

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Грађевински факултет

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Извештај Комисије о оцени докторске дисертације кандидата Уроша Мирковића

Одлуком Наставно-научног већа Грађевинског факултета Универзитета у Београду од 26.12.2024. године (одлука бр. 141/11-23 од 26.12.2024.), именовани смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Уроша Мирковића, маг. инж. грађ. под насловом:

ТЕРМИЧКО-НАПОНСКА АНАЛИЗА ГРАВИТАЦИОНИХ БЕТОНСКИХ БРАНА КОЈЕ СЕ ГРАДЕ МЕТОДОМ БЛОКОВА

Наслов на енглеском језику:

THERMAL-STRESS ANALYSIS OF CONCRETE GRAVITY DAMS WHICH ARE BUILT IN BLOCKS

Након прегледа достављене докторске дисертације, Комисија је сачинила следећи:

ИЗВЕШТАЈ

1 УВОД

1.1 ПОДАЦИ О ПРОЦЕДУРИ ПРИЈАВЉИВАЊА И ПРЕДАЈИ ДИСЕРТАЦИЈЕ

На седници Већа Катедре за хидротехнику и водно-еколошко инжењерство, одржаној 22.06.2023, кандидат Урош Мирковић је изложио предложеној тему докторске дисертације под насловом „Прилог термичко-напонској анализи гравитационих бетонских брана које се граде методом блокова“. Комисија коју је образовало Веће Катедре је 23.06.2023. донела одлуку да прихвати тему докторске дисертације и предложила је кандидату да тему пријави Наставно-научном већу Грађевинског факултета Универзитета у Београду.

Одлуком Наставно-научног већа Грађевинског факултета Универзитета у Београду од 29.06.2023. године (одлука бр. 141/3 од 03.07.2023.) именована је Комисија за оцену научне заснованости теме докторске дисертације под насловом „Прилог термичко-напонској анализи гравитационих бетонских брана које се граде методом блокова“ у саставу: проф. др Владан Кузмановић, проф. др Љубодраг Савић, проф. др Мирослав Живковић (Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу).

Комисија за оцену научне заснованости теме докторске дисертације је формирала позитиван извештај и 29.07.2023. предложила Наставно-научном већу Грађевинског факултета да прихвати предложеној тему докторске дисертације под коригованим насловом: „Термичко-напонска анализа гравитационих бетонских брана које се граде методом блокова“ (наслов на енглеском гласи: „Thermal-stress analysis of concrete gravity dams which are built in blocks“).

Позитиван извештај Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације је усвојен на седници Наставно-научног већа Грађевинског факултета одржаној 21.09.2023. (одлука бр. 141/5 од

22.09.2023.). Веће научних области грађевинско-урбанистичких наука Универзитета у Београду на седници одржаној 26.09.2023. године (одлука бр. 61206-3384/2-23 од 26.09.2023.), усвојило је предлог теме докторске дисертације кандидата Уроша Мирковића.

Кандидат је завршену докторску дисертацију предао Служби за студентска питања Грађевинског факултета Универзитета у Београду дана 09.12.2024.

Наставно-научно веће Грађевинског факултета Универзитета у Београду на седници одржаној 26.12.2024. је донело одлуку (одлука бр. 141/11-23 од 26.12.2024.) о именовању чланова Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације у саставу:

- проф. др Љубодраг Савић, дипл. грађ. инж. (Грађевински факултет Универзитета у Београду),
- в. проф. др Мирослав Марјановић, маг. инж. грађ. (Грађевински факултет Универзитета у Београду),
- проф. др Мирослав Живковић, дипл. маш. инж. (Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу).

1.2 НАУЧНА ОБЛАСТ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Тема дисертације припада научној области Грађевинско инжењерство и ужој научној области Хидротехничке конструкције и објекти, која је дефинисана Статутом Грађевинског факултета Универзитета у Београду. За ментора дисертације одређен је др **Владан Кузмановић**, дипл. грађ. инж, редовни професор Грађевинског факултета Универзитета у Београду.

1.3 БИОГРАФСКИ ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

Урош Мирковић је рођен 14. августа 1991. године у Лазаревцу, Република Србија. Основну школу „Милорад Лабудовић Лабуд“ завршио је у месту Барошевац са одличним успехом и бројним оствареним признањима, као носилац Вукове дипломе и ученик генерације. Школске 2006/2007. године уписао је Гимназију у Лазаревцу, природно-математички смер, где је матурирао 2010. године са одличним успехом, као носилац Вукове дипломе. Током гимназије био је стипендиста града Лазаревца за остварене средњошколске резултате.

Грађевински факултет Универзитета у Београду уписао је школске 2010/2011. године. Основне студије на модулу за Конструкције завршио је 2015. године са просечном оценом 8,12 (осам и 12/100). Синтезни пројекат из области Металне конструкције у зградарству под насловом „Прорачун челичне индустријске хале“ одбранио је 26. јуна 2015. године са оценом 10 код ментора проф. др Милана Спремића. Током основних студија био је стипендиста Министарства просвете Републике Србије и града Лазаревца за остварене академске резултате.

Мастер студије на модулу за Конструкције завршио је 2016. године са просечном оценом 9,43 (девет и 43/100). Мастер рад из уже научне области Механика стена и подземне конструкције под насловом „Упоредна анализа варијантних решења грађења доводног тунела ХЕ „Дабар““ одбранио је 9. децембра 2016. године са оценом 10 под менторством в. проф. др Дејана Дивца.

Од марта 2012. до новембра 2014. био је ангажован као волонтер UNICEF-а у нашој земљи.

Докторске студије на Грађевинском факултету Универзитета у Београду уписао је школске 2017/2018. године. Све предмете на докторским студијама положио је у предвиђеном року, са просечном оценом 9,75.

Као докторанд, добитник је награде из фонда проф. др Миливоја Симића за најбољи студентски рад реализован у сарадњи са Лабораторијама за електронику и грађевинску физику у школској 2019/2020. години као и награде за радове изложене на Симпозијуму Друштва грађевинских конструктера Србије (ДГКС) у Аранђеловцу 2020. године.

У публикацијама и на скуповима у земљи и иностранству, као аутор или коаутор, објавио је 16 радова, углавном из области брана и тунела, од којих су три на SCI листи.

У периоду од 6. марта 2017. до данас запослен је у Институту за водопривреду „Јарослав Черни“ као мастер инжењер грађевинарства на позицији самосталног истраживача и ангажован је на пословима пројектовања нових и санацији постојећих објеката геотехнике и хидротехнике, изради пројектата, студија и анализа из наведених области и то као учесник, руководилац и одговорни пројектант.

Стручни испит у Инжењерској комори Србије положио је 5. децембра 2020. године за област грађевинско инжењерство, ужа стручна област - грађевинске конструкције. Поседује лиценцу за обављање стручних послова израде техничке документације (ознака лиценце: ГП 04-01, бр. 341И05621) као и лиценцу за извођача радова за обављање стручних послова грађења објеката, односно извођења радова (ознака лиценце: ГП 04-01.1, бр. 441М05721) издате од стране Министарства грађевинарства, саобраћаја и инфраструктуре дана 26. марта 2021. године.

Поседује знање енглеског и руског језика.

2 ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1 САДРЖАЈ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Докторска дисертација кандидата Уроша Мирковића под насловом „Термичко - напонска анализа гравитационих бетонских брана које се граде методом блокова“ садржи укупно 179 страна од којих је основни текст 155 страна. Дисертација је писана на српском језику ћириличним писмом и подељена је у 9 поглавља:

1. Увод
2. Досадашња истраживања у области термичко-напонске анализе бетонских брана
3. Теоријска разматрања
4. Практична разматрања
5. Методологија прорачуна
6. Нумерички модели за термичко-напонске анализе
7. Анализа напонског стања
8. Закључци и смернице за даља истраживања
9. Литература

Дисертација садржи 154 слике и 7 табела. Списак цитиране литературе садржи 114 наслова. На почетку дисертације дат је резиме на српском и енглеском језику са кључним речима. Биографија кандидата је дата на крају дисертације.

Дисертација је технички обликована према упутствима Универзитета у Београду и посебним упутствима за обликовање штампане и електронске верзије доктората. Садржи обавезна поглавља и обрасце: изјава о ауторству, изјава о истоветности електронске и штампане верзије и изјава о коришћењу.

2.2 КРАТАК ПРИКАЗ ПОЈЕДИНАЧНИХ ПОГЛАВЉА

Основни текст докторске дисертације има 8 поглавља и преглед коришћене литературе. На почетку текста налазе се изјава захвалности, резиме са списком кључних речи на српском и енглеском језику као и садржај.

Структура рада је дефинисана тако да се прикажу сви аспекти научног истраживања спроведеног у оквиру ове дисертације.

У оквиру поглавља 1 дат је приказ предмета истраживања, циљева и задатака истраживања као и структуре докторске дисертације.

У оквиру поглавља 2 дат је преглед најважнијих истраживања у области термичко-напонске анализе бетонских брана (гравитационих и лучних) као и других релевантних истраживања са критичким освртом на исте.

Поглавље 3 приказује релевантна теоријска разматрања у области моделирања термичко-напонског понашања гравитационих бетонских брана које се граде методом блокова. Приказане су теоријске основе термичког и напонско-деформационог прорачуна и то само за процесе који су разматрани у оквиру овог истраживања.

У поглављу 4 приказана су практична разматрања која се односе на разделнице и блокове у телу гравитационих бетонских брана. Приказан је и начин њиховог извођења за изабрани објекат из домаће праксе (гравитациона бетонска брана ХЕ “Ђердап 1“).

У поглављу 5 приказана је методологија прорачуна која је спроведена у оквиру ове докторске дисертације. Дати су основни подаци о развијеним прорачунским моделима и њиховој структури, подаци о начину спровођења прорачуна као и о изабраним карактеристичним временским пресецима у којима су приказани резултати прорачуна. Приказан је алгоритам прорачуна у оквиру спроведеног истраживања.

У поглављу 6 приказани су тродимензионални структурни и МКЕ модели, параметри материјала и контурни услови за спроведену термичку и напонско-деформациону анализу. Приказана су разматрана оптерећења у зависности од спроведене анализе као и динамика грађења бране и пуњења акумулације, која има важну улогу у правилном спровођењу анализе у разматраном дугорочном периоду (у току грађења конструкције, као и за време пуњења акумулације и експлоатације).

У поглављу 7 приказане су две анализе утицаја на развој напона затезања и то: анализа утицаја дужине ламеле на термичке напоне затезања и анализа утицаја контурног услова на месту дилатационе разделнице на напоне затезања у конструкцији. При томе, прва од поменутих анализа спроведена је за четири разматране дужине ламеле док је друга спроведена за једну изабрану дужину уз параметризацију померања потребног за активирање задатог контурног услова. У оквиру овог поглавља приказани су и резултати прорачуна температурног поља за све разматране дужине ламела.

Поглавље 8 приказује закључке изведене из упоредних анализа, дискусија и интерпретација резултата из претходног поглавља, као и смернице за будућа истраживања, а која могу бити наставак истраживања спроведеног у оквиру ове докторске дисертације.

У последњем поглављу, дат је списак коришћене литературе.

Истраживање у свом обиму садржи и прилоге (структурне моделе (у .igs формату), улазне фајлове за термички прорачун (у .xlsx формату) као и отворене прорачунске фајлове (у .mdl формату) који су коришћени у оквиру истраживања) који се налазе на пратећем CD-у.

3 ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1 САВРЕМЕНОСТ И ОРИГИНАЛНОСТ

Непосредно по уграђивању бетона долази до повећања температуре у телу гравитационе бетонске бране. Када бетон почне да се хлади, запремина конструкције се смањује. Уколико је наведено смањење запремине спречено или ограничено, јављају се термички напони затезања који могу да изазову настанак прелина. Ово се може избећи конструктивним мерама као што су грађење у међусобно независним ламелама и фазно бетонирање блокова. Грађење гравитационих бетонских брана у ламелама подразумева формирање дилатационих разделница између две суседне ламеле које омогућавају да се термички напони затезања растерете и тиме спречи или умањи процес појаве прелина. Фазно бетонирање подразумева изливање бетонских блокова по претходно дефинисаном распореду и динамици.

Предмет истраживања ове докторске дисертације је анализа термичко-напонског понашања гравитационе бетонске бране која се гради методом блокова, у току њеног грађења, пуњења

акумулације и експлоатације. Истраживање је спроведено тако да прорачуни узимају у обзир сопствену тежину конструкције и термичке утицаје, хидростатички притисак, силе од узгона, временске деформације скупљања бетона, као и одговарајуће термичке и напонско – деформацијске контурне услове. Посебан значај у истраживању има нови приступ моделирању контурног услова на месту дилатационе разделнице која не прихвата затезање („no tension joint“).

Како је аутор имао податке о брани Платановриси (Република Грчка), а која добро репрезентује једну велику гравитациону бетонску брану, исти су искоришћени за креирање прорачунских модела за потребе овог истраживања. У складу са претходним, за поједине контурне услове искоришћене су и мерене вредности са овог објекта: амбијенталне вредности температура, температуре ваздуха у галеријама бране, температуре свеже бетонске мешавине као и вредности промене нивоа воде током пуњења акумулације. Аутор је такође користио податке мерења и са бране ХЕ „Ђердап 1“ (Република Србија), која добро репрезентује једну велику гравитациону бетонску брану.

Развијени нумерички модели разматрају једну непреливну ламелу гравитационе бетонске бране, различитих дужина како би се утврдио утицај дужине ламеле на промену термичких напона затезања у конструкцији.

Развијени нумерички модел за једну одабрану дужину ламеле искоришћен је за утврђивање утицаја контурног услова (који не прихвата затезање) на месту дилатационе разделнице на напонско понашање конструкције.

Имајући у виду да су у оквиру истраживања у овој дисертацији примењена савремена достигнућа у области нумеричког моделирања (применом методе коначних елемената) као и резултати мерења са реалних гравитационих бетонских брана може се рећи да читаво истраживање и добијени резултати представљају савремено и оригинално научно достигнуће.

3.2 ОСВРТ НА РЕФЕРЕНТНУ И КОРИШЋЕНУ ЛИТЕРАТУРУ

При изради ове дисертације, коришћено је 114 библиографских јединица. Већину референци чине радови који су објављени у врхунским међународним часописима и на међународним конференцијама. Део референци се односи и на поглавља појединих књига домаћих и страних аутора.

3.3 ОПИС И АДЕКВАТНОСТ ПРИМЕЊЕНИХ НАУЧНИХ МЕТОДА

У оквиру ове дисертације, коришћене су следеће научне методе:

- анализа и синтеза постојећих резултата из предметне области,
- анализа проблема методом коначних елемената,
- параметарска анализа проблема,
- систематизација, критичка и компаративна метода при обради резултата.

Наведене методе које је кандидат применио у оквиру овог истраживања су адекватне и примерене за примену у истраживању која је предмет дисертације.

3.4 ПРИМЕНЉИВОСТ ОСТВАРЕНИХ РЕЗУЛТАТА

Досадашња истраживања бетонских брана које се граде методом блокова, не пружају могућност правилне процене утицаја дилатационих разделница на напоне затезања. Као резултат прорачуна у овој дисертацији приказана су температурна поља и напонска стања за карактеристичне фазе (изградња, пуњење акумулације и експлоатација) уз приказ временских дијаграма температура и напона у карактеристичним тачкама ламеле гравитационе бетонске бране која се гради методом блокова. Извршена је анализа утицаја дужине ламеле на термичке напоне затезања као и анализа утицаја контурног услова на месту дилатационе разделнице на напоне затезања.

Истраживање у оквиру ове дисертације пружа увид у термичко-напонско понашање гравитационих бетонских брана које се граде методом блокова, показује значај избора оптималне дужине ламеле, као и значај моделирања реалног контурног услова на месту дилатационе разделнице која.

Резултати ове дисертације омогућавају избор оптималне дужине ламеле, чиме се скраћује трајање и смањују трошкови извођења конструкције. Моделирање реалног контурног услова на месту дилатационе разделнице пружа могућност поуздане процене настанка и развоја прелина услед напона затезања, што непосредно утиче на процену стања и трајности конструкције.

Генерални закључци овог истраживања могу се применити и на друге масивне бетонске конструкције.

Истраживања у овој дисертацији се могу користити и као база за друга испитивања.

3.5 ОЦЕНА ДОСТИГНУТИХ СПОСОБНОСТИ КАНДИДАТА ЗА САМОСТАЛНИ НАУЧНИ РАД

У оквиру ове дисертације, кандидат се бавио изучавањем и критичком анализом доступне релевантне литературе, анализом резултата мерења и нумеричким моделирањем код гравитационих бетонских брана које се граде методом блокова.

Кандидат је показао способност за критичку анализу научне литературе, способност да врши оцену и обраду резултата, затим способност да процесе нумерички моделира и да их повезује са реалним мерењима чиме је испунио циљеве и задатке постављене у оквиру дисертације.

Све наведено квалификује кандидата Уроша Мирковића да се може самостално бавити научно истраживачким радом.

4 ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1 ПРИКАЗ ОСТВАРЕНИХ НАУЧНИХ ДОПРИНОСА

У оквиру ове дисертације, остварени су следећи научни доприноси:

1. Извршен је детаљан преглед и анализа истраживања других аутора, а која се односе на моделирање термичко-напонског понашања бетонских брана (гравитационих и лучних),
2. Развијени су нумерички модели за термичко-напонску анализу гравитационе бетонске бране која се гради методом блокова за различите дужине ламеле у току процеса изградње, пуњења акумулације и експлоатације,
3. Развијени су нумерички модели за термичко-напонску анализу гравитационе бетонске бране која се гради методом блокова са контурним условом на месту дилатационе разделнице који симулира њено реално понашање (дилатациона разделница која прихвата притисак али не прихвата затезање),
4. Извршена је верификација модела уз помоћ контролних чворова код којих се уочава амплитуда продора спољашње температуре ваздуха,
5. Приказан је утицај промене дужине ламеле на температурно поље и термичке напоне затезања код гравитационих бетонских брана које се граде методом блокова,
6. Приказан је утицај контурног услова на месту дилатационе разделнице која не прихвата затезање на напонско стање конструкције,
7. Дате су смернице за даља истраживања у области термичко-напонске анализе гравитационих бетонских брана које се граде методом блокова.

4.2 КРИТИЧКА АНАЛИЗА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

Истраживачки рад кандидата Уроша Мирковића се бавио термичко-напонском анализом гравитационих бетонских брана које се граде методом блокова. Коришћен је просторно-временски нумерички модел, заснован на методи коначних елемената, који се састоји од једне непреливне ламеле бране и припадајуће стенске масе.

За усвојене димензије блокова и редослед и динамику бетонирања ових блокова, извршена је термичко - напонска анализа при чему се у обзир узимају: термичка и механичка својства материјала, процес хидратације цемента, почетни и гранични услови условљени бетонирањем по блоковима и одговарајућа оптерећења. Термичка анализа узима у обзир временски зависан и нелинеаран процес ослобађања топлоте хидратације цемента. Анализа напонског стања разматра утицај дужине ламеле као и утицај контурног услова на месту дилатационе разделнице која не прихвата затезање („po tension joint“) на напоне затезања у конструкцији. Анализе обухватају период изградње, пуњења акумулације и експлоатације у укупном трајању од око пет година.

Верификација прорачуна извршена је поређењем амплитуда прорачунских температура у карактеристичним чворовима ламеле бране, код којих је изражен утицај амбијанталне температуре, са аналитичким вредностима поједностављене методе других аутора. Анализа утицаја дужине ламеле на термичке напоне затезања спроведена је за четири изабране дужине ламеле (10, 12.5, 15 и 20 m).

Анализа утицаја контурног услова на месту дилатационе разделнице на напоне затезања спроведена је за једну изабрану дужину ламеле (15 m) уз параметризацију померања потребног за активирање задатог контурног услова (од 0 до 5 mm). Опсег вредности наведеног граничног померања изабран је искуствено. Унутар изабраног опсега извршена је параметризација активирања контурног услова са кораком од 1,0 mm. Развијени модели узимају у обзир сопствену тежину конструкције, све релевантне термичке процесе, скупљање бетона (које је уведено у модел преко номиналне величине карактеристичног блока ламеле), хидростатички притисак и силе од узгона као и одговарајуће термичке и напонско-деформационе контурне услове.

Добијени резултати температурног поља показују да на пораст температуре у телу бране највећи утицај имају процес хидратације у комбинацији са летњим температурама ваздуха у периоду грађења конструкције. Претходно наведено указује на значај контроле температура бетона приликом извођења радова у условима екстремних температура. Приказан је и утицај промене дужине ламеле на изглед температурног поља у бетону.

Добијени резултати напонског стања показују да наведени поступак моделирања омогућава поуздану процену напона затезања и ризика од настанка прслина у бетону. Екстремне вредности напона затезања јављају се у процесу наглог или постепеног хлађења бетона, када долази до његовог скупљања. Приказана је могућност редукације ових напона и то избором одговарајуће дужине ламеле, односно узимањем у обзир реалног понашања њених дилатационих разделница. Овим се на иновативан начин уводи нови начин разматрања проблема код ових масивних хидротехничких конструкција.

Генерални закључци овог истраживања могу се применити и на друге масивне бетонске конструкције, али, с обзиром на разлике у геометрији ових конструкција и климатске услове у којима се налазе, за сваку је потребно спровести посебну термичко-напонску анализу.

4.3 ВЕРИФИКАЦИЈА НАУЧНИХ ДОПРИНОСА

У току израде дисертације Урош Мирковић је међународној и домаћој, научној и стручној јавности представио свој рад кроз следеће радове проистекле из истраживања у оквиру дисертације:

Категорија M22

1. **Mirković, U.; Kuzmanović, V.; Todorović, G. *Influence of Monolith Length on Temperature Field of Concrete Gravity Dams.* Appl. Sci. 2024, 14, 3248. <https://doi.org/10.3390/app14083248>**
2. **Mirković, U.; Kuzmanović, V.; Todorović, G. *Long-Term Thermal Stress Analysis and Optimization of Contraction Joint Distance of Concrete Gravity Dams.* Appl. Sci. 2022, 12, 8163. <https://doi.org/10.3390/app12168163>**

Категорија M63

1. Kuzmanović V., **Mirković U.: *Termički naponi kod gravitacionih betonskih brana – iskustva i preporuke,* Savremena građevinska praksa 2024, 06-07.06.2024, Ruma, Urednici: Radonjanin V. i Folić**

- R. ISBN 978-86-918075-4-2, Izdavač: Društvo građevinskih inženjera Novog Sada - Novi Sad, str. 10-29, 2024.
2. **Mirković U.**, Kuzmanović V., Todorović G.: *Termička analiza gravitacione betonske brane u fazi izgradnje i eksploatacije*, Simpozijum Društva građevinskih konstruktera Srbije – DGKS 2020, 13.-15.05.2021, Aranđelovac, Urednici: Marković Z., Ignjatović I. i Stevanović B., ISBN 978-86-7518-211-5, Izdavač: Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, str. 416-425, 2021.
 3. **Mirković U.**, Kuzmanović V.: *Proračun termičkih napona gravitacione betonske brane u fazi izgradnje i eksploatacije*, Simpozijum Društva građevinskih konstruktera Srbije – DGKS 2020, 13.-15.05.2021, Aranđelovac, Urednici: Marković Z., Ignjatović I. i Stevanović B., ISBN 978-86-7518-211-5, Izdavač: Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, str. 426-435, 2021.

5 ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Споведено истраживање у оквиру ове дисертације представља вредан и оригиналан научни допринос у области хидротехничких конструкција, конкретно у проблематици нумеричког моделирања термичко-напонских процеса. Резултати истраживања могу имати шири спектар примене приликом термичко-напонских анализа масивних бетонских конструкција применом методе коначних елемената и сродних нумеричких метода.

Комисија сматра да је докторска дисертација кандидата Уроша Мирковића урађена у складу са одобреном пријавом, да представља оригинално и самостално научно дело и да је кандидат испољио способност за самостални научно-истраживачки рад у свим фазама израде ове дисертације.

На основу свега наведеног, Комисија предлаже Наставно-научном већу Грађевинског факултета Универзитета у Београду да се **докторска дисертација „Термичко - напонска анализа гравитационих бетонских брана које се граде методом блокова“ кандидата Уроша Мирковића, маг. инж. грађ. прихвати**, изложи на увид јавности и упуту на коначно усвајање Већу научних области грађевинско- урбанистичких наука Универзитета у Београду за давање сагласности за јавну одбрану докторске дисертације.

У Београду, 10.01.2025.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

проф. др Љубодраг Савић, дипл. грађ. инж.
Грађевински факултет Универзитета у Београду

в. проф. др Мирослав Марјановић, маг. инж. грађ.
Грађевински факултет Универзитета у Београду

проф. др Мирослав Живковић, дипл. маш. инж.
Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу