

# MOŽNE REŠITVE ZA IZBOLJŠANJE OBSTOJEČIH DVOPASOVNIH KROŽNIH KRIŽIŠČ V PROMETNO VARNEJŠE IN PRETOČNEJŠE OBLIKE

## POSSIBLE SOLUTIONS FOR PROVIDING A HIGHER LEVEL OF TRAFFIC SAFETY AND HIGHER CAPACITY IN EXISTING TWO-LANE ROUNDABOUTS

**prof. dr. Tomaž Tollazzi, univ. dipl. inž. grad.**

tomaz.tollazzi@um.si

**Tedi Zgrabič, mag. ing. aedif., doktorski študent**

Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo, prometno inženirstvo  
in arhitekturo, Smetanova 17, 2000 Maribor

**Jure Bergoč, univ. dipl. inž. grad.**

jure.bergoc@gmail.com

ERTA, d. o. o., Razgledna pot 2 c, 6280 Ankaran

**izr. prof. dr. Marko Renčelj, univ. dipl. inž. grad.**

marko.rencelj@um.si

Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo, prometno inženirstvo  
in arhitekturo, Smetanova 17, 2000 Maribor

**Znanstveni članek**

UDK 625.712.44:625.7/.8

**Povzetek** | Danes smo priča velikemu številu znanstvenih in strokovnih člankov, ki kažejo na nizko raven »standardnih« dvopasovnih krožnih križišč in njihovo slabšo pretočnost od pričakovane. Problem nizke ravni prometne varnosti »standardnih« dvopasovnih krožnih križišč danes v različnih državah rešujejo različno, izkazalo pa se je, da je pristop z zmanjševanjem števila konfliktnih točk najuspešnejši. Majhno število konfliktnih točk je ena od lastnosti alternativnih tipov krožnih križišč. Alternativni tipi krožnih križišč so manj razširjeni, zanje je značilno, da se razlikujejo od običajnih krožnih križišč v enem ali več projektno-tehničnih elementov, pogoji za njihovo uvedbo pa so tudi specifični. V prispevku sta prikazana dva nova alternativna tipa krožnih križišč, reducirano turbo in semiturbo krožno križišče.

Ključne besede: konfliktna točka, reducirano turbo krožno križišče, semiturbo krožno križišče

**Summary** | Nowadays, a growing number of studies presented in scientific and professional literature point out a poor traffic safety characteristic of "standard" two-lane roundabouts and lower capacity than expected. In different countries these problems are resolved in various ways; however, the solution whereby the number of conflict spots is diminished has proven to be the most successful. Lower number of conflict spots is one of the characteristics of the alternative types of roundabouts. The alternative types of roundabouts are usually more recent and implemented only in certain countries. It is typical for them that they differ from "standard" two-lane roundabouts in one or several design elements, and the purpose of their implementation is specific as well. This paper illustrates two new alternative types of roundabouts – "reduced-turbo" and "semi-turbo" roundabouts.

Key words: Conflict points, reduced-turbo roundabout, semi-turbo roundabout

## 1 • UVOD

Danes poskušamo pri načrtovanju krožnih križišč doseči ravnovesje med prometno varnostjo in prepustno sposobnostjo. Dobro načrtovano krožno križišče mora zagotoviti čim večjo prepustno sposobnost ob visoki ravni prometne varnosti.

V preteklosti smo v Sloveniji (enako kot drugje po svetu) to poskušali zagotoviti z večjim številom pasov v krožnih voziščih. Največje število pasov v krožnem vozišču v splošnem ni omejeno, v tujini pa je načeloma največje število tri. Treba pa je vedeti, da se s povečanjem števila krožnih vozniških pasov zmanjša raven prometne varnosti, prepustna sposobnost pa se ne podvoji oz. potroji.

Domače izkušnje kažejo, da se z dodajanjem enega voznega pasu v krožnem vozišču njegova prepustnost poveča le za dobrih 30 % (na Nizozemskem in v Veliki Britaniji le za slabih 40 %), bistveno pa se poslabša raven prometne varnosti.

Pri krožnih križiščih s dvema voznima pasovoma ali več v krožnem vozišču ne govorimo le o konfliktnih točkah, temveč tudi o konfliktnih odsekih, saj vozniku z ničimer ni določeno, na katerem mestu (v kateri točki) naj zamenja (spremeni) vozni pas. Tovrstni problemi so še posebno vidni v večpasovnih krožnih križiščih s (pre)majhnim polmerom, ko prihaja do zgostitev vozil pri izvozu iz krožnega križišča.

Do sedaj so ta problem v tujini reševali različno: z ukinjanjem notranjega krožnega voznega pasu in z ukinjanjem uvoznih in izvoznih pasov. Nobena od predlaganih rešitev se ni izkazala za optimalno, razen metode preprečevanja prepletanja v krožnem vozišču. Ta metoda je bila doslej preverjena tudi v Sloveniji, in sicer na treh primerih (dvo-pasovno krožno križišče v Mariboru pred nakupovalnim središčem City; dvopasovno krožno križišče v Kopru pred podjetjem Inter-europa in v dvopasovnem krožnem križišču v Medvodah).

Osnovni namen raziskave je bil poiskati rešitve, ki bi (po možnosti izvedene znotraj gabaritov obstoječih rešitev) ponudile višjo raven prometne varnosti in pretočnosti.

Zmotno je bilo začetno mnenje, da se bo pretočnost krožnega križišča z dodajanjem še enega krožnega voznega pasu podvojila. Po nekaterih virih (Brilon, 2011) so prvi svojo zmoto ugotovili v Nemčiji, sledili sta Nizozemska in Belgija. Ugotovljeno je, da se prepustna sposobnost enopasovnega krožnega vozišča z dodajanjem še enega krožnega voznega pasu nekoliko poveča, nikakor pa ne podvoji. Povečanje pretočnosti je odvisno od polmera krožnega križišča, števila pasov na uvozu in (nekoliko manj) na izvozu, predvsem pa od človeškega dejavnika.

Domače izkušnje kažejo, da se z dodajanjem enega voznega pasu v krožnem vozišču njegova prepustnost poveča le za dobrih 30 % (na Nizozemskem in v Veliki Britaniji le za slabih 40 %, v Nemčiji za največ 30 %), bistveno pa se poslabša raven prometne varnosti.

Dejstvo je, da smo tudi v Sloveniji v preteklosti gradili dvopasovna krožna križišča z enakim zelenim rezultatom kot v tujini (večja pretočnost). Po spoznanjih avtorjev pričujočega članka imamo v Sloveniji v tem trenutku 43 standardnih dvopasovnih krožnih križišč, ki ne zagotavljajo ustreznega ravni prometne varnosti in za katere je iluzorno pričakovati, da bi bili v doglednem času (in prav vsi) rekonstruirani v turbo krožna križišča.

## 2 • KRATKA ZGODOVINA VEČPASOVNIH KROŽNIH KRIŽIŠČ

Dejstvo je, da so se dvo- in večpasovna krožna križišča začela pojavljati kot pravilo in ne kot izjema šele po drugi svetovni vojni. Po nekaterih informacijah prvo v Franciji in takoj za tem v ZDA.

V letih po drugi svetovni vojni so se v ZDA krožna križišča v urbanih območjih komajda uporabljala. Tudi zunaj urbanih območij so krožna križišča bila le izjema. Nasvet za načrtovanje je bil, da se zaradi pomanjkljivosti krožnih ali »rotacijskih« križišč njihova uporaba omeji. Najpogosteje so se uporabljala kot rešitev pri križanjih večjega števila cest v ruralnih območjih, kjer je bilo dovolj prostora za njihovo izvedbo.

Krožna križišča so v ZDA postopoma nadomeščala klasična nivojska križišča, njihova prednost pa se je izničevala z rastjo prometa. Takrat je nastala tudi ideja o večpasovnih in tudi večnivojskih krožnih križiščih. Krožna križišča tistega časa so bila velikih dimenzij, še posebno na cestah z velikimi dovoljenimi hitrostmi. Pričakovano je bilo, da krožna križišča ne bodo bistveno vplivala na hitrost vozil. Rezultat tega so bila krožna križišča raztegnjenih (ovalnih) oblik, ki so dajala prednost tranzitnemu prometu in poudarjala prednost prometa pri uvozu (Brown, 1995).

Oblikovanje območij prepletanja v krožnem križišču je bilo privzeto iz prepletanja prometa med povezovalnimi smermi »deljice« (skupna rampa za uvoz in izvoz).

Tak način izračunavanja je kazal na to, da je manever prepletanja načeloma odvisen od dolžine in širine območja prepletanja ter od strukture prometa. Načrtovane hitrosti za območja prepletanja v takratnih krožnih križiščih so znašale od 40 do 70 milj/uro.

Razmišljanja tistega časa so bila, da bodo krožna križišča z nizkimi hitrostmi dosegala nizko raven prometne storitve, ker ne bo možno doseči zadostnega števila prepletanj. Tako mnenje je prevladovalo še v času nastanka Highway Capacity Manual leta 1965 (Brown, 1995).

Angleški eksperimenti, opravljeni leta 1967, so izhajali s stališča boljšega izkoristka površin na območju krožnih križišč. Za posamezne elemente krožnega križišča je bilo primerjanih več osnutkov oblik. Med drugim tudi več voznih pasov v krožnem vozišču.

V preteklosti so se večpasovna krožna križišča gradila tudi v Nemčiji, Španiji, na Portugalskem, Poljskem ... Velika večpasovna krožna križišča gradijo tudi drugje po svetu, v Avstraliji, na Novi Zelandiji, v Mehiki, Iraku, Iranu, Kuvajtu, Združenih arabskih emiratih, Tuniziji, Maroku ... Danes imajo v splošnem z njimi vsi slabe izkušnje.

Osnovni namen uvedbe dodatnega krožnega voznega pasu v enopasovnem krožnem križišču je bil povečanje kapacitete.

### 3 • PROMETNOVARNOSTNI PROBLEMI V VEČPASOVNIH KROŽNIH KRIŽIŠČIH

S stališča zagotavljanja prometne varnosti je (v primerjavi s klasičnimi tri- in štirirakimi križišči) glavna prednost enopasovnih krožnih križišč v eliminaciji konfliktnih površine in konfliktnih točk prvega (križanje) in drugega (prepletanje) ter zmanjšanje števila konfliktnih točk tretjega (priključevanje, odcepljanje) reda. Teoretično ima običajno štirirakno križišče 32 konfliktnih točk (16 križanj, 8 cepljenj in 8 združevanj), enopasovno krožno križišče pa le 8 točk nižjega reda (4 odcepljanja in 4 združevanja).

V primeru, da sta v krožnem vozišču dva vozna pasova, se število konfliktnih točk poveča

za konfliktno točko prepletanja, katerih število je teoretično enako številu priključnih cest, vendar je to število še vedno manjše od 32 (Tollazzi, 2005). Prometna varnost pa se hitro poslabša z uvedbo dodatnih vozniških pasov (tri ali več).

Praktično gledano, pa pri krožnih križiščih z dvema ali več voznimi pasovi v krožnem vozišču ne govorimo le o konfliktnih točkah, temveč tudi o konfliktnih odsekih, saj vozniku ni z ničimer določeno mesto, na katerem naj bi zamenjal krožni vozni pas. To je (ob običajno večji možni hitrosti vožnje) tudi eden od glavnih tehničnih vzrokov, da so velika krožna križišča

prometno manj varna od majhnih. Vzrok je torej v osnovni lastnosti velikih krožnih križišč. V zadnjem času mnoge tuje prometno-varnostne analize kažejo na nizko raven prometne varnosti večpasovnih »standardnih« krožnih križišč (Hansen, 2006). Predvsem so sporna prepletanja na krožnem vozišču oziroma menjave prometnih pasov, ki pa so nujno potrebne za uporabo vseh krožnih prometnih pasov, s čimer se doseže največja kapaciteta večpasovnega krožnega križišča. Prometno-varnostno najbolj nevaren prometni manever je izvažanje iz krožnega križišča z notranjega krožnega pasu. Poseben problem za mlade voznike (po vozniskem stažu) in starejše voznike (po letih) pa predstavlja tudi menjava voznega pasu v krožnem vozišču (majhen polmer krivine).

### 4 • NAČINI REŠEVANJA PROBLEMOV VEČPASOVNIH KROŽNIH KRIŽIŠČ V TUJINI

Zaradi prej navedenega v mnogih državah iščejo rešitve, s katerimi bi izboljšali raven prometne varnosti v obstoječih »standardnih« večpasovnih krožnih križiščih ((Fortuijn, 2003), (Mauro, 2010)).

Do sedaj so v tujini k reševanju tega problema pristopali različno, odvisno od realnih razmer in okoliščin (splošne kulture, prometne kulture, števila kolesarjev in pešcev, višine kazni za prometne prekrške, odstotka izterjanih kazni ...) v teh državah. Vsaka država si namreč piše predpise, ki so v največji možni meri

prilagojeni razmeram v državi, čeprav je problem – nizka raven prometne varnosti večpasovnih krožnih križišč in slaba pretočnost – enak.

Različne države rešujejo ta problem na različne načine, ki pa jih lahko uvrstimo v štiri skupine ukrepov. Višjo raven prometne varnosti v običajnih večpasovnih krožnih križiščih v tujini poskušajo zagotoviti:

- z zmanjšanjem števila vozniških pasov na krožnem vozišču (slaba rešitev, ker povzroči zmanjšanje prepustne sposobnosti),

- z zmanjšanjem števila vozniških pasov na uvozih/izvozih iz krožnega križišča (slaba rešitev, ker povzroči zmanjšanje prepustne sposobnosti),
- s povečanjem premera krožnega križišča, s čimer se podaljšajo razpoložljive dolžine za prepletanje (finančno slaba rešitev),
- z zmanjšanjem števila konfliktnih točk (dober kompromis med finančno zahtevnostjo na eni strani in povečanjem prepustne sposobnosti in ravni prometne varnosti na drugi).

V zadnjem času vse več držav rešuje problem nizke ravni prometne varnosti običajnih večpasovnih krožnih križišč z uporabo zadnjega načina – z zmanjšanjem števila konfliktnih točk.

### 5 • MOŽNOSTI ELIMINACIJE KONFLIKTNIH TOČK V VEČPASOVNIH KROŽNIH KRIŽIŠČIH

Konfliktno točko v večpasovnih krožnih križiščih z dvopasovnimi uvozi in izvozi so locirane na območju:

- krakov krožnega križišča (prepletanje pri približevanju krožnemu križišču),
- uvoza v krožno križišče (in križanju krožnega prometnega toka),
- večpasovnega krožnega vozišča (prepletanje pri menjavi voznega pasu),
- zapuščanja krožnega vozišča (in križanja krožnega prometnega toka),
- krakov krožnega križišča (prepletanje pri oddaljevanju).

Nekaterih tipov konfliktnih točk sicer ni možno eliminirati, saj jih narekuje krožno križišče

samo, vendar je – z določenimi ukrepi – možno zmanjšati število nekaterih konfliktnih točk:

- število konfliktnih točk prepletanja na uvozu: je možno zmanjšati s preprečevanjem prepletanja pri približevanju krožnemu križišču (kar je teoretično sicer možno doseči tudi s talno signalizacijo),
- število konfliktnih točk križanja na uvozu: je možno zmanjšati z zmanjšanjem števila vozniških pasov, ki jih križa uvozni prometni tok,
- število konfliktnih točk prepletanja v krožnem vozišču: je do leta 1997 bilo nerešljivo, takrat pa je nastala ideja turbo krožnega križišča,

- število konfliktnih točk križanja na izvozu: je možno zmanjšati z zmanjšanjem števila vozniških pasov, ki jih križa izvozni prometni tok,
- število konfliktnih točk prepletanja na izvozu: je možno zmanjšati s preprečevanjem prepletanja pri oddaljevanju od krožnega križišča (kar je teoretično sicer možno doseči tudi s talno signalizacijo).

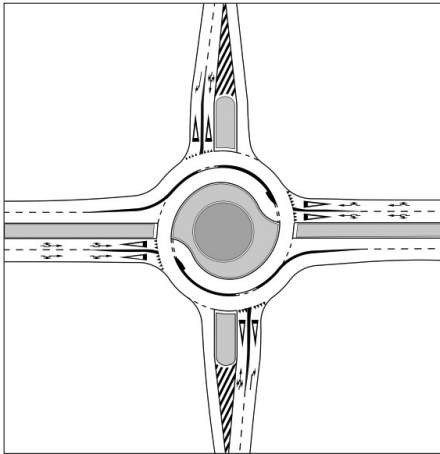
Iz navedb v prejšnjih alinejah je torej razvidna ideja zmanjšanja števila konfliktnih točk:

- križanja: z zmanjšanjem števila križajočih se prometnih tokov,
- prepletanja: z ločenim vodenjem posameznih smernih tokov.

Prej navedene zahteve izpolnjujejo nekateri novi oz. alternativni tipi krožnih križišč, ki predstavljajo bistvo pričujoče raziskave.

Eden od možnih načinov zmanjšanja števila konfliktnih točk je krožno križišče s spiralnim

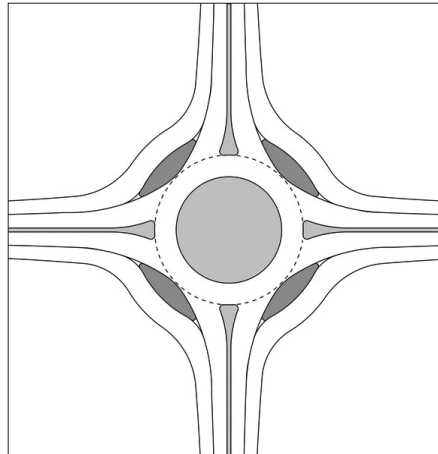
potekom krožnega vozišča oziroma turbo krožno križišče (sl. 1) (Fortuijn, 2001), drugi način je krožno križišče s pritisnjenimi pasovi za desno zavijanje oziroma flower krožno



Slika 1 • Standardno turbo krožno križišče.

križišče (Tollazzi, 2011), ki je uporabno v primeru velikega števila desnih zavijalcev iz vseh smeri (sl. 2). Nista pa to edini možni rešitvi. Ideja turbo krožnega križišča se je izjemno hitro (praktično v nekaj letih) prenesla iz Nizozemske v slovenski prostor. Vzrokov za to je več. Eden od pomembnejših je vsekakor dejstvo, da smo v Sloveniji delali premajhna dvopasovna krožna križišča, ki pa so »sprta« z zakonskim določilom o obvezni uporabi notranjega krožnega prometnega pasu v primeru, če voznik ne zapušča krožnega križišča na prvem naslednjem izvozu ter z dolžinami, ki jih potrebuje povprečen voznik za menjavo voznega pasu v krožnem vozišču (voznja v krivini majhnega polmera, mrtvi kot v desno).

Drugi vzrok je, da notranji krožni prometni pas v krožnem vozišču ni zanimiv (po mnenju dela anketirane populacije v raziskovalni nalogi, izdelani leta 2007, je celo nevaren)



Slika 2 • Krožno križišče s pritisnjenimi pasovi za desno zavijanje – flower krožno križišče.

za mlade voznike in starejše udeležence v prometu. Temu primerno so se že leta 2006 tudi v Sloveniji začele pojavljati prve ideje o izvedbi turbo krožnih križišč, ki so nastajale v sodelovanju med projektanti in raziskovalci. Po informacijah, ki jih na svojih spletnih straneh objavlja Dirk de Baan, Nizozemec, ljubitelj turbo krožnih križišč, je bila Slovenija aprila 2016 na tretjem mestu na svetu po številu izvedenih turbo krožnih križišč. Pred Slovenijo sta bili samo Nizozemska (»mati« turbo krožnih križišč) in Poljska, ki pa je 15-krat večja od Slovenije. V trenutku izdelave tega članka imamo v Sloveniji 4 turbo krožna

križišča v Mariboru, 6 v Kopru (v izgradnji je še eno, na ankaranski vpadnici), 3 v Ljubljani, od katerih je eno (Tomačevo) semaforizirano, in dve v Murski Soboti (tretje, na južni obvoznici, se gradi). Skupaj torej 15.

Slovenija je poleg Nizozemske edina država, v kateri smo preizkusili oba načina oblikovanja uvoza na notranji krožni vozni pas. Na Nizozemskem so namreč na začetku uporabljali t. i. zvezni prehod. Pozneje so ugotovili, da tak način prehoda povzroča zmedo pri voznikih in da se ti z zunanjega krožnega voznega pasu prestavljajo na notranjega na mestu uvoza v krožno križišče. To sicer ni nevarno, povzroča pa zmedo pri voznikih in s tem zmanjšanje kapacitete. Zaradi tega so ustje uvoza na notranji krožni vozni pas preoblikovali v pravokotni prehod. Vendar pa so pozneje ugotovili, da pravokotni prehod vpliva na spremembo vozne krivulje, ki pa se prestavi bolj proti »špicici« ločilnega otoka, zato je del voznikov začel voziti čez delineatorje. Temu primerno so pozneje (in to se je ohranilo do danes) ponovno začeli oblikovati uvoze z zveznim prehodom.

Ne šteje pa samo število turbo krožnih križišč, šteje tudi njihova učinkovitost oz. delovanje. V nasprotju z nekaterimi drugimi državami (npr. Nemčijo, Slovaško, Poljsko in ZDA) imamo v Sloveniji, kar se tiče prometne varnosti, s turbo krožnimi križišči zelo dobre izkušnje. To pa se za prej navedene države (in še nekatere druge) ne bi moglo trditi. Mnenje prvega avtorja tega prispevka je, da je osnovni vzrok v tem, da imajo turbo krožna križišča izvedena samo s talno signalizacijo in brez delineatorjev.

## 6 • DRUGE MOŽNOSTI ELIMINACIJE KONFLIKTNIH TOČK V VEČPASOVNIH KROŽNIH KRIŽIŠČIH

Kot je že prej navedeno, je osnovna ideja v zmanjšanju števila konfliktnih točk:

- križanja: z zmanjšanjem števila križajočih se prometnih tokov,
- prepletanja: z ločenim vodenjem posameznih smernih tokov.

Prej navedene zahteve izpolnjujejo tudi nekateri drugi, novi oz. alternativni tipi krožnih križišč, ki predstavljajo bistvo pričujoče raziskave.

### 6.1 Reducirano turbo krožno križišče

Uspešnost povečanja prepustnosti z uvedbo mimobežnih pasov (bypassov) je zelo odvis-

na od distribucije prometnih tokov v križišču, saj mimobežne pasove lahko uporabljajo le desni zavijalci. V praksi pa visok delež desnih zavijalcev v eni smeri (npr. v južni konici) običajno povzroča premo sorazmerno visok delež levih zavijalcev v obratni smeri (v popoldanski konici), kar lahko izniči povečano prepustno sposobnost vsaj v eni od dnevih prometnih konic (Bergoč, 2015). Uporaba turbo krožnega križišča v svoji osnovi pri križanju dvopasovnic ni bila predvidena, saj vsi predlagani tipi turbo krožnih križišč zahtevajo vsaj na glavni prometni smeri dvopasovne izvoze. Zmanj-

ševanje števila prometnih pasov tik po izvozu s krožnega križišča je zelo nezaželeno zaradi varnosti (pojav nove konfliktno točke združevanja prometnih tokov takoj po križišču) kot tudi zaradi zmanjšanja prepustne sposobnosti izvoza celo pod vrednost neoviranega enopasovnega izvoza, kar lahko povzroči zaježitve, ki segajo v krožno križišče. Zadovoljivo rešitev opisanega problema lahko predstavlja tip turbo krožnega križišča, ki ima vse izvoze enopasovne in katerega avtor je Jure Bergoč (Bergoč, 2015).

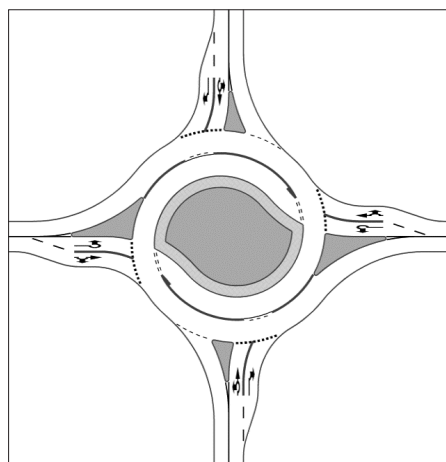
Najprej je treba opozoriti, da ne smemo mešati pojmov »delno« oz. »parcialno« (nizozemsko: partiële) in »reducirano« turbo krožno križišče. Delno oz. parcialno turbo krožno križišče je po definiciji (CROW 257, 2008) tisto, ki ne izpolnjuje katerega izmed

dveh dodatnih pogojev za popolno turbo krožno križišče:

- vsak segment krožnega vozišča vključuje en pas, na katerem lahko prometni tok izbira med izvažanjem ali nadaljnjim kroženjem,
- vsaj dva izvoza sta dvopasovna.

Gledano z druge perspektive pri iskanju ustrezne geometrije turbo krožnega križišča za umestitev na mesto križanja dvopasovnic, pa mora biti izpolnjen soroden, vendar strožji oz. enoznačen pogoj:

- noben izvoz ne sme biti dvopasoven.

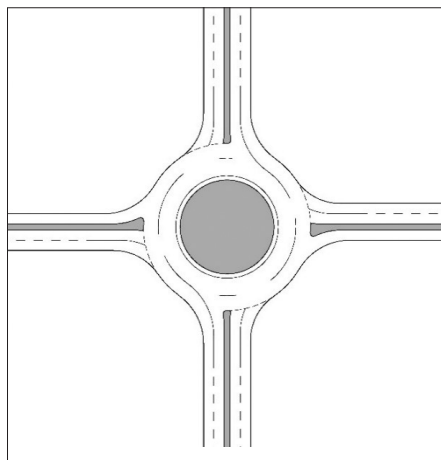


Slika 3 • Reducirano turbo krožno križišče.

Znotraj meja obstoječih robnikov zunanje premera obstoječega standardnega dvopasovnega križišča (zunanjih robnikov) se (sl. 5):

- podaljšajo ločilni otoki na priključnih cestah za dolžino, ki je enaka širini zunanje krožnega voznega pasu,
- izvedejo denivelirani robniki (kot v turbo krožnem križišču) na vseh mestih, kjer je to potrebno,
- morebitna potrebna razširitev notranjega krožnega voznega pasu (merodajno vozilo) se izvede proti središču sredinskega otoka.

Še boljše, vendar nekoliko dražje rešitev dobimo tako, da se oblikovno spremenijo le sredinski otok in ločilna otoka na GPS, na



Slika 4 • Semiturbo krožno križišče.

SPS pa se ločilni otoki nekoliko zožijo. Ta rešitev je bila ena od predlaganih rešitev za krožno križišče v Medvodah, ki je v tistem času predstavljalo mesto z visoko stopnjo prometnih nesreč.

Semiturbo krožno križišče ni pravo turbo krožno križišče, čeprav je način vožnje v njem enak kot v turbo krožnem križišču. Obstajata dve bistveni razliki. V semiturbo krožnem križišču je v nasprotju s standardnim turbo krožnim križiščem dovoljeno oz. (žal) celo nujno potrebno prepletanje, kar je njegova največja pomanjkljivost.

Razlika je tudi v oblikovanju. Standardno turbo krožno križišče je ovalne oblike zaradi štirih središč krožnih lokov, s katerimi se izvede turbo krožno križišče. Semiturbo ima samo eno središče za vse krožne loke. Torej gre za koncentrične kroge kot pri standardnem dvopasovnem krožnem križišču. To pa omogoča, da je semiturbo krožno križišče – v primeru krožnih voznih pasov zadostnih širin – možno izvesti v gabaritih obstoječega standardnega dvopasovnega krožnega križišča. Pri rekonstrukciji obstoječega standardnega dvopasovnega krožnega križišča v semiturbo krožno križišče ne prestavljamo zunanjih robnikov, ne prestavljamo stebrov javne razsvetljave ..., saj se vsi posegi izvedejo navznoter, proti sredinskemu otoku.

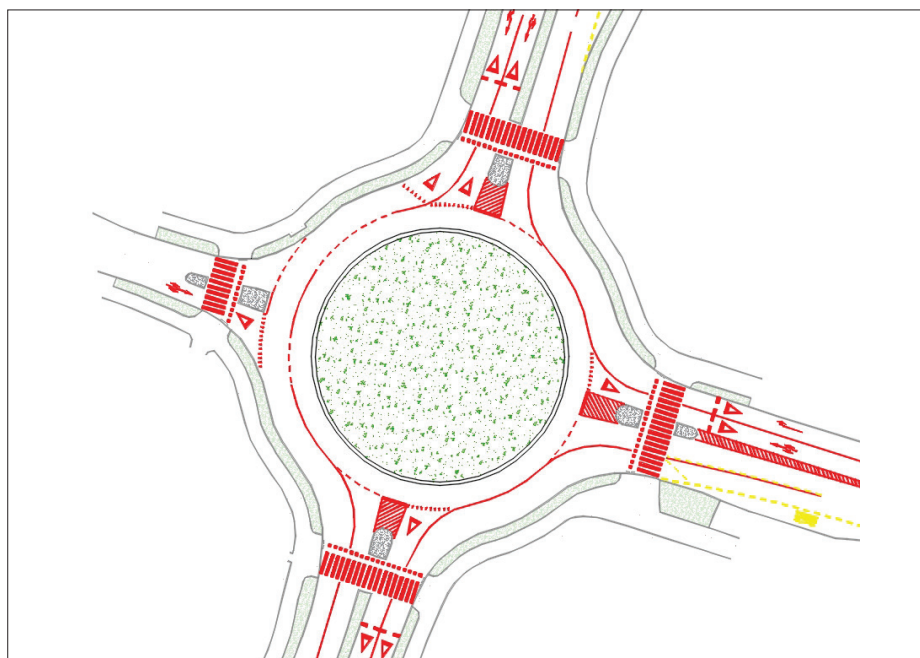
bo krožnih križišč, ki imajo en izvoz še vedno dvopasoven, zaradi česar ti niso primerni pri križanju dvopasovnic.

Postopek redukcije je Bergoč izvedel na vseh tipiziranih turbo krožnih križiščih, ki so v tistem času bili predstavljeni v poglavju 4.4 Tehnične specifikacije Krožna križišča s spiralnim potekom krožnega vozišča. Dodano je bilo le še trikrako standardno turbo krožno križišče.

Z eliminacijo možnosti izbire prometnega pasu za izvedbo manevra vožnje skozi turbo krožno križišče, ki ne potrebuje več dvopasovnih izvozov, postane ta tip turbo krožnega križišča primerna rešitev na mestu križanja dvopasovnih cest.

## 6.2 Semiturbo krožno križišče

Osnovna lastnost semiturbo krožnega križišča (sl. 4) je, da je pod določenimi pogoji izvedljiv znotraj gabaritov obstoječega dvopasovnega krožnega križišča. Možnosti sta dve:



Slika 5 • Predlog za semiturbo krožno križišče znotraj meja obstoječih robnikov, izvedeno s podaljševanjem ločilnih otokov; primer Qulandia Maribor – Q1.

## 7 • PRIMER IMPLEMENTACIJE

Metoda eliminacije konfliktnih točk v obstoječem standardnem dvopasovnem krožnem križišču je bila, po spoznanjih avtorjev tega prispevka, v Sloveniji prvič uporabljena v krožnem križišču v Medvodah, ki je v tistem času predstavljalo mesto z visoko stopnjo prometnih nesreč.

Krožno križišče v Medvodah je predstavljalo presedan v slovenski praksi uvedbe krožnih križišč oz. takrat se je prvič v 22-letni zgodovini krožnih križišč v Sloveniji zgodilo, da se je neko krožno križišče znašlo na popisu mest z visoko stopnjo prometnih nesreč. Takrat je tudi neko mesto z visoko stopnjo prometnih nesreč na državni cesti bilo prvič obravnavano po postopkih, ki jih predvideva RSI.

Izdelane so bile tri možne rešitve semiturbo krožnega križišča znotraj obstoječih zunanjih robnikov. Pozneje je, na osnovi dodatnih usklajevanj z naročnikom oz. njegovim inženirjem (DRI), Fakulteta za gradbeništvo, prometno inženirstvo in arhitekturo Univerze v Mariboru pripravila še dodatno varianto preureditve, ki je bila cenovno še ustrežna, s prometnovarnostnega stališča pa najboljša od vseh prej naštetih. Ta varianta je predvidevala, da se obstoječe krožno križišče prilagodi tako, da bo v kar največji možni meri upoštevalo značilnosti turbo krožnega križišča. Drugi pogoj je bil, da so posegi minimalni oz. da je čim manj gradbenih posegov na območju obstoječega krožišča. Izbrana rešitev je predvidevala:

- fizično ločitev pasov v krožišču z izvedbo deniveliranih (turbo) robnikov; ob robniku se zarišejo robne črte, robniki so prekinjeni na mestih uvozov/izvozov;
- obstoječi ločilni otoki na posameznih krakih se na GPS podaljšajo tako, da je na teh mestih izveden le en pas (kot v turbo krožišču). V ta namen se morajo delno odstraniti obstoječi otoki (rušitev robnikov) in izvesti novi robniki, dodajo se falne označbe;
- na izvozu iz krožnega križišča (smer proti Kranju) se nekoliko prestavi obstoječi robnik (rušenje starega robnika in vgradnja novega) z namenom zagotovitve prevoznosti obeh pasov.

Na zgoraj opisani način je nastalo semiturbo krožno križišče znotraj zunanjih robnikov

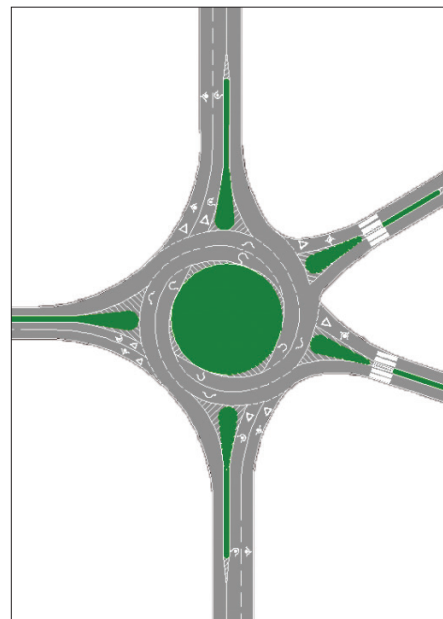


Slika 6 • Semiturbo krožno križišče v Medvodah.

obstoječega standardnega dvopasovnega križišča in z minimalnimi posegi v robnike ločilnih otokov oz. z minimalnimi posegi zunaj obstoječih gabaritov (sl. 6). Cena rekonstrukcije je bila 60.000 evrov.

V obdobju od rekonstrukcije (v letu 2016) naprej – glede na bazo prometnih nesreč (PN), dostopno na spletni aplikaciji AVP – ni zabeležene nobene prometne nesreče, ki bi se zgodila v krožnem križišču oz. njegovi neposredni okolici. Za primerjavo, za obdobje pred rekonstrukcijo (od 2004 do 2011) so se v povprečju vsako leto zgodile 4 PN, pri čemer so upoštevane zgolj PN, ki so lokacijsko »vezane« na številko/odsek/stacionažo državne ceste, in ne na bližnje hišne številke (občinske ceste).

Podoben ukrep je bil predlagan tudi za edino slovensko tripasovno krožno križišče v Ljubljani na Žalah. V diplomski nalogi Domna Katerna (Katern, 2008) je predlagano preoblikovanje tega križišča v semiturbo krožno križišče (sl. 7). Predlog vsebuje preureditev sedaj tripasovnega krožnega vozišča v dvopasovno, spremenjeno prometno signalizacijo in preoblikovanje ločilnih otokov na priključnih krakih, vse prej navedeno znotraj gabaritov obstoječe rešitve.



Slika 7 • Predlog za semiturbo krožno križišče na Žalah (Katern, 2008).

## 8 • SKLEP

Osnovni namen uvedbe dodatnega krožnega voznega pasu v enopasovnem krožnem križišču je bil povečanje kapacitete. Zmotno je bilo začetno mnenje, da se bo pretočnost krožnega križišča z dodajanjem še enega krožnega voznega pasu podvojila.

Domače izkušnje kažejo, da se z dodajanjem enega voznega pasu v krožnem vozišču njegova prepustnost poveča le za dobrih 30 %, tuje izkušnje pa, da je to povečanje od 30 % do največ 40 %, bistveno pa se poslabša raven prometne varnosti.

Dejstvo je, da smo tudi v Sloveniji v preteklosti gradili dvopasovna krožna križišča z enakim železnim rezultatom kot v tujini (večja pretočnost). Po spoznanjih avtorjev pričujočega članka imamo v Sloveniji v tem trenutku 43 standardnih dvopasovnih krožnih križišč, ki ne zagotavljajo ustrezne ravni prometne varnosti in za katere je iluzorno pričakovati, da bi bila v doglednem času (in prav vsa) rekonstruirana v turbo krožna križišča. Lahko pa jih s cenovno ugodnimi ukrepi do njihove rekonstrukcije v dokončno in stalno rešitev spremenimo v prometno bolj varne in tudi bolj pretočne rešitve.

Do sedaj so problem nizke ravni prometne varnosti standardnih dvopasovnih krožnih križišč v tujini reševali različno. Nobeden od predlaganih načinov se ni izkazal kot optimalen, razen metode zmanjšane števila konfliktnih točk. Zahtevo zmanjšane števila konfliktnih točk izpolnjujejo nekateri novi oz. alternativni tipi krožnih križišč.

Pričujoča raziskava je bila namenjena iskanju možnosti rešitev, ki so izvedljive po možnosti znotraj meja »zunanjih robnikov« obstoječih standardnih dvopasovnih krožnih križišč oz. z minimalnimi posegi zunaj obstoječih gabaritov. Podrobneje so prikazani reducirano in semiturbo krožna križišča ter možnosti njune implementacije.

## 9 • ZAHVALA

Avtorji prispevka se zahvaljujemo Direkciji RS za infrastrukturo, ki je financirala raziskavo Možne rešitve za izboljšanje obstoječih večpasovnih krožnih križišč v prometno varnejše in pretočnejše oblike.

Zahvaljujemo se tudi predstavnikoma DRI za konstruktivno vodenje projekta implementacije prvega slovenskega semiturbo krožnega križišča v Medvodah.

## 10 • LITERATURA

- Bergoč, J., Ureditev nivojskega križanja dvopasovnic z izvedbo reducirane turbo krožnega križišča, 12. slovenski kongres o cestah in prometu, Portorož, 2015.
- Brilon, W., Studies on Roundabouts in Germany: Lessons Learned, 3rd International Conference on Roundabouts, TRB, Carmel, Indiana, USA, 18–20 May, 2011.
- Brown, M., The Design of Roundabouts, TRL, London, 1995.
- CROW, Turborotondes, Publicatie 257, Dutch Information and Technology Platform, The Netherlands, 2008.
- Fortuijn, L. G. H., Pedestrian and Bicycle-Friendly Roundabouts; Dilemma of Comfort and Safety, Province of South-Holland and Delft University of Technology, The Netherlands, predstavljeno na Annual Meeting 2003 na Institute of Transportation Engineers (ITE), Seattle, USA, 2003.
- Fortuijn, L. G. H., Carton, P. J., Turbo Circuits, A well-tried concept in a new guise, Board of Economy and Transport, Province of South Holland, objavljeno na: <http://www.pzh.nl>, 2001.
- Hansen, I. A., Fortuijn, L. G. H., Steigerung der Leistungsfähigkeit und Sicherheit von mehrspurigen Kreisverkehrsplätzen durch Spiralform, Straßenverkehrstechnik Nr. 1, 2006.
- Mauro, R., Cattani, M., Potential accident rate of turbo-roundabouts, 4th International Symposium on Highway Geometric Design, Valencia, 2010.
- Tollazzi T., Renčelj M., Turnšek S., Jovanović G., Krožna križišča s pritiskanimi pasovi za desno zavijanje, patent SI 23266 (A), 2011-07-29. Ljubljana: Urad RS za intelektualno lastnino, 2011.
- Tollazzi, T., Krožna križišča, druga dopolnjena izdaja, Fakulteta za gradbeništvo, Maribor, 2005.
- Katern, D., Vodenje prometa skozi večpasovno krožno križišče, diplomsko delo, mentor: dr. Tomaz Maher, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, 2008.