

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

UDK-UDC 05 : 625; tiskana izdaja ISSN 0017-2774;

spletna izdaja ISSN 2536-4332.

Ljubljana, avgust 2018, letnik 67, str. 157-176

Izdajatelj:

**Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije (ZDGITS)**, Karlovška cesta 3, 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 raziskovalno dejavnost RS, Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani, Fakultete za gradbeništvo, prometno inženirstvo in arhitekturo Univerze v Mariboru in Zavoda za gradbeništvo Slovenije**

Izdajateljski svet:

ZDGITS: **mag. Andrej Kerin**, predsednik  
**Dušan Jukič**  
**prof. dr. Matjaž Mikoš**  
IZS MSG: **Gorazd Humar**  
**Ana Brunčič**  
**dr. Branko Zadnik**  
UL FGG: **izr. prof. dr. Sebastjan Bratina**  
UM FGPA: **doc. dr. Milan Kuhta**

Glavni in odgovorni urednik:

**prof. dr. Janez Duhovnik**

Lektor:

**Jan Grabnar**

Lektorica angleških povzetkov:

**Romana Hudin**

Tajnica:

**Eva Okorn**

Oblikovalska zasnova:

**Mateja Goršič**

Tehnično urejanje, prelom in tisk:

**Kočevski tisk**

Naklada:

**500 tiskanih izvodov**  
**3000 naročnikov elektronske verzije**

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 23,16 EUR; za študente in upokojenca 9,27 EUR; za družbe, ustanove in samostojne podjetnike 171,36 EUR za en izvod revije; za naročnike iz tujine 80,00 EUR. V ceni je všteta 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, strokovni naziv, navadni in elektronski naslov; oznako, ali je članek strokoven ali znanstven; naslov POVZETEK in povzetek v slovenščini; ključne besede v slovenščini; naslov SUMMARY in povzetek v angleščini; ključne besede (key words) 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 ali kratica ustanove, leto objave). V istem letu objavljena dela istega avtorja ali ustanove 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 ali kraticah ustanov in opisana z naslednjimi podatki: priimek ali kratica ustanove, začetnica imena prvega avtorja ali naziv ustanove, 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

## Članki • Papers

stran **158**

Zvonko Sajevec, univ. dipl. inž. grad.

### **LOČNI MOST ZA PEŠCE IN KOLESARJE ČEZ AVTOCESTO A2 PRI IZVOZU KRANJ VZHOD**

ARCHED SUSPENSION BRIDGE FOR PEDESTRIANS AND  
CYCLISTS OVER THE A2 HIGHWAY



stran **164**

dr. Iztok Šušteršič, univ. dipl. inž. grad.

dr. Bruno Dujič, univ. dipl. inž. grad.

### **UTRJEVANJE STAVB S KRIŽNO LEPLJENIMI LESENIMI PLOŠČAMI**

STRENGTHENING OF BUILDINGS WITH CROSS-  
LAMINATED TIMBER PLATES



## Vabila IZS

stran **171**

Matjaž Grilc, univ. dipl. inž. geod.

### **SVETOVNI GRADBENI FORUM 2019 – ODPORNOST STAVB IN INFRASTRUKTURE**

stran **173**

dr. Samo Peter Medved, univ. dipl. inž. grad.

### **VABIMO VAS K SODELOVANJU V PROJEKTNI SKUPINI – ŽENSKA SEKCIJA**

stran **174**

dr. Samo Peter Medved, univ. dipl. inž. grad.

### **MATIČNA SEKCIJA GRADBENIH INŽENIRJEV IŠČE SODELAVCE PRI IZVEDBI PROJEKTHNIH NATEČAJEV**

## Poročilo s strokovnega srečanja

stran **175**

Boris Stergar, univ. dipl. inž. grad.

### **POSVET 3. RAZVOJNA OS: »ALI GRE SEDAJ KONČNO ZARES?«**

## Novi diplomanti

Eva Okorn

## Koledar prireditev

Eva Okorn

Slika na naslovnici: Preurejanje cestninske postaje Torovo, foto: arhiv DARS



# LOČNI MOST ZA PEŠCE IN KOLESARJE ČEZ AVTOCESTO A2 PRI IZVOZU KRANJ VZHOD

## ARCHED SUSPENSION BRIDGE FOR PEDESTRIANS AND CYCLISTS OVER THE A2 HIGHWAY

**Zvonko Sajevec, univ. dipl. inž. grad.**

zvonko.sajevec@r-p.si

Protim Ržišnik Perc arhitekti in inženirji, d. o. o.

Poslovna cona A2, 4208 Šenčur

**Strokovni članek**

UDK 624.6:656.1(497.4)

**Povzetek** | Članek obravnava nov ločni most za pešce in kolesarje čez gorenjsko avtocesto A2 pri izvozu Kranj vzhod. Most meri v razponu 60 m, jeklena konstrukcija mostu pa tehta 58 t. Ukrivljena jeklena vzdolžna nosilca nosita vozišče, ki ga sestavljajo jekleni nosilci, trapezna pločevina in betonska pohodna površina, v katero so vgrajeni električni grelni kabli za ogrevanje mostu v zimskem času. Most je ponoči osvetljen. Niveleta mostu poteka v rahlem loku, krivulje glavnih ločnih nosilcev, vozišča in ograj pa dajejo mostu elegantno obliko, ki je skladna z naravno pokrajino v ozadju. Kompleksna geometrija nosilne konstrukcije mostu je privlačna z vseh zornih kotov: tako za kolesarje in pešce na mostu kot tudi za voznike na avtocesti. V podjetju Protim Ržišnik Perc smo za investitorja, Občino Šenčur, izdelali projektno dokumentacijo in opravljali projektantski nadzor gradnje. Izvedbo in namestitev mostu je prevzela Gorenjska gradbena družba iz Kranja.

Ključne besede: ločni most, jeklena konstrukcija, most za pešce in kolesarje

**Summary** | The paper presents the new arched suspension bridge for pedestrians and cyclists over the A2 highway near the Kranj-vzhod exit. The bridge has a span of 60 m and its steel structure weight is 58 t. Curved steel beams support the deck, which consists of steel profiles and trapezoidal sheets with concrete slab. In the concrete pavement the electric heating cables are installed to heat the deck during winter. The bridge is illuminated at night. The bridge deck forms a slight arc. The arches of the main beams, the deck and the fence give the bridge an elegant design, which fits perfectly with the landscape in the background. The complex geometry of the load-bearing structure gives the bridge attractiveness from every perspective – for drivers on the highway and for cyclists and pedestrians on the bridge. The company Protim Ržišnik Perc prepared the project documentation and provided the project management services.

Key words: arched suspension bridge, steel construction, bridge for pedestrians and cyclists

## 1 • UVOD



Slika 1 • Novi most čez avtocesto. (Foto: M. Kambič)

Namen izgradnje novega mostu je bil povezati naselji Šenčur in Voklo v občini Šenčur s potjo za pešce in kolesarje. Kolesarska pot je bila v obeh naseljih večinoma že zgrajena, manjkal je le odsek pri križanju z avtocesto A2 Karavanke–Obrežje na odseku Kranj vzhod–Spodnji Brnik. Lokalna cesta Šenčur–Voklo sicer poteka pod avtocesto skozi podvoz, vendar zaradi varnostnih razlogov ni primerna za pešce in kolesarje.

Zaradi tega je bilo prečkanje avtoceste s kolesarsko stezo in potjo za pešce predvideno čez most nad avtocesto (slika 1).

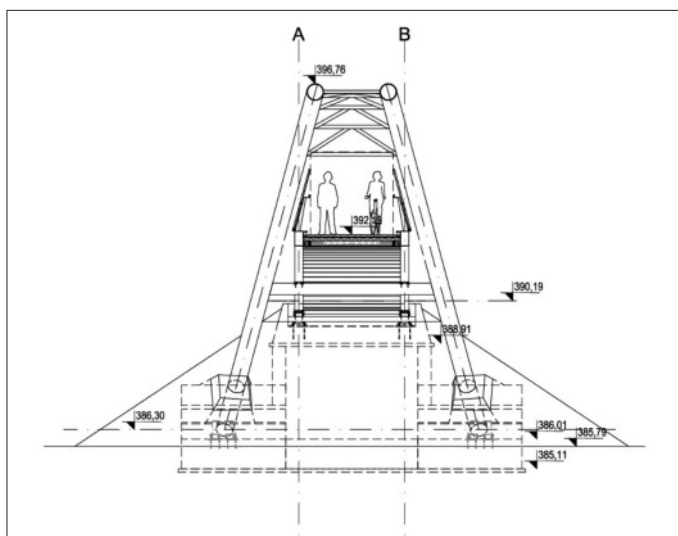
Izbrana je bila sodobno arhitekturno oblikovana konstrukcija ločnega mostu avtorja arhitekture Vida Ratajca, univ. dipl. inž. arh., in projektanta konstrukcije Zvonka Sajeveca, univ. dipl. inž. grad., ter sodelavcev podjetja Protim Ržišnik Perc.

## 2 • OPIS MOSTU

### 2.1 Konstrukcija mostu

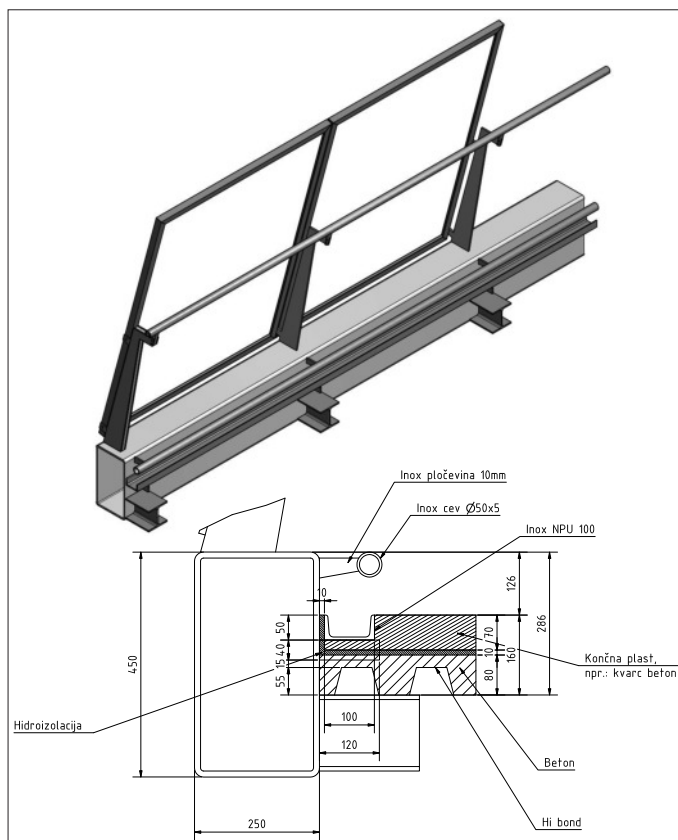
Nosilna konstrukcija mostu je jeklena, postavljena na armiranobetonske točkovne temelje. Most je zasnovan kot enorazponska ločna konstrukcija, sestavljena iz štirih glavnih nosilcev, od katerih sta po dva enakih dimenzij.

Nosilca iz okroglih cevi, ki tvorita višji lok, sta drug proti drugemu nagnjena pod kotom  $15^\circ$  glede na navpičnico (slika 2). Izdelana sta

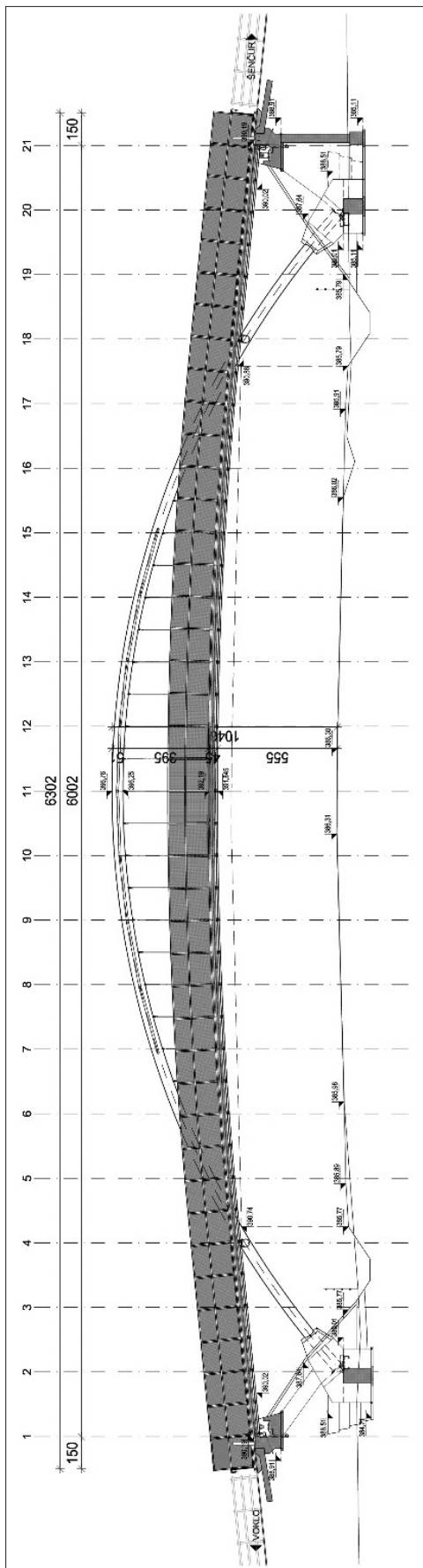


Slika 2 • Karakteristični prečni prežez mostu.

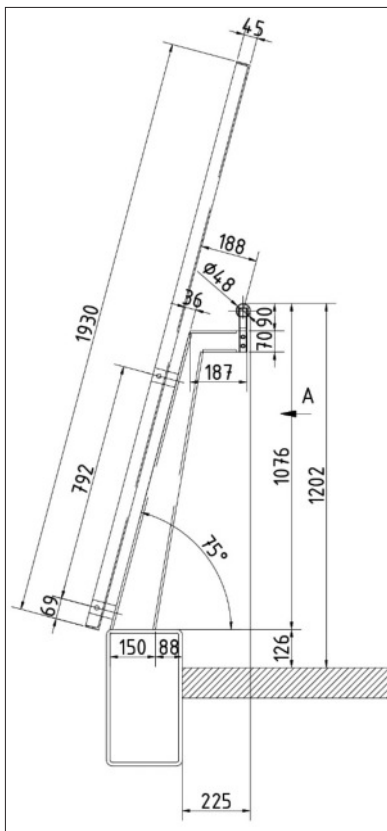
tako, da preko diagonalnih veznih nosilcev v temenskem delu tvorita prostorsko nosilno konstrukcijo.



Slika 4 • Detalj odvodnjavanja mostu.



Slika 3 • Vzdolžni prerez mostu.



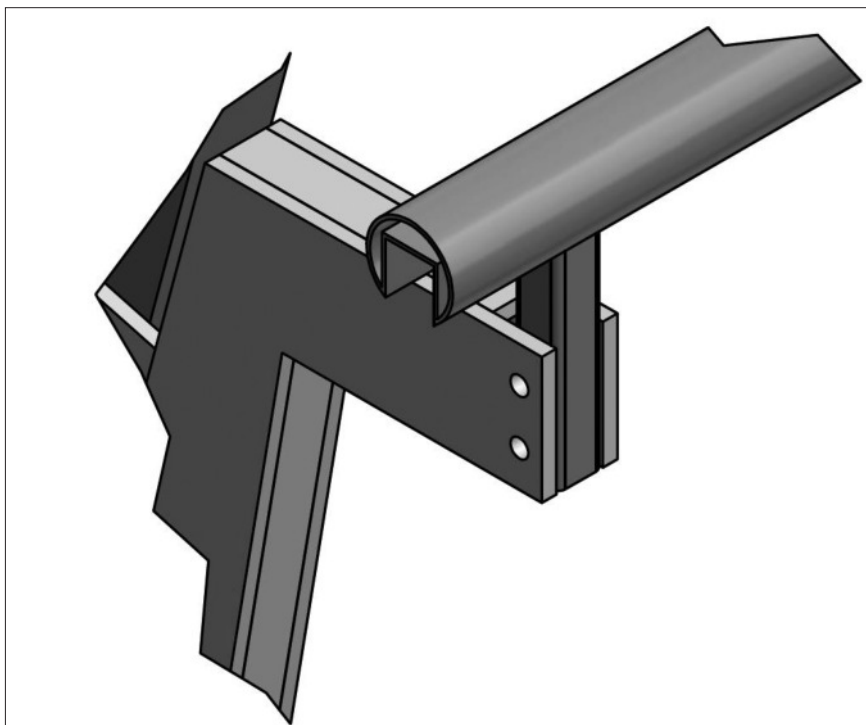
Na višja ločna nosilca sta preko nateg »obešena« spodnja ločna nosilca škatlastega profila (slika 3), ki sta medsebojno povezana s sistemom sekundarnih nosilcev in zavetrovalnih palic. Razpon teh dveh nosilcev meri 60,02 m, sistem vpenjanja pa omogoča horizontalne pomike.

Na sekundarnih nosilcih leži krovna AB-plošča, ki je izdelana iz jeklene trapezne pločevine in betona. AB-plošča je z jekleno konstrukcijo povezana preko strižnih trnov.

Most je temeljen na točkovnih AB-temeljih. Glavna ločna nosilca sta postavljena vsak v svoj čašasti točkovni temelj. Peti točkovnih temeljev na vsaki strani mostu sta med seboj povezani s povezovalno gredo. Pri montaži konstrukcije so se ločni nosilci vstavili v čašo točkovnih temeljev in na koncu zalili z betonom, s čimer je doseženo momentno vpetje nosilcev.

Vzdolžna nosilca hodnika mostu sta na južni strani postavljena na pasovni temelj, ki leži na nasutju in je z veznimi gredami povezan s spodnjimi točkovnimi temelji, na severni strani pa sta postavljena na opornik, ki je temeljen na nivoju spodnjih točkovnih temeljev. S tem se je lahko nasutje na severni strani izvedlo šele po montaži mostu, ker je bil na tem območju vzpostavljen plato za sestavljanje konstrukcije pred montažo.

Prehod z mostu na teren je izveden preko prehodnih AB-plošč dolžine 2,50 m.



Slika 5 • Detajl ograje.



## 2.2 Gabariti mostu

Gabariti mostu so naslednji:

- dolžina: 60,02 m
- širina mostu na nivoju kolesarske poti: 3,98 do 5,68 m
- širina temeljev: 10,22 m
- višina konstrukcije (jekleni lok): 9,98 m
- višina konstrukcije nad kolesarsko potjo: 4,62 m
- vzdolžni radij ločne konstrukcije: 40 m
- vzdolžni radij kolesarske poti na mostu: 200 m
- širina kolesarske poti: 2,50 m
- minimalni prosti profil nad avtocesto: 4,90 m x 40 m

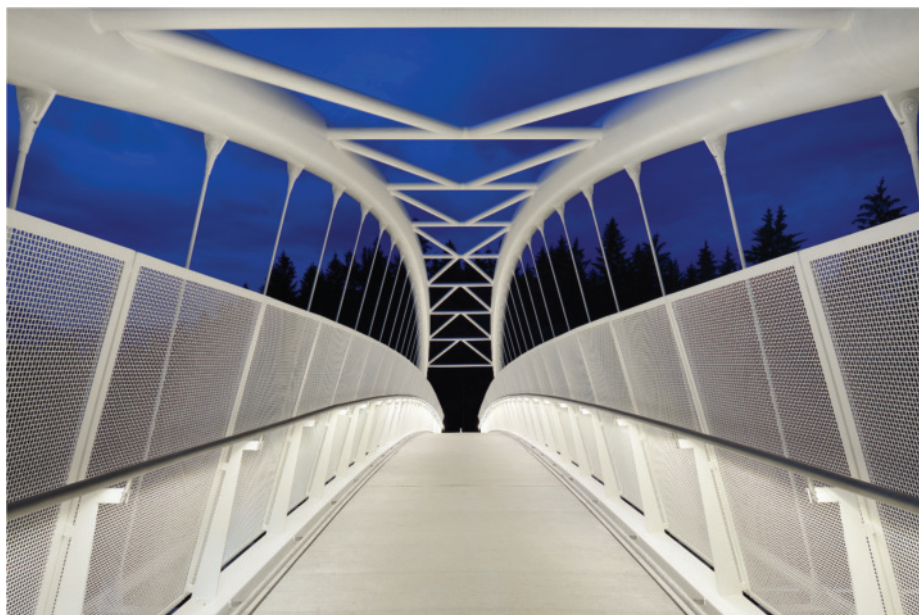
## 2.3 Pohodna površina

Nosilno konstrukcijo pohodne površine predstavlja trapezna pločevina, ki je položena vzdolžno na prečne nosilce in je zalita z betonom. Na to sovprežno ploščo so izvedeni naslednji sloji: tesnilni sistem, toplotna izolacija, PE-folija in mikroarmirani cementni estrih. Za preprečevanje zdrsa pri nizkih temperaturah je izvedeno ogrevanje pohodne površine z električnimi grelnimi kablji, zato pluženje in posipavanje mostu ne bosta potrebni.

## 2.4 Oprema in detajli

### Tlak

Finalni tlak mostu je mikroarmirani cementni estrih s prečnim naklonom proti zunanjemu



Slika 6 • Prikaz LED-osvetlitve, ki je vgrajena v ročaj ograje. (Foto: M. Kambič)

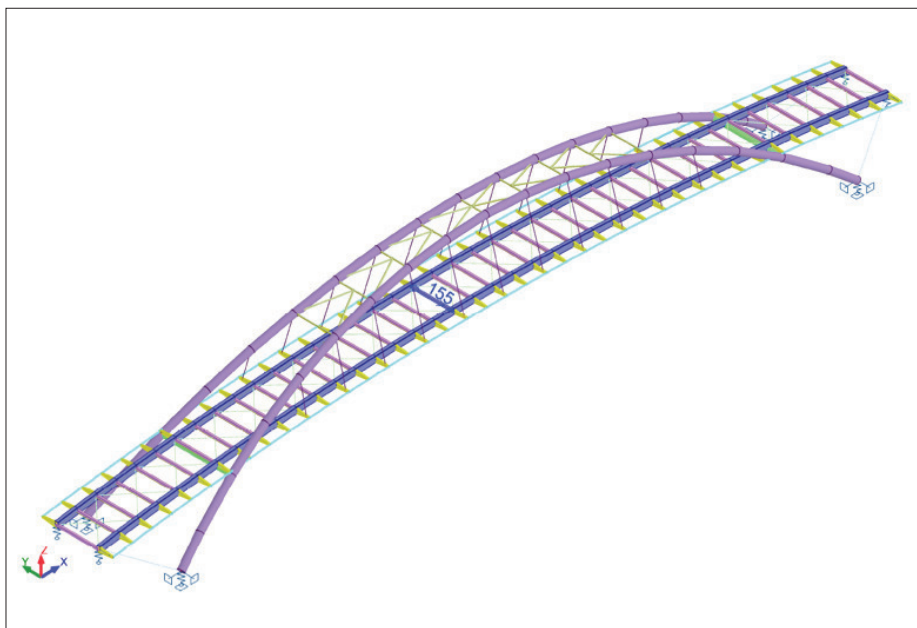
robu. Odvodnjavanje poteka po robu pohodne površine vzdolž mostu (slika 4).

### Ograja

Zaščitna ograja mostu je iz goste jeklene mreže in sega do višine 200 cm nad koto cestišča. Ročaj ograje je na višini 120 cm in je iz okroglih RF-cevi, v njem je vgrajen LED-trak za osvetlitev vozne površine (sliki 5 in 6).

Osvetlitev mostu je ekscentrična za preprečevanje motenja prometa na avtocesti. Ročaj z lučjo je izveden kot enoten produkt z ustreznimi certifikati glede zaščite pred vlago in prahom in zaščite pred udarci oziroma vandalizmom.

## 3 • RAČUN KONSTRUKCIJE



Slika 7 • Računski statični model mostu.

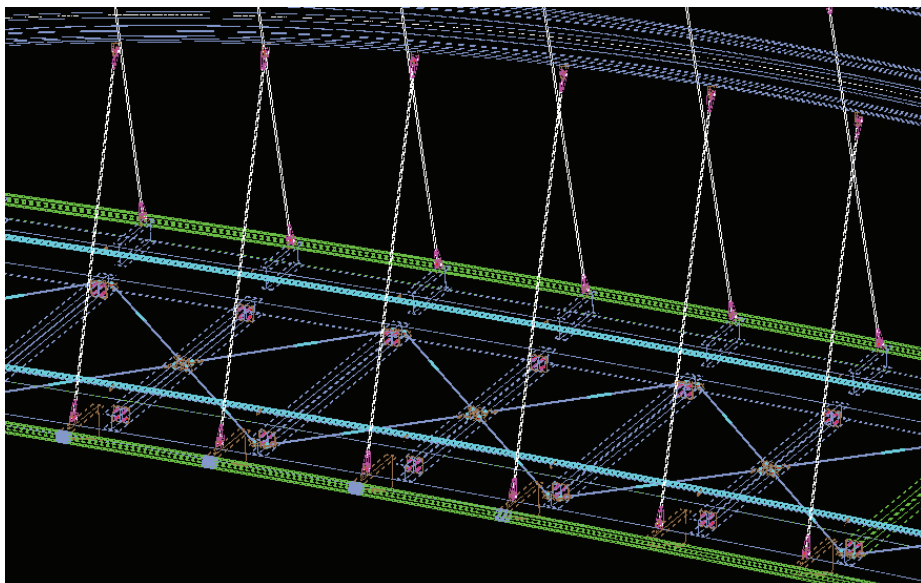
Račun konstrukcije mostu je bil izdelan z računskim modelom, ki temelji na metodi končnih elementov (slika 7).

Pri statičnem računu konstrukcije so bile upoštevane naslednje obtežbe:

- stalna obtežba: površinska po celotnem florisu in linijska po robu,
- koristna obtežba,
- obtežba snega,
- obtežba vetra,
- potresna obtežba,
- temperaturna obtežba.

Ker fizične ovire na obeh straneh mostu preprečujejo dostop vozila na most, koristna obtežba vozil v statičnem računu ni bila upoštevana.

Zaradi konstrukcijske zasnove mostu (relativno velika vitkost in majhna masa mostu) je bila v fazi izdelave projekta posebna pozornost posvečena dinamični obtežbi, to je vibracijam, ki jih povzročajo pešci. Preverjenih je bilo več modelov dinamične obtežbe, tako posamezni pešci kot tudi več pešcev hkrati (oziroma množica).



Slika 8 • Grafični 3D-model mostu.

Izdelana je bila dinamična analiza konstrukcije (račun dinamičnega odziva konstrukcije), na podlagi katere so se preverjali zahtevani kriteriji glede razreda udobja uporabnikov mostu.

V fazi priprave projektne dokumentacije je bil izdelan tudi 3D-model konstrukcije mostu (slika 8).

#### 4 • IZVEDBA MOSTU

Izvedba mostu je potekala v več fazah. Najprej so se izdelali armiranobetonski temelji na obeh straneh mostu (slika 9).

Jekleno konstrukcijo mostu so pol leta izdelovali v delavnici v Trziču (slika 10), februarja 2018 je sledilo sestavljanje mostu na gradbišču ob avtocesti (slika 11).

Dvig mostu na pripravljene temelje se je zgodil ponoči 27. marca 2018 s posebnim 400-tonskim dvigalom, ki so ga za ta namen pripeljali iz Italije. Dvigalo je most dvignilo nad avtocesto in ga v samo sedemnajstih minutah namestilo na temelje na obeh straneh avtoceste (slika 12).

Po namestitvi mostu so v naslednjih nekaj tednih potekala še zaključna dela: izvedba odvodnjavanja, talnega ogrevanja in inštalacijska dela. Most je bil uradno odprt ob prazniku Občine Šenčur 23. aprila 2018 (slika 13).



Slika 9 • Priprava armiranobetonskih temeljev ob avtocesti.





Slika 10 • Izdelava konstrukcije mostu v delavnici.



Slika 11 • Sestavljanje mostu ob avtocesti.



Slika 12 • Nočni dvig mostu. (Foto: M. Kambič)



Slika 13 • Končni videz mostu. (Foto: M. Kambič)

## 5 • SKLEP

Most čez gorenjsko avtocesto pri počivališču Voklo je edinstven primer enega redkih ločnih mostov za pešce in kolesarje nad avtocesto v Sloveniji.

Most odlikujeta sodobna arhitekturna zasnova in kompleksna jeklena konstrukcija. Niveleta

mostu poteka v rahlem loku, krivulje glavnih ločnih nosilcev, vozišča in ograj pa dajejo mostu elegantno obliko, ki je skladna z naravno pokrajino v ozadju. Kompleksna geometrija nosilne konstrukcije mostu daje privlačnost z vseh zornih kotov: tako za kolesarje in pešce na mostu kot tudi za voznike na avtocesti.

Uspešna in tekoče opravljena postavitve mostu je plod natančnega inženirskega dela projektantskega podjetja Protim Ržišnik Perc z vzornim sodelovanjem arhitektov in inženirjev v fazi projektiranja ter dobrim sodelovanjem z izvajalcem, investitorjem in nadzornimi inženirji v fazi izvedbe. Projektiranje in namestitev mostu sta prinesla nova spoznanja in izkušnje, kar je tudi motivacija za uspešno nadaljnje delo.

# UTRJEVANJE STAVB S KRIŽNO LEPLJENIMI LESENIMI PLOŠČAMI

## STRENGTHENING OF BUILDINGS WITH CROSS-LAMINATED TIMBER PLATES

**dr. Iztok Šušteršič, univ. dipl. inž. grad.**

iztok.sustersic@innorenew.eu  
InnoRenew CoE, Livade 6, 6310 Izola

**dr. Bruno Dujič, univ. dipl. inž. grad.**

bruno.dujic@cbd.si  
CBD gradbeno in poslovno projektiranje, d. o. o.,  
Lopata 19 g, 3000 Celje

**Znanstveni članek**

UDK 624.011.1:624.042.7

**Povzetek** | Članek obravnava protipotresno utrjevanje obstoječih konstrukcij s sistemom obložnih križno lepljenih lesenih (CLT) plošč. Izdelana je bila serija monotoničnih preiskav upogiba križno lepljenih plošč v ravnini, kvazistatičnih cikličnih preiskav neutrenjenih in utrenjenega zidov iz nearmirane opečne zidovine ter dinamične preiskave neutrenjenega in utrenjenega dvoetažnega armiranobetonskega (AB) okvirja z ali brez opečnih polnil na potresni mizi. Testi opečnih zidov so pokazali, da je možno z mehanskim pritrjevanjem CLT-plošč na konstrukcijo povečati nosilnost do 34 %, mejni pomik pa za 165 %. Testi AB-okvirja z opečnimi polnili so pokazali, da so CLT-ojačitve povrnile nihajne dobe poškodovane konstrukcije v prvotno stanje, zmanjšale so tudi torzijsko podajnost objekta. Izdelani so bili numerični modeli ter izračunana potresna odpornost testiranih vzorčnih primerov. Ugotovljeno je bilo, da je s predlaganim sistemom obložnih CLT-plošč možno zmanjšati obseg poškodb na testiranih AB-okvirju in AB-okvirju z opečnim polnilom. Na numeričnem 2D-modelu večje stene iz nearmirane opečne zidovine (del fiktivnega dvoetažnega objekta), ki ni izpolnjevala kriterijev za mejna stanja omejevanja poškodb in stanja na meji porušitve, smo po namestitvi ojačilnih plošč, sidranih v medetažno konstrukcijo, povečali njeno potresno odpornost. Ključne besede: eksperimentalna analiza, križno lepljene lesene plošče, potresna analiza, utrjevanje stavb, potresna sanacija, nearmirano zidovje, armiranobetonske konstrukcije, opečna polnila

**Summary** | The paper deals with the seismic strengthening of existing structures with a cladding system of cross laminated timber (CLT) plates. An experimental series of monotonic in-plane bending tests of cross laminated timber plates was performed, as well as a quasi-static cyclic testing series of unstrengthened and strengthened unreinforced masonry walls and a series of dynamic tests on a shaking table, where a two-story unstrengthened and strengthened reinforced concrete frame with and without masonry infill was analysed. The masonry wall tests showed that by using a mechanically connected CLT plate, the load bearing capacity can be increased by 34 % and the ultimate displacement by 165 %. The RC frame tests with masonry infill showed that the CLT strengthening plates caused the vibration periods of an already damaged structure to return back to its initial state, and the building's torsional flexibility was also decreased. Numerical models of the tested structures were made, their seismic resistance was calculated. It was found that the proposed CLT cladding strengthening system can reduce the extent of damage on the tested RC frame and the frame with masonry infill. A 2D numerical model of a large unreinforced masonry wall (part of a fictional case study building) that did not meet the damage limitation and near collapse limit states, showed that after the instalment of the CLT plates anchored into the floor structure, the wall's seismic resistance was increased.

Key words: experimental analysis, cross-laminated timber plates, seismic analysis, building strengthening, seismic retrofit, unreinforced masonry, reinforced concrete structures, masonry infill

## 1 • UVOD

Potresi ogrožajo človeška življenja že tisočletja. Z izjemo popotresnih valov (cunamijev) in plazov, ki jih lahko sprožijo, potresi zahtevajo človeške žrtve predvsem zaradi podrhtevanih objektov, ki jih je zgradil človek. Na območjih, kjer je potresna ogroženost srednja do zmerna in so močnejši potresi redkejši pojav v primerjavi z drugimi naravnimi nesrečami, v človeški zavesti nemalokrat utonejo v pozabo. V svetu so bili osnovni protipotresni predpisi v gradbene standarde vpeljani šele v sredini dvajsetega stoletja (Spence, 2007), v mnogih državah še pozneje. Pri nas npr. s prvim pravilnikom leta 1963. Bolj primerni predpisi pa so v veljavi zgolj nekaj desetletij. To pomeni, da imamo obsežen gradbeni fond, ki je potresno ogrožen, sploh v primeru močnejših potresov. Kilar in Kušar (Kilar, 2009) npr. ugotavljata, da sodobnim zahtevam gradnje ustreza manj kot polovica obstoječih večstanovanjskih stavb. V Sloveniji bi tako zgolj na območju ljubljanske regije ob rušilnem potresu brez strehe nad glavo ostalo 30–70 % prebivalstva (Bosiljkov, 2015).

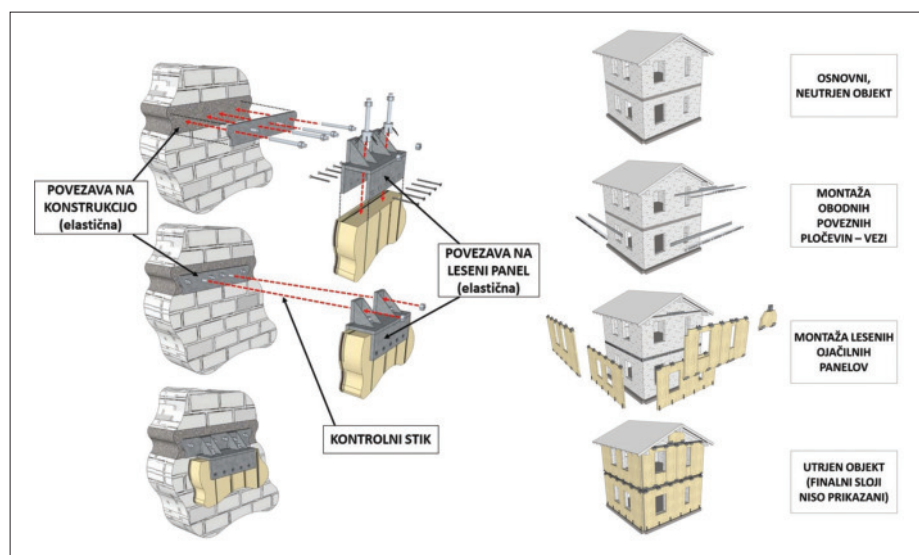
V zadnjem obdobju se pojavljajo tudi umetni potresi, ki jih z rudarjenjem povzročata človek. Na Nizozemskem v regiji Groningen, na primer, takšni potresi nastajajo zaradi črpanja zemeljskega plina. Ocenjujejo, da bi bilo treba več kot 70 % tamkajšnjih zgradb protipotresno utrditi (de Voogt, 2015).

Dodatna težava starejših zgradb je njihova energetska neučinkovitost. Toplotna izolacija zgradb se je začela uporabljati šele v sedemdesetih letih dvajsetega stoletja, njena širša uporaba pa šele v osemdesetih. Na splošno to pomeni, da smo soočeni z velikim številom zgradb, ki so potresno ogrožene in energetska neučinkovite. V članku predstavimo sistem, ki je bil razvit z mislijo reševanja obeh prej omenjenih težav hkrati. Na zgradbe name-

stimo nov zunanji ovoj. Ta je narejen iz križno lepljenih lesenih (CLT) plošč, ki služijo za nosilno konstrukcijo in so pritrjene na obstoječo zgradbo s posebnimi spoji. Na CLT-plošče se lahko predhodno namestijo tudi dodatni sloji, npr. izolacija, okna, fasada itd. S tem se sicer nismo poglobljeno ukvarjali, več o tovrstnih rešitvah je moč prebrati v literaturi (Heikkinen, 2009).

Za križno lepljene lesene plošče se odločimo zaradi njihove male mase (ne prispevajo mnogo k povečevanju potresnih sil) in visoke nosilnosti (les ima enega najboljših razmerij med težo in nosilnostjo), obenem pa omogočajo visoko stopnjo prefabrikacije, kar pomeni, da na terenu ni potrebnega veliko dela. Rešitev je tudi ekološko sprejemljiva, saj les skladišči ogljikov dioksid (približno 1 tona na kubični meter) v nasprotju s klasičnimi gradbenimi materiali (opeka, beton, jeklo), ki za svojo proizvodnjo zahtevajo tudi znatno večjo porabo energije.

Koncept sistema utrjevanja je prikazan na sliki 1. Glede na vrsto gradnje (beton ali opeka) se elementi sidrajo v zgradbo na nivojih etaž v betonske plošče ali opečne stene. Jeklena vez, ki se namesti po obodu objekta, je namenjena preprečitvi porušitve zidov izven ravnine na nivoju stropov, obenem pa služi za enakomeren raznos potresnih sil iz zgradbe na ovoj iz CLT-plošč, tj. preprečuje koncentracije napetosti. V primeru armiranobetonskih medetažnih plošč takšna vez načeloma ni potrebna. CLT-plošče so na objekt pritrjene preko posebnih jeklenih čevljev, ki omogočajo visoko nosilnost. Spoj je tristopenjski; zunanja dela spoja, tj. pritrditev na CLT-plošče in zid, sta predimenzionirana. Srednji, varovalni element spoja se sicer obnaša krhko, vendar obenem omogoča predvidljivo porušitev celotnega spoja. S spoji lahko tako nadzorujemo obnašanje sistema utrjevanja. Izjema so primeri, kjer v CLT-ploščah nastopajo velike odprtine in moramo poleg spojev upoštevati tudi omejeno nosilnost lesenih plošč.



Slika 1 • Osnovni koncept sistema utrjevanja.

## 2 • CLT-STENE OBREMENJENE V RAVNINI

Z namenom zanesljivega napovedovanja obnašanja CLT-elementov, ki jih uporabljamo za utrjevalne panele, smo modele končnih elementov CLT-plošč kalibrirali na podlagi rezultatov eksperimentalnih preiskav (Šušteršič, 2017). Tri- in petslojne CLT-plošče (oboje debeline 95 mm) so bile testirane pri upogibu v lastni ravnini kot

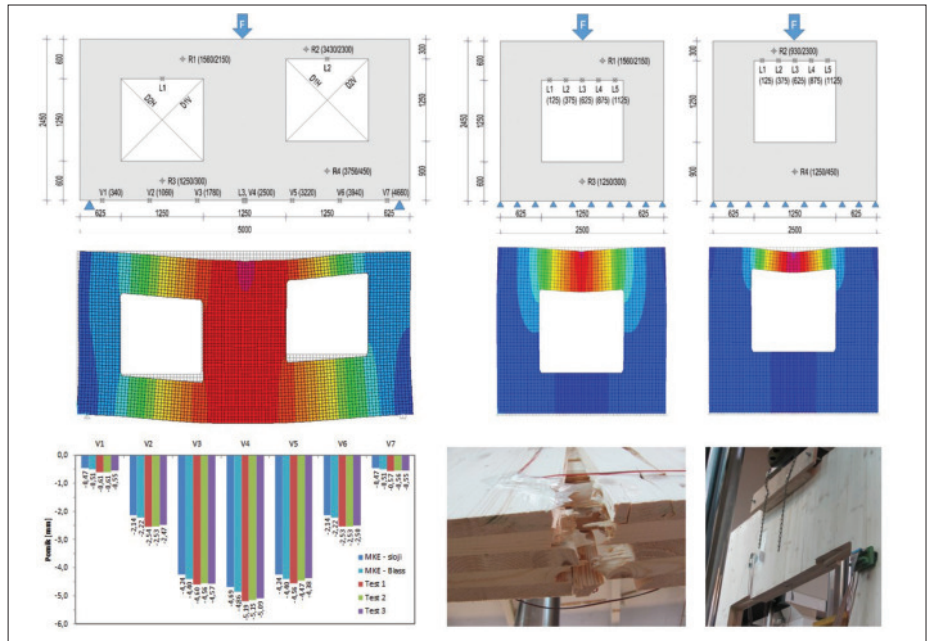
stenski nosilci pri tritočkovnem upogibu s preprečenim uklonom tlačne cone ali pa kot momentno vpeti nosilci nad okenskimi odprtinami. Uporabili smo ploskovne končne elemente in dva pristopa k modeliranju; rombično anizotropijo (trije elastični, trije strižni moduli in trije Poissonovi količniki), ki smo jih pripisali

vsakemu sloju posebej. Ter koncept homogenizacije slojev (Blass, 2004), kjer izračunamo nadomestni prerez glede na število, debelino in orientacijo posameznih slojev v CLT-plošči.

Rezultati obeh metod za izračun pomikov (slika 2) dajejo sprejemljiva odstopanja glede na meritve (3–15 %). Sploh ker smo upoštevali materialne lastnosti lesa, ki jih podaja standard. Izračunane deformacije se sicer ne ujema vedno z



izmerjenimi vrednostmi, saj so bile meritve podvržene tudi lokalnim defektom v lesu. Preprostejši model s homogenizacijo prereza se obnaša presenetljivo natančno glede na njegovo enostavnost. Izračunane porušne obtežbe sten so za faktor 1,45 do 1,85 manjše od izmerjenih, se pravi, da so rezultati numeričnega modela na varni strani, če upoštevamo materialne karakteristike po standardu. Odstopanja med meritvami in izračunanimi vrednostmi se sicer zdijo precejšnja, vendar so še vedno v skladu s pričakovanji. Za trdnost materiala smo v numeričnem modelu namreč upoštevali karakteristične vrednosti, ki so občutno nižje od srednjih vrednosti. Ker je izbrani model končnih elementov dobro predvidel deformiranje CLT-sten, obenem pa konservativno predvidel njihovo porušitev, smo ga izbrali tudi za nadaljnje analize.

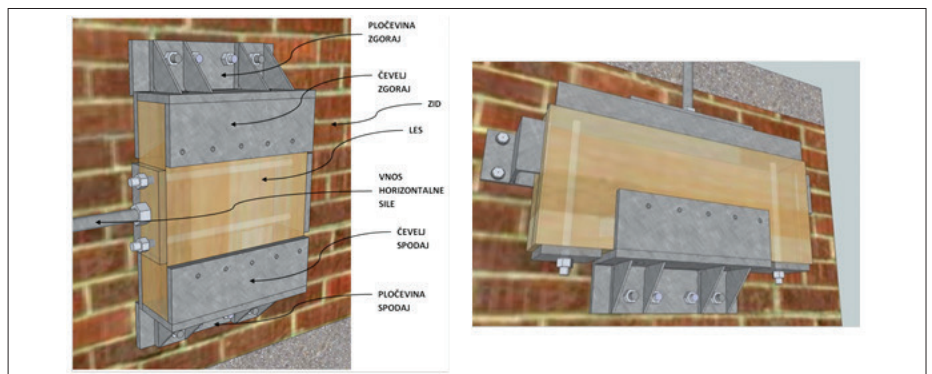


Slika 2 • Primerjava eksperimentalnih rezultatov z modeli končnih elementov in porušitveni mehanizmi CLT-plošč.

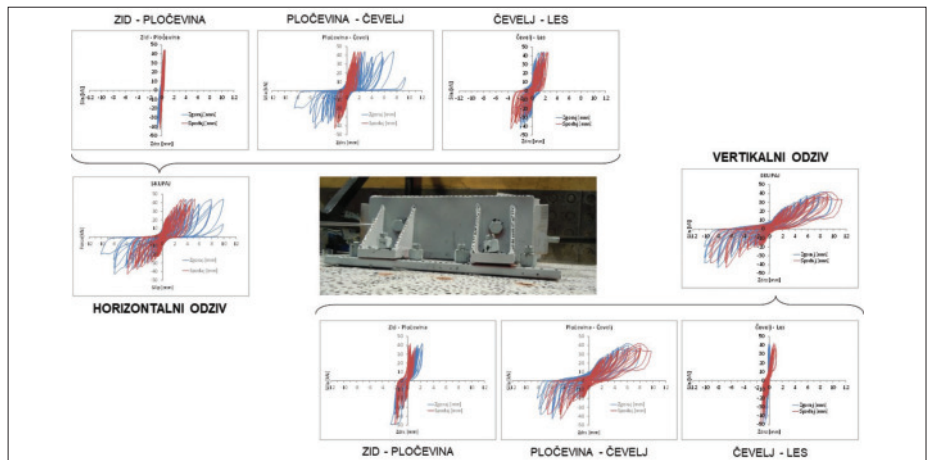
### 3 • SPOJI

Da bi ocenili njihovo obnašanje, so bili spoji eksperimentalno preizkušeni. Opravljeni so bili kvazistatični ciklični testi v horizontalni in vertikalni smeri spoja (slika 3). Pomiki oz. zdrsi posameznih segmentov spoja (zid–pločevina, pločevina–čevelj, čevelj–les) so bili merjeni ločeno, s čimer smo lahko natančno iz vrednotili njihov odziv in preverili, ali srednji del spoja dejansko deluje kot varovalka.

Eksperimenti so predvideni koncept potrdili. Izračunana efektivna togost srednjega dela spoja (varovalka) je tri- do šestkrat nižja od zunanjih dveh delov spoja (slika 4). Spoj se je tudi vedno porušil v srednjem delu, zunanja pa sta ostala tako rekoč nepoškodovana. Na podlagi izmerjenega odziva smo določili idealizirano ovojnico odziva spoja v obeh smereh. To smo potem uporabljali za nadaljnje numerično modeliranje.



Slika 3 • Postavitev za testiranje spojev v horizontalni in vertikalni smeri.



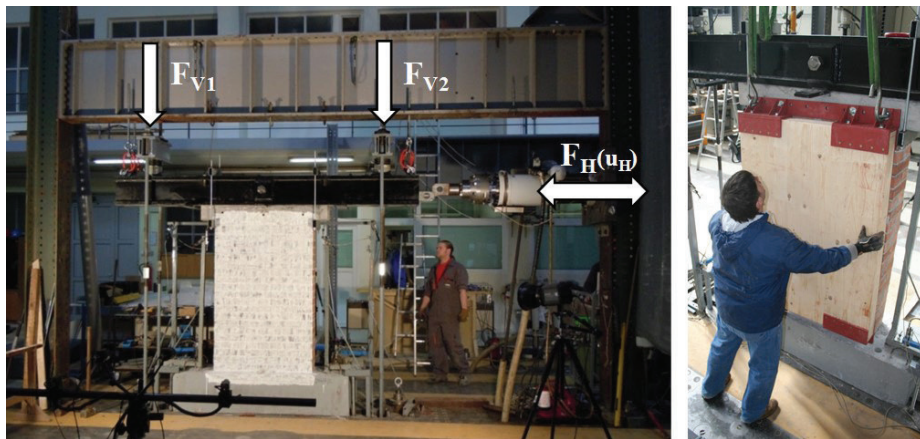
Slika 4 • Horizontalni in vertikalni odziv spoja za primer sidranja v opečni zid.

## 4 • NEARMIRANI OPEČNI ZIDOVI

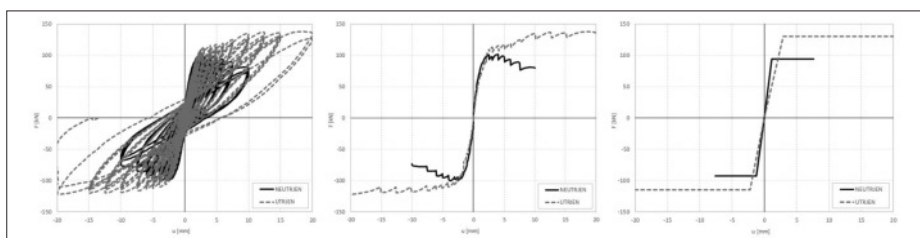
### 4.1 Eksperimentalni testi

Testirali smo serijo zidov iz nearmirane opečne zidovine (URM). Zidovi so bili debeli

drobno opisani detajli izvedbe stikov in postopek njihovega izpopolnjevanja. Idealizirana nosilnost spodnjega vzorca (dobljena iz



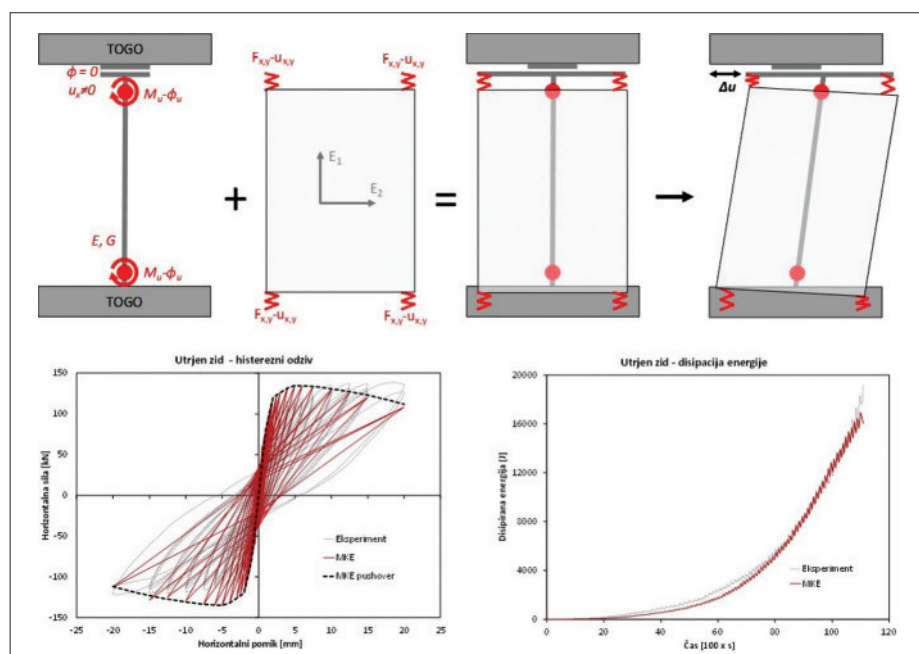
Slika 5 • Zid iz nearmirane opečne zidovine; neutrjen in utrjen z eno od izvedb z mehanskim pritrjevanjem.



Slika 6 • Primerjava eksperimentalnega odziva najbolj izpopolnjene izvedbe mehansko utrjenega zidu – histerezi, ovojnic in bilinearizirana odziva.

25 cm, široki 100 cm in visoki 150 cm. Opravili smo kvazistatične ciklične teste. Zidaki in malta so bili po najboljših močeh prilagojeni, tako da bi lahko simulirali obnašanje starih opečnih zidov. Ker so danes vsi zidaki trdnješi (izbran je bil trdnostni razred 20 MPa), je bilo to možno le delno. Zato smo predvsem prilagodili malto. Razmerje cementa, apna in peska je bilo 0,25 : 1 : 8. Cement je bil dodan le z namenom hitrejšega doseganja ciljne tlačne trdnosti (1 MPa). Tlačni test enega od zidov je pokazal, da trdnost zidu znaša 4,59 MPa.

Preizkusili smo tako utrjevanje zidov s CLT-ploščo (3-slojno debeline 100 mm), nalepljeno na opečni zid (z epoksidnim lepilom), kot tudi mehansko pritrjevanje. Slednje smo med tremi preizkusi še izpopolnjevali, da smo dosegli čim boljši odziv. Na sliki 6 prikazemo samo rezultate zadnjega vzorca zidu, ki je dosegel najboljše rezultate, preostali podatki pa so na voljo v literaturi (Šušteršič, 2017), kjer so ravno tako po-



Slika 7 • Koncept modela končnih elementov z nadomestnim okvirjem zidu, ploskovnimi elementi za CLT in vzmetmi za spoje ter primerjava eksperimentalnega in numeričnega odziva utrjenega zidu iz nearmirane opečne zidovine.

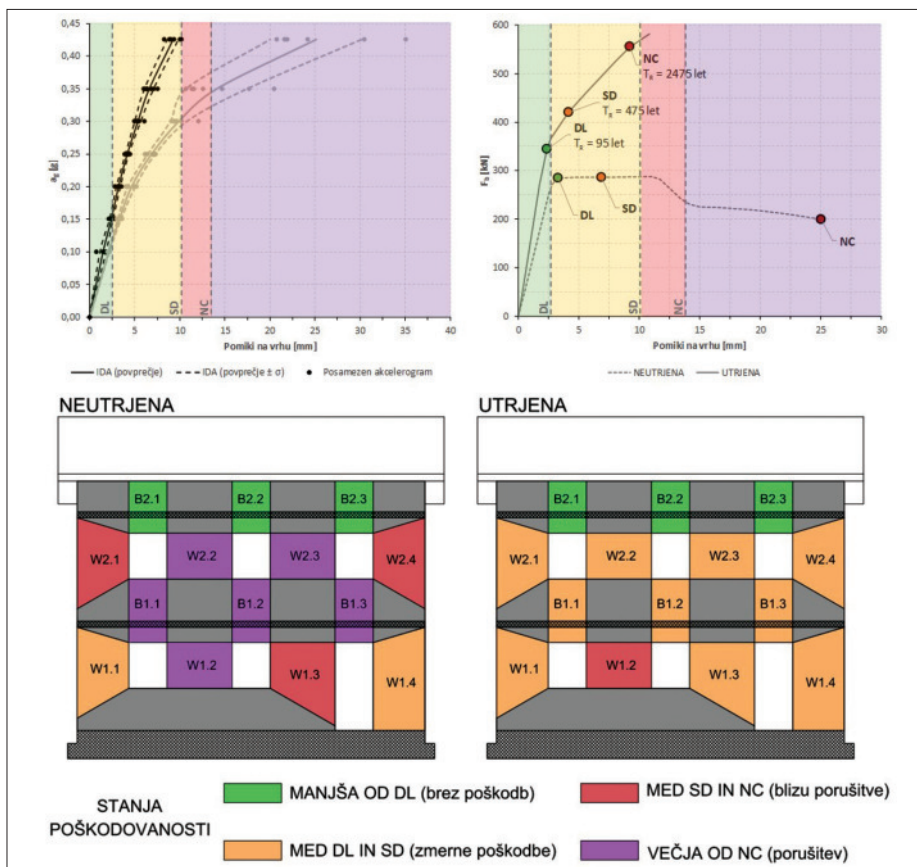
bilinearizacije histerezne ovojnice) je bila za 31 % višja od neutrnega, pomik na meji porušitve pa za 166 %.

### 4.2 Numerični modeli

Za modeliranje nearmirane opečne zidovine smo uporabili model nadomestnega okvirja. Nelinearnost je bila skoncentrirana v momentnih rotacijskih členkih na konceh linijskih elementov. Karakteristike členkov smo izvednotili v skladu z napotki literature (Petrovčič, 2013). CLT smo modelirali z elastičnimi ploskovnimi končnimi elementi (linearno obnašanje, omejimo samo napestosti), spoje pa z nelinearnimi plastičnimi vzmetmi, katerih odziv smo povzeli po idealizirani ovojnic, pridobljeni iz eksperimentalnih testov. Za primerjavo numeričnih in eksperimentalnih modelov smo uporabili enak ciklični protokol kot za laboratorijske teste. Primerjali smo histerezni odziv in disipacijo energije. Rezultati kažejo (slika 7), da se izbrani model končnih elementov obnaša dobro in da so razlike med izračunanim in izmerjenim odzivom minimalne.

Enak model smo nato uporabili za modeliranje fiktivne dvoetažne zgradbe iz nearmirane zidovine. Izhajali smo iz modelov zgradbe Pasticierja (Pasticier, 2009), ki smo jo prilagodili. Podrobno smo analizirali samo enega od zunanjih zidov zgradbe. Izdelali smo inkrementalno dinamično ana-





Slika 8 • Primerjava IDA in potisnih krivulj ter primerjava poškodovanosti izbrane stene objekta pri pospešku tal 0,425 g – neutrjena bi se praktično porušila, medtem ko bi utrjena utrpela le zmerne poškodbe.

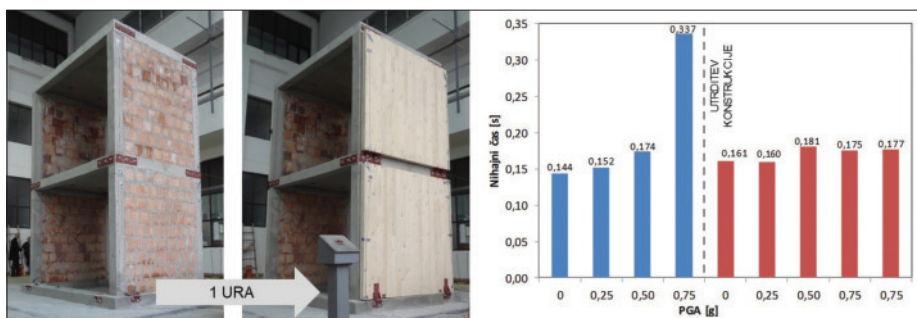
lizo, uporabili smo set 7 akceleroگرامov, ki smo jih predhodno modificirali tako, da so se bolje prilegali Evrokodovemu (CEN, 2008) elastičnemu spektru za tla tipa A (skala). Neutrjena zgradba ni izpolnila zahteve za potrese s povratno dobo 95 let (mejno stanje DL, omejevanje poškodb), je pa izpolnila zahteve za potres s povratno dobo 475 let (mejno stanje SD, omejevanje večjih poškodb). Obenem tudi ni izpolnjevala zahteve za potrese s povratno dobo 2475 let (stanje NC, blizu porušitve). Model zgradbe smo nato utrdili s troslojnimi 100 mm debelimi CLT-ploščami, ki smo jih na model pripeli v nivoju medetaž, spoji so bili postavljeni na razdaljah 1 m. Pri modeliranju smo uporabili vse principe, opisane na začetku tega podpoglavja. Utrjena zgradba je izpolnila zahteve za vsa mejna stanja, obenem pa je zahtevo za stanje NC izpolnila pri stopnji poškodovanosti, ki se sicer zahteva za stanje SD. Tako bi poškodbe dotičnega utrjenega objekta ostale omejene tudi po zelo močnih potresih.

## 5 • ARMIRANOBETONSKI OKVIRJI Z OPEČNIMI POLNILI

### 5.1 Eksperimentalni testi

Dvoetažni armiranobetonski okvir s florisnimi dimenzijami 2,7 x 3,7 m, etažno višino 2,5 m ter opečnimi polnili, vgrajenimi čez obe etaži krajše florisne stranice, smo testirali na potresni mizi. Uporabljali smo modificirani akceleroگرام Landers, ki enakomerno pokriva širok spekter frekvenc oziroma nihajnih dob. Posledično se zgradba zato odziva konsistentno, ne glede na

poškodbe, ki se razvijejo med preizkušanjem. Pospešek tal (PGA) smo povečevali od 0,25 g pa do 0,75 g. Pri slednjem se je na neutrjenem objektu močno poškodovalo eno od opečnih polnil konstrukcije, posledično pa se je znatno povečal lastni nihajni čas konstrukcije (slika 9). Tudi torzijski odziv konstrukcije je bil znanen, saj je razlika v pomiku med vrhom leve in desne strani zgradbe dosegla 60 %.



Slika 9 • Sprememba nihajnih dob po namestitvi ojačilnih CLT-plošč na poškodovani armiranobetonski okvir z opečnimi polnili.

Po namestitvi utrditvenih CLT-plošč v smeri vzbujanja konstrukcije, ki smo jih v vsakem vogalu etaže pritrtili z enakimi stiki, opisanimi v predhodnih poglavjih, smo ponovili protokol testiranja. Poškodovanost zgradbe se ni povečevala. Nihajne dobe utrjene konstrukcije so se povrnila na raven pred začetkom testiranja neutrjene konstrukcije (pred poškodbo polnil). Tudi pri ponavljanju potresa s pospeškom tal 0,75 g so nihajne dobe ostale tako rekoč enake. Zmanjšala se je tudi torzijska podajnost zgradbe, razlika med pomikoma vrhov leve in desne strani je znašala le še 25 %.

### 5.2 Numerični modeli

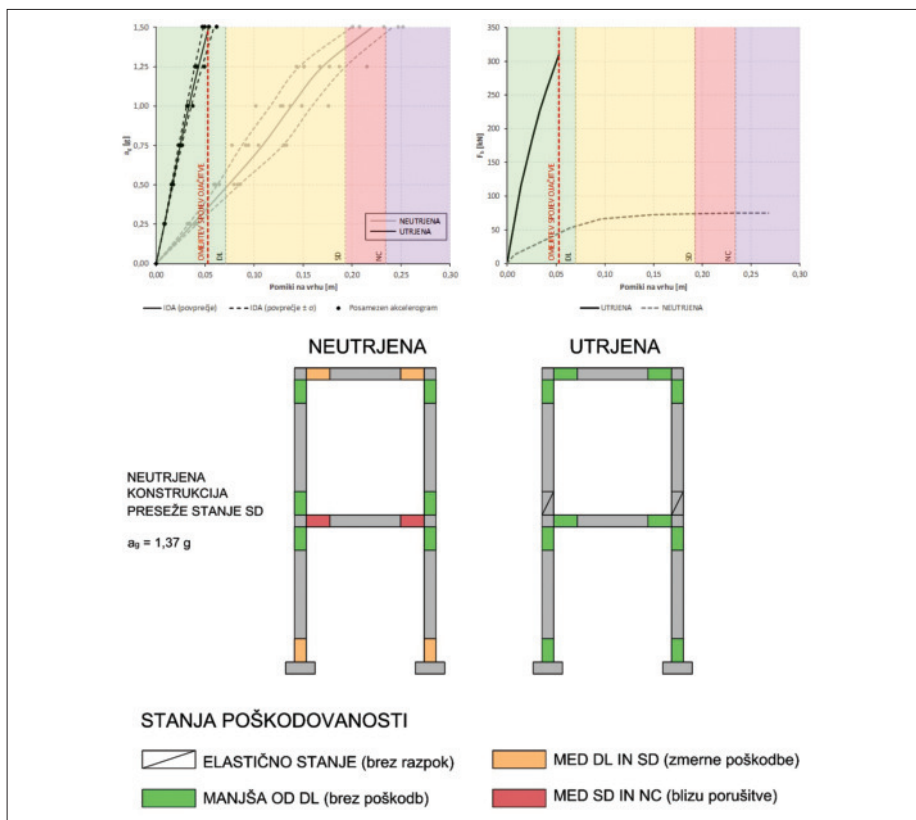
Zgradbo, ki smo jo preizkušali na potresni mizi, smo modelirali z metodo končnih elementov ter ocenili njeno obnašanje z inkrementalno dinamično analizo. Uporabili smo enak set akceleroگرامov kot pri opečni zgradbi v prejšnjem poglavju. Uporabili smo linijski model s koncentrirano plastičnostjo v členkih na konceh elementov stebrov in prečk. Za modeliranje opečnih polnil smo



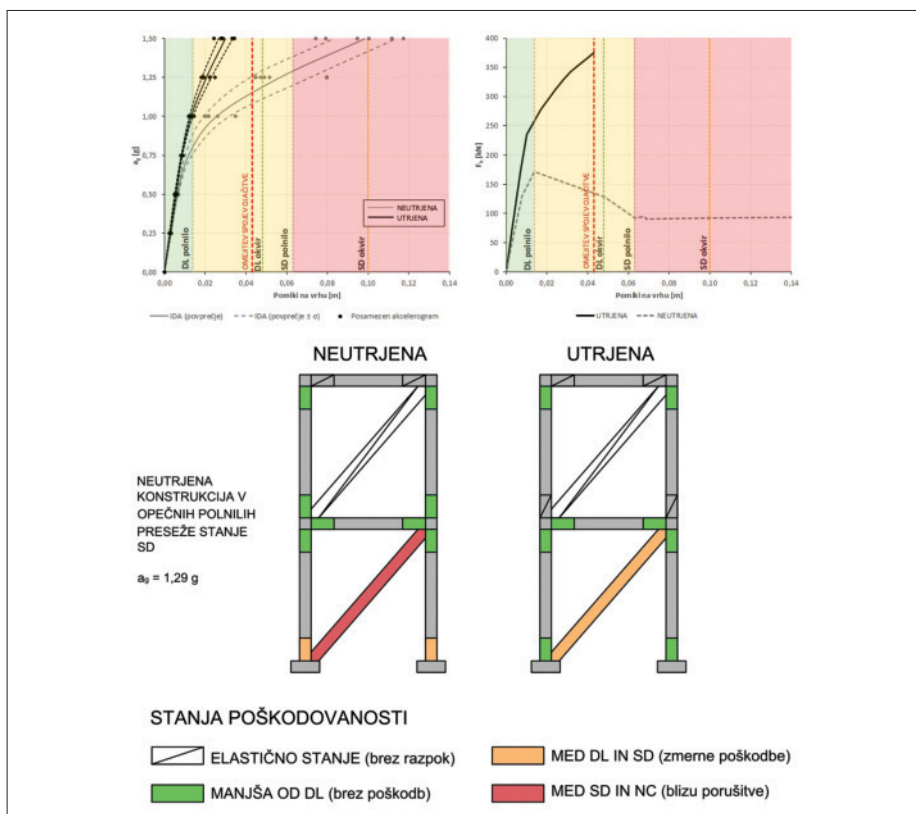
uporabili nadomestne diagonale. Nelinearne lastnosti smo modelirali v skladu z napotki Evrokoda in izbrane literature (Celarec, 2012).

Na začetku smo naredili model armiranobetonskega okvirja brez polnil (takšna konstrukcija sicer na potresni mizi ni bila preizkušena pri visokih pospeških). Analiza je pokazala (slika 10), da ko elementi neutrjenega okvirja dosežejo mejno stanje med SD in NC, ostaja utrjena konstrukcija nepoškodovana.

Model armiranobetonskega okvirja s polnili pokaže, da ko se polnilo neutrjene konstrukcije zmerno poškoduje, ostaja utrjeno nepoškodovano. Ko pa se neutrjeno polnilo približuje porušitvi (slika 11), ostaja utrjeno zmerno poškodovano.



Slika 10 • Primerjava IDA in potisnih krivulj ter primerjava poškodovanosti neutrjenega in utrjenega armiranobetonskega okvirja (brez polnil), ko neutrjeni okvir preseže stanje večjih poškodb.



Slika 11 • Primerjava IDA in potisnih krivulj ter primerjava poškodovanosti neutrjenega in utrjenega armiranobetonskega okvirja z opečnimi polnili, ko neutrjeni okvir preseže stanje večjih poškodb.

## 6 • SKLEP

Ugotovimo, da pri izbranih in analiziranih primerih sistem utrjevanja na osnovno konstrukcijo deluje pozitivno.

Z ugotovitvijo iz CLT-plošč uspemo vzorcem zidov iz nearmirane opečne zidovine povečati idealizirano nosilnost do 33 %, mejni pomik pa za 166 %. Z uporabo nadomestnega linijskega okvirja s koncentrirano plastičnostjo za nearmirano zidovino, linearno elastičnih ploskovnih elementov za CLT in nelinearnih vzmeti za spoje lahko zadovoljivo opišemo obnašanje preizkušenih zidov. Večji model izbrane stene fiktivne dvoetažne zgradbe iz nearmirane zidovine, ki ga modeliramo na prej opisani način, brez ugotovitve ne

izpolnjuje kriterijev za omejevanje poškodb (DL) ter stanja pred porušitvijo (NC). Z uporabo ugotovitve model izpolni zahteve za vsa mejna stanja. Obenem pri mejnem stanju za potrese s povratno dobo 2475 let (zahteva NC) izkazuje poškodbe, ki so sicer zahtevane za mejno stanje SD (potresi s povratno dobo 475 let).

Testi armiranobetonskega okvirja z opečnimi polnili na potresni mizi so pokazali, da so se nihajne dobe poškodovanega objekta po namestitvi CLT-utrditve povrnila v prvotno stanje. Po ugotovitvi se je zmanjšala tudi torzijska podajnost konstrukcije, razlika v pomikih ene in druge strani vrha konstrukcije se je znižala

s 60 % na 25 %. Nove poškodbe po namestitvi utrditve niso več nastajale. Numerični model utrjenega armiranobetonskega okvirja z opečnimi polnili ali brez njih izkazuje nižjo stopnjo poškodovanosti kot pa neutrnjena zgradba pri enaki intenziteti potresa.

Ne glede na sicer pozitiven prispevek sistema utrjevanja na izbranih primerih je treba opozoriti, da ima razviti sistem še vedno mnogo omejitev. Število preizkušenih vzorcev je bilo majhno, ravno tako je bil nabor numerično modeliranih zgradb omejen. V članku predstavljene analize so tako pokazale, da ima sistem utrjevanja zgradb s CLT-ploščami možnost, da se nekoč uporabi v praksi. Vendar ga je treba pred tem še bolj poglobljeno analizirati in preveriti na širšem spektru obstoječih in bolj reprezentativnih zgradb.

## 7 • ZAHVALA

Raziskavo je delno financirala Evropska unija iz Evropskega socialnega sklada. Raziskava se je izvajala v okviru Operativnega programa razvoja človeških virov za

obdobje 2007–2013, 1. razvojne prioritete: Spodbujanje podjetništva in prilagodljivosti, prednostne usmeritve 1.1.: Strokovnjaki in raziskovalci za konkurenčnost podjetij.

Za vso pomoč in nasvete gre iskrena zahvala tudi prof. dr. Voju Kilarju in akad. prof. dr. Mihi Tomaževiču, mentorju in somentorju doktorskega dela v okviru katerega so bile izvedene raziskave.

## 8 • LITERATURA

Blass, H. J., Fellmoser, P., Design of solid wood panels with cross layers, 8th World Conference on Timber Engineering, WCTE 2004, June 14-17, Lahti, Finland, 543–548, 2004.

Bosiljkov, V., D'ayala, D., Novelli, V., Evaluation of uncertainties in determining the seismic vulnerability of historic masonry buildings in Slovenia: use of macro-element and structural element modelling, Bulletin of earthquake engineering, ISSN 1570-761X, 2015, year. 13, no. 1: str. 311–329, 2015.

Celarec, D., Ricci, P., Dolšek, M., The sensitivity of seismic response parameters to the uncertain modelling variables of masonry-infilled reinforced concrete frames, Eng Struct 35:165–177, 2012.

de Voogt, S., NAM biedt Groningers excuses aan voor aardbevingen, <http://www.nrc.nl/nieuws/2015/04/21/nam-biedt-excuses-aan-voor-aardbevingen/>, 2015.

CEN, European Committee for Standardization, Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance. Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings, EN 1998-1, Brussels, 2003.

Heikkinen, P., Kaufmann, H., Winter, S., TES manual, TES EnergyFaçade – prefabricated timber based building system for improving the energy efficiency of the building envelope, <http://www.tesenergyfaçade.com>, Funded by: Woodwisdom Net Research project from 2008-2009, 2009.

Kilar, V., Kušar, D., Ocena potresne ogroženosti večstanovanjskih zgradb v Sloveniji, Acta geographica Slovenica, 49-1, 89-118, 2009.

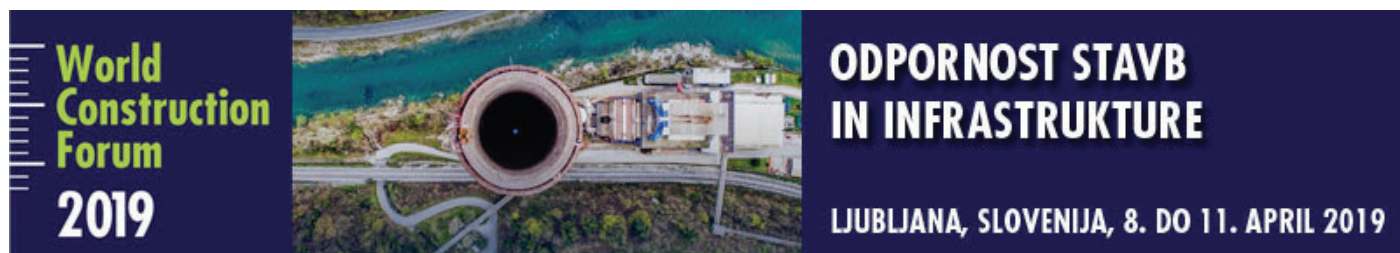
Pasticier, L., Amadio, C., Fragiocomo, M., Non-linear seismic analysis and vulnerability evaluation of a masonry building by means of the SAP2000 V.10 code, Earthquake Engng Struct. Dyn., 37:467–485, 2008.

Petrovič, S., Kilar, V., Cost viability of a base isolation system for the seismic protection of a steel high-rack structure, Engineering Structures, 54, 9-22, 2013.

Spence, R., Saving lives in earthquakes: success and failures in seismic protection since 1960, Bull Earthquake Eng., 5,139–251, 2007.

Šušteršič, I., Utrjevanje stavb s križno lepljenimi lesenimi ploščami, doktorska disertacija, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodetiko, 2017.

# SVETOVNI GRADBENI FORUM 2019 – ODPORNOST STAVB IN INFRASTRUKTURE



**Inženirska zbornica Slovenije (IZS) in Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani (UL FGG)** pod pokroviteljstvom Svetovne zveze inženirskih organizacij med **8. in 11. aprilom 2019** v Ljubljani organizirata **Svetovni gradbeni forum** z naslovom **Odpornost stavb in infrastrukture**.

Ljubljana bo prihodnje leto spet dihala z gradbeniki in inženirji s celega sveta. Ob jubilejni, stoti obletnici organiziranega združevanja inženirjev v zbornico in hkrati ob stoti obletnici ustanovitve Univerze v Ljubljani, z njo pa tudi Tehnične fakultete, se bodo aprila 2019 v slovenski metropoli zbrali strokovnjaki na Svetovnem gradbenem forumu, ki bo posvečen strokovni tematiki odpornosti stavb in infrastrukture, program pa bo razdeljen na šest glavnih tem.

Svetovni forum bo potekal v organizaciji Inženirske zbornice Slovenije (IZS) in Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani (UL FGG). Nad organizacijo bdita predsednik IZS mag. Črtomir Remec in dekan FGG prof. dr. Matjaž Mikoš. Svetovni gradbeni forum z letnico 2019 je pod svoje okrilje vzela Svetovna zveza inženirskih organizacij (World Federation of Engineering Organizations, WFEO), trajal pa bo med 8. 4. in 11. 4. v Cankarjevem domu v Ljubljani. Forum bo potekal pod častnim pokroviteljstvom predsednika Republike Slovenije Boruta Pahorja.

Slovenski inženirji imajo s pripravo velikih svetovnih dogodkov že dragocene izkušnje. Septembra 2012 je Inženirska zbornica organizirala Svetovni inženirski forum, kjer se je zbralo več kot 500 inženirjev, politikov, raziskovalcev in podjetnikov iz 60 držav in s petih celin. Udeležba bo tudi tokrat zelo visoka, saj bodo na mednarodnem forumu prisotni strokovnjaki s področja inženirstva in arhitekture, predstavniki gradbene industrije, politiki in odločevalci, študentje, univerzitetni profesorji in ne nazadnje investitorji z vseh koncev sveta, zaradi česar bo Svetovni gradbeni forum tudi dobra poslovna priložnost.

Osnovna tema foruma bo **Odpornost stavb in infrastrukture**, udeleženci pa bodo razpravljali tudi o gradnji stavb v duhu trajnostnega razvoja, ki sloni na kakovosti, a hkrati ne pozablja na kulturno dediščino in varovanje okolja, kar je izziv vseh svetovnih inženirjev, ki se hkrati spopadajo še z vse bolj ekstremnimi naravnimi pojavi in ujmani.

Tridnevni delovni program foruma, ki bo pospremljen tudi s slavnostno večerjo in turističnim ogledom Ljubljane, Bleda in Radovljice, bo razdeljen na šest tematskih sklopov:

- energija v 21. stoletju,
- izobraževanje in usposabljanje inženirjev in vloga inženirjev v družbi,
- gradbeništvo 4.0,
- kulturna dediščina v digitalnem svetu,

- upravljanje tveganj zaradi nesreč in odpornejše skupnosti ter
- upravljanje nepremičnin in premoženja in informacijsko modeliranje gradben (BIM).

V sklopu **Energija v 21. stoletju** bo potekala razprava o trajnostnih virih energije, delovanje vetrnih, nuklearnih, hidro- in solarnih elektrarn pa bo predstavljeno in postavljeno pod drobnogled v novi, trajnostni luči. Poseben poudarek bo namenjen tehnološki in ekonomski vzdržnosti tradicionalnih virov pridobivanja energije in njihovemu pomenu za družbo, vsem udeležencem pa bodo predavatelji ponudili najnovejše informacije o vseh načinih pridobivanja energije, njihovih prednostih in slabostih ter novih tehnologijah, ki se ponekod po svetu že uporabljajo, a še niso širše sprejete.

**Izobraževanje in usposabljanje inženirjev in vloga inženirjev v družbi** je tema, ki se osredinja na ključna vprašanja, kot so, kakšna je vloga inženirja v svetovni ekonomiji 21. stoletja, kako prispevajo k napredku družbe in kje so vloge inženirjev pravilno razumljene in uporabljene. Posebna pozornost bo namenjena utrjevanju ekonomske moči z izobraževanjem in usmerjanjem ter deljenjem znanja ne le na lokalni in nacionalni, temveč predvsem na globalni ravni. Cilj družbe 21. stoletja bi morala biti trajnostna struktura in sistem organizacij, ki bi ključno pripomogel k dvigu kakovosti življenja, pri tem pa inže-



nirji lahko in morajo igrati pomembno, velikokrat tudi vodilno vlogo. Del predavanj se bo osredotočil tudi na boljše pripravljenost inženirjev ob morebitnih naravnih katastrofah in pravilnem odzivu nanje.

**Gradbeništvo 4.0** je gradbeniška verzija industrije 4.0. V tehnološkem smislu se osredotoča na preplet fizičnih struktur z multimedijско povezanostjo sveta, v katerem živimo. V tem sistemu se materialni in digitalni svet prepletata, prekrivata in na koncu združita v poceni in trajnostni izdelek visoke kvalitete, ki je optimiziran za končnega uporabnika. Gradbeništvo 4.0 je gradbeništvo, kjer so kamere in senzorji prisotni na vsakem koraku, kjer roboti nadzorujejo velik del vsakdanjega življenja in bivanja in kjer je v vsaki sekundi zbrana in analizirana gora podatkov, iz katere se lahko naučimo, kako biti v prihodnje še boljši. Ta del predavanj bo namenjen vprašanju, ki se porajajo pri vključevanju tehnologije v gradbeni sektor, tuji strokovnjaki bodo prikazali, katera nova področja in nove poslovne priložnosti se odpirajo z vse večjo vlogo tehnologije v gradbeništvo, hkrati se bodo dotaknili tudi podatkov o zasebnosti posameznika, kar je nedvomno eno najbolj perečih vprašanj sodobne družbe.

Ta del predavanj bo odličen uvod v področje, ki se bo dotikalo **kulturne dediščine v digitalnem svetu**, ki nam omogoča, da kulturno dediščino še bolj približamo ljudem. Hkrati pa moramo biti pazljivi, da ji ne odvezamo duha časa, v katerem je nastajala.

Peto tematsko področje bodo **tveganja ob naravnih nesrečah**. Na tem področju tudi slovenski strokovnjaki pomembno sodelujejo pri soustvarjanju svetovnih politik in smernic, saj smo imeli v preteklosti precej opraviti z različnimi naravnimi nesrečami in ujmami. Prikazane bodo tako dobre kot slabe prakse upravljanja tveganj s celega sveta, prve kot smernice in druge kot poduk, na kaj je treba biti pozoren, še preden se naravna nesreča zgodi.

V šestem tematskem sklopu se bodo strokovnjaki dotaknili še **upravljanja nepremičnin in premoženja in informacijskega modeliranja gradenj (BIM)**. To področje je tudi v Sloveniji v velikem razmahu, zato bodo tuje izkušnje in primeri dobre prakse zelo dragoceni za domače inženirje, ki se s to tematiko že ukvarjajo oziroma se v prihodnosti zagotovo bodo.

Forum ni namenjen zgolj izmenjavi mnenj in znanja s tujimi strokovnjaki s področja gradbeništva, namenjen je tudi in predvsem predstavitvi idej slovenskih strokovnjakov, ki imajo na tak način veliko priložnost za lažji preboj v svet. Zato prireditelji vabijo, da se forumu pridružite ne le kot udeleženec, temveč tudi kot njegov soustvarjalec. Temam pogovorov na forumu se lahko priključite s posredovanjem povzetkov referatov do 15. oktobra 2018. Avtorji najboljši kratkih povzetkov bodo izbrani, da pripravijo referat v trajanju med 15 in 20 minutami, ta pa bo postal del programa WCF 2019. Tudi povzetki neizbranih avtorjev ne bodo utonili v pozabo, saj bodo predvajani v okviru pred-

stavitvenega videa, ki se bo predvajal vse tri dni foruma. Več informacij lahko najdete na spletni strani Inženirske zbornice Slovenije ([www.izs.si](http://www.izs.si)) ali uradni spletni strani foruma WCF 2019 ([www.wcf2019.org](http://www.wcf2019.org)), prispevke pa oddate preko spletnega obrazca na uradni strani foruma (<http://submissions.wcf2019.org>).

Ob koncu drugega (svetovnega) inženirskega dogodka na slovenskih tleh z veliko mednarodno veljavo bo pripravljena tudi Ljubljanska deklaracija, ki bo temeljila na vseh predavanjih in kratkih predstavitev, uradno pa jo bo sprejela in promovirala Svetovna zveza inženirskih organizacij (WFEO).

*Do 15. oktobra 2018 je v teku zbiranje povzetkov referatov: <https://www.wcf2019.org/call-for-abstracts/>.*

Vljudno vabljeni k sodelovanju!

POVABILO SPONZORJEM IN RAZSTAVLJAVCEM

Lahko se odločite za enega od pripravljenih paketov, lahko pa vam ga priroji-  
mo po meri.

<https://www.wcf2019.org/sponsors/>

**Matjaž Grilc, univ. dipl. inž. geod.**



Univerza v Ljubljani  
Fakulteta za gradbeništvo  
in geodezijo

# VABIMO VAS K SODELOVANJU V PROJEKTNI SKUPINI – ŽENSKA SEKCIJA



Na iniciativo žensk avstrijske inženirske zbornice (Kammer der Zivilarchitektinnen) so se v Zbornici za arhitekturo in prostor Slovenije odločili, da ustanovijo **projektno skupino, t. i. žensko sekcijo**, ki bo združevala arhitektke, druge inženirke in preostale ženske, ki delujejo v tem poklicu.

Upravni odbor Matične sekcije gradbenih inženirjev je na svoji redni seji sprejel sklep, da se na spletni strani **objavi poziv k sodelovanju**. Vabimo torej **inženirke s področja gradbene stroke**, ki bi bile pripravljene aktivno sodelovati v projektni skupini, da pošljejo **prijavo do 20. 9. 2018** na elektronski naslov [izs@izs.si](mailto:izs@izs.si). Njihov cilj je podpora ženskam v tem poklicu. To želijo nadgraditi s pove-

zovanjem na evropskem nivoju v obliki mednarodnega, predvidoma triletnega EU-projekta (začetek sredi leta 2019). Avstrijke so že zdaj povezane s šestimi zbornicami po Evropi in predstavljajo močno skupino na evropskem nivoju v združenju ACE.

Tovrstno sodelovanje predstavlja dobro priložnost za mednarodno povezovanje stroke, izmenjavo izkušenj, obenem pa tudi možnost za presojo dejanskega položaja žensk v inženirskih poklicih v Sloveniji. Problematika se v jedru sicer razlikuje od avstrijske, vseeno pa je tudi nekaj stičnih točk.

Pri ZAPS se zavedajo, da arhitektke niso edine ženske v inženirskih poklicih, zato v sekcijo vabijo tudi predstavnico/-e iz

vrst IZS. Tudi Kammer der Ziviltechnikerinnen v Avstriji pokriva tako arhitektke kot inženirke.

Ker je iniciativa čisto sveža, so zdaj aktivnosti usmerjene v ustanavljanje in formiranje projektne skupine pri ZAPS – ženske sekcije, pripravo nacionalnega programa in tudi sodelovanje pri EU-projektu.

Vabljeni k sodelovanju!

**Predsednik Matične sekcije gradbenih inženirjev  
dr. Samo Peter Medved, univ. dipl. inž. grad.**

# MATIČNA SEKCIJA GRADBENIH INŽENIRJEV IŠČE SODELAVCE PRI IZVEDBI PROJEKTHNIH NATEČAJEV



Spoštovani člani Matične sekcije gradbenih inženirjev!

Javni natečaj za izbiro strokovno najprimernejših rešitev prostorskih ureditev in objektov, za katere sta priprava in izvedba javnega natečaja obvezni, se mora pripraviti in izvesti v sodelovanju med naročnikom javnega natečaja in pristojno poklicno zbornico, kot določa Pravilnik o javnih natečajih za izbiro strokovno najprimernejših rešitev prostorskih ureditev in objektov (Uradni list RS, št. 108/04, 114/06 – ZUE, 33/07 – ZPNačrt, 57/12 – ZGO-1D, 61/17 – GZ in 61/17 – ZUreP-2).

Po 12. členu tega pravilnika ima tudi IZS pristojnost za izvedbo projektnih natečajev.

**Vabimo vas, da se nam kot strokovni sodelavci pridružite pri izvedbi projektnih natečajev, in sicer kot izdelovalci NATEČAJNIH NALOG, POROČEVALCI, SKRBNIKI ali ČLANI OCENJEVALNIH KOMISIJ.**

**Informativne prijave za sodelovanje in morebitna vprašanja** pošljite na elektronski naslov [izs@izs.si](mailto:izs@izs.si) **do 20. 9. 2018**. Prijava naj vsebuje vaše osnovne podatke: ime, priimek, naslov, identifikacijsko številko, področje dela, e-naslov, telefon.

Na podlagi prijave vas bomo povabili na ustrezno izobraževanje, ki ga bomo izvedli v jesenskem času. O terminu vas bomo predhodno obvestili in poslali še obrazec, v katerem boste navedli svoje reference.

Pri izboru strokovnih sodelavcev bodo imeli prednost kandidati z boljšimi referencami s področja inženirskih konstrukcij ali z izkušnjami pri izdelavi natečajnih nalog ali s poročevalsko vlogo. Pri naboru kandidatov za ocenjevalne komisije so pomembne predvsem dosedanje izkušnje pri načrtovanju objektov.

Lepo vabljeni k sodelovanju!

**Predsednik Matične sekcije gradbenih inženirjev  
dr. Samo Peter Medved, univ. dipl. inž. grad.**



# POSVET 3. RAZVOJNA OS: »ALI GRE SEDAJ KONČNO ZARES?«



20. aprila 2018 smo v Društvu za ceste severovzhodne Slovenije ob sodelovanju Inženirske zbornice Slovenije in DRC – Združenja za promet in prometno infrastrukturo ter ob podpori Ministrstva za infrastrukturo Republike Slovenije, Univerze v Mariboru in Občine Ravne na Koroškem organizirali tradicionalno letno posvetovanje, tokrat z naslovom 3. razvojna os: »Ali gre sedaj končno zares?«.

Načrtovanje 3. razvojne osi se je po nekaj letih mrtvila premaknilo z mrtve točke. Sprejem DPN med Šentrupertom in Velenjem, odkupi zemljišč, izdelava projektne dokumentacije na posameznih odsekih od severa do juga so bili priložnost za ponovni pregled trenutnega stanja vseh aktivnosti, ki jih pristojni državni organi vodijo pri tem projektu. Tematika je bila toliko zanimiva in privlačna, da je dvorano Kulturnega centra na Ravnah na Koroškem napolnilo več kot 100 udeležencev.

Prvi operativni korak k uresničitvi projekta 3. razvojne osi, ki se v razvojnih programih takratne SR Slovenije prvič pojavi v 70. letih prejšnjega stoletja, je bil storjen v februarju 2004, ko je Državni zbor RS sprejel Resolucijo o Nacionalnem programu izgradnje avtocest v

Republiki Sloveniji (UL RS št. 50/2004). Nacionalni program je v svojem dodatnem programu zajel prvi del sodobne daljinske cestnoprometne povezave na 3. razvojni osi: odsek hitre ceste med Dravogradom in Arjo vasjo, določil pa je, da mora biti državni prostorski načrt za ta odsek sprejet do decembra 2010.

Projekt 3. razvojne osi je bil v svoji osnovi zamišljen kot strukturni projekt, ki naj bi med seboj povezal sekundarna središča in njihove razvojne potenciale ter jih povezal z omrežjem mednarodnih prometnih povezav. Njegov glavni namen je bil opredeljen kot povečanje konkurenčnosti tega geografsko zelo širokega območja skozi povečano dostopnost ter posledično okrepitev institucionalnih in gospodarskih povezav ob razvojni osi. Na ta način bi 3. razvojna os postala instrument, ki bi v prihodnosti prispevala k ekonomski, socialni in teritorialni koheziji ter bolj uravnoteženemu razvoju evropskega prostora, temelječ na skupnih strateških interesih: razvoj gospodarstva, prometa in turizma. Zato je bilo uresničevanje projekta 3. razvojne osi zamišljeno kot rezultat mnogih posamičnih odločitev različnih sodelujočih akterjev, ki bi usklajeno v skupnem interesu delovali v različnih območjih in časovnih obdobjih.

Vsekakor pa si v času sprejema Resolucije o Nacionalnem programu pred dobrimi 14 leti nihče ni predstavljal, da projekt od takrat do danes ne bo v celoti umeščen v prostor, prav tako so se prva javna naročila za pripravljala dela za gradnjo, kot so reševanje premoženjskoprometnih zadev (parcelacije, odkupi zemljišč in nepremičnin) ter izdelava projektne dokumentacije faze PGD/PZI, začela opravljati šele konec leta 2017. V strateških razvojnih dokumentih pa je projekt doživel degradacijo, saj je Državni zbor RS na predlog Vlade RS s sprejetjem Resolucije o Nacionalnem programu razvoja prometa v Republiki Sloveniji za obdobje do leta 2030 (UL RS št. 75/2016) tehnična izhodišča načrtovanja 3. razvojne osi med Slovenj Gradcem in Dravogradom s politično odločitvijo, ki ni imela praktično nobene strokovne podlage, iz predvidene štiripasovne hitre ceste znižal na rekonstrukcijo in obnovo obstoječe glavne ceste G1-4.

Kot rečeno v uvodu, se je načrtovanje končno premaknilo z mrtve točke, kar je bil razlog, da se organizira strokovni posvet, na katerem bi osvetlili vse trenutne aktivnosti in težave, ki spremljajo načrtovanje in druge postopke tako pomembnega projekta prometne infrastrukture ne samo za Koroško regijo, ampak za celotno vzhodno Slovenijo, z vidika razvoja gospodarstva pa za celotno Slovenijo.

Po uvodnih nagovorih župana občine Ravne na Koroškem **dr. Tomaža Rožena**, vodje sektorja za ceste na Ministrstvu za infrastrukturo **mag. Zvonka Zavasnika** in predsednika Društva za ceste severovzhodne Slovenije **Borisa Stergarja** so bili na posvetu predstavljeni naslednji strokovni prispevki:

- Vpliv politike na izvajanje projekta 3. razvojne osi, **mag. Gregor Ficko in Aljaž Verhovnik**,



- Predstavitev poteka trase na odseku Šentrupert–Velenje–Slovenj Gradec, **Rok Cunder**,
- Predstavitev variant poteka trase na odseku Slovenj Gradec–Dravograd–Holmec, **mag. Dušan Ogrizek**,
- Odvijanje aktivnosti na projektu 3. razvojne osi, sever, **Janez Kušnik**,
- Odvijanje aktivnosti na projektu 3. razvojne osi, jug, na odseku od avtoceste A2 Ljubljana–Obrežje pri Novem mestu do priključka Maline, **dr. Lidija Kegljevič Zagorc**,
- Predstavitev variant poteka trase na odseku Maline–Metlika–Črnomelj, **Tomaž Willenpart**,

- Študija variant s predlogom najustreznejše variante za gradnjo državne ceste med avtocesto A1 in avtocesto A2: »tretja razvojna os – srednji del«, **Rado Romih**,
- Kaj pa glavna cesta G1-1 Maribor–Dravograd?, **dr. Marko Renčelj**,
- Čezmejna mobilnost med Koroško regijo in južno avstrijsko Koroško: predstavitev projekta TRANS-BORDERS, **mag. Peter Zajc in Uroš Rozman**.

Posvet je odlično vodil moderator **Slavko Bobovnik**.

**Boris Stergar, univ. dipl. inž. grad.**  
**Predsednik društva DCM**

# NOVI DIPLOMANTI

UNIVERZA V LJUBLJANI,  
FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO

## I. STOPNJA – VISOKOŠOLSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM OPERATIVNO GRADBENIŠTVO

**Jure Zupančič**, Različni prečni okvirji enoladijske hale, mentor viš. pred. dr. Leon Hladnik; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=101925>

**Rok Klančnik**, Analiza in dimenzioniranje nosilnih elementov večstanovanjske stavbe A4 v soseski Gaj Preserje, mentor izr. prof. dr. Sebastjan Bratina, somentor asist. Aleš Jamšek; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=101920>

**Luka Malerič**, Energijska prenova ovoja stavbe v smeri zagotavljanja kakovostnega notranjega okolja in učinkovite rabe energije enodružinske hiše v Ljubljani, mentorica doc. dr. Mateja Dovjak, somentor asist. dr. David Antolinc; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=101912>

**Miha Blatnik**, Kontrola značilnih spojev jeklenih konstrukcij s programom Idea Statica, mentor viš. pred. dr. Leon Hladnik, somentor doc. dr. Primož Može; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=101981>

## I. STOPNJA – UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI PROGRAM VODARSTVO IN OKOLJSKO INŽENIRSTVO

**Blaž Košorok**, Analiza hidravličnih razmer v odprtem vodonosniku, mentor prof. dr. Franc Steinman, somentor doc. dr. Gašper Rak; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=102257>

**Vesna Bertonec**, Nizkofrekvenčna nihanja morske gladine v Sredozemskem morju, mentor izr. prof. dr. Dušan Žagar, somentorja asist. dr. Matjaž Ličer in dr. Davide Bonaldo; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=102255>

## II. STOPNJA – MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM STAVBARSTVO

**Tanja Jordan**, Ergonomsko oblikovanje pisarniškega delovnega okolja, mentorica doc. dr. Mateja Dovjak, somentorici dr. Katarina Kacjan Žgajnar in pred. mag. Alenka Plemelj Mohorič; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=101940>

Rubriko ureja • Eva Okorn, [gradb.zveza@siol.net](mailto:gradb.zveza@siol.net)



# KOLEDAR PRIREDITEV

**23.-26.9.2018**

**11th International Conference on Urban Drainage Modelling**  
Palermo, Italija  
[www.udm2018.org/](http://www.udm2018.org/)

**26.-28.9.2018**

**2018 Building Performance Analysis Conference and SimBuild**  
Chicago, Illinois, ZDA  
[www.ashrae.org/conferences/specialty-conferences/2018-building-performance-analysis-conference-and-sim-build](http://www.ashrae.org/conferences/specialty-conferences/2018-building-performance-analysis-conference-and-sim-build)

**1.-4.10.2018**

**Pacific Rim International Symposium INTERPRAEVENT 2018**  
Toyama, Japonska  
<http://interpraevent2018.jp/>

**3.-5.10.2018**

**EEBPVIII - 8th International Conference on Environmental Effects on Buildings and People: Actions, Influences, Interactions, Discomfort**  
Krakov, Poljska  
<http://psiw.org.pl/eebp8/>

**3.-5.10.2018**

**5. slovenski geološki kongres**  
Velenje, Slovenija  
[www.geo-zs.si/5SGK/](http://www.geo-zs.si/5SGK/)

**18.-19.10.2018**

**24. simpozij "Vodni dnevi"**  
Portorož, Slovenija  
<https://sdzv-drustvo.si/vodni-dnevi/>

**24.-26.10.2018**

**14. slovenski kongres o prometu in prometni infrastrukturi**  
Portorož, Slovenija  
[www.drc.si/kongres/](http://www.drc.si/kongres/)

**28.-31.10.2018**

**IALCCE 2018 - The 6th International Symposium on Life-Cycle Civil Engineering**  
Gent, Belgija  
[www.ialcce2018.org/#/home](http://www.ialcce2018.org/#/home)

**1.-2.11.2018**

**GEO|Design+BIM - Enabling tomorrow's connected infrastructure**  
Amsterdam, Nizozemska  
<https://geo-bim.org/europe/index.html#intro>

**9.-15.11.2018**

**International Seminar on Roads, Bridges & Tunnels; Challenges and Innovation**  
Solun, Grčija  
<http://isrbt.civil.auth.gr/>

**22.11.2018**

**4. strokovna konferenca SIBIM 2018**  
Kranj, Slovenija  
<http://bim.si/event/sibim-2018/>

**3.-6.12.2018**

**SGEM Vienna GREEN 2018 - 18th International Conference on EARTH & GEOSCIENCES**  
Dunaj, Avstrija  
[www.sgemviennagreen.org/](http://www.sgemviennagreen.org/)

**10.-12.12.2018**

**ICCAEE 2018 - International Conference on Civil, Architectural and Environmental Engineering**  
Wellington, Nova Zelandija  
[www.iccae.net/](http://www.iccae.net/)

**8.-11.4. 2019**

**Svetovni gradbeni forum 2019 - Odpornost stavb in infrastrukture**  
Ljubljana, Slovenija  
<https://www.wcf2019.org/wcf-intro-slo/>

**10.-14.6. 2019**

**ICOLD 2019 - 87th Annual Meeting: International Commission on Large Dams**  
Ottawa, Kanada  
[www.icold-cigb2019.ca/](http://www.icold-cigb2019.ca/)

**24.-26.6. 2019**

**COMPdyn 2019 - 7th International Conference on Computational Methods in Structural Dynamics and Earthquake Engineering**  
Kreta, Grčija  
<https://2019.compdyn.org/>

**11.-14.5.2020**

**14th Congress INTERPRAEVENT 2020**  
Bergen, Norveška  
[www.interpraevent.at/?lng=4](http://www.interpraevent.at/?lng=4)

**2.-6.11.2020**

**5th World Landslide Forum**  
Kjoto, Japonska  
<http://wlf5.iplhq.org/>

Rubriko ureja • **Eva Okorn**, ki sprejema predloge za objavo na e-naslov: [gradb.zveza@siol.net](mailto:gradb.zveza@siol.net)