

Projekt mosta preko Jablaničkog jezera na lokaciji Čelebići-Lisičići

Milenko Pržulj, Zlatko Hadžihasanović, Namik Kamenica

Ključne riječi

most,
Jablaničko jezero,
gredni most,
ovješeni most,
prednapeta konstrukcija,
spregnuta konstrukcija

Key words

bridge,
Jablanica lake,
girder bridge,
cable-stayed bridge,
prestressed structure,
composite structure

Mots clés

lac de Jablanica,
pont à poutre,
pont haubané,
construction
précontrainte,
construction composite

Ключевые слова

мост,
Ябланичко озеро,
балочный мост,
подвесной мост,
предварительно
напряжённая конструкция,
сопряжённая конструкция

Schlüsselworte

Brücke,
Jablanica-See,
Balkenbrücke,
Schrägseilbrücke,
Vorspannkonstruktion,
Verbundkonstruktion

M. Pržulj, Z. Hadžihasanović, N. Kamenica

Stručni rad

Projekt mosta preko Jablaničkog jezera na lokaciji Čelebići-Lisičići

Prikazana su varijantna rješenja mosta preko Jablaničkog jezera na lokaciji Čelebići-Lisičići. Naznačeni su osnovni parametri za projektiranje na temelju kojih su napravljene varijante idejnih projekata za dvije vrste mostovskih konstrukcija: gredne i ovještene. Detaljnije su opisana rješenja gredne varijante sa spregnutom konstrukcijom s više raspona i varijante ovješene mosta sa dva pilona i spregnutom rasponskom konstrukcijom. Obrazložena je odluka o prihvaćanju gredne varijante.

M. Pržulj, Z. Hadžihasanović, N. Kamenica

Professional paper

Design of the bridge over the Jablanica lake in the Čelebići-Lisičići area

Alternative solutions for the bridge over the Jablanica lake in the Čelebići-Lisičići area are presented. Principal design parameters that served as basis for preparation of preliminary design alternatives for two types of bridge structures, girder structure and cable-stayed structure, are given. The girder alternative with composite structure and several spans, and the cable-stayed bridge alternative with two pylons and a composite superstructure, are presented in more detail. Reasons are given for the final selection of the girder alternative.

M. Pržulj, Z. Hadžihasanović, N. Kamenica

Ouvrage professionnel

Etudes pour le pont sur le lac de Jablanica dans la région de Čelebići-Lisičići

Quelques solutions alternatives sont présentées pour le pont sur le lac de Jablanica dans la zone de Čelebići-Lisičići. Les paramètres principaux d'études au niveau d'avant projet détaillé, servant de base pour la préparation des solutions alternatives pour deux types de constructions, constructions à poutre et constructions haubanées, sont fournis. La solution à poutre de type composite à plusieurs portées, et la solution haubanée à deux pylônes et à superstructure composite, sont présentées en plus de détail. Les raisons sont fournies pour la sélection finale de la solution à poutre.

M. Пржүль, З. Хаджихасанович, Н. Каменица

Отраслевая работа

Проект моста через Ябланичко озеро на локацији Челебичи-Лисичичи

В работе описаны варианты решения моста через Ябланичко озеро на локацији Челебичи-Лисичичи. Отмечены основные параметры для проектирования, на основании которых выработывались варианты идейных проектов для двух видов мостовых конструкций: балочных и подвесных. Детальнее описаны решения балочного варианта с сопряжённой конструкцией с большим количеством пролётов и варианта подвесного моста с двумя пилонами и сопряжённой пролётной конструкцией. Обосновано решение о принятии балочной конструкции.

M. Pržulj, Z. Hadžihasanović, N. Kamenica

Fachbericht

Entwurf der Brücke über den Jablanica-See am Standort Čelebići-Lisičići

Dargestellt sind Variantenlösungen der Brücke über den Jablanica-See bei Čelebići-Lisičići. Angeführt sind die Hauptparameter für den Entwurf auf deren Grund die Varianten des Einreichungsentwurfs für zwei Arten der Brückenkonstruktion angefertigt wurden: Balken- und Schrägseilkonstruktion. Detailliert beschreibt man die Lösungen der Balkenvariante mit Verbundkonstruktion über mehrere Öffnungen und der Schrägseilvariante mit zwei Pylonen und Verbundkonstruktion der Fahrbahn. Begründet ist die Entscheidung über die Annahme der Balkenvariante.

Autori: Prof. dr. sc. **Milenko Pržulj**, DDC družba za svetovanje in inženiring d.o.o., Ljubljana; **Zlatko Hadžihasanović**, dipl. ing. građ.; **Namik Kamenica**, dipl. ing. građ., DIVEL d.o.o., društvo za projektovanje cesta i mostova, Sarajevo

1 Uvod

Izgradnjom brane HE Jablanica 1954., u dolinama rijeka Neretve i Rame nastalo je akumulacijsko jezero. Nakon više od 30 godina čekanja, 1986. izgrađeni su mostovi Jasen i Ostrvo, na kraku jezera u dolini rijeke Rame.

Na kraku jezera u dolini rijeke Neretve šezdesetih je godina izgrađen viseći most na lokaciji Ostrožac na putu za Buturoviće. Most raspona 200 m i širine 3,0 m predviđen je za jednosmjerni promet, ograničene nosivosti i ograničenog trajanja.

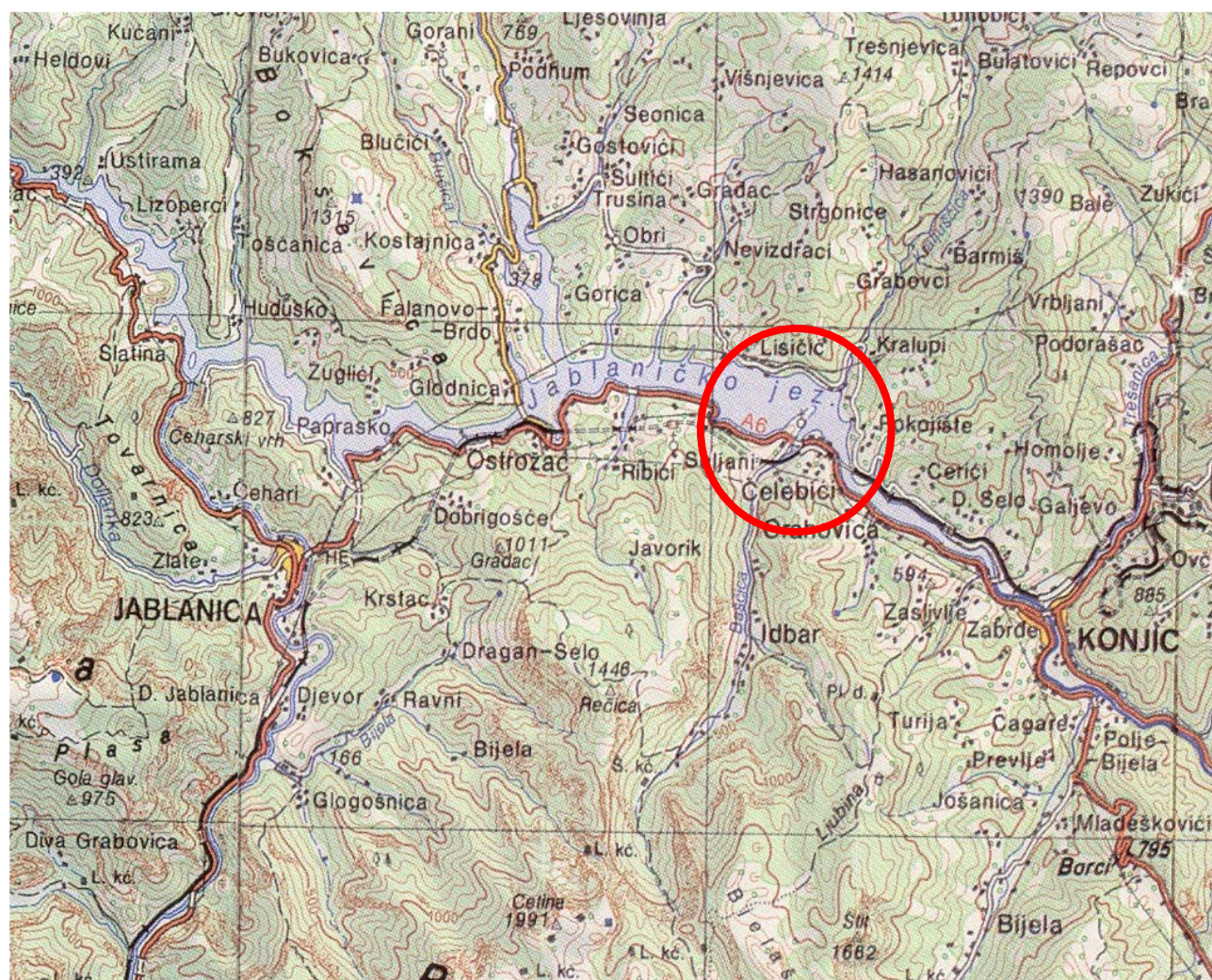
Gusto naseljena desna obala jezera na potezu od Konjica do Buturovića ostala je međusobno povezana lokalnim putovima bez povezanosti na magistralnu cestu M17 Sarajevo – Mostar. Pri projektiranju i izgradnji regionalne ceste duž naselja na desnoj obali uzvodno od lokacije novog mosta konstatirana su velika nestabilna područja s aktivnim velikim klizištima koja su godinama odgađala izgradnju ceste.

Zaključna mjerodavna stručna konstatacija jest da se zbog izuzetno teških geoloških uvjeta i nestabilnog terena odustane od pokušaja izgradnje regionalne ceste duž lijeve obale jezera i započne izgradnja mosta preko Jablaničkog jezera na lokaciji Čelebići–Lisičići i povezivanje mosta na magistralnu cestu Sarajevo – Mostar u mjestu Čelebići, a da se na desnoj obali most poveže s regionalnom cestom.

2 Osnovni parametri za projektiranje mosta

Projektiranje mosta preko Jablaničkog jezera na lokaciji Čelebići–Lisičići rađeno je na temelju sljedećih parametara:

- Mikrolokacija mosta određena je položajem osi regionalne ceste. Pri izboru osi ceste na dijelu mosta izabrani su prirodni poluotok (kameni sprud) na lijevoj obali i manje izgrađeni prostor na desnoj obali.
- Os nove ceste na dijelu mosta na prvih je 110 m u krivini polumjera 300 m s obostranim simetričnim



Slika 1. Položaj mosta preko Jablaničkog jezera na lokaciji Čelebići - Lisičići

prelaznicama duljine 47,5 m, potom je pravac duljine 302 m i na kraju na duljini 116 m osi mosta je u krivini polumjera 155 m s prijelaznicom duljine 40 m.

- Niveleta ceste na dijelu mosta je u nagibu 1,78%. Visinski položaj nivelete prilagođen je najvećoj koti vode (270,00 m n.v.) i slobodnoj visini pod mostom, konstrukcijskoj visini rasponske konstrukcije na lijevoj obali i rješenju raskrižja i nivelete ceste na desnoj obali.
- Ukupna duljina mosta između osi krajnjih stupova jest 528,00 m.
- Uporabna je širina mosta $2 \times 1,30 + 2 \times 3,55 = 9,70$ m, a ukupna širina $9,70 + 2 \times 0,30 = 10,30$ m.
- Uporabno opterećenje na mostu je teško vozilo V 600 prema vrijedećim propisima za opterećenje cestovnih mostova iz 1991. i prema projektnom zadatku.
- Maksimalna razina vode u jezeru jest na koti 270,00 m n.v. Najviša razina vode pri kojoj je moguće planirati temeljenje stupova mosta jest 260,00 m n.v. s tim da se štiti građevinska jama do kote 265,00 m i to u trajanju do 3 mjeseca u razdoblju listopad – prosinac. Prilagođavanje režima vode HE Jablanica radi održavanja niže razine vode u jezeru za dulje razdoblje nije uzeto u obzir. Iskustvo s izgradnje mostova Ostrvo i Jasen i tada izrađene studije o režimu uvjetovanih vodostaja i gubicima energije pokazali su da to nije ekonomski opravdano.
- Nosivi su materijali za izgradnju mosta armirani u običnoj izvedbi ili sprezanjem.
- Potrebno vrijeme za izgradnju mosta ocjenjuje se na dvije godine.

Polazeći od navedenih osnovnih parametara za premoštenje jezera na zadanoj lokaciji, širine oko 550,00 m, s dubinom vode 10 do 20 m studirane su na razini idejnih rješenja varijante grednih i ovješanih mostova.

Kod grednih su mostova analizirane varijante s rasponskim konstrukcijama od prednapetog armiranog betona u montažnoj izvedbi i u izvedbi na prijenosnoj skeli i varijanta sa spregnutom rasponskom konstrukcijom.

Za ovješeni most načinjena je varijanta idejnog projekta sa dva pilona i spregnutom rasponskom konstrukcijom.

Ovdje će se prikazati varijanta s kontinuiranom spregnutom rasponskom konstrukcijom i varijanta s ovješenom konstrukcijom.

3 Varijanta mosta s kontinuiranom spregnutom rasponskom konstrukcijom

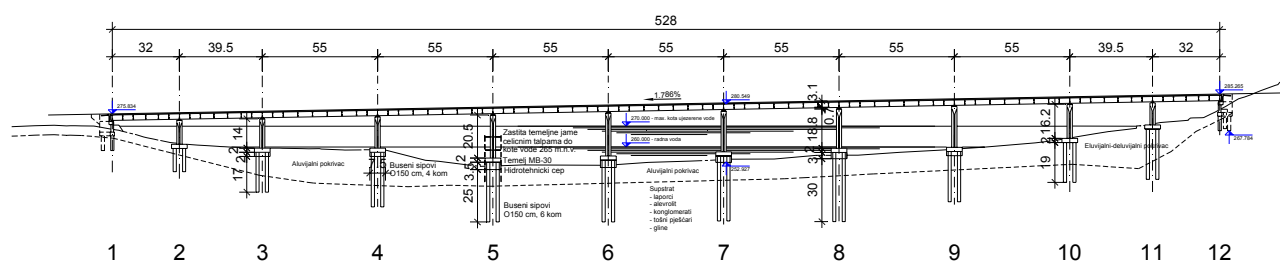
3.1 Konceptcija dispozicijskog rješenja mosta

Kontinuirana spregnuta rasponska konstrukcija mosta ima 11 uravnoteženih simetrično raspoređenih raspona $32,00 + 39,50 + 7 \times 55,00 + 39,50 + 32,00 = 528,00$ m. Konstrukcija mosta slijedi geometriju ceste na mostu i prilagođava se krivinama i proširenjima na krajnjim dijelovima mosta. Raspon od 55,00 m na većem je dijelu mosta optimalan za kontinuirane spregnute konstrukcije s diskontinuiranim sprežanjem bez primjene natega za prednapinjanje armiranebetonske ploče na dijelovima iznad srednjih stupova. Raspon od 55,00 m granični je za montažu čeličnog roštilja rasponske konstrukcije navlačenjem bez pomoćnih oslonaca i bez privremenog ovješnja. Ovako pojednostavnjena tehnologija ugradnje i montaže opravdava nešto povećanu potrošnju čelika za čeličnu konstrukciju, što potvrđuje suvremena praksa u Švicarskoj i drugim razvijenim državama.

Cjelokupna tehnologija izgradnje mosta temelji se na maksimalnom iskorištavanju jezera promjenjive razine i radne plovne platforme s koje se buše piloti, postavljaju elementi zagata, betoniraju temelji i stupovi, montira čelična konstrukcija i betonira kolnička ploča.

Zadržali smo uobičajeni koncept poprečnog presjeka mosta sa dva glavna nosača i otvorenim presjekom bez sprežnja poprečnih nosača koji je vrlo racionalan i prisutan je u europskoj i našoj praksi.

Kolnik na mostu sa dva prometna traka širine $2 \times 3,55 = 7,10$ m dovoljan je za dvosmjerni promet svih vozila za brzine do 80 km/h. Pješačke staze na rubovima mosta širine $2 \times 1,30$ odvojene su od kolnika granitnim rubnja-



Slika 2. Uzdužni presjek mosta s kontinuiranom spregnutom konstrukcijom

cima visine 20 cm i osiguravaju siguran prijelaz pješaka preko mosta.

Cjelokupna oprema mosta (ležajevi, dilatacije, izolacija, asfaltni slojevi, ograda pješačke staze, rubni vijenci) suvremena su rješenja usklađena s aktualnim smjernicama za opremu mostova.

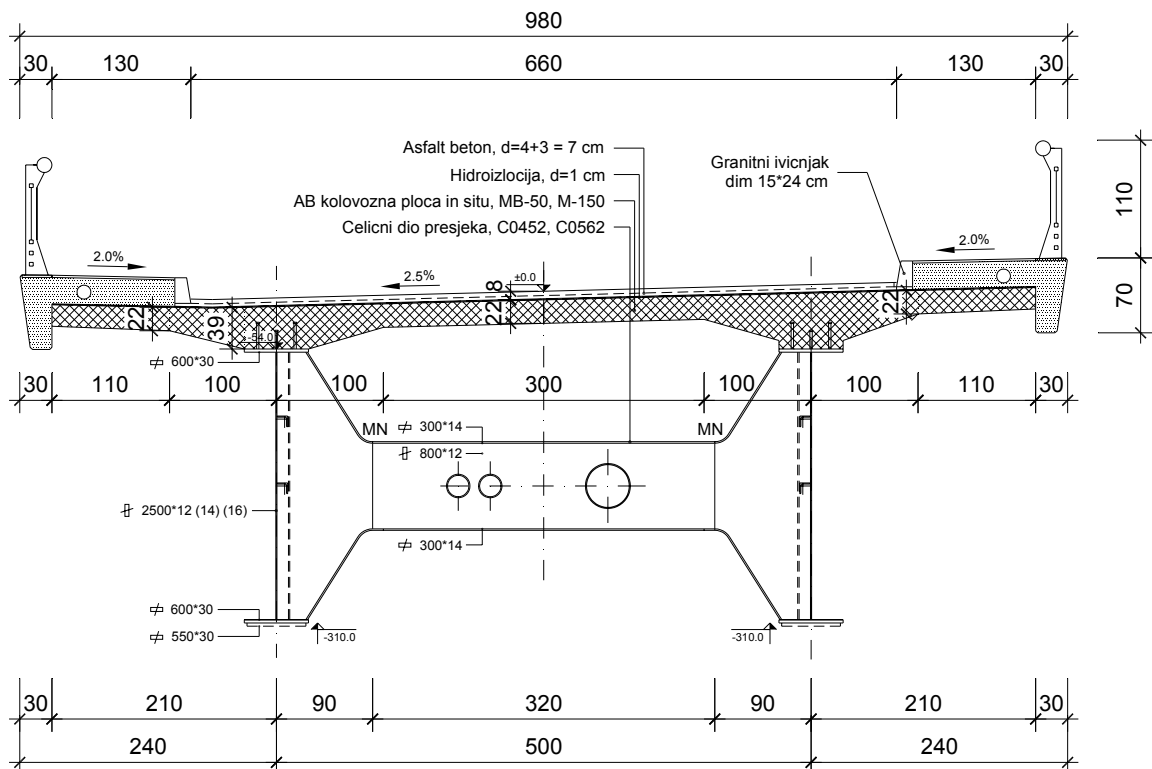
3.2 Rasponska konstrukcija mosta

Kontinuirana spregnuta rasponska konstrukcija mosta s 11 raspona neprekinuta je cjelina s dilatacijama samo na obalnim stupovima na krajevima mosta. Poprečni presjek ima dva glavna čelična punostijena limena zavarena nosača konstrukcijske visine rebra 2,50 m na međusobnom razmaku 5,00 m i poprečne nosače na razmaku 5,00, 6,50 i 7,00 m.

Čelična konstrukcija mosta je od čelika Č0452, a dijelovi za ukrućenja od Č0562. Glavni nosači su na istoj visini, što znatno pojednostavnjuje i olakšava radioničku izradu i montažu čelične konstrukcije. Poprečni nagib kolnika postiže se promjenljivom visinom vuta kolničke ploče. Specifično oblikovani poprečni nosači visine 0,80 m postavljeni su u sredini visine presjeka glavnih nosača s montažnim nastavcima na udaljenosti 0,90 m od glavnih nosača i specifično oblikovanim krilnim limovima koji povezuju različite visine glavnih i poprečnih nosača u poljima. Razmak glavnih nosača i veličina kon-

zola su uravnoteženi, a položaj slivnika nije u koliziji s čeličnom konstrukcijom. Ležajni poprečni nosači imaju povećanu visinu i povećane dimenzije presjeka radi prijenosa sila iz rasponske konstrukcije na ležajeve odnosno zglobove. Takav oblik spuštenih nespregnutih poprečnih nosača omogućuje nesmetano betoniranje kolničke ploče s pokretnim platformama, što je suvremeno rješenje za spregnute mostove velikih duljina. Na prva dva raspona mosta u krivini $R = 300$ m i na posljednja tri polja u krivini $R = 155$ m glavni nosači prate krivinu ceste na mostu, a u ravnini donjeg pojasa projektirani su spregovi. Spregovi od križnih dijagonala iz cijevi $\phi 120 \times 5$ doprinose preuzimanju torzijskih momenata na dijelovima mosta u krivini i stabiliziraju čeličnu konstrukciju u fazi montaže i betoniranja kolničke ploče.

Dva glavna zavarena čelična nosača identičnog presjeka imaju osnovni presjek od vertikalnog lima visine 2 500 mm, debljine 12, 14 i 16 mm i pojase od lamela presjeka 600×30 . Osnovni se presjek ojačava dodatnom lamelom 500×30 . Nad stupovima 3 – 9 presjek se ojačava drugom dodatnom lamelom presjeka 550×40 na duljini 10 m. Svi montažni nastavci glavnih i poprečnih nosača su u vijčanoj (vertikalni limovi) i zavarenoj izvedbi (lamelle). Raspored montažnih nastavaka na glavnim nosačima prilagođen je transportnim duljinama i položaju dodatnih lamela.



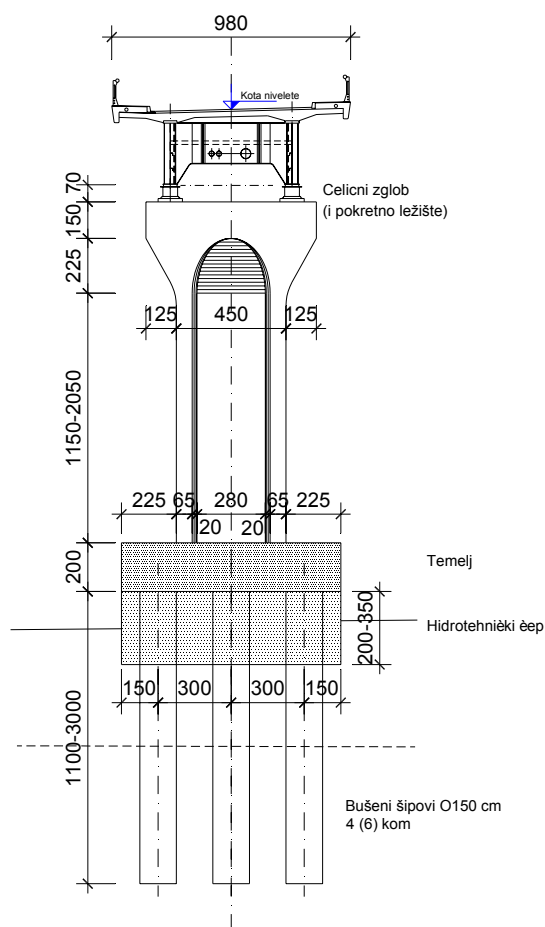
Slika 3. Poprečni presjek mosta s kontinuiranom spregnutom rasponskom konstrukcijom

Za sprezanje čelične konstrukcije i armiranobetonske ploče konstruirani su moždanici $\phi 22$ u tri reda koji preuzimaju posmične sile. Armiranobetonska ploča oslanja se i spreže na gornje pojase glavnih nosača s prepustima 2,35 m. Debljina ploče u sredini je 22 cm, na mjestu vuta 34,8 cm odnosno 44,8 cm, a na krajevima konzola 20 cm. Marke betona kolničke ploče su MB-50. Kolnička se ploča betonira po fazama i redosljedu što je detaljno razrađeno u shemi betoniranja, u skladu sa statičkom analizom spregnute konstrukcije. Radi trajnosti mosta zaštitni je sloj betona 4,00 cm, a veličina pukotina ograničena je na 0,2 mm.

3.3 Temeljenje i stupovi mosta

Svi stupovi mosta temelje se duboko na bušenim pilotima promjera 1500 mm, duljine 7,00 m na obalnim stupovima i duljine 11,00 – 30,00 m na srednjim stupovima. Pri određivanju duljine pilota uzimala se u obzir činjenica da su glavni troškovi na izradi pilota u pripremnim radovima i opremi.

Za srednje stupove 2, 3, 4, 9, 10 i 11 potrebna su po 4 pilota, za stupove 5, 6, 7 i 8 koji su globno vezani za



Slika 4. Konstrukcija stupova mosta s temeljima

rasponsku konstrukciju po 6 pilota, a za obalne stupove po 5 bušenih pilota. Duljina i nosivost pilota usklađeni su s rezultatima geoistražnih radova. Za stupove 1, 2, 3, 4, 10, 11 i 12 piloti se buše s čvrstog tla, a za stupove 5, 6, 7, 8 i 9 s plovne platforme.

Za betoniranje temelja i stupova mosta predviđena je zaštita temeljne jame zagatnom konstrukcijom od čeličnih elemenata visine 10-20 m. Betoniranjem čepova debljine 2,00 i 3,50 m i njihovim povezivanjem s vrhom pilota preuzimaju se sile uzgona i omogućuje crpenje vode iz građevinske jame.

U određenim uvjetima kada je dubina vode u jezeru relativno velika i varira od 10-20 m i kada je dubina nosivog tla za temeljenje 5-25 m temeljenje mosta na bušenim pilotima s plovne platforme realno je i izvodljivo. Piloti promjera 1500 mm imaju veliku nosivost tako da su za stupove 2, 3, 7, 9, 10 i 11 s pokretnim ležajevima, koji ne preuzimaju i u temelje ne prenose veće horizontalne sile dovoljna po četiri pilota. Naglavna ploča – temelj stupa iznad pilota dimenzija $7,50 \times 7,50 \times 2,00$ m vrlo je kruta, tako da ravnomjerno opterećuje pilote i omogućuje pravilno sidrenje armature za stupove.

Za stupove 3, 4, i 9 pri radnom su vodostaju na koti 260 m n.v. potrebni čelični zagati. Piloti se mogu bušiti sa čvrstoga tla. Potreban je hidrotehnički čep visine 2,00 m koji spojen s vrhom pilota preuzima sile uzgona.

Stupovi 5, 6, 7, i 8 u sredini mosta preuzimaju sve horizontalne sile od vjetera, potresa i kočenja pa su ti stupovi na vrhu čeličnim zglobovima povezani s čeličnim nosačima spregnute rasponske konstrukcije mosta. Za ova četiri stupa potrebno je po 6 pilota. Naglavna i temeljna ploča nad pilotima dimenzija $7,50/9,00/2,00$ m povezuje grupu pilota u jedinstveni temelj. Temeljenje ovih stupova predviđeno je pri višim vodostajima od 260-265 mn.m, pa su zaštitni zagati predviđeni na koti 265,00 m. Hidrotehnički čepovi su veći, debljine od 3,00-3,50 mn.m.

Specifičan I presjek stupova visine od 10-20,50 m vrlo je racionalan jer s najmanje materijala preuzima statičke utjecaje iz obje ravnine djelovanja. U većem dijelu visine presjek ima konstantne konturne dimenzije $2,50/4,50$ m. Vrh stupa na visini 3,75 m konstrukcijski se i oblikovno širi na 7,00 m i tako omogućuje prostor za ležajeve ili zglobove te prostor za dizalice za montažu i zamjenu ležajeva. Oblik i dimenzije presjeka omogućuju pravilan razmještaj i položaj potrebne armature.

Obalni stupovi mosta 8 m visine iznad temeljne ploče konstruirani su kao cjelina s paralelnim krilnim zidovima. Temelje se na po pet pilota $\phi 1500$ mm, duljine 7 m s temeljem.

Između krajnjih ležajnih poprečnih nosača rasponske konstrukcije i nadzida ostaje hodnik širine 1,20 m dovoljan za službene osobe pri pregledu ležajeva, dilatacija i krajeva rasponske konstrukcije. Nasip između krilnih zidova i zida obalnih stupova je od kamenog materijala s potrebnim nabijanjem.

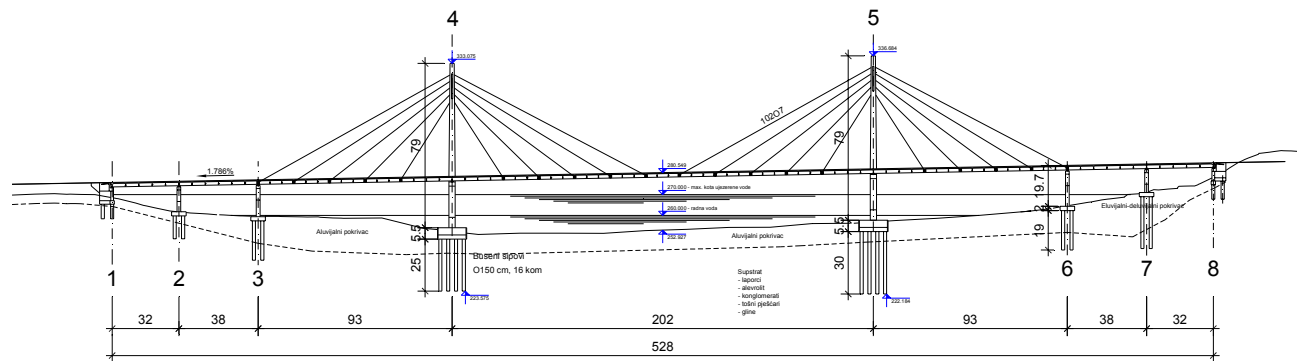
4 Varijanta mosta s ovješeno konstrukcijom

4.1 Konceptija dispozicijskog rješenja ovješeno mosta

Osnovna je prednost ovjeshene konstrukcije za premoštenje Jablaničkog jezera manji broj stupova u teškim uvjetima temeljenja. Takva konstrukcija omogućuje velike rasponne s relativno malim visinama grede (rasponske konstrukcije) jer zatege kao elastični oslonci prihvaćaju gredu na određenim razmacima od 10 do 30 m, za-

4.2 Rasponska konstrukcija ovješeno mosta

Rasponska konstrukcija mosta spregnuta je greda sa sedam raspona, od kojih su tri srednja velika raspona $93 + 202 + 93$ ovjeshena i preko pilona prenose sile u nosivo tlo. Spregnutu gredu čine dva limena punostijena zavarena nosača visine 1,60 m postavljena na rubovima presjeka na razmaku 8,0 i relativno gusti poprečni nosači na razmaku 5,33 – 6,40 m spregnuti s kolničkom pločom. Kolnička ploča od MB-60 oslanja se i spreže preko vuta promjenljive visine i moždanika na glavne i poprečne nosače koji su na istoj visini. Razmaknuti glavni nosači omogućuju kratku konzolnu konstrukciju sidrišta za smještaj sidara. Ukupna konstrukcijska visina spregnute grede je 2,19 m ($L/92$), što je uobičajena visina za spregnute ovjeshene grede srednjih raspona. Širina spregnute konstrukcije s nosačima na razmaku 8,00 m i dvoredne zatege osi-



Slika 5. Uzdužni presjek mosta s ovješeno konstrukcijom

visno od koncepcije građenja i materijala grede (čelik, beton, spregnuta konstrukcija).

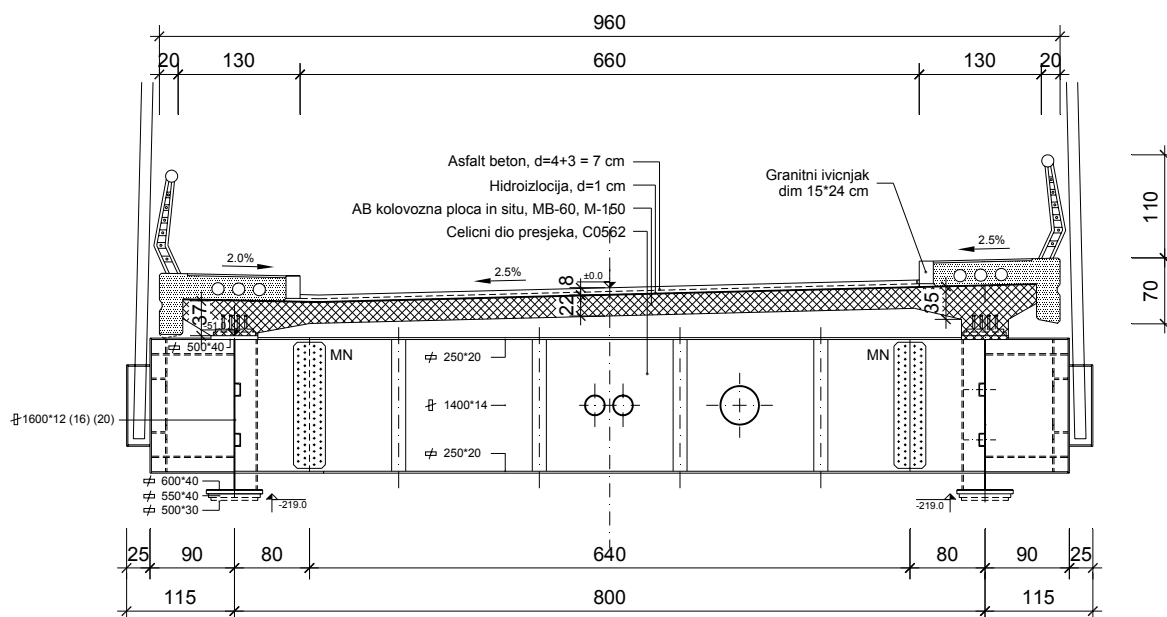
Od 1955. (most Stromsund u Švedskoj) pa do danas ovjesheni su mostovi postali najviše primjenjivani sustavi za sve rasponne u granicama od 100 do 500 m (1000 m), a i u svim materijalima.

Ovjeshena konstrukcija mosta kojom je premošteno Jablaničko jezero ima sedam simetrično raspoređenih raspona $32 + 38 + 93 + 202 + 93 + 38 + 32 = 528$ m. Veličina i odnos veličina raspona omogućavaju dobar položaj stupova izvan velikih dubina jezera i ne dopuštaju pojavu negativnih reakcija na krajevima bočnih otvora kod stupova 3 i 6. Ovjesheni dio konstrukcije mosta uglavnom je u pravcu s dijelom bočnih otvora u prijelaznicama, a neovjesheni dijelovi – bočni otvori 32 i 38 m slijede zakrivljenost osi ceste na mostu.

Za temeljenje, izgradnju pilona, stupova i za montažu čelične grede rabi se plovna platforma prilagođena radnim operacijama, opremi i težinama elemenata koji se ugrađuju s platforme.

guravaju dovoljnu poprečnu stabilnost ovjeshene konstrukcije.

Čelična se konstrukcija spregnute grede dovozi na gradilište u dijelovima duljine 17,10 m za ovjesheni dio i 19-21 m za neovjesheni dio. Dijelovi čelične konstrukcije za krajnje rasponne 32 i 38 m montiraju se na nasipima iza obalnih stupova i navlače na mjesto u konstrukciji mosta. Dijelovi čelične konstrukcije za tri ovjeshena raspona formiraju se na plovnoj platformi u segmente duljine 17,10 m i s platforme dizalicom montiraju na mjesto u rasponskoj konstrukciji. Prvi segment duljine 7,80 m nad prečkom pilona privremeno se pričvrsti sidrima, a zatim se simetrično prema glavnom i bočnom rasponu montiraju i vješaju ostali segmenti. Montaža je istovremena s oba pilona tako da se može montirati završni segment duljine 16,00 m u sredini raspona. Krajnji se segmenti na bočnim rasponima s montažnim nastavkom neposredno iza stupova 3 i 6 povežu na već montiranu konstrukciju krajnjih raspona. Nakon montaže čelične konstrukcije i aktiviranja zatega betonira se kolnička ploča od pilona simetrično prema sredini i krajevima



Slika 6. Poprečni presjek rasponske konstrukcije ovješnog mosta

bočnih raspona. Kolnička se ploča u krajnjim rasponima 32 i 38 m prva betonira da bi se izbjegla pojava negativnih reakcija.

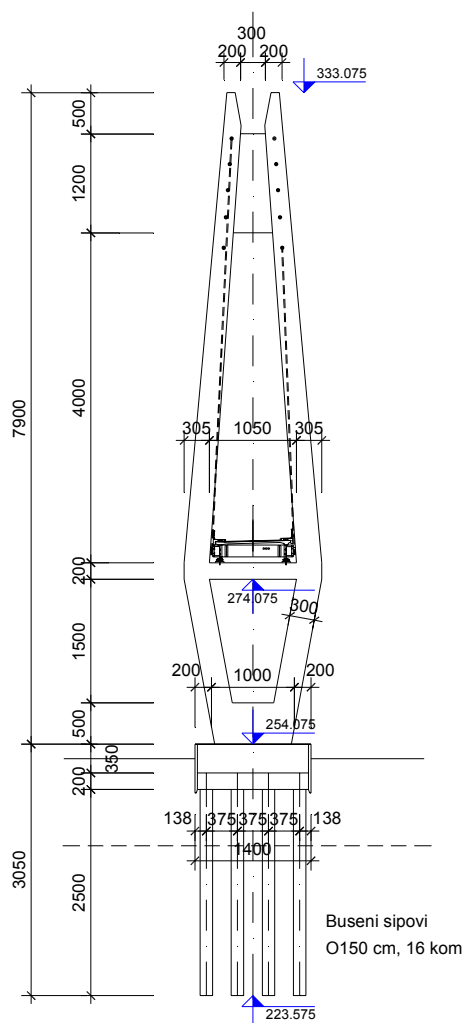
4.3 Zatege i ovješnje mosta

Srednji dio mosta raspona 93 + 202 + 93 ovješeno je s po 2×5 dvorednih zatega o pilone 4 i 5. Zatege su paralelne visokovrijedne žice $\phi 7$ mm. Broj žica je od 66-102 i odgovara silama u pojedinim zategama. Zatege dužine od 50-100 m pripremaju se u tvornici i na koloturama dopreme na gradilište. Montaža zatega teče paralelno s montažom čelične grede. Proizvođač zatega doprema i montira zatege prema posebnom projektu montaže uz uporabu plovne platforme i opreme s vrha pilona. Zatege se uvlače u pilon kroz pripremljene otvore i sidre s nepomičnim sidrima. Na drugom se kraju zatege vežu sidra za spregnutu gredu na konzolama koje su pripremljene na vanjskim stranama glavnih nosača.

4.4 Temeljenje, stupovi i piloni mosta

Svi stupovi i oba pilona mosta temelje se duboko na bušenim pilotima promjera 1500 mm duljine do 7,00 m na obalnim stupovima 1 i 8, 11,00-25,00 m na stupovima 2, 3, 6 i 7 i 25,00 m odnosno 30,00 m na pilonima 4 i 5. Duljine pilota, kota dna pilota, duljina usidrenja u nosivim slojevima i nosivost pilota pojedinačno i u grupi, usklađeni su s rezultatima geoistražnih radova i usuglašeni s autorima geotehničkog elaborata.

Za pilone projektirano je temeljenje na grupama po 16 pilota, tako da temeljna ploča ima konturne dimenzije $14,0 \times 14,0$ m i debljinu 3,5 m. Vrhovi pilota su pri dnu



Slika 7. Konstrukcija i temeljenje pilona

jezera, a četiri se kutna pilota produljuju uz zaštitu čelične „košulje“ do kote 270,0 (najviša kota jezerske vode) i služe za nošenje opreme za izradu segmenata bunara. Segmenti bunara visine 2,5 m betoniraju se u oplati koja visi na čeličnim nosačima oslonjenim na rubne pilote. Segmenti se betoniraju postupno i spuštaju prema dnu jezera. Podvodnim iskopom – crpenjem muljevitog nevezanog tla i vlastitom težinom bunar se spušta 2-3 m u dno jezera. Podvodno, uz pomoć ronilaca, oslobađaju se vrhovi pilota od dijela slabog betona na njima tako da brtveni sloj betona, hidraulički čep visine 2,0 m za preuzimanje sila uzgona, uključuje i pilote. Nakon betoniranja čepova moguće je crpenje vode i radovi u suhom na montaži armature temeljne ploče debljine 3,50 m i sidara za armaturu stupova – pilona. Ukupna visina pilona je 79,00 m, od čega je 22 m ispod rasponske konstrukcije, a 57 m iznad rasponske konstrukcije.

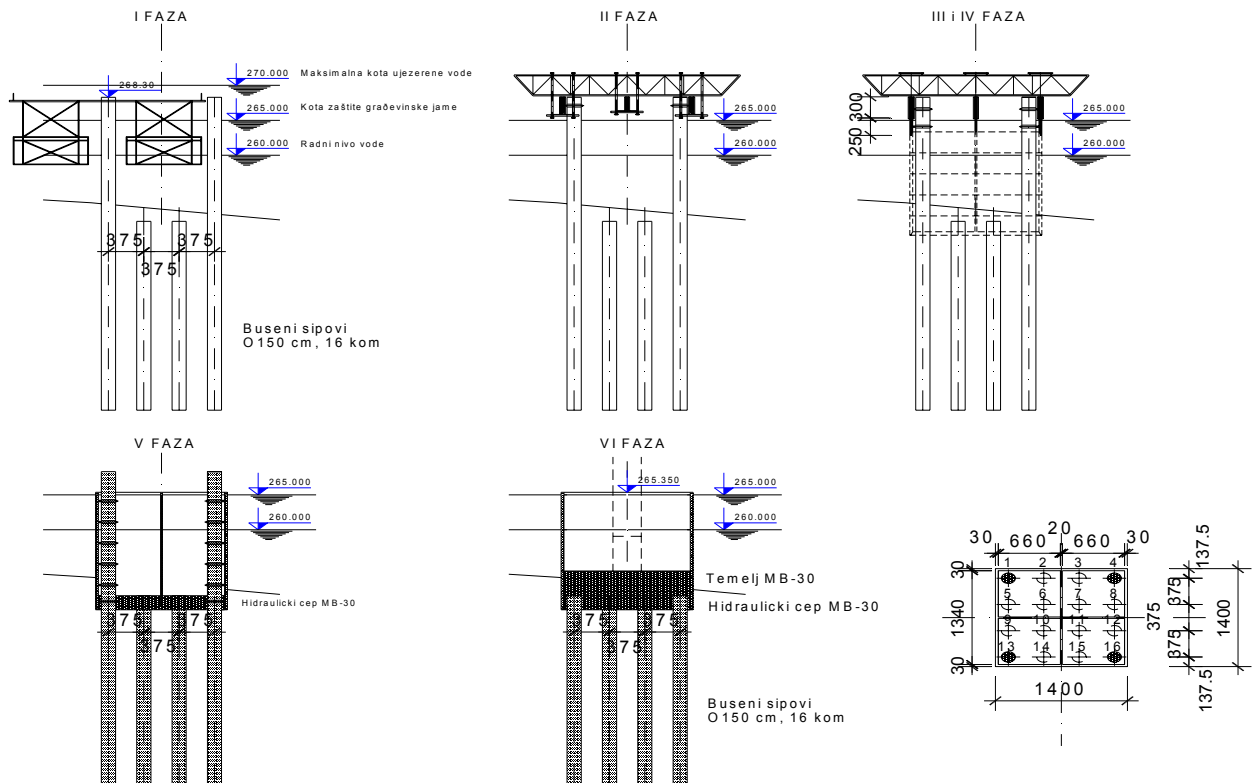
Projektirana je visina pilona srazmjerna s veličinom srednjeg raspona i omogućuje povoljan kut nagiba zatega, a time i smanjuje sile u njima. Omjer visine pilona prema glavnom rasponu $57/202 = 0,28$ uobičajeni je odnos. Konstrukcija i dimenzije obaju pilona identični su tako da je moguće dvojno korištenje oplatom i opremom za njihovo betoniranje. Dva kraka "A" pilona na vrhu se spajaju dijafragmom visine 12 m debljine 0,50 m. Presjek krakova je promjenljiv od $3,0 \times 3,0$ m u dnu do $2,0 \times 2,0$ m na vrhu pilona. Na mjestu prijeloma vanjske

konture pilona na visini 20 m od temelja je poprečna greda visine 2,0 m na koju se preko ležajeva oslanja greda ovješene konstrukcije mosta. Na vrhu pilona su sidrišta za 2×5 parova natega iz glavnog i bočnih otvora. Konstrukcija sidrišta relativno je jednostavna i prilagođena je dimenzijama zatega, sidrene nepomične glave i ostale opreme vezane za sustav prednapinjanja zatega. Piloni se grade uz pomoć prijenosne oplata u segmentima visine 3,0-5,0 m koja omogućuje kontinuiranu promjenu presjeka po visini. Na pilonu 4 su nepokretna ležišta, a na svim su ostalim stupovima pokretna ležišta.

Radi specifičnosti rješenja ukratko opisujemo faze izvođenja temelja pilona:

Prva faza: obilježavanje temelja; doprema pontona sa strojem za izradu pilota; bušenje i izrada pilota.

- Druga faza: montaža čelične konstrukcije; izrada i vješanje radnih platformi; postavljanje oplata; ugradnja armature i užadi za prednapinjanje za spuštanje; ugrađivanje obruča za vođenje; betoniranje prvog segmenta bunara; skidanje oplata i radnih platformi; spuštanje prvog segmenta do nivoa koji omogućava daljnji rad.
- Treća i četvrta faza: montaža radne skele za spuštanje bunara i montaža oplata, armature i obruča za vođenje idućih segmenata visine 3,0 m, betoniranje segmenata, demontaža platforme i oplata, spuštanje



Slika 8. Faze izrade dubokih temelja pilona

segmenata na kotu koja omogućava izradu sljedećeg segmenta (postupak se ponavlja); spuštanje bunara do kote terena, a zatim uz podvodni iskop do projektirane kote.

- Peta faza: podvodno rušenje gornjeg dijela pilota; podvodno betoniranje hidrauličkog čepa.
- Šesta faza: crpenje vode iz bunara; čišćenje i ugrađivanje armature temeljne ploče pilona te betoniranje temeljne ploče; betoniranje stupova pod zaštitom bunara; rušenje gornjih dijelova bunara.

5 Zaključak

Za premoštenje Jablaničkog jezera na lokaciji Čelebići–Lisičići širine 528 m, s dubinom vode od 10-20 m i nosivim tlom za temeljenje na dubini 5-25 m, izrađene su varijante idejnih rješenja grednih i ovješanih mostova.

Za gredne mostove analizirane su varijante s rasponskim konstrukcijama od prednapetoga armiranog betona u montažnoj izvedbi i u izvedbi na prijenosnoj skeli za raspone od 35-55 m te varijanta sa spregnutom rasponskom konstrukcijom s osnovnim rasponom 55 m.

Teškoće i cijena temeljenja i nemogućnost, zbog krivina na trasi ceste, primjene suvremene tehnologije izgradnje prednapetih mostova naguravanjem opredijelili su projektante i investitora na varijantu sa spregnutom rasponskom konstrukcijom.

Druga varijanta obrađena na nivou idejnog projekta bila je s ovješanim mostom sa dva pilona i spregnutom rasponskom konstrukcijom prihvaćenom sa dva reda zatega.

Osnovni razlog za opredjeljenje investitora JP Elektroprivreda BiH Sarajevo za spregnutu varijantu bili su troškovi gradnje koji su prema predračunu projektanta bili za tu varijantu niži 16 posto.

Idejni projekti mosta za obje varijante zasnivali su se na dobrim podlogama, posebno na detaljnim geoistražnim radovima i na prostudiranom režimu rada hidroelektrane Jablanica i radnim visinama vode u jezeru.

Za obje su varijante izrađeni detaljni proračuni kojima su potvrđene izabrane dimenzije i kvalitete materijala, kao i cjeloviti predmjeri i predračuni s realnim tržišnim cijenama.

Visoka cijena zatega i pilona ovješene varijante nije se mogla kompenzirati smanjenjem troškova za temeljenje stupova u dubokoj vodi.

Za kontinuiranu spregnutu varijantu mosta s 11 raspona izrađen je glavni projekt i na potezu je investitor. Brojni stanovnici s obje obale jezera očekuju da se most izgradi i da dobiju prirodnu vezu obala jezera koje su izgradili prije više od pola stoljeća.

Studije, idejni i glavni projekt mosta izrađeni su u projektom birou *Divel* d.o.o. Sarajevo koji nastavlja tradiciju *Trasera*. Projektanti mosta su autori članka.

Glavni projekt završen je u 2005. godini, a gradnja nije još počela.

IZVORI

[1] Studija i idejni projekt varijanata mosta

[2] Glavni projekt mosta