



Zveza društev
gradbenih inženirjev in tehnikov
Slovenije
GRADBENI VESTNIK

60



Gradbeni vestnik • GLASILO ZVEZE DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE in MATIČNE SEKCIJE GRADBENIH INŽENIRJEV INŽENIRSKO ZBORNICE SLOVENIJE

UDK-UDC 05 : 625; ISSN 0017-2774
Ljubljana, junij 2011, letnik 60, str. 157-176

Izdajatelj:

Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije (ZDGITS), Leskoškova 9e, 1000 Ljubljana, telefon 01 52 40 200; faks 01 52 40 199 v sodelovanju z **Matično sekcijo gradbenih inženirjev Inženirske zbornice Slovenije (MSG IZS)**, ob podpori **Javne agencije za knjigo RS, Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani** in **Zavoda za gradbeništvo Slovenije**

Izdajateljski svet:

ZDGITS: **mag. Andrej Kerin**
prof. dr. Matjaž Mikoš
Jakob Presečnik
MSG IZS: **Gorazd Humar**
mag. Črtomir Remec
doc. dr. Branko Zadnik
FGG Ljubljana: **doc. dr. Marijan Žura**
FG Maribor: **Milan Kuhta**
ZAG: **prof. dr. Miha Tomažević**

Glavni in odgovorni urednik:

prof. dr. Janez Duhovnik

Sodelavec pri MSG IZS:

Jan Kristjan Juteršek

Lektor:

Jan Grabnar

Lektorica angleških povzetkov:

Darja Okorn

Tajnica:

Eva Okorn

Oblikovalska zasnova:

Mateja Goršič

Tehnično urejanje, prelom in tisk:

Kočevski tisk

Naklada:

3000 izvodov

Podatki o objavah v reviji so navedeni v bibliografskih bazah COBISS in ICONDA (The Int. Construction Database) ter na

<http://www.zveza-dgits.si>

Letno izide 12 števil. Letna naročnina za individualne naročnike znaša 22,95 EUR; za študente in upokojene 9,18 EUR; za družbe, ustanove in samostojne podjetnike 169,79 EUR za en izvod revije; za naročnike iz tujine 80,00 EUR. V ceni je všteti DDV.

Poslovni račun ZDGITS pri NLB Ljubljana:
SI56 0201 7001 5398 955

Navodila avtorjem za pripravo člankov in drugih prispevkov

1. Uredništvo sprejema v objavo znanstvene in strokovne članke s področja gradbeništva in druge prispevke, pomembne in zanimive za gradbeno stroko.
2. Znanstvene in strokovne članke pred objavo pregleda najmanj en anonimen recenzent, ki ga določi glavni in odgovorni urednik.
3. Članki (razen angleških povzetkov) in prispevki morajo biti napisani v slovenščini.
4. Besedilo mora biti zapisano z znaki velikosti 12 točk in z dvojnimi presledki med vrsticami.
5. Prispevki morajo vsebovati naslov, imena in priimke avtorjev z nazivi in naslovi ter besedilo.
6. Članki morajo obvezno vsebovati: naslov članka v slovenščini (velike črke); naslov članka v angleščini (velike črke); znanstveni naziv, imena in priimke avtorjev, navadni in elektronski naslov; oznako, ali je članek strokoven ali znanstven; naslov POVZETEK in povzetek v slovenščini; naslov SUMMARY in povzetek v angleščini; naslov UVOD in besedilo uvoda; naslov naslednjega poglavja (velike črke) in besedilo poglavja; naslov razdelka in besedilo razdelka (neobvezno); ... naslov SKLEP in besedilo sklepa; naslov ZAHVALA in besedilo zahvale (neobvezno); naslov LITERATURA in seznam literature; naslov DODATEK in besedilo dodatka (neobvezno). Če je dodatkov več, so ti označeni še z A, B, C itn.
7. Poglavlja in razdelki so lahko oštevilčeni. Poglavlja se oštevilčijo brez končnih pik. Denimo: 1 UVOD; 2 GRADNJA AVTOCESTNEGA ODSEKA; 2.1 Avtocestni odsek ... 3 ...; 3.1 ... itd.
8. Slike (risbe in fotografije s primerno ločljivostjo) in preglednice morajo biti razporejene in omenjene po vrstnem redu v besedilu prispevka, oštevilčene in opremljene s podnapisi, ki pojasnjujejo njihovo vsebino.
9. Enačbe morajo biti na desnem robu označene z zaporedno številko v okroglem oklepaju.
10. Kot decimalno ločilo je treba uporabljati vejico.
11. Uporabljena in citirana dela morajo biti navedena med besedilom prispevka z oznako v obliki oglatih oklepajev: (priimek prvega avtorja, leto objave). V istem letu objavljena dela istega avtorja morajo biti označena še z oznakami a, b, c itn.
12. V poglavju LITERATURA so uporabljena in citirana dela razvrščena po abecednem redu priimkov prvih avtorjev in opisana z naslednjimi podatki: priimek, začetnica imena prvega avtorja, priimki in začetnice imen drugih avtorjev, naslov dela, način objave, leto objave.
13. Način objave je opisan s podatki: knjige: založba; revije: ime revije, založba, letnik, številka, strani od do; zborniki: naziv sestanka, organizator, kraj in datum sestanka, strani od do; raziskovalna poročila: vrsta poročila, naročnik, oznaka pogodbe; za druge vrste virov: kratek opis, npr. v zasebnem pogovoru.
14. Prispevke je treba poslati v elektronski obliki v formatu MS WORD glavnemu in odgovornemu uredniku na e-naslov: janez.duhovnik@fgg.uni-lj.si. V sporočilu mora avtor napisati, kakšna je po njegovem mnenju vsebina članka (pretežno znanstvena, pretežno strokovna) oziroma za katero rubriko je po njegovem mnenju prispevek primeren.

Uredništvo

Vsebina • Contents

Jubilej

stran **158**

ZDGITS

JUBILEJNA SKUPŠČINA (2. junij 2011)

Zveza društev
gradbenih inženirjev in tehnikov
Slovenije
GRADBENI VESTNIK

60

Članki • Papers

stran **160**

prof. dr. Mitja Rismal, univ. dipl. inž. grad.

ZAKAJ PO 30 LETIH BLEJSKO JEZERO ŠE VEDNO NI ČISTO

WHY AFTER 30 YEARS BLED LAKE IS NOT YET CLEAR



stran **164**

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

doc. dr. Marko Renčelj, univ. dipl. inž. grad.

Goran Jovanović, univ. dipl. inž. grad.

Sašo Turnšek, univ. dipl. inž. grad.

NOV TIP KROŽNEGA KRIŽIŠČA: KROŽNO KRIŽIŠČE S PRITISNJENIMI PASOVI ZA DESNE ZAVIJALCE – »FLOWER ROUNDABOUT«

NEW TYPE OF ROUNDABOUT: ROUNDABOUT WITH »DEPRESSED« LANES FOR RIGHT TURNING – »FLOWER ROUNDABOUT«



stran **170**

Mitja Papinutti, dipl. gosp. inž.

prof. dr. Miroslav Premrov, univ. dipl. inž. grad.

asist. Matjaž Tajnik, univ. dipl. inž. grad.

DIMENZIONIRANJE LESENEGA MOSTU ZA PEŠČE IN KOLESARJE

DIMENSIONING OF A TIMBER BRIDGE FOR PEDESTRIANS AND CYCLISTS



Koledar prireditev

J. K. Juteršek, univ. dipl. inž. grad.

Slika na naslovnici: Predor pod Stenom na Poljanski obvoznici Škofje Loke, foto J. Duhovnik

JUBILEJNA SKUPŠČINA (2. junij 2011)

Jubilejna skupščina ob 60-letnici Zveze društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije (ZDGITS) je bila 2. junija 2011 v gostilni Pečarič na Vrhovcih v Ljubljani. Poleg vodstva zveze in delegatov sedmih članov (petih regionalnih in dveh specializiranih društev) so bili na skupščini tudi predsednik Slovenske inženirske zveze prof. dr. Baldomir Zajc, predsednik Inženirske zveze Slovenije mag. Črtomir Remec, dekan Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani prof. dr. Matjaž Mikoš in drugi gostje.

Slavnostni del jubilejne skupščine je začel predsednik ZDGITS Miro Vrbeč z nagovorom:

Spoštovane kolegice, spoštovani kolegi, delegatke in delegati!

V veliko čast in zadovoljstvo mi je, da vas lahko pozdravim ob častitljivi 60. obletnici delovanja Zveze društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije ter izhajanja stanovske strokovno-znanstvene revije Gradbeni vestnik. Čeprav v zadnjih letih delovanje zveze ni bilo ogroženo, pa naj spomnim, da v preteklosti ni bilo tako in da je praznovanje današnjega jubileja zaslug mnogih požrtvovalnih posameznikov, ki kljub občasnim nespodbudnim okoliščinam nikoli niso podvomili v potrebnost zveze in v vlaganje svoje energije v društveno dejavnost kakor tudi posameznih podjetij in strokovnih institucij, ki so nam vseskozi stali ob strani in nas finančno podpirali. Uspehi, ki smo jih dosegali in jih še dosegamo, so prvenstveno rezultat tesnega in nesebičnega sodelovanja, zaradi katerega je zveza lahko kljubovala viharji preteklosti ter preživela 60 let, od solidarnosti in nesebičnosti pa je verjetno odvisna tudi njena prihodnost.

Jubilej, ki ga praznujemo, je priložnost, da se s ponosom ozremo na prehojeno pot ter osvetlimo prelomne dogodke in osebe, ki so ključno zaznamovali delovanje zveze.

Začetki zveze segajo v leto 1951, ko so gradbeni inženirji in tehniki v Ljubljani po reorganizaciji Društva inženirjev in tehnikov ustanovili svoje društvo. Pod okriljem novega društva je začel izhajati članski časopis GRADBENI VESTNIK. Prvi predsednik društva je bil Marjan Brilly, prvi odgovorni urednik Gradbenega vestnika pa Ljudevit Skaberne.

Društva gradbenih inženirjev in tehnikov so se ustanovljala in delovala tudi v drugih slovenskih regijah, med prvimi so bila ustanovljena v Mariboru, Celju in Novem mestu.

Zaradi želje in nuje po večjem vplivu stroke na odločitve oblasti na področju gradbeništva

so regionalna društva začutila potrebo po povezavi v krovno organizacijo, ki se je udeležila v formiranju Zveze društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije, nastale iz ljubljanskega društva.

Poleg regionalnih društev so se zvezi pridružila tudi specializirana društva, ki so jih ustanovili strokovnjaki iz najbolj izpostavljenih specializiranih področij graditve, urejanja prostora in varstva okolja.

Tako organizirana zveza je doživela svoj največji razcvet v osemdesetih letih prejšnjega stoletja, ko je postala pomemben in vpliven subjekt civilne družbe. Tesno je sodelovala z gradbenima fakultetama v Ljubljani in Mariboru ter drugimi raziskovalnimi ustanovami s področja gradbeništva, kot je bil Zavod za raziskavo materiala in konstrukcij (ZRMK). Strokovnjaki iz naštetih ustanov so svoje raziskave objavljali v Gradbenem vestniku, ustanove pa so izdajanje vestnika finančno podpirale. Gradbeni vestnik se je iz članskega glasila razvil v ugledno strokovno-znanstveno revijo, ki je bila dolga leta edina strokovna revija s področja gradbeništva, pisana v slovenskem jeziku in brana tudi v tujini. Zveza je bila s svojo bogato strokovno in društveno dejavnostjo tedaj prepoznavna v svojem ožjem in širšem jugoslovanskem prostoru.

V svojih članskih vrstah je imela že od vsega začetka ugledne in mednarodno uveljavljene strokovnjake, med njimi Sergeja Bubnova, strokovnjaka za požarno inženirstvo, ki je bil med letoma 1969 in 1970 generalni sekretar in zatem predsednik Evropskega združenja za seizmično gradbeništvo.

Pri organiziranju posvetovanj, seminarjev in raznih strokovnih predavanj je zveza odlično sodelovala s takratnim Splošnim združenjem gradbeništva in industrije gradbenega materiala ter s sorodnimi strokovnimi zvezami in društvi, zlasti z Elektrotehniško zvezo Slovenije in Zvezo strojnih inženirjev in tehnikov Slovenije. V okviru založniške dejavnosti je izdajala zbirke tehničnih predpisov in prevode standardov. Ves čas delovanja zveza skrbi za izobraževanje svojih članov tudi z izvajanjem rednih pripravljalnih seminarjev za strokovne izpite gradbenih inženirjev in tehnikov. Za uspešnost in odmevnost seminarjev gre veliko zaslug podpredsedniku zveze doc. dr. Janezu Reflaku, ki dolga leta odlično skrbi za koordinacijo izvedbe seminarjev. Ob tej priložnosti se je treba zahvaliti tudi vsem predavateljem, brez katerih kvalitetna izvedba seminarjev ne bi bila mogoča.

Pomembna preizkušnja za obstoj zveze je bilo obdobje po osamosvojitvi Slovenije, ko je zveza preživljala veliko krizo. Močno je bilo ohromljeno njeno delovanje, nejasna pa je bila tudi usoda Gradbenega vestnika. Za ohranitev kontinuitete izhajanja revije gre zahvala tedanjemu vodstvu zveze in preudarni potezi vodstva Matične sekcije gradbenih inženirjev pri IZS, ki je pokazalo izjemno razumevanje za pomoč in sodelovanje pri ohranitvi Gradbenega vestnika in zveze kot njegove izdajateljice in začela za svoje člane finančno podpirati izdajanje revije.

Da je v kriznih časih Gradbeni vestnik redno izhajal, pa gre zasluga tudi tedanjemu in sedanjemu glavnemu in odgovornemu uredniku prof. dr. Janezu Duhovniku, ki je pomagal iskati rešitve za premagovanje težav.

Posluh za ohranitev Gradbenega vestnika in zavedanje njegovega nacionalnega pomena kot reprezentativnega spodbujevalca stroke pa s svojim dolgoletnim sodelovanjem in finančno podporo izkazuje tudi Zavod za gradbeništvo Slovenije ter Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani.

Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije (ZDGITS) danes povezuje pet regionalnih društev, katerih sedeži so v Mariboru, Celju, Velenju, Novem mestu in Tolminu, ter tri aktivna specializirana strokovna društva gradbenih inženirjev in tehnikov, in sicer Slovensko društvo gradbenih konstruktorjev, Slovensko geotehniško društvo in Slovensko društvo za zaščito voda.

Od leta 1995 je zveza včlanjena v Evropsko zvezo inženirjev FEANI (Federation Europeenne d'Associations Nationales d'Ingenieurs), od leta 1998 je dve leti člansko sodelovala z Evropsko zvezo gradbenih inženirjev ECCE (European Council of Civil Engineers). Leta 2008 je ponovno navezala stike s hrvaško zvezo gradbenih inženirjev in z njo sklenila sporazum o sodelovanju, uredništvo Gradbenega vestnika pa je navezalo stike in podpisalo protokol o sodelovanju z vodstvom Riviste Tecnica, sorodne strokovne revije v Furlaniji – Julijski krajini.

Leta 2006 je Ministrstvo RS za visoko šolstvo, znanost in tehnologijo ZDGITS za dobo pet let podelilo status društva, ki deluje v javnem interesu na področju raziskovalne dejavnosti. Ponosni smo, da nam je letos uspelo status pridobiti za nedoločen čas.

Ob koncu tega kratkega pregleda dolgoletne zgodovine ZDGITS naj poudarim, da poleg že

omenjenih v arhivih zveze izstopa še veliko imen, ki se jih s hvaležnostjo spominjamo. Gradbeni vestnik sta poleg prvega urednika Ljudevita Skaberneta in sedanjega urednika prof. dr. Janeza Duhovnika urejala še prof. Sergej Bubnov in Franc Čačovič. Zvezi so uspešno predsedovali Bogdan Melihar, Stanko Tominc, France Martinec, Janez Kokol, Matija Blagus, Boris Pečenko, Feliks Strmole, Borut Gostič, Gorazd Humar, prof. dr. Bogdan Zgonc, doc. dr. Janez Reflak in Marjan Vengust. Dolga leta je za nemoteno poslovanje ZDGITS skrbela poslovna sekretarka gospa Anka Holobar.

Za uspešno delovanje zveze se zahvaljujemo tudi vsem članom izvršnega odbora, nadzornega odbora, izdajateljskega sveta, strokovni službi in vsem drugim, ki so sodelovali, ter tistim, ki še sodelujejo z našo zvezo.

Skupščino je nato nagovoril dekan Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani prof. dr. Matjaž Mikoš:

Spoštovani udeleženci jubilejne skupščine ob 60-letnici delovanja Zveze društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije in ob 60-letnici izhajanja revije Gradbeni vestnik, spoštovani predsednik g. Miro Vrbeč, cenjeni visoki gostje, dragi prijatelji!

V čast mi je in osebno zadovoljstvo, da lahko kot dekan Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani nagovorim ta cenjeni strokovni zbor. Letos zveza kot oblika povezovanja strokovnih društev s področja gradbeništva praznuje 60 let uspešnega delovanja, kot poseben dragulj pa je jubilarnt tudi revija Gradbeni vestnik.

Zahvalil bi se rad za vabilo in s tem za priložnost, nagovoriti ta cenjeni strokovni zbor.

Kot gradbenik hidrotehnik sodelujem tako ali drugače z zvezo že preko 20 let. Sodelovanje fakultete in univerzitetnega okolja z zvezo in revijo Gradbeni vestnik pa je seveda še bistveno daljše in zelo razvejano.

Predvsem revija Gradbeni vestnik je imela in še vedno ima posebno mesto pri razvoju univerze, saj je in bo predstavljala mesto prenosa znanja na univerzo in z univerze v prakso. Številni člani uredniškega odbora in uredniki te osrednje gradbeniške revije so prihajali iz vrst univerzitetnih učiteljev in tudi med avtorji znanstvenih in strokovnih prispevkov je univerza bogato zastopana.

Zato bi se rad s tega mesta in ob tej priliki kot dekan Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani zahvalil vsem pedagogom, ki so vložili svoje delo in znanje v aktivnosti zveze in še posebno Gradbenega vestnika, naj

med njimi morda izpostavim doc. dr. Janeza Reflaka in prof. dr. Janeza Duhovnika, ki sta tudi danes med nami.

Zveza je v preteklosti vseskozi močno zaznamovalo slovensko gradbeništvo. Kako?

Z aktivnostmi na področju izobraževanja gradbenih inženirjev in tehnikov, in to v zelo različnih oblikah, od pripravljanih seminarjev za strokovne izpite za gradbeno stroko pri današnji Inženirski zbornici Slovenije preko strokovnih seminarjev, predavanj in ekskurzij do izdajanja znanstveno-strokovne revije Gradbeni vestnik, je Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije stalno krepila položaj gradbene stroke in uveljavljala položaj inženirstva v družbi.

Morda bi bilo dobro ob današnji priložnosti, ko gledamo na dolgoletno prehojeno pot, pogledati v prihodnost in razmisliti, kako bi lahko Zveza še okrepila svojo povezovalno vlogo in k svojemu delu pritegnila še več specializiranih društev s področja gradbeništva, ki uspešno delujejo vsako na svojem ožjem področju.

Že samo na področju voda ne deluje le Slovensko društvo za zaščito voda, ki je aktivno vpeto v delovanje zveze, tukaj je še Društvo vodarjev Slovenije, Slovenski nacionalni komite za velike pregrade, Slovensko društvo za hidravlične raziskave, Slovenski nacionalni komite za IHP UNESCO, Slovensko društvo za namakanje in odvodnjo in še bi lahko našteval.

Pogosto v imenovanih društvi delujejo isti ljudje ter na ravni posameznika in strokovnjaka povezujejo delovanje teh društev, ki pa bi lahko bila pod skupnim dežnikom morda še uspešnejša in tudi skupni nastop v družbi bi bil zato odmevnejši. Najti moramo večjo prisotnost gradbeniške stroke v Slovenski akademiji znanosti in umetnosti, v Inženirski akademiji Slovenije in v Slovenskem akademiskem tehniško-naravoslovnem društvu SATENA. To bi dvignilo ugled gradbeništva tudi v širši družbi.

Naj torej današnje druženje ob 60-letnici zveze mine slovesno, v pregledu prehojene poti, in obenem usmeri naš skupni pogled vnaprej, v prihodnost in v potrditev dejstva, da skupaj zmoremo več.

Zvezi želim v imenu Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani, v imenu univerzitetnega izobraževanja na področju gradbeništva in v osebno imenu vse najboljše ob 60-letnici uspešnega delovanja in naj obenem zagotovim, da verjamem v uspešno sodelovanje zveze z univerzo tudi v prihodnosti.

Vse najboljše pa želim zlasti osrednji gradbeniški reviji Gradbeni vestnik.

Iskrene čestitke!

Nato so skupščino pozdravili še drugi gostje. Poudarili so vlogo ZDGITS in Gradbenega vestnika pri izobraževanju strokovnih kadrov v gradbeništvu ter nadaljevanje dolgoletne tradicije na tem področju. Hkrati so ugotovili, da je zašlo slovensko gradbeništvo, ki si je v preteklosti pridobilo veliko izkušenj in referenc doma kot tudi v tujini, v najhujšo krizo doslej. Razloge za tako stanje je treba iskati v neprimernih gospodarskih strategijah v zvezi z državnimi investicijami in drugimi ukrepi ter v tranzicijskem neredu na področju lastninskega preoblikovanja. Vsi govorniki vidijo potrebo, da bi se vsa strokovna društva in podobne organizacije s področja gradbeništva bolje povezovale in nastopale s skupnimi stališči. Pri tem je treba iskati skupne stične točke z drugimi tehničnimi strokami in se povezovati pri posameznih skupnih akcijah.

ZDGITS je ob svoji 60-letnici podelil več priznanj.

POSEBNO ZAHVALO ZDGITS za dolgoletno finančno pomoč pri izdajanju Gradbenega vestnika in podporo pri izvajanju programa ZDGITS so prejeli Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani, Zavod za gradbeništvo Slovenije, Inženirska zbornica Slovenije in Gradbeni inštitut ZRMK, d. o. o.

POSEBNO ZAHVALO ZDGITS za dolgoletno osebno predanost, prizadevnost, aktivnost in zasluge pri razvoju in delovanju ZDGITS je prejel doc. dr. Janez Reflak.

POSEBNO ZAHVALO ZDGITS za dolgoletno osebno predanost, prizadevnost, aktivnost pri urejanju Gradbenega vestnika je prejel prof. dr. Janez Duhovnik.

POSEBNO ZAHVALO ZDGITS za dolgoletno požrtvovalno, predano in vestno delo ter skrb za nemoteno delovanje zveze je prejela Anka Holobar.

Naziv ZASLUŽNI ČLAN ZDGITS za požrtvovalno in uspešno društveno delo so prejeli: Marjan Pinter, DGIT Maribor; Danilo Senič, DGIT Celje; Bogomir Amon, DGIT Celje; Roman Kramer, DGIT Celje; Marko Cvikl, DGIT Celje; Milan Zorko, DGIT Novo mesto; Anton Graberski, DGIT Novo mesto; Slavko Mesojedec, DGIT Novo mesto; Zlata Srebot, DGIT Velenje; Lea Grudnik, DGIT Velenje, in prof. dr. Eugen Petrešin, SDZV.

Naziv ČASTNI ČLAN ZDGITS so prejeli Peter Kosi, DGIT Maribor; Terezija Vidrih, DGIT Novo mesto; Slobodan Novakovič, DGIT Novo mesto; Jože Barič, DGIT Novo mesto, in prof. dr. Milan Dular, SDZV.

Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov

ZAKAJ PO 30 LETIH BLEJSKO JEZERO ŠE VEDNO NI ČISTO

WHY AFTER 30 YEARS BLEED LAKE IS NOT YET CLEAR

prof. dr. Mitja Rismal, univ. dipl. inž. grad.
Barjanska cesta 68, Ljubljana

Strokovni članek
UDK: 556.55:628.19

Povzetek | Članek obravnava vzroke, zakaj Blejsko jezero po dveh sanacijah v sedemdesetih in osemdesetih letih prejšnjega stoletja še vedno cveti. Država je jezero prvič sanirala okoli leta 1970 s površinskim splakovanjem onesnaženega jezera s svežo alpsko vodo Radovne, kar pa ni dalo pričakovanih rezultatov. Po drugem poskusu sanacije leta 1980 z globinskim splakovanjem onesnaženja z dna jezera s pomočjo natege pa se je jezerska voda izboljšala. Zaradi nestrokovnega upravljanja natege in vodenja drugih sanacijskih del je jezero po dvajsetih letih leta 2000 spet zacvetelo (*oscillatoria rubescens*) in po nepopolnem popravilu natege čez deset let ponovno leta 2010. V članku sta opisana napačno upravljanje natege in neupoštevanje drugih del, ki so potrebna za končno sanacijo jezera.

Summary | The paper answers the question why the sanitation in the 70 years of the past century of the highly eutrofied lake of Bled has not been successful. In recent 40 years two methods to improve the lake have been applied. The first one, surface flashing of the lake with fresh water from the nearby alpine rivulet of Radovna, remained without expected results. After the bottom flashing with siphon was introduced in 1980 the lake improved noticeably. But during the next 20 years again the lake slowly deteriorated to the next algal bloom of *oscillatoria rubescens* in 2000, and again 2010 after 10 years, in latter case because of repeatedly not proper reconstruction of the siphon. The paper describes the unprofessional management of the siphon and the negligence of other sanitation measures necessary for the final sanitation of the lake.

1 • UVOD

Blejsko jezero, naravni biser Slovenije, je letos po sanaciji z dovodom vode iz Radovne med letoma 1970 in 1980 po izgradnji sanacijske natege ponovno zacvetelo v rdeči barvi. Prvič

okoli leta 2000, še močneje pa med zimo 2010. Da po tridesetih letih kljub vloženim sredstvom države jezero še vedno ni čisto, kaže, da upravljanje z vodami kljub poudar-

janju o pomenu še vedno nima pravega interdisciplinarnega znanja in pripravljenosti za produktivno sintezo znanj za to področje relevantnih strok biološke in kemične znanosti ter ekološke hidrotehnike. V nadaljevanju opisani potek sanacije jezera je za to simptomatični primer.

2 • KRATEK POTEK SANACIJE

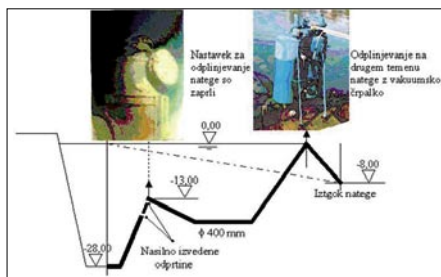
Zaradi močnega cvetenja jezera že v sedemdesetih letih prejšnjega stoletja je tedanja Vodna uprava RS poverila sanacijo jezera trem univ. profesorjem biologije, kemije in hidravlike,

ki so predvideli za sanacijo dva poglobljena in na prvi pogled tudi vsakomur razumljiva ukrepa: a) preprečitev onesnaževanja jezera iz kanalizacije z novim kanalom okoli jezera

in b) izplakovanje s hranili (fosfor in dušik) močno onesnaženega jezera z 2,0 m³/s sveže vode iz Radovne.

Uporabi Radovne za izplakovanje jezera pa je tedaj energično nasprotoval znani publicist Pirkovič s trditvijo, da je za jezero edina

Da bi natego ponovno usposobili, so namesto predvidenega odplinjevanja le-to tik pod podvodnim temenom nasilno odprli (slike 4 do 8), da je namesto onesnažene vode z dna jezera odtekala čista voda s površine. Podobno (slike 9 in 10) so odprli tudi cev vzhodne natege. Ko je jezero leta 2000 po dvajsetih letih ponovno zacvetelo, so te odprtine (na slikah 3 do 7) končno zaprli. Odplinjevanja na podvodnem temenu zahodne natege pa spet niso naredili. Zato ni čudno, da jezero med zimo 2010 in 2011 zopet cveti, saj brez evakuacije plinov, ki nastajajo na dnu jezera in z vodo potujejo proti podvodnemu temenu natege, le-ta ne more delovati. Pri nižjem tlaku v temenu se plini iz vode izločijo in postopoma ustavijo pretok v nategi. Brez samodejnega odplinjevanja, kot je izvedeno na drugem temenu na iztoku iz jezera, natega ne more delovati. Na te in druge nepravilnosti sem ponovno opozoril leta 2005 v Gradbenem vestniku.



Slika 2 • Shema zahodnega kraka natege. Na sliki je posnetek predvidenega in vgrajenega priključka za evakuacijo plinov na podvodnem temenu natege, ki pa na bil izveden tudi po popravilu natege leta 2000. Pod temenom je označeno mesto nasilno izvedenih odprtín na slikah 4 do 8



Slika 3 • Histogram gibanja koncentracije fosforja ter srednje in minimalne letne prosornosti jezera potrjujejo medsebojno odvisnost obeh kakovostnih parametrov jezera



Slika 4 • Nasilna odprtina na zahodnem kraku natege



Slika 5 • Stik na cevi je za dotok vode namerno razprt



Slika 6 • Nasilna odprtina na zahodnem kraku natege



Slika 7 • Nasilna odprtina na zahodnem kraku natege



Slika 8 • Nasilna odprtina na zahodnem kraku natege



Slika 9 • Druga nasilna odprtina na vzhodnem kraku natege



Slika 10 • Nasilna odprtina na vzhodnem kraku natege

Danes, kot je leta 2010 poročal mag. Rekar, pa ribiči brez nadzora celo krmijo krape v jezeru s tonami ribje hrane, kar je s prej povedanim nezasiščano uničevanje Blejskega jezera in dokaz, da upravljanje Blejskega jezera preprosto ne deluje.

Blejsko jezero ni ribogojnica. Ostati mora plemenito alpsko jezero, ki ne prenese nobenega za naravno alpsko jezero tujega onesnaževanja. Da je to mogoče, je po polnem zagonu med letoma 1980 in 1982 dokazala še nepoškodovana natega (diagram 1). Po strokovni in korektni obnovi natege ter izvedbi že leta 1980 v dokumentih IZH FGG predvidenih in spodaj navedenih ukrepov bo jezero ob strokovnem vodenju doseglo kakovost podobnih jezer, kot je na primer Klopinski.

5 • POTREBNI UKREPI ZA USPEŠNO SANACIJO JEZERA

Za dokončno sanacijo jezera je treba dosledno realizirati naslednje ukrepe:

1. Obstoječo natego je treba obnoviti in zagotoviti njeno delovanje, kot je bilo načrtovano leta 1980.
- 1.2. Že zgrajeni dovod iz Radovne se uporabi le, če prispeva k polni izrabi pretočne zmogljivosti natege preko celega leta in

le deloma za čiščenje površine jezera. Preostala voda pa naj ostane Vintgarju in za energijo na obstoječi HE.

- 1.3. Dotok Mišce v jezero se preusmeri mimo jezera po njenem naravnem koritu nad jezerom, da se odstrani onesnaževanje jezera iz površin, ki niso naravno prispevno območje jezera.

- 1.4. Ribogojnica ob Mišci se premesti na drugo vodo.
- 1.5. Prepove se vsakršno krmljenje rib v jezeru.
- 1.6. Na obstoječi kanalizaciji se dogradijo zadrževalniki za preprečitev onesnaževanja jezera z onesnaženimi padavin-skimi pretoki.
- 1.7. Dokončno se uredi odvod odpadka iz Zake in z Otoka.

6 • SKLEP

Opisana usoda natege v preteklih tridesetih letih ponovno kaže, da v Sloveniji upravljanje voda ne deluje, kot bi moralo.

Zakaj so pripirali natego in dopustili opisano poškodovanje natege – država je za sanacijo jezera namenila dovolj sredstev –, pa bi morali odgovoriti tisti, ki so to počeli.

Obravnavana sanacija Blejskega jezera pa tudi kaže, da podobno kot večkrat v

medicini za sanacijo jezera ne zadostujejo več le preventivni ukrepi. Potrebni so tudi kirurški posegi ekološkega inženirstva, ki s svojim orodjem, matematičnim modeliranjem ekoloških procesov, inženirskim znanjem in načini rešuje probleme tam, kjer preventiva več ne zadostuje. Navedeni ukrepi so nujni, ker urbanizacije blejske kotline, turizma in širšega zaledja ni mogoče odstraniti.

Na koncu naj še omenim, da je Blejsko jezero eno izmed redkih, če ni edino, kjer je mogoče in situ proučevati učinkovitost praktično vseh načinov, ki so za sanacijo jezer na voljo: površinsko in talno splakovanje jezera s preusmeritvijo Mišce, zmanjšanje prispevnih površin, ki onesnažujejo jezero, zadrževalniki na kanalizaciji za preprečevanje prelivov v jezero itd. Načrtna spremljava in analiza teh ukrepov bi bili prispevek k razvoju limnoloških modelov in tehnik za sanacijo jezer na ravni svetovne stroke. Kljub opisanim slabim izkušnjam pa priložnost za to še vedno ni zamujena.

NOV TIP KROŽNEGA KRIŽIŠČA: KROŽNO KRIŽIŠČE S PRITISNJENIMI PASOVI ZA DESNE ZAVIJALCE – »FLOWER ROUNDABOUT«

NEW TYPE OF ROUNDABOUT: ROUNDABOUT WITH »DEPRESSED« LANES FOR RIGHT TURNING – »FLOWER ROUNDABOUT«

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

tomaz.tollazzi@uni-mb.si

doc. dr. Marko Renčelj, univ. dipl. inž. grad.

marko.rencelj@uni-mb.si

Goran Jovanović, univ. dipl. inž. grad.

goran.jovanovic@appia.si

Sašo Turnšek, univ. dipl. inž. grad.

saso.turnsek@uni-mb.si

UNIVERZA V MARIBORU

Fakulteta za gradbeništvo

Znanstveni članek

UDK: 625.73

Povzetek | V zadnjem času mnoge tuje prometnovarnostne analize kažejo na nizko raven prometne varnosti večpasovnih krožnih križišč. Predvsem so sporna prepletanja na krožnem vozišču oziroma menjave prometnih pasov, ki so nujno potrebne za uporabo vseh krožnih prometnih pasov, s čimer se doseže največja kapaciteta večpasovnega krožnega križišča. V svetu problem nizke ravni prometne varnosti v večpasovnih krožnih križiščih rešujejo na več načinov, kot najuspešnejši pa se je pokazal način z zmanjševanjem števila konfliktnih točk. Tip krožnega križišča, ki bistveno zmanjša število konfliktnih točk, je krožno križišče s spiralnim potekom krožnega vozišča oziroma t. i. turbokrožno križišče. Vendar ima tudi turbokrožno križišče svoje pomanjkljivosti. S stališča prometne varnosti so predvsem problematične konfliktni točke križanja, pri katerih so posledice prometnih nesreč največje. Prav tako je rekonstrukcija obstoječega dvopasovnega krožnega križišča v turbokrožno križišče finančno zahtevna – potreben je večji gradbeni poseg (rušenje, prestavitev cestnih robnikov, prestavitev ločilnih otokov, javne razsvetljave ipd.). V prispevku je predstavljen nov tip krožnega križišča. Gre za krožno križišče s pritisnjenimi pasovi za desno zavijanje. Ta tip krožnega križišča združuje pozitivne lastnosti običajnega dvopasovnega krožnega križišča in turbokrožnega križišča.

Summary | Recently, many of the foreign traffic-safety analyses have pointed out the low level of traffic safety in the multi-lane roundabouts. Weaving in the circulatory carriageway or changes of traffic lanes have been particularly at issue, however, they are essential for the exploitation of all circulatory traffic lanes, whereby the maximum capacity of the multi-lane roundabout can be achieved. The problem of low traffic safety in the multi-lane roundabouts is solved in various ways in different countries – however, the solution, whereby the number of conflict points is diminished had proven to be the

most successful. The roundabout with the spiral course of the circulatory carriageway (or the turbo roundabout) is a type of roundabouts, which significantly diminishes the number of conflict points. However, the turbo roundabout also has its deficiencies. From traffic safety point of view, the turbo roundabout has conflict crossing points, where the consequences of traffic accidents are the worst. In addition, the reconstruction of existing two-lane roundabout to the turbo roundabout is financially demanding – we need larger construction works to be done (demolition / displacement of the existing road curbs, transpose dividing islands and public lightning etc.). In this paper, we introduce a new type of roundabouts, the roundabout with “depressed” lanes for the right turning or so-called “the flower-roundabout.” Financially speaking, the main advantage of the new type of the roundabout is its possibility to be implemented within the dimensions of the already existing “normal” two-lane roundabout. From the traffic-safety point of view, the main advantage of the new type of roundabout is that it has no crossing conflict points.

1 • UVOD

V zadnjem času mnoge tuje prometnovarnostne analize kažejo na nizko raven prometne varnosti običajnih večpasovnih krožnih križišč in slabe izkušnje z njimi (Hansen, 2006), enako pa velja tudi za Slovenijo. Zaradi tega v mnogih državah iščejo rešitve, s katerimi bi izboljšali raven prometne varnosti v obstoječih običajnih večpasovnih krožnih križiščih ((Fortuijn, 2003), (Mauro, 2010)).

Različne države rešujejo ta problem na različne načine, ki pa jih lahko uvrstimo v štiri skupine ukrepov. Višjo raven prometne var-

nosti v običajnih večpasovnih krožnih križiščih lahko dosežemo z:

- zmanjšanjem števila vozniških pasov na krožnem vozišču (slaba rešitev, ker povzroči zmanjšanje prepustne sposobnosti),
- zmanjšanjem števila vozniških pasov na uvozih/izvozih iz krožnega križišča (slaba rešitev, ker povzroči zmanjšanje prepustne sposobnosti),
- povečanjem premera krožnega križišča, s čimer se podaljšajo razpoložljive dolžine za prepletanje (finančno slaba rešitev),

- 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, prej navedenega načina – z zmanjšanjem števila konfliktnih točk. Eden od načinov zmanjšanja števila konfliktnih točk je krožno križišče s spiralnim potekom krožnega vozišča oziroma turbokrožno križišče ((Fortuijn, 2001), (Fortuijn, 2009)).

2 • DOSEDANJE SLOVENSKE IZKUŠNJE S TURBOKROŽNIMI KRIŽIŠČI

Ideja turbokrožnih križišč se je zelo hitro (praktično v nekaj letih od nastanka prvih primerov takih krožnih križišč na Nizozemskem) prenesla v slovenski prostor. Vzrokov

za to je več, med njimi pa so po mnenju avtorjev članka najpomembnejši:

- v Sloveniji smo v preteklosti delali premajhna dvopasovna krožna križišča, ki pa

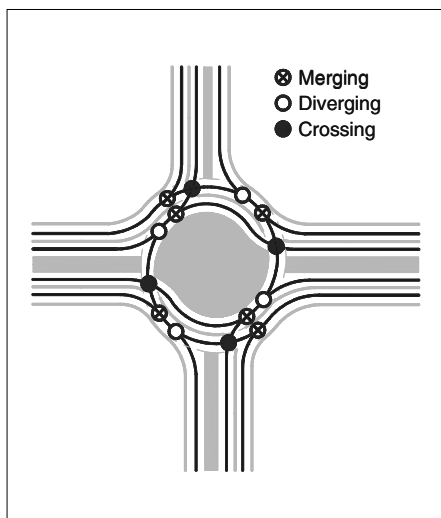
so »skregana« z zakonskim določilom o obvezni uporabi notranjega krožnega voznega pasu v primeru, da voznik ne zapušča krožnega križišča na prvem naslednjem izvozu, ter z dolžinami, ki jih potrebuje povprečen voznik za menjavo voznega pasu v krožnem vozišču,



Slika 1 • Prvo slovensko turbokrožno križišče v Kopru



Slika 2 • Eno od treh mariborskih turbokrožnih križišč



Slika 3 • Konfliktne točke v štirikrakovnem turbokrožnem križišču

– nizka raven slovenske prometne kulture povzroča neatraktivnost uporabe notranjega krožnega voznega pasu za voznike začetnike in starejše osebe, saj imajo ti težave pri uvažanju in izvažanju iz krožnega križišča, najbolj pa je problematična menjava voznega pasu v krožnem vozišču.

V tem trenutku imamo v Sloveniji šest turbokrožnih križišč (sliki 1 in 2), od katerih je eno semaforizirano, za tri turbokrožna križišča je projektna dokumentacija že izdelana, za dve pa je v izdelavi. Pet turbokrožnih križišč je ves čas podvrženih opazovanju in analiziranju, saj so v tem trenutku praktično šele na začetku delovanja in še ne moremo z gotovostjo trditi, da se bodo obnesla enako dobro, kot so se na Nizozemskem. Namreč neizpodbitno dejstvo je, da so prvi primeri turbokrožnih križišč zunaj Nizozemske nastali najprej v Sloveniji in šele potem v Nemčiji in na Madžarskem. Na Poljskem so šele pred kratkim izvedli prvo kvaziturbokrožno križišče (z montažnimi robniki), vendar z njegovim učinkom niso zadovoljni. Tudi v ZDA so do njih še zelo zadržani, zato v njihovih najnovejših predpisih za krožna križišča (NCHRP, Report 672, 2010) umirjajo projektante in sugerirajo čakanje na več izkušenj iz Evrope.



Slika 4 • Konfliktne točke križanja na uvozu na notranji krožni vozni pas z notranjega uvoznega pasu

Na osnovi opazovanj dogajanj (občasna videosnemanja: potekanje prometa, konfliktne situacije) in analiz (podatkov o skritih meritvah hitrosti, podatkov o prometnih nesrečah, ki jih posredujejo dve policijski upravi, podatkov o mnenjih uporabnikov ...) lahko ugotovimo, da slovenska turbokrožna križišča upravičujejo pričakovanja glede njihove prepustnosti (Tollazzi, 2006), še bolj pa glede visoke ravni njihove prometne varnosti. Na tem mestu je treba poudariti, da so prometne nesreče v slovenskih turbokrožnih križiščih le izjeme in ne pravilo ter da so posledice teh nesreč praviloma le materialna škoda.

Ne glede na prej navedeno pa je treba poudariti, da tudi turbokrožno križišče ni idealna rešitev, da ne rešuje vseh problemov, da njegova izvedba ni vedno upravičena in da ima tudi turbokrožno križišče določene pomanjkljivosti.

Štirikrakovno turbokrožno križišče s štiripasovno cesto na glavni prometni smeri ter dvopasovnimi uvozi in enopasovnimi izvozi na stranski prometni smeri ima šest konfliktnih točk priključevanja, štiri konfliktne točke odcepljanja (Kenjić, 2008), za razliko od običajnega dvopasovnega krožnega križišča nima konfliktnih točk prepletanja, ima pa štiri konfliktne točke

križanja, kar je največja pomanjkljivost tega tipa krožnega križišča (Mauro, 2010) (slika 3).

V dveh turbokrožnih križiščih od analiziranih petih opažamo občutek nevarnosti (zmedenosti, zadržanosti) pri voznikih, ki se v križišče pripeljejo na notranji krožni vozni pas (slika 4). Dejstvo je, da voznik v obeh primerih pri tem prometnem manevru prečka zelo močan prometni tok in se priključuje na drugi, približno enako močan prometni tok, kar pri vozniku povzroča občutek nevarnosti. Zato vozniki pripeljejo v križišče ali izredno počasi ali pa samo v primeru, ko so druga vozila zelo oddaljena.

Tako je mogoče ugotoviti, da imajo konfliktne točke križanja v turbokrožnih križiščih večji negativen vpliv na propustnost, kot je bilo pričakovano na začetku procesa njihove uvedbe.

Ne glede na vse prej navedene dobre slovenske izkušnje s turbokrožnimi križišči pa se postavlja vprašanje:

Kaj narediti z obstoječimi, manj varnimi običajnimi večpasovnimi križišči?

Iluzorno je namreč pričakovati, da bi jih lahko (predvsem zaradi finančnih razlogov) vse rekonstruirali v turbokrožna križišča!

Možna rešitev je krožno križišče s pritiskanimi pasovi za desno zavijanje. Da bi se izognili vsakokratnemu navajanju dolgega naziva, smo ga glede na analogijo s krožnim križiščem s spiralnim potekom krožnega vozišča (krajše: turbokrožnim križiščem), in ker nekoliko spominja na obliko cveta, ter glede na dejstvo, da bo promoviran tudi v tuji literaturi, poimenovali »flower roundabout«.

3 • KROŽNO KRIŽIŠČE S PRITISNJENIMI PASOVI ZA DESNO ZAVIJANJE

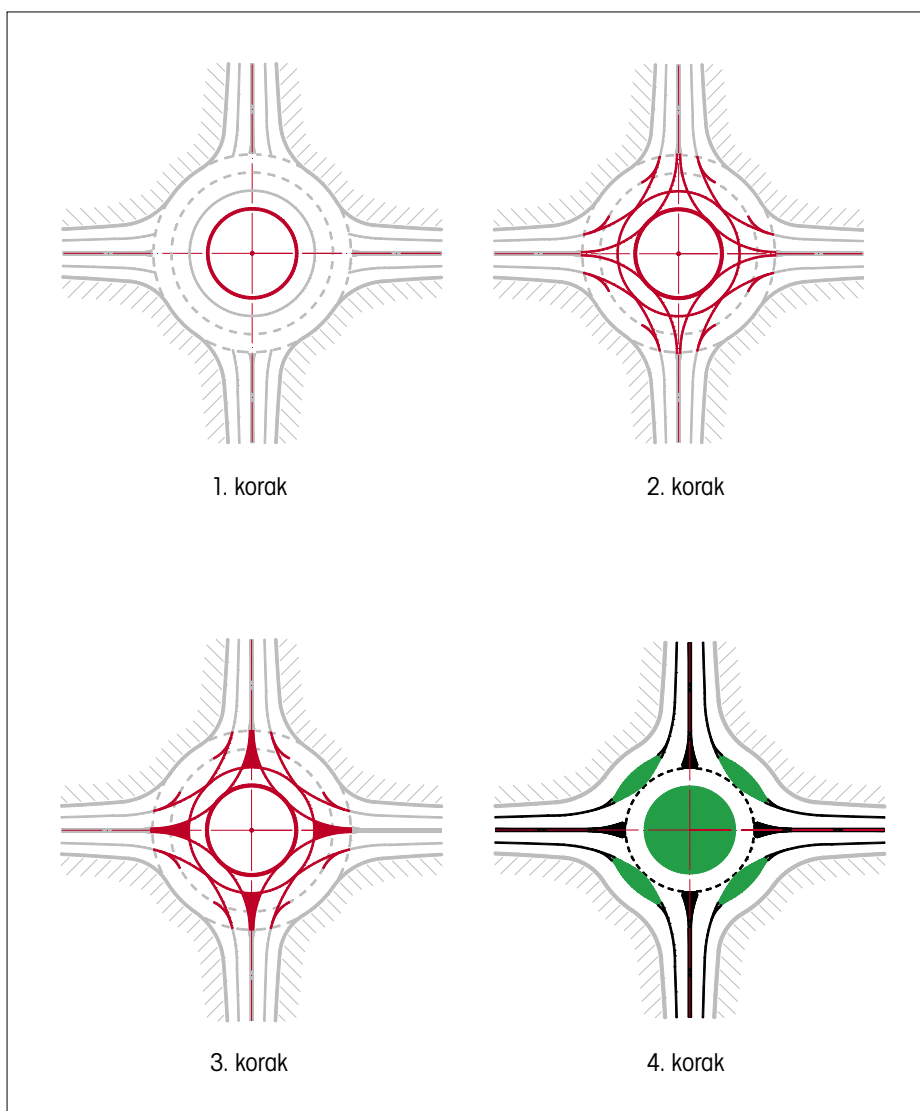
3.1 Osnovne lastnosti

Postavlja se vprašanje, ali je mogoče kombinirati pozitivne lastnosti različnih tipov krožnih križišč in hkrati eliminirati njihove negativne lastnosti oziroma:

Ali je mogoče eliminirati konfliktne točke križanja in prepletanja v obstoječem običajnem dvopasovnem krožnem križišču in s tem zagotoviti višjo raven prometne varnosti ob nezmanjšani prepustni sposobnosti krožnega križišča?



Slika 5 • Krožno križišče s pritisnjenimi pasovi za desno zavijanje – »flower roundabout«



Slika 6 • Postopek rekonstrukcije obstoječega običajnega dvopasovnega krožnega križišča v krožno križišče s pritisnjenimi pasovi za desne zavijalce

Ena od glavnih lastnosti krožnega križišča s pritisnjenimi pasovi je enaka kot pri turbokrožnemu križišču – fizično ločeni prometni pasovi na krožnem vozišču (Tollazzi, 2010, a, b).

Njegova naslednja lastnost je, da imajo vsi desni zavijalci svoj ločeni pas (slika 5). To povzroča, da notranji krožni vozni pas uporabljajo le vozila, ki vozijo skozi krožno križišče (180°) ali zavijajo za tri četrtine kroga (270°) oziroma polkrožno obračajo (360°).

S fizičnim ločevanjem desnih zavijalcev dobimo enopasovno krožno križišče, kjer (za razliko od turbokrožnega križišča) nimamo konfliktnih točk križanja in (za razliko od običajnega dvopasovnega krožnega križišča) niti konfliktnih točk prepletanja. Imamo le štiri konfliktna točka priključevanja in štiri odcepljanja. Konfliktna točka prepletanja se s krožnega vozišča (v krivini) prenesejo na odsek ceste pred krožnim križiščem (praviloma v premi), kar je prometno varnejša rešitev.

Naslednja pozitivna lastnost tega tipa krožnega križišča je, da je »error-forgiving«: četudi se vozilo na uvozu v krožišče pomotoma razvrsti na notranji krožni prometni pas, še vedno obstaja možnost, da na prvem naslednjem izvozu zapusti krožno križišče.

Verjetno najboljša lastnost krožnega križišča s pritisnjenimi pasovi za desne zavijalce je, da je izvedljivo v gabaritih obstoječega, že izvedenega, običajnega dvopasovnega krožnega križišča. Za razliko od turbokrožnega križišča v tem primeru ni potrebe po prestavljanju zunanjih robnikov, rušenju ločilnih otokov, prestavljanju javne razsvetljave ... niti po odkupu dodatnega zemljišča. V primeru rekonstrukcije običajnega dvopasovnega krožnega križišča v krožno križišče s pritisnjenimi pasovi za desno zavijanje lega vseh robnikov zunanjega premera, ločilnih otokov in uvozov ostane nespremenjena.

3.2 Konstrukcija krožnega križišča s pritisnjenimi pasovi za desne zavijalce v mejah izvedenega običajnega dvopasovnega krožnega križišča

Za rekonstrukcijo obstoječega običajnega dvopasovnega krožnega križišča v krožno križišče s pritisnjenimi pasovi za desne zavijalce je treba zgraditi le še en krožni vozni pas proti središču krožnega križišča in podaljšati ločilne otoke proti sredinskemu otoku (Tollazzi, 2010b). Rekonstrukcija se izvede v štirih korakih (slika 6):

1. korak: zgradi se dodatni krožni vozni pas proti središču krožnega križišča;

2. korak: podaljšajo se konstrukcijske črte uvozov in izvozov;
3. korak: podaljšajo se ločilni otoki za širino enega krožnega voznega pasu proti središču krožnega križišča;
4. korak: druge površine, ki ostanejo po rekonstrukciji, se preuredi v zelene površine.

Taka konstrukcija je izvedljiva na štiripasovnih kot tudi dvopasovnih cestah. V primeru, da se izvede na dvopasovni cesti, je pred krožnim križiščem treba zgraditi dodatni pas ustrezne dolžine. Dobljen novi sredinski otok mora seveda imeti polmer, ki je večji od zahtevanega minimalnega polmera.

3.3 Primerjava prepustne sposobnosti »flower«, običajnega dvopasovnega in turbokrožnega križišča

Predmet obravnave je bilo obstoječe, izolirano, običajno dvopasovno štirikrako krožno križišče na mariborski zahodni obvoznici.

Izračun je izveden z uporabo mikrosimulacijskega paketa PTV VISSIM (slika 7).

V analizi so vrednoteni zastoji in dolžine kolon za štiri različne variante prometnih obremenitev, na osnovi katerih je izvedena primerjava zgoraj navedenih kapacitetnih parametrov. Ker iz variantnih rešitev ni bilo mogoče ugotoviti razlike med tremi tipi krožnih križišč, so bili uvedeni še trije scenariji glede na delež vozil, ki zavijajo v desno na glavni prometni smeri (40 %, 60 % in 80 %), obremenitve (levo in naravnost) so bile enako razporejene (na primer v scenariju 40 % to pomeni, da imamo 30 % levih zavijalcev in 30 % vozil, ki vozijo naravnost). Stranske prometne smeri so bile obremenjene s 75, 100, 125 in 150 vozili v konični uri (Tollazzi, 2006).

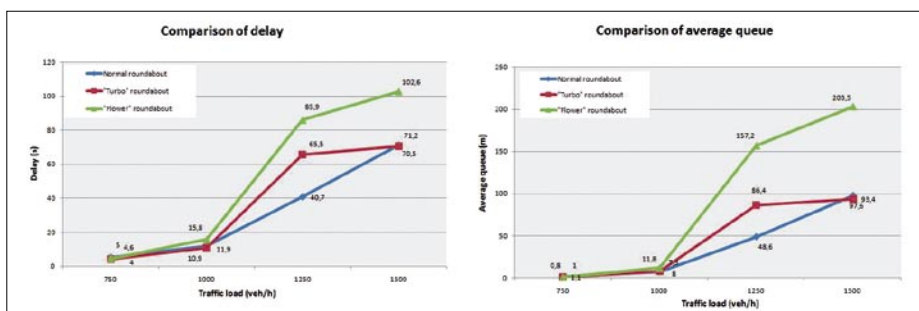
Rezultati mikrosimulacije kažejo, da pri majhnih prometnih obremenitvah ni bistvene razlike med »flower«, običajnim dvopasovnim in turbokrožnim križiščem. Zastoji in dolžine kolon so približno enaki.

Pri večjih prometnih obremenitvah (varianti 1250 in 1500) razlike v prid »flower« krožnega križišča nastopijo pri večjem odstotku desnih zavijalcev od skupne količine vozil na glavni prometni smeri (slike 8, 9 in 10). Zastoji v scenariju 80 % in varianti 1250 so v »flower« krožnem križišču 20,02 s (LOS = C), v običajnem dvopasovnem krožnem križišču 40,2 s (LOS = D), v turbokrožnem križišču pa 66,4 s (LOS = D).

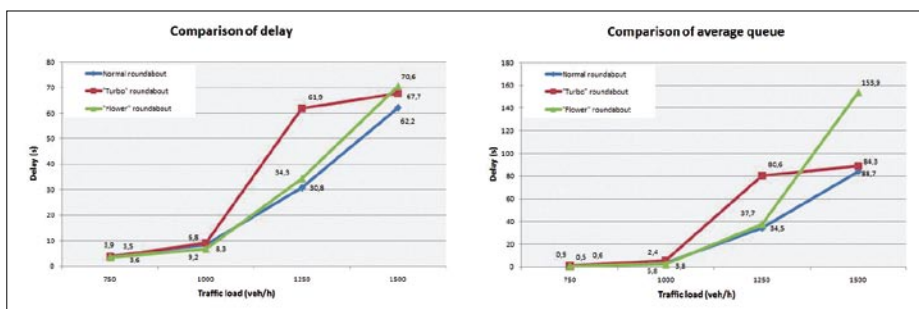
»Flower« krožno križišče »pregori« v trenutku, ko je presežena prepustnost enopasovnega krožnega križišča:



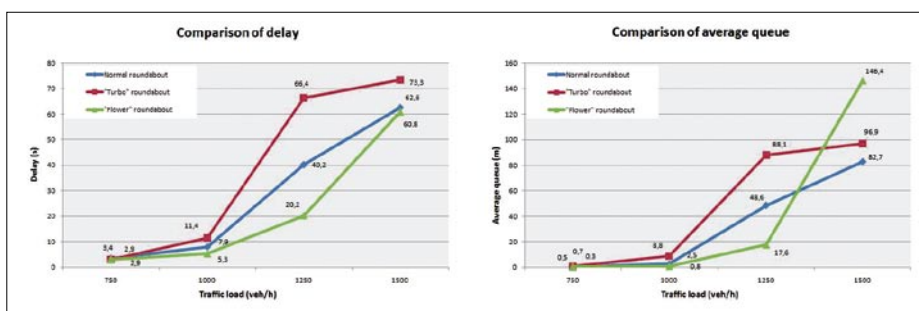
Slika 7 • Matematični model in 3D-simulacija krožnega križišča s pritisnjenimi pasovi za desno zavijanje, izdelana s PTV VISSIM 5.20



Slika 8 • Scenarij s 40 % desnih zavijalcev



Slika 9 • Scenarij s 60 % desnih zavijalcev



Slika 10 • Scenarij s 80 % desnih zavijalcev

- v primeru enakomerno obremenjenih uvozov pri približno 25.000 vozilih na dan (vsota vseh uvozov),
- pri približno 1350 vozilih v konični uri na krožnem vozišču.

Ideja krožnega križišča s pritisnjenimi pasovi za desne zavijalce je – zgolj zaradi zaščite avtorskih pravic – patentirana na Uradu RS za intelektualno lastnino RS (Tollazzi, 2010b).

4 • SKLEP

V zadnjem času mnoge tuje prometnovarnostne analize kažejo na nizko raven prometne varnosti običajnih večpasovnih krožnih križišč in na slabe izkušnje z njimi. Podobno velja tudi za Slovenijo. Zaradi navedenega v mnogih državah iščejo rešitve, s katerimi bi izboljšali raven prometne varnosti v takšnih krožnih križiščih. Ena od možnih rešitev je krožno križišče s spiralnim potekom krožnega vozišča oziroma turbokrožno križišče. Vendar ima tudi turbokrožno križišče določene pomanjkljivosti in ni dovolj ustrezna rešitev v vseh primerih. Četudi bi turbokrožno križišče ne imelo pomanjkljivosti, ni za pričakovati, da bi vsa

običajna večpasovna krožna križišča lahko rekonstruirali v turbokrožna križišča. Predvsem zaradi finančne zahtevnosti.

Krožna križišča z mimobežnimi pasovi (bypass) so že dolgo znana v tujini. Tudi slovenska tehnična specifikacija za krožna križišča predvideva mimobežne pasove, prav tako imamo v Sloveniji že izvedena takšna krožna križišča.

Ideja krožnega križišča s pritisnjenimi pasovi temelji na ideji mimobežnih pasov, ki se jih umesti kot pritisnjene ob zunanji rob enopasovnega krožnega križišča. S takšno rešitvijo, ko desne zavijalce iz vseh smeri vodimo mimo

krožnega križišča, lahko bistveno razbremenimo krožno vozišče. V takšnem primeru se torej izvedejo vsi štirje mimobežni pasovi. Rešitev je izvedljiva v gabaritih obstoječega običajnega dvopasovnega krožnega križišča.

Bistvo »flower« krožnega križišča je, da eliminira negativne lastnosti obeh doslej uporabljenih krožnih križišč: običajnega dvopasovnega in turbokrožnega križišča.

»Flower« krožno križišče je ustrezna rešitev v primeru zelo velikega deleža desnih zavijalcev na vseh krakih križišča (več kot 60 %), kapacitetno pa pregori, ko je presežena prepustna sposobnost enopasovnega krožnega vozišča. Ideja »flower« krožnega križišča je bila predstavljena na International Roundabout Conference v Carmelu, Indiana, ZDA, maja 2011, kjer je bilo za to novost veliko zanimanja.

5 • LITERATURA

- Fortuijn, L. G. H., Pedestrian and Bicycle-Friendly Roundabouts, Dilemma of Confort and Safety, Institute of Transportation Engineers (ITE), Annual Meeting, Seattle, ZDA, 2003.
- Fortuijn, L. G. H., Turbo Roundabouts, Design Principles and Safety Performance, Transportation Research Record, Journal of the Transportation Research Board, Volume 2096/2009, 2009.
- 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
- Kenjić, Z., Kružne raskrsnice – rotori, Holandska iskustva, 1. BH kongres o cestama, 2007.
- Mauro, R., Branco, F., Comparative Analysis of Compact Multilane Roundabouts and Turboroundabouts, Journal of Transportation Engineering-ASCE, Volume 136/2010, No. 4, str. 284–296, 2010.
- Mauro, R., Cattani, M., Potential accident rate of turbo-roundabouts, TRB 4th international symposium on Highway Geometric Design, Wasghington DC, Transportation research Board, Valencia, 2.–5. junij 2010, 2010.
- NCHRP, Report 672, Roundabouts: An Informational Guide, Second Edition, Transport Research Board, Washington, 2010.
- Tollazzi, T., Toplak, S., Jovanović, G., Ocena kapacitete turbokrožnega križišča. Gradbeni vestnik, letnik 55, str. 310–318, 2006.
- Tollazzi, T., Renčelj, M., Jovanovic, G., Turnšek, S., Roundabout with »depressed« lanes for a right turnings – »flower-roundabout«, XVII International Scientific Symposium on Transport Systems 2010, Croatia, Opatija, 2010.
- Tollazzi, T., Renčelj, M., Turnšek, S., Jovanović, G., Krožno križišče s pritisnjenimi pasovi za desno zavijanje: patentna prijava št. P-201000026, 28. januar 2010. Ljubljana, Urad RS za intelektualno lastnino, 2010.

DIMENZIONIRANJE LESENEGA MOSTU ZA PEŠČE IN KOLESARJE

DIMENSIONING OF A TIMBER BRIDGE FOR PEDESTRIANS AND CYCLISTS

Mitja Papinutti, dipl. gosp. inž.
prof. dr. Miroslav Premrov, univ. dipl. inž. grad.
asist. Matjaž Tajnik, univ. dipl. inž. grad.

Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo,
Smetanova 17, 2000 Maribor
mitja.papinutti@gmail.com
miroslav.premrov@uni-mb.si
matjaz.tajnik@uni-mb.si

Strokovni članek
UDK: 693.22:699.86

Povzetek | Članek obravnava statično analizo in dimenzioniranje mostu za pešce in kolesarje. Posebnost mostu je v stropu in tleh, sestavljenih iz KLP (križno lepljenih plošč), in štirih lepljenih nosilcev, ki so bili projektirani po standardih ÖNORM B 4002. Obstoječi most smo hoteli prilagoditi slovenskim standardom SIST EN 1995-1 in s tem narediti primerne za gradnjo v Sloveniji. Pri tem uporabimo različne statične modele, ki dajejo različne rezultate. Most ima razpon 35 m in visi na dveh vrveh z detajli, ki so posebnost oblikovanja takšnih mostov.

Summary | The subject of this paper is the constructional analysis and dimensioning of a bridge for pedestrians and cyclists. The special feature of the bridge is its ceiling and floor consisting of a CLT (Cross Laminated Timber) panel and four glued beams, designed according to ÖNORM B 4002 standards. In order to make the bridge appropriate for construction in Slovenia, it was necessary to adjust an existing bridge so that it would suit the Slovenian SIST EN 1995-1 standards. Using different static analysis gives us different results. The bridge has a span of 35 m and is suspended on two steel ties with the details that make the modelling of such bridges special.

1 • UVOD

Les doživlja zadnjih nekaj let v gradbeništvu svoj preporod zaradi ekoloških prednosti pred drugimi gradbenimi materiali. V Sloveniji je kar 66 % površine pokrite z gozdovi, kar uvršča Slovenijo na tretje mesto v Evropi, prednost lesa je tudi nizki energetski vložek v primarno in sekundarno fazo obdelave lesa, vse to pa govori v korist gradnji lesenih mostov. Končni energijski vložek v lesno proizvodnjo je bistveno manjši kot pri jeklu in betonu. Les kot naravni material je uporaben kot gorivo in kot gradbeni material. Les je v posameznih primerih predvsem iz pokrajinskih in estetskih vidikov primernejši za vgraditev v prostor,

kar povečuje trend graditve z lesom. Zaradi zavedanja teh prednosti v kombinaciji z naraščajočo ozaveščenostjo ljudi o izrabljanju naravnih materialov bo les po vsej verjetnosti v prihodnosti večkrat uporabljen za gradnjo mostov. Les pa ima svoje mehanske lastnosti, ki nas omejujejo pri gradnji mostov z daljšimi razponi. Največje materialne omejitve so: modul elastičnosti E , nizki strižni modul G in še nižja natezna trdnost pravokotno glede na vlakna lesa. Z uporabo različnih materialov v kombinaciji z lesom lahko bistveno povečamo razpon mostu in njegovo vitkost. Materiale kombiniramo tako, da kar najbolje izkoristimo

trdnosti in specifične lastnosti posameznih materialov. Zaradi kompleksne fiziološke in biološke sestave je les zahteven za projektiranje.

Namen članka je prikazati rešitev sovprežnega mostu v Sloveniji tako, kakor so premostitev rešili v sosednji Avstriji. Enak most je treba prilagoditi našim trenutnim standardom in obtežbam. Za analizo uporabimo 2D- in natančnejši 3D-prostorski model, ki daje različne rezultate. Posebnost mostu sta streha in tla, sestavljena iz križno lepljenih plošč (v nadaljevanju KLP) in štirih lepljenih nosilcev, ki delujejo kot T-nosilec. Za podrobno analizo T-nosilca je bilo treba modelirati linijski element v interakciji s KLP. Prikazan je zanimiv primer uporabe plošč na lesenem mostu s streho in primer izračuna interakcije in nosil-

nosti. Ker v Evropi za dimenzioniranje KLP še ne obstajajo veljavni standardi, veljajo pa priporočila in nacionalni standardi, je bilo treba izpeljati porušne mehanizme za KLP. Zaradi kompleksnega obnašanja in porušnih metod KLP ni dovolj, da razpolagamo samo s podatki proizvajalca o lastnostih plošč, temveč je treba detajlno razumevanje, na podlagi katerega lahko izračunamo nosilnost KLP za poljubno napetostno stanje prereza. Zanimiv in kompleksen del mostu so deli jeklenih vrvi in jeklenih podpor, kjer so tudi prikazane delne rešitve z dimenzioniranjem, ki so zanimive za inženirsko prakso.

Tip objekta	pokriti most za pešce in kolesarje
Nosilni sistem	sovprežni most, podprt z vrvema in razponom 35 m ter dvema dovoznima rampama iz KLP (2 x 3 m)
Lokacija postavljenega mostu	Avstrija/Štajerska/Feldbach
Most ponovno računamo za lokacijo	Slovenija/Celje
Material (za nosilne dele)	armirani beton C30/37
– oporniki in stebri	KLP – križno lepljene asimetrične plošče, lepljeni nosilci (GL36c) delujejo kot T-nosilec
– tla in streha	lepljenec iz macesna GL24h
– stebri	jeklo S355
– natezne vešalke in jekleni detajli	jeklo S235
– jeklena vrv	liči asfalt.
– pohodna površina	

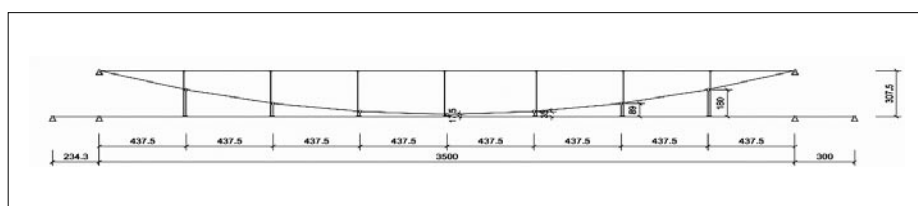
Razpredelnica 1 • Osnovni podatki o mostu

2 • RAČUNSKI MODEL MOSTU

Most modeliramo v 3D-okolju in v celoti izračunavamo z računalniškim paketom SAP2000. Primerjava je bila narejena z računalniškim paketom AxisVM 3D, kjer je bil narejen poenostavljeni 2D-računski model, tako da je bila narejena samo vzdolžna polovica mostu, ki je bila v celoti sestavljena iz linijskih elementov stropa, tal, stebrov, vrvi in vešalk.

3D-statični izračun (slika 2) je prav tako modeliran z linijskimi elementi stebrov, vrvi in vešalk, stropa in tal. T-nosilca stropa in tal sta sestavljena iz linijskih elementov GL36c v interakciji z ekscentrično priključeno KLP, modelirano z lupinskimi elementi, ki prevzemajo obremenitve v ravnini in pravokotno nanjo. Upoštevati je treba strižne deformacije zaradi majhnega razmerja L/d (slika 11).

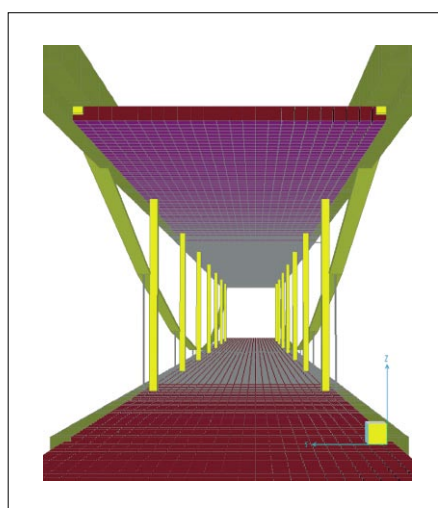
Dimenzioniramo samo dele konstrukcije, ki so najbolj obremenjeni glede na dobljene notranje statične veličine. Tla so sestavljena iz ortotropne plošče, moduli elastičnosti se razlikujejo v vzdolžni in prečni smeri zaradi nesimetrične KLP. Plošča je nato na vsaki strani podprta z linijskim elementom, sestavljenim iz dveh lepljenih nosilcev, 20 x 48 cm in 20 x 35 cm (slika 2). KLP je ekscentrično toga pritrjena (prilepljena) na nosilec, medtem ko nosilca, dvojčka, med seboj nista vertikalno lepljena, ampak sta povezana z vijaki. KLP v interakciji z linijskimi nosilci GL36c delujejo kot T-nosilec, zato ga lahko tako tudi računamo v poenostavljenem 2D-modelu (slika 1). Vijačna zveza omogoča elementa enake upogibne deformacije, hkrati pa



Slika 1 • Dimenzije mostu poenostavljenega 2D-statičnega modela

zmanjša torzijsko togost (deljenega prereza) in tako elementa prevzemata manjše torzijske obremenitve. Primernejša je izbira vertikalno

deljenega nosilca (slika 4b) zaradi manjših strižnih napetosti (za 45 %) in manjše togosti (slika 4).

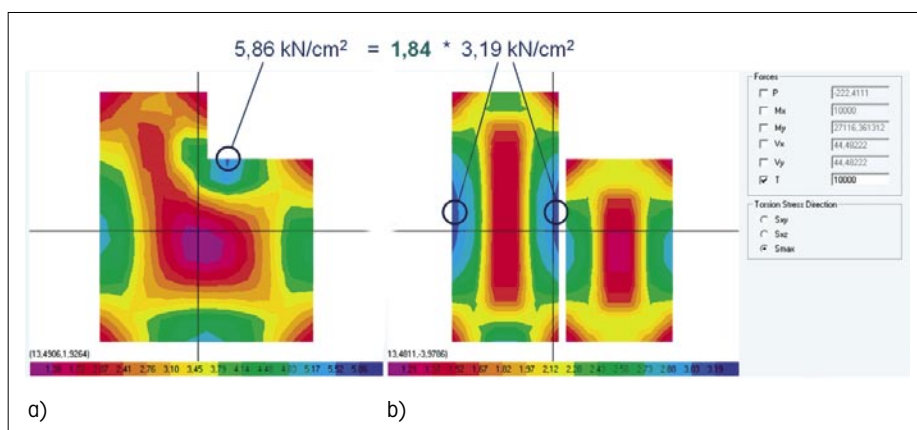


Slika 2 • 3D-računski model v program SAP 2000



Slika 3 • Slika mostu s sprednje strani

Nad vse pomembno je tudi upoštevanje strižnih deformacij KLP pri izračun notranjih statičnih veličin, saj te povzročijo večjo torzijsko obremenitev lepljenih nosilcev. V obeh modelih se upošteva tudi začetno prednapetje zaradi ekscentričnosti naleganja nosilcev na jeklene podpore, kjer se vnaša horizontalna sila vrvi v stebre.



Slika 4 • Napetosti ob torzijski obremenitvi $M_x = 1000 \text{ kN/cm}$ v nosilcih v primeru vertikalno zlepljenega (a) in deljenega nosilca (b) (kN/cm^2)

3 • RAZLIKE MED 3D- IN 2D-POENOSTAVLJENIM STATIČNIM MODELOM MOSTU

S prostorskim modelom dobimo notranje statične veličine v nosilcih (M_x in $M_z \rightarrow$ ni enak kot pri 2D) in v KLP (M_{xy} , M_{yz} , V_{xz} , V_{yz}), pomembne za dimenzioniranje posameznih prerezov elementov.

Posebnost KLP je v strižnih deformacijah, ki so zaradi prečnih desk desetkrat večje kot strižne deformacije lepljenega lesa. Zaradi nizkega strižnega modula lepljenega lesa $G_{GL} = E/16 = 750 \text{ N/mm}^2$ in še nižjega strižnega modula

plošč $G_{KLP} \approx G_{GL}/10 \approx 75 \text{ N/mm}^2$ morajo biti strižne deformacije upoštevane. Nekateri proizvajalci navajajo povprečni strižni modul kot $G_{KLP} = 50 \text{ N/mm}^2$, potreben za dimenzioniranje (Blaž, 2003).

Razlika med modeloma je tudi v osni deformabilnosti stropne plošče, če T-nosilca stropa obremenimo s horizontalno osno silo. Večja osna podajnost 3D- proti 2D-modelu je posledica manjše aktivacijske površine na

leganja stropa na podpore. Deformacije so povečane ob samem detajlu podpore, kjer pride do vnosa horizontalne sile v strop. Zaradi večjih horizontalnih pomikov natezne vrvi v podporah se povečajo tudi povesi. Povečanje povesov vrvi posledično nudi manjšo upogibno oporo stebrov na stropni T-nosilec (slika 1). Povečani povesi (3D proti 2D) pomenijo večje upogibne obremenitve tal in s tem za 19,8 % večje normalne napetosti. Povišanje upogibnih napetosti zaradi večje podajnosti vrvi delno odpravimo z nadvišanjem mostu v fazi po postavitvi mostu, ki ga v računskem modelu največkrat upoštevamo kot nelinearno temperaturno obremenitev vešalk.

4 • MODELIRANJE IN DIMENZIONIRANJE JEKLENIH DETAJLOV

4.1 Vešalke

Posebnost vešalk je v naleganju na natezno vrv. Zaradi možnosti preboja vešalk vstavimo polne valje, v katere privijačimo vešalke (slika 5), ki osno silo vešalk enakomerno raznesejo po celotni površini natezne vrvi oziroma ploščatega jekla in preprečijo preboj, kjer so koncentrirane napetosti (slika 6) že tako povečane zaradi luknje na sredini vrvi.

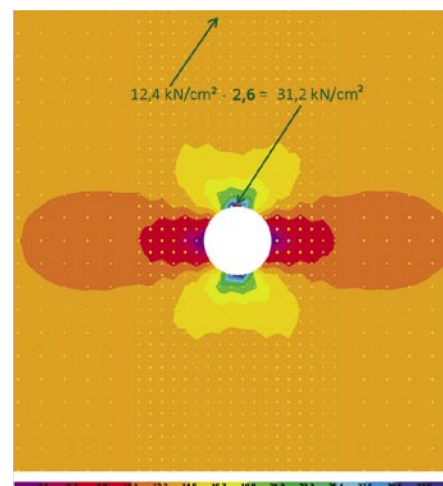


Slika 5 • Detajl stika vrvi in vešalke

4.2 Natezna vrv

Izkaže se, da ima vrv največji vpliv na togost konstrukcije in na lastno frekvenco, ki se ujema z meritvami na mostu v Feldbachu. Dimenzije vrvi so bile določene v času opti-

mizacije med nosilnostjo in lastno frekvenco mostu. Nesmiselno bi bilo zmanjševati prerez vrvi in mase z višanjem kakovosti jekla, saj bi tako povečali dinamične učinke.



Slika 6 • Povečanje glavnih napetosti vrvi okoli luknje za faktor 2,6, kjer so pritrjene vešalke $d = 25 \text{ mm}$

4.3 Jeklena podpora

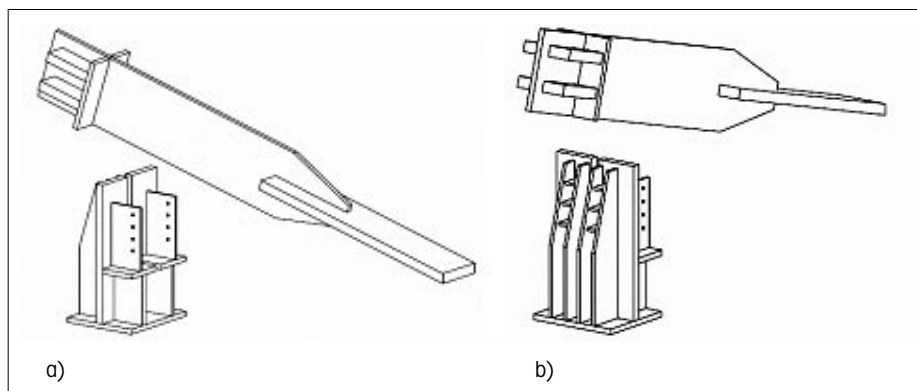
Zanimiv konstrukcijski detajl predstavlja jeklena podpora, ki prenaša vertikalno reakcijo vrvi v armiranobetonske stebre in horizontalno v strop T-nosilca (slika 7). Prostorski model FEM-solid jeklene podpore je narejen iz elementov $V = 1 \text{ cm}^3$ in modeliran v programu SAP2000. Pritrditev vrvi na jekleno podporo delimo v dva računsko ločena modela za dimenzioniranje zvarov (slika 8).



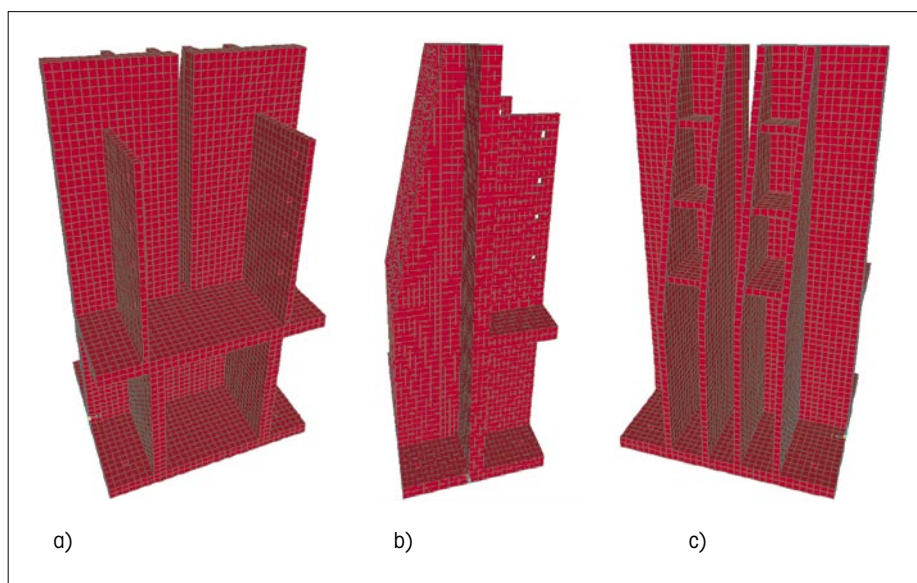
Slika 7 • Naleganje nosilca GL36c na jekleno podporo

Za dimenzioniranje zvarov na vrvi upoštevamo osne sile in ekscentričnosti naleganja vrvi na podporo (slika 8a, zgoraj). Za spodnji del jeklene podpore (slika 8a, spodaj), kjer ne moremo analitično določiti sile v posameznih prerezih, naredimo ustrezeni model za izračun napetosti (slika 9). Zanemarimo deformacije zvarov in modeliramo kot monolitni element, na katerega prenesemo vse akcije T-nosilca in jeklene vrvi. Jekleno podporo je treba ustrezno privijačiti na armirano betonski stebri z vijaki, da ti prevzamejo strižno in natezno silo v primeru horizontalnih neugodnih obremenitev.

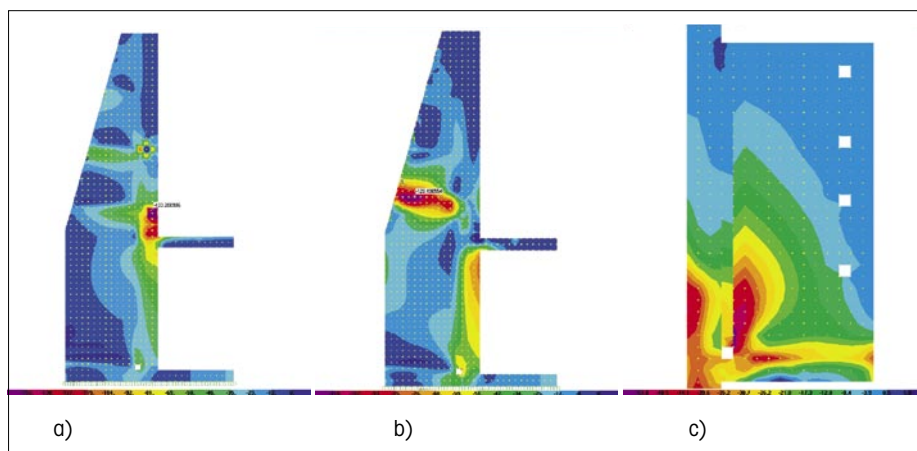
Posamezne dele podpore dimenzioniramo glede na izračunane napetosti (slika 110), pri tem upoštevamo višino korena zvarov a , ki mora biti večja od debeline pločevine, da velja predpostavka monolitnega modela solid.



Slika 8 • Detajli priključitve natezne vrvi na jekleno podporo (razcepljena podpora)



Slika 9 • 3D-solid model jeklene podpore, pogled iz perspektiv



Slika 10 • Glavne napetosti v prečnem prerezu zadnjih dveh reber (levo, sredina) in glavne napetosti, kjer je pritrjen leseni T-nosilec (N/mm^2)

5 • KRIŽNO LEPLJENE PLOŠČE

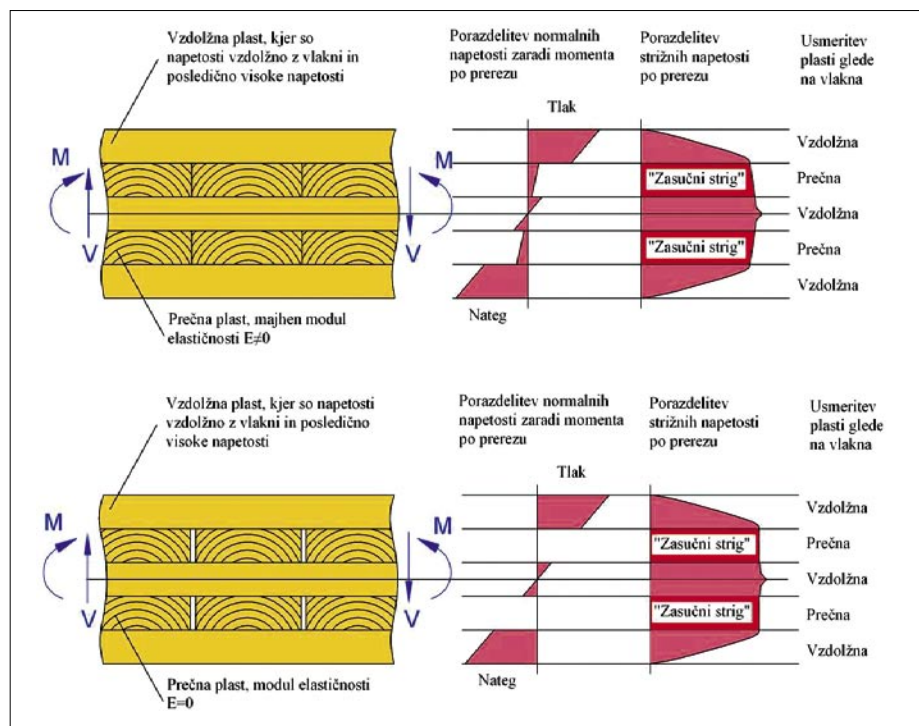
Križno lepljene plošče (KLP) so inženirski leseni proizvodi, ki so sestavljene iz žaganega lesa, zlepljenega skupaj, v posebnih primerih vezanega z mehanskimi veznimi sredstvi. Lastnosti plošč so inženirsko oblikovane tako, da najbolj ustrezajo posameznim zahtevam po nosilnosti. Enostavna sestava plošč nam omogoča proizvodnjo večjih dimenzij in kot taka je uporabna tako v gradnji stavb kot za druge inženirske proizvode. KLP lahko uporabljamo kot nosilne plošče v dveh smereh ali kot strižne zidove, oboje pa uporabimo v našem 3D-modelu. KLP in vzdolžne nosilce GL36c zlepiamo skupaj in lahko upoštevamo razporeditev napetosti po teoriji T-nosilca. Tu je treba upoštevati efektivno togost in predvsem strižne deformacije KLP, ki bistveno vplivajo na raznos napetosti med KLP in GL36c. Poleg modeliranja plošč se moramo zavedati tudi nekaterih posebnosti pri raznosu normalnih napetosti in strižnih napetosti v KLP. V nadaljevanju sta omenjena povečana normalna napetost in posebno napetostno stanje prečnih desk zaradi zasučnega striga.

Bistvo nadaljnje predstavitve mehanskih in porušnih lastnosti kompozitnih KLP je prikaz delovanja in modeliranja KLP. Podatki proizvajalcev, katerih karakteristike prereзов KLP so podane za homogeni prerez zaradi lažjega izračuna, nam ne dajejo dovolj podatkov, predvsem v primeru obremenitve plošč z dvema upogibnima momentoma in dvema osnima silama. Kako se napetosti porazdelijo po prerezu, je odvisno od sestave plošče, in jih delimo v glavnem v dve skupini vertikalno lepljenih in vertikalno nezlepljenih desk (sliki 11a in 11b).

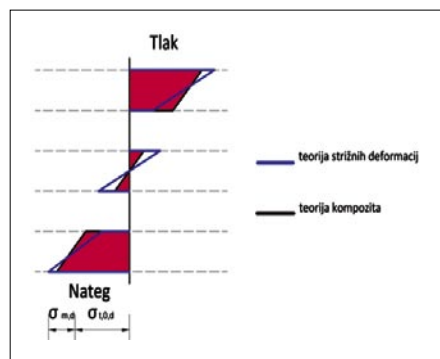
Napetosti v prerezu KLP se porazdelijo v razmerju togosti posameznih plasti. Za dimenzioniranje prereзов je treba izračunati efektivne vztrajnostne moment I_{ef} in površine A_{ef} . Za hitrejši izračun lahko uporabimo I_{ef} vertikalno nezlepljenih desk, kjer ne upoštevamo prečnih desk in smo na varni strani. Če imamo podatke proizvajalca, so materialne karakteristike že transformirane glede na homogeni prerez KLP, za katerega računamo deformacije ali napetosti.

5.1 Normalne napetosti

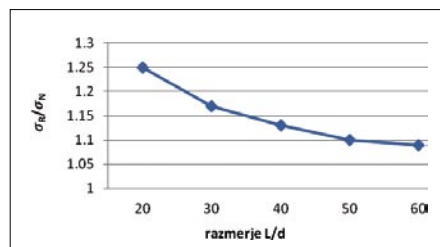
Normalne napetosti se razdelijo v razmerju togosti desk glede na kot obremenitev in na smer vlaken. Razmerje povečanja normalnih napetosti po teoriji kompozitnih nosil-



Slika 11 • Porazdelitev napetosti v KLP v primeru vertikalno lepljenih desk (a) in v primeru, ko te niso vertikalno lepljene (b)



Slika 12 • Porazdelitev normalnih napetosti zaradi momenta na sredini plošče, obremenjene s koncentrirano silo ($E_{90} = 0$)

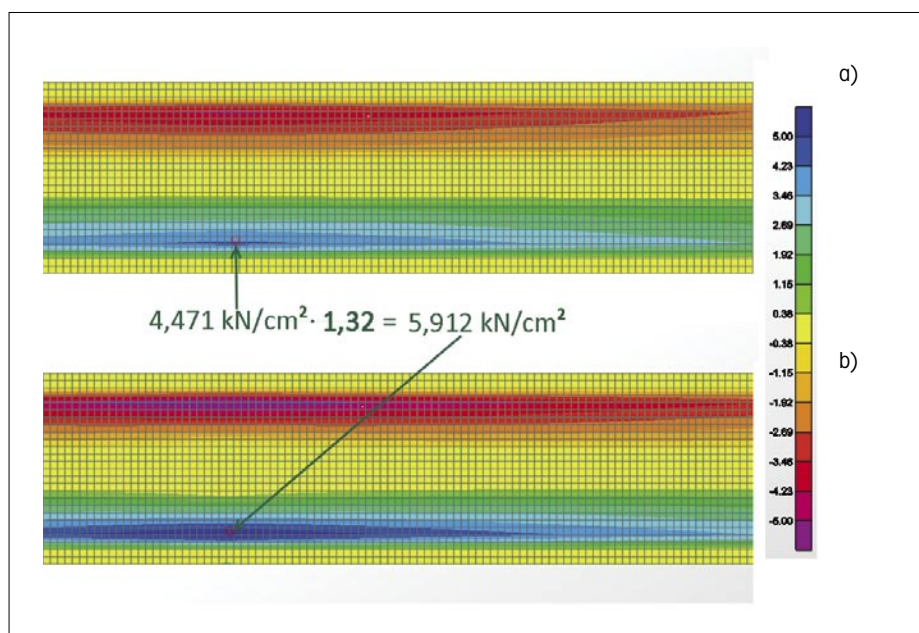


Slika 13 • Razmerje med povečanimi normalnimi napetostmi zaradi strižnih zamikov in normalnimi napetostmi, izračunanimi po teoriji nosilca za simetrični kompozit KLP plošče iz petih slojev debeline $d = 20$ cm (Mestek, 2009)

cev σ_R/σ_N je posledica strižnih deformacij prečnih desk (slika 12). Za koliko se poveča normalna napetost na sredini razpona, je odvisno od geometrije, podpiranja in načina obremenitve.

S strižnimi deformacijami se povečajo tudi normalne napetosti na sredini razpona. To povečanje napetosti je predvsem pomembno pri ploščah, ki so obremenjene s koncentrirano silo na sredini razpona. Povečane napetosti so odvisne predvsem od razmerja dolžine proti višini KLP in v primeru kratkih plošč, kjer so večji prispevki strižnih deformacij in pride do povečanja normalnih napetosti za faktor 1,25 (slika 13).

σ_N ... normalne napetosti na sredini nosilca brez upoštevanja strižnih zamikov
 σ_R ... normalne napetosti na sredini nosilca z upoštevanjem strižnih zamikov
 L ... razpon plošče
 d ... debelina plošče



Slika 14 • Povečanje normalnih napetosti za faktor $\chi_r = \sigma_R / \sigma_N \approx 1,3$ na sredini razpona KLP zaradi strižnih zamikov KLP (spodaj)

Napetost v vzdolžnih deskah mora zadostiti pogoju (1):

$$\frac{\sigma_{c,0,d} / (\sigma_{t,0,d}) \pm \sigma_{m,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d} / (f_{t,0,d})} \pm \frac{\left(\frac{N}{A_{ef}} \right)}{f_{m,d}} = \frac{\left(\frac{M_i \cdot \chi_{r,i}}{W_{i,ef}} \right)}{f_{m,d}} \leq 1 \quad (1)$$

Napetost v prečnih deskah mora zadostiti pogoju (2):

$$\frac{\sigma_{c,90,d} / (\sigma_{t,90,d}) \pm \sigma_{m,90,d}}{k_c \cdot f_{c,90,d} / (f_{t,90,d})} \pm \frac{\alpha_e \cdot \left(\frac{N}{A_{ef}} \right)}{f_{m,d}} = \frac{\left(\frac{M_i \cdot \chi_{r,i} \cdot \alpha_e}{W_{i,ef}} \right)}{f_{m,90,d}} \leq 1 \quad (2)$$

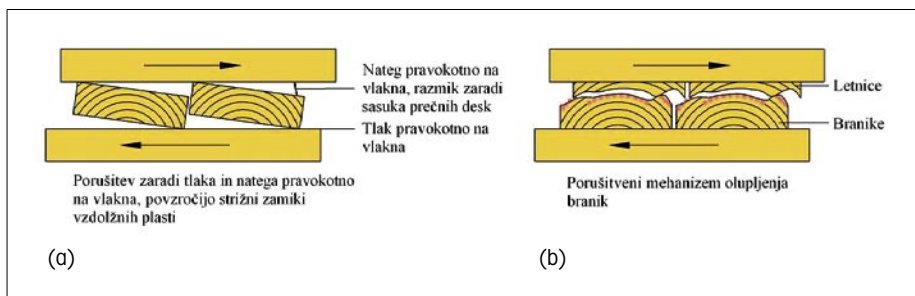
- N ...osna sila
- M_i ... moment okoli osi- i v prerezu KLP
- $W_{i,ef}$... elastični odpornostni moment okoli osi- i glede na opazovano vlakno
- $A_{i,ef}$... efektivna površina
- $\sigma_{c,0,d} / (\sigma_{t,0,d})$... projektna natezna ali tlačna napetost v smeri vlaken
- $\sigma_{c,90,d} / (\sigma_{t,90,d})$... projektna tlačna ali natezna napetost pravokotno na smer vlaken
- $\sigma_{m,d}$... projektna upogibna napetost v smeri vlaken
- $\sigma_{m,90,d}$... projektna upogibna napetost pravokotno na smer vlaken
- $f_{c,0,d} / (f_{t,0,d})$... projektna natezna ali tlačna odpornost v smeri vlaken
- $f_{c,90,d} / (f_{t,90,d})$... projektna natezna ali tlačna odpornost pravokotno na smer vlaken
- $f_{m,d}$... projektna upogibna odpornost v smeri vlaken
- $f_{m,90,d} \equiv f_{t,90,d}$... projektna upogibna odpornost pravokotno na smer vlaken
- k_c ... redukcijski faktor za uklon tlačnega elementa
- $\alpha_e = \frac{E_{90}}{E_0} \approx \frac{1}{16}$... razmerje modulov elastičnosti
- $\chi_{r,i} = \left(\frac{\sigma_R}{\sigma_N} \right)$... povečanje normalnih napetosti na sredini razpona (poglavje 5.1)

Za bolj splošne analize povečanja normalnih napetosti je v nadaljevanju prikazan primer KLP iz petih slojev desk. Model je narejen z lupinastimi elementi iz petih plasti (slika 14a, 14b). Nesimetrična KLP, ki jo sestavljajo plasti desk višine 1,7 + 3,2 + 3,2 + 3,2 + 1,7 cm in dolžine $L = 300$ cm, se zaradi učinka zasučnega striga in povečanih strižnih deformacij prečnih desk povečajo napetosti na sredini razpona. Vsaki plasti desk je predpisan modul elastičnosti E in strižni modul G v smeri vlaken in pravokotno glede na smer vlaken. Za strižne deformacije prečnih desk modeliramo s strižnim modulom $G_{GL} = E/16 = 750$ N/mm² (slika 14a). V spodnjem modelu je zmanjšan strižni modul prečnih desk na vrednost $G_{KLP} \approx G_{GL}/10 \approx 75$ N/mm², strižni modul vzdolžnih desk pa ostaja isti $G_{GL} = E/16 = 750$ N/mm² (slika 13b). Zgornji del slike (slika 14a) predstavlja normalne napetosti brez povečanih strižnih deformacij prečnih desk, spodnji del slike (slika 14b) pa upošteva povečane strižne deformacije prečnih desk. Povečanje napetosti ni upoštevano v trdnostih, ki jih podaja proizvajalec, so pa pomemben podatek za projektanta.

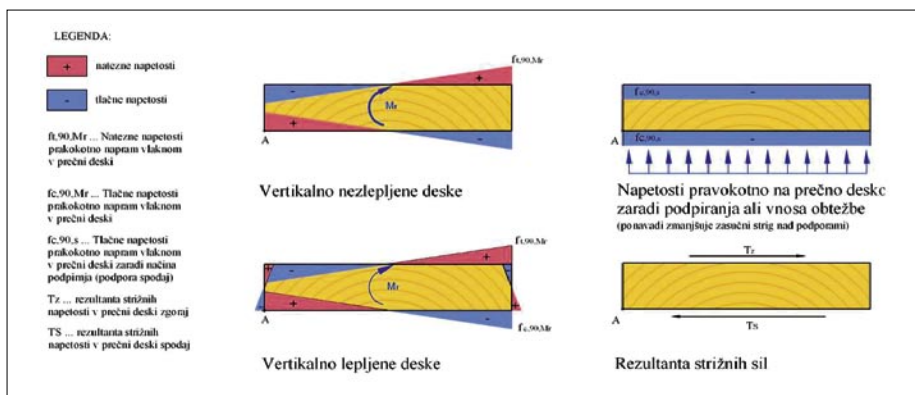
Križno lepljeno ploščo dimenzioniramo na upogibno in osno obremenitev, kjer je treba preverjati napetosti v vsaki deski z upoštevanjem uklona in povečanjem normalnih napetosti na sredini razpona zaradi strižnih zamikov. Enačbi 1, 2 veljata za kombinacijo enosnega upogiba in tlaka z uklonom. V primeru dvosnega napetostnega stanja je treba preverjati rezultante glavne napetosti v posameznih deskah, kar je zelo zamuden proces. Dovolj je, če preverimo normalne napetosti v obeh smereh plošč ločeno in se zavedamo, da ne smemo polno izkoristiti obeh prerezov. S to poenostavitvijo se izognemo izračunu glavnih napetosti v KLP in lahko tako preverjamo izkoriščenost za vsak prerez posebej. Napetost moramo preveriti v obeh najbolj obremenjenih krajnih deskah (en. 1). Če so deske vertikalno lepljene, je treba preverjati tudi izkoriščenost pravokotno glede na smer vlaken (en. 2).

5.2 Zasučni strig

Zaradi prečnih desk dobimo togost KLP v obeh smereh, kar izboljša slabo nosilnost lesa pravokotno glede na smer vlaken. Dobro je poznati porušne mehanizme, ki tvorijo porušitve KLP, na podlagi katerih lahko izračunamo porušitev poljubnega prereza. Prečne deske se porušijo zaradi strižnih in nateznih napetosti med spomladanskim in jesenskim lesom, kjer je trdnost najmanjša.



Slika 15 • Porušni mehanizem prečnih desk, kjer lahko pride do zasuka (a) ali zdrsa slojev prečnih desk (b) med spomladanskim in jesenskim lesom



Slika 16 • Delovanje sil na prečne deske in rezultirajoče natezne (rdeče) in tlačne (modro) normalne napetosti vertikalno lepljenih in nezlepljenih desk, ki so posledica momenta M , nastalega zaradi strižnih napetosti

Model	Opis	Sile, ki delujejo na prečno desko
1 Enostavni model	Upoštevamo samo normalne napetosti pravokotno na desko	Normalne napetosti
2 Poenostavljeni model	Upoštevamo normalne, strižne napetosti ter pogoje vpenjanja, ki vplivajo na napetosti na prečno desko	Normalne in strižne napetosti (en. 3)
3 Modeliranje z lupinskimi elementi	Modeliramo lupinske elemente z različnimi moduli elastičnosti E in strižnimi moduli G v obeh smereh	Vse napetosti

*model uporaben tudi za določevanje povečanih normalnih napetosti na sredini prereza

Razpredelnica 2 • Opis porušnih modelov KLP plošč zaradi zasučnega striga

$$\frac{\sigma_{t,90,d}}{f_{t,90,d}} \pm \frac{\tau_{R,d}}{f_{v,d}} \leq 1 \quad (3)$$

$\sigma_{t,90,d}$... projektna natezna napetost pravokotno na smer vlaken zaradi momenta M ,

$f_{t,90,d}$... projektna natezna odpornost pravokotno na smer vlaken

$\tau_{R,d}$... projektna strižna napetost v KLP glede na opazovano desko

$f_{v,d}$... projektna strižna odpornost lesa

Strižne napetosti so merodajne v prečnih deskah. Posebnost KLP je v strižnih zamiki prečnih desk. Ti strižni zamiki povzročijo vrsto anomalij, ki so značilne za te vrste plošč. Najpomembnejši dejavnik, ki ga moramo upoštevati pri projektiranju teh plošč, so povečane strižne deformacije in posebno napetostno stanje prečnih desk (slika 14). Prečne deske so izpostavljene tako strigu τ_z , ki je posledica strižnih napetosti v prerezu, kakor tudi nateznim oziroma tlačnim napetostim pravokotno na vlakna $\sigma_{t,90}/\sigma_{c,90}$, ki so posledica uravnoteženja zasučnega momenta M_r . Prečne sile poskušajo desko zavrteti, ki pa jo uravnotežimo z normalnimi napetostmi pravokotno na vlakna.

Način obravnavanja zasukov prečnih desk je odvisen od natančnosti porušnega modela. Za običajno inženirsko prakso je primeren poenostavljeni model, kjer deske niso vertikalno lepljene. V primeru, da so deske lepljene vertikalno med seboj, se strižna nosilnost plošč poveča za 15 % (Papinutti, 2010). Po enačbi 3 moramo preveriti napetosti v prečni deski s kombinacijo natega pravokotno na vlakna $\sigma_{t,90,d}$ in striga $\tau_{R,d}$ prečnih desk. S tem izračunom dobimo realnejšo oceno nosilnosti 2. poenostavljenega modela.

Pri modeliranju KLP moramo upoštevati plošče, ki upoštevajo strižne zamike (shell-thick), ki bistveno vplivajo na razporeditev normalnih napetosti (poglavje 5.1). Na parameter zasučnega striga lahko vplivamo z različnimi dejavniki, ker nosilnost ni toliko odvisna od kakovosti lesa, ampak so predvsem geometrijske karakteristike prečnih desk tiste, ki povečujejo strižno nosilnost desk (Mestek, 2009).

- višina prečnih desk,
- širina prečne deske,
- vertikalno stikovanje desk,
- napetosti ob izdelavi plošč,
- zareze v prečnih deskah,
- vrsta obtežbe,
- način podpiranja,
- razmerje višine in dolžine KLP.

6 • PRIMERJAVA REZULTATOV 2D- in 3D-MODELA

Notranje statične veličine, ki jih pridobimo iz 3D-statičnega modela, se razlikujejo od 2D-statične poenostavitve v tem, da imamo:

- 19,8 % večje normalne napetosti na sredini razpona T-nosilca,
- manjše osne sile v natezni vrvi,
- podatek o poteku normalnih in strižnih napetosti v KLP,

- podatek o torziji v lepljenih nosilcih,
- večje povesi,
- natančnejši odziv v primeru dinamičnih obtežb (glavni sta potres, obtežba s pešči in kolesarji).

Obravnavani primer je izračunan za primer obtežb, upoštevanih za mesto Celje po sedanjih standardih SIST EN 1991, v primerjavi z

obtežbami, upoštevanimi za mesto Feldbach po predpisih ÖNORM B 4002, veljavnih leta 2000. Če bi hoteli enak most postaviti v Sloveniji, moramo pri že obstoječem mostu v Feldbachu za **6 cm** povišati glavne dvojne nosilce GL36c v primeru 3D-modela in **3,5 cm** v primeru računanja s poenostavljenim 2D-modelom (Papinutti, 2010). Drugačne dimenzije prevezov glavnih konstrukcijskih elementov so posledica različnih standardov. Razlika med povišanjem 3,5 in 6 cm pa je posledica drugačnega načina izračuna med 2D- in 3D-modelom.

7 • SKLEP

S korektno izbiro poenostavljenih statičnih modelov si lahko prihranimo ogromno časa za modeliranje in sam izračun konstrukcije, vendar pa se moramo zavedati določenih napak in poenostavitev, ki nam jih takšni modeli prinašajo, in sicer precej neznanih veličin, ki jih ne upoštevamo pri samem dimenzioniranju. Deloma obstajajo za pokrivanje nenatančnosti modelov faktorji varnosti v posameznih pred-

pisih. Seveda pa je od primera odvisno, ali so takšne poenostavitve dopustne ali ne. Za obravnavani primer mostu smo ugotovili, da razlike med statičnimi modeli obstajajo. Pri tovrstnih unikatnih inženirskih konstrukcijah je primerneje prepustiti izbiro modela in natančnost izračuna projektantu in mu s tem naložiti del odgovornosti, ki mu v vsakem primeru pripada. Jasno je, da je nemogoče vse

oblikovati v »standarde« in tako po eni strani ukalupiti oziroma onemogočiti dobremu projektantu inovativne pristope (state of the art).

Obravnavani most je z manjšimi korekcijami v dimenzijah glavnih nosilcev primeren za izgradnjo tudi v Sloveniji. Uporaba KLP v gradnji lesenih mostov se izkaže kot zanimiv pristop, kako lahko bolje izkoristimo les. Sodobna arhitektura mostov se nagiba k večji vitkosti in atraktivnemu videzu mostov, zato smo primorani, da uporabimo natančnejše računske modele in s tem večjo izkoriščenost materialov.

8 • LITERATURA

- Beg, D., Pogačnik, A., urednika, Priročnik za projektiranje gradbenih konstrukcij po standardih Evrokod, Inženirska Zbornica Slovenije 2009.
- Blaß, H. J., Görlacher, R., Holzbaukalender, Brettsperholz – Berechnungsgrundlagen, pp. 580–59; Bruderverlag, Karlsruhe, 2003.
- DIN 1052:2008-12: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken, Allgemeine Bemessungsregeln und Bemessungsregeln für den Hochbau.
- European Committee for Standardization, SIST EN 1194: Timber structures – Glued laminated timber – Strength classes and determination of characteristic values, Brussels, 1999.
- International Federation for Structural Concrete, Guidelines for the design of the footbridges, nov. 2005.
- Kreuzinger, H., Platten, Scheiben und Schalen, 1999.
- Leonardo da Vinci Pilot Project, HANDBOOK 1, 2007.
- Mestek, P., Kreuzinger, H., Winter, S., Design of Cross Laminated Timber (CLT), 2009.
- Papinutti, M., Dimenzioniranje mostu za pešce in kolesarje, Maribor, 2010.
- Premrov, M., Dobrila, P., Lesene konstrukcije, Maribor 2008.
- Serrano, E., Compression strength perpendicular to grain in cross laminated timber (CLT), WCTE 2010.
- SIST EN 1992-1-1, Evrokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcij, 1-1. del, Splošna pravila in pravila za stavbe, 2005.
- SIST EN 1993-1-1, Evrokod 3: Projektiranje jeklenih konstrukcij, 1-1. del: Splošna pravila in pravila za stavbe, 2005.
- SIST EN 1995-2, Evrokod 5: Projektiranje lesenih konstrukcij, 2. del Mostovi, 2004.

KOLEDAR PRIREDITEV

4.-6.7.2011

EURODYN 2011

8th International Conference on Structural Dynamics

Leuven, Belgija

<http://conf.ti.kviv.be/Eurodyn2011/>

6.-8.7.2011

Footbridge 2011

Wroclaw, Poljska

www.footbridge2011.pwr.wroc.pl

10.-15.7.2011

13th International Conference on Wind Engineering

Amsterdam, Nizozemska

www.icwe13.org

1.-4.8.2011

ICASP 11 – The International Conference on Applications of Statistics and Probability in Civil Engineering (ICASP)

Zürich, Švica

www.icasp11.ethz.ch

7.-11.8.2011

9th Symposium on High Performance Concrete Design, Verification and Utilization

Christchurch, Nova Zelandija

www.hpc-2011.com

31.8.-2.9.2011

EUROSTEEL 2011 - 6th European Conference on Steel and Composite Structures

Budimpešta, Madžarska

www.sbi.nu/konf_utb/konf_utb_detail_en.asp?type=1&konfid=87

4.-9.9.2011

WEC 2011

World Engineers Convention

Geneva, Švica

www.wec2011.ch

20.-23.9.2011

IABSE Annual Meetings and IABSE Symposium

London, Anglija

www.iabse.ethz.ch/conferences/calendarofevents

22.-23.9.2011

7th Central European Congress on Concrete Engineering (CCC2011) "Innovative Materials and Technologies for Concrete Structures"

Balatonfüred, Madžarska

www.fib.bme.hu/cc2011

25.-30.9.2011

24th World Road Congress

Mexico City, Mehika

www.piarc.org/en/

3.-7.10.2011

Mechanics of Masonry Structures

Fisciano, Italija

www.cism.it/courses/C1110

22.-25.10.2011

The Third International Congress and Exhibition PCI Annual Convention/Exhibition & National Bridge Conference

Salt Lake City, Utah, ZDA

<https://netforum.pci.org/eweb/startpage.aspx?site=2010conv&design=no>

16.-18. november 2011

10. mednarodni simpozij o gradnji predorov in podzemnih prostorov

Kongresni center MONS, Ljubljana, Slovenija

www.ifa-slovenia.si

24.-25.11.2011

13. kolokvij o asfaltih in bitumnih

Kranjska Gora, Slovenija

www.zdruzenje-zas.si

7.-9.3.2012

3rd International Symposium on Ultra-High Performance Concrete and Nanotechnology for High Performance Construction Materials

Kassel, Nemčija

www.hipermat.de

29.5.-1.6.2012

SSCS International Conference Numerical Modeling Strategies for Sustainable Concrete Structures

Aix en Provence, Francija

www.sscs2012.com

11.-14.6.2012

Concrete structures for a sustainable community

Stockholm, Švedska

www.fibstockholm2012.se

17.-20.6.2012

4th International Symposium on Bond in Concrete 2012: Bond anchorage, detailing

Brescia, Italija

www.rilem.net/eventDetails.php?event=461

8.-12.7. 2012

10th International Conference on Concrete Pavements Québec City, Québec, Kanada

www.concretepavements.org

Rubriko ureja • **Jan Kristijan Juteršek**, ki sprejema predloge za objavo na e-naslov: msg@izs.si