

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ

1. Орган који је именовано (изабрао) комисију и датум:

Одлуком Наставно-научног већа Шумарског факултета у Београду, број одлуке 01-2/58, од 24.6.2020. године, образована је Комисија за оцену израђене докторске дисертације кандидата MSc Предрага Миљковића.

2. Састав комисије:

1. др Снежана Белановић Симић, редовни професор, Ерозија и конзервација земљишта и вода, 27.10.2017. год., Шумарски факултет у Београду;
2. др Мирјана Годосијевић, ванредни професор, Ерозија и конзервација земљишта и вода, 17.10.2017. год., Шумарски факултет у Београду;
3. др Ратко Ристић, редовни професор, Ерозија и конзервација земљишта и вода, 14.12.2011. год., Шумарски факултет у Београду;
4. др Вељко Перовић, научни сарадник, Биотехничке науке, 25.05.2016. год., Институт за биолошка истраживања „Синиша Станковић“ у Београду.
5. др Јелена Белоица, доцент, Ерозија и конзервација земљишта и вода, 18.11.2015. год., Шумарски факултет у Београду.

II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

1. Име, име једног родитеља, презиме:
Предраг, Милан, Миљковић
2. Датум и место рођења, општина, држава:
01. 09. 1988., Брус, Република Србија
3. Датум одбране, место и назив магистарске тезе/мастер рада:
27.09.2013.год., Универзитет у Београду, Шумарски факултет, Утицај хемијских својстава земљишта на приступачност микроелемената у псеудоглеју (WRB 2006, Stagnosol)
4. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука/мастера:
Еколошки инжењеринг у заштити земљишних и водних ресурса

III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Утицај начина коришћења земљишта на квалитет суспендованог наноса у сливу реке Расине

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Докторска дисертација под насловом: „Утицај начина коришћења земљишта на квалитет суспендованог наноса у сливу реке Расине“ обухвата 220 страна. У оквиру текста приложено је 77 табела и 23 слике, 32 графика, 65 прилога (карте, графици и др). Списак релевантне стране и домаће литературе везане за област истраживања обухвата 396 библиографских јединица. На почетку рада су дате информације о ментору и члановима комисије, резиме, основни подаци о докторској дисертацији на српском и енглеском језику и кључне речи. Поглавља су структурирана тако да представљају посебне и логички повезане целине:

1. Увод (1-3 стр.)
2. Преглед досадашњих истраживања (4-17 стр.)
3. Основне карактеристике проучаваног подручја (18-35 стр.)
4. Методе истраживања (36-56 стр.)
5. Резултати и дискусија (57-165 стр.)
6. Закључци (166-169 стр.)
7. Литература (170-193 стр.)
8. Прилози (194 - 220 стр.)

Иза поглавља које се односи на графичке и табеларне прилоге, дате су потребне изјаве кандидата о ауторству, истовестности штампане и дигиталне верзије рада, као и овлашћење о начину коришћења.

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

1. УВОД (1-3 стр.)

Поглавље **УВОД**, је подељено на три потпоглавља. У оквиру потпоглавља 1.1. **Предмет проучавања докторске дисертације** дат је основни приказ проблематике која се односе на предмет докторске дисертације. Истиче се проблем процеса ерозије и продукција суспендованог наноса у брдско-планинским подручјима у односу на начин газдовања земљиштем у сливу, као и у вези са циљевима одрживог развоја и потреба за изналажењем решења и приступа у процени и смањењу процеса деградације земљишног простора.

У потпоглављу **1.2. Научни значај и циљеви истраживања** кандидат наводи да се циљеви истраживања огледају у потреби за бољим разумевањем ерозионих процеса, утицаја појединих параметара (пре свега, заступљеност појединих облика коришћења земљишта на нивоу слива, као и својства типова земљишта али и других антропогених утицаја) на пронос наноса и контаминацију наноса загађујућим материјама. Такође, истиче се практични значај истраживања процеса деградације земљишта, и праћење квалитета наноса и земљишта у сливу, и утицаја на квалитет воде у водној акумулације Ђелије која је извор за водоснабдевање ширег подручја.

Имајући наведено у виду, дефинисани су основни циљеви дисертације:

- Утврдити степен утицаја начина коришћења земљишта на губитке земљишта.
- Утврдити степен квалитета земљишта и наноса на основу садржаја

неких штетних микроелемената у микросливовима Поломске, Рогавске и Богишке реке.

- Одредити утицај концентрације неких штетних микроелемената на еколошки ризик терестричних и акватичних екосистема.

У односу на проблематику проучаваног подручја и теоријске оквира проблема којим се ова докторска дисертација бави, формулисана су следеће хипотезе (потпоглавље 1.3. *Основне хипотезе*):

- Повећањем површина под пољопривредним земљиштем у сливу, повећава се и количина наноса,
- Квалитет наноса зависи од типа земљишта и начина коришћења земљишта.

2. ПРЕГЛЕД ДОСАДАШЊИХ ИСТРАЖИВАЊА (4-17 стр.)

У оквиру потпоглавља **2.1. Утицај начина коришћења земљишта на процес ерозије на принос наноса** кандидат наводи да антропогено изазвани и потпомогнути ерозиони процеси утичу негативно на земљишни простор односно на квалитет и продуктивност земљишта као и на квалитет вода. Промене начина коришћења земљишта из природне вегетације (шуме, природни травњаци) у пољопривредна земљишта значајно доприносе интензивирању ерозионих процеса, а тиме и деградацији земљишног простора. Према неким истраживањима, у сливовима у којима су заступљени различити начини коришћења земљишта, поплавни таласи износе три пута више наноса, него из сливова који су само под шумама. Густ вегетациони склоп утиче на смањење процеса ерозије, мада велики утицај може имати топографија, затим различите технике обраде земљишта, као и структура вегетације у оквиру пољопривредних површина. Кандидат даје преглед истраживања којима потврђује да се увођењем конзервационе пољопривредне производње постиже смањења губитака земљишта како на светском тако и на европском нивоу.

У потпоглављу **2.2. Модели за процену губитака земљишта** кандидат наводи преглед модела који служе за процену губитака земљишта као и моделе који дају одговарајуће процене о утицају штетних микроелемената на животну средину.

У потпоглављу **2.3. Утицај начина коришћења земљишта на садржај штетних микроелемената у земљишту и суспендованом наносу** кандидат даје преглед досадашњих истраживања о садржају штетних микроелемената у земљиштима под различитим начинима коришћења, њиховим облицима појављивања и пореклу, као и о њиховом садржају у суспендованом наносу. Посебно разматра утицаје различитих начина коришћења земљишта на садржај штетних микроелемената у површинским водама и суспендованом наносу. У сливовима где је пољопривреда доминантан начин коришћења земљишта, концентрације нутријената у води су значајно веће, у односу на концентрације у води из сливова који су под шумским екосистемима.

У потпоглављу **2.4. Мониторинг квалитета наноса као фактора квалитета животне средине** кандидат наводи преглед свеобухватних истраживања утицаја загађења полутантима из површинских токова и наноса, затим

постојеће програме мониторинга суспендованог и вученог наноса, као и процене квалитета наноса. Такође, наводи преглед директива, пројеката и програме мониторинга који су успостављени у свету и у Р. Србији.

У потпоглављу **2.5. Критеријуми за процену квалитета земљишта и наноса** кандидат наводи да се загађујуће материје адсорбују на честице суспендованог наноса, које се могу транспортовати и наћи на различитим локацијама, а њихова просторна дистрибуција представља комплексни задатак у процени квалитета животне средине. Од посебног значаја су проучавања квантитета, квалитета и карактеристика наноса у рекама пре свега у циљу одређивања извора, ефеката и последица деловања загађујућих материја на акватичне екосистеме. Даље наводи методе за процену квалитета наноса, као и критеријуме квалитета наноса у свету, са освртом на законодавство у Р Србији.

3. ОСНОВНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ПРОУЧАВАНОГ ПОДРУЧЈА (18-35 стр.)

Кандидат у овире овог поглавља наводи просторни положај проучаваног подручја са посебним освртом на издвојена три микрослива Поломске, Рогавске и Богишке реке, који репрезентују цело подручје слива реке Расине. Поломска река се налази у горњем делу слива Расине дужина тока 2,5 km са просечним падом корита 4,9%, а слив је елипсастиг облика, неправилне симетрије, висинског распона од 710 до 1360 метара, површине 12 km², са просечним падом терена у сливу 32,94%. Рогавска река је притока Врањуше која са Поломском реком формира Расину, дужине тока 6 km, и просечним падом речног корита 3,9%. Слив је неправилног троугаоног облика и асиметрије, површине 9,6 km² у висинској зони између 720 и 1778 метара надморске висине. Богишка река се налази у средњем току реке Расине, и има површину слива од 5,02 km², дужине тока 4,32 km, са просечним падом речног корита је 3,2%. Слив је неправилног елипсастиг облика, асиметричан, налази се у висинској зони од 275 до 725 метара надморске висине са просечном вредношћу надморске висине од 504 метара. Слив реке Расине која се налази у централном делу Републике Србије, десна притока Западне Мораве, са површином слива од 981 km² и дужином тока од 92 km. Површина слива Расине до бране и водне акумулације „Ћелије“ износи 610 km².

Поред основних физичко-географских карактеристика проучаваних микрослива, приказане су метеролошко-климатске карактеристике (температуре, режим падавина), затим геолошке и геоморфолошке (експозиција, нагиб) карактеристике, хидролошке и педолошке карактеристике, као и начин коришћења земљишта за проучавано подручје слива реке Расине. Највећи проценат површине у сливу Расине заузимају обрадиве површине (26264 ha тј. око 26,8%), које се углавном простиру у долинама Расине и њених притока. Мешовите и листопадне шуме покривају око 50 % површине слива, док су пашњаци и ливаде распрострањени на око 10% површине слива и местимично су заступљени у сливу, али најчешће у брдским и брдско-планинским пределима средњег и горњег дела слива Расине, где се у мањем проценту јављају и голети и ниско и жбунасто растиње.

4. МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА (36-56 стр.)

Поглавље **МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА** се састоји од шест основних потпоглавља. У оквиру потпоглавља **4.1. Теренски истражни радови** кандидат наводи да су обухваћена теренска истраживања обављена на подручју слива реке Расине до акумулације „Ђелије“, са посебним освртом на три микрослива са сличним морфолошким карактеристикама, али различитом структуром у погледу начина коришћења земљишта. У оквиру микрослива, отворено је и описано укупно 16 педолошких профила, током 2015. године. За потребе дисертације коришћени су и параметри из укупно 45 профила земљишта, који су детаљно описани у одговарајућим извештајима, и представљају резултат истраживања у оквиру пројекта ИИИ 43007 „Истраживање климатских промена и њихов утицај на животну средину-праћење утицаја, адаптација и ублажавање“, који је финансирало Министарство науке, просвете и технолошког развоја Републике Србије, и још 11 профила који су резултат континуираног мониторинга здравственог стања шума у Републици Србији (ICPF мониторинг – база Шумарског факултета). Профили су геопозиционирани према WGS 1984 координатном систему, а све карте су рађене у WGS 1984/UTM Zone 34 N пројекцији. Узорковање суспендованог наноса је вршено свакодневно од децембра 2015. до јануара 2017. године на одабраним профилима, где су постављене водомерне летве, и вршено хидрометријско мерење протицаја за потребе израде криве протицаја. Такође, узорковање вученог наноса је вршено од маја до новембра 2016. године у сва три микрослива.

У потпоглављу **4.2. Лабораторијске методе проучавања земљишта и наноса** се наводе методе одређивања стандардних физичких и хемиских својстава земљишта, вученог и суспендованог наноса таксативно. Затим наводе се методе одређивања укупних садржаја штетних микроелемената у земљишту, вученом и суспендованом наносу, као и садржају приступачних штетних микроелемената у земљишту.

У оквиру потпоглавља **4.3. Математичке и статистичке методе** кандидат је приказао: одређивање референтне вредности микроелемената, индексе загађења (**појединачни индекс загађења, индекс оптерећења екосистема, Немеров индекс загађења, геоакумулациони индекс, индекс потенцијалног еколошког ризика, фактор обогаћења**) за земљиште, вучени и суспендовани нанос. Поред наведених у дисертацији је приказан и **индекс таложенија наноса**.

У оквиру потпоглавља **4.4. Статистичке методе** кандидат је за одређивање статистички значајних корелација између варијабли користио стандардне методе дескриптивне и аналитичке статистике. За процену значајности корелација између параметара коришћена је Пирсонова корелациона матрица (Pearson correlation matrix), вишеструка регресија, као и факторска анализа (Factor Analysis) са потврдом валидности уз помоћ КМО и Бартлетов теста сферичности. Све статистичке анализе рађене су у програмима Statgraphics v.16.1.11. и Minitab 17.

У потпоглављу **4.5. Геостатистичке методе** наводи се да је геопросторно

приказивање подручја проучавања, климатских, педолошко-геолошких параметара, садржаја штетних микроелемената, ерозионих мапа и индекса загађења земљишта и наноса, вршено применом ГИС софтвера ArcMAP 10.7.1 (лиценца бр. 298802). Просторни приказ одређених индекса загађења, дистрибуције штетних микроелемената на проучаваном подручју, урађен је применом сложеног геостатистичког ЕВК (Empirical Bayesian Kriging) интерполацијског метода.

У оквиру потпоглавља 4.6. *Методe за процену губитака земљишта* кандидат детаљно описује три коришћена модела: USLE (Universal Soil Loss Equation), Метода потенцијала ерозије (МПЕ), и WaTEM/SEDEM модел. За све моделе описана су досадшња коришћења са описом свих фактора на основу којих се прорачунавају губици земљишта. Ови модели су примењени на три издвојена микрослива, где су вршена и мерења количине суспендованог наноса за потребе калибрације WaTEM/SEDEM модела. Након калибрације, WaTEM/SEDEM модел је примењен за подручје целог слива река Расине. За дефисање начина коришћења земљишта кандидат је користио мултиспектралне сателитске снимке (Sentinel 2a), над којима је вршена надзирана класификација.

5. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА (57-165 стр.)

Поглавље 5. *РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА*, је приказано у девет потпоглавља, а на почетку поглавља графички је приказан редослед излагања и примењене анализе како је представљено и у поглављу Методе истраживања.

У потпоглављу 5.1. *Проучавања земљишта* кандидат приказује морфолошке карактеристике земљишта проучаваних микрослива, и приказује групе за све проучаване типове земљишта. Потом су приказана основна физичка и хемијска својства земљишта за три микрослива као и за све типове земљишта у сливу реке Расине. Анализиран је садржај микроелемената (Zn, Cu, Pb, Cd, Cr, Ni, и Hg као и Mn и Fe за потребе израчунавања индекса загађења и одређивање корелације и порекла штетних микроелемената) у земљиштима истраживаног подручја, као и садржаји приступачних облика штетних микроелемената у земљишту. Фактор мобилности се креће следећим редоследом: Cd > Ni > Pb > Zn > Cu > Cr. У оквиру овог потпоглавља приказани су индекси загађења за проучавана земљишта. Средње вредности геоакумулационог индекса су у следећем низу Hg < Cd < Cu < Zn < Pb < Cr < Ni. На проучаваном подручју, просечне вредности појединачног индекса загађења се повећавају следећим редоследом Hg < Cu < Zn < Cd < Pb < Cr < Ni. На основу Немеровог заједничког индекса загађења подручје слива Расине припада класи озбиљног загађења, док према индексу оптерећења екосистем припада класи од доброг квалитета до загађеног земљишта. Средње вредности индекса еколошког ризика (E_r) се на проучаваном подручју смањују редоследом Cd > Ni > Hg > Pb > Cr > Cu > Zn, а према индексу потенцијалног еколошког ризика више од половине проучаваних профила припада подручју ниског еколошког ризика. Од проучаваних профила 41,54 % припада класама умереног, значајног и врло високог еколошког ризика. На основу вредности фактора обogaћења микроелемената проучаваних земљишта кандидат закључује да се земљишта

налазе у класама природног разлагања матичног суспстрата или умереног обогаћења.

У оквиру потпоглавља **5.2. Основна физичка и хемијска својства вученог наноса** наводи се механички састав вученог наноса, текстурне класе, као и основна хемијска својства и садржају штетних микроелемената у вученом наносу за сва три микрослива. Вредности основних параметара дескриптивне статистике су приказане графички (box plot). Индекси загађења су израчунати и за вучени нанос. Просечне вредности индекса загађења углавном показују да је вучени нанос током периода узорковања у Поломској и Рогавској реци испод граница загађења за Zn, Cu, Pb, Cd и Hg, док су концентрације Ni и Cr иако у класи умерено контаминираних природног порекла. Слинови Поломске и Рогавске реке се налазе у брдско-планинском подручју Гоча и Жељина, где не постоји индустрија као ни други извори дифузног загађења, а високе концентрације Ni и Cr су продукт распадања матичног суспстрата. Вучени нанос Богишке реке се према индексима загађења налази у класи подручја умереног до ниског загађења.

У потпоглављу **5.3. Садржај микроелемената у суспендованом наносу проучаваних микрослива** приказане су концентрације микроелемената Zn, Cu, Pb, Cd, Ni, Cr и Hg у суспендованом наносу Поломске Рогавске и Богишке реке. Концентрације микроелемената сем Pb у суспендованом наносу су углавном веће него у земљиштима проучаваних слинова. Садржаји Cr и Ni у суспендованом наносу Поломске и Рогавске реке су у појединим месецима изузетно високе што је последица распадања матичног супстрата са повишеним концентрацијама Ni и Cr. Кандидат је описао промене садржаја микроелемената у суспендованом наносу током осматраног периода и поредио са граничним вредностима и другим проучавањима наноса у Србији. У циљу свеобухватне процене степена контаминације наноса израчунати су индекси загађења за суспендовани нанос. Кандидат закључује на основу средњих вредности геоакумулационог индекса за Zn, Cu, Pb и Cd да суспендовани нанос није загађен, док је за Ni и Cr у класи слабог загађења, а за Hg је у класи умерено загађен. Такође просечне вредности појединачног индекса загађења за сва три микрослива су у класи незагађеног наноса до врло јаког степена загађења. Према Немеровом заједничком индексу загађења суспендовани нанос Поломске и Рогавске реке је у категорији умереног загађења, док је из Богишке реке у класи домена предострожности. Индекс оптерећења екосистема указује да нанос из Поломске и Рогавске реке припада категорији погоршаног квалитета док је у Богишкој реци, суспендовани нанос у класи незагађености. Кандидат наводи да резултати показују да загађење Поломске и Рогавске реке није последица пољопривредних активности, већ геолошког састава и аерозагађења. Појединачни индекс тоскичности и индекс потенцијала еколошког ризика показују да су у сливу Поломске реке, узорци наноса (80%) у класи врло високог еколошког ризика. Од укупног броја узорака суспендованог наноса у Рогавској реци, око 37 % се налази у класи умереног еколошког ризика, исти проценат у класи значајног еколошког ризика и 26 % је у класи врло високог еколошког ризика. Вредности RI индекса за суспендовани нанос Богишке реке показује да по 28,5 % узорака припада класама ниског, умереног

и значајног еколошког ризика, док врло високи еколошки ризик карактерише 14,5 % узорака. На основу фактора обогаћења закључује се да у Поломској реци за Zn, Cu, Cd и Hg, постоји обогаћење; у Рогавској реци, постоји обогаћење суспендованог наноса из земљишта за Zn, Cu, Ni, Cr и Hg, док у суспендованом наносу Богишке реке, највеће вредности фактора обогаћења за Zn, Cu и Hg. На загађење наноса из Богишке реке утичу и други неантропогени или антропогени фактори.

У потпоглављу 5.4. *Утицај својстава земљишта на садржај микроелемената у земљиштима проучаваног подручја* кандидат применом статистичких анализа објашњава утицај квалитета земљишта на квалитет суспендованог наноса проучаваног подручја. Утврђена је велика просторна хетерогеност за садржаје Pb, Ni, Cr, Cd и Hg у земљиштима. Кандидат наводи да је очекивана велика хетерогеност концентрација микроелемената с обзиром на величину проучаваног подручја, значајне резлике у геолошкој подлози (пре свега за Ni и Cr у серпентинитима, као и за Pb на источним падинама Копаоника, које гравитирају ка Расини, а које су се некада користиле за ископ оловне руде) и начину коришћења. Концентрације Cd и Hg су у највећем броју случајева више у органогеном хоризонту него у дубљим слојевима, што упућује на антропогено порекло, и то аерозагађењем али и употребом фосфатних ђубрива. Ове закључке кандидат објашњава и на основу корелација штетних микроелемената са физичким и хемијским својствима земљишта. Зависност садржаја штетних микроелемената у земљишту од својстава земљишта, одређена је и коришћењем вишеструке регресионе анализе, у којој су независне променљиве: садржај глине, праха, органске материје, рН вредност и адсорптивни комплекс земљишта (СЕС). Поред наведеног кандидат је у користио анализу варијансе у циљу утврђивања статистички значајних разлика између садржаја штетних микроелемената у површинском слоју земљишта и суспендованом наносу, као и садржаја микроелемената у наносу између микрослива. Резултати анализе варијансе показују да у суспендованом наносу проучаваних микрослива не постоје статистички значајне разлике на нивоу значајности од 95 % за Zn, Cd, Fe и Mn, док се код Cu, Pb, Ni, Cr и Hg, садржаји микроелемената разликују. Највеће разлике се запажају код Ni и Cr, управо због геологије сливова Поломске и Рогавске реке. Такође, утврђене су статистички значајне разлике за концентрације Pb и Hg између Богишке и Поломске реке, за Cu, Ni и Cr постоје разлике између Богишке и Поломске, као и између Богишке и Рогавске реке, док за Zn, Cd, Fe и Mn нису утврђене значајне статистичке разлике у наносу из три микрослива. Посебан сегмент у оквиру овог поглавља односи се на анализу порекла садржаја штетних микроелемената у земљиштима проучаваног подручја. Кандидат је детаљно објаснио трансформације података за примењену факторску анализу као претходну проверу теста факторбилности. На основу резултата факторске анализе, штетни микроелементи се групишу око 3 фактора. Први фактор (**Ф1**) укључује Ni, Cr, Cd, Fe и Mn и може му се доделити одредница „*геолошка компонента*“. Елементи имају висока факторска оптерећења, осим Cd који има високо негативно факторско оптерећење које показује да овај елемент или није из исте матичне подлоге као остали елементи, или је антропогеног порекла.

Други фактор (**Ф2**) укључује Zn, Cu и Pb, може се повезати са другим типом геолошке подлоге и може му се доделити одредница „комбинована компонента“, јер матрица корелације показује да у односу на друге елементе, ова три елемента воде порекло из других извора. Трећи фактор (**Ф3**) издваја Hg, позитивно корелисан, коме се може додати одредница „антропогена компонента“. Узимајући у обзир чињеницу да су концентрације Hg значајно веће у органогеном хоризонту, а да у сливу нема индустријског загађења, овај фактор се може повезати са атмосферском депозицијом Hg.

У оквиру потпоглавља 5.5. **Хидролошки параметри проучаваних микрослива у сливу реке Расине** приказане су анализе протицаја воде на проучаваним микросливовима, пронос суспендованог наноса, и пронос укупног наноса. Кандидат наводи да је најмањи протицај у Поломској реци забележен у августу месецу и износио је $0,015 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, а највећи измерени протицај је био у априлу и износио је $0,222 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Најмањи протицај на Рогавској реци је забележен у августу ($0,026 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), а највећи протицај у јуну ($0,296 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$). Богишка река пресушује у летњим месецима, тако да је најнижи протицај измерен у децембру $0,029 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, а највећи измерени протицај је у новембру и износио је $0,148 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Концентрације суспендованог наноса у сливу Поломске реке крећу се од $0,00567 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ до $0,353 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$; у сливу Рогавске реке $0,0051 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ до $0,1393 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$, и Богишке реке $0,0033 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ до $0,1422 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$. У Поломској реци, просечно се током године налази већа концентрација суспендованог наноса, око $0,08 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$, него у Рогавској и Богишкој реци чији је просек око $0,04 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$. Међутим, током вегетационог периода у Богишкој реци су веће концентрације суспендованог наноса него у друга два микрослива, што кандидат објашњава активним пољопривредним радовима, и другим антропогеним активностима у сливу. Укупна количина наноса која је у осматраном периоду протекла кроз осматране профиле процењена је на 803 t на годишњем нивоу у Поломској реци, 304 t у Рогавској реци и 174 t у Богишкој реци, што представља специфични флуks од $0,67 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$ (Поломска), $0,32 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$ (Рогавска) и $0,35 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$ (Богишка).

У потпоглављу 5.6. **Процена губитака земљишта применом USLE модела** кандидат приказује резултате за фактор ерозивности, фактор еродбилности, топографски фактор, фактор начина коришћења земљишта као и процену интензитета ерозије применом USLE једначине за сва три проучавана микрослива. Вредности потенцијалних губитака земљишта у сливу Поломске реке се крећу у опсегу од 0 до $457,95 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$, са просечном вредношћу од $8,68 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$. У сливу Рогавске реке, губици земљишта се крећу од 0 до $436,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$ и просечна вредност интензитета ерозије износи $6,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$. У сливу Богишке реке, процењени потенцијални губици земљишта су у опсегу од 0 до $208,33 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$, а просечно се у сливу продукује око $6,39 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$.

У потпоглављу 5.7. **Процена губитака земљишта применом МПЕ модела** приказане су вредности продукције и проноса наноса по микросливовима, и просторни распоред коефицијента Z у проучаваним микросливовима. У сливу Поломске реке, најзаступљенија је врло слаба ерозија, која је према коефицијенту ерозије заступљена на половини површине слива. Кандидат објашњава да су велике површине под шумама и пашњацима, тако да су

результати очекивани, међутим, више од 22 % површине слива је обухваћено јаком или ексцесивном ерозијом, и то на голетима, деградираним шумама и пољопривредним површинама. У сливу Рогавске реке, према вредностима коефицијента Z , нема слабе или ексцесивне ерозије, док је највећи проценат површине слива (92,4 %) обухваћен средњом ерозијом. Ово кандидат објашњава начином коришћења земљишта у сливу Рогавске реке (највећим делом је под шумама (75,11 %) и пашњацима (17,3 %) што значајно утиче на стабилност структурних агрегата и иницирање ерозионих процеса у сливу. У сливу Богишке реке, највећи проценат површине слива је у категорији врло слабе ерозије, око 61 %. Међутим, око 39 % површине слива је под обрадивим земљиштем и голетима, што је објашњење да се на истом проценту површине слива одвија ерозија средњег или јаког интензитета.

Поглавље 5.8 *Примена WaTEM/SEDEM модела у квантитативној и квалитативној процени губитака земљишта* обухватило је процену губитака земљишта три микрослива, затим дистрибуцију штетних микроелемената, примену калибрисаног WaTEM/SEDEM модела на цео слив реке Расине, и потом објашњење предности и недостатака примењеног модела. Применом модела WaTEM/SEDEM, пре калибрације, извршена је процена интензитета ерозије у проучаваним микросливовима и добијене су значајно веће вредности у односу на друга два примењена модела. Кандидат објашњава да високе вредности добијене WaTEM/SEDEM моделом, указују на изражене ерозионе процесе у проучаваним микросливовима. Како би модел могао оптимално да се користи за проучавање микросливове, као и за већу површину за коју се симулира процес ерозије, и за различиту просторну резолуцију, kTc коефицијенти су калибрисани, тако да укључују утицај вегетационог покривача на резултат прорачуна транспортног капацитета. Примена модела након калибрације, показује да продукција ерозионог материјала у сливу Поломске реке износи 3434 тоне на годишњем нивоу, са специфичном вредношћу од $2,85 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$. После калибрације, утврђено је да слив припада категорији веома слабе ерозије. За слив Богишке реке, модел је калибрисан применом истих вредности коефицијената транспортног капацитета. Продукција ерозионог материјала у сливу износи 1157 тона на годишњем нивоу, са просечном вредношћу по јединичној површини од $2,3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$, чиме се слив Богишке реке сврстава у категорију веома слабе ерозије. WaTEM/SEDEM модел је након калибрације валидиран на сливу Рогавске реке. Моделом је добијена вредност од 1864 тоне ерозионог материјала који се продукује у сливу, са просечном вредношћу по јединичној површини од $1,94 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$, чиме се слив Рогавске реке сврстава у категорију слабе ерозије. У оквиру проучаваних микросливова, највећи однос губитака земљишта према начину коришћења земљишта је у сливу Богишке реке, затим Поломске и Рогавске реке. Према WaTEM/SEDEM моделу, на највећем делу пољопривредних површина се одвија депозиција покренутог наноса, за сва три микрослива. Међу микросливовима, најизраженији је слив Богишке реке. Иако се на преко 30 % пољопривредних површина сва три микрослива одвија ерозија највећег интензитета, слив Богишке реке се издваја највећим процентом учешћа категорије јаке и веома јаке ерозије у оквиру целог слива (10,7 %). У оквиру површина слабо обраслих

вегетацијом, најинтензивнија ерозија се одвија у сливу Рогавске и Поломске реке, на преко 50 % голети. Кандидат применом вишеструке регресије, објашњава да на количину наноса која се транспортује из слива, највећи утицај имају пољопривредне површине које се налазе на нагибу > 25 %, као и величина самог слива. На основу упоредног приказа губитака земљишта из проучаваних микрослива применом три модела кандидат истиче велико одступање вредности добијених применом WaTEM/SEDEM модела, пре и после калибрације, као и у односу на вредности из друга два модела. Вредности WaTEM/SEDEM модела осликавају резултат калибрације и валидације k_c параметара, док вредности USLE и МПЕ модела представљају резултат некалибрисаних и невалидираних параметара на проучаваним микросливовима. Узимајући у обзир чињеницу да се WaTEM/SEDEM модел базира на RUSLE методологији, кандидат истиче потребу за хармонизацијом између модела, као и потребу за сталним мерењима, калибрацијом и валидацијом, како у просторном тако и у временском смислу. Модел WaTEM/SEDEM приказује просторни распоред нето продукције појединих микроелемената у $mg \cdot m^{-2} \cdot god^{-1}$, које кандидат доводи у везу са претходно објашњеним садржајима микроелемената у земљишту и наносу, као и са индексима загађења. Примена WaTEM/SEDEM модела, показала је разлике у количини проучаваних микроелемената који се са наносом изнесу из проучаваних микрослива, према вредностима из модела и према просечним концентрацијама мереним у наносу. У сва три микрослива, највеће разлике показале су се у концентрацијама Ni и Cr. Најмање разлике су код Zn Поломске и Рогавске реке (до 1,5 пута ниже вредности), затим Pb у Рогавској и Богишкој реци (до 1,66 пута више вредности), код Cd Поломске реке (1,15 пута ниже вредности) и код Hg у Богишкој реци (1,06 пута виша вредност). Према моделу, из слива Расине, годишње се са наносом у језеро Ћелије просечно унесу следеће количине проучаваних микроелемената: 4,6 t Zn; 3,18 t Cu; 0,54 t Pb; 0,93 t Ni; 0,63 t Cr; 0,0029 t Cd и 0,0018 t Hg. Применом модела WaTEM/SEDEM на слив Расине, средња вредност губитака земљишта је $15,28 t \cdot ha^{-1} \cdot god^{-1}$, чиме се цео слив сврстава у категорију ерозије умереног интензитета. Највећи проценат површине слива припада категоријама веома слабе и слабе ерозије, што је у сагласности са вредностима појединачних микрослива проучених у овој дисертацији. На око 20 % површине слива Расине, долази до депозиције покренутог материјала. Кандидат наводи да је највећи проценат површине слива Расине карактеристичан по умереној дистрибуцији микроелемената, чије се концентрације најчешће налазе испод граничних вредности. Депозиција проучаваних микроелемената се дешава на око 7,4 до 22,32 % површине слива, док се према моделу, транспорт микроелемената са концентрацијама изнад ремедијационих вредности одвија на 1,5 % површине слива (Pb, Cr, Cd, Hg). Транспорт Zn, Cu и Ni са вредностима изнад ремедијационих се дешава на површинама у распону од 9,3 и 15,37 %. Ови резултати у извесној мери потврђују одређени степен загађења, како у земљишту тако и наносу. У оквиру слива Расине, кандидат издваја зоне потенцијалног еколошког ризика (загађења), а које су и локације на којима долази до покретања већих концентрација микроелемената према WaTEM/SEDEM моделу. Употреба

WaTEM/SEDEM модела има велики потенцијал у процени ерозионих губитака земљишта, као и код просторног приказа транспорта и депозиције наноса и микроелемената. Међутим, кандидат наводи да је велики недостатак унутар WaTEM/SEDEM модела аутоматизована калибрација, која би процес оптимизације параметара учинила мање захтевним и краткотрајним.

У потпоглављу 5.9 *Предлог система конзервационих мера у циљу смањења губитака земљишта*, кандидат на основу изнетог изводи закључке да коришћење земљишних ресурса треба базирати на агроеколошким системима и техникама, увођењем конзервационе пољопривреде попут примене контурне обраде и плодореда и успостављањем агрошумарства, међуредних усева, легуминоза и трајних травних површина. Модерна пољопривредна производња подразумева да се систем конзервације земљишта посматра кроз концепт квалитета земљишта, што значи поред коришћења земљишта неопходно је очување његових функција за пружање екосистемских услуга. Даље, кандидат наводи да природи блиска решења би нарочито имала ефекта у оквиру сливова брдско-планинског подручја Републике Србије, узимајући у обзир да су ерозиони процеси изражени, нарочито на пољопривредним и површинама слабог вегетационог склопа. На овај начин, остварио би се позитиван ефекат, не само са аспекта пољопривредне производње, већ и очувања животне средине и социоекономског развоја.

6. ЗАКЉУЧЦИ (166-169 стр.)

У оквиру поглавља **ЗАКЉУЧЦИ** су концизно и прецизно сублимирани резултати комплетних истраживања и приказане информације о оцени испуњености најважнијих циљева дисертације.

Квалитет наноса зависи од квалитета, типа и начина коришћења земљишта, а кандидат изводи следеће закључке:

- Квалитет суспендованог наноса на три проучавана микрослива се према заједничким индексима загађења налази у категоријама значајног и врло високог еколошког ризика (RI) или се категоризује као умерено до тешко контаминиран (PI_N). На пољопривредним површинама проучаваних микрослива се одвијају ерозиони процеси јаког интензитета.
- У сливу Богишке реке, просечан нагиб пољопривредних површина је 27,1% што утиче на израженије ерозионе процесе, а тиме и повећано померање и редистрибуцију микроелемената из слива у хидрографску мрежу, нарочито Zn и Cu, са повећаним вредностима свих индекса загађења ова два елемента. Поред ових елемената, миграција Hg је утицала да се суспендовани нанос сврста у категорију значајног загађења према RI индексу.
- Слинови Поломске и Рогавске реке се карактеришу веома интензивним процесима ерозије на преко 50 % голети и других површина слабо обраслих вегетацијом, у којима је квалитет суспендованог наноса под директним утицајем плитких хумусно-силикатних земљишта на серпентинитима и другим базичним стенама, богатим Ni и Cr. Кандидат наводи да је

суспендовани нанос Поломске реке, услед повишених концентрација Ni, Cr и Hg, у категорији највећег погоршања квалитета, и да је због способности везивања микроелемената за најфиније честице, квалитет суспендованог наноса у категоријама озбиљнијег оптерећења у односу на земљиште и вучени нанос.

- Суспендовани нанос Рогавске реке је у категоријама од ниског до значајног загађења, са највећим утицајем Hg на укупни потенцијални еколошки ризик. Доминантан начин коришћења земљишта у сливу су шуме, пашњаци и природни травњаци, па се слив карактерише веома слабом и слабом ерозијом, а покренути ерозиони материјал се углавном депонује у сливу. Кандидат истиче везу између квалитета наноса и типа и квалитета земљишта у сливу, што потврђују и вредности фактора обогаћења у суспендованом наносу. Концентрације микроелемената у наносу су значајно веће него у површинским слојевима земљишта, што указује на њихову мобилност и способност везивања за глину и колоиде, али и органску материју.
- Такође, кандидат наводи да се из површинских слојева земљишта у сливу Божишке реке највише транспортују Zn, Cu, Ni, Cr и Hg, а да вредности индекси загађења показују одређени облик контаминације, од умерене до веома јаке. Иако се слив Божишке реке карактерише већим процентом пољопривредних површина (оранице екстензивне обраде), суспендовани нанос је блажег облика контаминације, у односу на нанос Поломске и Рогавске реке, са значајним утицајем геолошке подлоге.
- Применом WaTEM/SEDEM модела на слив Расине, резултати су показали да се просторна дистрибуција микроелемената одвија умереним интензитетом, са концентрацијама које су најчешће испод граничних вредности. Анализом добијених резултата, издвојене су три зоне потенцијалне контаминације земљишта и наноса. У оквиру прве зоне загађења, налазе се и проучавани микросливови Поломске и Рогавске реке, са издвојеним Ni и Cr (природно порекло) и Cd, Hg и Pb (антропогено порекло). У оквиру друге зоне загађења, са источним падинама Копаноника и горњим делом слива Грашевачке реке, присутно је оптерећење екосистема са слабом, средњом и озбиљном степеном контаминације земљишта. У оквиру ове зоне, постојање антропогеног утицаја који датира још из средњег века (рудници олова и цинка), затим депозиција из атмосфере (Cd) као и геолошко порекло Ni и Cr, указују на заједнички ефекат микроелемената на оптерећење земљишта, а тиме и наноса. Трећа зона загађења је представљена мањим, појединачним подручјима, са комбинованим ефектом природних и антропогених утицаја у сливу Блаташнице, Божишке, Батотске, Жуњске и реке Велике Грабовнице.
- Ерозија се у проучаваним микросливовима и сливу Расине одвија различитим интензитетом, а квантификација ерозионих процеса указала је на одсуство хармонизације коришћених модела.
- Употреба WaTEM/SEDEM модела подразумевала је процену ерозионих губитака пре и после калибрације. Пре калибрације, средњи годишњи губици

земљишта сврставали су проучаване микросливоре у подручја са ерозијом умереног или јаког интензитета. После калибрације модела, просечни губици земљишта у сликовима Поломске, Рогавске и Богишке реке су $2,85 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$, $1,94 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$ и $2,3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$.

- Уколико се упореде вредности из сва три модела, процентуално учешће површина са умереном до експесивном ерозијом се линеарно увећава: WaTEM/SEDEM (13 %), МПЕ (25,8 %) и USLE (39,1 %). Закључује се да употреба модела у квантификацији ерозије представља кључан моменат, али да је неопходна њихова калибрација и валидација, мониторинга ерозионих процеса, како би се избегао информативни а добио практични (апликативни) аспект добијених резултата. Кандидат наводи правце будућих истраживања земљишта и квалитета наноса, што је значајно за одрживо управљање земљишним простором.

7. ЛИТЕРАТУРА (170-193 стр.)

Наведено поглавље садржи 396 библиографских јединица. Коришћена литература је мултидисциплинарна, парвилно одабрана како за теоријску основу ове докторске дисертације, тако и за поређење са резултатима истраживања сличне тематике. Увидом у коришћену литературу може се закључити да је кандидат пажњу посветио публикацијама најрелевантнијих научних часописа у области деградације земљишта и геоинформационих технологија. Поред тога, коришћена је обимна литература коју су публиковали водећи истраживачки центри у Европи.

8. ПРИЛОЗИ (194-220 стр.)

У оквиру овог поглавља кандидат приказује табеле, графике и карте што је пропраћено списком од 15 прилога (нумерисаних а – ж) .

VI ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Комисија констатује да је MSc Предраг Миљковић у потпуности испунио план предвиђен пријавом докторске дисертације. Добијени резултати истраживања су систематично и прегледно приказани, а дискусија заснована на добром познавању проучаване научне области и на најновијим научним сазнањима. Закључци прате структуру истраживања и исправно су формулисани. Имајући у виду да се као услов за одбрану докторске дисертације поставља објављен рад у часопису међународног значаја, комисија констатује да је кандидат аутор рада објављеног из докторске дисертације у часопису међународног значаја (M23 -1 рад).

VII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

Имајући у виду одабрани предмет истраживања, као и постављене циљеве и хипотезе од којих се у истраживању пошло, Комисија сматра да је кандидат резултате базирао на добро утемељеној теоријској основи, до њих дошао квалитетном применом одговарајућих и савремених, посебно геоинформационих метода, доказујући дефинисане хипотезе и успешно реализујући постављене циљеве истраживања. Комисија констатује да су резултати истраживања јасно и прегледно изложени, методолошки исправно анализирани и тумачени, и илустровани релевантним картама, табелама и графичким приказима.

VIII КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

1. Комисија констатује да је докторска дисертација MSc Предрага Миљковића написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме за коју је, одлуком бр. 61206-2639/2-15 од 17.06.2015. године Веће Научних области Биотехничких наука Универзитета у Београду дало сагласност.

2. Комисија такође констатује да дисертација садржи све неопходне елементе: насловну страну на српском и енглеском језику, информације о ментору и члановима комисије, резиме на српском и енглеском језику, садржај, текст рада по поглављима, списак литературе, изјаву о ауторству, изјаву о истовестности штампане и електронске верзије докторског рада и изјаву о коришћењу.

3. Докторска дисертација MSc Предрага Миљковића под насловом: „Утицај начина коришћења земљишта на квалитет суспендованог наноса у сливу реке Расине“ представља оригиналан допринос науци.

Оригиналност докторске дисертације огледа се, пре свега, у идентификовању истраживачког проблема, приступу његовој обради, квантификовању појединих компоненти WaTEM/SEDEM модела, којим су процењени ерозиони губици пре и после калибрације за проучавања три микрослива као и за подручје слива реке Расине. Резултати показују да је слив Расине подложен ерозионим процесима, неуједначеног интензитета, делом под утицајем прородних фактора, делом услед недостатка одрживих и интегралних мера управљања земљишним и водним ресурсима. У докторској дисертацији анализирано је стање квалитета земљишта, квалитета вученог и суспендованог наноса у контексту савремених и комплексних, посебно, геоинформационих метода проучавања, при чему су добијени нови резултати, објашњени на јединствен начин. Добијени резултати омогућили су дефинисање три зоне потенцијалне контаминације земљишта и наноса на подручју слива Расине. Посебан допринос овог рада је калибрација WaTEM/SEDEM модела вршена на основу мерених вредности суспендованог наноса на два микрослива, док је валидација вршена на трећем микросливу,

што до сада није било предмет истраживања на подручју Р Србије. Добијени резултати представљају значајне информације за хармонизацију коришћених модела као и за планирање даљег мониторинга квалитета суспендованог наноса и одрживог управљања екосистемима.

4. Комисија није уочила недостатке који би евентуално могли утицати на резултате истраживања у току израде докторске дисертације.

IX ПРЕДЛОГ:

На основу укупне оцене докторске дисертације, комисија предлаже Наставно-научном већу Универзитета у Београду Шумарског факултета, да докторску дисертацију кандидата МSc Предрага Миљковића под насловом „Утицај начина коришћења земљишта на квалитет суспендованог наноса у сливу реке Расине“ прихвати за јавну одбрану.

ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ:

ментор

др **Снежана Белановић Симић**, ред. проф.
Универзитет у Београду, Шумарски факултет

члан комисије

др **Мирјана Годосијевић**, ванр. проф.
Универзитет у Београду, Шумарски факултет

члан комисије

др **Ратко Ристић**, ред. проф.
Универзитет у Београду, Шумарски факултет

члан комисије

др **Вељко Перовић**, научни сарадник,
Универзитет у Београду Институт биолошка
истраживања „Синиша Станковић“

члан комисије

др **Јелена Белоица**, доцент,
Универзитет у Београду, Шумарски факултет