

september 2023

letnik 72

# Gradbeni vestnik

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



206

PRVI MOST, GRAJEN PO  
TEHNOLOGIJI NATEZNEGA  
TRAKU V SLOVENIJI

217

MODULARNA LESENA GRADNJA:  
TRENDI IN RAZVOJ

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 (IZS MSG),**  
ob podpori **Javne agencije za raziskovalno dejavnost RS, Fakultete za gradbeništvo in geodenzijo 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 Jukić**  
IZS MSG: **dr. Rok Cajzek**  
**mag. Jernej Nučič**  
**Tina Bučić**  
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: 400 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 25,50 EUR; za študente in upokojene 10,50 EUR; za družbe, ustanove in samostojne podjetnike 188,50 EUR za en izvod revije; za naročnike iz tujine 88,00 EUR.  
V ceni je všteti DDV.  
Poslovni račun ZDGITS pri NLB Ljubljana: SI56 0201 7001 5398 955

Slika na naslovnici:  
**prenovljen objekt**  
**stare tovarne Rog v Ljubljani,**  
foto: arhiv Makro 5 gradnje, d. o. o.

**Glasilno 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, september 2023, letnik 72, str. 205-228**

## 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



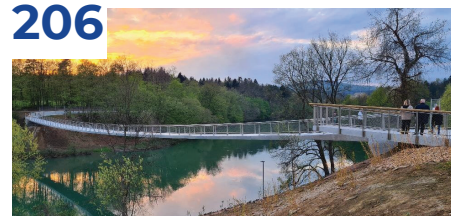
# VSEBINA CONTENTS

## ČLANKI PAPERS

Tomaž Weingerl, univ. dipl. inž. grad.  
Dr.h.c Marjan Pipenbaher, univ. dipl. inž. grad.  
Tatjana Gotovčević, univ. dipl. inž. grad.  
Aleš Filipič, univ. dipl. inž. grad.

### **PRVI MOST, GRAJEN PO TEHNOLOGIJI NATEZNEGA TRAKU V SLOVENIJI** *FIRST STRESS RIBBON BRIDGE IN SLOVENIA*

206



asist. Maja Lešnik Nedelko, mag. inž. arh.  
asist. Maja Žigart Verlič, mag. inž. arh.

### **MODULARNA LESENA GRADNJA: TRENDI IN RAZVOJ** *MODULAR TIMBER CONSTRUCTION: TRENDS AND DEVELOPMENT*

217



## FOTOREPORTAŽA Z GRADBIŠČA

Tomaž Weingerl, univ. dipl. inž. grad.  
(Ponting, d. o. o.)

### **SANACIJA POKRITEGA VKOPA MALEČNIK PO POŽARU**

225



## NOVI DIPLOMANTI

Eva Okorn

## KOLEDAR PRIREDITEV

Eva Okorn

**Tomaž Weingerl, univ. dipl. inž. grad.**  
tomaz.weingerl@ponting.si



**Dr.h.c Marjan Pipenbaher, univ. dipl. inž. grad.**  
marjan.pipenbaher@ponting.si  
Ponting, d. o. o.,  
Strossmayerjeva ulica 28, 2000 Maribor



**Tatjana Gotovčević, univ. dipl. inž. grad.**  
tatjana.gotovcevic@pce.si



**Aleš Filipič, univ. dipl. inž. grad.**  
ales.filipic@pce.si  
Pipenbaher Consulting Engineers, d. o. o.,  
Žolgarjeva ulica 4 a, 2310 Slovenska Bistrica



**Strokovni članek**  
UDK/UDC 624.071.32:625.745.12(282)(497.4)

# PRVI MOST, GRAJEN PO TEHNOLOGIJI NATEZNEGA TRAKU V SLOVENIJI

## FIRST STRESS RIBBON BRIDGE IN SLOVENIA

### Povzetek

V prispevku je prikazana zasnova in gradnja mostu za pešce in kolesarje čez reko Krko v Irči vasi. Gre za realizacijo prvonagrajene rešitve natečaja, ki ga je v letu 2017 izvedla Občina Novo mesto.

Most je zgrajen po tehnologiji nateznih trakov in je prvi izvedeni most tega tipa v Sloveniji. Širina mostu znaša 4 metre, debelina pohodne konstrukcije z razponom 131 metrov pa le 42 centimetrov. Za povečanje trajnosti konstrukcije so bili prvič na svetu uporabljeni kabli v zainjektiranih HDPE-ceveh. Tehnološko izredno zahtevna gradnja, pri kateri so bile uporabljene inovativne tehnološke rešitve, je trajala 20 mesecev in jo je izvedlo skupno podjetje JV CGP, d. d., in Freyssinet Adria, d. o. o.

Po končani gradnji sta bili izvedeni obremenilna preizkušnja s statičnimi in dinamičnimi obtežbami ter primerjava računskih in izmerjenih rezultatov obremenilne preizkušnje.

Gljučne besede: most, natezni trak, predizdelani elementi, geotehnična sidra, prednapenjanje, obremenilna preizkušnja

### Summary

The article presents the design and construction of a footbridge over the Krka River at Irča vas. It is the realization of the winning proposal in the open competition organized by the Municipality of Novo mesto in 2017.

The bridge was built using Stress Ribbon Bridge technology and is the first bridge of this type built in Slovenia. The width of the bridge is 4 meters, the thickness of the deck, with a span of 131 meters, is only 42 centimeters. To increase the durability of the structure, tendons installed in grouted HDPE ducts were used for first time in the world. The technologically extremely demanding construction, implementing innovative technological solutions, lasted 20 months and was carried out by the joint venture JV CGP, d. d., and Freyssinet Adria, d. o. o.

After the completion of the construction, a load testing with static and dynamic loads was carried out and a comparison of the calculated and measured results was performed.

Key words: stress ribbon bridge, prefabricated elements, geotechnical anchors, prestressing, load testing



## 1 UVOD

V letu 2017 je Občina Novo mesto izvedla javni enostopenjski anonimni natečaj za izgradnjo mostu za pešce in kolesarje z dostopnimi kolesarskimi potmi, dostopne povezave do obvodnega nivoja, funkcionalne zelene površine, igrišča in počivališča.

Pravočasno je natečajne elaborate s ponudbami oddalo 13 kandidatov. Prvo nagrado je prejel natečajni elaborat s šifro 73182, natečajnika Ponting – Pipenbaher Consulting Engineers v sodelovanju z Jereb in Budja arhitekti.

V začetku junija, šest let po zmagi na natečaju, je bila uradna otvoritev mostu. Tehnološko izredno zahtevna gradnja je trajala 20 mesecev in jo je izvedlo skupno podjetje JV CGP, d. d., in Freyssinet Adria, d. o. o.

Most je zasnovan po tehnologiji natežnih trakov in je prvi most tega tipa, izveden v Sloveniji. Širina mostu znaša 4 metre, debelina pohodne konstrukcije z razponom 131 metrov pa le 42 centimetrov.

## 2 LOKACIJA IN ARHITEKTURNA ZASNOVA

Lokacija predvidenega mostu je v občutljivem naravnem okolju v območju razširjene struge in meandrov reke Krke. Pri oblikovni zasnovi mostu v popolnoma umirjenem naravnem ambientu zaščitene krajskega parka smo se držali načel, ki v največji možni meri ohranjajo kvaliteto arhitekture prostora.

Most je oblikovan po načelih minimalizma inženirske estetike, za katero je ključnega pomena razumevanje tehnične oblike v smislu poznavanja toka sil. Most z jasno določenimi nosilnimi sklopi deluje v konstruktorskem in oblikovnem smislu skrajno racionalno in lahko.



**Slika 1.** Fotografija mostu.

## 3 TEHNOLOGIJA NATEŽNIH TRAKOV

Pri mostovih, grajenih po tehnologiji natežnih trakov, je zelo tanka betonska konstrukcija položena na jeklene kabelske vrvi, ki potekajo v obliki verižnice. Sile iz natežnih trakov se preko opornikov in geotehničnih sider prenesejo v temeljna tla.

Tehnologija gradnje je neodvisna od terena pod konstrukcijo, zato so ti mostovi največkrat izvedeni preko globokih kanjonov in hudourniških rek, kjer je onemogočen dostop za izvedbo vmesnih podpor.

Prednost mostov, izvedenih po tehnologiji natežnih trakov, je njihova racionalnost, minimalni vpliv na okolje, hitra polmontažna gradnja in izvedba brez podpornega odra in opaža. Konstrukcija je visoke kvalitete, brez dilatacij in ležišč in potrebuje minimalno vzdrževanje.

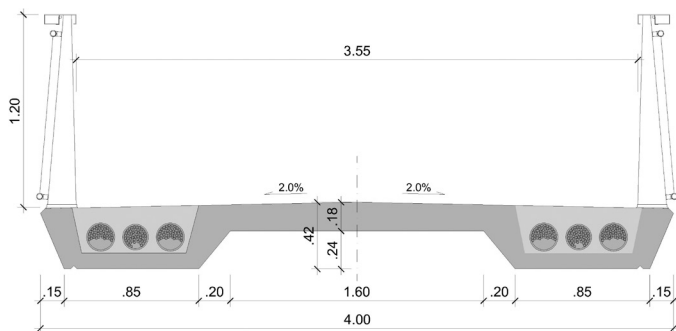
Na svetu je le nekaj deset mostov izvedenih s tehnologijo natežnih trakov s kabli znotraj betonskega prereza. Eden izmed prvih takšnih mostov je leta 1965 zgrajeni nadhod čez avtocesto v Švici [Structurae, 2018a] in cestni most v Urugvajju [Structurae, 2018b]. Med sodobnimi mostovi s kabli, ki potekajo znotraj betonskega prereza, ima rekordni razpon 150 m leta 1989 zgrajeni most v Bolgariji in leta 2008 zgrajeni most v Južni Afriki. Most v Novem mestu je z razponom 131 m četrti na svetu.

## 4 OPIS KONSTRUKCIJSKE ZASNOVE MOSTU

Novi most je lociran na krajinsko izpostavljeni lokaciji in premošča reko Krko z razponom dolžine 131 m. Tlorisno poteka v premi s strešnim prečnim padcem 2,0 %. V vertikalni ravnini poteka v plitkem konkavnem radiju, katerega naklon se po dolžini spreminja od -6,0 % do +6,0 %, z najnižjo točko ca. 8 m nad gladino reke. Na levem in desnem bregu se most zaključuje z opornikoma, preko katerih je zagotovljen zvezen prehod z mostu na okoliški teren.

### 4.1 Prečni prerez

Betonski predizdelani elementi so širine 4,0 m in dolžine 2,4 m. Debelina elementov se v prečni smeri spreminja od 42 cm na robu do 18 cm v srednjem delu. Uporabna širina mostu med ograjama je 3,50 m. Pohodna konstrukcija je izvedena iz betona kvalitete C45/55.



Slika 2. Prečni prezek mostu (dimenzije v metrih).

## 4.2 Podporna konstrukcija in temeljenje

Natezne sile iz nosilnih prednapetih kablov so prevzete z geotehničnimi sidri in opornikom, ki sta temeljena na vodnjakih. Opornik 1 je globoko temeljen na vodnjaku elipsastega prečnega prereza 4,90 / 7,00 m in globine 19,0 m, ki je z 52 sidri dolžine do 40,0 m sidran v kamninsko podlago. Opornik 2 je globoko temeljen na vodnjaku elipsastega prečnega prereza 3,80 / 5,00 m, globine 10,0 m, ki je sidran z 22 sidri dolžine do 20,5 m kompaktno kamninsko podlago.

## 4.3 Prednapenjanje

V prečnem prerezu je 6 kablov, sestavljenih iz 47 oziroma 55 vrvi preseka 150 mm<sup>2</sup>, kvalitete Y 1860 S7-16,0-A, z nizko stop-

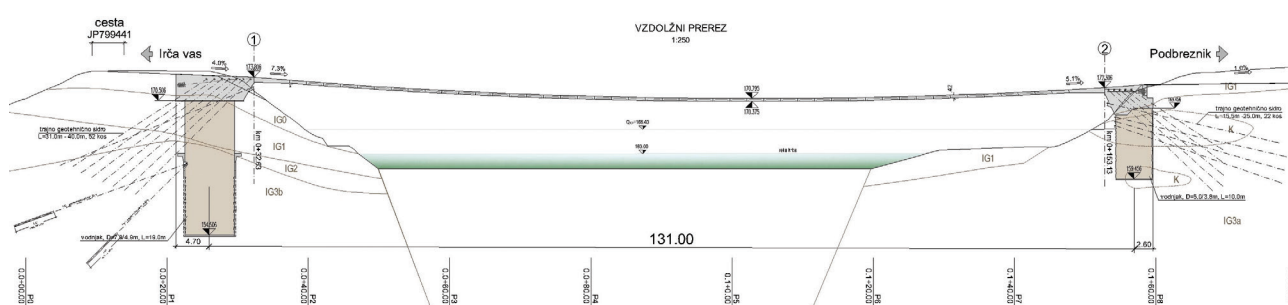
njo relaksacije. Od tega je v prvi fazi, za montažo elementov napetih 4 x 47 vrvi, v drugi fazi pa je za zagotovitev potrebne togosti in zagotavljanja tlakov v prerezu konstrukcije napetih 2 x 55 vrvi.

V glavnem so se pri do sedaj zgrajenih mostovih po tehnologiji natezних trakov uporabljale pocinkane kabelske vrvi, po katerih se je betonske elemente vleklo do končne pozicije. Pri tem je prihajalo do poškodb antikorozijske zaščite kabelskih žic. Po pozicioniranju elementov so se jeklene vrvi v betonskih koritih zabetonirale po klasičnem postopku, kar predstavlja močno vprašljivo rešitev z vidika zagotavljanja trajnosti.

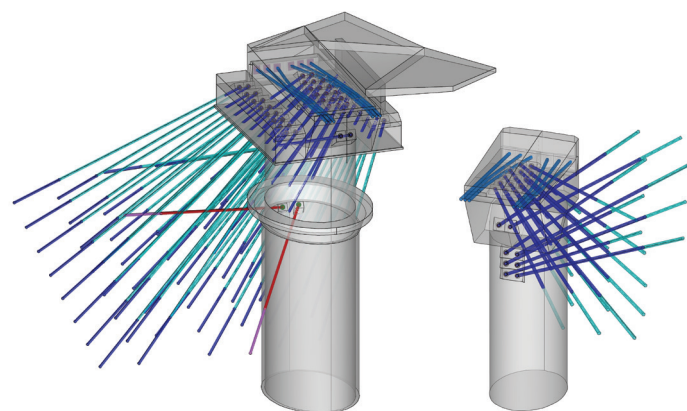
Izkušnje z že zgrajenimi tovrstnimi mostovi so pokazale, da je za njihovo trajnost ključna trajna zaščita kabelskih žic. Zaradi povedanega smo kabelske vrvi položili v zaščitne cevi HDPE (High Density Polyethylene), ki se jih po končani gradnji za-injektira, tako da je zagotovljena visoka antikorozijska zaščita jeklenih vrvi in s tem povezana dolgoročna nosilnost in trajnost objekta.

## 4.4 Geotehnična sidra

Vgrajenih je 74 trajnih geotehničnih sider, sestavljenih iz 7 pramenov 0,62" ( $A_t = 1050 \text{ mm}^2$ ), s kvaliteto jekla za napenjanje St 1660/1860. Sidra so dolžin 15,5 do 40,0 m in so izvedena v naklonih 13° do 45°. Dolžina veznega dela sider znaša 6,0 m.



Slika 3. Vzdolžni prezek mostu (dimenzije v metrih).



Slika 4. 3D-model opornikov s potekom kablov za prednapenjanje in razpletom geotehničnih sider.

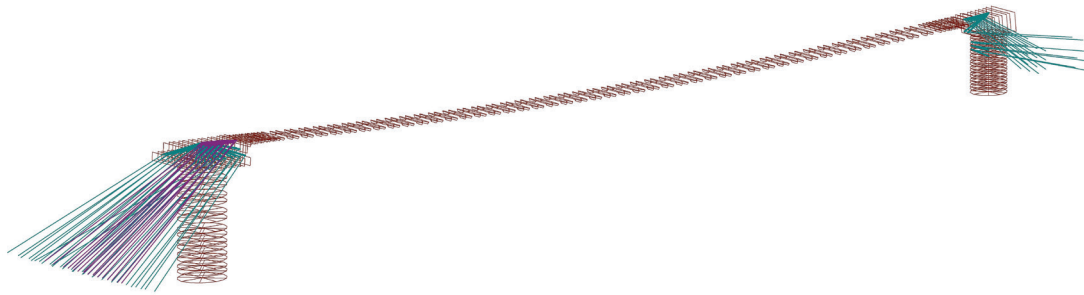
## 5 ANALIZA KONSTRUKCIJE

Statična in dinamična analiza mostu je bila izvedena na prostorskem modelu z grednimi in lupinastimi elementi, neodvisno, z dvema različnima programskima paketoma Bentley - RM Bridge [Bentley - RM Bridge, 2018] in SOFISTI<sub>K</sub> [SOFISTI<sub>K</sub>, 2018].

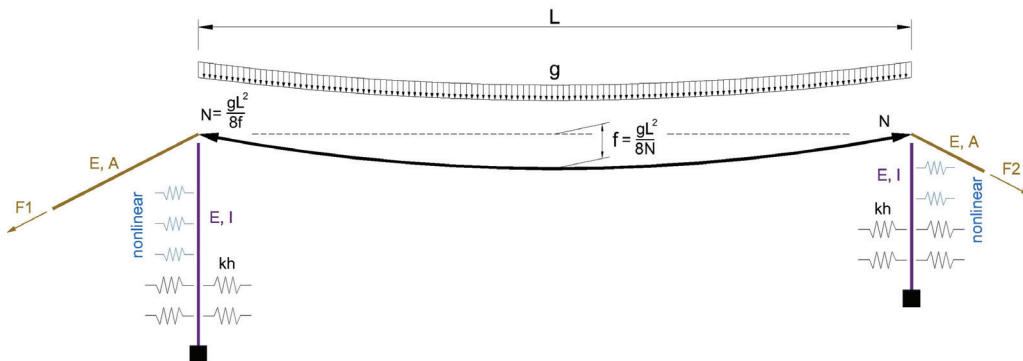
Nelinearna analiza po teoriji III. reda je zajemala 37 gradbenih faz ob upoštevanju časovno odvisnih deformacij zaradi krčenja in lezenja betona ter velike deformabilnosti konstrukcije.

### 5.1 Dinamična analiza – kontrola vibracij

Mostovi za pešce so podvrženi vibracijam in drugim dinamičnim obremenitvam, povzročeni zaradi hoje in tekanja pešcev. Zaradi dinamične obtežbe pešcev obstaja potencialna nevarnost za prekomerno nihanje mostov.



Slika 5. Računalniški model mosta: prostorski 3D-model iz prizmatičnih grednih elementov.



Slika 6. Shema statičnega modela konstrukcije.

Dinamična obtežba vetra za most ni problematična saj je razmeroma težka betonska pohodna konstrukcija tanka in široka plošča z majhno čelno površino aerodinamične oblike, ki onemogoča tvorbo večjih vrtincev in posledično vibracij (VIV – Vortex induced vibration).

Preverjeni so bili maksimalni pospeški konstrukcije za kritične nihajne oblike (med 0,5 in 2,3 Hz) po spektralni metodi [Heinemeyer, 2009]. Prav tako smo izvedli tudi časovno odvisno analizo ob upoštevanju dinamičnih obremenitev zaradi:

**– hoje skupine pešcev pri prehodu čez most**

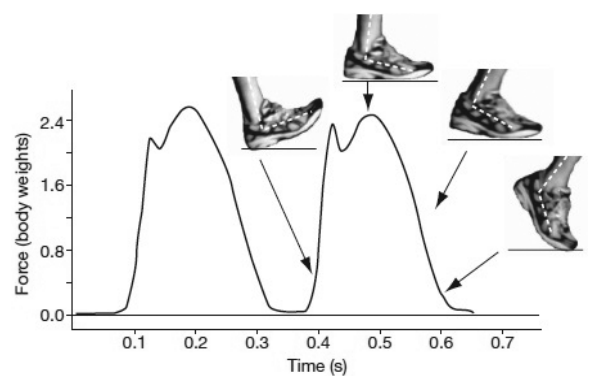
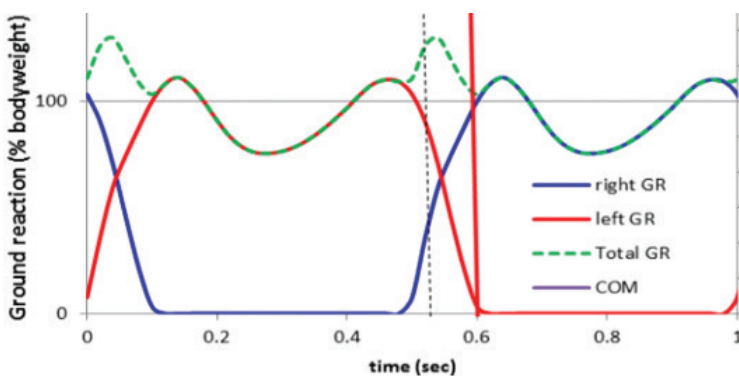
Upoštevana je bila skupina 75 pešcev posamezne teže 80 kg, ki prečkajo most. Pešči sinhrono korakajo s frekvenco 0,5 Hz in se čez most pomikajo s hitrostjo 1,2 m/s. Upoštevana je ekscentričnost dinamične obtežbe v prečni smeri glede na realne možne postavitve obtežbe.

tričnost dinamične obtežbe v prečni smeri glede na realne možne postavitve obtežbe.

**– teka skupine tekačev čez most**

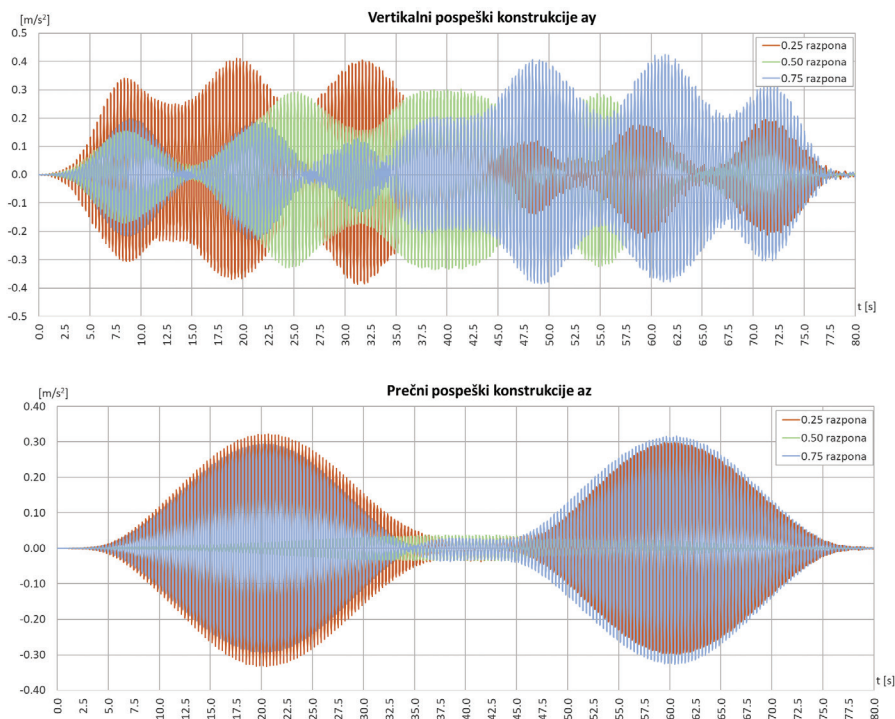
Upoštevana je bila skupina 60 tekačev posamezne teže 80 kg, ki prečka most. Čez most se pomikajo s hitrostjo 2,4 m/s in sinhrono korakajo s frekvenco 0,33 Hz. Upoštevana je ekscentričnost dinamične obtežbe v prečni smeri glede na realne možne postavitve obtežbe.

Rezultati časovno odvisne analize so pokazali, da je konstrukcija pri hoji pešcev čez most v prvem razredu udobnosti [Heinemeyer, 2009]. Pri prečno ekscentrični obtežbi tekačev s sinhronim vzbujanjem konstrukcije vzdolž celotnega mosta pa bi deli pohodne konstrukcije nihali s prečnim pospeškom do 0,3 m/s<sup>2</sup>, pri čemer bi konstrukcija dosegla drugi razred udobnosti [Heinemeyer, 2009].



Slika 7. Faktor vertikalne obtežbe na podlago pri hoji [Wwrichard, 2018] in pri teku [ResearchGate, 2018].





**Slika 8.** Vertikalni in prečni pospeški konstrukcije pri ekscentričnem teku čez most [Ponting – Pipenbaher Consulting Engineers, 2020].

## 6 GRADNJA

Vodnjak opornika 1 je bilo treba izvesti na lokaciji obcestnega nasipa, ki je grajen iz gline, zaglinjenega gruščja, blokov apnenca in pomešan z gradbenimi odpadki. Pretrt in zakrasel apnenec in dolomitiziran apnenec, ki predstavlja hribinsko podlago na obravnavanem območju, se je po geoloških raziskavah nahajal na globini 10 do 12 m.

V višini nasipa se je izvedel široki odkop školjkaste oblike, ki se je varoval s pasivnimi sidri in betonsko oblogo. Sledil je vertikalni izkop po kampadah, ki so se sproti varovale z monolitnimi AB-prstani. Med izkopom vodnjaka se je pokazalo, da se kompaktna hribinska podlaga nahaja 1,5 do 2,5 m globlje od predvidene, zato je bilo treba vodnjak poglobiti s 16,0 m na 19,0 m.



**Slika 9.** Pogled na torkretiran izkop vodnjaka 1.



**Slika 10.** Pogled na izkop vodnjaka 2.

Na območju opornika 2 je strma brežina prekrita z deluvialno rjavo glino različne debeline. Ponekod na brežini apnenec izdanja na površje. S projektom je bilo predvideno, da je vodnjak do vrha vpet v siv in dolomitiziran apnenec, vendar je zaradi preperle in zaglinjene kamnine že v začetni fazi izkopa na srednji strani vodnjaka odpadla skala višine 2,0 m in globine 3,0 m. Za zagotavljanje lokalne stabilnosti podpore 2 je bilo treba dodati 9 geotehničnih sider in dodatno armaturo vodnjaka.

Pred izkopom zadnje kampade obeh vodnjakov je bilo potrebno zelo zahtevno in precizno miniranje (globina vodnjaka, dostop z vrtnim strojem, zagotavljanje oblike vodnjaka, minimalni vpliv na okoliško nosilno hribino).



Armiranje in betoniranje vodnjakov se je izvedlo klasično v slojih višine 2,5 do 4,0 m. V zgornjih slojih vodnjakov so se med polaganjem armature natančno pozicionirale opažne cevi, ki so kasneje služile za usmeritev, vrтанje in vgrajevanje geotehničnih sider.

Glede na geometrijo opornika, dispozicijo sider, razpoložljivi delovni prostor ter dimenzije in »okornost« razpoložljivega stroja za vrтанje sider je bilo potrebnih precej prilagoditev in

nepredvidenih delovnih faz, da je bilo vrтанje sploh izvedljivo. Vrтанje, vgrajevanje in napenjanje sider se je na oporniku 1 izvajalo v dveh fazah, in sicer najprej 32 sider spodnjega nivoja in nato 20 sider v zgornjem nivoju. Na oporniku 2 se je vseh 22 sider napelo v eni fazi. V postopku napenjanja geotehničnih sider so se na vseh sidrih izvedli odobritveni preizkusi, pri čemer se je vsako sidro najprej napelo na 1406 kN in se za tem zaklinilo na silo med 900 in 1050 kN. Na vsakem oporniku sta



Slika 11. Armatura dna vodnjaka 1.



Slika 12. Opažne cevi v zgornjem sloju vodnjaka 1.



Slika 13. Vrтанje sider opornika 1.



Slika 14. Vrتانje sider opornika 2.



Slika 15. Napenjanje sider spodnjega nivoja opornika 1.



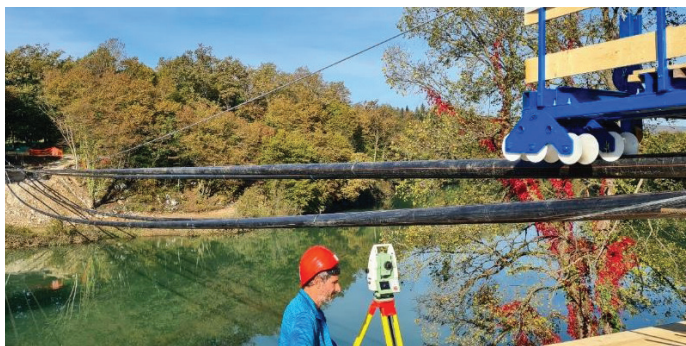
Slika 16. Pogled na že napeta sidra drugega nivoja opornika 1.



se vgradili po dve merski sidri z oddajniki, ki omogočajo oddaljeno spremljanje sil v sidrih.

Po prvi fazi napenjanja geotehničnih sider spodnjega nivoja opornika so se do konca izvedli konstrukcijski deli opornikov, v katere so se vgradili kabelske glave, kabelske cevi, kabelski deviatorji ter pomožna oprema za montažo kablov zgornjega nivoja opornikov.

V fazi montaže kablov se je čez Krko najprej napela ena kabelska vrv, ki se je na koncih zasidrala v opornika. Na to vrv so se nato s pomočjo objemk obešale posamezne HDPE-cevi, v katere so se vstavljale kabelske vrvi. Glede na prerez HDPE-cevi in veliko število vrvi je bilo treba vrvi skozi cev speljati vzporedno brez prepletanja od ene kabelske glave do druge, ki sta med seboj oddaljeni več kot 140 m. Za izvedbo tega je moral izvajalec Freyssinet Adria, d. o. o., izdelati poseben »čolniček«, ki je usmerjal kabelske vrvi in preprečeval njihovo prepletanje med uvlačenjem. Izvedla se je montaža štirih gladkih HDPE-cevi, v katere se je uvleklo po 47 kabelskih vrvi. Napenjanje kablov se je izvajalo z napenjanjem vseh kabelskih vrvi sočasno, pri čemer se je vsak kabel napel s silo 6600 kN. Poves kablov se je z začetnih 3 m zmanjšal na 17 cm. Med napenjanjem kablov sta se opornika premaknila 5 do 7 mm proti reki, kar je ca. 15 % manj od rezultatov, dobljenih z računsko analizo.



**Slika 17.** HDPE-cevi v fazi napenjanja kablov.

Že naslednji dan se je izvedlo napenjanje geotehničnih sider drugega nivoja opornikov, dva dni za tem pa se je pričela montaža predizdelanih elementov.

Izvajalec je začel izdelavo betonskih elementov v svojem obratu že kmalu po začetku gradnje, tako da so bili v času montaže ti stari že 6 do 10 mesecev, s čimer se je do takrat polovica krčenja betona že izvršila. Treba je bilo izdelati 44 tipskih elementov teže 4,3 t in dva krajna elementa teže 6,0 t. Elementi so bili zabetonirani v jeklenem opažu iz betona C45/55 in so armirani z armaturo B500B. Debelina betona, 2,4 m dolgega in 4,0 m širokega predizdelanega betonskega elementa, je lokalno samo 10 do 20 cm.

Za montažo elementov je moral izvajalec poiskati novo tehnološko rešitev, saj pri tem tipu mostov do sedaj na svetu še niso bili uporabljeni kabli v zainjektiranih HDPE-ceveh. V ta namen je zasnoval specialni pomični voziček, na katerega se je obešal



**Slika 18.** Predizdelani betonski element.

po en element. Elementi so se z vozičkom dvigovali direktno s kamiona in po HDPE-ceveh prepeljali na končno pozicijo, kjer so se povezali s predhodnim segmentom. Voziček z osmimi seti treh plastičnih koles je elemente prevažal po kabelskih HDPE-ceveh brez poškodb cevi. Montaža elementov je trajala samo 5 dni.

Po montaži vseh elementov se je v utore elementov pričelo polaganje armature in rebastih HDPE-cevi, ki so služile za napenjanje kablov druge faze. Po zabetoniranju dveh glavnih



**Slika 19.** Montaža z vlečenjem elementov po vrveh [Stráský, 2023].



**Slika 20.** Montaža elementov s specialnim vozičkom.



vzdolžnih kanalov, prečnih utorov med elementi ter zgornjih delov opornikov je postala konstrukcija monolitno povezana.

Po montaži elementov je poves konstrukcije znašal 152 cm in se je med betoniranjem vzdolžnih kanalov in prečnih utorov povečal na 208 cm, kar je bilo tudi računsko predvideno.

Sledilo je uvlačenje 2 x 55 kablskih vrvi v rebrasti HDPE-cevi in napanjanje kablov 2. faze, ki so se napeli na silo 8500 kN. Skupna sila v vseh kablkih znaša 44.000 kN (4.400 t). Z napanjanjem kablov druge faze so se v prerez pohodne konstrukcije vnesli tlaki, tako da v fazi uporabe v konstrukciji ne prihaja do nategov. Poves konstrukcije po napanjanju in injektiranju kablov druge faze je znašal računsko predvidenih 170 cm.

Letos spomladi se je pričela izvajati finalizacija objekta, v sklopu katere sta se izvedla epoksidni protidrski premaz pohodne površine ter ogreja iz nerjavečega jekla z vgrajeno linijsko LED-razsvetljavo. Poleg tega so se izvedli tudi na dostopne kolesarske poti, ureditev okolice ter majhen trg z razglednim balkonom ob mostu.

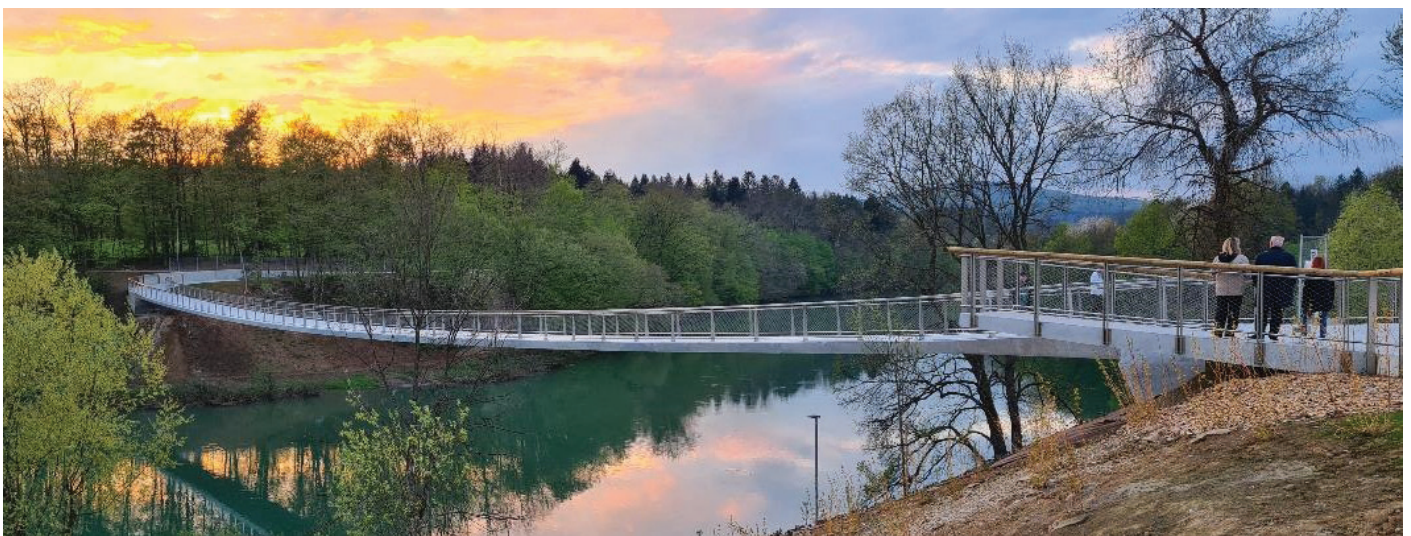
Med gradnjo mostu je bilo potrebnih kar nekaj sprememb, ki pa smo jih skupaj z izvajalcem uspešno sprotno reševali: zaradi (ne)razpoložljive mehanizacije je izvajalec spremenil način izvedbe izkopa vodnjaka 1. Med izkopom obeh vodnjakov se je pokazala nepredvidljivost temeljenja v kraškem svetu, zaradi česar je bila potrebna poglobitev vodnjaka 1 ter dodatna armatura in dodatna sidra na podpori 2. Po izbiri dobavitelja sider se je prilagodil premer opažnih cevi v vodnjakih. Med vrtnjem sider opornika 1 se je v eni od vrtnin zlomil vrtnalni drog, ki ga ni bilo možno izvleči in tudi posledično izvesti sidra. S tem so se ustrezno korigirale sile zakliranja preostalih sider opornika 1. Prav tako je prišlo do loma vrtnalnega drogovja med vrtnjem sidra na oporniku 2, kjer se je posledično izvedlo sidro krajše dolžine. S projektom predvidena kablaska rebrasta HDPE-cev ni bila več v proizvodnji. V edino primerno rebrasto HDPE-cev, ki jo je bilo možno dobiti, pa je bilo zaradi manjšega premera zelo težko uvleči 55 kablskih vrvi.



**Slika 21.** Betoniranje utorov prefabriciranih elementov.



**Slika 22.** Napanjanje kablov 2. faze z napanjalko CC1500.



**Slika 23.** Pogled na končan most.



## 7 OBREMENILNA PREIZKUŠNJA

V začetku marca 2023 je bila izvedena obremenilna preizkušnja, ki jo je izvedel dr. Andrej Štrukelj, profesor na Fakulteti za gradbeništvo, prometno inženirstvo in arhitekturo Univerze v Mariboru v sodelovanju z Zavodom za Gradbeništvo Sloveni-

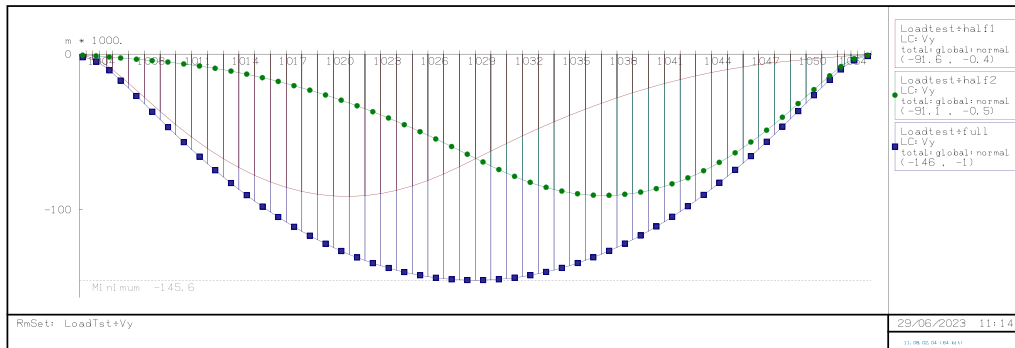
je [Štrukelj, 2023]. Izvajale so se statične in dinamične obremenitve pohodne konstrukcije z vozili teže med 3,4 in 4,2 t. Pri maksimalni obremenitvi je bilo uporabljenih 18 vozil skupne mase 70,4 t, kar predstavlja približno 60 % projektne obtežbe mostu. Med različnimi postavitvami vozil so se z geodetsko spremljavo izvajale meritve vertikalnih pomikov



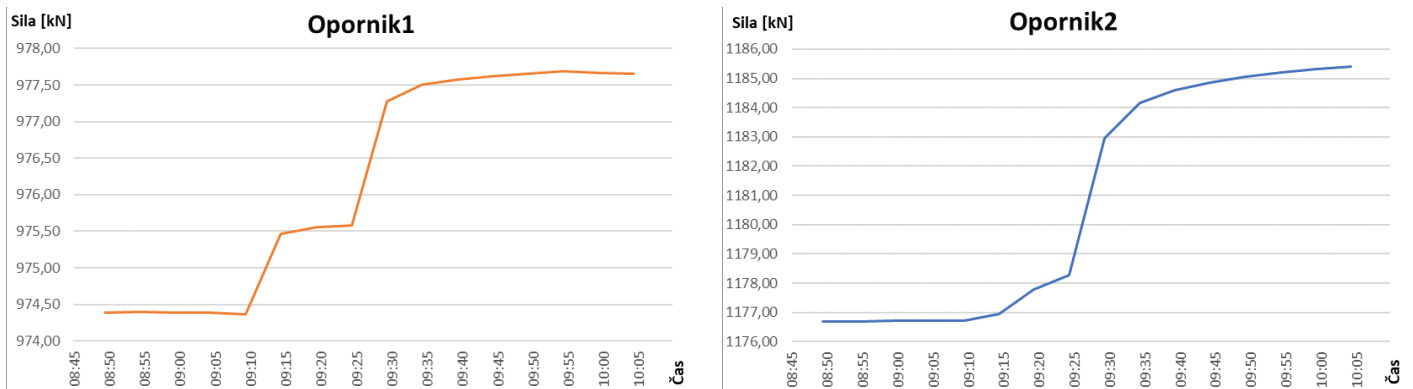
**Slika 24.** Trajne in začasne merilne naprave nameščene na konstrukcijo.



**Slika 25.** Maksimalna obremenitev z 18 vozili med obremenilno preizkušnjo.



Slika 26. Vertikalni pomiki konstrukcije med računsko simulacijo obremenilne preizkušnje (maks. 145 mm).



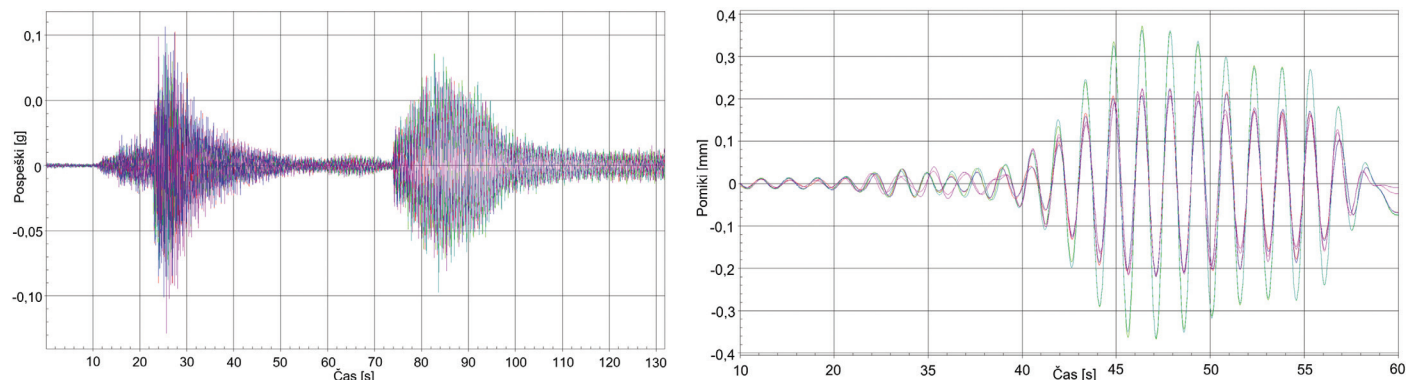
Slika 27. Odčitane sile v merskih sidrih med obremenilno preizkušnjo.

pohodne konstrukcije in horizontalnih pomikov opornikov. Z digitalnimi inklinometri so se merili zasuki opornikov. Z merilnimi celicami, ki so vgrajene v merskih sidrih so se z daljinskim odčitavanjem podatkov beležile sile v merskih sidrih.

Dinamično vzbujanje konstrukcije je bilo povzročeno z vožnjo enega vozila preko 4 lesenih gred, ki so bile položene na enakih medsebojnih razdaljah na površini voziščne konstrukcije.

zap. št.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
identificirane lastne frekvence [Hz]	0,6592	-	0,9766	1,4893	1,8799	-	2,6855	-	3,3691	-
računske lastne frekvence [Hz]	0,7001	0,9868	1,0882	1,6637	1,7989	2,2683	2,6353	2,9172	3,3794	3,6121

Preglednica 1. Primerjava identificiranih lastnih frekvenc z računsko določenimi [Štrukelj, 2023].



Slika 28. Izmerjeni pospeški (levo) in pomiki (desno) na sredini razpona pri vožnji vozila čez most med dinamično obremenilno preizkušnjo [Štrukelj, 2023].



Pod razpansko konstrukcijo so na četrтинah razpona trajno vgrajeni trije pari pospeškomerov. V času obremenilne preizkušnje pa so se na konstrukcijo namestili še dodatni pospeškomeri, s katerimi je bilo možno spremljati pospeške konstrukcije na več mestih. Med vožnjo vozila preko ovir so se merili vertikalni in prečni pospeški konstrukcije. Iz rezultatov meritev so se naknadno identificirale tudi lastne frekvence in dušenje konstrukcije.

Primerjava rezultatov računske analize z rezultati meritev je pokazala zelo dobro ujemanje oziroma so bili vsi izmerjeni pomiki do 10 % manjši od računskih. Razlike v rezultatih tega velikostnega razreda so se pojavljale že med gradnjo, kar je posledica dejanske vpetosti vodnjakov v hribino, ki je večja od računske. Prav tako so se iz meritev identificirane lastne frekvence zelo dobro ujemale z računsko določenimi frekvencami.

## 8 SKLEP

Izvajalec se je s svojo tehnično pripravo dobro pripravil na gradnjo in preučil vse gradbene faze ter izvedel tehnološko zahtevno in v nekaterih segmentih inovativno gradnjo prvega mostu z nateznimi trakovi v Sloveniji.

Most je izveden zelo kvalitetno in bo z minimalnimi stroški vzdrževanja povezoval prebivalce mesta z gozdom na nasprotnem bregu Krke.

Most, ki kot tanka črta prečka reko, se s svojo naravno obliko verižnice lepo vklaplja v naravni ambient gozda, reke in obrečnega prostora. Izjemen občutek in razgled med hojo po mostu sta presešla vsa pričakovanja, ki so se porajala v zadnjih šestih letih.

## 9 LITERATURA

Bentley - RM Bridge, Bentley Systems, Incorporated 685 Stoc-ton Drive, Exton, PA 19341, United States, 2018.

Heinemeyer, C., Butz, C., Keil, A., Schlaich, M., Goldack, A., Tro-meter, S., Lukić, M., Chabrolin, B., Lemaire, A., Martin, P., Cunha, Á., Caetano, E., Design of Lightweight Footbridges for Human Induced Vibrations. Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities, spletna stran: JRC Publications Repository - <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC53442>, 2009.

Ponting - Pipenbaher Consulting Engineers, Brv in kolesarska pot Irča vas, Projektna dokumentacija PONTING 544/2019-PZI, 2020.

ResearchGate, spletna stran: The Impact of load carriage on the biomechanical and physiological responses to shod and unshod running - [https://www.researchgate.net/publication/264695039\\_The\\_Impact\\_of\\_load\\_carriage\\_on\\_the\\_biomechanical\\_and\\_physiological\\_responses\\_to\\_shod\\_and\\_unshod\\_running](https://www.researchgate.net/publication/264695039_The_Impact_of_load_carriage_on_the_biomechanical_and_physiological_responses_to_shod_and_unshod_running), 2018.

Stráský, Hustý a partneři s.r.o., spletna stran: Bridge across the Rogue River - <https://www.shp.eu/en/projects/bridge-across-the-rogue-river/63>, 2023.

Structurae, spletna stran: Puente Leonel Viera - <https://structurae.net/en/structures/puente-leonel-viera>, 2018a.

Structurae, spletna stran: Birchweid Footbridge - <https://structurae.net/en/structures/birchweid-footbridge>, 2018b.

SOFISTIK, SOFISTIK AG, Flataustr. 14, 90411 Nurnberg, 2018.

Štrukelj, A., Poročilo o obremenilni preizkušnji brvi za pešce in kolesarje - Irča vas, št. 07-2023-AS, Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo, prometno inženirstvo in arhitekturo, 2023.

Wwrichard, spletna stran: Which bump does what? - <https://wwrichard.net/2013/04/25/which-bump-does-what/>, 2018.



Slika 29. Nočna razsvetljava mostu.

asist. Maja Lešnik Nedelko, mag. inž. arh.  
maja.lesnik6@um.si



asist. Maja Žigart Verlič, mag. inž. arh.  
maja.zigart@um.si  
Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo,  
prometno inženirstvo in arhitekturo  
Smetanova ulica 17, 2000 Maribor



**Strokovni članek**  
UDK/UDC 624.011.1:7.014.11-027.1

# MODULARNA LESENA GRADNJA: TRENDI IN RAZVOJ

## MODULAR TIMBER CONSTRUCTION: TRENDS AND DEVELOPMENT

### Povzetek

Modularna lesena gradnja je hitrorastoči trend v gradbeništvu, ki uporablja prefabricirane module za učinkovito in kakovostno gradnjo. Ta metoda ponuja številne prednosti, med drugim hitrejšo gradnjo, boljši nadzor nad materiali in nižje stroške. Modularna lesena gradnja spodbuja trajnost, saj se pri gradnji zmanjša količina odpadkov in optimizira uporaba materialov. V članku so predstavljeni štirje zgrajeni primeri modularnih lesenih stavb, ki poudarjajo njihovo vsestranskost in primernost za različne projekte po vsem svetu.

Ključne besede: modularna gradnja, lesena gradnja, modul

### Summary

Modular timber construction is a fast-growing trend in the building industry, using prefabricated modules for efficient and high-quality construction. This method offers numerous advantages, including shorter construction times, better control over materials, and lower costs. Modular timber construction also promotes sustainability by reducing waste and optimising material use. The article showcases four real-life examples of modular timber buildings, highlighting their versatility and suitability for various projects worldwide.

Key words: modular construction, timber construction, module

## 1 UVOD

Modularna lesena gradnja je hitrorastoč trend v gradbeni industriji, ki temelji na uporabi prefabriciranih modularnih enot, imenovanih moduli. Moduli so običajno izdelani v kontroliranem okolju v tovarni, nato pa se transportirajo na gradbišče in sestavijo na mestu v končno strukturo. Tak način gradnje prinaša več prednosti, vključno z večjo učinkovitostjo, krajšim časom gradnje in izboljšanim nadzorom kakovosti. Proizvodnja v tovarni lahko zmanjša zamude zaradi slabih vremenskih razmer in omogoča večji nadzor nad uporabo in zaščito gradbenih materialov pred poškodbami. Popolna digitalizacija in avtomatizacija proizvodnje ter lažje preverjanje kakovosti gradnje omogočajo višjo kakovost končnih izdelkov. Gradnja je hitrejša in bolj učinkovita, saj se moduli enostavno povezujejo in nameščajo. Modularna gradnja z zmanjševanjem odpadkov in optimizacijo uporabe materialov omogoča večjo trajnost. Ker so moduli skrbno načrtovani, jih je možno reciklirati ali ponovno uporabiti. Hitrost gradnje ter manjše zahteve glede prostora in opreme na gradbišču zmanjšajo stroške gradnje. Ker je zaradi hitrosti gradnje skupni delovni čas delavcev krajši, so manjši tudi stroški plač in morebitnih nastanitev [Hořínková, 2021].

Pri prenovi, dograditvi ali nadgradnji obstoječih stavb je obstoječe objekte možno uporabljati v času gradnje ali zaradi hitre in predvidljive gradnje optimizirati čas, ko obratovanje obstoječega objekta ni mogoče [Kaufmann, 2018]. Kljub številnim prednostim obstajajo tudi nekatere slabosti modularne gradnje, ki jih velja upoštevati. Ena izmed najpomembnejših je omejitev dimenzij modulov zaradi transporta. Potrebno je zelo natančno načrtovanje sestavnih delov modulov za prefabrikacijo in usklajevanje posameznih gradbenih procesov, predvsem proizvodnje in montaže [Hořínková, 2021].

S svojo vsestranskostjo in učinkovitostjo modularna lesena gradnja spreminja način načrtovanja in izgradnje stavb in postaja vse bolj privlačna za širok spekter projektov po svetu, od

stanovanjskih stavb in poslovnih objektov do šol in vrtcev. Aktualnost modularne gradnje je bila prepoznana na številnih arhitekturnih natečajih, npr. študentski natečaj avstrijskega podjetja pro:Holz in natečaj »Lesena modularna gradnja« slovenske revije Outsider v letu 2023.

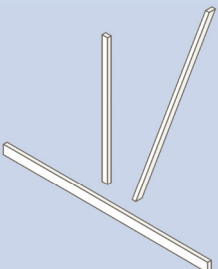
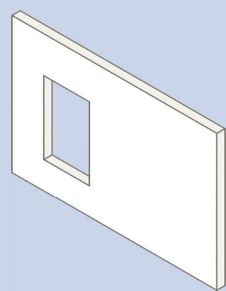
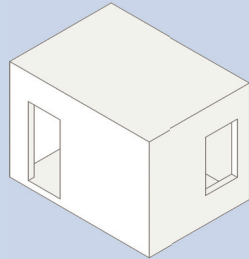
V Sloveniji je najbolj razširjena modularna gradnja z linearnimi in dvodimenzionalnimi, manj pa s tridimenzionalnimi elementi, zato je namen tega članka predstaviti ta način gradnje. V nadaljevanju bomo obravnavali osnovne principe modularne gradnje s poudarkom na tridimenzionalni in leseni modularni gradnji, ki bodo predstavljeni na štirih primerih zgrajenih stavb.

## 2 MODULARNA GRADNJA

### Raven prefabrikacije

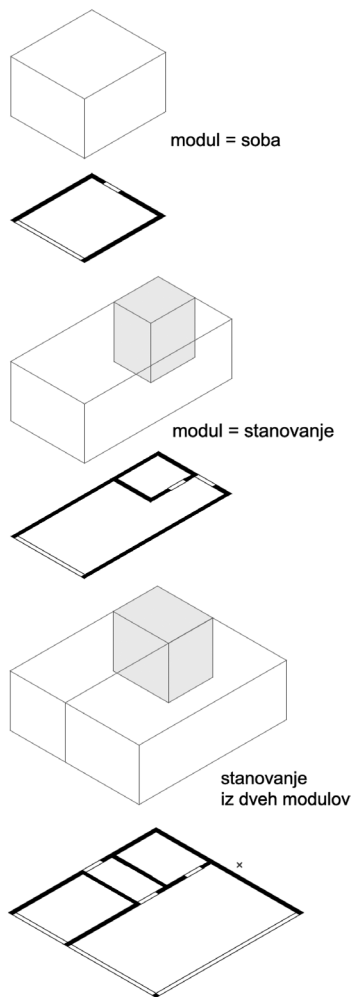
Prefabricirani elementi za gradnjo so lahko enostavni linearni elementi, dvodimenzionalni (2D) elementi v obliki prefabriciranih sten, tal ali stropov ter tridimenzionalni (3D) elementi v obliki prefabriciranih modulov. Medtem ko linearni elementi omogočajo več prilagodljivosti in modifikacij na gradbišču in enostavnejši transport, so dvodimenzionalni in tridimenzionalni prefabricirani elementi večinoma pripravljene že v tovarni, zato je čas sestavljanja na gradbišču hitrejši. Modularna gradnja v splošnem vključuje montažo tridimenzionalnih (3D) enot, ki so izdelane v tovarni, nato prevoz in sestavljanje enot v objekt na gradbišču, ter se razlikuje od panelne gradnje, ki vključuje montažo in predizdelavo dvodimenzionalnih (2D) elementov v tovarni [Quale, 2012].

Obstaja tudi možnost kombiniranja različnih ravni prefabrikacije, t. i. hibridni sistem modularne gradnje, ki vključuje tako dvodimenzionalne kot tudi tridimenzionalne elemente. Modularna tridimenzionalna gradnja je namreč najprimernejša za manjše, celovito opremljene enote ali prostore, ki vsebujejo kompleksno opremo, kot so kuhinje, kopalni-

	LINEARNI ELEMENTI	DVODIMENZIONALNI ELEMENTI	TRIDIMENZIONALNI ELEMENTI
			
<b>produkti</b>	stebri, nosilci, diagonale...	tla, stene, stropovi, strehe	moduli
<b>dimenzije</b>	brez omejitev dimenzij, enostavno za transport	veliko možnosti dimenzij	omejitev dimenzij zaradi transporta
<b>oblikovanje</b>	možnost prilagoditev in modifikacij oblik	ponavljanje tipov sten, stropov	ponavljanje modularnih enot
<b>gradnja</b>	večji del izvedbe na gradbišču	krajša izvedba na gradbišču	zelo kratka izvedba na gradbišču

**Preglednica 1.** Ravni prefabrikacije elementov, povzeto po ([Stora Enso, 2016], [Kaufmann, 2018]).





Slika 1. Strukturne enote modularne gradnje.

ce in osrednja komunikacijska jedra. V nasprotju s tem pa so linearni ali dvodimenzionalni elementi bolj primerni za fleksibilne, odprte prostorske strukture z velikimi razponi [Kaufmann, 2018].

### Tridimenzionalna modularna gradnja

Tridimenzionalna modularna gradnja se trenutno uporablja predvsem za tipologije stavb, kjer se ponavljajo osnovni gradniki v objektih, kot so: hoteli, stanovanjske hiše, domovi za ostarele ipd. Gradnja z moduli ni nujno omejena le na ponavljanje enakih vrst modulov, ampak z določenimi prilagoditvami omogoča svobodnejši tloris. Osnovna ideja tega načina gradnje je, da je vsaka posamezna soba prefabricirana strukturna enota (z ali brez t. i. mokrih prostorov) ali pa je posamezna strukturna enota kar celo stanovanje, kot je prikazano na sliki 1. Nadalje je možno z namenom ustvarjanja večjih odprtih prostorov (pisarne, učilnice ipd.) te prefabricirane enote poljubno združevati [Kaufmann, 2018].

### Konstruktivski sistemi in materiali

Pri modularni gradnji je v uporabi vrsta različnih konstrukcijskih sistemov in materialov, med katerimi so najpogostejši

jeklo, les in betonski prefabrikati. Vsak izmed njih ima svoje prednosti in specifične pri uporabi. Les je naraven, trajnosten, biorazgradljiv material, ki je relativno enostaven za predelavo ali ponovno uporabo. Jeklo je znano po svoji uporabnosti in trajnosti v razmerju med trdnostjo in težo. V nasprotju z lesom in jeklom se betonski prefabrikati na splošno uporabljajo do stopnje panelne prefabrikacije [Boafo, 2016].

Mogoča je tudi kombinacija različnih konstrukcijskih sistemov in materialov, na primer lesenih konstrukcij, ojačanih z jeklom ali betonom. Takšne rešitve so že na voljo v obliki hibridnih konstrukcijskih elementov, npr. kompozitne leseno-betonske plošče/stropi [Kaufmann, 2018].

### Les – trajnostna izbira za modularno gradnjo

Za doseganje trajnostnega grajenega okolja in zmanjševanja ogljičnega odtisa novozgrajenih stavb v zadnjih letih narašča popularnost gradnje z lesom. Les je idealen material za montažno in modularno gradnjo zaradi možnosti strojne obdelave, ki omogoča učinkovito predizrezovanje in rezkanje različnih elementov izven gradbišča, ter zaradi majhne teže, kar olajša prevoz in vgradnjo [Bhandari, 2023]. Iz teh razlogov se v modularni leseni gradnji pogosto uporabljajo lesene okvirnapanelne in skeletne konstrukcije, v zadnjih letih pa postaja vedno bolj priljubljena modularna gradnja iz križno lepljenega lesa (CLT, angl. cross-laminated timber).

## 3 PRIMERI IZ PRAKSE

Z namenom prikaza in primerjave pojavnosti tridimenzionalne modularne lesene arhitekture v praksi so bili izbrani štirje primeri stavb, ki so zgrajeni v lesenih modularnih sistemih, različnih tipologij in namembnosti (stanovanjske stavbe, stavbe mešane rabe, izobraževalne stavbe, študentski domovi).

### 3.1 Večstanovanjski objekt Puukuokka

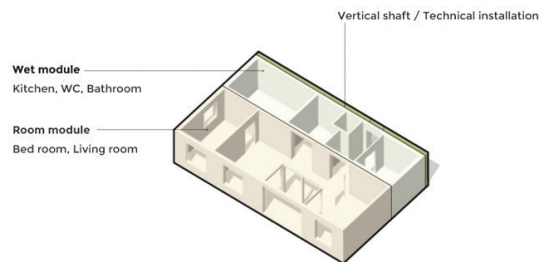
OOPEAA, Jyväskylä, 2018



Slika 2. Večstanovanjski objekti Puukuokka. Fotograf: Mikko Auerniitty [OOPEAA, 2021].



Typical floor plan



Modular elements

**Slika 3.** Večstanovanjski objekt Puukuokka. Tipična etaža (levo) in prikaz modulov (desno) [OOPEAA, 2021].

Puukuoka One, ki je bila končana leta 2015, je prva osemnadstropna lesena stanovanjska stavba na Finskem. Stanovanjski kompleks Puukuokka, ki je bil v celoti dokončan leta 2018, sicer sestavljajo tri od 6- do 8-nadstropne stavbe, ki ponujajo 150 stanovanj s skupno tlorisno površino približno 10.000 m<sup>2</sup>. Želeli so zasnovati stavbo, ki združuje občutek topline in zasebnosti enodružinske hiše s poljavnim značajem skupnih prostorov, ter izkoristiti tehnične in estetske lastnosti CLT-ja z izrazitim lastnim arhitekturnim izrazom. Puukuokka je služila kot pilotni primer za razvoj in testiranje sistema tridimenzionalni modulov iz CLT-ja. Uporaba modulov je skrajšala čas na gradbišču za šest mesecev. Izboljšala pa se je tudi kakovost končne gradnje, saj so zmanjšali izpostavljenost materialov vremenskim razmeram [OOPEAA, 2021].

Vsako stanovanje je sestavljeno iz dveh modulov, v enem, t. i. mokrem modulu so predprostor, kuhinja in kopalnica, v drugem pa dnevna soba, spalnica in balkon. Moduli se zlagajo tako, da je prvi modul lociran ob komunikaciji, drugi modul pa ob fasadi. Fasada objekta je prav tako prefabricirana, ampak dodana na gradbišču.

### 3.2 Večstanovanjski objekt Juf Nienke

SeARCH, Amsterdam, 2022

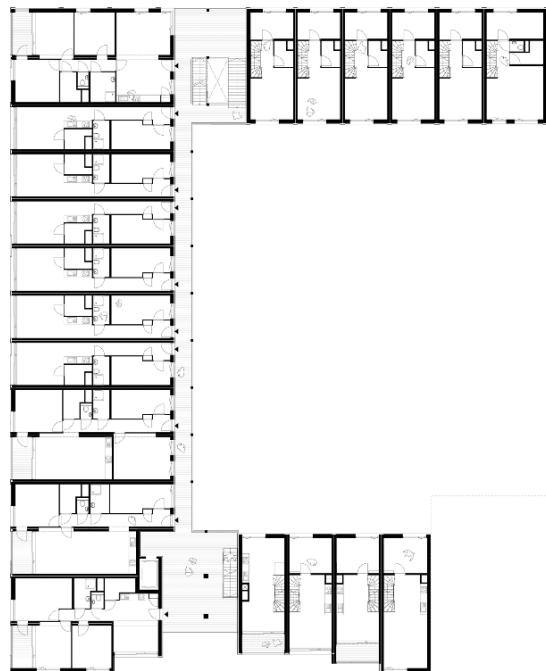
Večstanovanjski objekt Juf Nienke, zgrajen leta 2022 v Amsterdamu, vključuje 61 stanovanj, sestavljenih iz lesenih modulov. Zaradi pomanjkanja cenovno dostopnih stanovanj v Amsterdamu je bilo 31 stanovanj zgrajenih za učitelje in druge javne uslužbenke, polovica stanovanj pa je namenjenih družinam. 15 metrov visoka lesena konstrukcija leži na betonski osnovi, kjer se nahajata polvkopana parkirna hiša in dvovišinsko pritličje s trgovinami, kavarno, delovnimi prostori in ateljeji [SeARCH, 2023]. Cilj mesta Amsterdam je, da bo od leta 2025 dalje petina novih stavb zgrajenih iz lesa, zato so bila tudi za gradnjo na območju Centrumeiland predpisana stroga pravila. Zaradi modularnosti objekta je bila zmanjšana količina odpadkov in čas gradnje, po potrebi pa je mogoče objekt razširiti. Objekt je bil načrtovan tako, da omogoča reciklažo, saj so vsi moduli takšni, da jih je mogoče razstaviti in ponovno uporabiti [Elmer, 2022]. Vsi leseni moduli so standardne širine 4 metrov in raz-

ličnih globin. Manjša stanovanja so sestavljena iz enega modula, večja pa sestavljajo horizontalno ali vertikalno povezani moduli.



**Slika 4.** Večstanovanjski objekt Juf Nienke [SeARCH, 2023].





**Slika 5.** Juf Nienke; sestavljanje modulov (levo) in tloris tipične etaže (desno) [SEARCH, 2023].

### 3.3 Šola Züri-Modular

Bauart Architekten, Zurich, 2012–2020

dulov) in dodatnih delov, kot so temelji, streha in stopnice. Zaradi demografskih sprememb je bilo do leta 2020 tudi dejansko preseljenih 13 stavb ter nadzidanih 8 v osnovi dvonadstropnih stavb.



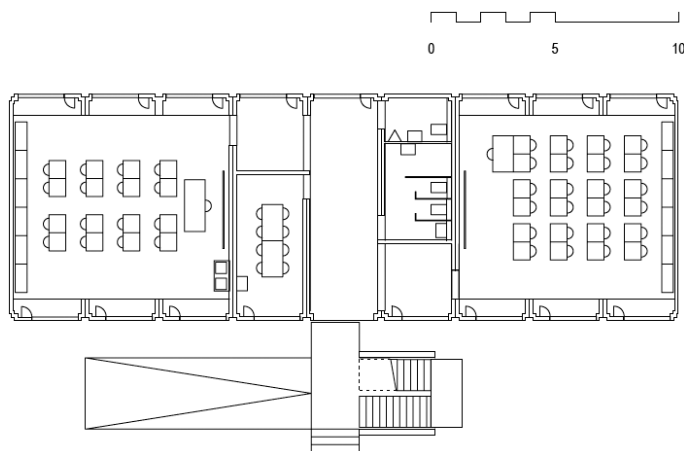
**Slika 6.** Züri-Modular; sestavljanje modulov (levo) in paviljon prve generacije (desno) [Rinke, 2020].

V mestu Zürich se je potreba po šolskih prostorih od konca devetdesetih let prejšnjega stoletja nenehno povečevala. Šolski paviljon Züri-Modular je nastal leta 1998 kot nadaljnji razvoj modularnega šolskega paviljona predhodno razvitega za mesto Thun. V osnovi je bilo leta 1998 postavljenih 5 šolskih paviljonov, vendar so jih do leta 2020 skupno postavili kar 76, v bližnji prihodnosti pa je predvidena tudi postavitve dodatnih paviljonov.

V osnovi so moduli načrtovani za večkratno uporabo, temu pa je prilagojena tudi zasnova. Modularni sistem lesene gradnje je sestavljen iz standardiziranih elementov (tridimenzionalni mo-

trinadstropni modularni paviljon ponuja približno 500 m<sup>2</sup> uporabne površine. Osnovna zasnova je sestavljena iz dveh učilnic v vsakem nadstropju, ki sestojita iz treh tridimenzionalnih modulov. Učilnici sta med seboj povezani z osrednjim prostorom z garderobo, sanitarijami in prostorom za skupine. Vsak izmed teh prostorov se nahaja v enem tridimenzionalnem modulu. Vertikalna komunikacija je zagotovljena preko zunanega stopnišča. Učilnice so osvetljene z obeh strani in so tako v veliki meri neodvisne od pogojev lokacije [Rinke, 2020].

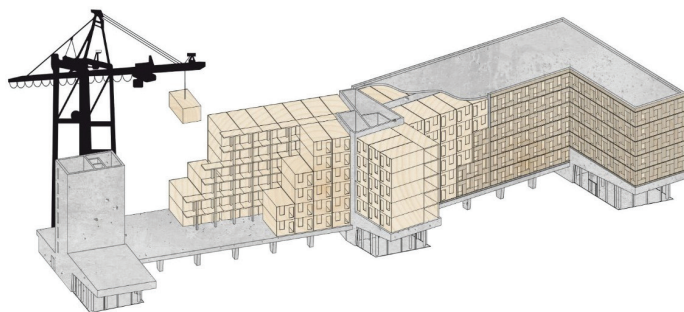




**Slika 7.** Züri-Modular; tloris tipičnega nadstropja [Rinke, 2020].

### 3.4 Študentski dom Woodie

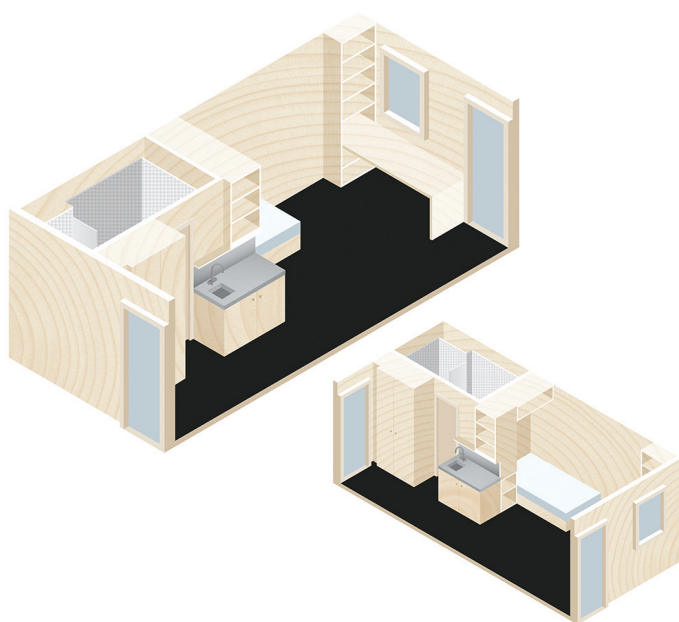
Sauerbruch Hutton, Hamburg, 2017



**Slika 8.** Woodie; fasada (zgoraj) in shematski prikaz sestavljanja modulov (spodaj) [JLL, 2023].

Trenutno največja stanovanjska stavba na svetu iz tridimenzionalne modularne lesene konstrukcije Woodie, zgrajena leta 2017, ponuja mikrostanovanja za 371 študentov. Stavba je del nove stanovanjske soseske na območju Wilhelmsburga v Hamburgu, ki temelji na eksperimentalnem značaju mednarodne gradbene razstave iz leta 2013 in uteleša načela univerzalnega oblikovanja: trajnostno, preprosto in vključujoče. Struktura pritličja in trije vertikalni servisni sklopi so izdelani iz konvencionalnega armiranega betona, na katero je postavljenih 371 stanovanjskih tridimenzionalni modulov, 5 oziroma 6 nadstropij visoko [Archdaily, 2020].

Posebna pozornost pri gradnji je bila namenjena zahtevam požarne varnosti. Za leseno gradnjo je bila gradnja študentskega doma pomemben korak, saj velja za precedens za stavbe 4. in 5. gradbenega razreda v leseni gradnji, ki so bile od takrat odobrene v Hamburgu. Potrebne so bile na primer kovinske okenske odprtine, ki so izvlčene 5 do 8 cm od fasade, ali kovinske pločevine, ki potekajo vodoravno, da bi preprečile širjenje požara in so opazovalcu jasno vidne [Greve, 2018].



**Slika 9.** Woodie; zasnova tipičnega modula [Prefabium, 2023].

## 4 PRIMERJAVA PROJEKTOV

V spodnji tabeli je prikazana primerjava predstavljenih projektov z vidika dimenzij in prostorske organizacije modulov, osnovne konstrukcije modulov, podstavka in jedra ter stopnje prefabrikacije.

Iz primerjave prikazanih primerov lahko razberemo, da se uporabljajo tridimenzionalni moduli manjših dimenzij, ki so večinoma prilagojene omejitvam zaradi transporta. Pri tem je zaznati ponavljanje in združevanje enakih tipov modulov v bivalne ali druge enote. Konstrukcijo stavbe običajno sestavljajo armiranobetonski podstavki (ali temelji) in vertikal-

Projekt	Večstanovanjski objekt Puukuokka	Večstanovanjski objekt Juf Nienke	Šola Züri-Modular	Študentski dom Woodie
<b>Dimenzije modula</b>	različnih širin ter globine 3,5 m in 2,5 m	standardne širine 4 m in različnih globin	približno 3 m širine in 10 m globine	približno 3,3 m širine in 7 m globine
<b>Prostorska organizacija modulov</b>	dva modula sestavljata bivalno enoto	modul ali več modulov sestavljajo eno bivalno enoto	modul je ločena funkcijska enota (sanitarije, garderobe), trije moduli skupaj sestavljajo učilnico	modul sestavlja študentsko bivalno enoto
<b>Konstruktivni sistem</b>	CLT-moduli armiranobetonsko pritličje stopnice, hodniki, balkoni in streha iz CLT	skeletna lesena konstrukcija modulov v kombinaciji s CLT-jem delno vkopan armiranobetonski podstavek (garažna hiša)	leseni moduli (nosilne stene iz lesenega okvirja z mavčnimi ploščami) betonski točkovni temelji	CLT-moduli armiranobetonsko pritličje tri vertikalna armiranobetonska jedra
<b>Stopnja prefabrikacije</b>	Visoka v tovarni izdelani 3D-moduli na gradbišču zgrajeno centralno jedro (cevi za ogrevanje, vodo in električno za stanovanjske enote nameščene v stenah hodnika) fasadna obloga je vgrajena na gradbišču	Visoka v tovarni izdelani 3D-moduli na gradbišču zgrajen podzemni betonski podstavek	Visoka v tovarni izdelani 3D-moduli (električne in sanitarne napeljave, stropne in stenske obloge, okna, vrata, radiatorji in žaluzije ali senčila ter fasadne obloge) na gradbišču postavljeno montažno stopnišče na gradbišču pripravljeni točkovni temelji	Visoka (80 %) v tovarni izdelani popolnoma zaprti 3D-moduli (vključno s kopalnico, kuhinjo, pohištvo in napeljavo) na gradbišču zgrajena centralna jedra in pritlični betonski podstavek fasadna obloga je vgrajena na gradbišču

**Preglednica 2.** Primerjava zgrajenih projektov.

na jedra, na in okrog katerih so nanizani moduli. Pri uporabi konstrukcijskih materialov za module prednjači CLT v kombinaciji z drugimi lesenimi konstrukcijskimi sistemi (leseni skeletni, okvirno panelni ipd.). Stopnja prefabrikacije je na splošno visoka in je odraz izbranih konstrukcijskih sistemov; armiranobetonski temelji, podstavki in jedra so v celoti izdelani na gradbišču, moduli pa so v večjem delu izdelani v tovarnah in pripeljeni na gradbišče. Na gradbišču se poleg montaže modulov v večini primerov izvede tudi montaža nekaterih zaključnih slojev (predvsem fasad in talnih oblog), priklop inštalacij ipd.

## 5 SKLEP

Predstavljeni primeri modularnih lesenih stavb dokazujejo njihovo vsestranskost in primernost za različne projekte po vsem svetu, od stanovanjskih stavb in objektov z mešano rabo do izobraževalnih objektov in študentskih domov. S stalnim razvojem tehnologij in načrtovanjem objektov z večjo učinkovitostjo in trajnostjo ter vse večjo priljubljenostjo po svetu je prihodnost modularne lesene gradnje zagotovo obetavna.

## 6 LITERATURA

ArchDaily, Universal Design Quarter in Hamburg / Sauerbruch Hutton, spletna stran ArchDaily: <https://www.archdaily.com/944258/universal-design-quarter-in-hamburg-sauerbruch-hutton>, 2020.

Bhandari, S., Riggio M., Jahedi S., Fischer E. C., Muszynski L., Luo Z., A review of modular cross laminated timber construction: Implications for temporary housing in seismic areas. *Journal of Building Engineering*, 63, p. 105485, 2013.

Boafo, F. E., Kim, J. H., Kim, J. T., Performance of Modular Prefabricated Architecture: Case Study-Based Review and Future Pathways, *Sustainability*, 8(6), p. 558, 2016.

Elmer, M., Neuer Leuchtturm am IJsselmeer, *Modulart*, 18. november 2022, dostopno na: <https://www.modulart.ch/neuer-leuchtturm-am-ijsselmeer/>, 2022.

Greve, N., Studentenwohnheim WOODIE, Hamburg, *Deutsche BauZeitschrift*, spletna stran revije DBZ - [https://www.dbz.de/artikel/dbz\\_Studentenwohnheim\\_WOODIE\\_Hamburg-3172596.html](https://www.dbz.de/artikel/dbz_Studentenwohnheim_WOODIE_Hamburg-3172596.html), Deutsche BauZeitschrift, Berlin, 2018.

Hořínková, D., Advantages and Disadvantages of Modular Construction, Including Environmental Impacts, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 1203(3), 032002, <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1203/3/032002>, 2021.

JLL, WOODIE Hamburg, spletna stran JLL - <https://www.jll.de/en/client-stories/woodie-hamburg-a-unique-architectural-gem-with-exceptional-returns>, Jones Lang LaSalle (JLL), Chicago, 2023.

Kaufmann, H., Krötsch, S., Winter, S., Manual of Multi-storey Timber Construction, Detail, 142-149, 2018.

OOPEAA, Puukuokka Housing Block, spletna stran OOPEAA - <https://oopeaa.com/portfolio/puukuokka-housing-block>, OOPEAA arhitekti, Seinäjoki, 2021.

Prefabium, Woodie Student Dormitory, spletna stran Prefabium - Modern Prefab Modular Homes: <https://blog.prefabium.com/2018/12/woodie-student-dormitory-timber-prefab.html>, 2023.

Quale, J., Eckelman, M. J., Williams, K. W., Sloditskie G., Zimmerman J. B., Construction Matters: Comparing Environmental Impacts of Building Modular and Conventional Homes in the United States, Journal of Industrial Ecology, 16(2), 243-253, 2012.

Rinke, M., Krammer, M., Architektur fertigen. Konstruktiver Holzelementbau, Triest Verlag, Zürich, 148-149, 2020.

SeARCH, spletna stran SeARCH - <https://www.search.nl/works/juf-nienke/>, SeARCH arhitekti, Amsterdam, 2023.

Stora Enso, Building Systems by Stora Enso, 3-8 Storey Modular Element Buildings, spletna stran Stora Enso: <https://www.storaenso.com/-/media/Documents/Download-center/Documents/Product-brochures/Wood-products/Design-Manual-A4-Modular-element-buildings20161227final-version-40EN.pdf>, 2016.



# FOTOREPORTAŽA SANACIJA POKRITEGA VKOPA MALEČNIK PO POŽARU



**Slika 1.** Pokriti vkop Malečnik, avgust 2009 (foto: Ponting, d. o. o.).

**Lokacija:** A10 Koper–Lendava, odsek: Slivnica–Pesnica

**Investitor:** Družba za avtoceste v Republiki Sloveniji, d. d.

**Projektant objekta:** Ponting, d. o. o., Maribor, odg. projektant / PI Tomaž Weingerl, univ. dipl. inž. grad.

**Projektant sanacije objekta:** Ponting, d. o. o., in Pipenbaher inženirji, d. o. o.,  
odg. projektant / PI Tomaž Weingerl, univ. dipl. inž. grad.

**Izvajalec sanacije:** Kolektor CPG, d. o. o., Nova Gorica

V okviru izgradnje nove vzhodne avtocestne mariborske obvoznice je bil med letoma 2007 in 2009 izveden pokriti vkop Malečnik. Izvedel se je po sistemu odprtega vkopa (cut & cover), pri katerem se po izvedbi betonske konstrukcije zasuje, novo nastale brežine pa se povrnejo v prvotno stanje, torej se ozelenijo in pogozdijo.

V prečni smeri je objekt zasnovan kot dvocelični armiranobetonski okvir, sestavljen iz dveh povezanih, ločno oblikovanih lupin debeline 90 cm. Lupini sta med seboj ločeni z vmesno steno. Notranji radij lupin je 6,415 m. Temeljna plošča, katere spodnja površina je ravna, zgornja pa je oblikovana poligonalno tako, da sledi poteku obremenitev, je debeline od 80 cm do 145 cm.

Objekt dolžine 185 m je v vzdolžni smeri zaradi tehnologije izvedbe, krčenja betona ter geomehanskih razmer razdeljen na 16 segmentov dolžine 12,10 m (vmesni segmenti) oziroma 7,80 m (portalna segmenta). Segmenti so med seboj žaluzijsko povezani s kontinuiranim strižnim zobom, ki preprečuje relativne pomike na stiku posameznih segmentov, omogoča pa pomike v vzdolžni smeri (krčenje betona) ter minimalne rotacije. S tako izvedeno strižno povezavo med sosednjimi elementi je omogočeno prilagajanje konstrukcije eventualnim minimalnim pomikom v temeljnih tleh v fazi uporabe.

26. junija 2023 je prišlo do naleta tovornega vozila v kolono stoječih vozil v pokritem vkopu. Posledično je zagorelo in uničena so bila tri tovorna vozila. Temperatura požara v predoru je presegala 1000 °C, pri čemer je prišlo do odstopanja površinskega sloja betona ločne konstrukcije. Na armaturnih palicah ni bilo vidnih poškodb. V požaru so bile uničene elektro-strojne inštalacije in prometna oprema.



**Slika 2.** Nalet tovornega vozila in pričetek požara v pokritem vkopu Malečnik, 26. 6. 2023 (foto: DARS, d. d.).



**Slika 3.** V požaru uničena vozila v pokritem vkopu Malečnik, 26. 6. 2023 (foto: DARS, d. d.).



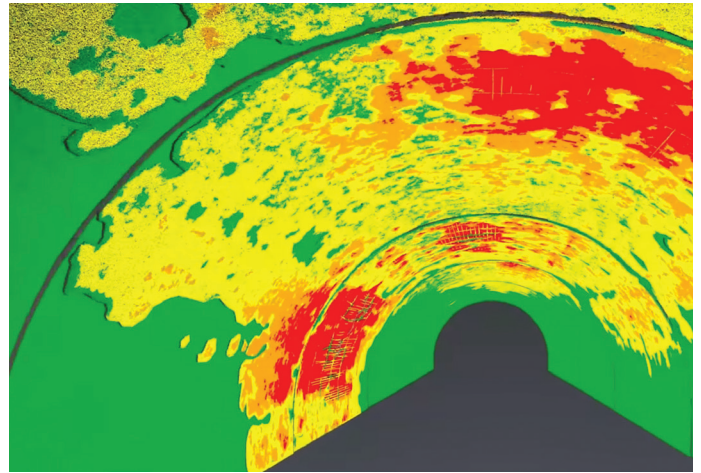
**Slika 4.** Stanje po požaru v pokritem vkopu Malečnik, 27. 6. 2023 (foto: Ponting, d. o. o.).

Po nesreči se je promet preusmeril v sosednjo cev pokritega vkopa, kjer je potekal po enem pasu v vsako smer vožnje. Takoj sta se začela demontaža uničenih elektro-stojnih inštalacij in visokotlačno čiščenje površin betonskih obokov z odstranjevanjem nesprijetih kosov betona.





**Slika 5.** Visokotlačno čiščenje v pokritem vkopu Malečnik, 9. 7. 2023 (foto: Ponting, d. o. o.).



**Slika 6.** 3D-posnetek poškodovanosti notranje površine betonskih obokov pokritega vkopa Malečnik (foto: DARS, d. d.).

Pred pričetkom sanacije se je najprej izvedlo 3D-skeniranje notranje površine betonskih obokov, na podlagi katere se je ugotovila stopnja poškodovanosti konstrukcije. Odvzeli so se vzorci betona, na katerih so se izvedle preiskave tlačne trdosti, in vzorci armature za izvedbo nateznih preizkusov. Rezultati tlačnih trdosti vzorcev betonov niso kazali posebnosti, le razslojitve posameznih površin do globine 2 cm. Rezultati preiskav armaturnih palic so pokazali nespremenjene vrednosti napetosti na meji tečenja, le pri posameznih palicah se je pokazala povečana krhkost.

Na podlagi 3D-posnetka so se glede na stopnjo poškodovanosti določili sanacijski ukrepi. Na posnetku rumena območja predstavljajo poškodbe betona do debeline 1 cm in so se sanirale z mikromalto iz mešanice cementa in epoksidne smole. V oranžna območja poškodb debeline 2 do 4 cm so se vgradila nerjavna vijačna sidra, na katera so se pritrdile vroče cinkane žične mreže, izvedli so se temeljni sprijemni premaz, profilacija površin z mikroarmirano sanacijsko malto in premaz z inhibitorjem korozije za armirani beton. Najbolj poškodovana območja, kjer so bile poškodbe globine 4 do 6 cm, lokalno pa tudi do 9 cm, so na zgornji sliki obarvana rdeče. Na teh mestih so se s pomočjo nerjavnih sidrnih vijakov pritrdile armaturne mreže Q-283, ki so se predhodno zaščitile z epoksidnim premazom in posule s finim kremenčevim peskom. Po temeljnem sprijemnem premazu se je profilacija površin izvedla z brizganim betonom in premazala z inhibitorjem korozije za armirani beton.

Sočasno se je izvedla sanacija manjših lokalnih površinskih poškodb, katerih vzrok ni bil požar.

Sanacijska dela so se izvajala intenzivno v podaljšanih dnevniških izmenah, v zadnjem tednu pa tudi v nočnih izmenah. Izvedba sanacije je trajala manj kot mesec dni in se je zaključila 30. 7. 2023. Naslednji dan se je sestala komisija za izvedbo izrednih pregledov cest in cestnih objektov po izrednih dogodkih. Še isti dan je bil ponovno vzpostavljen promet skozi obe cevi pokritega vkopa Malečnik.



**Slika 7.** Priprava površin manjših lokalnih sanacij, 9. 7. 2023 (foto: Ponting, d. o. o.).



**Slika 8.** Lokalno poglobljanje površine z bradavičastim rezkarjem za vgradnjo mrež, 13. 7. 2023 (foto: Ponting, d. o. o.).





**Slika 9.** Vgrajene armaturne mreže, 16. 7. 2023 (foto: Ponting, d. o. o.).



**Slika 10.** Izveden brizgani beton, vgrajene pocinkane žične mreže in izvajanje elektroinstalacij (foto: Ponting, d. o. o.).



**Slika 11.** Brizganje mikroarmirane sanacijske malte (foto: Ponting, d. o. o.).



**Slika 12.** Pokriti vkop po sanaciji, julij 2023 (foto: Ponting, d. o. o.).

**Avtor fotoreportaže:** Tomaž Weingerl, univ. dipl. inž. grad. (Ponting, d. o. o.)



# NOVI DIPLOMANTI GRADBENIŠTVA

## UNIVERZA V LJUBLJANI, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO

### I. STOPNJA – VISOKOŠOLSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM GRADBENIŠTVO

**Danijel Kirn.** Optimizacija kakovosti gradbenih projektov z uporabo modela trikotnika vodenja projekta, mentor doc. dr. Robert Klinc;  
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=148536>

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

**Marija Rakita.** Vpliv dodatka bentonita na geomehanske lastnosti zemljin, mentor prof. dr. Janko Logar, somentorica asist. dr. Jasna Smolar;  
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=148538>

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

**Đorđe Đukić.** Eksperimentalna in numerična ocena modalnih parametrov enostavne jeklene konstrukcije, mentor prof. dr. Boštjan Brank, somentor dr. Mirko Kosič;  
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=148368>

### II. STOPNJA – MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM VODARSTVO IN OKOLJSKO INŽENIRSTVO

**Luka Prezelj.** Modeliranje transporta plavin na porečju Save Dolinke, mentor doc. dr. Nejc Bezak, somentor izr. prof. dr. Gašper Rak;  
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=148917>

**Kristina Unger.** Vrednotenje protipoplavnih ukrepov z upoštevanjem podnebnih sprememb, mentor doc. dr. Nejc Bezak, somentorica prof. dr. Mojca Šraj;  
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=148918>

**Livia Beatriz Machado de Almeida.** Analiza poplavne ogroženosti in škode za objekte kulturne dediščine na območju mesta Piran, mentor izr. prof. dr. Simon Rusjan, somentor izr. prof. dr. Andrej Kryžanowski;  
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=148920>

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

### I. STOPNJA – VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

**Kaja Cingesar.** Stanovanjska soseska kot prijetno bivalno okolje: pristopi za kakovostno načrtovanje odprtega prostora stanovanjskih sosek, mentorica doc. dr. Melita Rozman Cafuta;  
<https://dk.um.si/lzpisGradiva.php?id=84498&lang=slv>

### II. STOPNJA – MAGISTRSKI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

**Nina Repolusk.** Jeklena industrijska hala s trinadstropnim poslovnim objektom skupnega tlorisa 25 x 75 m, mentor prof. dr. Stojan Kravanja, somentor doc. dr. Tomaž Žula;  
<https://dk.um.si/lzpisGradiva.php?id=84809&lang=slv>

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

# Gradbeni vestnik

## KOLEDAR PRIREDITEV

13.-15.10.2023

**ICACHE 2023 — 9th International Conference on Architectural, Civil and Hydraulic Engineering**  
Čingdao, Kitajska  
[www.icache.net/](http://www.icache.net/)

19.-20.10.2023

**3. slovenski kongres o vodah**  
Ptuj, Slovenija  
<https://kongresvode.si/>

23.-25.10.2023

**TINCE'23 - Technological Innovations in Nuclear Civil Engineering**  
Pariz, Francija  
[www.sfen.org/evenement/tince23/](http://www.sfen.org/evenement/tince23/)

26.-27.10.2023

**44. zborovanje gradbenih konstruktorjev Slovenije**  
Bled, Slovenija  
[www.sdgk.si/](http://www.sdgk.si/)

7.11.2023

**30. slovenski kolokvij o betonih: Večkomponentni drobnozrnati betoni in malte**  
Ljubljana, Slovenija  
[www.irma.si/](http://www.irma.si/)

14.-15.11.2023

**4th BahnBau Kongress - The Future of Track Construction**  
Darmstadt, Nemčija  
[www.bahnbau-kongress.com/de/](http://www.bahnbau-kongress.com/de/)

14.-17.11.2023

**WLF6 - 6th World Landslide Forum**  
Firenze, Italija  
<https://wlf6.org/>

15.-17.11.2023

**14. mednarodna konferenca o predorih in podzemnih objektih**  
Ljubljana, Slovenija  
<https://conference.ita-slovenia.si/>

14.-15.12.2023

**5th International Conference on Geotechnics for Sustainable Infrastructure Development**  
Hanoj, Vietnam  
<https://geotechn.vn/>

4.-5.4.2024

**CIGOS — 7th International Conference series on Geotechnics, Civil Engineering and Structures**  
Hošiminh, Vietnam  
<https://cigos2024.sciencesconf.org/>

25.-27.4.2024

**ICGE'24 — International Conference on Geotechnical Engineering**  
Hammamet, Tunizija  
[www.icge24.com/](http://www.icge24.com/)

28.-30.5.2024

**2nd annual Conference on Foundation Decarbonization and Re-use**  
Amsterdam, Nizozemska  
<https://foundationreuse.com/>

8.-12.7.2024

**14th International Symposium on Landslides**  
Chambéry, Francija  
[www.isl2024.com/](http://www.isl2024.com/)

23.-27.9.2024

**IS-Grenoble 2024 — International Symposium on Geomechanics from Micro to Macro**  
Grenoble, Francija  
<https://is-grenoble2024.sciencesconf.org/>

20.-22.11.2024

**5th International Conference on Transportation Geotechnics**  
Sydney, Avstralija  
[www.ictg2024.com.au/](http://www.ictg2024.com.au/)

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