

**УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ ОБРАЗАЦ 6. Факултет Техничких наука
Нови Сад**

Број:

Датум:

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
<p>1. Датум и орган који је именовao комисију На основу предлога Катедре Инжињерство заштите животне средине, Одлуке Наставно-научног већа Департамента Инжињерства за заштиту животне средине, Одлуке Наставно-научног већа факултета Техничких наука, декан Факултета Техничких наука, решењем број 012-72/08-2014 од 02.07.2015. године, именовao је Комисију за оцену и одбрану докторске дисертације.</p> <p>2. Састав комисије са назнаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Др Срђан Колаковић, редовни професор, ПРЕДСЕДНИК, уже научна област: Грађевинарство- хидротехника, изабран у звање 3.07.2003. год., Универзитет у Новом Саду, Факултет Техничких наука.2. Др Јелена Радонић, ванредни професор, уже научна област: Инжињерство заштите животне средине, изабрана у звање 1.02.2015. год., Универзитет у Новом Саду, Факултет Техничких наука.3. Др Маја Турк Секулић, ванредни професор, уже научна област: Инжињерство заштите животне средине, изабрана у звање 1.05.2015. год., Универзитет у Новом Саду, Факултет Техничких наука.4. Др Љубиша Игњатовић, ванредни професор, уже научна област: Физичка хемија- контрола и заштита животне средине, изабран у звање 12.02.2015. год. , Универзитет у Београду, Факултет физичке хемије.5. Др Мирјана Војиновић Милорадов, професор емеритус, МЕНТОР, уже научна област: Инжињерство заштите животне средине, изабрана у звање 24.01.2008. год., Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука.
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
<p>1. Име, име једног родитеља, презиме: Миленија, Јован, Марковић</p> <p>2. Датум рођења, општина, држава: 27. 11. 1963.године, Ивањица, Србија</p> <p>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив Природно-математички факултет Београд</p> <p>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија /</p> <p>5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: Центар за интердисциплинарне студије из области инжињерства заштите животне средине у Новом Саду, Квантификација резидуа тешких метала у екосистему акумулације Врутци, Инжињерство заштите животне средине, 23.06.2004.</p> <p>6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: Инжињерство заштите животне средине</p>
III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:
<p>МОДЕЛ УНАПРЕЂЕЊА ЕКОЛОШКОГ СТАТУСА ЗАТВОРЕНОГ СИСТЕМА ВОДНИХ ТЕЛА АКУМУЛАЦИЈА</p>

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Докторска дисертација мр Миленије Марковић, под насловом “**Модел унапређења еколошког статуса затвореног система водних тела акумулација**” изложена је у 8 поглавља, на 112 страна. Листа коришћене литературе садржи 113 референци. Дисертација садржи 43 слике, 26 табела, 3 графикана и 4 прилога.

Истраживања која су извршена у оквиру дисертације и добијени резултати изложени су у 8 поглавља и то:

1. Увод,
2. Општи део,
3. Катјони тешких метала у животној средини,
4. Експериментални део,
5. Резултати и дискусија,
6. Закључак,
7. Литература, и
8. Прилог.

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Поглавље 1: УВОД

Уводно поглавље садржи опис предмета истраживања у коме је водно тело акумулације селектовано као експериментално истраживачко поље. Затворени систем водног тела језерске акумулације интензивно се контаминира директним антропогеним утицајем (отпадне воде, саобраћајнице, насеља, пољопривредна активност и производња, дивље депоније). У језерску акумулацију се уливају површинске воде са Таре као и отпадне воде читавог хотелског комплекса. Опадање водостаја два пута у току године, уз прихватање бујичних дотицаја, омогућава доспевање еродираних материјала и суспендованих честица, што се рефлектује на квалитет воде и физичке, хемијске и биолошке процесе у акумулацији. На основу досадашњих расположивих података о концентрационим нивоима загађујућих супстанци није се могло установити да ли је екстерно оптерећење нутријентима и катјонима метала, са слива, значајније од интерног оптерећења из седимента. Прелиминарни подаци указују на повећан екстерни импакт контаминаната на акватичну средину акумулације и притока. Да би се обезбедили поузданији параметри који дефинишу узроке контаминације акумулације и притока, спроведено је истраживање и одређивање концентрационих нивоа токсичних катјона: Cd^{2+} (aq), Pb^{2+} (aq), Hg^{2+} (aq) и As^{3+} (aq), као и загађујућих аниона: PO_4^{3-} (aq), SO_4^{2-} (aq) и NO_3^- (aq), како у самој акумулацији тако и у притокама. Праћени су и кључни физичко-хемијски параметри квалитета вода.

Акумулација служи као рекреативна зона у летњем периоду.

У оквиру уводног поглавља постављене су основне хипотезе истраживања и дефинисане одговарајуће научно-истраживачке методе у оквиру тезе, које су реализоване на примеру акумулације Врутци, реке Ђетиње и потока Рочњак. Добијени подаци у оквиру тезе могу да омогуће дугорочно оптимално планирање коришћења воде за водоснабдевање, хигијенски исправне воде за пиће и рекреативне активности.

На крају поглавља скраћено је приказан садржај и структура дисертације и назначено да се оваква истраживања по први пут спроведе за изабрани локалитет и водно тело у циљу дефинисања модела унапређења еколошког статуса затвореног система водних тела акумулација и изучавање феномена контаминације.

Поглавље 2: ОПШТИ ДЕО

У оквиру другог поглавља приказане су опште карактеристике акумулационих језера као изворишта водоснабдевања, услови који доводе до обогаћивања акумулације нутријентима и процеси који омогућавају брз прелазак из олиготрофног у еутрофно и хипертрофно језеро. Посебна пажња у оквиру другог поглавља усмерена је на одсуство елементарних мера заштите квалитета воде у акумулацији, од самог почетка пуштања акумулације у функцију водоснабдевања, што је посебно погодновало и катализовало процесе еутрофикације и погоршања општег квалитета воде. Други део поглавља описује и дубоке промене у

структури и функционисању метаболизма екосистема акумулације, што је условило појаву цветања алги *Planktothrix rubescens*. Због могућности продукције и генерисања биолошки активних, емергентних супстанци које су токсичне и хазардне за акватичне организме и човека, намеће се императивна потреба за опсежним научним истраживањем и праћењем феномена контаминације акумулације.

Садржај поглавља прилагођен је, пре свега за дизајнирање основе за развој модела унапређења еколошког статуса слива језера и откривања узрока контаминације.

Поглавље 3: КАТЈОНИ ТЕШКИХ МЕТАЛА У ЖИВОТНОЈ СРЕДИНИ

У оквиру трећег поглавља приказане су опште методе, технике, приступи и модели примењени у оквиру дисертације, као и истраживања усмерена на квалитет воде у акумулацији, са посебним освртом на концентрацију катјона тешких метала, Cd, Pb, Hg и As у узорцима седимента и воде, органског и неорганског фосфора, укупног азота и сулфатног анјона. Теоретске основе, посебно оне које се односе на сорпцију катјона тешких метала као перзистентних и биоакмулативних супстанци у седименту, генеришу потенцијалне еколошке ризике.

Посебна пажња у оквиру овог поглавља усмерена је на узрочно-последичну везу, како концентрационо присуство катјона метала, као биолошки неразградивих јонских специја, зависи од физичких и хемијских особина седимента и воде, pH, кондуктивности, врсте, типа и јачине хемијских веза које се формирају при интерреаговању и комплексирању катјона са органским супстанцама у муљу и седименту и миграционих процеса контаминаната. Основни део овог поглавља су промене физичких и хемијских услова у воденом систему, које доводе до појаве десорпције токсичних супстанци у водену фазу, а које представљају ризик за акватичне организме и поновну реконтаминацију акумулације. Биодоступност катјона метала Cd, Pb, Hg и As је већа за људски организам него за биљне врсте, што је од посебног значаја за истраживање судбине феномена партиције, дистрибуције, сорпције-десорпције у хетерогеном систему течна – чврста фаза.

Поглавље 4: ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ДЕО

У току експерименталног рада и аналитичког одређивања, као метода екстракције катјона из муља примењена је иновирана метода једноструке и секвенцијалне екстракције уз микроталасно зрачење.

Динамика процеса еутрофикације у испитиваној акумулацији није до сада детаљно проучавана, осим ограниченог и периодичног мониторинга, и на основу расположивих података (концентрација укупног азота и укупног фосфора) евидентиране су хемијске и микробиолошке промене у акумулацији. Поред екстерног оптерећења загађујућим супстанцама, једињења азота и фосфора која се у језеро уносе притокама, Ђетиња и Рочњак, за појаву процеса еутрофикације значајну улогу има и интерно оптерећење нутријентима које је пореклом од биоценозе акумулације. Феномен цветање алги *P. rubescens* и појава токсичног микроцистина у децембру 2013. године може се поново догодити. Микроцистин је хазардан токсин из класе микроцистина које производе цијанобактерије слатководних система.

Аналитичка проблематика компарирања ефикасности различитих аналитичких техника екстракције катјона метала указују да је модификована иновирана метода екстракције са микроталасима поуздана, ефикасна и репродуктибилна за екстракције катјона тешких метала из седимента.

Четврто поглавље у целини представља резултат истраживања кандидата у оквиру дисертације, а приказани модел одабира локалитета за узорковање воде и седимента у сливу Врутци и анализа узорака седимента иновираним методом екстракције катјона уз помоћ микроталаса, представља оригинално решење.

Поглавље 5: РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

У петом поглављу, на бази постојећих података и резултата истраживања има индикације да се екосистем акумулације интензивно девастира и уз процесе новог оптерећења тешким металима и нутријентима, као и микробиолошким контаминантима. Спроведено истраживање о присуству токсичних катјона у самој акумулацији и притокама Cd, As, Pb, Hg као и загађујућих анјона, PO_4^{3-} , SO_4^{2-} и NO_3^- , доприноси и унапређењу познавања феномена

контаминације акватичних система, седимента у акумулацији као и партиционим процесима расподеле у хетерогеном систему вода/ муљ.

Поред стандардних елемената дескриптивне статистике и класичне нумеричке обраде података у анализи добијених резултата примењена је статистичка метода временске серије, регресиони модел, t-тест, корелациони модел-индексни метод, базни и ланчани индекси, са циљем утврђивања корелације варираних параметара концентрације селектованих катјона и анјона са временом и коефицијентом партиције у двофазном систему вода – муљ.

Примењена је и кластер анализа и Анализа главних компоненти (РСА) уз табеларни приказ кључних физичко- хемијских параметара кластера и дендограма.

Поглавље 6: ЗАКЉУЧЦИ

У оквиру шестог поглавља дата су закључна разматрања, која обухватају преглед и анализу добијених резултата истраживања.

Закључна разматрања садрже детаљан приказ постигнутих резултата истраживања, као и потврду постављене хипотезе. На основу добијених и евалуираних резултата квалитета воде језера, према најновијој националној директиви, дефинисане су еколошке класе водног тела језера.

У оквиру закључних разматрања дати су иновативни модели предикције који омогућавају предвиђање концентрације катјона тешких и токсичних метала у језерској води на основу достигнутог концентрацијског садржаја катјона метала у речној води, што доводи до редукције трошкова мониторинга и даје могућност да се ефикасније и брже реагује у случају акцидента у сливу акумулације. На бази бројних резултата истраживања предложене су и практичне мере усмерене на заштиту квалитета језерске воде и смањење штетних утицаја:

1) Постављање предбрана на бујичним потоцима који пуне акумулацију и одржавање постојећих у циљу заштите језера од прекомерног уноса органских и неорганских материја.

2) Постављање фосфатних брана за смањење фосфора у акумулацији применом техника за уклањање фосфора са већ класичним агенсима $Fe_2(SO_4)_3 \cdot AlCl_3$ и потпуно новим ефикасним $La_2(CO_3)_3$;

3) Аерација језерске воде.

4) Предтретман воде на самом водозахвату, код бране са O_3 или ClO_2 ;

5) Примена филтера са активним угљем.

Поглавље 7: ЛИТЕРАТУРА

У седмом поглављу приказана је листа коришћених литературних извора, која обухвата проблематику истраживања у области заштите вода. Према томе коришћена литература је углавном из тог периода, док је фокус стављен на литературу која датира из последњих десет година. Овај период карактерише развој напредних, како информационих тако и хемијско-еколошких технологија.

VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ

У току истраживања везаних за тему докторске дисертације кандидат је као аутор објавио 4 рада и то: 2 рада публикована у водећим часописима националног значаја и 2 рада саопштена на скуповима националног значаја и публикована у зборницима.

У наставку је дат списак наведених радова:

Рад у часопису националног значаја (M51)

1. **Миленија Ј. Марковић**, Јан Хансман, Драган Веселиновић, „Радиоактивни изотопи у муљу и води акумулације Врутци”, Научно-стручно друштво за заштиту животне средине “Екологика”67, 2012, 532-534.

Кратак опис садржине: Праћена је радиоактивност у узорцима воде и муља и мерена за 20 радионуклида. У води је активност свих изотопа била испод границе дозвољене вредности. У муљу је утврђено присуство активности изотопа ^{137}Cs , ^{238}U , ^{226}Ra , ^{232}Th и ^{240}K и дат утицај разлике у типу земљишта на садржај ^{137}Cs у муљу.

2. **Milenija J. Marković**, Mirjana Vojinović Miloradov, Dragan S. Veselinović, „The content of heavy metals in the accumulation Vrutci”, Naučno-stručno društvo za zaštitu životne sredine “Ecologica” 72, 2013, str. 597-601.

Кратак опис садржине: У акумулацији Врутци, одређиван је садржај 15 метала у води, на 10 локација, 9 метала у муљу, на 9 локација, као и 7 метала у две врсте риба, у 2 термина, мају и октобру. Садржај катјона Cd у води и муљу је испод границе детекције коришћене методе (0,1 µg/l-1), у 234 узорка, док је у узорцима биолошког матрикса (рибе) утврђено присуство тешког и токсичног катјона кадмијума, што указује на биоакумулацију катјона кадмијума у биолошком материјалу.

Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини (М63)

3. **Миленија Ј. Марковић**, Драган Веселиновић, „Проводљивост, рН и температура воде у акумулацији Врутци”, 50 јубиларно саветовање Српског хемијског друштва, Београд, 2012, Зборник радова, стр.120 -123.

Кратак опис садржине: Праћена је промена проводљивости воде, са променом рН- вредности и температуре, по хоризонталном и вертикалном принципу у 50 узорака воде из акумулације Врутци, на десет локација, у два термина, мају и октобру и дата упоредна анализа варираних параметара, што посредно утиче на квалитет воде.

Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини (М64)

4. **Миленија. Ј. Марковић** „Квантификација резидуа тешких метала у акумулацији Врутци” Симпозијум о операционим истраживањима, Бања Ковиљача, 2006, Зборник радова, стр. 129-130.

Кратак опис садржине: У Акумулацији Врутци измерен је садржај за 10 метала у води и муљу, на 9 локалитета и утврђивана корелација варираних параметара концентрације, расподела вода – муљ.

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Интензивно контаминирање језерског система директним антропогеним утицајем (отпадне воде, саобраћајнице, насеља, пољопривредна производња, дивље депоније) указало је на неопходност и оправданост истраживања у области заштите животне средине. На основу досадашњих расположивих података о концентрационим нивоима загађујућих супстанци није се могло установити да ли је екстерно оптерећење нутријентима и катјонима метала, са слива, значајније од интерног оптерећења из седимента. Резултати и подаци указују на повећан екстерни импакт контаминаната на акватичну средину акумулације и притока. Да би се обезбедили поуздани параметри који дефинишу узроке контаминације акумулације и притока, спроведено је истраживања и одређивања концентрационих нивоа токсичних катјона: Cd²⁺ (aq), Pb²⁺ (aq), Hg²⁺ (aq) и As³⁺ (aq), као и загађујућих ањона: PO₄³⁻ (aq), SO₄²⁻ (aq) и NO₃⁻ (aq), како у самој акумулацији тако и у сталним притокама. У току истраживачких активности одређивани су и анализирани су физичко хемијски параметри језерске воде, основног обима анализе карактеристика, дефинисаних законским прописима.

Основни допринос предметне дисертације односи се на реализацију постављених циљева истраживања, међу којима су најзначајнији:

- Одређивање концентрација кључних, селектованих катјона метала и ањона у муљу и води акумулације и идентификација узлазног тренда раста присуства одређиваних контаминаната,
- Дефинисање и категоризација феномена расподеле катјона тешких метала и ањона у чврстој и течной фази, у акумулацији и притокама,
- Компарација класичних метода екстракције и модификоване иновираних микроталасне екстракционе методе уз праћење ефикасности, поузданости и репродуктивности метода екстракције одабраних катјона из узорака муља,
- Развој и евалуација модела унапређења еколошког статуса затвореног система водних тела акумулација.

Модификована иновирани, једнострука секвенцијална екстракција са микроталасима, се показала као метода избора, поуздана и репродуктивна за апстракцију катјона тешких

метала из седимента и муља.

Јединствен је приказ трендови и достигнућа квалитета језерске воде, као и сопствени поглед докторанта у области детектовања контаминаната, а посебно катјона тешких метала у узорцима седимента, притока и водних тела акумулације, и математичког моделовања и тумачења дендограма.

Закључна разматрања садрже детаљан приказ постигнутих резултата истраживања, као и осврт на постављене хипотезе у оквиру предметне дисертације.

На основ анализе резултата истраживања и остварених циљева из дисертације, може се закључити да је могуће развити иновативни модел предикције који омогућава предвиђање концентрације катјона тешких и токсичних метала у језерској води на основу достигнутог концентрационог садржаја катјона истог метала у речној води и да је могуће ефикасније и брже реаговати у случају акцидента у сливу акумулације.

Такође, на основу резултата истраживања могу се предложити и одговарајуће мере усмерене на заштиту квалитета језерске воде и смањење штетних утицаја загађења:

- Постављање предбрана на бујичним потоцима који пуне акумулацију и одржавање постојећих у циљу заштите језера од прекомерног уноса органских и неорганских материја,
- Уклањање фосфора и постављање брана за смањење фосфора у акумулацији применом техника за уклањање фосфора са $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{AlCl}_3$ или $\text{La}_2(\text{CO}_3)_3$,
- Аерација језерске воде,
- Спровођење предтретман воде на самом водозахвату, код бране са O_3 или ClO_2 ,
- Примена филтера са активним угљем.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

Резултати истраживања у оквиру дисертације су изложени на прегледан, систематичан, јасан, логичан и оригиналан начин.

Модификована иновирани метода екстракције са микроталасима је поуздана и репродуктивна за екстракције катјона тешких метала из седимента.

Закључци до којих је кандидат дошао, исправно и квалитетно су протумачени применом признатих научно-истраживачких метода.

IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

1.	Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме Дисертација је написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.
2.	Да ли дисертација садржи све битне елементе Докторска дисертација својим насловом, садржајем, резултатима истраживања и начином тумачења добијених резултата садржи све битне елементе који се захтевају за радове овакве врсте.
3.	По чему је дисертација оригиналан допринос науци Дисертација представља нов и оригиналан научни допринос јер су: <ul style="list-style-type: none"> • Развијени модели предикције који омогућавају предвиђање концентрације катјона токсичних метала у језерској води на основу измерене концентрације катјона метала у речној води, што доводи до редукције трошкова мониторинга и даје могућност да се ефикасније и брже реагује у случају акцидента у сливу акумулације. • Проверена је и потврђена ефикасност, поузданост и репродуктивност екстракције катјона токсичних метала из муља и седимента једноструком секвенцијалном екстракционом анализом помоћу микро таласа. • Резултати примењене кластер анализе и дендограми показују високу коресподентност реалне функционалне везе испитиваних физичко хемијских параметара воде, катјона тешких метала, укупног фосфора и укупног азота који дефинишу квалитет језерске воде. • Предложени модел унапређења еколошког статуса затвореног система водних тела, акумулација и низа мера усмерених на смањење негативних утицаја на квалитет воде, представља значајан допринос развоју и оптимизацији технолошког процеса прераде сирове воде у циљу превенције и заштите здравља људи и животне средине. • Оваква истраживања су по први пут спроведена на изабраном локалитету сливног подручја Врујци, западна Србија, у циљу дефинисања модела унапређења еколошког статуса затвореног система водних тела акумулација и за изучавање процеса нивоа контаминације језерске воде и седимента.
4.	Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања Докторска дисертација нема недостатака који би битно утицали на коначан резултат истраживања
X ПРЕДЛОГ:	
<p>На основу укупне оцене дисертације, Комисија <i>позитивно оцењује докторску дисертацију</i> кандидата МАРКОВИЋ мр МИЛЕНИЈЕ: „МОДЕЛ УНАПРЕЂЕЊА ЕКОЛОШКОГ СТАТУСА ЗАТВОРЕНОГ СИСТЕМА ВОДНИХ ТЕЛА АКУМУЛАЦИЈА“ и предлаже Наставно-научном већу Факултета техничких наука у Новом Саду и Сенату Универзитета у Новом Саду да урађену докторску тезу и Извештај прихвате и одреде датум јавне одбране.</p>	

ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

Председник Комисије, Проф. др Срђан Колаковић

Ванр. проф. др Јелена Радонић, члан

Ванр. проф. др Маја Турк Секулић, члан

Ванр. проф. др Љубиша Игњатовић, члан

Проф. емеритус Мирјана Војиновић Милорадов, ментор