

PROJEKT MOSTU ČEZ MEJNO REKO MURO V CERŠAKU

PROJECT FOR THE NEW BRIDGE OVER THE BORDER RIVER MURA NEAR CERŠAK

Rok Mlakar, univ. dipl. inž. grad.

rok.mlakar@ponting.si

dr. Viktor Markelj, univ. dipl. inž. grad.

viktor.markelj@ponting.si

Jernej Maher, univ. dipl. inž. grad.

jerne.maher@ponting.si

Ponting inženirski biro, d. o. o.,

Strossmayerjeva 28, 2000 Maribor

Strokovni članek

UDK 624.5:625.711.4(282)(497.4)

Povzetek | V prispevku je predstavljen projekt bodočega mostu za pešce in kolesarje čez mejno reko Muro pri Ceršaku, ki bo zgrajen v okviru mednarodne kolesarske povezave Ceršak–Oberschwarza med občinama Šentilj v Sloveniji in Murfeld v Avstriji. Občina Šentilj je zaradi rastočega kolesarskega prometa in posledično možnosti širjenja turističnih dejavnosti pristopila k trajnostnemu razvoju kolesarske infrastrukture na območju občine, v okviru katere namerava, kot eno prvih investicij, zgraditi tudi novi most čez reko Muro, ki bo tako postal prva stalna povezava obeh držav v toku reke Mure. Most je zasnovan kot viseča leseno-jeklena konstrukcija preko enega razpona dolžine 86,0 m, brez podpor v rečni strugi.

Ključne besede: most za pešce in kolesarje, Mura, Ceršak, viseči most, leseno-jeklena konstrukcija

Summary | This article deals with the project of a future pedestrian and cyclist bridge over the Mura River near Ceršak, which is to be built within the Ceršak - Oberschwarza international cycling route between the municipalities of Šentilj in Slovenia and Murfeld in Austria. Due to the growing cycling traffic and consequently new possibilities of expanding tourist activities, the municipality of Šentilj has started to develop a sustainable cycling infrastructure in its region. One of the first investments into the new cycling infrastructure will be the new bridge over the Mura River in Ceršak, which will also become the first permanent connection between the two countries over the Mura River. The bridge is designed as a suspended timber-steel structure (suspension bridge) over a single span of 86,0 m in length, with no supports in the riverbed.

Key words: pedestrian and cyclist bridge, Mura, Ceršak, suspension bridge, timber-steel structure

1 • UVOD

Ideja o gradnji novega mostu za pešce in kolesarje čez Muro pri Ceršaku je plod čezmejnega sodelovanja in povezovanja občin Šentilj v Sloveniji in Murfeld v Avstriji. Predvsem želje in ambicije občine Šentilj v Slovenskih goricah o širjenju obstoječe turistične infrastrukture

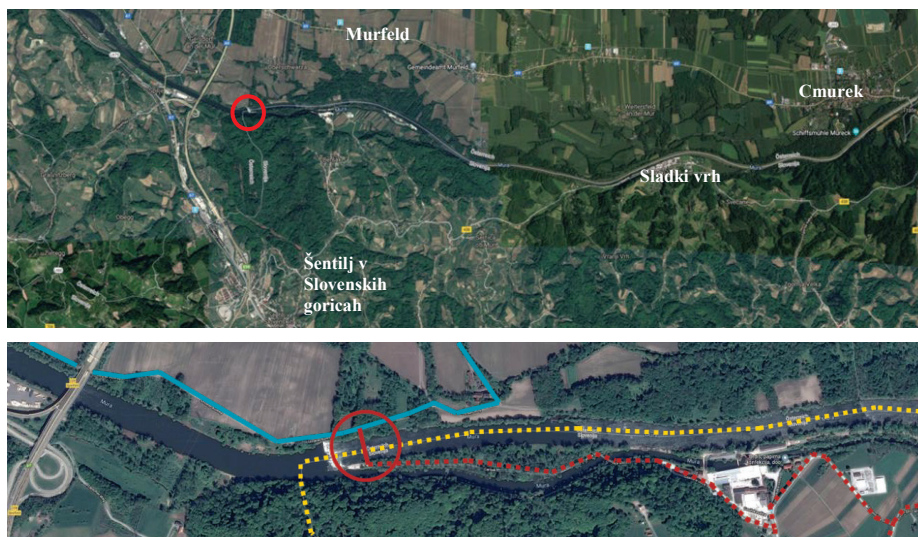
in gradnji novih kolesarskih poti na slovenski strani so privedle do zagona tega projekta.

Novi most za pešce in kolesarje čez mejno reko Muro pri Ceršaku bo zgrajen v okviru mednarodne kolesarske povezave Ceršak–Oberschwarza. Most povezuje levo nabrežje

reke Mure (avstrijska stran) in otok Ceršak na Muri med naravno strugo in dovodnim kanalom Male hidroelektrarne Ceršak (MHE Ceršak) na slovenski strani. Lokacija mostu se nahaja ca. 885 m dolvodno od avtocestnega mostu čez Muro na Phyrnski avtocesti A9, za mejnim prehodom Šentilj/Spielfeld, tik pod prelivom nekdanjega, danes porušenega jezua. Razvejanost in urejenost kolesarskih povezav vzdolž reke Mure je na območju avstrijskih

obmejnih občin zelo dobra, medtem ko so na slovenski strani te le delno urejene, večinoma speljane po obstoječih prometnicah. Pomanjkanje kolesarske infrastrukture je najbolj izrazito na območju med Ceršakom (Šentilj) in Sladkim Vrhom, edina možnost prečkanja reke Mure na tem območju pa je brod na Muri v Sladkem Vrh.

Turistični potencial širjenja obstoječe mreže kolesarskih poti na slovenski strani in povezovanja s kolesarsko infrastrukturo na avstrijski strani je izredno velik in v interesu vseh obmejnih občin. Občina Šentilj je zaradi rastočega kolesarskega prometa in posledično možnosti širjenja turističnih dejavnosti pristopila k trajnostnemu razvoju kolesarske infrastrukture na območju občine, v okviru katere namerava zgraditi tudi novi most čez reko Muro za pešce in kolesarje (slika 1).



Slika 1 • Lokacija bodočega mostu za pešce in kolesarje čez reko Muro pri Ceršaku.

2 • SPLOŠNO O PROJEKTU

Novi most čez reko Muro bo plod čezmejnega sodelovanja dveh občin (Šentilj/SLO in Murfeld/AUT) in dveh držav, Slovenije in Avstrije. Medtem ko je občina Šentilj prevzela pobudo in se v partnerskem odnosu s sosednjo občino Murfeld zavezala, da bo v celoti poskrbela za izdelavo projektne dokumentacije (Občina Šentilj, 2017), so se v okviru čezmejnega sodelovanja v občini Murfeld zavzeli za podporo projekta na lokalni in državni ravni ter zagotovili vso potrebno podporo pri izpeljavi upravnega postopka z avstrijske strani.

Projekt novega mostu čez mejno reko Muro je trenutno v fazi pridobivanja gradbenega

dovoljenja na slovenski strani, medtem ko so vsi postopki v zvezi z izdajo gradbenega dovoljenja na avstrijski strani zaključeni. Vzrok za zamudo pri izdaji gradbenega dovoljenja pri nas je v precej obsežnejšem in dolgotrajnejšem upravnem postopku ter neodločnosti DEM kot imetnika koncesije za rabo vode reke Mure pri izdaji ustreznih soglasij in lastniških ter pravnih razmerij do občine Šentilj.

2.1 Lokacijsko-tehnične značilnosti

Morfologija terena na lokaciji je značilna za srednji tok reke Mure na tem območju, nizek levi breg na avstrijski strani in visok ter strm desni breg gričevnate pokrajine na

slovenski strani. Most je lociran v območju naravne struge reke Mure med levim bregom in otokom na Muri med naravno strugo in dovodnim kanalom MHE Ceršak, tako da sta na mikrolokaciji mostu oba bregova na približno enakih absolutnih višinah (slika 2). Na avstrijski strani se most navezuje na obstoječo kolesarsko pot R2 (R25) med Wildonom in Radgono (Bad Radkersburg), na slovenski strani pa se bo navezal na novo kolesarsko pot na otoku na Muri v smeri Sladkega Vrha.

Most bo namenjen izključno pešcem in kolesarjem. Svetla širina mostu znaša 3,50 m, izhodišči pri zasnovi nivelete pa sta nivo kolesarske poti na avstrijski strani in višina stoletne visoke vode $Q_{100} = 248,71$ m v območju glavnega toka reke Mure.



Slika 2 • Pogled na lokacijo premostitve s slovenske in avstrijske strani.

2.2 Arhitektonsko-tehnične značilnosti mostu

Most je izrazito inženirski objekt, za katere je značilno, da njihovo obliko in materiale ob ustreznem izboru konstrukcijske zasnove v največji meri določajo predvideni vplivi v času gradnje in uporabe. Vsekakor pa je pri oblikovanju konstrukcije in zasnovi posameznih detajlov izredno pomemben tudi sam videz,

pojavnost objekta in njegova vključitev v okolje. Oblikovna zasnova objekta je sledila naslednjim ciljem:

- čim boljša vključitev objekta v okolje in prostor in maksimalno ohranjanje obstoječega naravnega okolja, kar je bilo doseženo s premoščanjem reke Mure v enem razponu brez podpor v rečni strugi;

- funkcionalnost objekta in vzdrževanje;
- usklajenost objekta in opreme s potrebami in željami naročnika, ki je želel, da bi bil most prepoznaven v prostoru, konstrukcijski elementi in mostna oprema pa naj bi bili v skladu z možnostmi leseni.

3 • ZASNOVA PREMOSTITVE

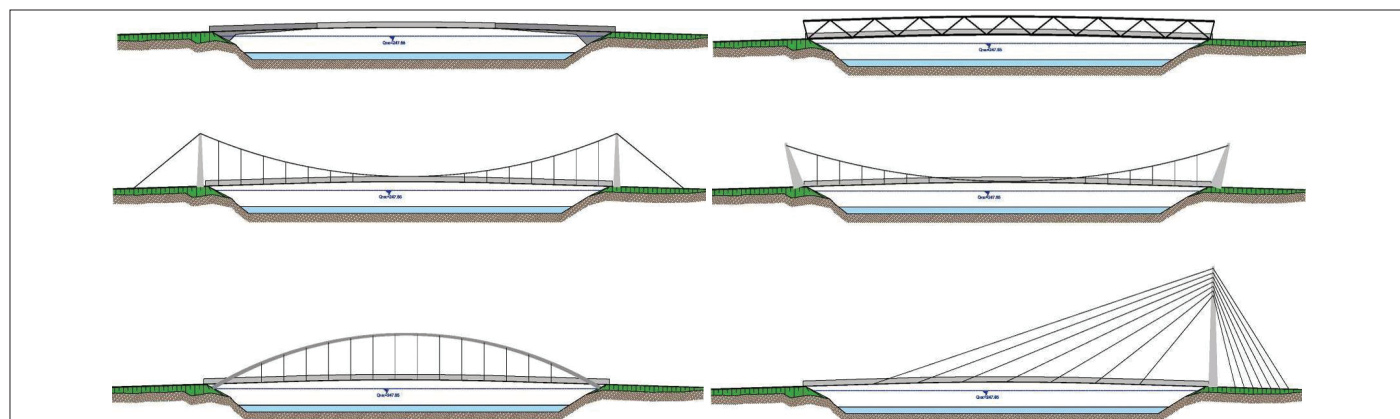
V okviru idejne zasnove smo obravnavali tri lokacijske različice premostitve (slika 3) in šest različnih konstrukcijskih zasnov mostu (slika 4). Lokacijsko je bila, s strani ZVNRS, kot edina vzdržna izbrana lokacija 1, saj edina ne posega v naravno brežino reke Mure,

ampak se navezuje na že utrjeni del obale na otoku Ceršak. Preostali del obale otoka je po utemeljitvi ZVNRS še edini preostali del obrežja reke Mure, ki je ohranjen v svoji naravni obliki, tako da vanj niso dovoljeni nikakršni gradbeni posegi.

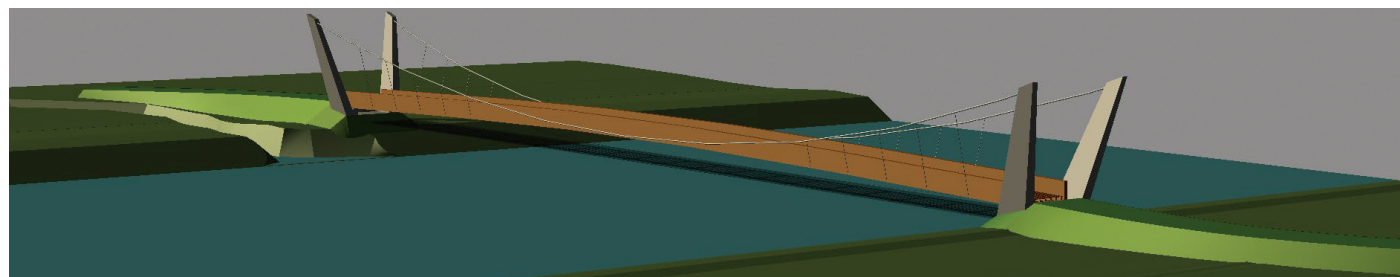
Konstrukcijsko smo izmed šestih osnovnih variant podrobneje analizirali tri, in sicer varianto 1 (most v obliki grednega okvirja), varianto 3 (ločni most) in varianto 5 (viseči most). Na koncu smo se skupaj z naročnikom odločili, da v nadaljnjih projektnih fazah razvijemo varianto 5, ki je bila v fazi IDZ (Ponting, 2016) na podlagi postavljenih kriterijev najbolj prepričljiva in smo jo ocenili za najprimernejšo (slika 5).



Slika 3 • Preučevane lokacijske različice premostitve.



Slika 4 • Tipologija premoščanja reke Mure z enim samim razponom.



Slika 5 • Izbrana zasnova visečega mostu.

4 • ZASNOVA MOSTU

Most je zasnovan kot viseča leseno-jeklena konstrukcija preko enega razpona, brez podpor v rečni strugi. Kot križanja kolesarske poti in reke Mure na mestu prečkanja je 90° . Horizontalno je trasa mostu v premi, vertikalno pa je niveleta na obeh straneh v dolžini 13,1 m, nagibu $\pm 6,0\%$, v sredini pa je konveksna zaokrožitev $R_{kv} = 750$ m. Prečno pohodna površina nima naklona.

Čeprav je most namenjen kolesarjem in pešcem, je za vzdrževanje predvidena možnost dostopa lahkega poltovornega vozila maksimalne osne obremenitve 2t (2×10 kN), kar predstavlja obtežbo reševalnih in vzdrževalnih vozil ob izrednih dogodkih.

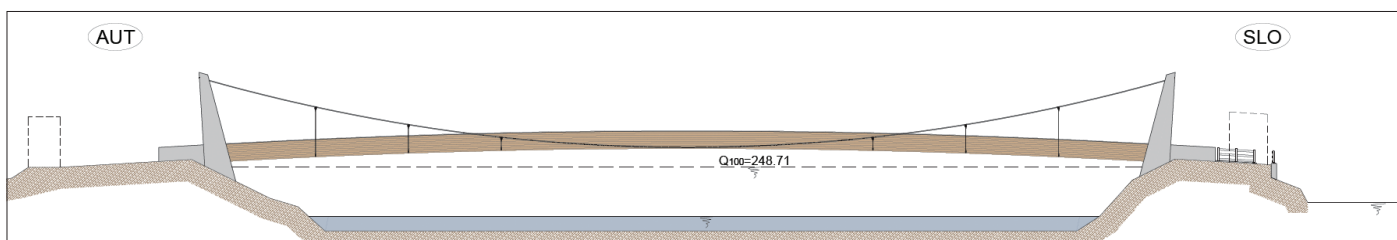
morebitne fuge med zaščitnim opažem in vzdolžnimi nosilci se zaprejo še s protimrčesno mrežo.

Nosilne jeklene vrvi so polno zaprte (zatesnjene) vrvi s polnilom in dvojno antikorozijsko zaščito. Premer nosilne vrvi znaša 70 mm, nosilnost pa najmanj 2500 kN. Vešalke so klasične jeklene zatege s premerom 28 mm in geometriji prilagojenimi dolžinami. Povezave med nosilno vrvjo, vešalko in prekladno konstrukcijo so sistemsko rešene z litoželeznimi oziroma vijačenimi vezmi. Nosilna vrv je prav tako s sistemskim sidriščem, ki omogoča napenjanje in naknadno korekcijo napetosti, sidrana v masivne be-

4.2 Podporna konstrukcija

Elastomerna ležišča na opornikih so sidrana v ležiščne blazine na opornikih in privarjena na krajne jeklene prečke ter omogočajo pomike v skladu s togostjo elastomernih vložkov. Dilatacije so enostavne jekleno-gumijaste mostne dilatacije z območjem delovanja ± 40 mm.

Oporniki so masivni armiranobetonski. Dimenzije temeljne plošče znašajo 7,00 m x 6,20 m x 1,50 m, stene so konstrukcijske debeline 50 cm, vzporedna krila pa v gabaritih vzdolžnih lesenih nosilcev 48–72 cm. Piloni, prav tako armiranobetonski, so višine 11,1 m nad temeljno ploščo oziroma 9,5 m nad terenom. V prerezu se dimenzije navzven nagnjenih pilonov spreminjajo od 250/113 cm, ob vpetju v temeljno ploščo, do 85/50 cm na vrhu (sidrišče nosilne vrvi).



Slika 6 • Pogled na most v smeri toka Mure.

4.1 Prekladna konstrukcija

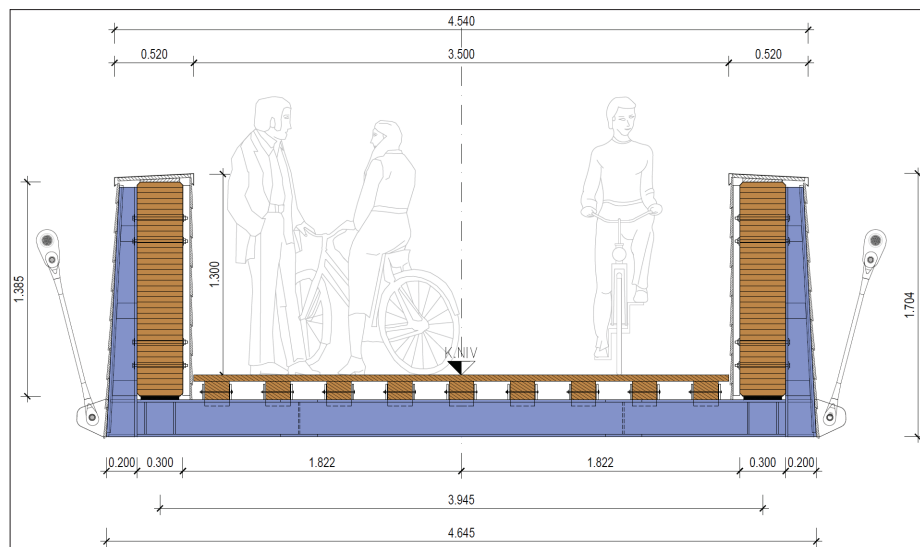
Nosilno-prekladno konstrukcijo mostu sestavljata dva vzporedna lesena lepljena nosilca B/H = 300/1385 mm dolžine 87,60 m, ki sta prečno razmaknjena za 3,945 m. Nosilca sta med seboj povezana z vertikalnimi jeklenimi okvirji, prečki (HEB 240), in zavetrovanjem v ravnini prečnikov (slika 7). Osnovni raster jeklenih okvirjev je 4,30 m (86/20). Vzdolžno lesena nosilca sledita niveleti mostu, tako da sta v začetni legi na sredini razpona nadvišana za 1,25 m.

Vzdolžno sta nosilca podprta z elastomernimi ležišči na opornikih ter preko jeklenih vešalk in jeklenih distančnikov, postavljenih na razmaku 8.60 m, obešena na nosilne jeklene vrvi, ki so sidrane na vrhu obojestranskih pilonov na opornikih. Dodatno sta lesena nosilca na opornikih za primer negativnih reakcij zaradi koristne obtežbe držana s prednapetimi vijaki ob ležiščih, sidranimi v beton opornikov. Vzdolžna nosilca, ki sta sestavljena iz petih segmentov dolžine do 18,0 m, istočasno predstavljata tudi ograjo višine 1,30 m, proti vremenskim vplivom pa sta zaščitena z opažno oblogo in nerjavečim pločevinastim prekritjem. Vse

tonske pilone na opornikih. Puščica nosilnih vrvi pri stalni obtežbi mostu znaša 6,50 m ali ca. L/14.

Krovna konstrukcija je lesena, sestavljena iz vzdolžnikov B/H = 160/160 mm, postavljenih na prečnem rastru 40 cm, in prečno postavljenih pohodnih profiliranih desk debeline 40 mm z vmesno fugo širine 1 cm.

Oporniki so globoko temeljeni na štirih pilotih premera 120 cm in dolžine 12 m. Piloti so postavljeni na medsebojnih razmakih 5,20 m oziroma 4,00 m, dolžina vpetja v lapornato osnovo pa, skladno s priporočili iz geološko geotehničnega elaborata, znaša min. 6,00 m.



Slika 7 • Karakteristični prečni prezek mostu.

5 • MATERIALI IN ZAŠČITA

Podporna konstrukcija se izvede v betonih trdnosti C 30/37 (oporniki) oziroma C 40/50 (piloni), jekleni elementi prekladne konstrukcije (prečni okvirji) pa iz konstrukcijskega jekla S 355 J2 in vroče cinkano zaščito v debelini min. 85 μm .

Nosilne vrvi so iz nelegiranega jekla visoke kvalitete $f_{u,k} = 1570 \text{ N/mm}^2$ polno zaprte (zatesnjene) vrvi s polnilom in dvojno antikorozijsko zaščito (Galfan), vešalke (natezne palice) pa iz konstrukcijskega jekla S 460N.

Glavni vzdolžni nosilci prekladne konstrukcije se izdelajo iz lepljenega lesa kvalitete GL 28h s konstruktivno zaščitno opažno oblogo (C24) s transparentno večslojno lazuro ali iz acetiliranega lesa, pločevinastim prekritjem in protimrčesnimi mrežami. Vzdolžniki so iz polnega gradbenega lesa kvalitete C30, kemično zaščiteni z impregnacijo, prečne deske pa iz trdega eksotičnega lesa Bangkirai oziroma enako kot opaž – iz profiliranih desk iz acetiliranega lesa.

6 • ANALIZA

Za potrebe statične in dinamične analize sta bila izdelana dva računska modela (Ponting, 2019). Ravninski (2D) model, kjer smo upo-

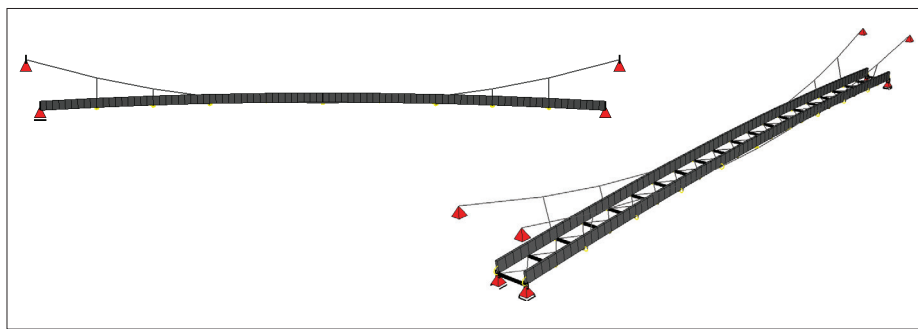
števali dvojne togosti elementov, je služil za določitev osnovnih gabaritov konstrukcije, določitev osnovne oblike (poves-geometrija

nosilnih kablov) in kontrolo prostorskega (3D) računskega modela (slika 8). Analiza je bila opravljena po teoriji 3. reda (vpliv velikih deformacij) s programskim paketom Sofistik.

Poseben segment analize je predstavljalo določevanje osnovne oblike nosilnih vrvi t. i. »formfinding«, kar je značilno za analizo visečih oziroma obešenih konstrukcij. Končno stanje konstrukcije in oblika nosilnih vrvi s puščico $f_0 = 6,5 \text{ m}$ je predstavljalo začetno stanje za analizo vplivov v fazi uporabe.

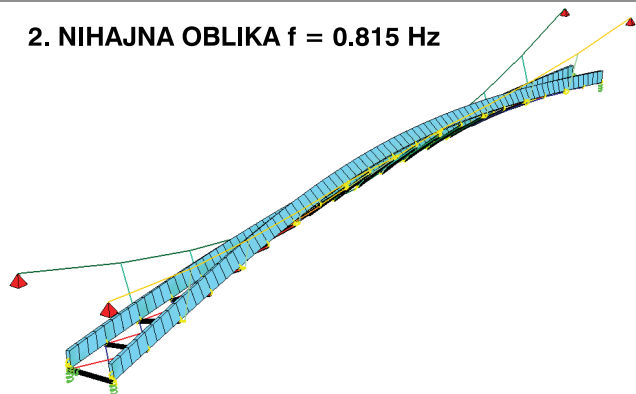
6.1 Kontrola nihanj mostu zaradi dinamične obtežbe s pešci

Viseči mostovi za pešce so zaradi svoje zasnove mnogokrat podvrženi nihanjem, ki so povzročena s hojo ali tekom pešcev. Zato

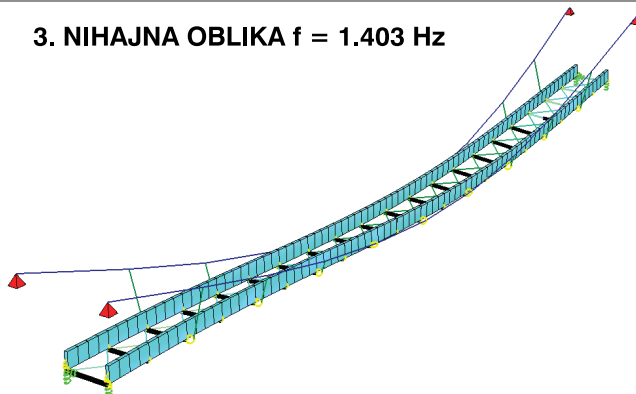


Slika 8 • Ravninski in prostorski računski model konstrukcije.

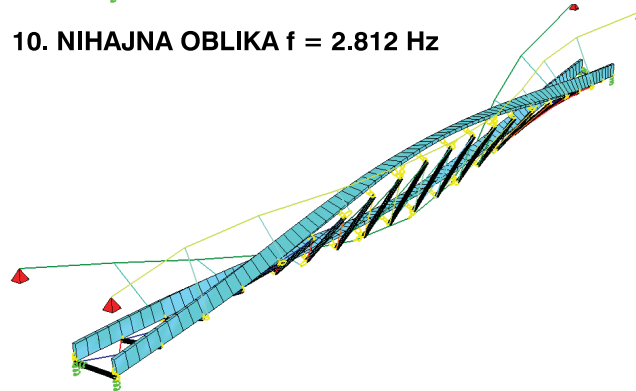
2. NIHAJNA OBLIKA $f = 0.815 \text{ Hz}$



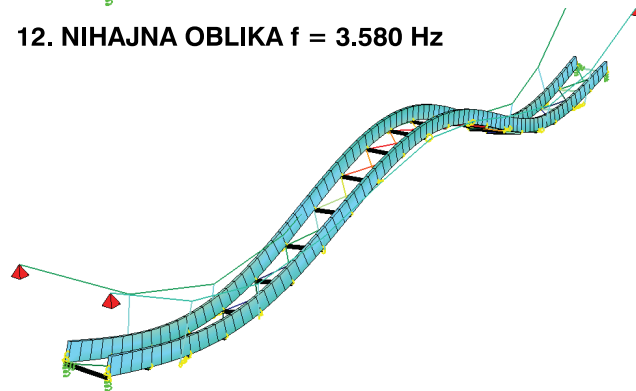
3. NIHAJNA OBLIKA $f = 1.403 \text{ Hz}$



10. NIHAJNA OBLIKA $f = 2.812 \text{ Hz}$



12. NIHAJNA OBLIKA $f = 3.580 \text{ Hz}$



Slika 9 • Osnovne nihajne oblike znotraj kritičnega območja za pojav nihanja mostu.

smo opravili podrobnejšo dinamično analizo konstrukcije mostu in ugotovili, da so za pojav nihanja mostu pri obtežbi s pešci pomembne

predvsem štiri lastne oblike nihanja (slika 9). Maksimalni pospeški so bili izračunani s pomočjo metode s spektri odziva.

Nihajne oblike znotraj kritičnega območja za pojav nihanja mostu smo izračunali s pomočjo programskega paketa Sofistik.

7 • ZAKLJUČEK

Novi most za pešce in kolesarje čez reko Muro pri Ceršaku (slika 10) bo vsekakor nekaj posebnega. Že sama funkcija nove povezave je izredno simbolična, saj preko naravne kot tudi pravne meje povezuje ljudi dveh občin, dveh regij in dveh držav. Na približno 35 km mejnega toka reke Mure med Slovenijo in

Avstrijo bo novi most pri Ceršaku tudi prva stalna povezava levega in desnega brega reke in nedvomno dostojen iniciator nadaljnjega razvoja kolesarske in druge turistične infrastrukture v regiji.

S svojo arhitektonsko in tehnično zasnovo ter pojavnostjo v prostoru bo most nazorno pred-

stavljal možnosti stvaritve in umestitve tehnično in tehnološko dovršenih inženirskih objektov v občutljivo naravno okolje, kot so struga in nabrežja reke Mure, v senci ostankov preminulega jezusa iz nekega predhodnega časa.

Novi most čez reko Muro pri Ceršaku, plod mednarodnega povezovanja in sodelovanja, bo vsekakor tudi zrcalo ideje, ambicij in vizije naročnika ter spretnosti, znanja in potrpežljivosti inženirjev, zavedanja pomembnosti napredka in skupnega ustvarjanja prihodnosti.



Slika 10 • Vizualizacija novega mostu čez mejno reko Muro pri Ceršaku.

8 • LITERATURA

Občina Šentilj, Projektna naloga iz razpisne dokumentacije javnega naročila JN007945/2017-W01, 2017.

Ponting, d. o. o., IDZ – idejna zasnova za Most Ceršak – Most za pešce in kolesarje čez mejno reko Muro pri Ceršaku, 516/2016, oktober 2016.

Ponting, d. o. o., PGD – Projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja za Most Ceršak – Most za pešce in kolesarje čez mejno reko Muro pri Ceršaku, 530/2017, januar 2018.