

december 2021  
letnik 70

# Gradbeni vestnik

GLASILO ZVEZE DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE IN  
MATIČNE SEKCIJE GRADBENIH INŽENIRJEV INŽENIRSKA ZBORNICE SLOVENIJE



272

NUMERIČNA OCENA  
DINAMIČNIH  
KARAKTERISTIK VIADUKTA  
RAVBARKOMANDA

283

SANACIJA SIDRANJA KRAJNIH  
OPORNIKOV ŽELEZNIŠKEGA  
NADVOZA NA DUNAJSKI CESTI  
V LJUBLJANI

Izdajatelj:

**Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije (ZDGITS),**  
Karlovska cesta 3, 1000 Ljubljana,  
telefon 01 52 40 200  
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: **prof. dr. Matjaž Mikoš, predsednik**  
**izr. prof. dr. Andrej Kryžanowski**  
**Dušan Jukič**  
IZS MSG: **Jernej Mazij**  
**mag. Jernej Nučič**  
**mag. Mojca Ravnikar Turk**  
UL FGG: **doc. dr. Matija Gams**  
UM FGPA: **prof. dr. Miroslav Premrov**  
ZAG: **doc. dr. Aleš Žnidarič**

Uredniški odbor: **izr. prof. dr. Sebastjan Bratina, glavni in odgovorni urednik**  
**doc. dr. Milan Kuhta**

Lektor: **Jan Grabnar**

Lektorica angleških povzetkov:  
**Romana Hudin**

Tajnica: **Eva Okorn**

Oblikovalska zasnova: **Agencija GIG**

Tehnično urejanje, prelom in tisk:  
**Kočeovski tisk**

**Naklada: 450 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 [www.zveza-dgits.si](http://www.zveza-dgits.si)

Letno izide 12 številčk. Letna naročnina za individualne naročnike znaša 23,16 EUR; za študente in upokoјence 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 vštet DDV. Poslovni račun ZDGITS pri NLB Ljubljana: SI56 0201 7001 5398 955

Slika na naslovnici:  
**most na Pelješac,**  
foto: **Marjan Pipenbaher**

**Glasilo Zveze društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije in**  
**Matične sekcije gradbenih inženirjev Inženirske zbornice Slovenije.**  
UDK-UDC 05 : 625; tiskana izdaja ISSN 0017-2774;  
spletna izdaja ISSN 2536-4332.  
**Ljubljana, december 2021, letnik 70, str. 269-312**

## 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 presledkom 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. Poglavja in razdelki so lahko oštevilčeni. Poglavja 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: [sebastjan.bratina@fgg.uni-lj.si](mailto:sebastjan.bratina@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

## VOŠČILO

izr. prof. dr. Andrej Kryžanowski, univ. dipl. inž. grad.

### VOŠČILO PREDSEDNIKA ZDGITS

271

## ČLANKI PAPERS

Nina Kumer, mag. inž. stroj.

dr. Maja Kreslin, univ. dipl. inž. grad.

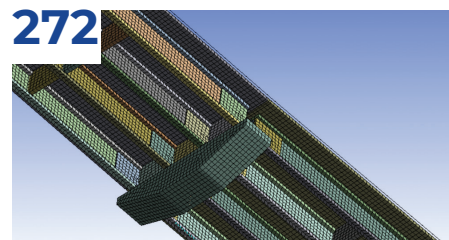
dr. Uroš Bohinc, univ. dipl. inž. fiz.

prof. dr. Boštjan Brank, univ. dipl. inž. grad.

### NUMERIČNA OCENA DINAMIČNIH KARAKTERISTIK VIADUKTA RAVBARKOMANDA

### NUMERICAL EVALUATION OF DYNAMIC CHARACTERISTICS OF THE RAVBARKOMANDA VIADUCT

272



dr. Leon Hladnik, univ. dipl. inž. grad.

### SANACIJA SIDRANJA KRAJNIH OPORNIKOV ŽELEZNIŠKEGA NADVOZA NA DUNAJSKI CESTI V LJUBLJANI

### ANCHORAGE REPAIR ON THE END SUPPORTS OF THE RAILWAY OVERPASS ON DUNAJSKA STREET IN LJUBLJANA

283



## POROČILA S STROKOVNIH SREČANJ

izr. prof. dr. Primož Može, univ. dipl. inž. grad.

doc. dr. Jože Lopatič, univ. dipl. inž. grad.

### 42. ZBOROVANJE GRADBENIH KONSTRUKTORJEV SLOVENIJE

292



### ITA Slovenija – Slovensko društvo za podzemne gradnje 13. MEDNARODNA KONFERENCA O PREDORIH IN PODZEMNIH OBJEKTIH

294



### GBC Slovenija 6. KONFERENCA TRAJNOSTNE GRADNJE

296



# VSEBINA CONTENTS

## OBVESTILA ZDGI TS

Eva Okorn  
**SKUPŠČINA ZVEZE DRUŠTEV GRADBENIH  
INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE  
(ZDGI TS)**

**299**



**PRIPRAVLJALNI SEMINARJI IN IZPITNI ROKI  
ZA STROKOVNE IZPITE ZA  
GRADBENO STROKO V LETU 2022**

**302**

## FOTOREPORTAŽA Z GRADBIŠČA

Stanovanjski sklad Republike Slovenije  
**STANOVANJSKA SOSESKA  
NOVO BRDO, LJUBLJANA**

**303**



## VSEBINA LETNIKA 70/2021

Eva Okorn

**307**

**PROMOCIJSKO BESEDILO OB 70.LETNICI GRADBENEGA VESTNIKA**  
**GRADBENI VESTNIK SE VAM ZAHVALJUJE  
ZA 70 LET PODPORE IN VAS VABI  
K BRANJU ŠE NAPREJ**

**310**



## NOVI DIPLOMANTI

## KOLEDAR PRIREDITEV





# VOŠČILO PREDSEDNIKA ZDGITS

V letošnjem letu zaznamujemo visok jubilej, ko Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov ter Gradbeni vestnik praznujeta 70-letnico delovanja. Zaradi še vedno zaostrenih pandemičnih razmer nismo mogli obletnice delovanja obeležiti, kot bi se spodobilo, in smo aktivnosti prenesli v prihodnje leto, ko naj bi se razmere kolikor toliko normalizirale. Kljub vsemu nam je uspelo zaznamovati jubilej tako, da smo na pobudo in s finančno podporo soizdajatelja. Inženirske zbornice Slovenije, uspešno izvedli grafično in do neke mere tudi vsebinsko prenovno Gradbenega vestnika. Bralcem je bila prva, prenovljena izdaja Gradbenega vestnika predstavljena v dvojni oktobrsko-novembrski številki. Izdajatelj pričakujemo, da bo revija v prenovljeni obliki še boljša spodbuda za razširjanje novih dognanj s področja gradbene znanosti kot strokovnih vsebin, katerim je pri prenovi namenjenih tudi več prostora.

Naslednji cilj, ki smo si ga zadali v temu letu, je uvrstitev Gradbenega vestnika v bibliografsko bazo podatkov Scopus, s katero merimo na dvig veljavnosti revije tako na znanstvenem kot tudi strokovnem področju. Za doseg kriterijev uvrstitve na seznam je bilo treba imenovati uredniški odbor, ki ga sestavljata glavni urednik izr. prof. dr. Sebastjan Bratina in član

uredniškega odbora doc. dr. Milan Kuhta, z imenovanjem vseh članov izdajateljskega sveta, ki mu predseduje prof. dr. Matjaž Mikoš, ter s postavitvijo spletne strani pa je bil izpolnjen še zadnji pogoj za pripravo vloge za uvrstitev v bazo Scopus. Glede na to, da je Gradbeni vestnik revija s tradicijo, pričakujemo, da bo vloga rešena v prihodnjem letu, kar bi bila tudi dobra popotnica aktivnostim, ki jih v prihodnjem letu namenjamo počastitvi jubileja izhajanja glasila.

Navkljub še vedno zaostrenim razmeram pa lahko z veseljem ugotavljamo za gradbeništvo spodbudne obete za prihodnost. Investicijski cikel je v polnem razmahu, kar se kaže na vseh področjih, ne nazadnje tudi v večjem zanimanju za študij gradbeništva. Kot spodbuda ob zaključku leta je prišla tudi novica o potrditvi novelacije Gradbenega zakona, s katero upamo, da se bodo dokončno umirile napetosti, ki so bile izzvane med posameznimi deležniki, in da se res vsi naporji usmerjajo v osnovno poslanstvo, ki ga vse inženirske stroke udeležujejo v procesu graditve.

Dovolite mi, da vam ob zaključku tega leta, ki se za našo stroko zaključuje bolj optimistično, zaželim veliko poslovnih uspehov, predvsem pa zdravja, veselja in osebne sreče.

**Nina Kumer, mag. inž. stroj.**

nina.kumer@fgg.uni-lj.si

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo  
in geodezijo, Inštitut za konstrukcije, potresno  
inženirstvo in računalništvo,  
Jamova c. 2, 1000 Ljubljana



**dr. Maja Kreslin, univ. dipl. inž. grad.**

maja.kreslin@zag.si

Zavod za gradbeništvo Slovenije,  
Dimičeva ul. 12, 1000 Ljubljana



**dr. Uroš Bohinc, univ. dipl. inž. fiz.**

uros.bohinc@zag.si

Zavod za gradbeništvo Slovenije,  
Dimičeva ul. 12, 1000 Ljubljana



**prof. dr. Boštjan Brank, univ. dipl. inž. grad.**

bostjan.branc@fgg.uni-lj.si

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo  
in geodezijo, Inštitut za konstrukcije, potresno  
inženirstvo in računalništvo,  
Jamova c. 2, 1000 Ljubljana



**Znanstveni članek**

UDK 624.04:624.21.037(497.4Ravbarkomanda)



**50 LET**  
INŠTITUT ZA KONSTRUKCIJE,  
POTRESNO INŽENIRSTVO  
IN RAČUNALNIŠTVO

# NUMERIČNA OCENA DINAMIČNIH KARAKTERISTIK VIADUKTA RAVBARKOMANDA

## NUMERICAL EVALUATION OF DYNAMIC CHARACTERISTICS OF THE RAVBARKOMANDA VIADUCT

### Povzetek

Podajamo numerično oceno vibracijskih oblik desnega objekta viadukta Ravbarkomanda. V ta namen je bil narejen detajlen numerični model konstrukcije po metodi končnih elementov. Togost prekladne konstrukcije je bila kalibrirana glede na izmerjene specifične deformacije nosilcev med testnimi prehodi težkih vozil. Prikazani rezultati bodo v pomoč pri načrtovanju vibracijskih testov na tem pomembnem avtocestnem objektu.

Ključne besede: viadukt Ravbarkomanda, končni elementi, kalibracija togosti, lastne frekvence, nihajne oblike

### Summary

A numerical estimation of the vibration modes of the right part of the Ravbarkomanda viaduct is presented. To this end, a detailed finite element model of the structure was prepared. The stiffness of the deck was calibrated according to the strains in the beams, measured during the test passages of heavy vehicles. The presented results will be used for the design of vibration tests on this important Slovenian motorway facility.

Key words: Ravbarkomanda viaduct, finite elements, stiffness calibration, eigenfrequencies, eigenmodes

## 1 UVOD

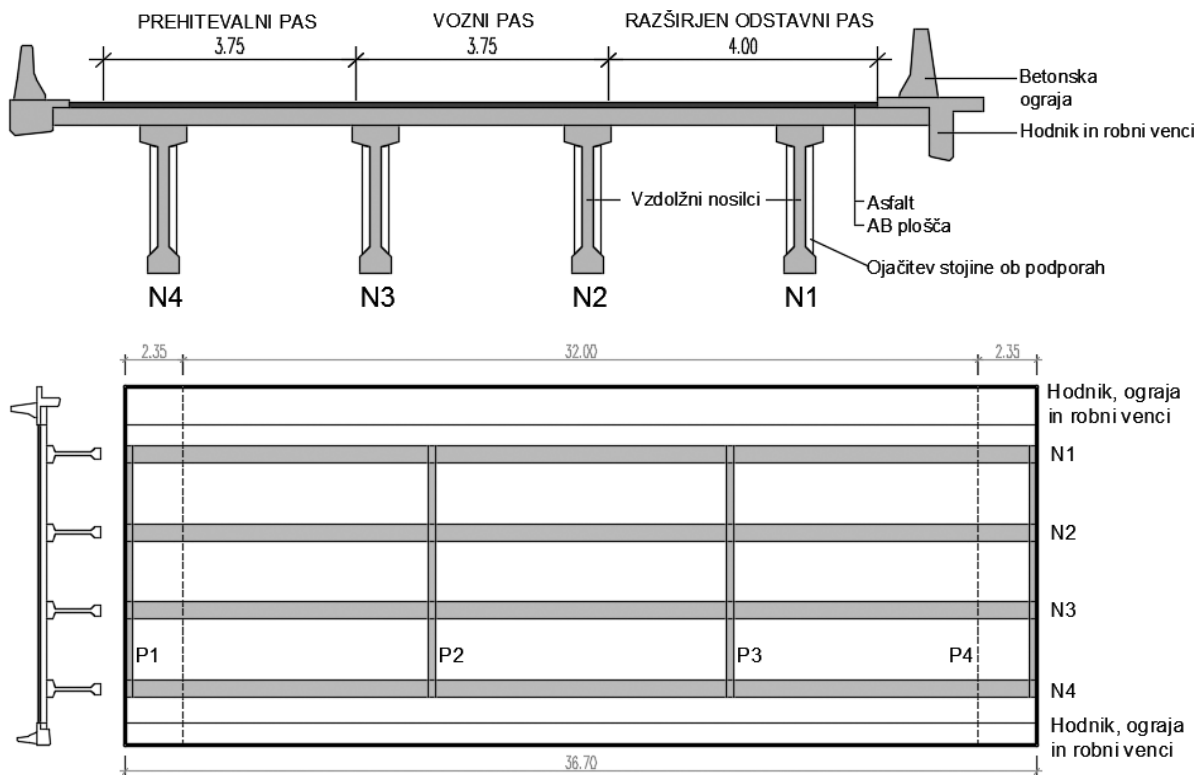
Viadukt Ravbarkomanda, ki je umeščen na avtocestni odsek Vrhnika–Postojna, je bil odprt leta 1972 [Cafnik, 1971]. Detajlna pregleda, opravljena leta 1991 in 1993, sta razkrila številne poškodbe na viaduktu, predvsem zaradi soli, slabe izolacije in neustreznega odvodnjavanja [Čabrilo, 1997]. Med letoma 1996 in 1998 je bila zato izvedena obnova prekladne konstrukcije, ki je obsegala sanacijo robnih nosilcev z namestitvijo zunanjih kablov, obnovo voziščne plošče, podaljšanje konzol na vrhu



**Slika 1.** Viadukt Ravbarkomanda (Foto: Andrej Anžlin, slika je uporabljena z dovoljenjem avtorja).

stebrov ter zamenjavo celotne opreme objekta [Turk, 2019]. Leta 2008 so obnovili in ojačali še stebre. Po zadnji celoviti sanaciji, ki je potekala med letoma 2017 in 2019 in je opisana v [Turk, 2019] in [Škafar, 2018], je bil vzpostavljen sistem stalnega opazovanja (monitoringa) [Žnidarič, 2018]. Na viaduktu je nameščenih več kot 200 senzorjev (gre za merilnike specifičnih deformacij, temperaturne senzorje in pospeškomere), s katerimi se spremlja stanje pomembnejših konstrukcijskih elementov [Anžlin, 2021], [Žnidarič, 2019b].

Zanimivo je, da dinamične karakteristike viadukta, torej lastne frekvence, nihajne oblike in dušenje, niso bile nikoli izmerjene, čeprav gre za podatke, ki so pomembni pri oceni mejnega stanja uporabnosti in nosilnosti. Ponekod se takšne meritve opravljajo daljše časovno obdobje za namene opazovanja stanja viadukta. V tem članku podajamo numerično oceno dinamičnih karakteristik desnega (daljšega) objekta viadukta, dobljeno na podlagi detajlnega numeričnega modela. Uporabljeni model upošteva stanje po zadnji sanaciji in vključuje detajle, kot so dilatacije in ležišča. Da bi modelsko togost prekladne konstrukcije čim bolj približali dejanski, smo jo kalibrirali glede na rezultate meritev specifičnih deformacij nosilcev pri prehodih težkih testnih vozil, ki so bile izvedene v času vzpostavitve monitoringa [Žnidarič, 2019a]. Izračunane dinamične karakteristike desnega viadukta veljajo za stanje v času obratovanja, ko so vibracijske amplitude majhne, objekt pa nima konstrukcijskih poškodb, ki bi nastale v primeru izjemnega dogodka. Kot take so lahko uporaben podatek pri pripravi eksperimentalnih testov (načrtovano je, da se bodo takšni testi vendarle izvedli), lahko pa so uporabni tudi pri oceni mejnih stanj tega pomembnega objekta na primorski avtocesti.



**Slika 2.** Shematski prikaz prečnega prereza in tlorisa enega polja viadukta.



## 2 OPIS VIADUKTA

Viadukt Ravbarkomanda (slika 1) sestavljata dva ločena objekta. Desni ima 17 polj skupne dolžine približno 595 m, levi pa 15 polj skupne dolžine približno 556 m. Horizontalna os avtoceste poteka po viaduktu po krožnici z radijem 2000 m. Prekladno konstrukcijo obeh objektov sestavljajo amiranobetonska voziščna plošča, štirje vzdolžni (odsekoma prostoležeči) prednapeti montažni I-nosilci ter prednapeti prečniki, po štirje na polje, slika 2. Prekladna konstrukcija je razdeljena na štiri t. i. zavorne enote (včasih poimenovane tudi dilatacijske enote), ki so med seboj ločene z dilatacijami. Vgrajene so kovinske lamelne dilatacije hoda do 80 mm (nad krajnimi oporniki) in kovinske glavnikaste dilatacije hoda do 160 mm (nad vmesnimi stebri) [Promico, d. o. o., 2016c]. Dilatacije potekajo preko celotne širine viadukta, torej čez voziščno ploščo, hodnik in robni venec. Po zadnji rekonstrukciji so na viaduktu tudi betonske varnostne ograje, ki se (vsaj deloma) obnašajo kot nosilni del prekladne konstrukcije. Prečni naklon viadukta je enostranski in znaša 2,5 %.

Podporno konstrukcijo sestavljajo stebri z osemkotnim votlim prerezom, ki so vpeti v plitve temelje, zgoraj pa se razširijo v konzole (imenovane tudi konzolne glave) [Turk, 2019]. Desni viadukt ima 16 stebrov višine med 5 in 32 m ter dva masivna krajna opornika. Vzdolžni I-nosilci nalegajo na konzole preko elastomernih ležišč. Na viaduktu so nameščena armirana elastomerna ležišča štirih različnih dimenzij ([Promico, d. o. o., 2016b], [Mageba, 2021]), ob katerih so v prečni smeri protipotresni blokci, ki pa ne omejujejo strižnih pomikov ležišča med obratovanjem viadukta, kar je razvidno s slike 3.

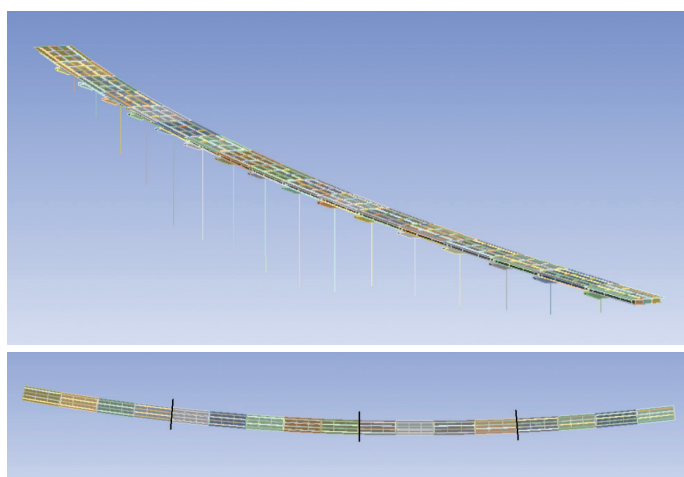


**Slika 3.** Elastomerno ležišče med stebrom in nosilcem s protipotresnima blokoma na obeh straneh.

## 3 NUMERIČNI MODEL

Za numerično modeliranje smo uporabili komercialni računalniški program Ansys [Ansys, 2020]. Kot že omenjeno, smo se omejili na daljši, desni objekt. Dimenzije konstrukcijskih elementov smo privzeli iz projektne dokumentacije [Promico, d. o. o., 2016a]. V modelu je upoštevana vzdolžna ukrivljenost objekta, prečni naklon pa je zanemarjen.

Numerični model viadukta, ki je nastal po optimizaciji modeliranja prekladne in podporne konstrukcije, je kompromis med natančnostjo in velikostjo. Kar se tiče prekladne konstrukcije, smo najprej pripravili referenčni model enega polja z zelo gosto mrežo prostorskih (tj. »3D solid«) končnih elementov. Nato smo izdelali model istega polja z lupinastimi in linijskimi končnimi elementi (torej z mnogo manj prostostnimi stopnjami) ter primerjali vrednosti največjih pomikov pri nekaj statičnih obtežbah (zaradi lastne teže in teže vozil) ter vrednosti osnovnih lastnih frekvenc. Pripravili smo tak hitrejši model, da so se rezultati dovolj dobro (na nekaj odstotkov) ujemali z referenčnim modelom. Podobno smo naredili za steber: pripravili smo hitrejši model iz linijskih in prostorskih končnih elementov, katerega rezultati so se dovolj dobro ujemali z referenčnim modelom z zelo gosto mrežo prostorskih končnih elementov. Šlo je za največje pomike pri statični obtežbi lastne teže in za osnovne lastne frekvence.



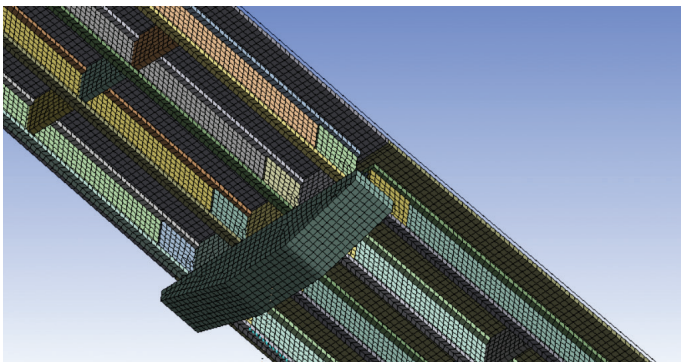
**Slika 4.** Numerični model desnega viadukta, izdelan v programu Ansys [Ansys, 2021]. Prostorski prikaz (zgoraj) in tloris z označenimi mejami med zavornimi enotami (spodaj).

Model desnega viadukta je bil narejen na naslednji način (slika 4):

- Podporni stebri so modelirani z linijskim končnim elementom (BEAM188), ki temelji na Timošenkovi teoriji nosilcev. Ima dve vozlišči, uporablja linearno interpolacijo za pomike in zasuke ter ima eno integracijsko točko, ker so notranje sile konstantne po elementu.
- Konzole na vrhu stebrov so modelirane s prostorskim končnim elementom (SOLID186), pri čemer smo v ravnini stika linijskega in prostorskih končnih elementov namestili tog prerez. Ta element je 20-voziščni 3D-element s kvadratično interpolacijo pomikov ter reducirano integracijo z 8 integracijskimi točkami.
- Voziščna plošča, vzdolžni I-nosilci in prečniki so modelirani s ploskovnim končnim elementom (SHELL181). Gre za 4-voziščni element z nekompatibilnimi membranskimi pomiki in 4-točkovno numerično integracijo.
- Robni venci (skupaj s hodnikom in betonsko varnostno ograjo) so modelirani z linijskimi elementi (BEAM188) primerne prereza.
- Ploskovne in linijske končne elemente, uporabljene za modeliranje voziščne plošče, (pasnic in stojin) vzdolžnih I-nosilcev, prečnikov ter robnega venca (s hodnikom in ograjo),

smo povezali v celoto z upoštevanjem ekscentričnosti težiščnih ravnin in osi.

- Togost elastomernega ležišča med konzolo in spodnjo pasnico I-nosilca smo modelirali z vzmetnim končnim elementom (»Bushing Joint«). Uporabili smo tri translacijske vzmeti, eno osno in dve strižni, hkrati pa smo (skladno z dokumentacijo proizvajalca [Mageba, 2021]) preprečili rotacije ležišča. Na viaduktu so nameščeni štiri tipi ležišč, njihove togosti smo povzeli po proizvajalčevem katalogu. Za tip A (dimenzij 250 x 400 x 41 mm) je npr. osna togost 10757,7 kN/mm, strižna pa 3,10 kN/mm.
- Stebre smo na dnu modelirali kot vpete.
- Model prekladne konstrukcije nima stika med zavornimi enotami (dilatacije niso bile modelirane, ker le malenkostno prispevajo k togosti).
- Prednapetje vzdolžnih nosilcev in prečnikov ni bilo modelirano. Prednapetje vpliva na togost konstrukcije, vendar se ta vpliv le malo izrazi pri rezultatih modalne analize. To se vidi na primer v [Pepi, 2019], kjer so obravnavali most s poševnimi zategami. Enkrat so naredili navadno modalno analizo, drugič pa modalno analizo z upoštevanjem sil zaradi lastne teže in prednapetja v zategah, razlika pa je bila med 0,06 % in 2,49 % za prvih 8 lastnih frekvenc.
- Uporabljene materialne karakteristike elementov so opisane v poglavju 4.
- Karakteristična dolžina uporabljenih končnih elementov znaša približno 0,4 m, v modelu je okoli 126.000 elementov in 195.000 vozlišč (sliki 4 in 5), kar omogoča obvladljive računске čase pri kalibraciji.



**Slika 5.** Mreža končnih elementov za vzdolžne I-nosilce, prečnike, ploščo in konzolno glavo stebra (opomba: tudi ploskovni in linijski končni elementi so prikazani kot 3D-telesa).

## 4 KALIBRACIJA TOGOSTI PREKLADNE KONSTRUKCIJE

	1. os [kN]	medosna razdalja [m]	2. os [kN]	medosna razdalja [m]	3. os [kN]	medosna razdalja [m]	4. os [kN]	medosna razdalja [m]	5. os [kN]
3-osno vozilo	68	3,3	76	1,3	76	/	/	/	/
5-osno vozilo 113	71	3,6	90	5,6	77	1,3	77	1,3	77
5-osno vozilo 122	68	3,3	88	1,35	88	5,17	76	1,33	76

**Tabela 1.** Porazdelitev teže po oseh in medosne razdalje testnih vozil [Žnidarič, 2019a].

Za kalibracijo togosti prekladne konstrukcije smo uporabili izmerjene specifične deformacije vzdolžnih nosilcev pri prehodih treh težkih testnih vozil (z znano razporeditvijo teže po oseh) čez viadukt po voznem pasu (slika 6). Vsa vozila so bila pred začetkom meritev stehtana, njihovo porazdelitev teže po oseh in medosne razdalje pa prikazuje tabela 1 [Žnidarič, 2019a]. 5-osni vozili 113 in 122 se razlikujeta glede na medosne razdalje in obremenitve po oseh. Posamezno vozilo je prečkalo objekt 20-krat, in sicer 14-krat pri hitrosti 80 km/h in 6-krat pri hitrosti 70 km/h. Skupaj je bilo izvedenih 60 kalibracijskih voženj.

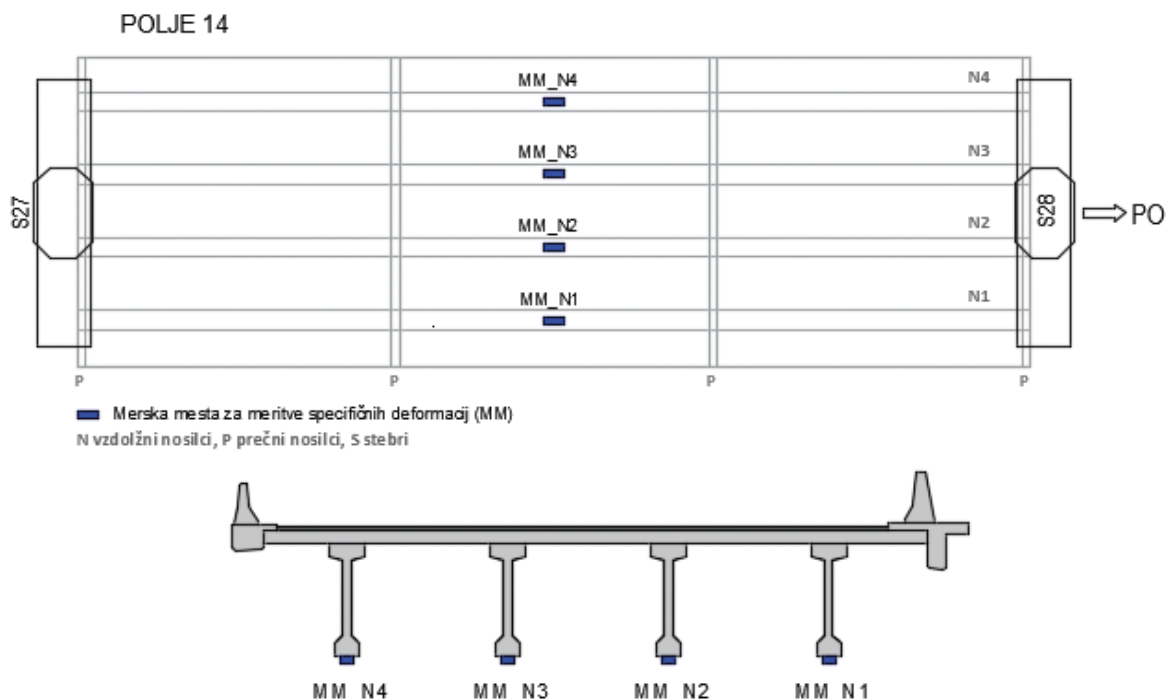


**Slika 6.** Kalibracijski vozili: levo, 3-osno vozilo; desno, 5-osno vozilo 113 [Žnidarič, 2018].

Kot primerne vrednosti za kalibracijo smo vzeli povprečje največjih izmerjenih specifičnih deformacij, ki so bile odčitane iz časovno zglajenih grafov, z namenom, da se izničijo dinamični vplivi zaradi gibanja vozila [Žnidarič, 2019b]. Te vrednosti, skupaj s standardnimi deviacijami in številom voženj, so podane v tabeli 2. Časovno zglajeni signali, ki naj bi predstavljali približek statičnemu odzivu, so bili določeni s filtriranjem z nizkopasovnim filtrom pri 2,42 Hz, ki je bil določen s postopkom DAF (dynamic application factor), opisanim v [Kalin, 2021].

Meritve specifičnih deformacij pri prečkanju vozil čez objekt so bile izvedene v 14. polju desnega viadukta na sredini razpentine na spodnjem delu vzdolžnih I-nosilcev. Lokacije merskih mest so shematsko prikazane na sliki 7. Posamezno mersko mesto je vsebovalo 2 oziroma 3 merilne lističe, zato je bila povprečna vrednost specifične deformacije na nosilcu N1 izračunana iz 40 meritev, na ostalih nosilcih (N2, N3 in N4) pa iz 60 meritev.

Pri kalibraciji smo predpostavili, da so bile največje specifične deformacije izmerjene, ko je bilo vozilo na sredini razpona polja. Iz opisanega se vidi, da imajo rezultati meritev precejšnjo negotovost, vendar smo jih kljub temu uporabili za kalibracijo togosti voziščne plošče, I-nosilcev, prečnikov ter robnega venca s hodnikom in varnostno ograjo.



Slika 7. Shematski prikaz merilnih mest specifičnih deformacij na nosilcih v 14. polju.

Specifične deformacije *10 <sup>-6</sup>		MM_N1	MM_N2	MM_N3	MM_N4
3-osno vozilo	povprečje	20,0	28,2	29,3	20,2
	standardna deviacija	0,8	1,7	2,7	4,3
	število meritev	40	60	60	60
5-osno vozilo 113	povprečje	30,0	35,5	35,7	27,6
	standardna deviacija	1,0	1,3	1,3	1,3
	število meritev	40	60	60	60
5-osno vozilo 122	povprečje	32,5	38,5	37,3	28,2
	standardna deviacija	1,7	1,6	1,8	1,7
	število meritev	40	60	60	60

Tabela 2. Izmerjene specifične deformacije.

Kalibracijo smo izvedli z linearno statično analizo in genetskim optimizacijskim algoritmom, vgrajenim v program Ansys. Orientacijske vrednosti elastičnih modulov elementov konstrukcije smo povzeli po projektu zadnje rekonstrukcije (ki ga je pripravil Promico, d. o. o.), in sicer: voziščna plošča 33 GPa (C30/37), I-nosilci 35 GPa (C40/50), prečniki 37 GPa (C50/60), konzolne glave 33 GPa (C30/37) in stebri 34 GPa (C35/45) (za robni venec, hodnik in zaščitno betonsko ograjo ni podatkov). Za Poissonov količnik smo izbrali vrednost 0,2. Omenimo naj, da so v projektu navedeni tudi podatki za in-situ izmerjen modul elastičnosti betona za voziščno ploščo in nosilce, in sicer 35 GPa in 37 GPa.

Za optimiziranje smo izbrali 4 parametre, in sicer elastične module voziščne plošče, I-nosilcev, prečnikov in robnega

venca (s hodnikom in ograjo). Namenska funkcija je bila vsota razlike kvadratov (dvanajstih) eksperimentalnih specifičnih deformacij na sredini spodnjih pasnic I-nosilcev iz tabele 2 in pripadajočih numerično izračunanih vrednosti za tri linearne statične obtežne primere (torej za vsa tri vozila iz tabele 1). Območja, kjer je genetski algoritem iskal optimalne vrednosti izbranih parametrov, so predstavljena v tabeli 3. Uporabili smo model celotnega viadukta, mrežo v 14. polju pa smo zgostili, tako da je karakteristična dimenzija elementov v tem polju znašala 0,15 m. Teže vozil smo podali s točkovnimi silami, ki ustrezajo težam osi iz tabele 1. Algoritem za genetsko optimizacijo je generiral 259 vzorcev za različne vrednosti parametrov in se postopoma približal tistemu, pri katerem se numerični in eksperimentalni rezultati najbolje ujemajo.



	spodnja meja [GPa]	zgornja meja [GPa]	kalibrirana vrednost [GPa]
plošča	28	38	33,3
nosilci	30	40	36,3
prečniki	30	40	37,0
robni venec (s hodnikom in ograjo)	27	37	30,6

**Tabela 3.** Območja vrednosti parametrov (elastičnih modulov) za izvajanje optimizacije in kalibrirane vrednosti.

vrednosti približajo dejanskim (povprečnim) materialnim vrednostim.

V tabeli 4 so prikazane specifične deformacije posameznih nosilcev, izračunane s kalibriranim modelom, in relativna odstopanja med numeričnimi in eksperimentalnimi vrednostmi. Numerični rezultati se zadovoljivo ujemajo z eksperimentalnimi. Odstopanja so pri obeh 5-osnih vozilih manjša kot pri 3-osnem vozilu. V splošnem je boljše ujemanje rezultatov pri notranjem paru nosilcev N2 in N3 kot pri zunanjem paru N1 in N4. Morda zato, ker so bili N1 in N4 sanirani. Odstopanja pri obeh 5-osnih vozilih na notranjih nosilcih znašajo do 2,2 %, pri zunanjih nosilcih pa do 8 %. Pri 3-osnem vozilu so te vrednosti višje – na notranjih nosilcih do 11,9 %, na zunanjih pa do 12,4 %. Na sliki 8 je podana grafična primerjava izmerjenih

	3-osno vozilo				5-osno vozilo 113				5-osno vozilo 122			
	N1	N2	N3	N4	N1	N2	N3	N4	N1	N2	N3	N4
eksperiment (povprečje) $\cdot 10^{-6}$	20,0	28,2	29,3	20,2	30,0	35,5	35,7	27,6	32,5	38,5	37,3	28,2
numerične vrednosti $\cdot 10^{-6}$	17,5	26,7	25,8	18,2	29,1	35,9	34,9	28,9	29,9	39,1	37,1	29,3
odstopanje [%]	12,4	5,5	11,9	9,8	3,1	-1,0	2,2	-4,6	8,0	-1,5	0,5	-4,0

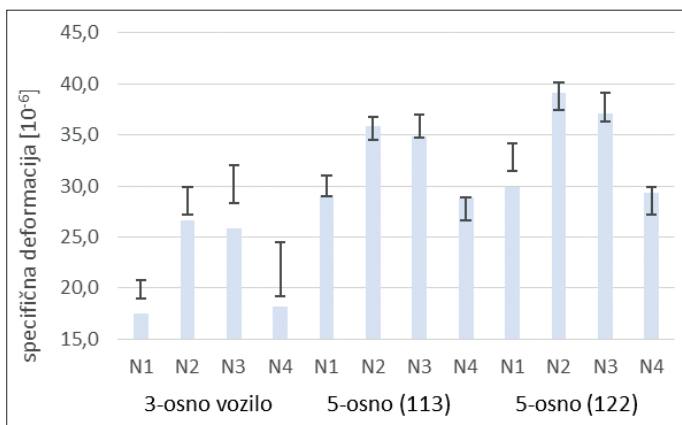
**Tabela 4.** Primerjava eksperimentalnih in s kalibriranim modelom izračunanih specifičnih deformacij.

Vrednosti izbranih parametrov po kalibraciji so podane v tabeli 3. Kalibrirani modul elastičnosti za ploščo je 33,3 GPa, kalibrirani modul elastičnosti za nosilce pa 36,3 GPa. Rezultata sta dokaj blizu zgoraj omenjenima in-situ izmerjenima vrednostma (35 in 37 GPa), kar je spodbudno. Treba je namreč povedati, da kalibrirane vrednosti niso nujno realne vrednosti elastičnih modulov posameznih konstrukcijskih elementov objekta, saj vsebujejo tudi negotovosti (oziroma napake) meritev (ki so v našem primeru lahko precejšnje), modelsko napako (ki seveda obstaja pri vsakem modelu) ter diskretizacijsko napako (ki se manjša z večanjem števila končnih elementov in je v našem primeru majhna). Čim manjše so omenjene tri vrste napak, tem bolj se kalibrirane

in izračunanih vrednosti po kalibraciji. Izmed 12 meritev je 5 takšnih, kjer numerične vrednosti ne padejo v območje standardne deviacije, od tega so 4 povezane s 3-osnim vozilom. To nakazuje, da merske napake pri 3-osnih in 5-osnih vozilih niso enake narave. Če se kalibrirane vrednosti približujejo eksperimentalnim za 5-osni vozili, se hkrati oddaljujejo za 3-osno, in obratno. Kalibracija je potrdila, da betonska zaščitna ograja prispeva k togosti prekladne konstrukcije. Brez modeliranja zaščitne ograje so bila odstopanja med numeričnimi in eksperimentalnimi vrednostmi mnogo večja (za območja parametrov iz tabele 3).

## 5 LASTNE FREKVENCE IN NIHAJNE OBLIKE

Numerični model s kalibrirano togostjo prekladne konstrukcije smo uporabili za modalno analizo. Rezultati modalne analize so lastne frekvenca, nihajne oblike in efektivne modalne mase viadukta med normalnim delovanjem. Pri tovrstni analizi je potrebna ocena mase konstrukcije. Za vse nosilne dele viadukta smo predpostavili specifično težo  $25 \text{ kN/m}^3$ , upoštevali pa smo tudi asfaltno oblogo debeline 8 cm s specifično težo  $22 \text{ kN/m}^3$ . Iz teh podatkov se je izračunala masna matrika, dodatne mase po konstrukciji nismo podajali. Izbrani nihajni časi in razmerja efektivnih modalnih mas in celotne mase (v nadaljevanju to razmerje ohraplo imenujemo kar efektivna modalna masa) so zbrani v tabeli 5 in na slikah 9 in 10, nihajne oblike pa na slikah 11-19. Omeniti je treba, da so za namen nazornega prikaza amplitude nihajnih oblik zelo povečane.



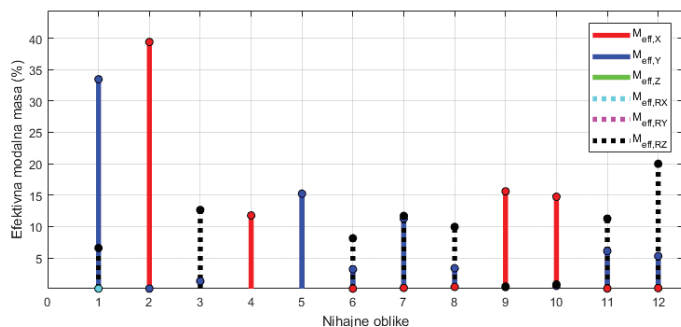
**Slika 8.** Grafična primerjava eksperimenta in kalibriranega modela.

Nih. oblika	Frekvenca [Hz]	$M_{\text{eff},X}$ [Hz]	$M_{\text{eff},Y}$ [Hz]	$M_{\text{eff},Z}$ [Hz]	$M_{\text{eff},RX}$ [Hz]	$M_{\text{eff},RY}$ [Hz]	$M_{\text{eff},RZ}$ [Hz]	Prevladujoče nihanje
Nihajne oblike od 1 do 12 (frekvenca od 0,53 do 0,98 Hz)								
1	0,53		33 %				7 %	Kombinacija TY in RZ (E2)
2	0,56	40 %						TX (E2)
3	0,60		1 %				13 %	Kombinacija RZ in TY (E2)
4	0,67	12 %						TX (E3)
5	0,69		16 %					Kombinacija TY in RZ (E3)
6	0,76		3 %				8 %	Kombinacija RZ in TY (E3)
7	0,83		12 %				12 %	Kombinacija TY in RZ (E1)
8	0,84	1 %	3 %				11 %	Kombinacija TY in RZ (E4)
9	0,87	16 %					1 %	TX (E4)
10	0,88	15 %	1 %				1 %	TX (E1)
11	0,93		6 %				11 %	Kombinacija RZ in TY (E4)
12	0,98		5 %				20 %	Kombinacija RZ in TY (E1)
Izbrane nihajne oblike od 13 do 30 (frekvenca od 1,71 do 2,78 Hz)								
13	1,71							Upogib okoli Z (E2)
14	2,09							Nihanje enega stebra v X
18	2,41							Nihanje več stebrov v X
Izbrane nihajne oblike, večje od 31 (frekvenca večja od 2,87 Hz)								
44	3,61							Upogibno nihanje več polj (E1)
45	3,62							Torzijsko nihanje več polj (E4, E3)
TX – pretežno translacijska nihajna oblika v vzdolžni smeri viadukta X TY – pretežno translacijska nihajna oblika v prečni smeri viadukta Y RZ – pretežno torzijska nihajna oblika okoli navpične Z-osi E1, E2, E3, E4 so zavorne enote (E1 je najbližja enota v smeri Ljubljane)								

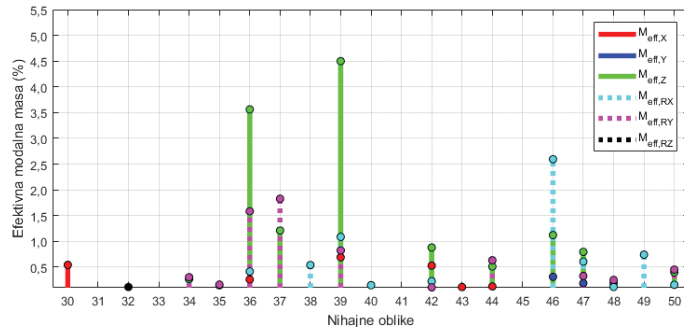
**Tabela 5.** Nihajni časi in efektivne modalne mase za izbrane nihajne oblike.

Prvih 12 frekvenc je manjših od 1 Hz (med 0,53 Hz in 0,98 Hz). Iz pripadajočih nihajnih oblik (slike 11-16) in efektivnih modalnih mas (slika 9) se vidi, da gre za nihanje zavornih enot v smislu

okvirjev s togo prečko. Nihajne oblike 2, 4, 9 in 10 so translacijske oblike v smeri osi viadukta X (efektivne modalne mase  $M_{\text{eff},X}$  so med 15 % in 40 %). Nihajne oblike 1, 3, 5, 6, 7, 8, 11 in 12 so kom-



**Slika 9.** Efektivne modalne mase za prvih 12 nihajnih oblik.

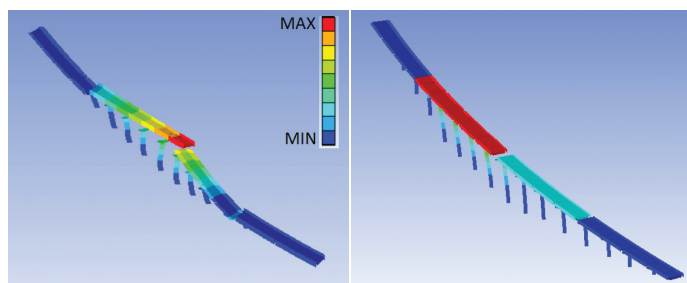


**Slika 10.** Efektivne modalne mase za nihajne oblike od 30 do 50.

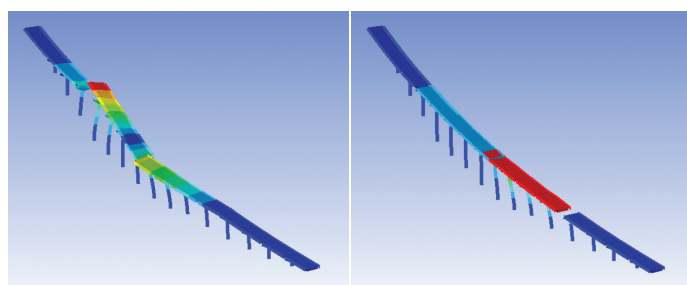
binacije torzije zavorne enote okoli navpične osi Z in translacije v prečni smeri Y. Za vsako zavorno enoto sta dve – v splošnem v eni prevladuje prečna translacija, v drugi pa torzija (efektivne modalne mase so med 3 in 33 % za  $M_{\text{eff},Y}$  in med 8 in 20 % za  $M_{\text{eff},RZ}$ ). Prvih 12 nihajnih oblik se vzbudi predvsem pri horizontalnem vzbujanju in imajo pomembno vlogo pri potresnih analizah, npr. ([Vidrih, 2006], [Rejec, 2006], [Jovanović, 2006]).

V območju frekvenc med 1,71 in 2,78 Hz (tj. med 13. in 30. nihajno obliko) imamo tudi oblike s skoraj ničnimi efektivnimi ma-

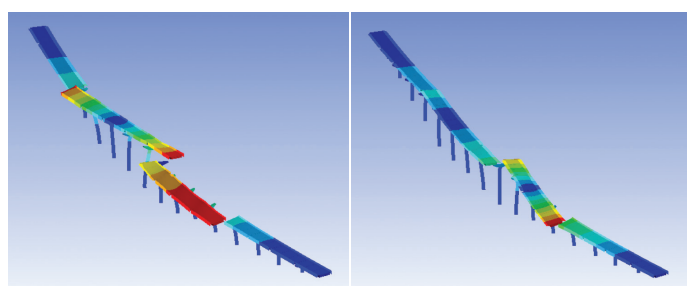
sami v vseh smereh (tabela 5). Lahko gre za upogibno nihanje posamezne zavorne enote (oblika 13 na sliki 17), ki je takšno, da je produkt nihajne oblike  $\psi_i$ , masne matrike  $\mathbf{M}$  in vektorja smeri  $\mathbf{D}$ , ki določa efektivno modalno maso, približno nič. Del mase se premakne v pozitivno smer, drugi del pa hkrati v negativno smer, kot je to prikazano za ilustrativni primer na sliki 18. Lahko pa gre za izolirano nihanje stebrov – slika 19 levo prikazuje nihanje enega stebra, slika 19 desno pa nihanje več stebrov – kjer je razmerje efektivne modalne mase in celotne mase zelo majhno, ker je vzbujena masa zanemarljiva.



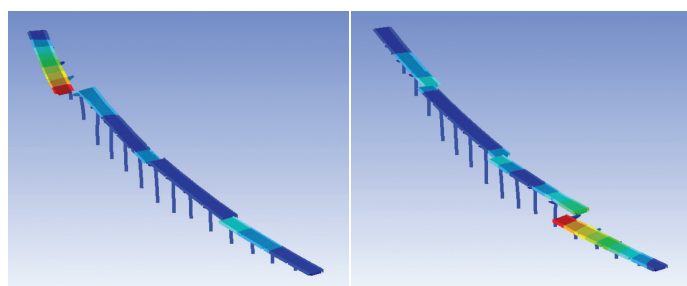
Slika 11. 1. in 2. nihajna oblika.



Slika 12. 3. in 4. nihajna oblika.

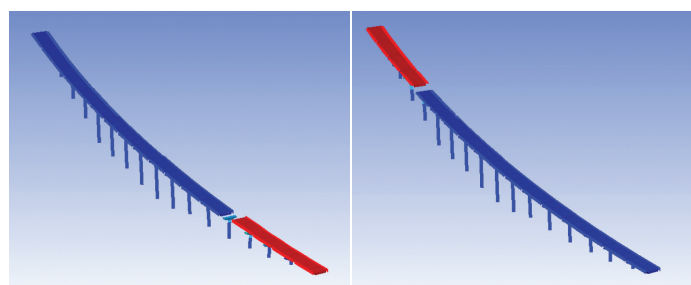


Slika 13. 5. in 6. nihajna oblika.

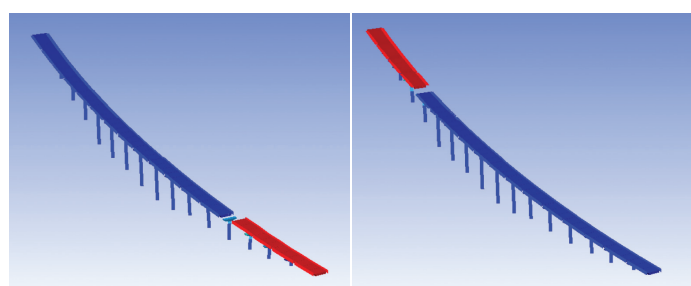


Slika 14. 7. in 8. nihajna oblika.

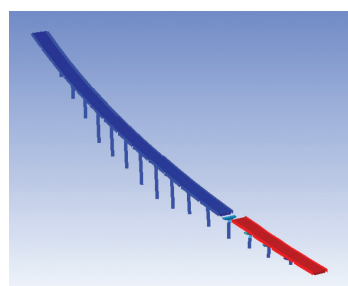
Upogibno in osno torzijsko nihanje prekladne konstrukcije se začne pri nihajni obliki 31 s pripadajočo frekvenco 2,87 Hz. Pri teh nihajnih oblikah imamo predvsem efektivne modalne mase  $M_{\text{eff},Z}$ ,  $M_{\text{eff},Y}$  in  $M_{\text{eff},RZ}$ , ki dajejo informacije o translacijskem nihanju v vertikalni smeri Z, upogibnem nihanju okoli prečne osi viadukta Y in torzijskem nihanju okoli osi viadukta X. Za nekatere nihajne oblike je lahko, podobno kot prej, efektivna modalna masa približno nič. Ker je prekladna konstrukcija iz štirih zavornih enot in poteka preko 17 polj, obstajajo številne oblike nihanja. Na sliki 20 sta prikazana tipična načina – upogibno in osno torzijsko nihanje enega ali več polj. Pričakovati je, da se takšne oblike vzbudijo pri vožnji vozil čez viadukt.



Slika 15. 9. in 10. nihajna oblika.

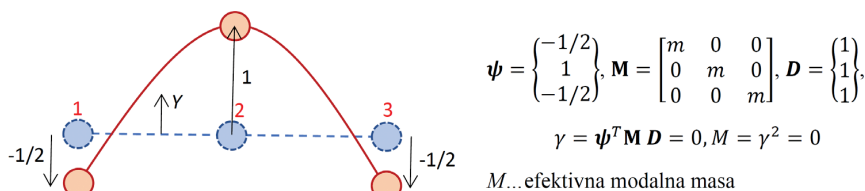


Slika 16. 11. in 12. nihajna oblika.

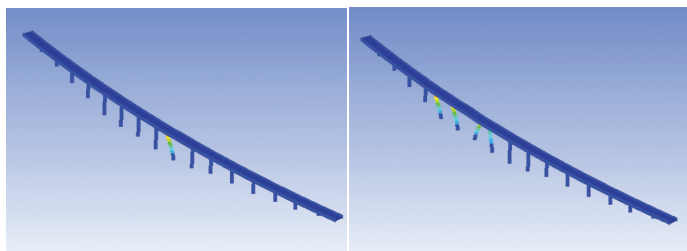


Slika 17. 13. nihajna oblika.

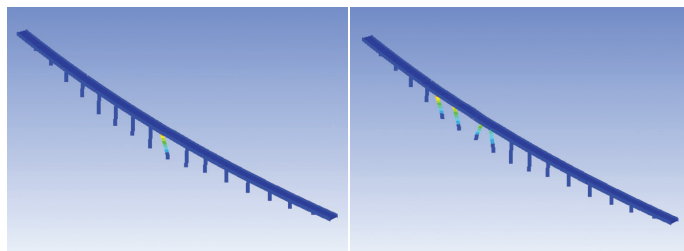




Slika 18. Ilustracija nihajne oblike z nično efektivno modalno maso (1D primer s tremi točkovnimi masami).



Slika 19. 14. in 18. nihajna oblika.



Slika 20. 44. in 45. nihajna oblika.

Model prve zavorne enote		Model celotnega mostu		Odstopanje v %	Komentar
Nihajna oblika	Frekvenca	Nihajna oblika	Frekvenca		
1	0,804	7	0,827	2,7	G
2	0,868	10	0,876	0,8	G
3	0,980	12	0,984	0,3	G
4	2,356	30	2,773	15,0	Nihanje stebra v X
5	2,572	26	2,619	1,8	G
6	2,837	32	2,913	2,6	L
7	3,364	40	3,362	0,0	L
8	3,611	44	3,609	-0,1	L
9	3,778	51	3,767	-0,3	L
10	3,812	53	3,813	0,0	L

Tabela 6. Primerjava prvih 10 lastnih frekvenc, ki jih dobimo, če modeliramo samo prvo zavorno enoto, z lastnimi frekvencami, ki jih dobimo z modeliranjem celotnega viadukta (G – prevladujoče nihanje podporne konstrukcije; L – prevladujoče nihanje prekladne konstrukcije).

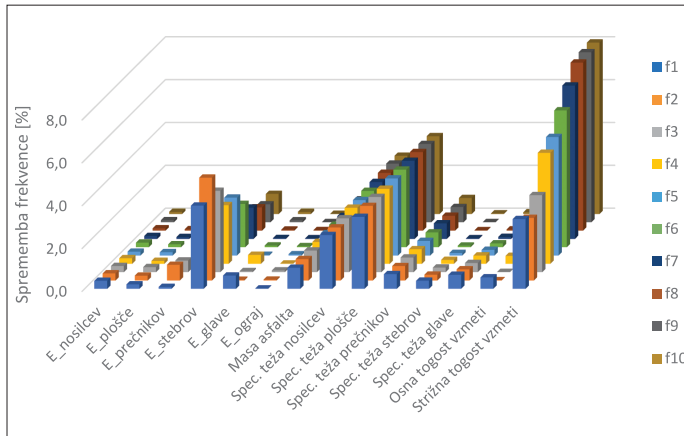
Na koncu tega poglavja podajamo še rezultate modalne analize za primer, ko modeliramo samo prvo zavorno enoto. Model prve zavorne enote preostali del viadukta enostavno zanemari. V tabeli 6 primerjamo rezultate. Očitno je, da so razlike v izračunanih osnovnih lastnih frekvencah majhne, kar kaže na to, da zavorne enote nihajo skoraj neodvisno druga od druge. Na podlagi rezultatov v tabeli 6 lahko zaključimo, da dovolj natančne osnovne lastne frekvence izračunamo tudi, če modeliramo samo posamezne zavorne enote (če ne gre ravno za nihanje stebra med dvema zavernima enotama).

## 6 OBČUTLJIVOSTNA ANALIZA

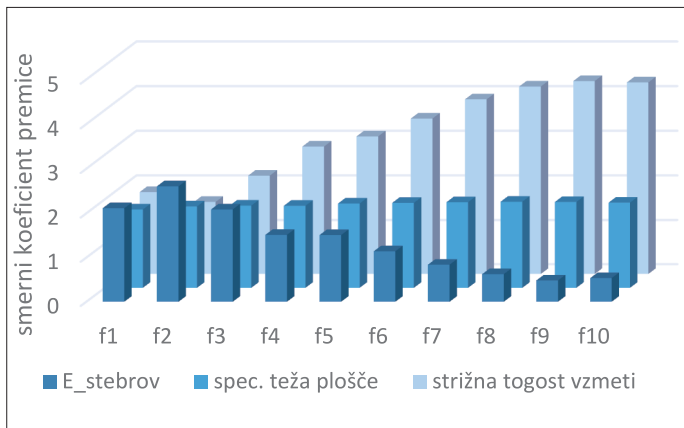
Zanimalo nas je, kateri parametri modela imajo največji vpliv na frekvence. Zato smo izvedli enostavno občutljivi-

vostno analizo po metodi »eden naenkrat«: izbranemu parametru smo spremenili osnovno vrednost za 20 % in pogledali vpliv na prvih 10 frekvenc. Rezultati na sliki 21 kažejo, da so najbolj vplivni elastični modul stebrov, specifična teža plošče in nosilcev (torej togost podporne konstrukcije) in masa prekladne konstrukcije, kar je logično glede na oblike s slik 11-16, ter strižna togost vzmeti. Za te tri najbolj vplivne parametre smo naredili še občutljivostno analizo z več podatki: izračunali smo frekvence pri osnovni vrednosti ter pri  $\pm 10\%$  in  $\pm 20\%$ . Smerne koeficiente regresijskih premic za te rezultate podajamo na sliki 22. Iz grafov na slikah 21 in 22 lahko razberemo, da imajo nekateri parametri (npr. modul elastičnosti stebrov) večji vpliv na nižje frekvence, drugi (npr. strižna togost vzmeti) pa večji vpliv na višje frekvence.

Masa prekladne konstrukcije vpliva na prvih 10 frekvenc približno enako. Grafi na slikah 20 in 21 so podobni (za 3 izbrane parametre).



Slika 21. Občutljivostna analiza.



Slika 22. Koeficienti regresijskih premic za tri najbolj vplivne parametre.

## 7 ZAKLJUČKI

Predstavili smo numerično oceno lastnih frekvenc in nihajnih oblik desnega objekta viadukta Ravbarkomanda. Zaradi zasnove, ki viadukt deli v štiri zavorne enote, so nihajne oblike viadukta raznovrstne. Osnovne oblike so takšne, da posamezne zavorne enote dokaj neodvisno nihajo ena od druge, in sicer tako, kot bi nihal prostorski okvir s togo prečko. Tudi pri višjih nihajnih oblikah, ki se aktivirajo pri vožnji vozil in kjer niha prekladna konstrukcija, se praviloma upogibne in osno torzijske oblike raztezajo le čez eno zavorno enoto. Le izjemoma se pojavijo nihajne oblike, ki se hkrati raztezajo čez dve zavorni enoti. Pomemben zaključek naših numeričnih analiz je, da zaradi zasnove viadukta lahko dovolj natančne osnovne lastne frekvence izračunamo tudi, če modeliramo samo posamezne zavorne enote. Iz občutljivostne analize pa se lahko zaključi, da imajo največji vpliv na spremembo

frekvenc togost podporne konstrukcije, masa prekladne konstrukcije in togost elastomernih vozlišč.

Dober numerični model viadukta predstavlja pomembno dodano vrednost eksperimentalni določitvi dinamičnih karakteristik. Z njim namreč dobimo predstavbo o tem, v kakšnem območju so lastne frekvence in kje je najbolj smiselno namestiti senzorje. Po končanih meritvah eksperimentalnih dinamičnih karakteristik, ki se načrtujejo, se bo izvedlo posodabljanje prikazanega modela desnega objekta viadukta Ravbarkomanda po načinu, predstavljenem v [Kurent, 2021].

## 8 ZAHVALA

Prispevek je rezultat raziskav, narejenih v okviru projekta Podatkovno podprto modeliranje obnašanja gradbenih konstrukcij (J2-2490), ki ga financira Agencija za raziskovalno delo Slovenije (ARRS). Posebna zahvala gre Družbi za avtoceste republike Slovenije (DARS), ki je omogočila uporabo rezultatov, dobljenih pri vzpostavitvi permanentnega monitoringa na viaduktu Ravbarkomanda.

## 9 LITERATURA

Ansys 2020 R1, ANSYS, Inc., 2020.

Anžlin, A., Bohinc, U., Hekič, D., Kreslin, M., Kalin, J., Žnidarič, A., Comprehensive permanent remote monitoring system of a multi-span highway bridge, Proceedings of the 2nd International Conference CoMS 2020/21, Volume 2, pp.12.,2021.

Cafnik, F., Hvastija, B., Veršnak, K., Viadukt Ravbarkomanda. Projekt in izvedba. Gradbeni vestnik, 20, 271-277, 1971.

Čabrilo, D., Rekonstrukcija viadukta Ravbarkomanda, Gradbeni vestnik, 46, 328-332, 1997.

Jovanović, S. Analiza viadukta Ravbarkomanda v skladu s standardom EC 8/2, visokošolska diploma, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 2006.

Kalin, J., Žnidarič, A., Anžlin, A., Kreslin, M., Measurements of bridge dynamic amplification factor using bridge weigh-in-motion data. Structure and Infrastructure Engineering, str. 1-13, DOI: 10.1080/15732479.2021.1887291, 2021.

Kurent, B., Brank, B., Ao, W. K., Model updating of seven-storey cross laminated timber building designed on frequency-response-functions-based modal testing, Structure and Infrastructure Engineering, 19 strani, DOI: 10.1080/15732479.2021.1931893, 2021.

Mageba, Lasto@Block Elastomeric Bearings, spletna stran

[https://www.mageba-group.com/kr/data/docs/ko\\_KR/3131/DATASHEET-LASTO-BLOCK-ch-en.pdf?v=2.1](https://www.mageba-group.com/kr/data/docs/ko_KR/3131/DATASHEET-LASTO-BLOCK-ch-en.pdf?v=2.1), datum vpogleda 23.4.2021, 2021.

Pepi, C., Gioffre, M., Grigoriu, M. D., Parameters identification of cable stayed footbridges using Bayesian inference, *Meccanica*, 54:1403–1419, 2019.

Promico d.o.o., Recenzijsko poročilo št. R-257/16 o pregledu PZI načrtov gradbenih konstrukcij za rehabilitacijo viaduktov Ravbarkomanda VA0174 (desni) v km 6,337 in VA0175 (levi) v km 6,347 na A1/0055 Unec-Postojna (desni objekt) in A1/655 Unec-Postojna (levi objekt), Zvezek 2/20 – Načrt rehabilitacije viadukta Ravbarkomanda VA0174 (desni), 2016a.

Promico d.o.o., Recenzijsko poročilo št. R-257/16 o pregledu PZI načrtov gradbenih konstrukcij za rehabilitacijo viaduktov Ravbarkomanda VA0174 (desni) v km 6,337 in VA0175 (levi) v km 6,347 na A1/0055 Unec-Postojna (desni objekt) in A1/655 Unec-Postojna (levi objekt), Zvezek 3/20 – Sanacija podporne konstrukcije, 2016b.

Promico d.o.o., Recenzijsko poročilo št. R-257/16 o pregledu PZI načrtov gradbenih konstrukcij za rehabilitacijo viaduktov Ravbarkomanda VA0174 (desni) v km 6,337 in VA0175 (levi) v km 6,347 na A1/0055 Unec-Postojna (desni objekt) in A1/655 Unec-Postojna (levi objekt), Zvezek 4/20 – Sanacija prekladne konstrukcije, 2016c.

Rejec, K., Analiza potresnega odziva in potresne utrditve viadukta Ravbarkomanda – vzdolžna smer, diplomsko delo, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 2006.

Škafar, T., Rehabilitacija viadukta Ravbarkomanda, magistrsko delo, Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo, prometno inženirstvo in arhitekturo, 2018.

Turk, I., Oman, M., Ljubetič, V., Inovativne in prilagojene rešitve ojačitve viaduktov Ravbarkomanda med letoma 2017 in 2019, *Gradbeni vestnik*, 68, 6-12, 2019.

Vidrih, Z., Analiza potresnega odziva in potresne utrditve viadukta Ravbarkomanda – prečna smer, diplomsko delo, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 2006.

Žnidarič, A., Anžlin, A., Kreslin, M., Kalin, J., Bohinc, U., 2018. Poročilo o postavitvi permanentnega monitoringa na desnem viaduktu Ravbarkomanda VA0174-D in vrednotenje preliminarnih rezultatov meritev, Zavod za gradbeništvo Slovenije, 2018.

Žnidarič, A., Anžlin, A., Kreslin, M., Kalin, J., Bohinc, U., 2019. Poročilo o postavitvi permanentnega monitoringa na desnem VA0174-D in levem VA0175-L viaduktu Ravbarkomanda in vrednotenje preliminarnih rezultatov meritev, Zavod za gradbeništvo Slovenije, 2019a.

Žnidarič, A., Anžlin, A., Kreslin, M., Kalin, J., Bohinc, U., 2019. Poročilo o vrednotenju permanentnega monitoringa desnega VA0174-D in levega VA0175-L viadukta Ravbarkomanda, Zavod za gradbeništvo Slovenije, 2019b.

dr. Leon Hladnik, univ. dipl. inž. grad.

leon.hladnik1@gmail.com

HIŠA, d. o. o.,

Ukmarjeva ulica 4, 1000 Ljubljana



Strokovni članek

UDK 006:624.014.2:625.142(497.4Ljubljana)

# SANACIJA SIDRANJA KRAJNIH OPORNIKOV ŽELEZNIŠKEGA NADVOZA NA DUNAJSKI CESTI V LJUBLJANI

## ANCHORAGE REPAIR OF THE END SUPPORTS OF THE RAILWAY OVERPASS ON DUNAJSKA STREET IN LJUBLJANA

### Povzetek

V prispevku je opisana v letu 2020 izvedena sanacija sidranja krajnih opornikov železniškega nadvoza na Dunajski cesti v Ljubljani. V okviru rednih pregledov konstrukcije nadvoza se je ugotovilo, da so na več mestih pretrgane sidrne palice sidrišč na krajnih opornikih glavne konstrukcije. Od izvedbe mostne konstrukcije v letu 1962 pa do sanacije sidranja v letu 2020 je bila sanacija pretrganih sider enkrat pred letom 1987 že opravljena, a so se potem sidra ponovno pretrgala.

Ključne besede: sanacija, ležišča, pretrgana sidra, utrujanje materiala, jeklena konstrukcija

### Summary

The article describes the 2020 rehabilitation of anchoring on the end supports of the railway overpass on Dunajska Street in Ljubljana. As part of regular inspections of the underpass structure, it was found that the anchor rods of the anchorages on the end supports of the main structure had broken in several places. From the construction of the bridge structure in 1962 to the rehabilitation of anchoring in 2020, the repair of broken anchors was carried out once before 1987, but then the anchors were broken again.

Key words: rehabilitation, bearings, broken anchors, material fatigue, steel structure



## 1 UVOD

Jekleni železniški podvoz na Dunajski cesti v Ljubljani (slika 1) je bil zgrajen leta 1962 po projektni dokumentaciji, ki jo je izdelala Metalna iz Maribora ([Metalna, 1962a], [Metalna, 1962b], [IMK, 1962]). Je ena najbolj obremenjenih premostitvenih konstrukcij v slovenskem železniškem omrežju. Nosilna konstrukcija nadvoza je v statičnem smislu okvirna konstrukcija preko treh polj razponov 8,8+25,0+8,8 m. Prekladno konstrukcijo sestavljajo štirje sovprežni nosilci, podporno konstrukcijo pa tvorijo vmesni jekleni stebri in betonska masivna opornika, v katera je sidrana prekladna konstrukcija (sliki 2a in 2b). Čez nadvoz potekajo štirje tiri. Vsak tir ima svojo gramozno gredo, podprto z betonsko ploščo sovprežnega nosilca prekladne konstrukcije. Betonska plošča je zabetonirana na spodnje pasnice glavnih jeklenih zvarjenih nosilcev. Vsak od štirih glavnih nosilcev ima dve stojini s pripadajočima spodnjima in zgornjima pasnicama. Z mozniki je zagotovljeno sovprežno delovanje spodnje betonske plošče in jeklenih nosilcev. Na vsakem krajnem oporniku je celotna prekladna jeklena konstrukcija sidrana s po šestnajstimi sidri premera 64 mm, to je dve sidri na eno stojino glavnih nosilcev. Prekladna konstrukcija je sidrana v krajne opornike, ker se zaradi neugodnega razmerja glavnega in krajnih razponov na opornikih pojavijo natezne reakcije, ki jih prevzamemo s sidri.

V okviru rednih pregledov konstrukcije nadvoza [ZAG, 2010] se je v preteklosti ugotovilo, da so na več mestih sidrne palice pretrgane.

V letu 2020 se je opravila sanacija sidranja v skladu z izdelanim Izvedbenim načrtom sanacije sidranja [Razpon, 2016].



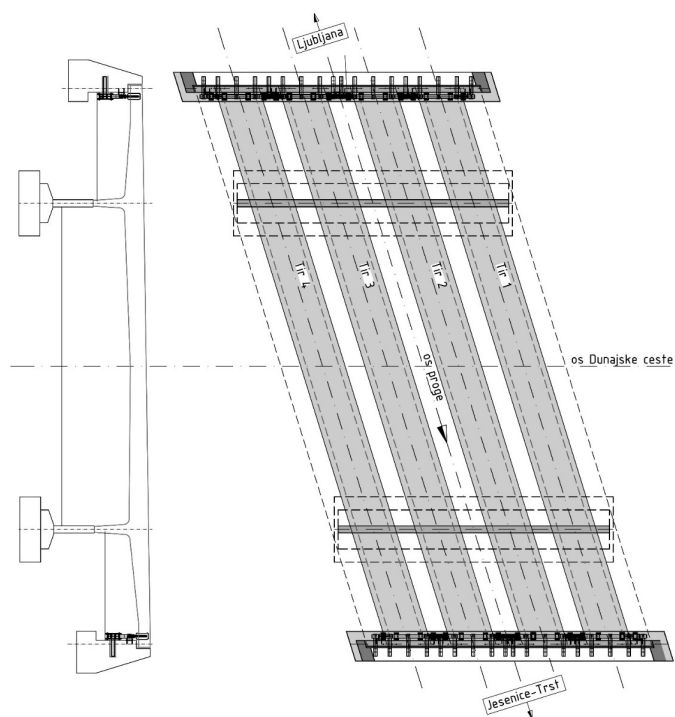
Slika 1. Najpogostejši makroelementi z računskimi modeli.

## 2 OPIS PROBLEMATKE SIDRANJA PRED IZVEBO SANACIJE

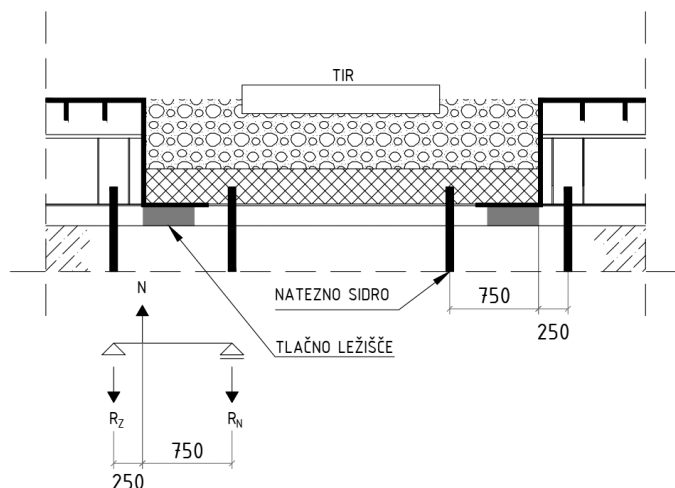
### 2.1 Ugotovitve pregleda konstrukcije

Pri izdelavi Izvedbenega načrta [Razpon, 2016] je bil opravljen dodatni vizualni pregled objekta, v okviru katerega

je bilo ugotovljeno, da so na več mestih pretrgane sidrne palice, ki prevzemajo natezne reakcije in posledično preprečujejo vertikalni dvig krajnih polj na lokaciji krajnih opornikov. Sidra so se pretrgala v območju navoja tik pod spodnjo matico (slike 3a, 3b in 3c). Pretrgana sidra so se opazila na obeh krajnih opornikih, in sicer po tri na vsaki strani, in to pri nosilcih, ki podpirajo tira 1 in 2. Na strani Ljubljane so pretrgane 1- in 4-sidrna palica (tir 1) ter 8-sidrna palica (tir 2). Na strani Sežane so pretrgane 1- in 4-sidrna palica (tir 1) ter 5-sidrna palica (tir 2). Pri ostalih sidrih se pretrga ni opazilo, kar pa ne pomeni, da morebiti niso nastale razpoke po delu preza



Slika 2a. Zasnova nadvoza (z novim sistemom sidranja).



Slika 2b. Shematični prikaz obstoječega sistema sidranja enega glavnega nosilca.



Slika 3a. Pretrgana sidra.



Slika 3b. Pretrgana sidra.



Slika 3c. Pretrgana sidra.

tudi pri teh sidrih. Glede na videz preloma sklepamo, da gre za krhek lom, ki je lahko posledica utrujanja materiala [TÜV, 2016] ali napak pri izdelavi sider in vrezovanju ali valjanju navojev oziroma kombinacije naštetega. Opažena pretrgana sidra so v območju tirov 1 in 2, ki sta tudi prometno najbolj obremenjena (smer proti Primorski oziroma Gorenjski). Pri tem je treba opozoriti, da sidrne palice, ki segajo v gramozno gredo (vsaka druga), zaradi nedostopnosti ni bilo mogoče pregledati.

## 2.2 Ugotovitve pregleda obstoječe dokumentacije

Iz projektne dokumentacije ([Metalna, 1962a], [Metalna, 1962b]) je razvidno, da je pri statičnem računu konstrukcije nadvoza upoštevana prometna obtežna shema J-24,5/8 po takrat veljavnih jugoslovanskih predpisih in standardih. Sile na posamezna sidra so bile določene ob predpostavki, da vsa sidra, s katerimi je sidran glavni nosilec posameznega tira, enakomerno prejmejo obremenitev, ki pripada enemu tiru. Projektirana kvaliteta in kontrola nosilnosti sider iz projektne dokumentacije nista razvidni. Glavni nosilec, ki podpira posamezni tir, ima dve stojini, med njima pa je betonska plošča, podprta s spodnjim pasnicami nosilcev, na kateri ležita gramozna greda in tir. Ob vsaki stojini sta dve sidri, eno na zunanji strani stojine in eno na notranji strani stojine (slika 2b). Skupno so torej štiri sidra za en tir. Ker pa je zunanje sidro bližje stojini (245 mm oddaljeno od stojine) kot notranje (755 mm oddaljeno od stojine), je dejansko tudi bolj obremenjeno (preglednica 1), in sicer za ca. 1,5-krat ( $212/141=1,5$ ), kot notranje, in predpostavka o enakomerni obremenjenosti sider ne drži. Vrednost 141 kN pomeni izvlečno silo na eno sidro zaradi prometne obtežbe (obtežna shema J-24,5/8) ob predpostavki, da vsa sidra prevzamejo izvlečno silo, ki pripada enemu tiru, enakomerno. Vrednost 212 kN pa je izvlečna sila zunanjega bolj obremenjenega sidra ob upoštevanju dejanskega odmika zunanjega in notranjega sidra od stojine nosilca, kjer deluje dvizna sila (prečna sila v stojini), ki se preko krajnega prečnega nosilca prenaša na sidra.

Iz raziskav [ZRMK, 1987], ki so bile opravljene leta 1987, je razvidno, da ima material obstoječih sidrnih palic premera 64 mm natezno trdnost od 683 do 703 MPa ter da zaradi visoke vsebnosti ogljika (ca. 0,5 %) ni primeren za varjenje. To pomeni, da se ne bi smela uporabiti za sidranje obstoječega mostu, saj je njihova povezava s pločevinami, ki segajo do sidrnega nosilca na dnu masivnega betonskega krajnega opornika, izvedena prav z varjenjem.

Iz dokumentacije ([CIP 1987a], [CIP 1987b]), ki jo je izdelal CIP Saobračajni Institut iz Beograda v letu 1987, je razvidno, da so bila nekatera sidra pretrgana že pred letom 1987 in je bil izdelan Idejni projekt sanacije sidranja [CIP, 1987b], ki je predvidel zamenjavo zgornjega dela sider z enakimi novimi z lokalnim razkopavanjem betonskega opornika v območju sider. V razpoložljivi dokumentaciji nismo našli nobenih dokumentov, ki bi se nanašali oziroma dokazovali, da je bila sanacija sidranja po letu 1987 dejansko že izvedena.



Obtežna shema J-24,5/8	Nominalni premer sider 2r	Računska površina sider na mestu navoja $A_s = 0,8 \times A$	Obremenitev sider	Napetosti v sidrih $\Delta\sigma_p$	Pričakovana pro- jektna življenjska doba sider DI
	mm	cm <sup>2</sup>	kN	kN/cm <sup>2</sup>	v letih
Obstoječa sidra Enakomeren odmik sider od stojine.	64	25,7	141	5,48	16 let
Obstoječa sidra Upoštevan dejanski odmik sider od stojine.	64	25,7	212	8,25	2 leti
Nova sidra 4 sidra v sklopu.	4x56	4x19,7=78,8	242	3,07	več kot 50 let

**Preglednica 1.** Natezna obremenitve sider in pričakovana projektna življenjska doba.

Da je po letu 1987 dejansko prišlo do sanacije (zamenjave) pred letom 1987 pretrganih sider, sklepamo na podlagi v nadaljevanju navedenega:

- Iz dokumenta [CIP, 1987a] iz leta 1987 je razvidna slika enega pretrganega sidra, kjer je sidro pretrgano, ocenjeno vsaj 200 mm, pod navojem oz. maticami izven območja navojev. Pri pregledu v letu 2016 so vsi razvidni pretrgi tik pod matico oz. v območju navojev.
- Posredno nam je bila posredovana ustna informacija, ki naj bi bila podana s strani enega od predstavnikov SŽ iz leta 1987, da je bila opravljena zamenjava pretrganih sider.
- V poročilu o pregledu mostu iz leta 2001 [IMK, 2001] ni nikjer navedeno, da bi pri tem pregledu opazili pretrgana sidra. Poročilo o pregledu mostu iz leta 2010 [ZAG, 2010] pa govori o pretrganih sidrih.

## 2.3 Kontrolni statični račun in kontrola utrujanja

V okviru opravljenega kontrolnega statičnega računa smo ugotovili, da obstoječa sidra ustrezajo za mejno stanje nosilnosti (MSN) tudi ob dejstvu, da dejansko niso enakomerno obremenjena.

Na podlagi izvedene kontrole utrujanja obstoječih sider po današnjih predpisih in standardih ([SIST, 2005a], [SIST, 2005b]) smo ugotovili, da ta niso ustrezna glede utrujanja materiala za pričakovano oz. že za dejansko doseženo projektno življenjsko dobo mostu (most je bil v letu izdelave Izvedbenega načrta sanacije star 54 let). Kontrola utrujanja in groba ocena projektne življenjske dobe sider je bila izvedena ob uporabi enačb (1), (2) in (3). Enačba (3), s katero je zajet vpliv življenjske dobe, je povzeta po literaturi [Taras, 2010]. Pri tem smo upoštevali izračunane obremenitve na natezna sidra zaradi obtežne sheme J-24,5/8, ki je bila upoštevana pri projektiranju konstrukcije. Grobo ocenjena projektna življenjska doba obstoječih sider tako znaša od 2 leti za upoštewane obremenitve sider, izhajajoč iz dejanskega odmika sider od stojine glavnih nosilcev, do 16 let ob upoštevanju predpostavljene enakomerne obremenitve sider in je razvidna iz preglednice 1. Razlike napetosti zaradi spreminjajočega se vpliva prometne obtežbe so prevelike glede na Kategorijo detajla utrujanja 50 [SIST, 2005a], ki pripada natezno obremenjenim vijakom oziroma navojnim palicam.

Pri tem se je treba zavedati, da opravljena kontrola utrujanja (namenjena projektiranju novih mostov) v sodobnih predpisih (Evrokod) ne daje točnega odgovora glede pričakovane življenjske dobe jeklenih elementov oziroma njihovih detajlov, ampak nam je bolj v pomoč pri izbiri/konstruiranju ustreznih detajlov oz. dimenzij elementov, da bo dejanska življenjska doba mostu ob ustreznem vzdrževanju enaka ali večja od projektne (pričakovane).

Za točnejšo kontrolo utrujanja oziroma točnejšo določitev pričakovane življenjske dobe elementov in detajlov obstoječe jeklene konstrukcije bi bilo treba zagotoviti podatke o zgodovini obremenjevanja, pričakovanem letnem pretovoru in pričakovanih osnih obremenitvah.

Glede na obliko preloma obstoječih sider in glede na rezultate kontrole utrujanja menimo, da so se obstoječa sidra pretrgala zaradi utrujanja materiala.

Kontrola utrujanja je bila narejena na podlagi naslednje enačbe:

$$\gamma_{FF} \times \lambda \times \phi_2 \times \Delta\sigma_p \leq \Delta\sigma_c / \gamma_{MF} \quad (1)$$

$$\lambda = \lambda_1 \times \lambda_2 \times \lambda_3 \times \lambda_4 \quad (2)$$

$$\lambda_3 = \left(\frac{DI}{100}\right)^{1/5} \quad (3)$$

V okviru kontrole utrujanja smo upoštevali naslednje parametre:

- parcialni varnostni faktorji  $\gamma_{FF} = \gamma_{MF} = 1,0$
- dinamični faktor  $\phi_2 = 1,35$  pri razponu krajnega polja  $L_B = 8,35$  m
- vrsta prometa  $EC_{mix}$ ,  $\lambda_1 = 0,9$  pri razponu krajnega polja  $L_B = 8,35$  m
- letni pretovor  $1,5 \times 10^6$  ton/tir/leto,  $\lambda_2 = 0,9$
- vpliv sosednjih tirov,  $\lambda_4 = 1,0$
- kategorija detajla 50 (5 kN/cm<sup>2</sup>),  $k_s = \left(\frac{30}{2 \times r}\right)^{0,25}$ ,  $\Delta\sigma_c = k_s \times 5$  (kN/cm<sup>2</sup>)
- DI – projektna življenjska doba v letih

V času projektiranja in izvedbe mostu (1960–1962) sta sicer obstajali določeno znanje in zavedanje o problematiki utrujanja jeklenih konstrukcij, vendar takratni predpisi, pravilniki in standardi niso eksplicitno zahtevali kontrole utrujanja elementov in detajlov konstrukcije.

Ker so glavni nosilci povezani med seboj s prečnim nosilcem nad krajnimi in vmesnimi podporami, so sosednja sidra sodelovala pri prevzemanju natezних obremenitev sider ob obremenitvah posameznega glavnega nosilca. Posledično je po pretrgu prvega sidra zaradi togosti prečnika prišlo do prerazporeditev obremenitev na sosednja sidra in zaradi tega ni bilo velikih pomikov v srednjem polju prekladnega nosilca oziroma dviga nosilca na krajnih opornikih. To bi se lahko zgodilo, če bi odpovedala vsa sidra. Ob tem bi se nosilec prekladne konstrukcije računsko lahko dvignil do 7,35 cm nad krajni opornik, kar pa na konstrukciji nismo opazili. To bi se lahko zgodilo le, če bi bila vsa sidra v zgodovini enako obremenjena in bi se vsa pretrgala in ne bi prišlo do prerazporeditve obremenitev na sidra. V tem primeru, bi zaradi nedelovanja sidranja in posledične prerazporeditve momentov lahko prišlo do večjih obremenitev v polju (lahko tudi do porušitve mostu ali vsaj večjih, čezmernih, lahko tudi trajnih deformacij). To pa se v realnosti ne zgodi, saj sta tira 3 in 4 precej manj obremenjena kot tira 1 in 2, in pretrganih sider pri glavnih nosilcih tirov 3 in 4 nismo opazili. Ker te možnosti ne moremo povsem izključiti, smo se odločili opraviti sanacijo celotnega sidranja (vseh štirih glavnih nosilcev).

### 3 SANACIJA SIDRANJA

#### 3.1 Zasnova novega sistema sidranja

Pri zasnovi novega sistema sidranja smo upoštevali naslednje:

- Obstoječa sidra ni možno uporabiti v okviru novega sistema sidranja (zaradi utrujanja pretrgana, material neprimeren za varjenje).
- Ne poznamo kvalitete sider, ki so bila po letu 1987 zamenjana in so se znova pretrgala.
- Omejene možnosti, ki nam jih omogoča obstoječa geometrija v območju sidranja.
- Sistem naj bi prevzemal le natezne obremenitve, ne pa tudi tlakov. Ti se prenašajo v opornik kot sedaj s pomočjo obstoječih tlačnih ležišč.
- Želeli smo sistem, ki bo omogočal hitro in enostavno zamenjavo morebiti poškodovanih, za utrujanje najbolj občutljivih elementov (navojne palice) brez dodatnih posegov v betonski opornik.
- Zahtevo naročnika, da je rekonstruirano sidranje dimenzionirano najmanj za kategorijo proge D4 (225 kN/os in 80 kN/m).
- Rekonstruirano sidranje je projektirano v skladu z zahtevami standardov Evrokod.
- Da je glede na trenutno starost mostu 54 let (v letu 2016) projektna življenjska doba elementov novega sistema sidranja glede utrujanja materiala vsaj 50 let (od dneva izvedbe novega sidranja dalje).
- Da se pri izvedbi sanacije sidranja čim manj ovira promet na mostu.

Novi sistem sidranja (slike 2, 4a in 4b) je zasnovan tako, da stojine glavnih nosilcev sidramo v betonski opornik v ravnini tik ob vertikalni steni betonskega opornika. Sistem novega sidranja sestavljajo:

- nihajne povezave med stojinami obstoječih glavnih nosilcev in novimi nosilci Virendel,

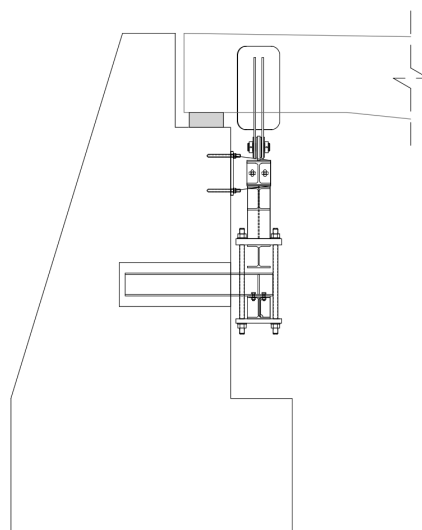
- vmesni zvarjeni I-nosilci med stojinami glavnih nosilcev,
- nosilci Virendel,
- navojne palice za povezavo med nosilci Virendel in vzdolžnim nosilcem sidranja,
- vzdolžni (v smeri opornika prečno na most) nosilci sidranja in
- konzolni nosilci, sidrani v obstoječi betonski opornik.

Nihajne povezave iz pločevin povezujejo stojine glavnih nosilcev (kjer nastopa natezna obremenitev – prečna sila v stojini) z nosilci Virendel (slika 5). Priključki nihajnih povezav so izvedeni s pomočjo sornikov in priključnih ušes. Nihajne povezave so zgoraj pri glavnih nosilcih 1. in 4. tira direktno priključeni na zunanje stojine (slika 4b). Pri vseh ostalih stojinah glavnih nosilcev pa so nanje priključene preko novih vmesnih zvarjenih I-nosilcev (slika 5), ki so privarjeni na stojine sosednjih glavnih nosilcev (slika 6). Vmesni zvarjeni I-nosilci morajo biti čim bolj togi, da so zasuki na mestu priključka na stojine čim manjši. Spodaj pa so nihajne povezave priključene na nosilce Virendel.

Za vsak tir je predviden po en nosilec Virendel, ki je sestavljen iz pasov in vertikal iz vročevaljanih profilov. Nosilec Virendel



Slika 4a. Novi sistem sidranja v krajni opornik.



Slika 4b. Novi sistem sidranja v krajni opornik.





**Slika 5.** Vmesni nosilec med stojinami glavnih nosilcev, nihanje povezave, nosilec Virendel, navojne palice, vzdolžni nosilec, konzolni nosilec, sidran v opornik.

mora biti čim bolj tog, da se sile sidranja čim bolj enakomerno prenesejo na sistem konzolnih nosilcev, sidranih v betonski opornik.

Nosilci Virendel so s sklopi po štirih navojnih palic na več mestih povezani z vzdolžnim nosilcem za sidranje (slika 7), ta pa je z vijaki pritrjen na prečne konzolne nosilce, sidrane v betonski opornik. Konzolni nosilci so v betonski opornik sidrani tako, da je v opornik izvrtana luknja, vanjo vstavljen konzolni nosilec s projektirano sidrno dolžino (slika 8). Prazen prostor med konzolnim nosilcem in obstoječim betonskim opornikom je zapolnjen z novim betonom (betonska plomba). Vzdolžni nosilci in konzolni nosilci so iz vročevaljanih profilov.

Konstrukcija novega sistema sidranja je z namenom, da novi sistem sidranja lahko prevzema le netezne obremenitve, zasnovana tako, da so omogočeni vertikalni pomiki nosilca Vi-

rendel navzdol. Izvedene so podaljšane luknje v vertikalni smeri v pločevinah konzol za podpiranje tlačnega zgornjega pasu nosilca Virendel. Vertikalni pomiki nosilca Virendel navzgor pa so preprečeni z navojnimi palicami. Horizontalne podaljšane luknje v konzolah za sidranje v betonski opornik omogočajo horizontalne pomike sistema v smeri prečno na most. Večji razmak med pločevinami nihajne povezave in priključnega ušesa na strani pomičnega ležišča mostu (stran Jesenice) pa omogoča pomike sistema v vzdolžni smeri mostu.

Za vročevaljane profile in pločevine je bil uporabljen material kvalitete S355J2. Vgrajene navojne palice so kvalitete 8.8. V okviru izvedbenega načrta je bila podana zahteva, da morajo biti navojne palice premera 56 mm dodatno 100-% (celoten obseg in dolžina vseh palic) pregledane z magnetofluksno metodo. Kontrola je morala biti opravljena v poboljšanem stanju materiala. Navoji morajo biti brez nepravilnosti, zajed in razpok (kalilnih). Za sornike se je uporabilo izboljšano jeklo kvalitete 42CrMo4+QT. Za beton za zalivanje sidrnih odprtin je bil predviden beton kvalitete C25/30, PV-II; XF2; XD1, XC4, nekrčljivi beton, frakcija 0-16mm.

Z Izvedbenim načrtom so bile podane zahteve za protikorozijsko zaščito novega sistema sidranja jeklene konstrukcije mostu in delov mostu, kjer se je zaradi montaže in varjenja novega sistema sidranja poškodovala obstoječa protikorozijska zaščita, ki v skladu s SIST EN ISO 12944 zagotavlja visoko trajnost, razred H (nad 15 let), in zaščito pred vplivi okolja, ki sodijo v visoko kategorijo korozijske ogroženosti C4.



**Slika 6.** Varjeni priključek vmesnega zvarjenega I-nosilca na stojino glavnega nosilca.



**Slika 7.** Navojne palice – dva sklopa (vsak štiri palice).



Slika 8. Sidranje v betonski opornik.

### 3.2 Pričakovana projektna življenjska doba novega sistema sidranja

Obstoječe sidranje na enem krajnem oporniku, sestavljeno iz šestnajstih sider premera 64 mm, smo nadomestili s šestnajstimi sklopi sider s po štirimi navojnimi palicami premera 56 mm v vsakem sklopu (skupno 64 navojnih palic premera 56 mm na enem krajnem oporniku).

Na sliki 9 je prikazan statični model novega sistema sidranja, ki je služil za določitev oz. kontrolo elementov sistema.

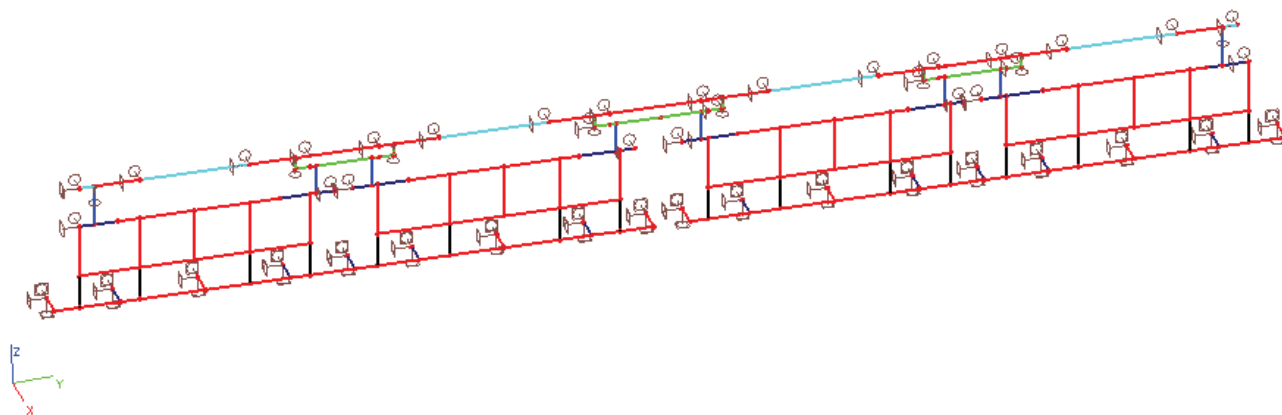
Vsi elementi novega sistema sidranja so bili poleg mejnega stanja nosilnosti preverjeni tudi za utrujanje. Pri analizi novega sistema sidranja so bili uporabljeni slovenski standardi iz družine Evrokod. Pri tem smo upoštevali želeno projektno življenjsko dobo 50 let. Najbolj kritičen element so navojne palice premera 56 mm. S povečanjem števila navojnih palic (sider) smo zmanjšali nivo napetosti v posamezni navojni palici na  $3,07 \text{ kN/cm}^2$  in tako dosegli želeno projektno življenjsko dobo celotnega sistema sider. Zaradi podajnosti celotnega sistema vsi sklopi sider niso enako obremenjeni. V preglednici 1 so prikazane napetosti in pričakovana življenjska doba najbolj obremenjenega sklopa. Sama zasnova sistema sidranja (slika 7) omogoča naknadno menjavo navojnih palic, če bi prišlo do njihovega ponovnega pretrga v času uporabe v prihodnosti.

## 4 IZVEDBA DEL

Izvedba del je potekala v več fazah, ki so v grobem predstavljene v preglednici 2. Med samo izvedbo del je bil s strani naročnika vzpostavljen strokovni nadzor. Dela so v večini potekala ob omejenem prometu (omejena maksimalna hitrost vlakov na  $10 \text{ km/h}$  zaradi zmanjšanja dinamičnih učinkov ter brez zaviranja in pospeševanja na mostu). V času privijanja matic

	<b>Preddela</b>
Faza 1	Izdelava geodetskega in gradbenega posnetka konstrukcije v območju novega sistema sidranja. Izdelava delavniških risb. Kontrola kvalitete stanja betona obstoječih opornikov [IGMAT, 2020].
	<b>Izvedba konzolnih sidrnih nosilcev</b>
Faza 2	Izvedba lukenj v opornike. Montaža in centriranje konzolnih nosilcev. Betonaža izvrtin.
	<b>Namestitev elementov novega sistema sidranja</b>
Faza 3	Namestitev vzdolžnega nosilca. Namestitev nosilca Virendel. Namestitev vmesnih zvarjenih I-nosilcev med stojnami glavnih nosilcev. Namestitev ušes za povezavo na zunanjih straneh glavnih nosilec tirov 1 oz. 4. Namestitev vešalk med zvarjenimi in nosilci in nosilcem Virendel. Vgradnja navojnih palic. Končno pritvje navojnih palic.
Faza 4	<b>Obremenilna preizkušnja</b>

Preglednica 2. Faze izvedbe del.



Slika 9. Statični model novega sistema sidranja.

navojnih palic in ob izvedbi obremenile preizkušnje pa so bile potrebne delne in kompletne zapore prometa, ki so se izvajale v nočnem času.

Končno privitje navojnih palic se je izvedlo ob prisotnosti težke dizelske lokomotive na tiru, kjer se je izvajalo privitje. Pozicija prve osi lokomotive je bila tik nad novim sistemom sidranja. Na ta način se je izničil dvig nosilca zaradi stalne teže prekladne konstrukcije.

## 5 OBREMENILNA PREIZKUŠNJA

Po izvedbi novega sistema sidranja je bila opravljena obremenilna preizkušnja [UM FGPA, 2020] z namenom ugotavljanja ustreznosti delovanja novega sistema sidranja prekladne konstrukcije v krajni opornik. V preglednici 3 je prikazana primerjava med izmerjenimi in računskimi pomiki na sredini vmesnega polja in na mestu sidranja prekladnega nosilca v krajni opornik [Hiša, 2020a]. Do malenkostnega dviga na mestu sidranja, ki ne preseže 0,5 mm, pride zaradi dejanske podajnosti sicer zelo togega sistema sidranja kot celote. Prikazane so tudi napetosti, izmerjenje na vertikalnih nosilca Virendel. Izmerjene vrednosti pomikov in napetosti so manjše od računskih. Boljše je ujemanje med izmerjenimi in računskimi vrednostmi pri pomikih in slabše pri napetostih. Večja razlika med izmerjenimi in računskimi napetostmi (izmerjene so manjše) je posledica modeliranja konstrukcije z linijskim modelom.

Na podlagi zgoraj navedenega lahko zaključimo, da se novi sistem sidranja nadvoza v krajne opornike obnaša v skladu s pričakovanji oziroma tako, kot je bilo z Izvedbenim načrtom sanacije predvideno.

cifikacij, ter omogočanje podaljšanje življenjske dobe konstrukcij, so se izdelala Navodila za obratovanje in vzdrževanje [Hiša, 2020b]. Navodila opredeljujejo vrsto potrebnih pregledov sistema sidranja, način njihovega izvajanja in časovne intervale izvajanja pregledov. Tekoči pregledi se morajo opravljati vsaj enkrat letno, glavni pregledi na vsakih pet let ter izredni pregledi po potrebi. Navodila sledijo Pravilniku o tehničnih predpisih za vzdrževanje jeklenih konstrukcij v času uporabe [UL SFRJ, 1965], ki je sicer pravilnik iz leta 1965, a novejšega v Republiki Sloveniji nimamo. Navodila opozarjajo, da je dodatno posebno pozornost pri pregledih treba nameniti kontroli stanja priključevanja (npr. razpoke v zvarih ali osnovnem materialu) na stojine prekladne konstrukcije nadvoza (slika 6) in kontroli stanja navojnih palic premera 56 mm (slika 7). Navojne palice so najbolj kritičen element novega sistema sidranja glede morebitnih poškodb (npr. razpok osnovnega materiala – navoji), povezanega z utrujanjem materiala.

Pri celotnem masivnem betonskem oporniku je treba kontrolirati morebitne premike v vseh smereh, nagibe, razpoke in druge poškodbe masivnih krajin betonskih opornikov. Preveriti je treba stanje konzolnih nosilcev, sidranih v beton. Dodatno pozornost je treba nameniti površni betonskega opornika (slika 8) v območju sidranja konzolnih nosilcev.

## 7 ZAKLJUČEK

V prispevku prikazana izvedba sanacije sidranja prekladne konstrukcije železniškega nadvoza v krajni opornika je projektirana za življenjsko dobo 50 let. Zasnovana je tako, da omogoča naknadno zamenjavo navojnih palic, ki

	Računski pomik	Izmerjeni pomik	Računske napetosti	Izmerjene napetosti	Izmer./Račun.
	(mm)	(mm)	(kN/cm <sup>2</sup> )	(kN/cm <sup>2</sup> )	
Vertikalni pomik (navzdol) konstrukcije na sredini vmesnega polja	15,4	11,6			0,75
Dvig konstrukcije na mestu sidranja	0,70	0,50			0,71
Normalne natezne napetosti na vertikalnih nosilca Virendel			2,1	0,85	0,41

**Preglednica 3.** Računski in izmerjeni pomiki in napetosti pri obremenilni preizkušnji.

## 6 NAVODILA ZA OBRATOVANJE IN VZDRŽEVANJE

Za potrebe zagotavljanja integritete konstrukcije sistema sidranja, kar pomeni izpolnjevanje varnosti pred porušitvijo, uporabnost in trajnost, skladno z določili spe-

so najbolj kritične, kar se utrujanja materiala tiče. Z obremenilno preizkušnjo se je potrdilo projektno predvideno obnašanje izvedenega sistema sidranja. Izveden sistem sidranja bo zagotavljal ustrezno varnost konstrukcije do konca njegove življenjske dobe oziroma do predvidene poglobitve prometa v bližnji ali daljni prihodnosti in s tem ustrezne nadomestitve konstrukcije nadvoza.



## 8 ZAHVALA

Projektiranje izvedene rešitve je izrazito timsko delo, zato gre zahvala celotni projektantski ekipi (Tomaž, Emil, Rok). Zahvala pa tudi izvajalcu RAFAEL, d. o. o., ki je z doslednim upoštevanjem projektne rešitve in vseh navodil zagotovil uspešno izvedbo.

## 9 LITERATURA

CIP, CIP Saobračajni Institut, Beograd, Elaborat o ispitivanju železničnega mosta na km 566+200 pruge Jesenice-Ljubljana, poročilo o preizkušnji, ŽG Ljubljana TOZD UVP Ljubljana, 1987a.

CIP, CIP Saobračajni Institut, Beograd, Idejni projekat Sanacije železničnega podvoznjaka preko Titove ceste v Ljubljani, projektna dokumentacija, ŽG Ljubljana TOZD UVP Ljubljana, 1987b.

Hiša, Projekt izvedenih del sanacije sidranja železniškega mosta km 566+200, Podvoz Dunajske ceste v Ljubljani, št. načrta 117/19-PID-GK, Hiša d.o.o., Ljubljana, 2020a.

Hiša, Navodila za obratovanje in vzdrževanje, Podvoz Dunajske Ceste, Sanacija sidranja železniškega mostu, km 566+200, rev. 0, Hiša d.o.o., Ljubljana, 2020b.

Igmat, Poročilo o odvzemu, pregledu in tlačnem preskusu izvrtanih preskušancev, Igmat d.d., Ljubljana, številka: 615-POB-20, 2020.

IMK, Poročilo št. 1594/1 o kontroli izdelave in montaže konstrukcij podvozov na Titovi in Celovski cesti v Ljubljani, Inštitut za metalne konstrukcije, Ljubljana, 1962.

IMK, Poročilo o pregledu premostitvenega objekta, Podvoz čez Dunajsko cesto v km 566+200 na progi Ljubljana-Jesenice, Inštitut za metalne konstrukcije, Ljubljana, 2001.

Metalna, Podvoz na Titovi cesti v Ljubljani, Glavni Projekt, MAPA I, II, III, IV, V, Metalna Maribor, 1962a.

Metalna, Podvoz na Titovi cesti v Ljubljani, Dodatek k glavnemu projektu, Metalna Maribor, 1962b.

Razpon, Izvedbeni načrt sanacije sidranja, Podvoz Dunajska v km 565+095 (pravilno v km 566+200), št. načrta P13/2016, Razpon d.o.o., Ljubljana, 2016.

SIST, SIST EN 1993-1-9:2005, Evrokod 3: Projektiranje jeklenih konstrukcij, Del 1.9: Utrujanje, Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 2005a.

SIST, SIST EN 1993-2:2005, Evrokod 3: Projektiranje jeklenih konstrukcij, Del 2: Jekleni mostovi, Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 2005b.

Taras A., Greiner R., Richard, Development and Application of Fatigue Class Catalogue for Riveted Bridge Components, Structural Engineering International, IABSE - International

Association for Bridge and Structural Engineering, Vol.20, 1/2010, Science and Technology, str. 91 do 103, 2010.

TÜV, Poročilo, Vizualni pregled in strokovno mnenje glede potencialnega vzroka pretrga sidra, TÜV SÜD Sava d.o.o., Ljubljana, številka 110416, 2016.

UM FGPA, Poročilo o obremenilni preizkušnji nadvoza na Dunajski cesti v Ljubljani v km 565+095, številka 09-2020-AS, Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo, prometno inženirstvo in arhitekturo, 2020.

UL SFRJ, Pravilnik o tehničnih predpisih za vzdrževanje jeklenih konstrukcij v času uporabe, Uradni list SFRJ št. 6/65, Uradni list Socialistične Federativne Republike Jugoslavije, 1965.

ZAG, Poročilo št. P 1445/09-610-20 o pregledu nadvoza preko Dunajske v Ljubljani na progi Ljubljana-Sežana d.m. v km 566+200, Zavod za gradbeništvo, Ljubljana, 2010.

ZRMK, Dopolnilo k poročilu in oceni stanje jeklene armature in ostale kovinske konstrukcije železniškega nadvoza na TITOVI CESTI, Zavod za raziskavo materiala in konstrukcij, Ljubljana, 1987.



## 42. ZBOROVANJE GRADBENIH KONSTRUKTORJEV SLOVENIJE

Po dvanajstih letih smo se gradbeni konstruktorji Slovenije ponovno zbrali v Rogaški Slatini, tokrat že na 42. zborovanju. Na dvodnevno srečanje, ki je potekalo 7. in 8. oktobra, se je prijavilo rekordnih 220 inženirjev, v veliki večini prav v zadnjih dneh pred dogodkom. Organizacijski odbor se je zato soočil z neljubo situacijo, saj je število prijavljenih preseгло zmogljivosti hotela, ki je poskrbel za gostinske storitve. S težkim srcem smo bili primorani zapreti prijave, s tem pa smo nekaterim inženirjem onemogočili sodelovanje na dogodku. Izvedba dogodka je potekala ob spoštovanju ukrepov za varovanje zdravja. Ob tej priložnosti se organizacijski odbor zborovanja zahvaljuje udeležencem za vzorno sodelovanje. Veliko število prijavljenih pa kaže, da je zborovanje gradbenih konstruktorjev ostalo pomemben strokovni in družabni dogodek. Vabilu sta se odzvala

tudi predstavnika srbskega društva gradbenih konstruktorjev. Letos sta bili predstavljeni dve vabljeni predavanji, sedemnajst strokovnih in petnajst znanstvenih referatov, kjer so slednje recenzirali člani znanstvenega odbora zborovanja. Žal sta zaradi bolezni odpadli dve predstavitvi v zborniku objavljenih prispevkov. Zborovanje je uvrščeno v program poklicnega izobraževanja, s čimer so pooblaščen inženirji za udeležbo na zborovanju pridobili pet kreditnih točk pri IZS. Zborovanje je otvoril predsednik SDGK doc. dr. Jože Lopatič, sledil je nagovor župana občine Rogaška Slatina in stanovskega kolega mag. Branka Kidriča s hudomušno noto, predsednik matične sekcije gradbenikov pri IZS Andrej Pogačnika, univ. dipl. inž. grad., pa je v svojem nagovoru izpostavil pomanjkanje strokovnega kadra in enotne baze popisa del v gradbeništvu, ki je pomem-



ben projekt IZS. Udeležence je v imenu Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani nagovorila dekanja prof. dr. Violeta Bokan Bosiljkov, ki je izpostavila širši pomen zborovanja, g. Matko Mioč pa je udeležence pozdravil v imenu zlatega pokrovitelja podjetja Baldini studio, d. o. o.

Prvo vabljenno predavanje z naslovom Gradnja mostu Pelješac je predstavil v mednarodnem prostoru odlično uveljavljeni projektant Marjan Pipenbaher, univ. dipl. inž. grad. Projekt je bil izredno zahteven tako s projektantskega kot tehnološko-izvedbenega vidika. Poleg strokovnih tematik je inženir Pipenbaher predstavil tudi izzive pri sodelovanju različnih kultur, saj so bili konstrukcijski deli mostu izdelani na Kitajskem, most pa so gradila kitajska podjetja v sodelovanju s slovenskimi in hrvaškimi projektanti. Dobro pripravljen in izveden projekt, v katerem je bila po zaključku gradnje pri naročniku celotna ekipa deležna posebne zahvale, so spremljale tudi raznolike vremenske razmere in oteženo delo zaradi koronavirusne situacije. Drugo vabljenno predavanje je imela prof. dr. Tatjana Isakovič z UL FGC, ki je inženirje seznanila s spremembami, ki jih prinaša nova generacija standardov Evrokod s posebnim poudarkom na standardu za projektiranje potresnoodpornih konstrukcij. Bistvene novosti, ki jih prinašajo novi standardi, so vpeljava nelinearnih metod za analizo konstrukcij v splošno uporabo, večja transparentnost in poenostavitev uporabe ter medsebojna usklajenost standardov. Po novem se prvi del Evrokoda 8, ki obravnava projektiranje potresnoodpornih stavb, razdeli v dva obsežna dela, kjer so v prvem delu podrobno podana navodila za analizo, v drugem delu pa navodila za izpolnjevanje zahtev načrtovanja nosilnosti za konstrukcije iz različnih materialov, ki so bolj dorečena, a tudi obsežnej-

ša in prinašajo veliko novosti. Tematsko pestri referati so bili razvrščeni v naslednje sklope: Konstrukcije, Mostovi, Potresno inženirstvo, Lesene konstrukcije, Numerična in eksperimentalna analiza konstrukcij, Optimizacija gradbenih konstrukcij, Gradbeni materiali in Zgodovina konstrukcij. V ospredju so bile lesene konstrukcije, predstavljene v različnih sklopih. Pri tem smo izvedeli podrobnosti o projektiranju in gradnji največjega lesenega objekta v Sloveniji, novih eksperimentalno podprtih idejah uporabe lesa v gradbeništvu, optimalni zasnovi lesenih stropov in o patentirani slovenski leseni masivni križno mozničeni večslojni plošči brez uporabe lepil. Predstavljeni so bili še izvedbeno zahtevni projekti, uporaba novih tehnologij optičnega zajema podatkov, ki postaja čedalje bolj uporabljana metoda tudi v praksi in ne le v akademski sferi, preiskave na variantah sanacije kamnitih in opečnih zidov in uporaba novih metod pri analizi konstrukcij ali njenih delov. Po zaključku uradnega dela prvega dne zborovanja smo strokovne in druge zanimive razprave nadaljevali ob svečani večerji v znameniti Kristalni dvorani Grand hotela Rogaška.

42. zborovanja ne bi bilo brez udeležencev, avtorjev kakovostnih in zanimivih prispevkov, vestnih recenzentov in seveda številnih sponzorjev. SDGK se vsem ponovno zahvaljuje, da skupaj ohranjamo pomemben slovenski strokovni dogodek. Upamo, da je zborovanje izpolnilo pričakovanja udeležencev in da se naslednje leto ponovno srečamo.

izr. prof. dr. Primož Može  
doc. dr. Jože Lopatič

Fotografiji: Edo Wallner





## 13. mednarodna konferenca o predorih in podzemnih objektih

ITA Slovenija – Slovensko društvo za podzemne gradnje (SDPG) je med 17. in 19. novembrom organiziralo mednarodno konferenco, na kateri se je sestalo 170 strokovnjakov, inženirjev in študentov gradbeništva.

Program je obsegal delavnico, konferenco in ekskurzijo. Delavnica in konferenca sta potekali v hotelu Four Points by Sheraton, Mons Ljubljana, v okviru strokovne ekskurzije pa so si udeleženci ogledali gradbišče drugega tira Divača–Koper.

Ob otvoritvi delavnice sta navzoče nagovorila Marko Žibert, predstavnik ITA Slovenija – SDPG, in prof. dr. Violeta Bokan Bosiljkov, dekanja Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani (UL FGG), ki sta z navzočimi delila spodbudne misli ter udeležencem zaželela uspešno konferenco (slika 1).



**Slika 1.** Uvodni nagovor prof. dr. Violete Bokan Bosiljkov, dekanje UL FGG.

V nadaljevanju so se zvrstila predavanja domačih in tujih strokovnjakov, ki so bila razdeljena v tri sklope.

Alun Thomas je predaval o uporabi mikroarmiranih brizganih betonov, Wolfgang Aldrian pa je razložil, kako lahko z uporabo novih tehnologij zmanjšamo porabo brizganega betona in s tem zmanjšamo ogljične emisije.

Na okrogli mizi so svoje razmisleke soočili projektanti, izvajalci, naročniki in nadzorniki gradbenih projektov in se strinjali, da je prihodnost gradbeništva v vpeljavi digitalnih orodij in uporabi trajnostnih materialov.

Naslednji dan sta konferenco z uvodnima nagovoroma odprla predsednik ITA Slovenija – SDPG Angelo Žigon in državni sekretar z Ministrstva za infrastrukturo Aleš Mihelič. V imenu Inženirske zbornice Slovenije je zbrane pozdravil predsednik matične sekcije gradbenih inženirjev Andrej Pogačnik. Uvodno predavanje o poteku gradnje drugega tira Divača–Koper je predstavil generalni direktor ZTDK Pavle Hevka (slika 2).

Nato so se na odru zvrstili še tuji in domači strokovnjaki, ki so predstavili raznolikost pristopov projektiranja, možnosti upo-



**Slika 2.** Uvodno predavanje Pavla Hevke o drugem tiru Divača–Koper.

rabe parametričnih BIM-modelov ter predstavili izzive, ki so se pojavljali pri projektiranju drugega tira Divača–Koper in predora Karavanke.

Sklopi predavanj so se zaključili z okroglo mizo na temo investicij in gradnje infrastrukturnih objektov, na kateri so svoje poglede in izkušnje delili državni sekretar Aleš Mihelič z Mi-



**Slika 3.** Okrogla miza o investicijah in gradnji infrastrukturnih objektov (od leve proti desni Aleš Mihelič, Boštjan Rigler, mag. Dejan Jurkovič, Pavle Hevka, Kristjan Mugerli in Angelo Žigon).

nistrstva za infrastrukturo, Boštjan Rigler, član uprave DARS, odgovoren za gradnjo in obnovo avtocest, mag. Dejan Jurkovič z Direkcije Republike Slovenije za infrastrukturo, Pavle Hevka, generalni direktor 2TDK, Kristjan Mugerli, direktor Kolektor CPG, in Angelo Žigon, predsednik ITA Slovenije – SDPG in direktor Elea iC (slika 3).

Po zaključku strokovnega dela je v dvorani prevladoval optimizem. V dveh dneh so predavatelji dokazali, da je v gradbeništvu digitalizacija že del vsakdana, trajnostno delovanje pa prioriteta vseh.

Tridnevno dogajanje se je zaključilo z ogledom gradbišča drugega tira Divača–Koper in sprehodom po gradbišču portalov predorov T1 Divača in T8 Koper. Projekt in potek gradnje so predstavili Peter Jemec, Elea iC, dr. Vojkan Jovičič, Irgo consulting, in Simon Avsec, Kolektor (slika 4).

Fotografije: Boštjan Podlogar



**Slika 4.** Ekскурzija: ogled gradbišča drugi tir Divača–Koper.





Slovensko združenje za trajnostno gradnjo

## 6. konferenca trajnostne gradnje

30. september 2021

V Ljubljani, 26. oktobra 2021: Slovensko združenje za trajnostno gradnjo GBC Slovenija je konec septembra organiziralo 6. konferenco trajnostne gradnje, ki jo je spremljalo več kot 130 udeležencev inženirske in arhitekturne stroke s področja gradbeništva in urejanja prostora ter drugih strokovnjakov, ki so upravljavsko, okoljsko in ekonomsko vpeti v trajnostno gradnjo. Dobro udeležbo je omogočala hibridna izvedba dogodka, ki je v živo potekal v prostorih JUB Akademije v Dolu pri Ljubljani, večina udeležencev pa je zanimiva predavanja spremljala prek spleta. Osrednja tema je bila kakovost bivanja v stavbah in ključni dejavniki, ki vplivajo nanjo, s poudarkom na kakovosti notranjega zraka, pomembnosti prezračevanja ter toplotnem udobju, ki ga zagotavlja ustrezna zunanja in toplotna izolacija. Pozornost so posvetili tudi prednostim aktivnih notranjih nanosov v funkciji varovanja zdravja, zelenim streham ter drugim trajnostnim rešitvam, ki se že uveljavljajo pri sodobni gradnji stavb.

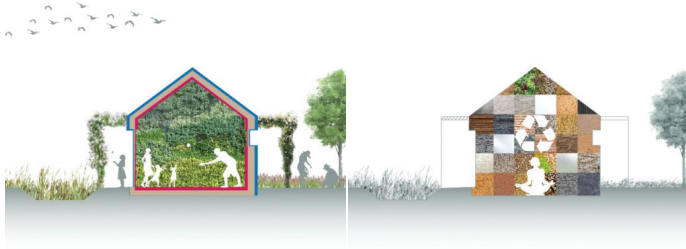
Dr. Iztok Kamenski, predsednik UO združenja, poudarja, da smo na dejavnike, ki zagotavljajo kakovostno udobje bivanja, postali bolj pozorni šele v času spremenjenih razmer,

ki nam jih je prinesla aktualna zdravstvena epidemija. »Ob toplotnem, akustičnem in vizualnem udobju je za bivanje v prostorih, kjer preživimo večino časa, izjemno pomembna kakovost notranjega zraka. Šele zdaj nam v zavest prihaja nujnost učinkovitega prezračevanja prostorov, saj tveganje za prenos okužb predstavlja prav zadrževanje ljudi v zaprtih in neustrezno prezračevanih prostorih. Zrak v zaprtih prostorih v stanovanjskih, poslovnih in javnih stavbah je lahko kar do 5-krat bolj onesnažen od zunanjega zraka. Na njegovo kakovost vplivajo tudi vgrajeni gradbeni materiali in nanosi barv in premazov, s katerimi osvežujemo prostore. Da imajo rastline v zunanjem in notranjem okolju pozitiven vpliv na zdravje in počutje ljudi, so pokazale številne raziskave, hkrati pa rešitve z zelenimi strehami prispevajo še k reševanju pregrevanja ozračja v urbanih okoljih. Med proizvajalci, ki z razvojem novih izdelkov iščejo trajnostne rešitve, so tudi tisti, ki so ob varstvu okolja v ospredje postavili tudi varnost in zdravje izvajalcev zaključnih del v gradbeništvu. Kazalniki nas pri gradnji stavb usmerjajo v drugačno razumevanje bivanja, ki v ospredje postavlja zdravo bivanje in zadovoljstvo uporabnika. Veseli nas, da smo letos k sodelovanju pritegnili predavatelje, ki so nam vsak s svojega strokovnega področja ponudili podlage za boljše razumevanje obravnavanih tem ali pa predstavili svoje vidne trajnostne rešitve na področju gradnje stavb. Nadejamo se, da bodo uporabniki prisluhnili njihovim in našim priporočilom in da bo trajnostni vidik pri gradnji stavb postal stalnica.«

Po podatkih Svetovne zdravstvene organizacije je skoraj v tretjini zgrajenih stavb okolje za bivanje nezdravo, pri nas je taka vsaka četrta. S sindromom bolnih stavb, novih, starih ali prenovljenih, so povezani številni zdravstveni problemi ljudi, ki v njih bivajo. Nepojasnjeno slabo počutje, ki se pri posameznikih izraža različno, lahko povzročajo neprimerni materiali, prezračevalni sistemi, neprimerna osvetljenost in drugi fizikalni, kemijski, biološki in psihološki dejavniki. Vzrok slabšanja stanja je izključno posledica prisotnosti onesnaževal v zaprtih prostorih, ki povzročajo slabo kakovost zraka. Ključni parametri so visoka vlaga, visoka koncentracija CO<sub>2</sub> zaradi neustreznega zračenja,



prisotnost hlapnih organskih snovi (HOS) in drugih toksičnih snovi, kot je formaldehid, ki jih v prostore vnašamo tudi z novim pohištvom ali talnimi oblogami, ter biološki dejavniki, kot so plesni, ki toksine izločajo skozi svoje spore. Teh težav se moramo zavedati in znati tudi primerno ukrepati.



**Fotografiji - vir.** <http://architecture-bynature.com/design-principles/>

Pri določanju potrebne količine zraka za prezračevanje je treba glede na vir onesnažila ali namembnost prostora upoštevati število izmenjav zraka, število ljudi v prostorih in tudi mejne koncentracije onesnažil. Razlikovati je treba med intenzivnostjo (pogostostjo) in učinkovitostjo prezračevanja (z odstranjevanjem onesnaževal), saj je slednja za izboljšanje kakovosti zraka za nas bolj relevantna. Slab zrak v prostoru izboljšujemo z naravnim ali mehanskim prezračevanjem (redno odpiramo okna in vgrajujemo zasilne prezračevalne naprave) ali pa s filtriranjem prostorskega zraka. Z dovajanjem svežega zraka v prostor poskrbimo za njegovo obnavljanje in za odstranjevanje onesnažil. Epidemija koronavirusa je tudi vzrok, da moramo prostore prezračevati bolj, kot to predpisujejo minimalne vrednosti. Eden glavnih krivcev za širjenje okužb so aerosoli, ki vztrajajo v zraku več ur in v nasprotju s kapljicami okužujejo v večjih razdaljah. Da bi dosegli večjo učinkovitost izmenjave zraka in povečali učinkovitost prezračevanja notranjih prostorov je zdaj treba v šolah, domovih za starejše občane, muzejih, gledališčih, restavracijah ali uradih zagotoviti vtok 10 l/s zunanega zraka na osebo oz. 36 m<sup>3</sup>/h za vsakega uporabnika. Z izmenjavo zraka pa trošimo tudi energijo, ki je potrebna za gretje ali hlajenje prostorov ali pa za vlaženje zraka. Rešitve ponuja kontrolirana intenzivnost prezračevanja, vračanje toplote in vlage odpadnega zraka ter uporaba učinkovitih prezračevalnih sistemov. Trajne rešitve, ki pri spreminjanju kakovosti zraka v zaprtih prostorih združujejo varčevanje z energijo in varovanje zdravja, je mogoče doseči le s pravilnim načrtovanjem, izbiro, vgradnjo in uporabo ustrezne opreme. Dilema varčevati z energijo ali varovati zdravje, danes ne bi smela biti predmet razprav. Med začasnimi ukrepi ima varovanje zdravja brezpogojno prednost, pri trajnih rešitvah pa je treba upoštevati oboje. Spopad z nečistim zrakom, ki nam ga je v zavest prinesel koronavirus, bo imel v prihodnje velik vpliv tudi na sektor gradbeništva. Tako kot se je spremenil odnos do pitne vode, se bo spremenil tudi naš odnos do zraka v bivalnih prostorih, kar bodo upoštevali tudi novi standardi čistoče zraka.

Stavbe so izpostavljene tako zunanjim vplivom kot tudi notranjim obremenitvam, in to neposredno prek zunanega ovoja objekta. Seveda imajo na to vpliv tudi vgrajeni materiali. Pri projektiranju stavb morajo snovalci upoštevati več kriterijev.

Objekt mora biti kakovostno toplotno izoliran, streha in vgrajena okna morajo zagotavljati zrakotesnost in učinkovito zaščito pred zunanjim vplivi.



Za doseganje ustrezne kakovosti toplotnega ugodja in kakovosti notranjega zraka so na voljo številne preverjene tehnične rešitve z uporabo trajnostnih gradbenih materialov, tako za fasade, strehe, stavbno pohištvo in izolacijo vkopanih sten. Toplotno ugodje je tesno povezano z relativno vlažnostjo v prostoru, ki jo ustvarja nižja ali višja temperatura. Dosegamo ga tudi z ustreznim ogrevanjem, kar danes pri novih stavbah prvenstveno rešuje skoraj ničenergijska pasivna gradnja, pri obstoječih stavbah pa ustrezna izolacija ovoja stavbe. Drugi pomembni dejavnik, ki direktno vpliva na kakovost notranjega ugodja in notranjega zraka, je pojav kondenzacije zaradi neizoliranega ovoja in pojava toplotnih mostov. Biološke onesnaževalce, kot so plesni, ki prav tako vplivajo na kakovost notranjega zraka, je treba s sanacijami ob uporabi ustreznih gradbenih materialov čim prej odpraviti. Bivanje v vlažnih prostorih, kjer se pojavlja plesen, povečuje tveganja za boleznih dihal kar za 40 %. V stavbah je zato treba zagotoviti optimalne razmere in poskrbeti za dotok dodatnega zraka ali za odvajanje odvečne vlage iz objekta.

Vse več mest po svetu svoje strategije za prihodnji razvoj usmerja k povečevanju deleža zelene urbane infrastrukture, kar vključuje ozelenjevanje fasad in streh ter parkovne ureditve. Zelene strehe so ljudje do nedavnega uporabljali kot dodatne estetske in koristne uporabne površine, zdaj pa z zmanjšanjem učinka toplotnih otokov postajajo vse bolj pomembne tudi zaradi dejanskih in številnih pozitivnih učinkov na celotno urbano okolje. V Sloveniji razvite hitro ozelenitvene sisteme je mogoče uporabiti za ravne in poševne zelene strehe ter za ozelenitev fasad, kot trajnostni in naravni izdelek pa so cenjeni tako v Evropi kot drugod po svetu.

Velik vpliv na uporabnike in njihovo produktivnost ima tudi odmerjena količina dnevne svetlobe v prostoru. Vizualno udobje





ustvarjata tako naravna kot primerna umetna razsvetljava, pri čemer je prednost dana naravni osvetlitvi prostorov. Za ustrezno akustično udobje v stavbah je treba reševati vplive hrupa iz različnih virov. S hrupom ima po podatkih WHO težave kar polovica evropske populacije. V prostorih je treba vzpostaviti ustrezno prostorsko akustiko z notranjo izolacijo zvoka in pri tem upoštevati še vse vgrajene inštalacije, ki ga povzročajo.



Načinov zaščite stenskih površin za preprečevanje onesnaženja notranjih prostorov je več. Za preprečevanje prenosa okužb je mogoče uporabiti dezinfekcijska sredstva, namenske izdelke ali pa se zaščititi gradbeni material. Proizvodnja barv in premazov je podvržena vse bolj ostrim evropskim zakonodajni, direk-

ti in uredbam na področju kemikalij, ki za skupine izdelkov predpisujejo tudi omejitve vsebnosti alergenov in hlapnih organskih spojin, ki se z materiali sproščajo v prostor. Pridobljeni certifikati na podlagi meritev vplivov izdelkov na zdravje uporabnikov so tudi osnova za označevanje izdelkov. Uporabniki imajo tako pri svojih odločitvah, katere izdelke bodo vgradili ali uporabili v svojih domovih, na voljo že vrsto uporabnih informacij, ki jim lahko izdatno pomagajo pri izbiri kakovostnih in trajnostnih izdelkov. Na trgu so uporabnikom že na voljo aktivne notranje zidne barve, ki s skrbno izbranimi surovinami že izpolnjujejo višje standarde od predpisanih. Uporabniki si z njimi in s primerno kombinacijo barvnih odtenkov v prostoru ustvarijo ugodno klimo ter tako poskrbijo za svoje prijetno bivanje.

V skrbi za zdravje profesionalnih izvajalcev zaključnih del v gradbeništvu in varovanju njihovega delovnega okolja so na tržišču že na voljo tudi najsodobnejše naprave s HEA-tehnologijo, ki omogočajo hitro, kakovostno in učinkovito brizganje različnih vrst materialov pod bistveno nižjim tlakom na zunanje in notranje površine. Na drugi strani se razvoju novih in okolju prijaznih izdelkov posvečajo tudi proizvajalci v industriji aluminija, ki z recikliranimi materiali z manj emisijami CO<sub>2</sub> izboljšujejo ekološko ravnovesje materialov in stavb in s pravočasnim prilagajanjem gradbenemu sektorju pomagajo uresničevati evropske trajnostne cilje.

Predavanja na 6. konferenci trajnostne gradnje so prispevali **izr. prof. dr. Mitja Prek** s Fakultete za strojništvo Univerze v Ljubljani, **dr. Marina Bagarić** z Gradbene fakultete Univerze v Zagrebu (na povabilo družbe Wienerberger Slovenija), **dr. Dušan Keber**, strokovnjak s področja medicinskih znanosti, **Mitja Valenčič**, neodvisni energetski strokovnjak, **dr. Janez Orehek**, **Laura Učakar** in **mag. Jelka Slatinšek** iz družbe JUB, **Domen Ivanšek**, **u.d.i.g.**, iz družbe Knauf Insulation, **Primož Lovše** iz podjetja Wagner in **Sašo Koletnik** iz podjetja Wicona.

Kratki povzetki vsebin njihovih predavanj so na voljo na [www.gbc-slovenia.si](http://www.gbc-slovenia.si).

Fotografije: arhiv GBC, Knauf Insulation in JUB



# SKUPŠČINA ZVEZE DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE (ZDGITS)

15. oktobra 2021 je ZDGITS opravil svojo redno letno skupščino. Tokrat smo se dobili v Novem mestu, v prostorih družbe ADRIA MOBIL, d. o. o., ki se je prijazno odzvala naši prošnji in dogodek gostila. Izvršni direktor industrijskega področja podjetja g. Matjaž Marovt nam je v uvodnem predavanju predstavil razvojno pot družbe in njihove glavne produkte, po opravljeni skupščini pa nas je popeljal tudi na ogled njihovega proizvodnega programa.

Osnovni namen skupščine je bil oceniti delo ZDGITS v letu 2020, sprejeti in potrditi bilanco z izkazom poslovnega izida, načrtovati nadaljnjo strategijo delovanja, razrešiti stare in izvoliti nove organe ter podeliti priznanja z nazivoma zaslužni član ZDGITS in častni član ZDGITS. Predstavniki ZDGITS so prisotne seznanili z aktivnostmi in finančnim poslovanjem v preteklem letu. Vse osnovne dejavnosti so bile uspešno izpeljane, delovanje je potekalo v skladu s planom. Glavno spremembo je doživelo uredništvo Gradbenega vestnika, in sicer se je z mesta glavnega in odgovornega urednika revije po dobrih 20 letih poslovil prof. dr. Janez Duhovnik. Funkcijo urednika revije je prevzel 15. decembra leta 1999 in jo 1. avgusta 2020 predal nasledniku, izr. prof. dr. Sebastjanu Bratini. Kljub spremembi je Gradbeni vestnik redno in nemoteno izhajal. Izšlo je 12 enojnih števil s skupnim številom 348 notranjih strani in 48 strani na ovitkih ali povprečno 29 notranjih strani in 4 strani na ovitku na številko. Povprečna mesečna naklada je bila 458 izvodov. Iz letnega poročila glavnega in odgovornega urednika je razvidno, da je bilo v celotnem letniku objavljenih 28 člankov, od tega 18 člankov s pretežno znanstveno vsebino in 10 člankov s pretežno strokovno vsebino, v skupnem obsegu 79 avtorskih pol. Znanstveni članki so zajemali naslednja področja gradbeništva: gradiva, analizo konstrukcij, potresno in požarno inženirstvo, zgodovino gradbeništva, gradbeno informatiko in okoljsko gradbeništvo. En prispevek pa je bil s področja fotogrametrije. V večini strokovnih člankov so bile predstavljene gradnje aktualnih objektov in opisane strokovne rešitve. Na naslovnih straneh so bile slike z gradbišč in slike zanimivih že zgrajenih objektov. V reviji so objavljali avtorji z domačih univerz, iz domačih raziskovalnih organizacij, do-

mačih projektivnih organizacij in domačih izvajalskih podjetij. Vsi strokovni in znanstveni članki so bili recenzirani. Pri recenzijah je sodelovalo 24 recenzentov. Poleg člankov sta v reviji stalni rubriki Koledar strokovnih prireditev ter Novi diplomanti. V slednji so mesečno objavljeni novi diplomanti UL FGG in UM FGPA. V reviji je bilo objavljenih tudi šest poročil s strokovnih srečanj oziroma delavnic, nekaj zapisov ob jubilejih posameznikov in ustanov, dve obvestili ZDGITS, nekaj uvodnikov ter nekrolog in manifest.

Redno izhajanje revije omogočata sodelovanje in finančna podpora dolgoletnih partnerjev Zveze: Javne agencije Republike Slovenije za raziskovalno dejavnost, Zavoda za gradbeništvo Slovenije, Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani, Fakultete za gradbeništvo, prometno inženirstvo in arhitekturo Univerze v Mariboru ter še posebej Matične sekcije gradbenih inženirjev Inženirske zbornice Slovenije (MSG IZS), s katero Zveza tesno sodeluje tudi pri izvajanju pripravljanih seminarjev za strokovne izpite.

Skladno z letnim načrtom je bila opravljena tudi druga osnovna dejavnost ZDGITS, organizacija pripravljanih seminarjev za strokovne izpite za gradbeno stroko. Izpeljani so bili trije seminarji, in sicer po programih za pooblaščenega inženirja in pooblaščenega vodjo del, udeležilo se jih je 148 kandidatov. Predavali so pooblaščeni strokovnjaki IZS, ki so pri IZS tudi člani izpitne komisije za opravljanje strokovnih izpitov.

Organi ZDGITS so se v letu 2020 v večjem delu sestajali po telekomunikacijskih sredstvih, in sicer tako, kot določa Statut; vsi organi ZDGITS so bili po telekomunikacijskih zvezah redno seznanjeni z vsemi pomembnimi podatki in pojasnili, ki jih potrebujejo pri svojem delu. Poleg pregleda poslovanja in izvajanja programa ZDGITS so odbori na svojih sejah obravnavali še vsakokratno aktualno problematiko.

ZDGITS je v letu 2020 nadaljeval sodelovanje z MSG IZS pri izdajanju strokovno znanstvene revije Gradbeni vestnik, pri pripravi pripravljanih seminarjev za strokovni izpit za gradbeno stroko ter pri izvedbi izobraževanj v skladu s Splošnim aktom o stalnem poklicnem usposabljanju pooblaščenih in-



ženirjev, ki je vezan na poklicno zakonodajo (ZAJD). V okviru slednjega sta bila izpeljana dva strokovna dogodka:

- 30. 1. 2020 strokovni posvet z gostujočimi tujimi predavatelji z naslovom »Slovenija prihodnosti v luči podnebnih sprememb – je zadrževanje vode nuja ali možnost v procesu prilagajanja podnebnim spremembam«. Posvet je bil opravljen pod okriljem Državnega sveta RS in v soorganizaciji z društvom SLOCOLD ter Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani (UL FGG). Na posvetu so predavali: prof. dr. Matjaž Mikoš, tedanji dekan UL FGG; prof. dr. Gerald Zenz, predsednik ATCOLD in podpredsednik ICOLD; Guido Maza, RSE; Giovanni Ruggeri, predsednik ITCOLD; prof. dr. Ljupčo Petkovski, predsednik MACOLD; dr. Nataša Smolar Žvanut, DRSV; dr. Mitja Bricelj, koordinator TSC 3 EUSAIR; dr. Lučka Kajfež Bogataj, Biotehniška fakulteta, članica Medvladnega foruma za spremembe podnebja v Ženevi; mag. Zoran Stojčić, Geateh, vodja skupine za pripravo strateškega akcijskega plana za Drino pri UN; prof. dr. Miran Veselič, NFT. Posvet so vodili in povezovali državni svetnik Srečko Ocvirk, predsednica SLOCOLD Nina Humar in predsednik ZDGITS izr. prof. dr. Andrej Kryžanowski.
- 4. 12. 2020 spletni mednarodni strokovni posvet z naslovom »Zadrževalniki – aktivni ukrep v prilagoditvi podnebnim spremembam«. Posvet je bil organiziran v partnerstvu z društvom SLOCOLD.

Med drugimi dejavnostmi ZDGITS v letu 2020 izstopa pomoč obstoječim članskim društvom pri njihovem delovanju ter spodbujanje medsebojnega povezovanja kakor tudi sodelovanje s sorodnimi strokovnimi zvezami znotraj Slovenske inženirske zveze (SIZ), katere članica je. Nadaljevalo se je z gledno sodelovanje ZDGITS s Hrvaško zvezo gradbenih inženirjev (HSGI) ter z uredništvu strokovnih revij Građevinski materiali i konstrukcije (Društvo za ispitivanje i istraživanje materiala i konstrukcije Srbije) in Organization, Technology and Management in Construction (An International Journal, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Zavod za organizacijo i ekonomiku građenja).

Na skupščini sta bila sprejeta tudi programa aktivnosti za leti 2021 in 2022 ter finančni načrt za leto 2021. ZDGITS v letih 2021 in 2022 načrtuje: izdajo dvanajstih številčk Gradbenega vestnika letno, izvedbo treh seminarjev za strokovne izpite za gradbeno stroko letno, sodelovanje z MSG IZS pri izdajanju Gradbenega vestnika in izvedbi pripravljanih seminarjev za strokovne izpite, sodelovanje z MSG IZS pri izvedbi izobraževanj v skladu s Splošnim aktom o stalnem poklicnem usposabljanju pooblaščenih inženirjev, pripravo vloge in vse ustrezne dokumentacije za uvrstitev strokovno znanstvene publikacije Gradbeni vestnik v mednarodno bibliografsko bazo podatkov SCOPUS, postavitev angleške spletne strani ZDGITS in Gradbenega vestnika, aktivnosti v zvezi s pridobitvijo novih sorodnih društev za članstvo v ZDGITS, pomoč pri delovanju obstoječih društev in spodbujanje sodelovanja med društvi, sodelovanje s sorodnimi strokovnimi zvezami in društvi v okviru SIZ v skupnih pobudah in akcijah za promocijo vloge inženirstva v gospodarskem razvoju države, sodelovanje z Državnim svetom RS pri organizaciji posvetov, povezanih z gospodarskim razvojem države ter vključevanjem v procese urejanja razmer na področju gradbeništva, priprave

in počastitev 70. obletnice delovanja ZDGITS, spremljanje in sodelovanje na javnih razpisih za NVO, sodelovanje s Hrvaško zvezo gradbenih inženirjev (HSGI) na področjih, ki jih določa sporazum o medsebojnem sodelovanju, nadaljevanje sodelovanja in izmenjave revij z nekaterimi uredništvami iz tujine (Društvo za ispitivanje i istraživanje materiala i konstrukcije Srbije, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet).

V zaključni razpravi sta predstavnika DGIT Novo mesto, Jože Preskar in Slavko Mesojedec, izrekla priznanje vodstvu ZDGITS, ki je v letu 2020 delovanje ZDGITS dobro prilagodilo omejitvam, ki jih je prineslo nestabilno epidemiološko stanje v državi. Kljub spremenjenim pogojem poslovanja je ZDGITS uspešno opravil vse planirane dejavnosti ter leto tudi s finančnega vidika zaključil pozitivno. Predstavnica DGIT Celje Marija Rataj se je dotaknila problematike nenaklonjenosti delodajalcev (predvsem izvajalskih gradbenih podjetij) do udejstvovanja njihovih zaposlenih v društvenih izobraževalnih dejavnostih, ki so organizirane v okviru delovnega časa. Dodatno strokovno izobraževanje je oteženo zlasti mladim, ki še nimajo opravljenega strokovnega izpita in zato zakonsko niso obvezani dodatnemu poklicnemu usposabljanju na svojem strokovnem področju. Predstavniki ZDGITS so se zato zavezali, da se bodo povezali z IZS in predlagali skupni apel gradbenim podjetjem, da bi ta svojim zaposlenim strokovnjakom omogočala, če že ne spodbujala sodelovanje in udejstvovanje v stanovskih društvih.

V nadaljevanju je skupščina razrešila stare in izvolila nove člane organov ZDGITS. Novoizvoljeni člani so:

Predsednik: **izr. prof. dr. Andrej Kryžanowski**  
Podpredsednica: **Marija Rataj**

Člani izvršnega odbora: **doc. dr. Jože Lopatič, Alenka Es, Stipan Mudražija, Mladen Kutnjak, Marko Bebar, Jožef Preskar, Nina Humar, Slavko Mesojedec, Miro Vrbek, prof. dr. Milenko Roš**

Člani nadzornega odbora: **Bojan Čelofiga, Igor Gorjup, Marjeta Saje Lukšič, Roman Kramer**

Člani častnega razsodišča: **Milka Leskošek, Jože Barič, Jurček Kristovič, dr. Drago Saje, Janja Divjak**

V sklepnem delu je skupščina podelila priznanja z nazivom zaslužni član ZDGITS in častni član ZDGITS.

Priznanje zaslužni član ZDGITS za požrtvovalno in uspešno društveno delo so prejeli: **Marija Rataj** (DGIT Celje), **Pavle Jenič** (DGIT Novo mesto) in podjetje **GPI TEHNIKA, d. o. o.** (DGIT Novo mesto).

Priznanje z nazivom častni član ZDGITS za dragoceno dolgoletno sodelovanje pri izvajanju programa ZDGITS pa je prejel: **Gorazd Tomljanovič** (DGIT Novo mesto).

Vsem novoizvoljenim članom organov ZDGITS in nagrajenem iz srca čestitamo.

Povzela: **Eva Okorn**, poslovna sekretarka ZDGITS



**Slika 1.** Uvodno predavanje izvršnega direktorja industrijskega področja družbe Adria Mobil, d. o. o., g. Matjaža Marovta, o razvoju in proizvodnem programu družbe. Predavanju je sledilo zasedanje skupščine. Foto: Gorazd Tomljanovič



**Slika 2.** Oglad Velodroma v Češči vasi. Od leve proti desni: Gorazd Tomljanovič, Pavel Jenič, Metka Somrak, Natalija Eršte, Marija Rataj, dr. Andrej Kryžanowski, Marjeta Saje Lukšič, dr. Milenko Roš, Eva Okorn, dr. Sebastjan Bratina, Jože Preskar, Marko Bebar in dr. Jože Lopatič. Foto: Slavko Mesojedec

# PRIPRAVLJALNI SEMINARJI IN IZPITNI ROKI ZA STROKOVNE IZPITE ZA GRADBENO STROKO V LETU 2022

SEMINAR	IZPIT
14. - 16. 02. 2022	22. 03. in 23. 03. (po potrebi še 24., 28., 29.)
11. - 13. 04. 2022	23. 05. in 24. 05. (po potrebi še 26., 30., 31.)
	25.10. - dodatni rok za kandidate s pridobljeno (predbolonjsko) izobrazbo dipl. inž., ki v skladu z 58. členom ZAID velja le do 18.11.2022.
10. - 12. 10. 2022	22. 11. in 23. 11. (po potrebi še 24., 28., 29.)

## A. PRIPRAVLJALNI SEMINARJI:

Seminarje organizira **Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije (ZDGITS), Karlovska cesta 3, 1000 Ljubljana**:

Telefon: (01) 52-40-200; e-naslov: gradb.zveza@siol.net; gradbeni.vestnik@siol.net.

**Uradne ure:** od ponedeljka do četrтка od 09.00 do 14.00 ure; v petek ni uradnih ur za stranke!

Pripravljalni seminar bo za:

1. Pooblaščen inženirje gradbene stroke (to je za kandidate, ki imajo končano najmanj drugo bolonjsko stopnjo gradbeništva, oziroma univerzitetni diplomirani inženirji gradbeništva, ter za kandidate, ki izpolnjujejo pogoje po 58. členu Zakona o arhitekturni in inženirski dejavnosti)
2. Vodje del za področje gradbene stroke (to je za kandidate, ki izpolnjujejo pogoje izobrazbe iz gradbene stroke za izvajalce po 4. točki prve in druge alineje 14. člena Gradbenega zakona)

Predavanja bodo iz naslednjih predmetov izpitnega programa:

1. Predpisi s področja graditve objektov, urejanja prostora, arhitekturne in inženirske dejavnosti, zbornič-

nega sistema ter osnov varstva okolja in splošnega upravnega postopka

2. Investicijski procesi in vodenje projektov
3. Varstvo zdravja in življenja ljudi ter varstvo okolja pri graditvi objektov
4. Področni predpisi in standardizacija s področja graditve objektov

**Cena** za udeležbo na seminarju in za literaturo znaša 623,22 EUR z DDV.

Kandidati lahko poslušajo tudi zgolj posamezno predavanje v okviru rednih seminarjev, cena za obisk posameznega predavanja je 124,64 EUR z DDV.

V cenah so vštet tudi odmori za kavo.

V primeru, da se predavanje, zaradi nestabilne epidemiološke slike v državi, ne bo dalo izvesti v predavalnici, bo seminar izveden kot video konferenca.

**Kotizacijo za seminar je potrebno nakazati ob prijavi** na poslovni račun ZDGITS: **SI56 0201 7001 5398 955**.

Prijavo je potrebno posredovati organizatorju (ZDGITS) na e-naslov gradb.zveza@siol.net najmanj **7 dni pred začetkom** seminarja! Prijavni obrazec je objavljen na spletni strani ZDGITS (<http://www.zveza-dgits.si>).

Izvedba seminarja je odvisna od števila prijav (najmanj 20).

## B. STROKOVNI IZPITI

potekajo pri **Inženirski zbornici Slovenije (IZS), Jarška 10-B, 1000 Ljubljana**. Informacije o strokovnih izpiti in izpitnih programih je mogoče dobiti na spletni strani IZS ([www.izs.si](http://www.izs.si)), po telefonu (01) 547-33-19 ali M: 069 910 182 (uradne ure: ponedeljek, sredo, četrtek, petek od 10.00 do 12.00 ure; v torek od 14.00 do 16.00 ure) ali osebno na sedežu IZS (uradne ure: ponedeljek, sredo, četrtek, petek od 08.00 do 12.00 ure; v torek od 12.00 do 16.00 ure).



# FOTOREPORTAŽA

## Stanovanjska soseka Novo Brdo, Ljubljana



**Slika 1.** Novo Brdo E2 in E3: Izkop gradbene jame in izvedba zagatnih sten, januar 2020. Foto: Matevž Lavrinc

**Lokacija:** Ljubljana, Pot Rdečega križa

**Investitor:** Stanovanjski sklad Republike Slovenije, javni sklad (SSRS)

**Projektant arhitekture:** DEKLEVA GREGORIČ ARHITEKTI, projektiranje, d. o. o.

**Projektant gradbenih konstrukcij:** CBD gradbeno in poslovno projektiranje, d. o. o.

**Izvajalec:**

**Izvajalci funkcionalne enote E2:** GORENJSKA GRADBENA DRUŽBA, d. d., s partnerjema KOLEKTOR KOLING, d. o. o., in GP KRK, d. d.

**Čas gradnje:** 2019–2021



V Ljubljani ob Poti Rdečega križa se je septembra 2019 pričela gradnja stanovanjske soseske Novo Brdo, katere investitor je Stanovanjski sklad Republike Slovenije, javni sklad (Sklad). Gradnja je v oktobru 2021 zaključena, uporabni dovoljenji sta pridobljeni. Projekt je po funkcionalnih enotah ločen na E2 in E3. Skupaj je v 18 objektih 498 stanovanjskih enot, od tega 25 oskrbovanih stanovanj. Stanovanja imajo površino med 30 in 80 m<sup>2</sup> z več različnimi tlorisi. Objekti nad terenom imajo tri etaže in terasni del. Po funkcionalnih enotah se delita tudi dve podzemni garaži z ločenima ulozoma. V podzemnem delu so shrambe stanovanj. V obeh funkcionalnih enotah je skupno 522 parkirnih mest. Soseska ima veliko zelenih površin, igrišča, bajer in tudi kolesarski poligon. Notranjost soseske je namenjena izključno pešcem in kolesarjem.



**Slika 2.** Gradbena dela nadzemni del objektov, avgust 2020. Foto: Matevž Lavrinc



**Slika 3.** Gradbena dela – nadzemni del objektov, avgust 2021. Foto: Matevž Lavrinc

Sklad bo v soseski Novo Brdo stanovalcem ponudil višji standard bivanja, saj bodo v njej sobivale različne generacije (mladi, starejši, družine), čemur bodo prilagojeni objekti in stanovanja ter varen odprt zunanji prostor, ki bo prežet z novim zelenim sistemom, otroškimi igrišči in navezavami na obstoječa zelena obročja na vzhodu (PST) in zahodu (Rožni hrib in športna igrišča Zeleni gaj). V bližini sta priključek na mestno ljubljansko obvoznico in avtocesto. V nadaljnjih fazah se predvideva še vsebinsko raznovrsten javni program (npr. trgovine, storitve, knjižnica ...).

Na površini ca. 46.600 m<sup>2</sup> veliki gradbeni parceli za obe fazi se razprostirajo štiri različne tipologije nadzemnih objektov, S, M, L, Z. Objekti so temeljeni na AB-plošči debeline 50 cm ter posameznih robnih temeljnih gredah, ki se povezujejo s temeljnimi gredami garaže. Kletne stene objektov so debele 20 cm, le kletne stene, ki so obremenjene z zemljino, so debeline 25 cm. Stene in medetažne plošče objektov nadzemnega dela so debele 20 cm, z izjemo plošč objektov nad kletjo, ki so debele 25 cm. Varovanje gradbene jame je bilo opravljeno s širokim izkopom oziroma je bilo pri obstoječi infrastrukturi ali brežini izvedeno varovanje z zagatnicami.

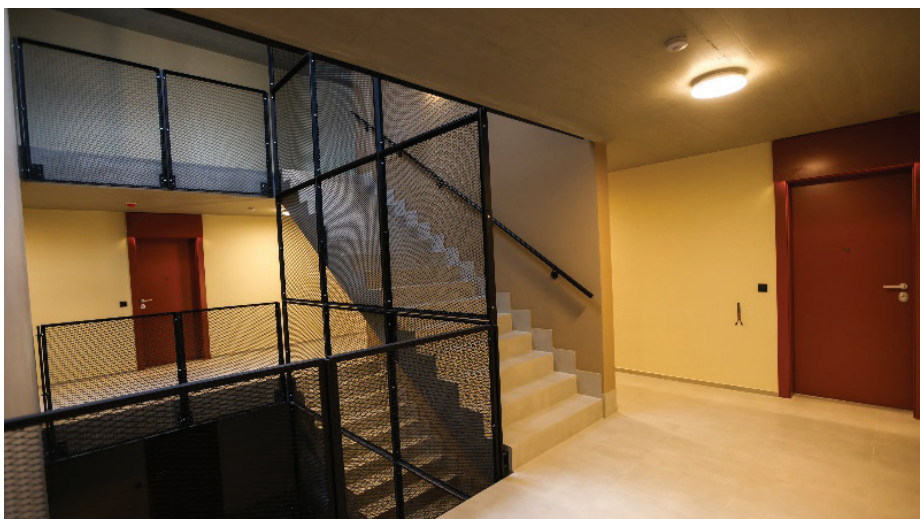




**Slika 4.** Izvedba izolacije in zaključnega fasadnega sloja, avgust 2020. Foto: Branka Trebušak



**Slika 5.** Končna izvedba z zunanjo ureditvijo november 2021. Foto: Miran Kambič



**Slika 6.** Novo Brdo, notranjost objektov, oktober 2021. Foto: Mediaspeed





**Slika 7.** Svečana otvoritev soseske Novo Brdo, oktober 2021. Foto: Mediaspeed

### Soseska Novo Brdo v številkah

87 mio. € vredna investicija (Investicijski program) na 4,8 hektarja velikem zemljišču.

V 18 objektih je 498 stanovanj, od tega 25 oskrbovanih, skupaj za približno 65.000 m<sup>2</sup> bruto etažnih površin in 55.000 m<sup>2</sup> neto površin.

V dveh podzemnih garažah je 522 parkirnih mest in 69 parkirnih mest na terenu, od tega jih bo 10 namenjenih za izposajo električnih vozil z električnimi polnilnicami.

V objektih je 960 parkirnih mest za kolesa in 104 parkirna mesta za kolesa zunaj objektov.

Pri projektu je bilo izkopane več kot 170.000 m<sup>3</sup> zemljine, nadzemno je bilo vgrajeno 15.000 m<sup>3</sup> betona in 2340 t armature, 1500 oken in 2500 notranjih vrat, več kot 18.000 m<sup>2</sup> toplotne izolacije na fasadi, vgrajenega 18.000 m<sup>2</sup> parketa, položene je bilo 12.600 m<sup>2</sup> keramike, 166 km električnih kablov, na zunanji ureditvi je bilo izvedenih 14.200 m<sup>2</sup> tlakovanih površin in 11.500 m<sup>2</sup> zelenih površin.

# VSEBINA LETNIKA 70/2021

## Članki – Papers

Bratina, S., Hozjan, T., OCENA POŽARNE ODPORNOSTI ŽELEZNIŠKEGA MOSTU ČEZ GLINŠČICO V SKLOPU IZGRADNJE DRUGEGA TIRA DIVAČA - KOPER S POMOČJO NAPREDNE RAČUNSKE METODE, ESTIMATION OF FIRE RESISTANCE OF THE RAILWAY BRIDGE OVER GLINŠČICA AS PART OF THE CONSTRUCTION OF THE SECOND TRACK DIVAČA - KOPER USING AN ADVANCED CALCULATION METHOD, april, stran 70.

Čas, B., UKLON VITKIH OKROGLIH DVOCEVNIH SOVPREŽNIH STEBROV Z BETONSKIM JEDROM OB UPOŠTEVANJU ZDRSOV MED SLOJI, BUCKLING CAPACITY OF SLENDER CONCRETE FILLED DOUBLE SKIN STEEL TUBULAR COLUMNS CONSIDERING INTERFACE SLIPS, april, stran 62.

Drev, D., Krzyk, M., RAZISKAVA POMANJKLJIVOSTI ZAKONA O VARSTVU OKOLJA IN NJEGOVIH PODZAKONSKIH AKTOV Z VIDIKA NAČRTOVANJA IN GRADNJE OBJEKTOV, INVESTIGATION OF THE DEFICIENCIES OF THE ENVIRONMENTAL PROTECTION ACT AND ITS REGULATIONS IN TERMS OF BUILDING DESIGN AND CONSTRUCTION, marec, stran 51.

Duhovnik, J., Brank, B., 50 LET KONSTRUKCIJSKEGA INŽENIRSTVA NA IKPIR, 50 YEARS OF STRUCTURAL ENGINEERING AT IKPIR, oktober-november, stran 216.

Fajfar, P., Fischinger, M., Isaković, T., Dolšek, M., 50 LET POTRESNEGA INŽENIRSTVA NA IKPIR, 50 YEARS OF EARTHQUAKE ENGINEERING AT IKPIR, oktober-november, stran 232.

Goričan, T., Kuhta, M., UPORABNOST BIM MODELOV ZA IZDELAVO ARMATURNIH RISB KONSTRUKCIJSKIH ELEMENTOV MOSTOV, USABILITY OF BIM MODELS FOR THE DESIGN OF REINFORCEMENT DRAWINGS FOR BRIDGE STRUCTURAL ELEMENTS, september, stran 197.

Gradišar, L., Dolenc, M., Klinc, R., Turk, Ž., GENERATIVNI PRISTOP K UČINKOVITEMU NAČRTOVANJU OBJEKTOV, GENERATIVE APPROACH TO EFFICIENT BUILDING DESIGN, januar, stran 2.

Hladnik, L., ALTERNATIVNO PODPIRANJE IN DVIGOVANJE OBSTOJEČE JEKLENE KONSTRUKCIJE STAREGA POŠKODO-

VANEGA MOSTU ČEZ SAVO V BREŽICAH ZA POTREBE SANACIJE, ALTERNATIVE SUPPORT AND LIFTING OF THE EXISTING STEEL STRUCTURE OF OLD DAMAGED BRIDGE OVER SAVA IN BREŽICE FOR THE NEEDS OF REHABILITATION, maj, stran 92.

Hladnik, L., SANACIJA SIDRANJA KRAJNIH OPORNIKOV ŽELEZNIŠKEGA NADVOZA NA DUNAJSKI CESTI V LJUBLJANI, ANCHORAGE REPAIR ON THE END SUPPORTS OF THE RAILWAY OVERPASS ON DUNAJSKA STREET IN LJUBLJANA, december, stran 283.

Humar, G., POZABLJENI MOST ČEZ IDRIJCO PRI MOSTU NA SOČI, THE FORGOTTEN BRIDGE OVER THE IDRIJCA RIVER NEAR MOST NA SOČI, februar, stran 22.

Jelušič, P., Varga, R., Žlender, B., NAČRTOVANJE TEŽNOSTNEGA PODPORNEGA ZIDU NA PODLAGI VERJETNOSTI PORUŠITVE, GRAVITY RETAINING WALL DESIGN BASED ON FAILURE PROBABILITY, julij, stran 147.

Karničnik, J., Lubej, S., Ivanič, A., Kravanja, G., EKSPERIMENTALNA ANALIZA BETONSKE MEŠANICE Z DODATKOM ODPADNE PLASTIKE IN ELEKTROFILTRSKEGA PEPELA, EXPERIMENTAL ANALYSIS OF CONCRETE WITH WASTE PLASTIC AND FLY ASH ADDMIXTURES, junij, stran 120.

Krajnc, U., AKUMULACIJA SUHORKA KOT STRATEŠKI VODNI VIR ZA SLOVENSKO ISTRO – ARGUMENTI V KORIST GRADNJE, SUHORKA ACCUMULATION AS A STRATEGIC WATER SOURCE FOR THE SLOVENIAN ISTRIA – ARGUMENTS IN FAVOR OF CONSTRUCTION, avgust, stran 162.

Kramer Stajnik, J., Kuhta, M., PROJEKTIRANJE GRADBENIH OBJEKTOV NA POŽARNO VARNOST Z VIDIKA VELJAVNE ZAKONODAJE, FIRE SAFETY DESIGN OF BUILDINGS IN VIEW OF LEGISLATION IN FORCE, februar, stran 31.

Kumer, N., Kreslin, M., Bohinc, U., Brank, B., NUMERIČNA OCENA DINAMIČNIH KARAKTERISTIK VIADUKTA RAVBARKOMANDA, NUMERICAL EVALUATION OF DYNAMIC CHARACTERISTICS OF THE RAVBARKOMANDA VIADUCT, december, stran 272.

Kušar, M., NOVI SISTEM ZA UPRAVLJANJE PREMOSTITVENIH OBJEKTOV V UPRAVLJANJU DARS, NEW BRIDGE MANAGEMENT SYSTEM FOR SLOVENIAN HIGHWAYS, januar, stran 10.

Mikoš, M., KOMPETENČNI PROFIL GRADBENEGA INŽENIRJA, COMPETENCE PROFILE OF A CIVIL ENGINEER, maj, stran 102.

Ravnikar Turk, M., Ržek, L., Tušar, M., KARAKTERIZACIJA S POLIMERI MODIFICIRANIH BITUMNOV Z REOLOŠKIMI PREISKAVAMI, CHARACTERIZATION OF POLYMER-MODIFIED BITUMENS WITH RHEOLOGICAL TESTS, marec, stran 42.

Reflak, J., Turk, Ž., 50 LET GRADBENE INFORMATIKE NA IKPIR, 50 YEARS OF CONSTRUCTION INFORMATICS AT IKPIR, oktober-november, stran 249.

Rozman Cafuta, M., IZZIVI ZAGOTAVLJANJA TRAJNOSTNE OSVETLITVE JAVNIH ODPRTIH POVRŠIN MESTA, CHALLENGES OF PROVIDING SUSTAINABLE PUBLIC OPEN SPACE ILLUMINATION, avgust, stran 175.

Saje, D., Lopatič, J., OBNAŠANJE STIKA MED BETONOM IN ARMATURNIMI PALICAMI IZ BAZALTNIH VLAKEN, BOND BEHAVIOUR BETWEEN CONCRETE AND BASALT FIBRE REINFORCED POLYMER BARS, september, stran 186.

Schnabl, S., Čas, B., VPLIV POŽARA NA STABILNOST LESENIH STEBROV, INFLUENCE OF FIRE ON THE STABILITY OF TIMBER COLUMNS, junij, stran 114.

Trček, L., Marsetič, R., OPTIMALNI MODEL KOORDINACIJE SVETLOBNIH SIGNALNIH NAPRAV V RAZCEPNEM DIAMANTNEM KRIŽIŠČU NA PROMETNI MREŽI, OPTIMAL TRAFFIC SIGNAL COORDINATION MODEL FOR ROAD NETWORK WITH A DIVERGING DIAMOND INTERCHANGE, julij, stran 138.

### Voščilo

Kryžanowski, A., Voščilo predsednika ZDGITS, december, stran 271.

### In memoriam

Kryžanowski, A., Vinko Koren, univ. dipl. inž. rud. (1934-2021), maj, stran 90.

### Uvodnik

Fischinger, M., 50 let Inštituta za konstrukcije, potresno inženirstvo in računalništvo (IKPIR), oktober-november, stran 214.

### Poročila s strokovnih srečanj

GBC Slovenija, 6. konferenca trajnostne gradnje, december, stran 296.

ITA Slovenija – Slovensko društvo za podzemne gradnje, 13. mednarodna konferenca o predorih in podzemnih objektih, december, stran 294.

Juvan, S., 31. Mišičev vodarski dan 2020, januar, stran 19.

Može, P., Lopatič, J., 42. zborovanje gradbenih konstruktorjev Slovenije, december, stran 292.

### Poročila s strokovnih spletnih srečanj

Hrovat, M., Izboljšanje kakovosti bivalnih prostorov z aktivnimi notranjimi barvami in premazi, april, stran 84.

Hrovat, M., Zvočna izolacija in akustično udobje, april, stran 86.

Hrovat, M., Vpliv toplotnega ovoja stavbe na optimizacijo stroškov vzdrževanja bivalnih prostorov, junij, stran 133.

Zavod za gradbeništvo Slovenije, d. o. o., 2. mednarodna konferenca Gradbeni materiali za trajnostno prihodnost (CoMS 2020/21), junij, stran 131.

### Fotoreportaže z gradbišča

Amon, J., Kuhta, M., Hotel B&B, Maribor, oktober-november, stran 264.

DARS, d.d., 3. razvojna os – sever, odsek Velenje – Slovenj Gradec, sklop D – Gaberke, avgust, stran 182.

Direkcija RS za infrastrukturo, Varnostno-tehnična nadgradnja železniškega predora Karavanke, marec, stran 59.

GIC GRADNJE d.o.o., Gradbišče potniškega terminala na ljubljanskem letališču, februar, stran 40.

GIC GRADNJE d.o.o., Gradbišče garažne hiše v Luki Koper, april, stran 88.

Goričan, T., Kuhta, M., Nova trasa železniške proge Maribor-Šentilj, viadukt Pesnica, junij, stran 135.

Kuhta, M., Stanovanjska soseka pod Pekrsko Gorco, maj, stran 110.

Luka Koper, d.d., Podaljšanje prvega pomola v Luki Koper, julij, stran 159.

Ministrstvo za infrastrukturo, Direkcija RS za infrastrukturo, Nadgradnja železniške proge Ljubljana – Jesenice – državna meja, september, stran 209.

Stanovanjski sklad Republike Slovenije, Stanovanjska soseka Novo Brdo, Ljubljana, december, stran 303.

2TDK, Družba za razvoj projekta, d.o.o., Gradbišče objektov za prečkanje doline Glinščice pri izgradnji drugega tira železniške proge Divača-Koper, januar, stran 20.

### Obvestila ZDGITS

Gradbeni vestnik se vam zahvaljuje za 70 let podpore in vas vabi k branju še naprej, december, stran 310.

Okorn, E., Skupščina Zveze društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije (ZDGITS), december, stran 299.

Pripravljalni seminarji in izpitni roki za strokovne izpite za gradbeno stroko v letu 2022, december, stran 302.

Zadnji pripravljali seminar in izpitni rok za strokovne izpite za gradbeno stroko v letu 2021, maj, stran 112.



Zadnji pripravljalni seminar in izpitni rok za strokovne izpite za gradbeno stroko v letu 2021, avgust, stran 184.

Zadnji pripravljalni seminar in izpitni rok za strokovne izpite za gradbeno stroko v letu 2021, september, stran 212.

### **Vsebina letnika 70/2021**

December, stran 307.

### **Navodila avtorjem za pripravo prispevkov**

V vsaki številki, stran 2 ovitka.

### **Novi diplomanti**

Okorn, E., januar, stran 3 ovitka; februar, stran 3 ovitka; marec, stran 3 ovitka; april, stran 3 ovitka; maj, stran 3 ovitka; junij, stran 3 ovitka; julij, stran 3 ovitka; avgust, stran 3 ovitka; september, stran 3 ovitka; oktober-november strani 267 in 268 ter stran 3 ovitka; december, stran 3 ovitka.

### **Koledar prireditev**

Okorn, E., januar, stran 4 ovitka; februar, stran 4 ovitka; marec, stran 4 ovitka; april, stran 4 ovitka; maj, stran 4 ovitka; junij, stran 4 ovitka; julij, stran 4 ovitka; avgust, stran 4 ovitka; september, stran 4 ovitka; oktober-november stran 4 ovitka; december, stran 4 ovitka.

### **Naslovnice**

Arhiv 2TDK, Družba za razvoj projekta, d.o.o., Gradbišče objektov za prečkanje doline Glinščice pri izgradnji drugega tira železniške proge Divača - Koper, januar.

Arhiv DARS d.d., Odstranjevanje starega paronepropustnega premaza in izravnalne mase z vodnim curkom pod visokim pritiskom do čiste betonske podlage v predoru Golovec, maj.

Arhiv IKPIR, 50 let inštituta za konstrukcije, potresno inženirstvo in računalništvo, oktober-november.

Arhiv MOL, Prenovljena notranjost poslopja Cukrarne, julij.

Jan, M., Lesena konstrukcija ostrejša novega objekta Plavalni zimski bazen Nova Gorica, april.

Jezovšek, M., Gradbena jama stanovanjsko poslovnega kompleksa SPEKTRA ob Celovski cesti v Ljubljani, avgust.

Kryžanowski, A., Gorvodno pobočje pregrade Vogršček s pristopnimi potmi h gradbeni jami za odzemni objekt, junij.

Kuhta, J., Poslovno skladiščni objekt Schrack v Spodnjih Hočah, september.

Kuhta, M., Narivanje nadvoza Ranca na železniški progi Maribor-Šentilj, marec.

Osebni arhiv Gorazda Humarja, Most čez Idrijco, slikano 1918, februar.

Pipenbaher, M., Most na Pelješac, december.

# GRADBENI VESTNIK SE VAM ZAHVALJUJE ZA 70 LET PODPORE IN VAS VABI K BRANJU ŠE NAPREJ

## Spoštovani!

Naj se vam predstavimo,

Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije (ZDGITS) je bila ustanovljena leta **1951**. Danes se lahko s ponosom pohvali, da deluje neprekinjeno že 70 let in ves čas delovanja izdaja tudi svoje stanovsko glasilo – **Gradbeni vestnik**.

Gradbeni vestnik ima v gradbeniški stroki prav posebno mesto, saj velja za edino slovensko strokovno-znanstveno revijo, v kateri so zbrani dosežki našega gradbeništva. Glas naše gradbeniške stroke je poleg domačega prostora slišan tudi v tujini.

## Za vas smo na voljo ...

Če se boste odločili za sodelovanje in se nam s tem pridružili pri ustvarjanju Gradbenega vestnika, vas vljudno prosimo, da nas o tem obvestite po e-pošti na naslov **gradb.zveza@siol.net** ali **gradbeni.vestnik@siol.net**.

Vsebine je mogoče poslati po e-pošti na zgoraj navedena e-poštna naslova, gradivo pa pričakujemo do 1. dneva v mesecu.

**70 let aktivnega delovanja pove veliko.** Samo pomislite, koliko bralcev in piscev, koliko dolgih noči, veselja, koliko novega znanja stoji za **našo zgodbo!** V upanju na vaš odziv in sodelovanje vas najlepše pozdravljamo, saj verjamemo, da bomo lahko skupaj uspešni še naslednjih ... let!

ZDGITS – izdajatelj  
GRADBENEGA VESTNIKA

## GRADBENI VESTNIK V ŠTEVILKAH

Gradbeni vestnik je publikacija prostega/odprtega dostopa. Izhaja v **tiskani in digitalni obliki**. Celotna vsebina posamezne številke v digitalni obliki je dostopna vsem takoj po izidu na spletni strani izdajatelja. V digitalnem arhivu Gradbenega vestnika so objavljene vse številke revije od leta **1951 dalje**. Revija izhaja mesečno v povprečni nakladi **450 tiskanih izvodov**. Uspehi našega gradbeništva dosežejo **8 naslovov iz tujine, 23 slovenskih podjetij in izobraževalnih institucij ter 250 individualnih naročnikov**. Kot člansko glasilo Matične sekcije gradbenih inženirjev Inženirske zbornice Slovenije ima dostop do elektronske verzije publikacije kar **3000 njenih članov** – pooblaščenih gradbenih inženirjev.

## NAŠE POSLANSTVO

Publikacija pomembno sooblikuje sloves slovenske gradbeniške stroke, saj je prostor za predstavitev podjetij in posameznikov, prav tako pa mladim strokovnjakom **odpira pot v svet gradbeništva**. Omogoča neprecenljivo izmenjavo strokovnih izkušenj in povečuje nivo vednosti o pomembnih projektih, objektih ter dogodkih, prav tako pa prispeva k razvijanju in prenašanju slovenske strokovne terminologije ter k razvoju tehnične kulture. Zaradi vsega naštetega je publikacija **nepogrešljiv del promocije znanja slovenskih gradbenikov**, v globalizacijskem pogledu pa ima poleg strokovne vrednosti tudi neprecenljiv nacionalni pomen. Glede na dolgotrajnost kontinuitete izhajanja velja Gradbeni vestnik tudi za zgodovinsko dragoceno gradbeniškega stanu in stroke v Sloveniji.

## BREZ VAS NI NAS. HVALA ŠE ENKRAT!

Želimo si, da bi nam bila publikacija v ponos tudi v prihodnje, to pa bo možno le ob vsestranski pomoči posameznikov in podjetij. Brez vas, **spoštovani soustvarjalci**, si nemotena izhajanja publikacije ne moremo predstavljati, zato vas vljudno vabimo k sodelovanju. Delček v mozaiku dolgoletne in uspešne tradicije Gradbenega vestnika lahko predstavljajo bodisi vaši **vsebinski prispevki ali promocijski material bodisi sponzoriranje revije ali sklenitev naročniškega razmerja**.

Prijazno vas vabimo, da si ogledate arhiv vsebin Gradbenega vestnika, do katerega lahko dostopate preko spletne strani izdajatelja: <https://www.zveza-dgits.si>.



## ŽELITE BITI VIDNI TUDI VI?

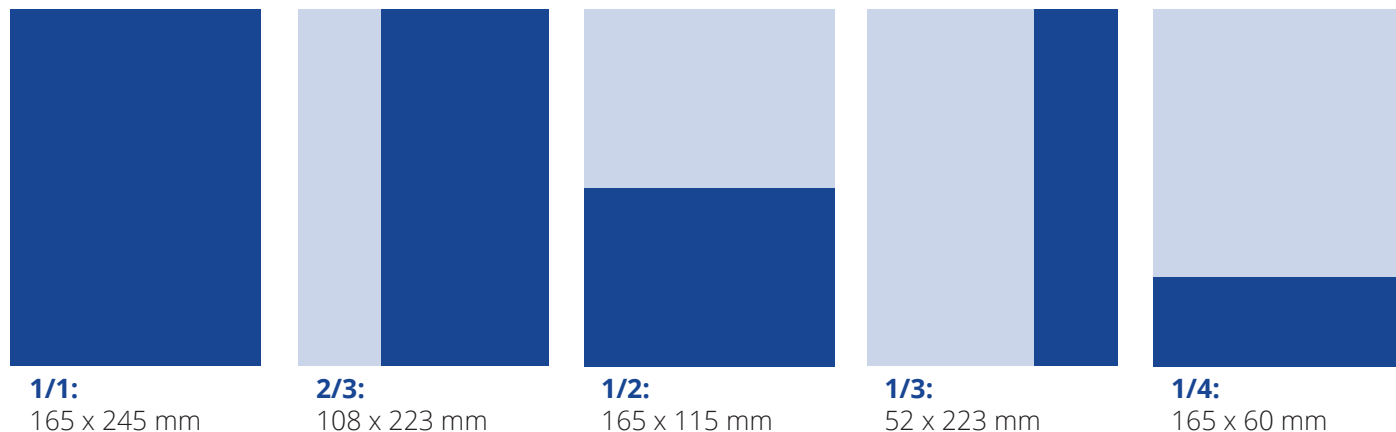
Najboljši način za spremljanje gradbeniške stroke iz prve vrste je **letna naročnina** na publikacijo, ki za gospodarske družbe znaša 171,36 EUR (DDV je všteti). Če bi želeli izdajanje revije finančno podpreti z objavo **reklamnega oglasa oziroma promocijske vsebine**, se uredništvo priporoča po naslednjem ceniku.

- Ovitek – zadnja stran 1/1 417,00 EUR
- Notranja stran 1/ 312,00 EUR
- Notranja stran 2/ 3 271,00 EUR
- Notranja stran 1/2 208,00 EUR
- Notranja stran 1/3 156,00 EUR
- Notranja stran 1/4 83,00 EUR



V cenah ni upoštevan DDV, pri vsaki ponovitvi oglasa pa vam bomo ponudili **15-odstotni popust**.

## RAZPOLOŽLJIVOST OGLAŠEVALSKEGA PROSTORA



Oglas lahko oddate kot rastrski format JPEG, TIFF, EPS.

Če bi se želeli v publikaciji predstaviti nekoliko drugače, je oglas možno pripraviti tudi kot članek o vašem podjetju.

# NOVI DIPLOMANTI GRADBENIŠTVA

## UNIVERZA V LJUBLJANI, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO

### I. STOPNJA – UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI PROGRAM GRADBENIŠTVO

**Sena Srna**, Sonaravne rešitve za upravljanje s padavinsko vodo v mestih, mentorica izr. prof. dr. Nataša Atanasova, somentor asist. Matej Radinja;  
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=131948>

### III. STOPNJA – DOKTORSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM GRAJENO OKOLJE

**Klaudija Lebar**, Vpliv hidrometeoroloških in vegetacijskih razmer na dinamiko spiranja nitratnega dušika, mentor doc. dr. Simon Rusjan;  
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=133196>

### II. STOPNJA - MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM GRADBENIŠTVO (smeri Gradbene konstrukcije, Geotehnika-hidrotehnika, Nizke gradnje)

**Jernej Prevolnik**, Idejna zasnova železniške povezave med Ljubljano in Celjem skozi Tuhinjsko dolino, mentor doc. dr. Tomaž Maher, somentorica asist. dr. Darja Šemrov;  
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=132543>

# NOVI DIPLOMANTI GRADBENIŠTVA

## UNIVERZA V MARIBORU, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO, PROMETNO INŽENIRSTVO IN ARHITEKTURO

### I. STOPNJA – VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

**Tomo Marič**, Metode za ugotavljanje pomikov lesenih nosilcev, mentor prof. dr. Miroslav Premrov, somentorica asist. Mateja Držečnik;  
<https://dk.um.si/lzpisGradiva.php?id=80698>

**Rok Golob**, Rekonstrukcija spodnjega ustroja železniške proge Podnart - Lesce, mentor prof. dr. Andrej Štrukelj, somentor Peter Kukovič;  
<https://dk.um.si/lzpisGradiva.php?id=80873&lang=slv>

**Špela Kok**, Ogljični odtis optimalno načrtovane voziščne konstrukcije, mentor izr. prof. dr. Primož Jelušič, somentorja prof. dr. Bojan Žlender in Rok Varga; <https://dk.um.si/lzpisGradiva.php?id=80881>

### II. STOPNJA – MAGISTRSKI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

**Aleksandr Sokolov**, Podporna konstrukcija v težkih pogojih tal: PK-16 na cesti Hrastnik - Zidani most, mentor doc. dr. Borut Macuh, somentor asist. Sašo Kos;  
<https://dk.um.si/lzpisGradiva.php?id=80638&lang=slv&prip=dkum:8730191:r5>

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

**23.-25.2.2022**

**DFI-PFSF Piling & Ground Improvement Conference 2022**

Sydney, Avstralija  
<https://dfi.org/pfsf2021>

**27.-29.3.2022**

**ICOCE 2022 – 6th International Conference on Civil Engineering**

Hibridna konferenca  
Singapur  
[www.icoce.org](http://www.icoce.org)

**15.-18.4.2022**

**ICCEMS 2022 — 7th International Conference on Civil Engineering and Materials Science**

Hibridna konferenca  
Čiba, Japonska  
[www.iccem.org](http://www.iccem.org)

**1.-5.5.2022**

**ICSMGE 2022 - 20th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering**

Hibridna konferenca  
Sydney, Avstralija  
[www.icsmge2022.org](http://www.icsmge2022.org)

**23.-25.5.2022**

**CIVILMEET2022 – International Conference on Civil, Structural and Environmental Engineering**

München, Nemčija  
<https://albedomeetings.com/civilmeet>

**16.-18.6.2022**

**GSCAEE2022 – 2nd Global Summit on Civil, Architectural and Environmental Engineering**

Kopenhagen, Danska  
[www.thescientistt.com/civil-structural-environmental-engineering/2022](http://www.thescientistt.com/civil-structural-environmental-engineering/2022)

**27.-29.6.2022**

**IS-Cambridge 2022 — 10th International Symposium on Geotechnical Aspects of Underground Construction in Soft Ground**

Cambridge,  
Združeno kraljestvo Velike Britanije in Severne Irske  
[www.is-cambridge2020.eng.cam.ac.uk](http://www.is-cambridge2020.eng.cam.ac.uk)

**22.-24.8.2022**

**GMINFRA 2022 — Global Meet on Infrastructure and Construction**

Pariz, Francija  
<https://primemeetings.org/2022/infrastructure-construction>

**12.-15.9.2022**

**EUROCK 2022 — Rock and Fracture Mechanics in Rock Engineering and Mining**

Helsinki, Finska  
[www.ril.fi/en/events/eurock-2022.html](http://www.ril.fi/en/events/eurock-2022.html)

**13.-17.9.2022**

**ICOSSAR 2021-2022, 13th International Conference on Structural Safety & Reliability**

Šanghaj, Kitajska  
[www.icossar2021.org](http://www.icossar2021.org)

**25.-28.6.2023**

**9th International Congress on Environmental Geotechnics**

Kreta, Grčija  
[www.iceg2022.org](http://www.iceg2022.org)

**17.-21.9.2023**

**12 ICG - 12th International Conference on Geosynthetics**

Rim, Italija  
[www.12icg-roma.org](http://www.12icg-roma.org)

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