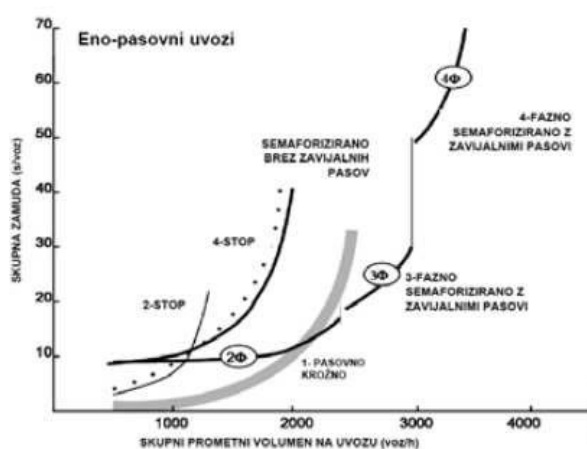
Nivo uslug (NU)	Zamude na vozilo, d [s]	
	Semaforizirana in krožna križišča	Nesemaforizirana križišča
A	$d \leq 10$	$d \leq 10$
B	$10 < d \leq 20$	$10 < d \leq 15$
C	$20 < d \leq 35$	$15 < d \leq 25$
D	$35 < d \leq 55$	$25 < d \leq 35$
E	$55 < d \leq 80$	$35 < d \leq 50$
F	$80 < d$	$50 < d$

Slika 1: Kriterij čakalnih časov na križišču in uvrstitev v nivo uslug [1]

2.2 TIPI KRIŽIŠČ

Poznamo več vrst križišč. Lahko so navadna – križišče s prednostno cesto, krožna križišča ali danes vedno bolj pogosta turbo krožišča (spiralna) ter semaforizirana. Križišče ima lahko tudi zavijalne pasove ali ločene pasove za desne zavijalce. Glede na lokacijo, prometno povpraševanje in kapaciteto, ki jo moramo zagotoviti, varnost, prostor, okolje in ekonomičnost se odločimo za tip križišča.

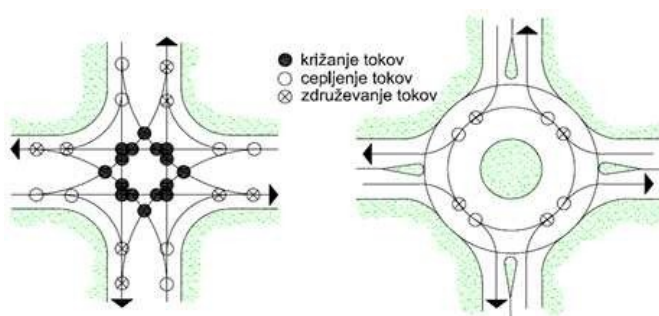
Klasično, prometno nekanalizirano in nesemaforizirano križišče na uvozu posameznega prometnega pasu, npr. na glavni prometni smeri, sprejme do cca. 1200 vozil/uro, semaforizirano (brez zavijalnih pasov) do 2000 vozil/uro, krožna križišča 2500 vozil/uro, večja semaforizirana križišča (3-4 fazna z zavijalnimi pasovi) pa 3000 – 4000 vozil/uro. Primerjava kapacitete križišč je prikazana na sliki 2. [1]



Slika 2: Primerjava kapacitet uvoza pri različnih oblikah križišč [1]

Ko se odločamo za tip križišča, moramo, kot omenjeno, v prvi vrsti zagotoviti pretočnost – kriterij prepustnosti in nivoja uslug. Določiti moramo ustrezno število prometnih pasov, usmerjevalne pasove in kako bomo vodili prometne tokove. Preveriti moramo parametre: stopnja nasičenosti za posamezno smer, povprečno zamudo, nivo uslug, povprečno dolžino kolon in 95-centil dolžine kolon ... V našem primeru analiziramo naselje, tj. ruralno območje, kjer so prometne konice kratke (v primerjavi z mesti oz. večjimi vpadnicami v mesto). V tem primeru so krožišča zelo učinkovita, saj ni nepotrebnih ustavljanj in zamud izven konice praktično ni.

Drugi kriterij je prometna varnost. Pri tem kriteriju je potrebno analizirati število nesreč. Ob tem je treba ugotoviti vzroke za nesreče – sposobnost voznika, tehnične značilnosti avtomobila, lastnosti prometne površine in okolico, v kateri deluje vozilo. S tem lahko, sicer šele po tem, ko so se prometne nesreče zgodile, načrtujemo ukrepe za izboljšanje prometne varnosti. Pred tem pa lahko minimiziramo število prometnih nesreč na podlagi našega izbora. Tu pretehtamo preglednost in vidno polje voznika in konfliktno točko. Vemo, da ima klasično križišče 32 konfliktnih točk, medtem ko ima krožno križišče teh zgolj osem (prikazano na sliki 3). [1] [2]



Slika 3: Konfliktne točke klasičnega in krožnega križišča [3]

Naslednji kriterij je funkcionalni kriterij, kjer se vprašamo, kako bo novo križišče funkcioniralo v prometni mreži, kako se bo promet odvijal preko križišča. Ugotoviti moramo sestavo prometa, da lahko križišče dimenzioniramo za merodajno vozilo. Prav tako upoštevamo, ali gre za pretežno tranzitni ali notranji promet. V primeru tranzitnega prometa moramo cestno mrežo urediti tako, da dopuščamo večje hitrosti in tehnične elemente prilagodimo tako, da dobimo večjo prepustnost. Notranji promet sestavljajo povezovalne ceste, ki napajajo glavno prometnico. V kolikor načrtujemo obnovo znotraj naselja, moramo zagotoviti tudi umiranje prometa. Tu se kriterij povezuje s prometno varnostnim kriterijem. Krožna križišča so tudi eden izmed ukrepov za umiranje prometa, saj se hitrosti zmanjšajo, manj je konfliktnih točk. Krožišča se velikokrat izberejo kot prvo križišče pred vstopom v naselje, da zmanjšamo voznikovo hitrost. Vendar pa je funkcionalnost krožišč slabša v tem, da takih tipov križišč ne moremo povezati med sabo, kot lahko to storimo na semaforiziranih križiščih, kjer lahko ustvarimo zeleni val. Temu rečemo kriterij prometnega vodenja.

Prometno vodenje vključuje tudi prometno signalizacijo (prometni znaki za prednost in obveznost), saj z njimi vodimo prometni tok. Zagotovimo večjo resnost voznikov in lahko zmanjšamo konfliktne točke. Dodatno lahko promet vodimo tudi po obvoznicah. S tem razbremenimo cestno mrežo in jih preusmerimo po drugih tokovih. Ta ukrep je smiseln predvsem pri tranzitnem prometu, da se izognemo nepotrebnim ustavljanjem in upočasnitvam v naselju. [2]

Pri prostorskem kriteriju preverimo okolje in prostor, ki ga imamo na razpolago. Krožna križišča v primerjavi s klasičnim križiščem zavzamejo veliko več prostora. Če se rekonstrukcija dogaja izven naselja na odprtem, s prostorom običajno nimamo težav. Nasprotno je v naseljih, kjer so križišča umeščena med objekte. Prav tako moramo biti pozorni na druge prostorske omejitve, kot so zavarovana območja in lastništvo zemljišča.

Dodatno moramo pretehtati še okoljski kriterij, torej umeščenost in skladnost novega križišča z okolico. Predvsem v naseljih se sredinski otoki krožnih križišč tudi oblikujejo in uredijo, da krožišče sinhroniziramo z okolico. Pri tem je treba paziti, da z visokimi hortikulturnimi ureditvami ne vplivamo na pogled voznika in prometno varnost.

Nenazadnje pa se za rekonstrukcijo križišča odločamo tudi na podlagi ekonomskega kriterija, saj gre za veliko investicijo. Prikazati moramo upravičenost nove prometne ureditve in ekonomsko upravičenost.

[1] [2]

2.2.1 PREUREDITEV KLASIČNEGA KRIŽIŠČA V KROŽIŠČA

Krožišče je nivojsko kanalizirano križišče krožne oblike s sredinskim otokom in krožnim voziščem. Poznamo enopasovna in večpasovna krožna križišča. Zaradi neizkušenosti voznikov se danes gradijo le enopasovna krožišča, večpasovna so nadomestila turbo krožišča. Dodatno poznamo še mini krožna križišča, ki imajo povozni sredinski otok, in montažna krožišča, ki so umeščena v obstoječe klasično križišče z namenom izboljšanja pretočnosti in prometne varnosti.

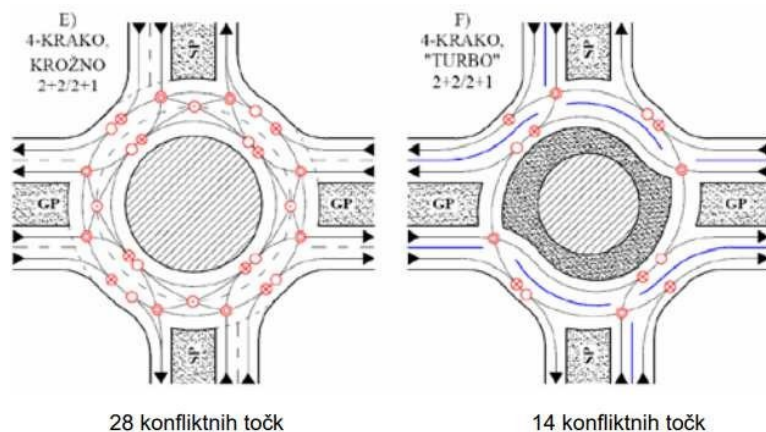
Prednosti krožnega križišča so predvsem prometna varnost, saj imajo manj konfliktnih točk (slika 2), imajo veliko kapaciteto, manj čakalnih časov, povzročajo manj hrupa. Možno je vzpostaviti večkrako križišče, ki je dobro za umirjanje prometa. Nasprotno pa krožišča potrebujejo več prostora kot klasično križišče, zato jih povsod ni možno zgraditi.

Preden se odločimo za preureditev v krožno križišče, moramo pretehtati več kriterijev, ki smo jih navedli na prejšnjih straneh. Krožišče je upravičeno, če bo funkcionalno. Torej, ali bo ustrezna rešitev za cestno omrežje in širše območje. Poleg tega mora ustrezati prepustnosti za trenutno prometno povpraševanje in povpraševanje na koncu planske dobe (20 let). Navadno se za krožišče odločimo, ko je presežena kapaciteta podrejenih smeri na klasičnem križišču – stopnja nasičenosti (razmerje med prometnim povpraševanjem in kapaciteto) preseže 0,85.

Kot že omenjeno, krožišča zahtevajo več prostora za izgradnjo, zato moramo preveriti, ali imamo na voljo dovolj prostora. Pri načrtovanju moramo zagotoviti prevoznost za merodajna vozila.

Krožišče je priporočljivo predvsem takrat, ko imamo ostre kote med kraki, kar pri obravnavanju križišča tudi imamo (slika 5). Pretehtati moramo tudi, ali s tem pripomoremo k boljši prometni varnosti. Nenazadnje pa se vprašamo, ali bo predlagana rešitev tudi ekonomsko upravičena. [1] [3]

V Sloveniji so se gradila tudi večpasovna krožna križišča. Ta imajo z vidika varnosti 28 konfliktnih točk. Ta so se začela preoblikovati v turbo krožišča. Gre za kanalizirano križišče, kar pomeni, da se morajo vozniki že na uvozu postaviti na pravi »kanal krožišča«, da pridejo do izvoza, ki ga želijo. Vozni pasovi so za razliko od dvopasovnih krožišč ločeni z robniki. Ti posredno zagotavljajo tudi manj konfliktnih točk (slika 3). [1]



Slika 4: Primerjava konfliktnih točk 2-pasovnega in turbo krožnega križišča [1]

Kot nadgradnja enopasovnega krožišča turbo krožišče zagotavlja večjo kapaciteto. Slabost turbo krožišča pa je v tem, da zahteva več prostora. Zunanji premer krožišča je med 40 in 70 metrov. [4]

3 PROBLEMATIKA CESTNE MREŽE V NASELJU MOSTE - OBSTOJEČE STANJE

V nalogi smo naredili kapacitetno analizo osrednjega semaforiziranega križišča v Mostah pri Komendi. To križišče je ozko grlo celotnega naselja, zato smo se osredotočili na reševanje le-tega. Ob njem se nahaja tudi manjše, nesemaforizirano križišče, kamor se priključuje lokalna cesta naselja Komenda. Trenutno semaforizirano križišče ne zadošča prometnim obremenitvam, zato so na vpadnih krakih dolge kolone in zamude. Kolone preprečujejo prepustnost tudi tega manjšega nesemaforiziranega križišča, saj se vozila ne morejo vključevati v cestno mrežo. Namen obravnave je analizirati in preurediti osrednje križišče na način, da razbremenimo tudi tok po ostalih cestah in križiščih v naselju.

3.1 PREGLED NESREČ IN PROMETNA VARNOST ZA PEŠCE

Naredili smo pregled nesreč v naselju Moste pri Komendi. V povprečju se v naselju zgodi osem nesreč letno, največ iz razloga vožnje v nepravilni strani vožnje oz. neupoštevanj pravil o prednosti. Po pregledu nesreč lahko ugotovimo, da se večina nesreč k sreči konča zgolj z materialno škodo. V 10-ih letih sta se zgodili dve nesreči, v kateri so bili udeleženi pešci, in tri, v kateri je bil udeležen kolesar. Le ena izmed nesreč, v kateri so bili udeleženi ranljivejši udeleženci v prometu, se je zgodila na osrednjem križišču v Mostah pri Komendi. Ostale nesreče so se zgodile na obrobju naselja Moste. Primer kraja nesreče (ID nesreče: 9431), v kateri je bil poškodovan pešec, je prikazan na spodnji sliki. Na tem mestu ni prehoda za pešce in je zato prečkanje ceste nevarno. V tem primeru je bil povzročitelj nesreče pešec, ki je utrpel lažjo telesno poškodbo.

Preglednica 1: Prikaz nesreč zadnjih 10 let v naselju Moste pri Komendi [5]

LETO	ŠTEVILO NESREČ	VZROK NESREČE							POSLEDICE		
		a	b	c	d	e	f	ostalo	z materialno škodo	z lažjo telesno poškodbo	s hudo telesno poškodbo
2023	7	1	1	1	1	2	0	1	5	2	0
2022	15	2	1	3	1	5	0	3	9	6	0
2021	7	0	1	1	4	1	0	0	4	3	0
2020	2	0	2	0	0	0	0	0	1	1	0
2019	10	2	1	1	1	1	3	1	4	3	3
2018	5	0	1	0	0	4	0	0	4	1	0
2017	8	0	1	0	0	5	0	2	7	1	0
2016	4	0	0	0	2	0	0	2	2	2	0
2015	7	2	1	0	1	3	0	0	6	1	0
2014	16	1	6	0	2	4	1	2	9	7	0
SKUPAJ	81	8	15	6	12	25	4	11	51	27	3

Pri čemer so vzroki nesreče:

- a...premiki z vozilom
- b...neupoštevanje pravil o prednosti
- c...neustrezna varnostna razdalja
- d...neprilagojena hitrost
- e...nepravilna stran / smer vožnje
- f...nepravilno prehitevanje



Slika 5: Primer kraja nesreče

Na tem mestu je treba izpostaviti, da se v središču Most nahaja tudi šola. Najbolj ranljivi udeleženci v prometu so seveda otroci. Do šole vodi tudi cesta Moste – Kamnik, ki je prav tako urejena s pločnikom, obarvanim prehodom za pešce in znakom »šolska pot«.



Slika 6: Bližina šole

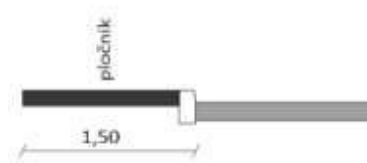


Slika 7: Znak »šolska pot« in pločnik

Na cesti Moste – Mengeš je s talnimi oznakami označeno območje šole. Križišče v okolici šole je urejeno tudi s prehodom za pešce. Vendar, kot lahko vidimo na spodnji sliki, krak od križišča Moste pri Komendi do križišča v bližini šole ni varen. Gre za odsek dolžine 470 m. Na tej razdalji ni urejenega pločnika, cesta ima samo bankino.



Slika 8: Krak Moste - Mengeš



Slika 9: Prečni profil pločnika [6]

Na tem kraku bi bilo potrebno cesto preurediti in razširiti za pešce. To lahko naredimo na več načinov, in sicer s pločnikom, z uvedbo pasu za pešce na vozišču ali s stezo za pešce. Slednja rešitev ni primerna, saj steza za pešce zahteva najmanj 2 m širine. Prav tako ni primerna steza za pešce, le-ta se lahko uporabi v primerih, da najvišja dovoljena hitrost ne presega 30 km/h.

Zato je treba zgraditi pločnik. Običajna širina pločnika na voziščih, kjer je najvišja dovoljena hitrost 50 km/h, je 1,50 m. [6]

3.2 KRIŽIŠČE MOSTE PRI KOMENDI

3.2.1 LOKACIJA IN GEOMETRIJA KRIŽIŠČA

Obravnavano križišče se nahaja v centru naselja Moste pri Komendi in predstavlja pomemben prehod tako za domačine kakor tudi za turiste. Križišče sestavljata državni cesti 2. reda, in sicer glavna cesta G2-104, ki povezuje Mengeš skozi Moste pri Komendi proti Brniku, in regionalna cesta R2-413, ki povezuje Vodice skozi Moste pri Komendi proti Kamniku. [7]

Cesta G2-104 je pomembna, saj je glavna pot proti letališču Ljubljana (Brnik), ki je edino večje komercialno letališče v bližini, cesta R2-413 pa povezuje Kamnik in Vodice, industrijsko cono Komenda ter avtocestni priključek. Po podatkih PLDP državno cesto Mengeš – Brnik prevozi preko 12.000 vozil, regionalno cesto Vodice – Kamnik pa preko 10.000 vozil, zato velja za eno bolj obremenjenih križišč. Zaradi prevelike obremenjenosti velja za manj pretočno in problematično križišče v osrednjeslovenski regiji. V jutranji in popoldanski konici se zaradi prevelikih prometnih obremenitev pojavljajo dolge kolone in zamude. To križišče je trenutno semaforizirano, nepravilne oblike in zato tudi nepregledno. [3]





Slika 11: Geometrija križišča (vir: osebni arhiv)

Dodatna specifika križišča je na kraku B, kjer se le 20 metrov od križišča priključuje lokalna cesta, ki s križiščem povezuje Komendo in okoliška naselja. Krak povzroči dodatne konfliktne točke in povzroča zmedo. Vozniki pogosto ne pustijo dovolj prostora za vozila, ki želijo zaviti na lokalno cesto, kar povzroči zastoje in kolone, ki lahko sežejo tudi v sredino križišča.



Slika 12: Priključek lokalne ceste (vir: osebni arhiv)

3.2.2 PROMETNE OBREMENITVE

Za potrebe tega zaključnega dela smo izvedli štetje na četrtek, 14. decembra 2023. Štetje je potekalo v jutranjih urah, od 5:00 do 8:00, in v popoldanskih urah med 14:00 in 17:00 z namenom, da bi dobili jutranjo in popoldansko urno konico.

Ugotovili smo, da je križišče več ur, torej cel čas štetja, zelo obremenjeno. Konična ura tako v resnici ne traja le eno uro, ampak je križišče vsaj dve uri v takšnem stanju, kot ga bom analiziral v tem delu. V prilogi je prikazano štetje v omenjenih urnih konicah. Razdeljeno je po tipih vozil: motorji, osebni avtomobili in lahka tovorna vozila, srednje težka in težka tovorna vozila, avtobusi ter tovornjaki s priklopnikom in vlačilci.

Za ugotovitev urne konice je treba vozila pretvoriti v enoto EOV. Srednje težka, težka tovorna vozila in avtobusi predstavljajo 2 EOV, tovornjaki s priklopniki in vlačilci pa predstavljajo 3 EOV. Iz rezultatov štetja smo določili jutranjo konico, ki traja med 5:30 in 6:30, in popoldansko konico, ki traja med 14:00 in 15:00.

Na vsakem kraku moramo izračunati tudi delež tovornih vozil in faktor urne konice. Iz tabele je razvidno, da je največ tovornih vozil na kraku A – desni zavijalci, in na kraku D pri levih zavijalcih. To pojasnjuje lokacija Industrijske cone Komenda v smeri Vodice.

Dodatno smo za vsak krak izračunali faktor urne konice (1). Faktor nam pove, kako se promet spreminja v času urne konice. Izračunamo ga kot razmerje med prometnimi obremenitvami (Q) v časovnem intervalu in štirikratnikom maksimalne 15-minutne prometne obremenitve v intervalu urne konice.

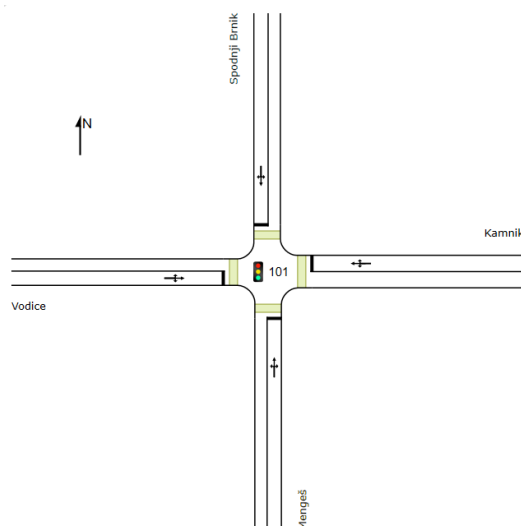
$$FKU = \frac{Q_{K\ 60}}{4 \cdot \max Q_{K\ 15}}. \quad (1)$$

Je (manjka nekaj pred Je – kaj je vrednost med ...?) vrednost med 0,25 in 1, pri čemer 1 pomeni, da so štirje 15-minutni intervali enaki in je 15-minutna prometna obremenitev konstantna, vrednosti blizu 0,25 pa je neenakomerno razporejen promet. Za obravnavano križišče je vrednost FKU v jutranji konici med 0,83 in 0,95, v popoldanski pa med 0,76 in 0,92. Takšne vrednosti, med 0,8 in 0,9, so tipične za mestne prometne obremenitve in pomenijo enakomeren promet brez izrazitih nihanj. To smo opazili tudi tekom štetja, da je tok prometa konstanten.

Pešcev in kolesarjev v kapacitetni analizi nismo upoštevali, saj jih tudi na dan štetja ni bilo. Iz poglavja 3.1. smo ugotovili, da do križišča na kraku Most – Mengeš pločnika ni, kar v križišče posledično ne privablja pešcev.

3.2.3 KAPACITETNA ANALIZA

Na spodnji sliki je prikazana geometrija križišča v Mostah pri Komendi v programu SIDRA INTERSECTION.

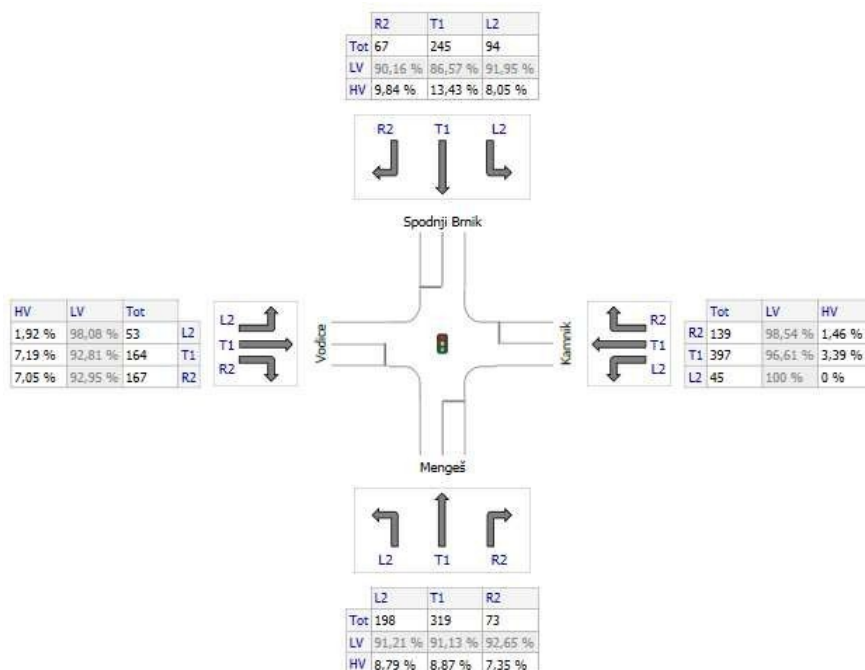


Slika 13: Geometrija križišča v Mostah

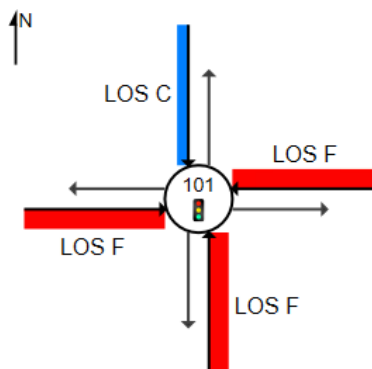
3.2.3.1 JUTRANJA KONICA

V programu smo najprej analizirali stanje v jutranji urni konici, ki traja med 5:30 in 6:30 uro. Na spodnji sliki so prikazane prometne obremenitve in delež tovornih vozil.

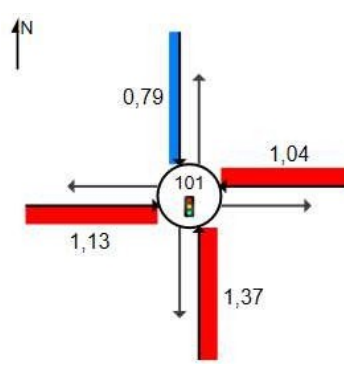
V nadaljevanju so prikazani rezultati analize. Lahko ugotovimo, da je nivo uslug na krakih A, B in D ranga F, kar pomeni, da stanje nikakor ni zadovoljivo. Na kraku C je stanje še sprejemljivo, saj je nivo uslug C. Stopnja nasičenosti je na treh krakih prekomerna, najslabše stanje je na kraku A, kjer je stopnja nasičenosti kar 1,37. Enako je s povprečno dolžino kolone, ki je na omenjenem kraku preko 442 m. To pomeni, da kolona sega do predhodnega križišča in tudi tam povzroča zastoje in zamude. Zamude na tem križišču trajajo 1-3 minute, na krakih B in D, na kraku A pa se vozilo zadrži do 6 minut.



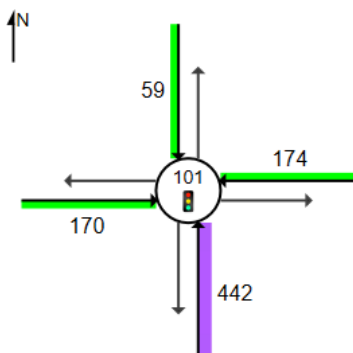
Slika 14: Prometne obremenitve v času jutranje konice



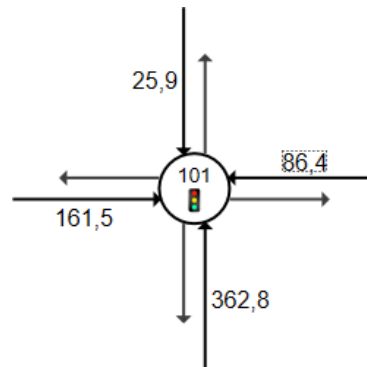
Slika 15: Nivo uslug v času jutranje konice



Slika 16: Stopnja nasičenost v času jutranje konice



Slika 17: Povprečna dolžina kolone v času jutranje konice v metrih



Slika 18: Zamude v času jutranje konice v sekundah

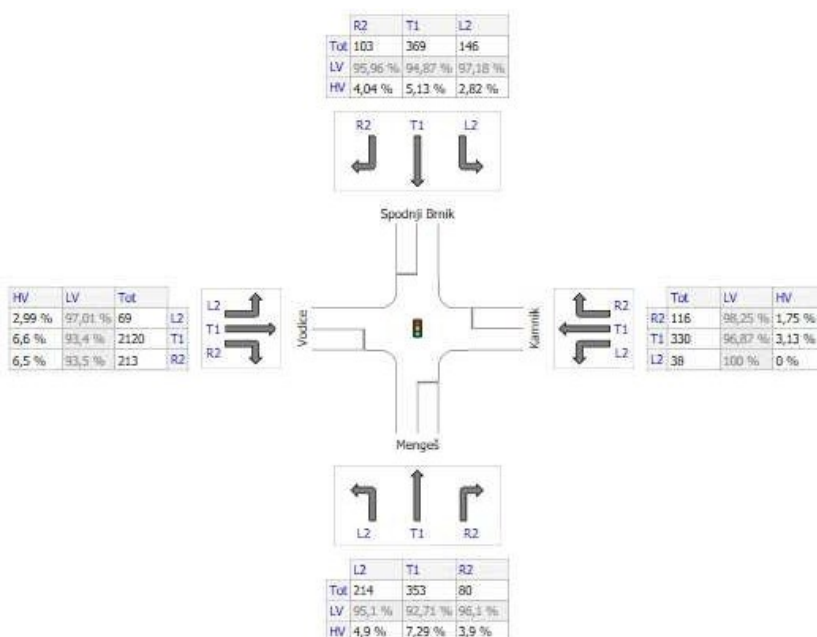
3.2.3.2 POPOLDANSKA KONICA

Na enak način smo analizirali tudi stanje v popoldanski konici. Vhodni podatki za analizo so prikazani na sliki 9. Urna konica traja med 14:00 in 15:00 uro.

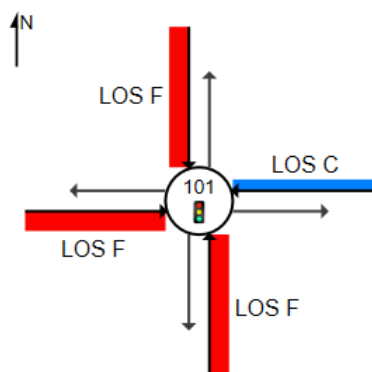
Stanje je podobno, na treh krakih je nivo uslug F, tokrat na krakih A, C in D. Najslabše stanje je še vedno na kraku A, kjer je stopnja nasičenosti še večja, in sicer znaša 1,82. V nasprotju z jutranjo urno konico pa stanje na kraku C ni sprejemljivo. Stopnja nasičenosti je prekomerna, nad 1,0, pojavijo se tudi kolone, ki so v povprečju dolge 400 m. Kolone na kraku A so v povprečju še za 200 m daljše.

Zamude na krakih C in D so dolge 2-5 minut, na kraku A pa so še daljše kot v jutranji konici in trajajo približno 13 minut.

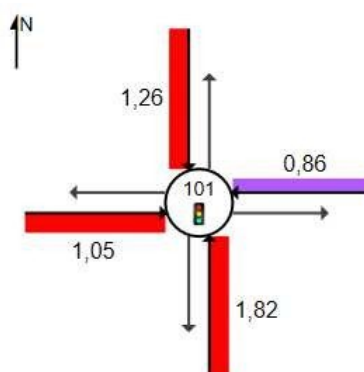
Krak B v popoldanski konici ni kritičen. Nivo uslug je C, vendar je stopnja nasičenosti že 0,86, kar pomeni, da bo krak kmalu polno nasičen. Težavo kljub ustreznemu nivoju uslug še vedno predstavlja priključek lokalne ceste, saj kolona dolžine 75 m še vedno preprečuje tekoče vključevanje vozil.



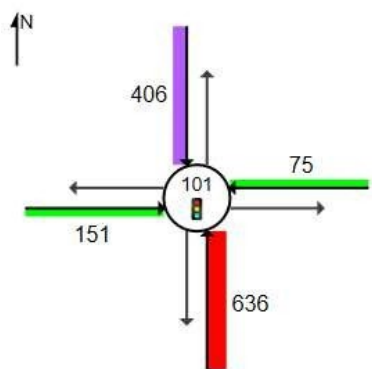
Slika 19: Prometne obremenitve v času popoldanske konice



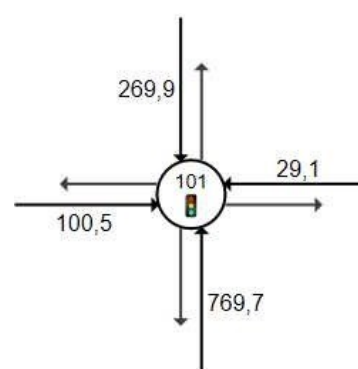
Slika 20: Nivo uslug v času popoldanske konice



Slika 21: Stopnja nasičenosti v času popoldanske konice



Slika 22: Povprečna dolžina kolone v času popoldanske konice v metrih



Slika 23: Zamude v času popoldanske konice v sekundah

4 REŠEVANJE PROBLEMATIKE UREDITVE PROMETNIH POVEZAV NASELJA MOSTE

V prilogi A so prikazani podatki štetja za križišče Moste pri Komendi. Lahko ugotovimo, da križišče v JK in PK prečka približno 2200 vozil/uro. To pomeni, da bi za zagotavljanje pretočnosti križišče morali preurediti v krožišče. Razlog za odločitev in analizo krožišč je tudi v večji varnosti, saj ima zgolj osem konfliktnih točk. Moji predlogi za izboljšanje stanja bodo trije in bodo postopni: najprej z dodajanjem pasu za desne zavijalce na kraku Vodice – Moste, nato rekonstrukcija križišča v krožno križišče ter nadgradnja krožnega v turbo krožišče. Kapacitetna analiza bo potekala na prometnih obremenitvah v planski dobi 20 let, z 1 % letno stopnjo rasti prometnih obremenitev.

Krožišče in turbo krožišče sta varianti, ki se zaradi pomanjkanja prostora na obstoječem križišču premakneta na odprto. Premik križišča na odprto je tudi projektna rešitev Ljubljanskega urbanističnega zavoda. Kot je prikazano na spodnji sliki, je namen izgraditi:

- obvoznico na kraku Vodice – Moste,
- krožno križišče,
- priključek na krožno križišče s kraka Sp. Brnik – Moste in
- križišče s cesto v Moste – zahod in cesto v Suhadole – zahod. [8]



Slika 24: Projektna rešitev LUZ [8]

Projektna rešitev podjetja LUZ d.d. bi razbremenila celotno prometno mrežo v Mostah pri Komendi. Na območju, kjer je predvideno krožišče, so trenutno kmetijska zemljišča, zato ni težav s prostorom za novozgrajeno krožišče. V nadaljevanju smo naredili kapacitetno analizo z obstoječimi prometnimi obremenitvami za primer, kot je na sliki, in na predpostavki, da se celoten prometni tok prestavi na novo prometno mrežo.

Projektna rešitev podjetja v izgradnji novega krožnega križišča predvideva 5-krako krožišče. Dodaten krak je krak obvoznice vasi Žeje pri Komendi. Gre za vas s 150-timi prebivalci, zato lahko predpostavimo, da dodaten peti krak nima vpliva izrazitega vpliva na prometne obremenitve, ima pa vpliv na pretočnost, saj je pred naseljem omejitev hitrosti 90 km/h. Tako bi se na novo križišče vozila priključevala brez zmanjšanja hitrosti zaradi naselja.

Predviden je tudi nov priključek s kraka Spodnji Brnik – Moste. S tem prometne obremenitve preusmerimo na krožno križišče in ne skozi naselje, in sicer v primeru, da se odpravljajo v smer proti Mengšu. V ta namen je predvidena tudi obvoznica na kraku Mengeš – Moste. Ta se priključuje na novozgrajeno klasično križišče.

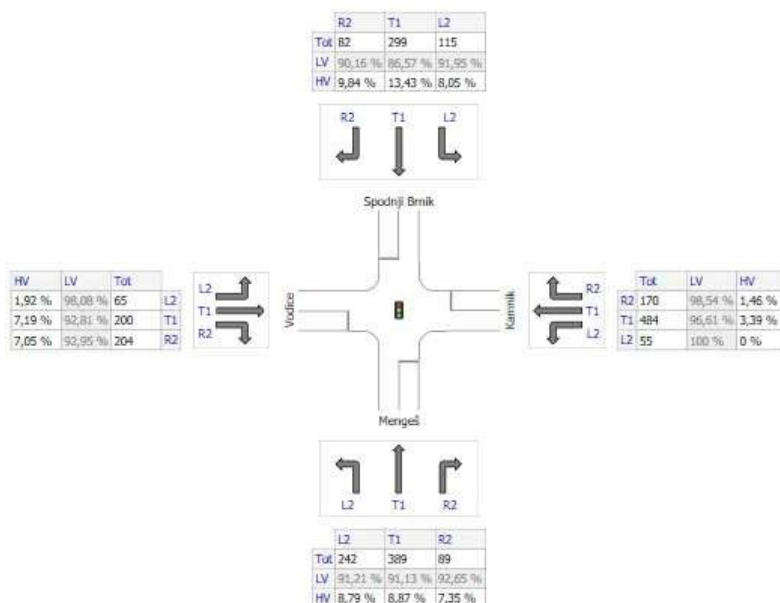
4.1 PROMETNE OBREMENTITVE PRI ANALIZI VARIANT

Prometne obremenitve za predlagane variante smo izračunali za plansko dobo 20 let. Upoštevali smo srednjo ali povprečno letno rast, in sicer 1%. Za obravnavano križišče je to:

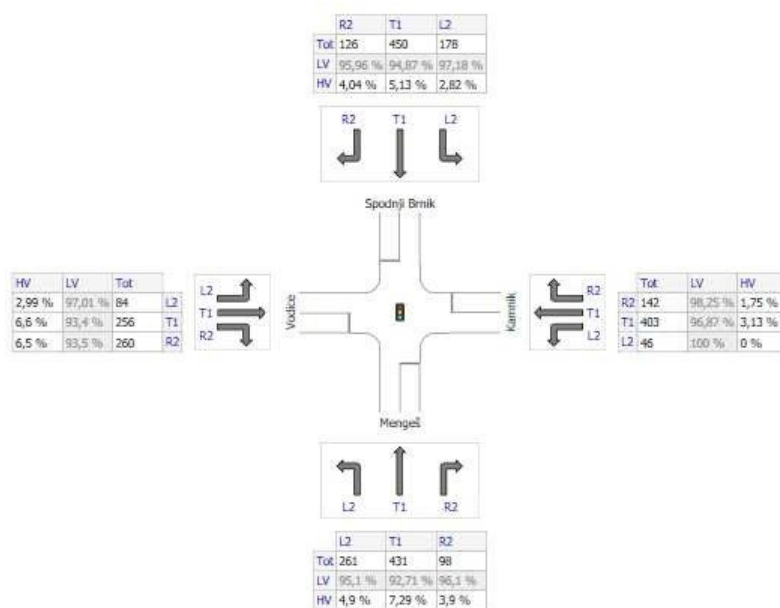
$$F = (1 + \text{letni \% rasti prometa})^{\text{število let}} = (1 + 0,01)^{20} = 1,22. \quad (2)$$

To pomeni, da bodo prometne obremenitve čez 20 let povečane za 22 %. S tem koeficientom smo za prometno analizo pomnožili današnje prometne obremenitve. Predpostavili smo, da je letna rast na celém križišču (po vseh krakih) enaka – 1 %.

Za analizo smo uporabili prometne obremenitve, prikazane na spodnji sliki.



Slika 25: Prometne obremenitve v jutranji konici v planski dobi 20 let



Slika 26: Prometne obremenitve v popoldanski konici v planski dobi 20 let

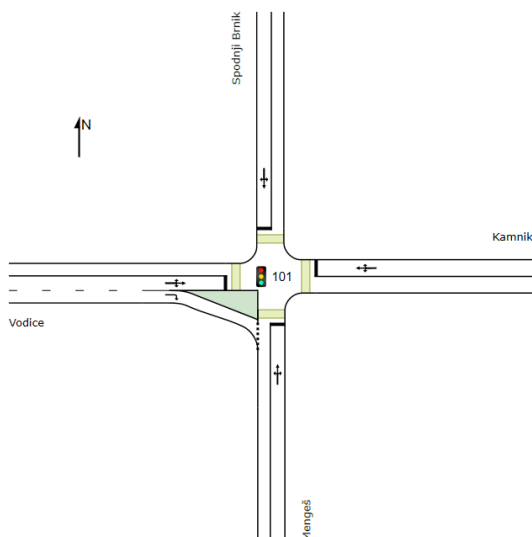
4.2 VARIANTA 1 – DODAJANJE VOZNEGA PASU ZA DESNE ZAVIJALCE

Prva zamisel izboljšave križišča je varianta z dodatnim pasom za desne zavijalce na kraku D. Za ta ukrep in edini bypass smo se odločili zato, ker je teh zavijalcev največ, tako v jutranji kot tudi v popoldanski konici, in jih je preko 200. Dodatno smo se za to varianto odločili, saj gre za stransko cesto in nas je zanimalo, kako lahko bypass pripomore k pretočnosti kraka.

Ta rešitev je pogojno prostorsko izvedljiva tudi na območju trenutnega križišča. Za izgradnjo 3 m pasu imamo na voljo 50 m dolžine. Omejitev pri tej varianti so lastništva zemljišč, ki bi jih bilo potrebno odkupiti za izgradnjo.

4.2.1 LOKACIJA IN GEOMETRIJA

Geometrija križišča z dodanim pasom za desne zavijalce je prikazana na spodnji sliki. V poglavju 4.2.2.1 je analizirano stanje v jutranji konici, v poglavju 4.2.2.2 pa so prikazani rezultati v popoldanski konici.



Slika 27: Geometrija križišča z dodanim voznim pasom za desne zavijalce

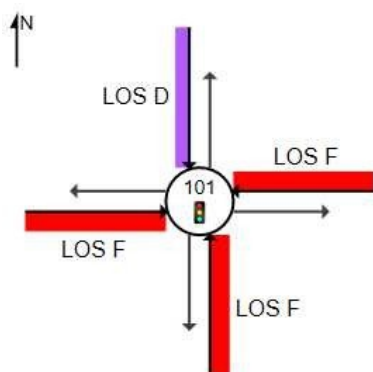


Slika 28: Prostorski kriterij variante 1

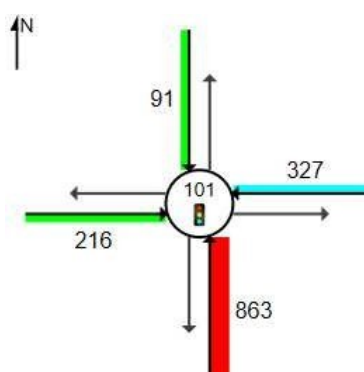
4.2.2 KAPACITETNA ANALIZA

4.2.2.1 JUTRANJA KONICA

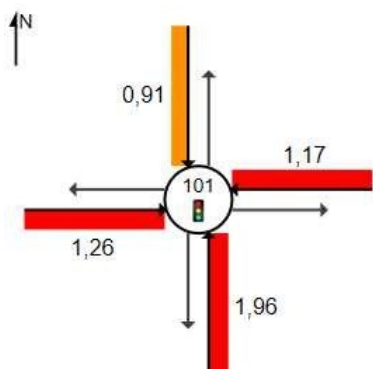
Ugotovili smo, da se v jutranji konici stanje izrazito ne izboljša, saj nivo uslug na kraku Vodice-Moste ostaja F. V primerjavi s sedanjim stanjem se zaradi povečanja prometnih obremenitev v planski dobi 20 let stanje poslabša. Stopnja nasičenosti je še vedno prekomerna, kolone in zamude so daljše.



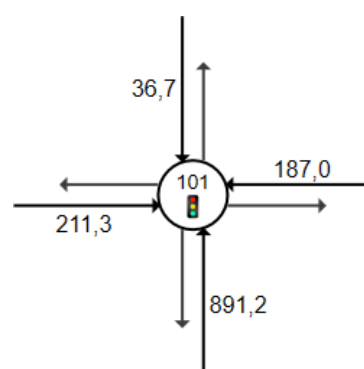
Slika 29: Nivo uslug za varianto 1 v času jutranje konice



Slika 31: Povprečna dolžina kolone za varianto 1 v času jutranje konice v metrih



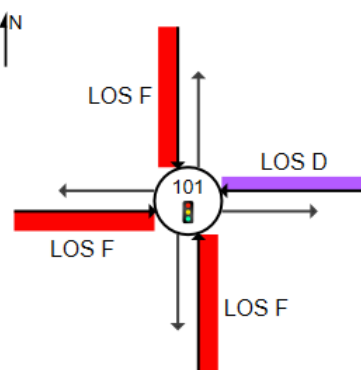
Slika 30: Stopnja nasičenosti za varianto 1 v času jutranje konice



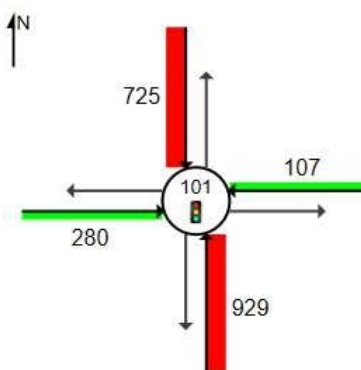
Slika 32: Zamude za varianto 1 v času jutranje konice v sekundah

4.2.2.2 POPOLDANSKA KONICA

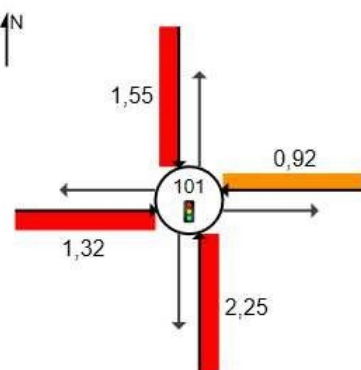
V popoldanski konici pride bypass bolj v poštev, saj imamo več desnih zavijalcev. Vendar pa se podobno kot pri jutranji konici v primerjavi s sedanjim stanjem zaradi povečanja prometnih obremenitev v planski dobi 20 let stanje poslabša.



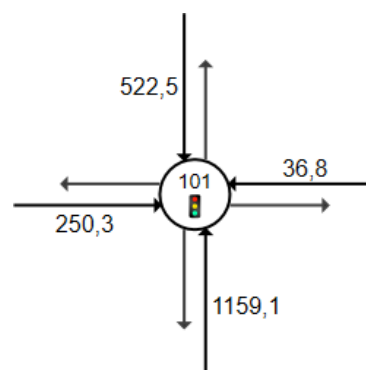
Slika 33: Nivo uslug za varianto 1 v času popoldanske konice



Slika 35: Povprečna dolžina kolone za varianto 1 v času popoldanske konice v metrih



Slika 34: Stopnja nasičenosti za varianto 1 v času popoldanske konice



Slika 36: Zamude za varianto 1 v času popoldanske konice v sekundah

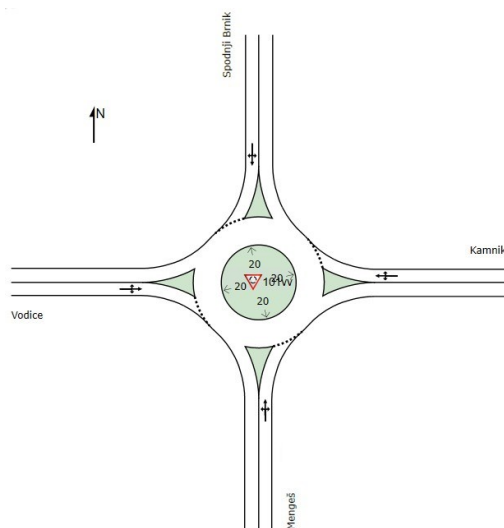
4.3 VARIANTA 2 – KROŽIŠČE

Ugotovimo lahko, da rešitev z dodatnim pasom za desne zavijalce ni najboljša rešitev in da je treba dati večji poudarek na reševanju stanja na kraku A in kraku C. Predvsem je potrebno ugotoviti, kako bi ločili leve zavijalce na kraku A, saj je tudi teh preko 200 tako v jutranji kot v popoldanski konici.

Dejstvo je, da je križišče na lokaciji, kjer ni dovolj prostora za dodajanje novih voznih pasov ali za popolno rekonstrukcijo križišča. Zato sta varianti 2 in 3 zamišljeni kot predlog rešitve, pri katerih se križišče prestavi na drugo lokacijo (glej sliko 24).

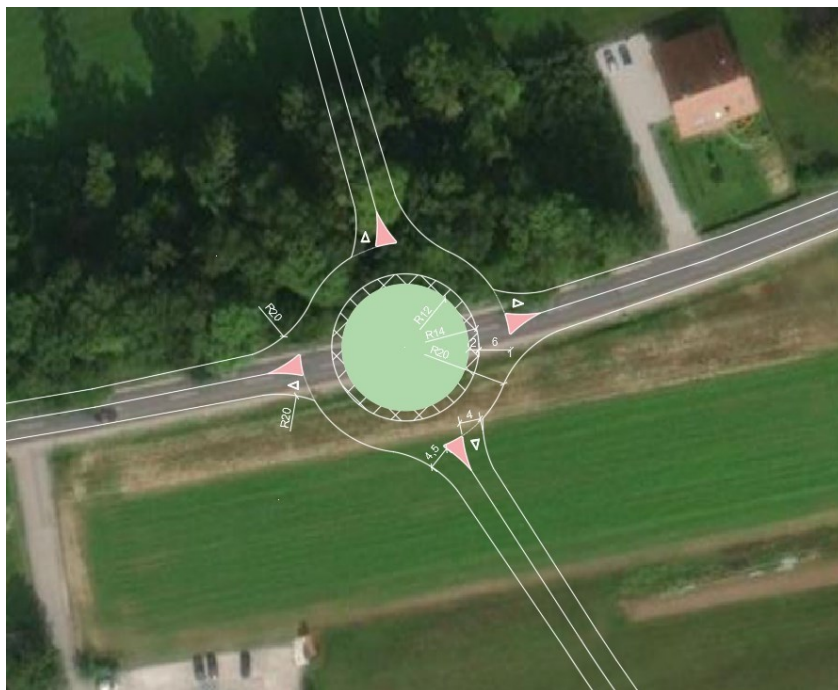
4.3.1 LOKACIJA IN GEOMETRIJA

Zasnovali smo krožno križišče, geometrija je prikazana na spodnji sliki. Za razliko od projektne rešitve podjetja, prikazane na sliki 24, smo zasnovali običajno 4-krako krožno križišče.



Slika 37: Geometrija krožnega križišča

Varianto smo izrisali tudi v programu AutoCAD po vzoru projektne rešitve LUZ d.d. Zasnova križišča je prikazana na risbi v prilogi. Ker gre za srednje veliko urbano krožišče, mora biti zunanji premer krožišča med 30 in 45 metri. Merodajno vozilo za izbor elementov prevoznosti je tovornjak s prikolico. Izbrali smo zunanji radij 20 m, širina krožnega voznega pasu je 6 m, dodali pa smo še 2 m povozne površine za tovorna vozila. Radij na uvozu je 20 m, prav tako na izvoznem pasu. Širina voznih pasov, ki se priključujejo na krožišče, je 4,00 m, na izvozu pa 4,50 m. [4]

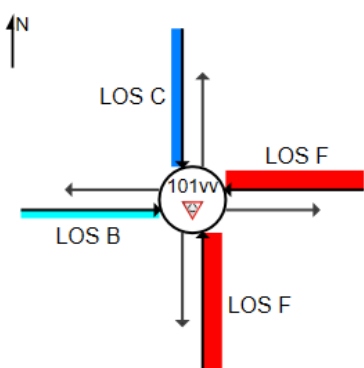


Slika 38: Izris krožnega križišča na novi lokaciji

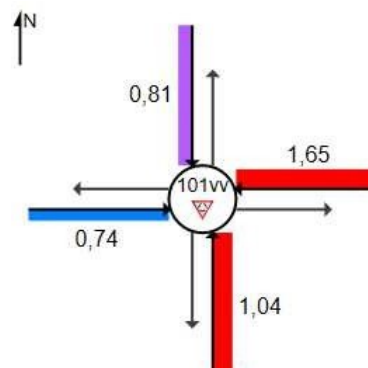
4.3.2 KAPACITETNA ANALIZA

Čeprav smo v teoretičnem delu ugotovili, da je kapaciteta krožnega križišča do 2500 vozil/uro, ta rešitev še vedno ni optimalna, saj je tako v JK kot v PK na enem kraku še vedno nivo uslug F. Ostali kraki pogojno ustrezajo zahtevam, saj so nivoji uslug med B in D. Hkrati pa lahko vidimo, da stopnja nasičenosti v popoldanski konici presega mejo 0,85, kar bi pomenilo, da moramo križišče preurediti. Očitno prometno povpraševanje presega kapaciteto enokrakega križišča.

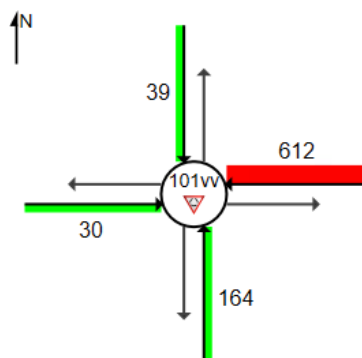
4.3.2.1 JUTRANJA KONICA



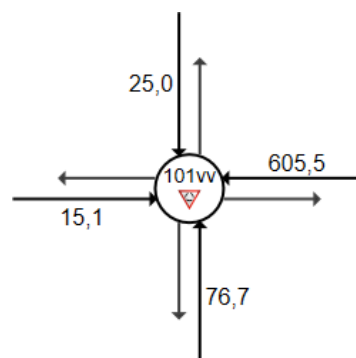
Slika 39: Nivo uslug za varianto 2 v času jutranje konice



Slika 40: Stopnja nasičenosti za varianto 2 v času jutranje konice

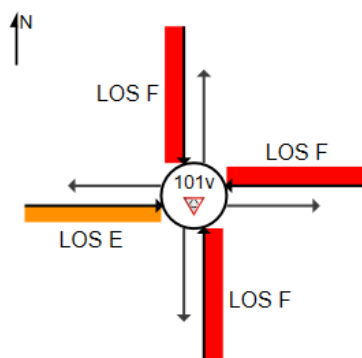


Slika 41: Povprečna dolžina kolone za variant 2 v času jutranje konice v metrih

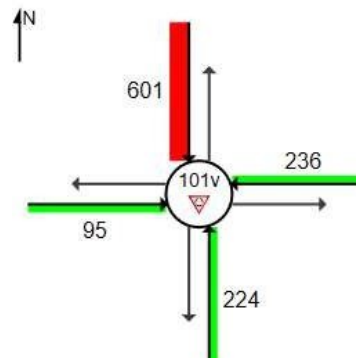


Slika 42: Zamude za variant 2 v času jutranje konice v sekundah

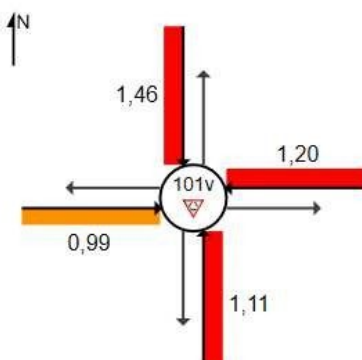
4.3.2.2 POPOLDANSKA KONICA



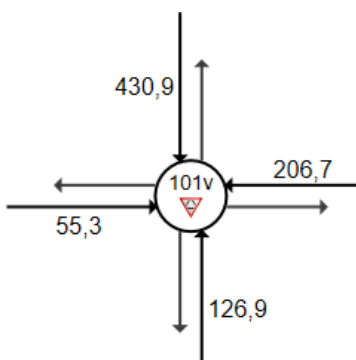
Slika 43: Nivo uslug za variant 2 v času popoldanske konice



Slika 45: Povprečna dolžina kolone za variant 2 v času popoldanske konice v metrih



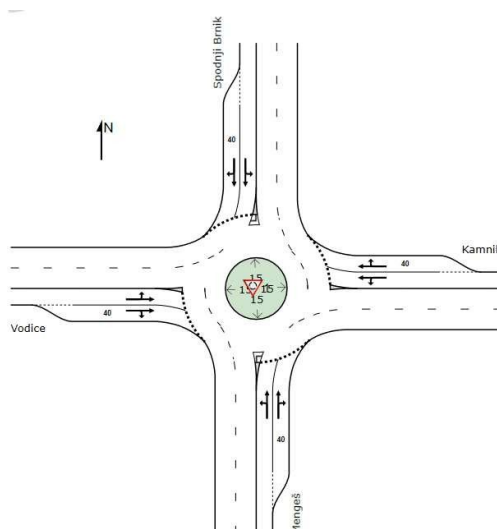
Slika 44: Stopnja nasičenosti za variant 2 v času popoldanske konice



Slika 46: Zamude za variant 2 v času popoldanske konice v sekundah

Kot tretjo varianto smo naredili turbo krožišče, ki je vedno pogostejša varianta rekonstrukcije križišč. Analiza je pokazala, da je izmed treh podanih možnosti ta najboljša. Vidimo, da tako v jutranji kot tudi v popoldanski dosežemo nivo uslug A oz. na kraku C v jutranji konici nivo uslug B. Kolon in zamud praktično ni.

Turbo krožišče se nahaja na isti lokaciji kot varianta s krožiščem. Ta varianta zahteva še nekoliko več prostora, saj gre v resnici za preoblikovano dvopasovno krožno križišče. Notranji radij je 15 m, uvozni pasovi so široki 3,5 m, izvozni pa 5,0 m. Uvozni kraki so dolgi 40 m, na izvozu pa se na razdalji 40-50 metrov izvozna pasova združita v enega. [9]



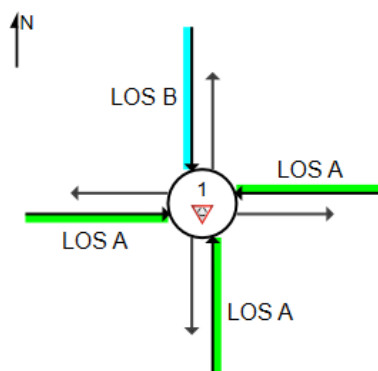
Slika 47: Geometrija turbo krožišča



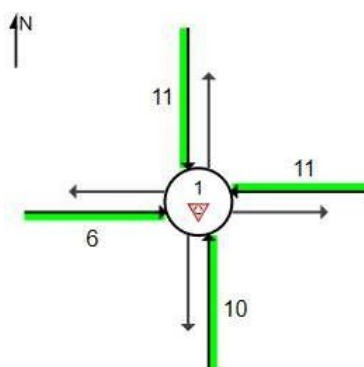
Slika 48: Izris turbo krožišča na novi lokaciji

4.4.1 KAPACITETNA ANALIZA

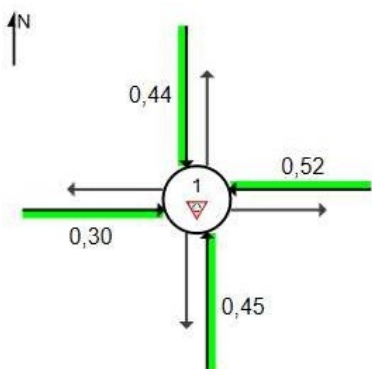
4.4.1.1 JUTRANJA KONICA



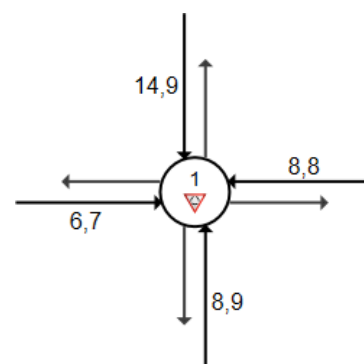
Slika 49: Nivo uslug za varianto 3 v času jutranje konice



Slika 51: Povprečna dolžina kolone za varianto 3 v času jutranje konice v metrih

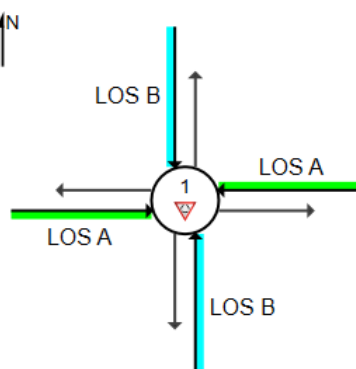


Slika 50: Stopnja nasičenosti za varianto 3 v času jutranje konice

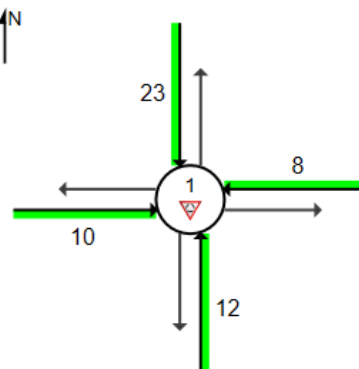


Slika 52: Zamude za varianto 3 v času jutranje konice v sekundah

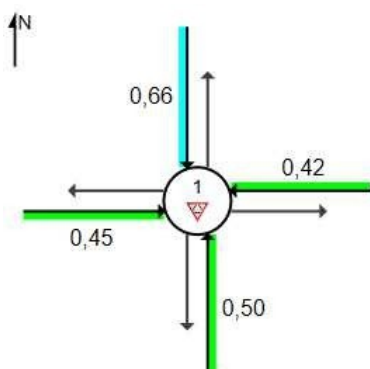
4.4.1.2 POPOLDANSKA KONICA



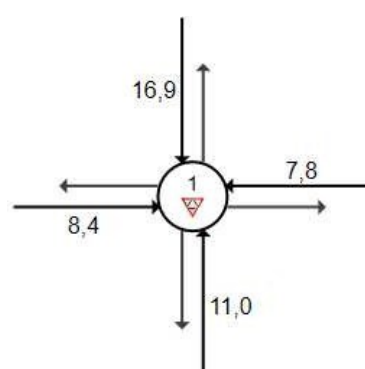
Slika 53: Nivo uslug za varianto 3 v času popoldanske konice



Slika 55: Povprečna dolžina kolone za varianto 3 v času popoldanske konice v metrih



Slika 54: Stopnja nasičenosti za varianto 3 v času popoldanske konice



Slika 56: Zamude za varianto 3 v času popoldanske konice v sekundah

»Ta stran je namenoma prazna.«

5 PRIMERJAVA VARIANT

Naredili smo tri variante rešitev obstoječega stanja za osrednje križišče v naselju Moste pri Komendi. Prva varianta je bila rekonstrukcija na obstoječem križišču z dodajanjem pasu za desne zavijalce na stranskem kraku Vodice – Moste. Druga varianta je bila preureditev križišča v krožno križišče in prestavitev križišča na odprto. Tretja varianta pa je bila preureditev v turbo krožišče, ki je prav tako prestavitev na odprto.

Za vsako varianto smo naredili kapacitetno analizo križišča v planski dobi 20 let. Iz napovedi prometa, pri kateri smo vzeli srednjo letno rast (1 % letno), smo ugotovili, da bi se v 20-tih letih promet povečal za 22 %. Ta koeficient smo upoštevali v napovedi prometnih obremenitev, ki smo jih uporabili v analizi. Prva varianta, dodajanje pasu za desne zavijalce, nam ne prinese zelenih rezultatov, saj so prometne obremenitve še vedno prevelike za kapaciteto, ki nam jo nudi obstoječe križišče. Ugotovili smo, da z letno rastjo na obstoječi lokaciji križišča ne moremo zagotoviti ustrezne pretočnosti. Zato smo lokacijo križišča prestavili na odprto. Pri tem smo si pomagali z idejno zasnovo podjetja LUZ d.d., ki je prav tako predvidelo krožno križišče in več obvoznic, da bi s tem razbremenili in preusmerili tok izven naselja Moste.

Naredili smo kapacitetno analizo druge variante – krožno križišče. Pri tem smo prav tako uporabili napoved prometa čez 20 let. Resda s tem razbremenimo naselje, ampak smo ugotovili, da varianta še vedno ni ustrezna, saj enopasovno krožišče v planski dobi ne bo zadoščalo in nudilo ustrezne kapacitete. Varianto smo tudi izrisali in umestili v prostor.

Tretja varianta je bilo turbo krožišče. Tudi to varianto smo izrisali in umestili v prostor. Turbo krožišče zahteva nekaj več prostora, a hkrati tudi nudi večjo kapaciteto. Kapacitetna analiza je pokazala, da ta varianta nudi zadostno kapaciteto za prometne obremenitev, ki smo jih izračunali z napovedjo prometnih obremenitev.

Iz analize vseh treh variant se je izkazalo, da je turbo krožišče najboljša varianta za rešitev prepustnosti prometnega toka skozi naselje Moste pri Komendi. Podjetje LUZ d.d. je v svoji projektni rešitvi predvidelo krožno križišče, v zakup pa moramo vzeti, da je bila rešitev predstavljena l. 2012, torej 10 let nazaj. V tem času se je promet povečal, naše rešitve pa so bile upoštevane še za 20 let naprej, ko napovedujemo še več prometnih obremenitev na tem križišču.

V naselju Moste pri Komendi je treba prometni tok preusmeriti izven naselja. S tem se lahko reši tudi problematika nesemaforiziranega križišča v bližini analiziranega križišča. Z odmikom glavnega prometnega toka poskrbimo tudi za prometno varnost najranljivejših v prometu (pešci, kolesarji). Na kraku Mengeš – Moste bi z zmanjšanjem prometnih obremenitev imeli tudi več prostora za obnovo in umestitev pločnika (glej poglavje 3.1.). Na mestu trenutnega križišča se lahko naredi tudi cona umirjenega prometa, kar je bolj prijazno in varno do pešcev in kolesarjev.

»Ta stran je namenoma prazna.«

6 ZAKLJUČEK

V diplomski nalogi smo analizirali cestno mrežo naselja Moste. Osrednja problematika naselja se nahaja na semaforiziranem križišču središču naselja. Gre za semaforizirano križišče nepravilne oblike, kjer PLDP znaša preko 10.000 vozil. Križišče že več let predstavlja ozko grlo. S kapacitetno analizo obstoječega stanja smo to tudi pokazali. Ugotovili smo, da je z nivojem uslug F potrebna preureditev križišča ali njegov obvoz z novim križiščem. Zato smo preverili tri projektne variante, jih analizirali in presodili, ali bi rešile problem pretočnosti in zadoščale prometnim obremenitvam. Slednje smo preračunali za plansko dobo 20 let. Predvideli smo letno rast 1 % letno in ugotovili, da se bodo od današnjih povečale za 22 %.

Prva varianta je nadgradnja na obstoječi lokaciji križišča, in sicer z dodajanjem pasu za desne zavijalce. Drugi dve varianti pa sta krožišče in turbo krožišče, pri čemer se križišče premakne na novo lokacijo. Kraki, ki se na križišče priključujejo, so v resnici obvozne ceste naselja. S tem bi preusmerili promet in razbremenili prometno mrežo naselja.

Za prvo varianto smo se odločili, ker je na tem pasu največ desnih zavijalcev. Izkazalo se je, da rešitev nima posebnega vpliva na izboljšanje stanje križišča in je potrebno dati več poudarka na nadgradnjo krakov A in C. Ta dva kraka sta del regionalne ceste 2. reda in povezujeta Kranj in Letališče Jožeta Pučnika Ljubljana ter Mengeš in Ljubljano.

Kapacitetna analiza v programu Sidra Intersection je pokazala, da se stanje na obravnavanem križišču izboljša, če križišče preuredimo v krožišče. Vendar pa preureditev ne reši stanja, saj imamo tako v jutranji kot v popoldanski konici na enem kraku še vedno nivo uslug F. Zato smo se za tretjo varianto odločili za turbo krožišče, ki zagotavlja boljšo pretočnost.

Izkazalo se je, da je tretja rešitev najprimernejša, saj po HCM to križišče doseže nivo uslug A, minimalne dolžine kolon in zamud, stopnja nasičenosti križišča pa znaša med 0,25 in 0,52, kar je pod »mejo rekonstrukcije«, ki za križišča znaša 0,85.

Drugo in tretjo varianto smo tudi umestili v prostor, pri čemer smo si pomagali z idejno zasnovo podjetja LUZ d.d., ki je v l. 2012 že naredila analizo cestne mreže v naselju Moste pri Komendi.

Zaključimo lahko, da je turbo krožišče sodobna in primerna rešitev. Obstoječe stanje je nezadovoljivo in ima iz vidika varnosti tudi veliko konfliktnih in kritičnih točk. Izvedba turbo krožišča je tako bolj varna izbira, prav tako bo ustrezna za obdobje celotne planske dobe. Ne glede na to, kakšno projektno rešitev izberemo, pa je nujno potrebno, da promet vodimo izven mesta in tako razbremenimo ceste v naselju.

»Ta stran je namenoma prazna.«

VIRI

- [1] T. Maher, Osnove teorije prometnega toka in kapaciteta prometnih objektov, Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 2006.
- [2] S. Leben, „Metodologija za izbor optimalne ureditve križišča - preveritev na konkretnem primeru : diplomska naloga,“ Univerza v Ljubljani, Ljubljana, 2009.
- [3] Ministrstvo za infrastrukturo, Direkcija Republike Slovenije za infrastrukturo, „Odprti podatki Slovenije,“ 2024. [Elektronski]. Dostopno na: <https://podatki.gov.si/dataset/pldp-karte-prometnih-obremenitev>.
- [4] Republika Slovenija, Ministrstvo za infrastrukturo, Projektiranje cest in prometna varnost, Krožna križišča, Ljubljana: Ministrstvo za infrastrukturo, 2023.
- [5] Ministrstvo za notranje zadeve, „Prometna varnost,“ [Elektronski]. Dostopno na: <https://www.policija.si/o-slovenski-policiji/statistika/prometna-varnost>. [Poskus dostopa 2024].
- [6] Ministrstvo za infrastrukturo, „Projektiranje cest in prometna varnost, površine za pešce,“ 2023. [Elektronski]. Dostopno na: <https://www.gov.si/assets/organi-v-sestavi/DRSI/Dokumenti-DRSI/Tehnicne-specifikacije/TSPI-PCPV-PGV.03.320-Povrsine-za-pesce.pdf>. [Poskus dostopa 2024].
- [7] Realis d.o.o., „PISO portal,“ 2023. [Elektronski]. Dostopno na: <https://www.geoprostor.net/PisoPortal/Default.aspx>.
- [8] Ljubljanski urbanistični zavod d.d., „Glavna cesta Želodnik - Mengeš - Vodice,“ 2012. [Elektronski]. Dostopno na: <http://www.luz.si/projekti/glavna-cesta-zelodnik-menges-vodice>. [Poskus dostopa 2024].
- [9] Republika Slovenija, Ministrstvo za infrastrukturo, Projektiranje cest in prometna varnost, Krožna križišča s spiralnim potekom, Ljubljana: Ministrstvo za infrastrukturo, 2023.

SEZNAM PRILOG

PRILOGA A: REZULTATI ŠTETJA

PRILOGA B: KRMILNI PROGRAM KRIŽIŠČA

PRILOGA C: SITUACIJA KROŽNEGA KRIŽIŠČA

PRILOGA D: SITUACIJA TURBO KRIŽIŠČA

PRILOGA A

REZULTATI ŠTETJA

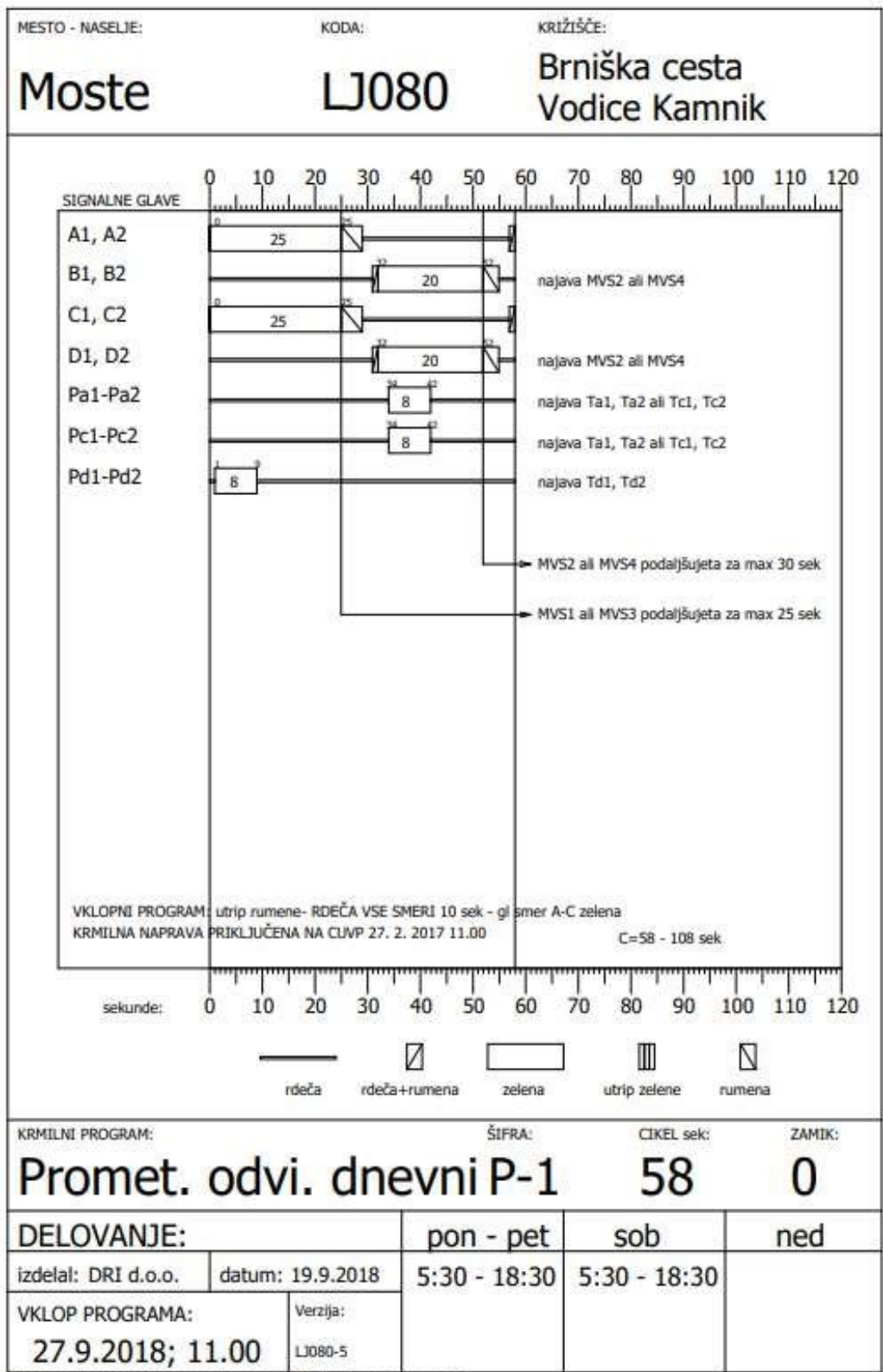
JUTRANJA KONICA														
KONIČNA URA 5:30 - 6:30														
	LEVO				NARAVNOST				DESNO					
	MOTOR + AVTI + LAHKI TV	SREDNJE TEŽKA + TEŽKA TV	BUS	TOVORNJAK S PRIKLOPNIKOM + VLAČILEC	MOTOR + AVTI + LAHKI TV	SREDNJE TEŽKA + TEŽKA TV	BUS	TOVORNJAK S PRIKLOPNIKOM + VLAČILEC	MOTOR + AVTI + LAHKI TV	SREDNJE TEŽKA + TEŽKA TV	BUS	TOVORNJAK S PRIKLOPNIKOM + VLAČILEC	FKU	
PKRAJ A														0,8
UJ.30	70	4	4	4	14	1	1	1	10	4	4	4		
UJ.42	11	4	1	1	20	1	1	1	44	4	4	4		
UJ.60	30	4	4	4	32	4	4	4	14	1	4	1		
UJ.15	34	4	4	4	50	4	1	4	13	4	4	1		
	EOV:	226	Delež TV:	8,79%	EOV:	365	Delež TV:	8,87%	EOV:	84	Delež TV:	7,35%		
PKRAJ B														0,8
UJ.30	13	4	4	4	113	1	1	1	40	4	4	4		
UJ.42	11	4	4	4	20	1	1	1	34	4	4	4		
UJ.60	10	4	4	4	17	4	4	1	31	1	4	4		
UJ.15	11	0	0	0	89	4	1	1	32	1	0	0		
	EOV:	45	Delež TV:	0,00%	EOV:	416	Delež TV:	3,39%	EOV:	141	Delež TV:	1,46%		
PKRAJ C														0,9
UJ.30	13	1	4	4	47	4	4	1	13	1	4	4		
UJ.42	23	4	4	1	12	4	4	1	17	4	4	1		
UJ.60	44	4	4	4	37	1	4	1	10	4	4	1		
UJ.15	21	1	4	4	52	4	1	4	13	1	4	4		
	EOV:	109	Delež TV:	8,05%	EOV:	298	Delež TV:	13,43%	EOV:	79	Delež TV:	9,84%		
PKRAJ D														0,8
UJ.30	10	1	4	4	31	4	4	1	31	4	4	1		
UJ.42	14	4	4	4	37	1	4	1	30	4	4	1		
UJ.60	17	4	4	4	40	1	4	1	30	1	4	1		
UJ.15	13	4	4	4	38	4	4	4	39	4	4	4		
	EOV:	54	Delež TV:	1,92%	EOV:	183	Delež TV:	7,19%	EOV:	186	Delež TV:	7,05%		

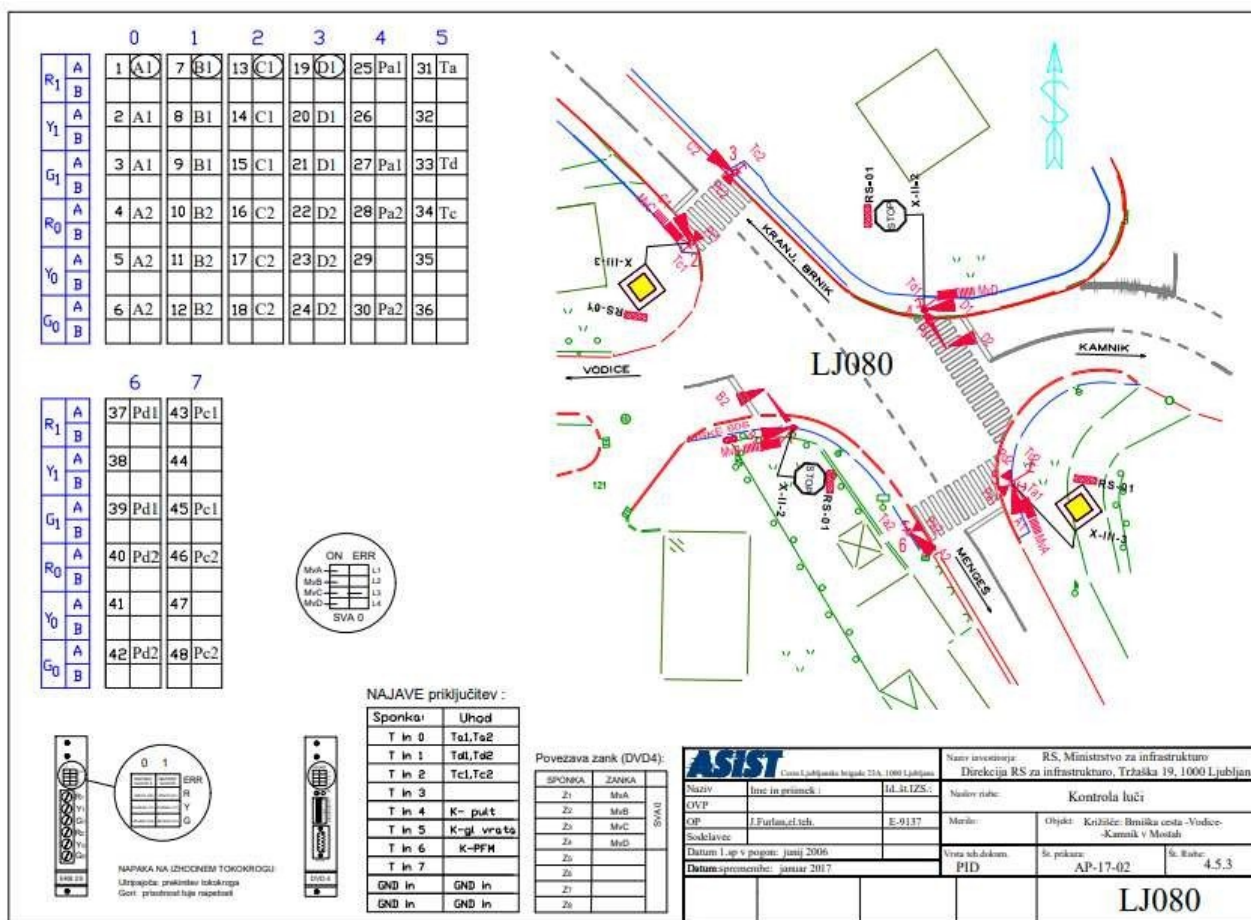
POPOLDANSKA KONICA																														
KONIČNA URA 14:00 - 15:00																														
LEVO										NARAVNOST										DESNO										FKU
MOTOR + AVTI + LAHKA TV		SREDNJE TEŽKA + TEŽKA TV		BUS		TOVORNIJAK S PRIKLOPNIKOM + VLAČILEC		MOTOR + AVTI + LAHKA TV		SREDNJE TEŽKA + TEŽKA TV		BUS		TOVORNIJAK S PRIKLOPNIKOM + VLAČILEC		MOTOR + AVTI + LAHKA TV		SREDNJE TEŽKA + TEŽKA TV		BUS		TOVORNIJAK S PRIKLOPNIKOM + VLAČILEC		FKU						
14:00		24,00%						33,64%								22,10%								14:00						
14:00		40		2		1		1		12		3		1		3		11		0		0		0,9						
14:12		34		1		0		1		0		0		1		2		20		1		0		0,9						
14:30		34		1		0		2		0		3		0		4		20		0		0		0,9						
14:45		51		0		0		2		32		1		0		4		20		0		1		0,9						
EOV		233		Delež TV		4,90%		EOV		397		Delež TV		7,29%		EOV		88		Delež TV		3,90%								
14:00		21,10%						40,13%								32,11%								14:00						
14:00		3		0		0		0		13		2		0		1		20		1		0		0,9						
14:12		10		0		0		0		04		3		0		1		30		1		0		0,9						
14:30		3		0		0		0		11		0		0		0		20		0		0		0,9						
14:45		10		0		0		0		86		2		0		1		30		0		0		0,9						
EOV		38		Delež TV		0,00%		EOV		345		Delež TV		3,13%		EOV		118		Delež TV		1,75%								
14:00		32,01%						37,01%								3,30%								14:00						
14:00		32		0		0		1		00		2		0		4		22		0		0		0,7						
14:12		20		0		0		1		00		2		1		2		20		0		0		0,7						
14:30		40		1		0		0		121		2		1		1		34		1		0		0,7						
14:45		33		0		1		1		51		0		0		3		23		0		1		0,7						
EOV		155		Delež TV		2,82%		EOV		402		Delež TV		5,13%		EOV		112		Delež TV		4,04%								
14:00		34,57%						31,00%								29,31%								14:00						
14:00		10		0		0		0		31		2		0		1		32		2		0		0,9						
14:12		10		0		0		0		40		2		0		0		40		2		0		0,9						
14:30		10		0		0		1		33		1		0		2		34		1		0		0,9						
14:45		10		0		1		1		40		2		0		3		40		2		0		0,9						
EOV		74		Delež TV		2,99%		EOV		232		Delež TV		6,60%		EOV		235		Delež TV		6,50%								

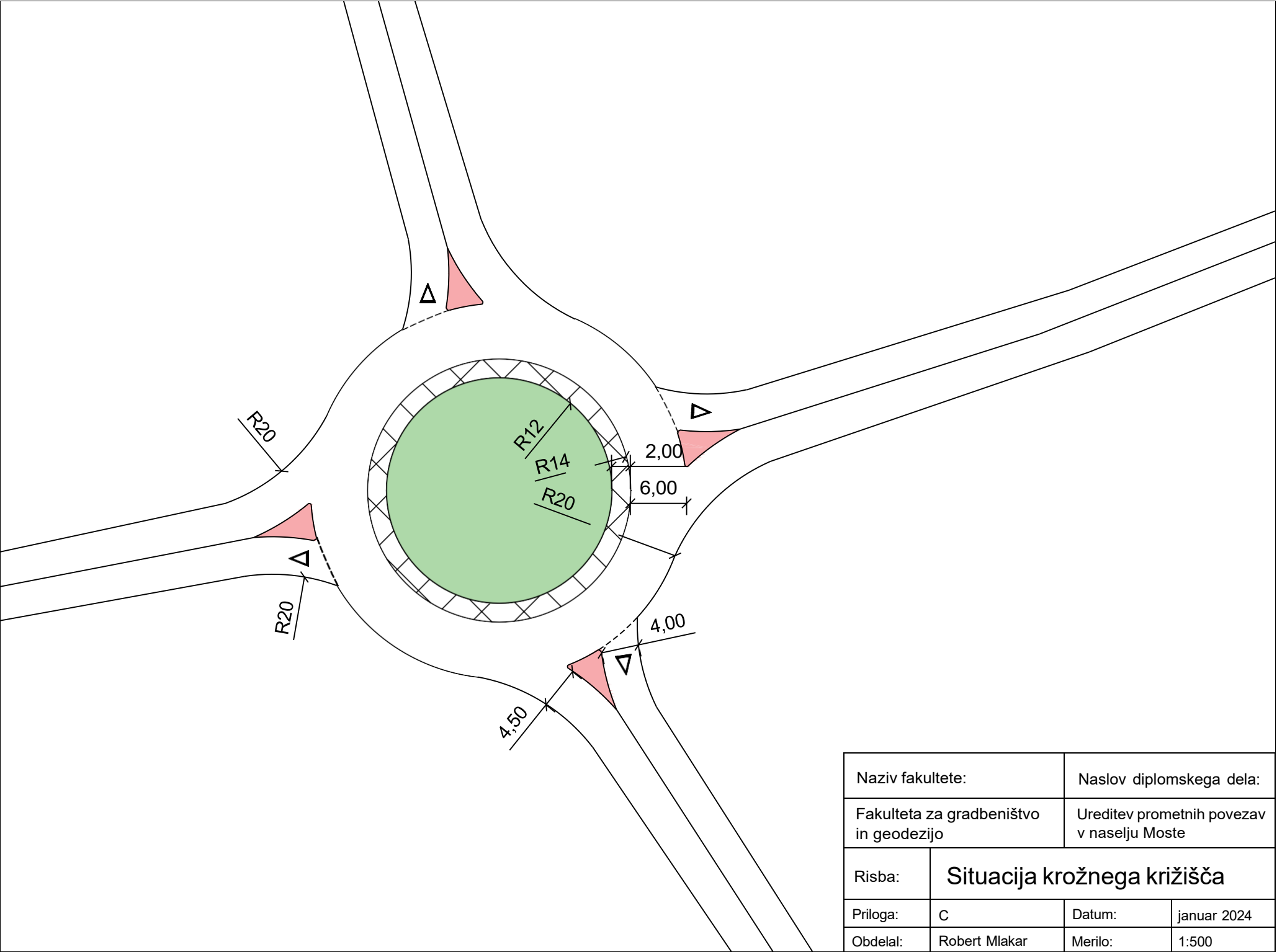
»Ta stran je namenoma prazna.«

PRILOGA B

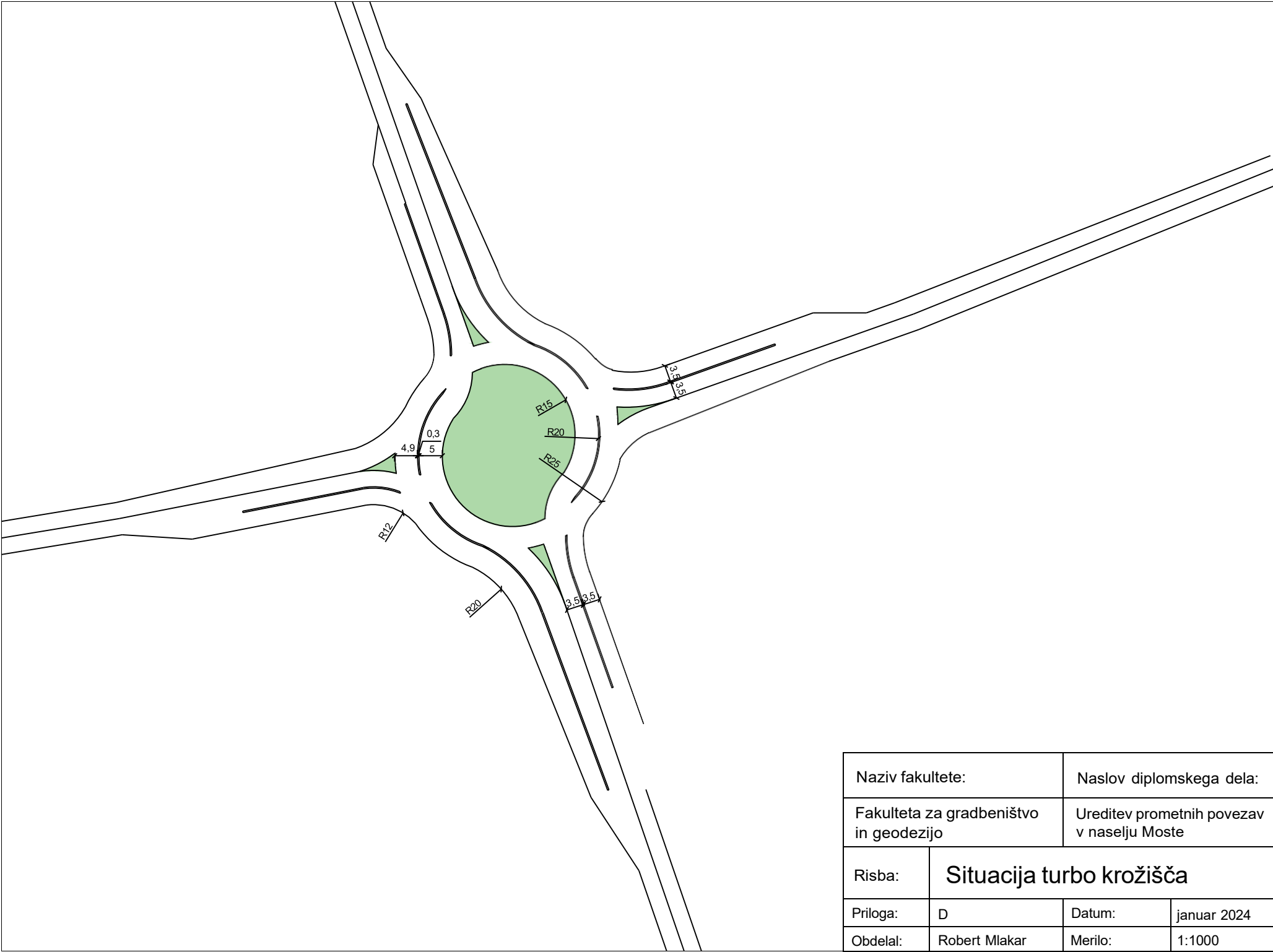
KRMILNI PROGRAM KRIŽIŠČA







Naziv fakultete:		Naslov diplomskega dela:	
Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo		Ureditev prometnih povezav v naselju Moste	
Risba:	Situacija krožnega križišča		
Priloga:	C	Datum:	januar 2024
Obdelal:	Robert Mlakar	Merilo:	1:500



Naziv fakultete:		Naslov diplomskega dela:	
Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo		Ureditev prometnih povezav v naselju Moste	
Risba:	Situacija turbo krožišča		
Priloga:	D	Datum:	januar 2024
Obdelal:	Robert Mlakar	Merilo:	1:1000