

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Шумарског факултета
Универзитета у Београду

Предмет: Извештај комисије о оцени израђене докторске дисертације мастер инжењера шумарства Јасмине Радоњић

На основу Члана 154. Статута Универзитета у Београду Шумарског факултета, поднетог рукописа израђене докторске дисертације, мастер инжењера шумарства Јасмине Радоњић, под насловом ***Хидролошки и псамолошки ефекти противерозионих радова на бујичним подсливовима Јужне Мораве***, и одлуке Наставно-научног већа Шумарског факултета Универзитета у Београду (број одлуке 01-2/55, од 25.04.2018. године) као чланови Комисије, Наставно-научном већу Шумарског факултета Универзитета у Београду подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

I - ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ:

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

Одлуком Наставно-научног већа Шумарског факултета у Београду, број одлуке 01-2/55, од 25.04.2018. године, образована је Комисија за оцenu израђене докторске дисертације кандидата мастер инжењера шумарства Јасмине Радоњић.

2. Састав комисије:

1. др Ратко Ристић, редовни професор

Ужа научна област: Ерозија и конзервација земљишта и вода

Датум избора у звање: 14.12.2011.

Универзитет у Београду Шумарски факултет

2. др Зоран Никић, редовни професор

Ужа научна област: Водоснабдевање и менаџмент подземних водних ресурса

Датум избора у звање: 16.01.2013.

Универзитет у Београду Шумарски факултет

3. др Борис Радић, доцент

Ужа научна област: Пејзажна архитектура и хортикултура

Датум избора у звање: 28.01.2015.

Универзитет у Београду Шумарски факултет

4. др Мирјана Тодосијевић, ванредни професор

Ужа научна област: Ерозија и конзервација земљишта и вода

Датум избора у звање: 17.10.2017.

Универзитет у Београду Шумарски факултет

5. др Вељко Перовић, научни сарадник

Ужа научна област: заштита животне средине
Датум избора у звање: 25.05.2016.
Институт за биолошка истраживања „Синиша Станковић“

II - ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног родитеља, презиме:

Јасмина (Божидара), Радоњић (у даљем тексту Кандидат)

2. Датум и место рођења, општина, држава:

26.06.1986., Лесковац, Република Србија

III - НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

*Хидролошки и псамолошки ефекти противерозионих радова на бујичним
подсливовима Јужне Мораве*

IV - САДРЖАЈ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Докторска дисертација под насловом: *Хидролошки и псамолошки ефекти противерозионих радова на бујичним подсливовима Јужне Мораве* обухвата 7 поглавља, са 318 страна текста. У оквиру текста приложено је 137 табела, 66 графикона и 55 картографских приказа. Списак релевантне стране и домаће литературе везане за област истраживања обухвата 151 библиографску јединицу. На почетку рада су дате кључне документационе информације, резиме на српском и енглеском језику, са кључним речима. Поглавља су структурирана тако да представљају посебне и логички повезане целине:

1. Увод: 1-5 стр.

2. Значај проучавања ерозије земљишта и преглед досадашњих истраживања: 6-20 стр.

3. Материјал и метод рада: 21-51 стр.

4. Резултати истраживања: 52-295 стр.

5. Дискусија: 296-314 стр.

6. Закључци: 315-318. стр.

7. Литература: 319-332 стр.

На крају текста дисертације 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:

Поглавље 1. **Увод** садржи уопштен осврт на предмет докторске дисертације, циљеве истраживања и полазне хипотезе. Наглашава се да ерозиони процеси и бујичне

поплаве представљају повезане феномене, који имају снажан дестабилизујући ефекат на људску заједницу, са озбиљним еколошким и економским последицама. Истакнута је потреба за коришћењем позитивних искустава у примени различитих концепција противерозионе заштите, кроз интегрални приступ, у коме су заступљене биолошке, биотехничке, техничке и административне мере, у зависности од доминантних карактеристика предметних сливова. У оквиру подпоглавља **1.1. Предмет докторске дисертације** наглашава се негативан антропогени утицај на земљишне и водне ресурсе, са акцентом на ерозију земљишта, урбанизацију и погоршање хидролошког статуса, услед чега се јављају деструктивне бујичне поплаве. Србија је овим појавама била екстремно угрожена у периоду непосредно после завршетка XX Светског рата, када се и приступило првим масовним, организованим активностима на превенцији ерозије и бујичних поплава. Први противерозиони радови су реализовани на сливу Јужне Мораве, на подручју Грделичке клисуре и Врањске котлине, са веома повољним псамолошким и хидролошким ефектима. Примењивани су сви познати концепти противерозионе заштите, примарно класичан европски систем, али и тада иновативни приступи, као што је систем професор Росића. У оквиру подпоглавља **1.2. Циљ истраживања** изложена су три основна сегмента, на основу којих су детерминисане неопходне активности и обликовано само исходиште рада на дисертацији: идентификација сливова на којима су изведени противерозиони радови, као и ефекти на стање ерозије и појаву бујичних поплава, затим продукцију ерозионог материјала, доспевање до хидрографске мреже и транспорт наноса; детерминисање услова за превенцију деструктивних ерозионих процеса и бујичних поплава на одабраним подсливовима Јужне Мораве; израда модела противерозионе заштите, примењивог и на осталим бујичним подсливовима Јужне Мораве, са препорукама које детерминишу оптималне односе и обиме примењених биолошких, биотехничких, техничких и административних радова и мера. У оквиру подпоглавља **1.3. Основне хипотезе** детерминисане су основне претпоставке планираног истраживања: природни и антропогени фактори утичу на интензивирање ерозионих процеса, редукцију инфилтрационо-ретенционог капацитета земљишта, продукцију и транспорт ерозионог материјала, формирање брзог површинског отицаја и појаву бујичних поплава; мере противерозионе заштите (биолошке, биотехничке, техничке и административне), доводе до обнављања вегетационог покривача и стабилизације деградираних површина, успостављања повољних хидролошких и псамолошких ефеката, чиме се отвара могућност ефикасне превенције деструктивних ерозионих процеса и бујичних поплава, и стварање услова за одрживо коришћење простора брдско-планинских сливова.

У оквиру поглавља **2. Значај проучавања ерозије земљишта и преглед досадашњих истраживања** кандидаткиња даје преглед позитивних искустава у заштити земљишта од ерозије, на подручју Србије (Грделичка клисура; слив Јабланице; слив Топлице; слив Калиманске реке) и других земаља (Македонија, Бугарска, САД). Наглашава заштитни ефекат вегетације (шумске, жбунасте и травне), кроз процес интерцепције. Такође, представљене су основне информације о примени различитих модела у процени ерозионих губитака земљишта и проносу наноса кроз хидрографску мрежу. У подпоглављу **2.1. Систематизација постојеће документације на подручју истраживања** представљена је коришћена техничка документација, као информациони

основ за детерминисање почетног стања на истраживаним сливовима, што је омогућило поређење са стањем у каснијим временским пресецима.

У поглављу **3. Материјал и метод рада** кандидаткиња даје приказ примењених методолошких приступа, на три истраживана бујична подслива Јужне Мораве: Лукачевој Долини, Габровачкој и Градашничкој реци. У подпоглављу **3.1. Прикупљање података** наводи се да је коришћена историјска техничка документација, као и расположива фото-документација, у циљу реконструкције стања сливова пре извођења првих противерозионих радова. У подпоглављу **3.2. Теренска истраживања** дат је детаљан приказ примењених поступака: снимање уздужних профила заплава попречних објеката, мерење ширина формираних заплава, узимање узорака наноса са заплава (узводно од попречних објеката), формирање огледних поља, и узимање узорака земљишта. У подпоглављу **3.3. Педолошка истраживања** кандидаткиња је навела лабораторијске методе за детерминацију физичких и хемијских својстава земљишта. У подпоглављу **3.4. Обрада података** представљене су коришћене методе: моделирање за добијање зависности између падова заплава и неких параметара корита и наноса; регресиона анализа за оцењивање облика зависности; корелациона анализа за одређивање степена зависности. Примењена је и вишеслојна, упоредна анализа простора ГИС технологијом. У подпоглављу **3.5. Физичко-географске карактеристике** објашњена је процедура одређивања основних физичко-географских карактеристика истраживаних сливова, на основу топографских карата, размере 1:25.000, сателитских снимака, као и начин израде дигиталне карта хидрографске мреже истраживаних сливова. Одређени су следећи физичко-географски параметри: површина слива, F (km^2); обим вододелнице, O (km); дужина главног тока, L (km); одстојање од тачке у речном кориту, најближе тежишту слива до излазног профила, L_c (km); укупна дужина свих притока, L_u (km); највиша кота у сливу, K_v (m); кота изворишта, K_i (m) и кота ушћа, K_u (m). Остали параметри: средња надморска висина, средња висинска разлика, средњи нагиб терена на сливу, апсолутни нагиб речног корита, уравнати пад речног корита, модул развијености вододелнице слива, морфолошки коефицијент, коефицијент облика слива и густина хидрографске мреже, израчунати су по познатим формулама. У подпоглављу **3.6. Геолошке карактеристике** представљен је процес дигитализације листова Основне геолошке карте $P=1:100.000$, као и начин издвајања типова геолошких формација. Поред тога, урађена је и дигитална карта еродибилности стена подручја слива Лукачеве Долине, Габровачке реке и Градашничке реке, и утврђено је процентуално учешће веома чврстих, условно чврстих, условно еродибилних и веома еродибилних стена. У подпоглављу **3.7. Анализа начина коришћења простора** је представљена просторна анализа на основу расположивих топографских карата, аеро-фото снимака, сателитских снимака и техничке документације, пре извођења противерозионих радова. Такође, имплементирани су и подаци добијени теренским истражним радовима, што је омогућило израду карата начина коришћења простора, са прецизном структуром просторних елемената: шума, деградираних шума, ливада и пашњака, деградираних ливада и пашњака, ораница, винограда, воћњака, насеља и голети. Појашњена је примена ГИС, уз коришћење CORINE номенклатуре, у просторним анализама. У подпоглављу **3.8. Климатске карактеристике** представљена је методологија обраде основних климатских параметара: средњих месечних, минималних и максималних температура ваздуха; месечних и годишњих сума падавина, дневних екстрема, за

мерне станице које се налазе на подручју истраживања. У подпоглављу **3.9. Ерозиони потенцијал истраживаног подручја** представљена су три модела за процену ерозионих губитака земљишта: МПЕ (Метод потенцијала ерозије), модификована Универзална једначина губитка земљишта (RUSLE) и WaTEM/SEDEM (Water and Tillage Erosion Model/SEdiment DELivery Model) метод. У подпоглављу **3.10. Прорачун максималног протицаја** представљени су основни елементи методологије за прорачун максималног протицаја за излазне профиле одабраних сливова. Прорачун је обављен за три карактеристична временска пресека: у условима пре извођења противерозионих радова (1955. године), после 15 година (1970. године) и на крају периода истраживања (2016. године). Прорачун максималног протицаја одређене вероватноће појаве $Q_{max(\%)}$, обављен је за натпросечне услове влажности, коришћењем комбинованог поступка, који има два основна сегмента: примену теорије синтетичког јединичног хидрограма за детерминисање вршне ординате јединичног отицаја q_{max} ; примену SCS методологије за раздвајање ефективних падавина P_e (формирају директан отицај) од укупних (брuto падавина P_{br}). Коришћене су регионалне зависности за одређивање времена кашњења, редукцију меродавне дневне кише на часовне вредности и одређивање хидролошких класа земљишта. У подпоглављу **3.11. Социо-демографска истраживања** анализирано је кретање броја становника (на основу података по пописима из 1948, 1953, 1961, 1971, 1981, 1991, 2002 и 2011. године), старосна структура и број домаћинстава у 2011. години, као и број становника чија је примарна делатност пољопривреда. Социо-демографске карактеристике су проучаване само са аспекта антропогеног утицаја на стање ерозије на истраживаним сливовима.

У оквиру поглавља **4. Резултати истраживања** представљени су најважнији резултати истраживања, у складу са постављеним циљевима. У подпоглављу **4.1. Опште карактеристике истраживаног подручја** наведени су основни подаци о просторној локацији истраживаних сливова, који се налазе у југоисточном делу Србије, на сливу Јужне Мораве, односно, подсливовима Нишаве и Власине. Површина слива Лукачеве долине износи 4,08 km², Габровачке реке 33,06 km² и Градашничке реке 43,15 km². Подручје Лукачеве Долине припада региону умерено-континенталне климе, са slabим утицајем планинске климе. Подручје слива Габровачке реке припада региону измењене континенталне климе. На сливу Градашничке реке влада континентална клима, са малом количином падавина, тако да се убраја у аридне или семиаридне области.

На сливу Лукачеве Долине, као доминантна геолошка подлога, јављају се седиментне стене, док се метаморфне и магматске стене јављају у готово једнакој размери. Седиментне стене заузимају 44,26% (1,81 km²), метаморфне око 28,36% (1,16 km²) а магматске стене око 28,38% (1,12 km²) од укупне површине слива. На сливу Лукачеве Долине доминирају веома чврсте 35,54% и условно еродибилне 34,8% геолошке формације, док су условно чврсте стене заступљене на 28,19% и веома еродибилне на свега 1,47% сливне површине. На сливу Габровачке реке доминантну подлогу чине седиментне стене, затим метаморфне а најмању заступљеност имају магматске стене. Седиментне стене се простиру на око 63,24% од укупне површине слива (21,03 km²), метаморфне на око 32,53% (10,82 km²) и магматске стене на свега 4,24% (1,41 km²). На сливу Габровачке реке доминирају веома еродибилне (59,05%) и условно чврсте (32,09%), док су условно еродибилне стене заступљене на 8,59% а веома чврсте стене

на свега 0,27% сливне површине. На сливу Градашничке реке преовладавају седиментне стене, док је мали део слива изграђен од магматских стена. Седиментне стене се простиру на 98,82% од укупне површине слива (42,82 km²), док се магматске јављају на свега 1,18% (0,51 km²). На сливу Градашничке реке доминирају веома еродибилне (45,55%) и условно еродибилне (32,8%) геолошке формације, док се условно чврсте стене простиру на 12,58% а веома чврсте на свега 9,07% сливне површине. Степен еродибилности стена је одређен на основу геолошке грађе, структуре стена и њихових физичко-хемијских параметара.

Земљишни покривач на сливу Лукачеве Долине, пре извођења противерозионих радова, био је условљен постојећом оскудном вегетацијом и процесима ерозије. На сливној површини било је заступљено неколико типова земљишта, међу којима се издваја еродирана гајњача, затим „сиво-шумско“ земљиште, док су остали делови слива прекривени агенетичним земљиштем. У свим земљиштима је регистровано високо учешће скелета (до 30%), док је код скелетних и скелетоидних заступљеност и до 50%. Анализом педолошких карактеристика, за потребе приказа садашњег стања на сливу Лукачеве Долине, издвојена су 3 типа земљишта: еутрични камбисол, флувисол и ранкер. На сливу Габровачке реке, а на основу података из техничке документације, су издвојена три типа земљишта: шумска земљишта на силикатној подлози, која се одликују малом дужином и оскудном стељом; оранице на крчевинама на силикатној подлози, са неповољним својствима, која су се у првом реду огледала у недостатку креча, азота, калијума, фосфора и хумуса, неповољном структуром и високим нивоом киселости рН=4; земљиште на језерским терасама, које се одликује повољном дужином профила, са квалитетном структуром и израженим водним капацитетом. Анализом педолошких карактеристика, за потребе приказа садашњег стања, издвојена су четири типа земљишта: еутрични камбисол, флувисол, ранкер и вертисол. На сливу Градашничке реке, а на основу података из техничке документације, пре извођења противерозионих радова, изузев делова на вододелници и самој Градашничкој клисури који су на кречњачкој подлози, сливна површина доминантно је била прекривена врло дубоким земљиштем. Анализом педолошког покривача за потребе приказа садашњег стања, на сливу Градашничке реке издвојено је седам типова земљишта: еутрични камбисол, флувисол, калкомеланосол, колувијум, ранкер, рендзина и вертисол.

У подпоглављу **4.2. Огледна поља на подручју истраживања** детаљно је описано стање на 9 огледних поља, по три на сваком од истраживаних сливова. У подпоглављу **4.3. Социо-демографске карактеристике** представљени су најважнији подаци о становништву: на сливном подручју Лукачеве Долине, према попису из 2011. године, евидентирано је свега 165 домаћинства, са укупно 384 становника, а пољопривредом се, као примарном делатношћу, активно бавило 86 становника. На сливном подручју Габровачке реке, према попису из 2011. године, евидентирано је 651 домаћинство, са укупно 1.904 становника, а пољопривредом се, као примарном делатношћу, активно бавило 34 становника. На сливном подручју Градашничке реке, према попису из 2011. године, евидентирано је 205 домаћинства, са укупно 510 становника, а пољопривредом се, као примарном делатношћу, активно бавило 18 становника.

У подпоглављу **4.4. Начин коришћења простора** обављена је анализа структуре површина у различитим временским пресецима. Реконструкцијом структуре површина на сливу Лукачеве Долине, из 1955. године, на основу техничке документације, пре извођења радова на противерозионом уређењу, издвојено је шест целина: шуме, деградиране шуме, пашњаци, воћњаци, оранице и голети. Пре извођења радова на противерозионом уређењу, највећи део слива Лукачеве Долине заузимало је шумско земљиште са око 31% површине, од чега је под шумама доброг склопа било свега 4,42%, деградираним шумама 26,78%, док су комплексне пољопривредне структуре заузимале 36,12% од укупне површине слива. Голети су се простирале на чак 25,55% од укупне површине слива, воћњаци на 5,56%, док је само једна површина издвојена као добро очувани пашњак (1,47% од укупне површине слива). Реконструкцијом структуре површина на сливу из 1970. године (15 година после извођења противерозионих радова), на основу геодетских и аеро-фото снимака, а око, издвојено је осам различитих површина: шуме, деградиране шуме, пашњаци, деградирани пашњаци, воћњаци, оранице, голети и насеља. Седамдесетих година XX века, начин коришћења простора је значајно промењен, тако да су доминирале шуме доброг склопа (51,47% од укупне површине слива), док су деградиране шуме сведене на мање од 1%. Такође, дошло је до пораста површина под стабилним пашњацима (17,89%), док су деградирани пашњаци заузели простор некадашњих голети (12,25%). Смањен је удео ораница (11,76%) и воћњака (3,92%) у корист пашњака и ливада доброг склопа. Површина под голетима је сведена на свега 0,49%. Са порастом броја становника, повећан је и број домаћинстава и формирана су насеља која су у том периоду заузимала око 1,47% од укупне површине слива. Анализом структуре површина на сливу из 2016. године, на основу доступних сателитских снимака и теренских истраживања, утврђен је актуелан начин коришћења земљишта и издвојено је седам различитих површина: шуме, деградиране шуме, пашњаци, деградирани пашњаци, оранице, голети и насеља. Шумско земљиште и шуме доброг склопа (77,51%) и данас доминирају на сливу Лукачеве Долине. Удео деградираних шума нешто је повећан у односу на стање 70-их година XX века (услед бесправних сеча) и износи 1,47% од укупне површине слива. Удео пашњака (14,67%), ораница (3,42%) и воћњака смањен је у корист шума и шумског земљишта. Учешће урбанизованих површина повећало се на 1,71% од укупне површине слива.

Реконструкцијом структуре површина на сливу Габровачке реке из 1957. године, на основу техничке документације, пре извођења радова на противерозионом уређењу, издвојено је шест целина: шуме, пашњаци, оранице, воћњаци, голети и насеља. Доминирале су оранице са 35,24%, затим шумско земљиште са 32,58% и пашњаци са 25% од укупне површине слива. Воћњаци су заимали свега 3,47% од укупне површине слива, насеља 2,08% а голети 1,63%. Реконструкцијом структуре површина на сливу из 1970. године, издвојено је седам целина: шуме, пашњаци, оранице, воћњаци, пољопривредно земљиште, голети и насеља. Доминирале су оранице на 41,07% од укупне површине слива, као и шумско земљиште са 28,08%. Значајно се повећао удео под насељима (7,44%) и воћњацима (5,60%), док је удео под голетима значајно смањен (0,39%), као и удео под пашњацима (10,15% од укупне површине слива). Као посебна површина, издвојено је пољопривредно земљиште, односно, комплексна структура са наизмеичном сменом воћњака, винограда, једногодишњих и вишегодишњих засада. Ове површине су формиране на рачун некадашњих пашњака и заузимале су 2,44% од

укупне површине слива. Анализом структуре површина на сливу из 2016. године, на основу доступних сателитских снимака и теренских истраживања, утврђен је актуелан начин коришћења простора и издвојено је шест различитих површина: шуме, деградиране шуме, пашњаци, деградирани пашњаци, оранице и насеља. Данас, на сливу Габровачке реке доминирају шуме доброг склопа на 42,36% од укупне површине слива и оранице са 27,46%. Пољопривредно земљиште је местимично испресецано пашњацима који заузимају свега 4,83% и воћњацима на 6,10%. Деградирани пашњаци се простиру на 1,24% од укупне површине слива, на некадашњим ливадама и пашњацима, док се данас делимично користе као позајмишта и депоније, у контексту урбанизације подручја. Учешће урбанизованих површина је значајно увећано, на 18,01%.

Реконструкцијом структуре површина на сливу Градашничке реке из 1956. године, на основу техничке документације, пре извођења радова на противерозионом уређењу, издвојено је седам целина: шуме, деградиране шуме, пашњаци, деградирани пашњаци, оранице, пољопривредно земљиште и голети. Доминирале су површине под шумама са 46,04% од укупне површине слива, од чега је под шумама доброг склопа било 35,24%, а под деградираним шумама 10,80%. Пашњаци су заузимали око 19,23% површине, од чега стабилни пашњаци 10,66% а деградирани пашњаци 8,57%. Пољопривредна активност одвијала се на простору од око 17,98%, док су чисте оранице заузимале 6,21%. Значајан удео у укупној површини слива заузимале су голети, са 10,54%. Реконструкцијом структуре површина на сливу из 1970. године, на основу техничке документације, после извођења обимних радова на противерозионом уређењу, издвојено је седам целина: шуме, пашњаци, оранице, воћњаци, пољопривредно земљиште, голети и насеља. Седамдесетих година XX века, начин коришћења земљишта на сливу Градашничке реке у многоме је измењен. Површине под пољопривредним земљиштем (26,50%) и ораницама (24,38%) су значајно увећане, док је површина под шумама смањена скоро за половину и износила је свега 16,58% од укупне површине слива. Укупан удео пашњака је смањен на 11,90%, а очувани су само стабилни пашњаци. Значајно је повећан удео под воћњацима и виноградима, на 10,95% од укупне површине слива. Учешће голети је сведено на 8,07%, док су насеља заузимала 1,61% од укупне површине слива. Анализом структуре површина на сливу из 2016. године, на основу доступних сателитских снимака и теренских истраживања, утврђен је актуелан начин коришћења простора и издвојено је шест различитих целина: шуме, пашњаци, деградирани пашњаци, оранице, воћњаци, голети и насеља. Данас, на територији слива доминирају шуме доброг склопа са 53,61% од укупне површине и стабилни пашњаци са 35,80%. Ратарска производња је сведена на минимум и заступљена је у виду ораница, на свега 3,22% површине слива. Деградирани пашњаци одржали су се само на местима некадашњих голети, на 2,39% од укупне површине слива. Чистих воћњака који се и данас одржавају као такви, има врло мало, свега 0,30%. Површине под голетима скоро да су нестале, осим на вертикалним одсецима који гравитирају клисури, а постоји само једна значајнија површина у близини насеља Нишор, која се користи као активни каменолом. Учешће урбанизованих површина је увећано на 3,96% од укупне површине слива.

У подпоглављу **4.5. Ерозиони процеси на истраживаном подручју** детерминисан је статус ерозионих процеса. Стање на сливу Лукачеве Долине 1955. године, одликовало се спирањем земљишта и браздастом ерозијом на већем делу сливне површине, са вертикалним усецањем до геолошке подлоге. Услед велике количине наноса који је доспевао са виших делова слива, главно корито било је засуто ерозионим материјалом, готово свих фракција. Пре почетка извођења противерозионих радова на сливу Лукачеве Долине доминирале су слаба (32,27%), јака (26,16%) и врло слаба ерозија (22,98%). Учешће ексцесивне ерозије било је значајно и простирала се на 14,43% површине слива, док је осредња ерозија била заступљена на 4,16% површине слива. После извођења противерозионих радова (биолошких, биотехничких и техничких), у значајном обиму, 1970. године је утврђено да се ерозиони статус слива значајно изменио. Сливом је доминирала врло слаба ерозија, чије је учешће повећано на 50,98%. Смањено је учешће слабе ерозије на 19,36%, а редукована је и јака ерозија на 24,02%. Учешће средње ерозије је остало скоро непромењено (5,15%), док је ексцесивна ерозија редукована на свега 0,49%. Теренским истраживањем утврђено је стање ерозије на сливу у 2016. Години, када доминирају врло слаба на 93,87% и слаба ерозија на 3,43% површине. Под средњом ерозијом налази се свега 1,96% површине слива, док се јака ерозија простире на свега 0,74%. Процеси ексцесивне ерозије нису регистровани.

Реконструкција стања на сливу Габровачке реке 1957. године, показала је следеће: доминирала је јака ерозија на 34,98% сливне површине, затим врло слаба ерозија на 32,92%, слаба ерозија на 27,30%, средња ерозија на 3,48% површине слива, док је ексцесивна била заступљена на свега 1,33% сливне површине. После извођења противерозионих радова стање ерозије је промењено, тако да 70-их година XX века, доминира средња ерозија на 34,93% од укупне површине слива, док је процентуална заступљеност слабе ерозије остала скоро непромењена. У малом проценту смањено је учешће јаке ерозије на 31,90%, такође, смањење је и учешће слабе ерозије са 27,3% 1957. године на 0,88%, док процеси ексцесивне ерозије нису регистровани. У 2016. години, поново долази до значајних промена стања ерозије на сливу Габровачке реке, када доминира врло слаба ерозија на 60,76%, средња ерозија је заступљена на 33,56%, слаба на 4,44%, јака на 1,24% површине слива, док процеси ексцесивне ерозије нису уочени. Стање ерозије на сливу Градашничке реке 1956. године, описано је кроз техничку документацију, на основу које су предвиђени и изведени противерозиони радови. На сливу је доминирала врло слаба ерозија са 51,60%, јака ерозија је била присутна на 21,18% од укупне површине слива, слаба ерозија на 15,06%, док су процеси ексцесивне ерозије били присутни на 2,78% од укупне површине слива. После извођења обимних противерозионих радова на сливу, 1970. године, стање ерозије је значајно измењено: доминирале су средња (41,74% од укупне површине слива) и врло слаба ерозија (41,74%); следе јака и слаба ерозија са 8,90%, односно, 8,02%, док процеси ексцесивне ерозије нису уочени. Теренским истраживањем 2016. године, утврђено је стање ерозионих процеса: доминирају врло слаба (57,54%) и слаба ерозија (36,09%); средња ерозија захвата 5,65%, јака ерозија 0,72%, док ексцесивна ерозија није уочена.

Применом RUSLE модела добијене су просечне вредности губитака земљишта за сва три истраживана слива, у три временска пресека, као и просторни распоред губитака.

Средња вредност губитака земљишта, на сливу Лукачеве Долине 1955. године, пре примене противерозионих радова, износила је износила $47,43 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$. После извођења противерозионих радова ове вредности су драстично смањене, тако да је средња вредност губитака земљишта, 1970. године износила $1,97 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$, док је 2016. године средња вредност губитака земљишта смањена на $1,83 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$. Уочљиво је смањење вредности губитака земљишта кроз референтне временске пресеке, док се интензитет ерозионих процеса кретао од врло јаке до врло слабе ерозије. Средња вредност губитака земљишта на сливу Габровачке реке 1957. године, износила је $2,88 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$. Губици земљишта 1970. године показују благи пораст, тако да је средња вредност износила $3,98 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$. У 2016. години средња вредност губитака је смањена на $1,14 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$. Репрезентативни интензитет ерозионих процеса показао је променљиву динамику: од врло слабе ерозије 1957. године, преко слабе 1970. године, а затим поново врло слабе ерозије 2016. године. Средња вредност губитака земљишта на сливу Градашничке реке 1956. године, пре примене противерозионих радова, износила је $5,96 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$. После извођења противерозионих радова, ове вредности су драстично смањене, и то на средњу вредност од $3,04 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$. Средња вредност губитака земљишта, 2016. године, износила је $1,08 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$. Репрезентативни интензитет ерозионих процеса, кроз три временска пресека, кретао се од слабе до врло слабе ерозије.

Применом „Методe потенцијала ерозије“, добијене су аналитичке средње вредности коефицијента ерозије, као и вредности укупне и специфичне продукције наноса, годишњег и специфичног проноса наноса, кроз три референтна временска пресека. Коефицијент ерозије Z на сливу Лукачеве Долине, у референтним временским пресецима, кретао се од $Z_{1955}=1,124$ (ексцесивна ерозија), преко $Z_{1970}=0,322$, до $Z_{2016}=0,238$ (слаба ерозија). Овакво смањење коефицијента ерозије, после извођења противерозионих радова, пропорционално се одразило и на остале показатеље ерозионог статуса. Вредности репрезентативних параметара, у сва три временска пресека, износе: годишње ерозионе продукције $W_{\text{god}1955}=14.327 \text{ m}^3$, специфичне ерозионе продукције $W_{\text{sp}1955}=3.511 \text{ m}^3\cdot\text{god}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$, проноса наноса $G_{\text{god}1955}=6.269,96 \text{ m}^3/\text{god}$ и специфичног проноса наноса $G_{\text{sp}1955}=1.536,75 \text{ m}^3\cdot\text{god}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$; $W_{\text{god}1970}=1.877,59 \text{ m}^3$; $W_{\text{sp}1970}=460,19 \text{ m}^3\cdot\text{god}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$, $G_{\text{god}1970}=821,69 \text{ m}^3/\text{god}$, $G_{\text{sp}1970}=201,39 \text{ m}^3\cdot\text{god}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$, $W_{\text{god}2016}=1.203,07 \text{ m}^3$, $W_{\text{sp}2016}=294,87 \text{ m}^3\cdot\text{god}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$, $G_{\text{god}2016}=526,50 \text{ m}^3/\text{god}$, $G_{\text{sp}2016}=129,04 \text{ m}^3\cdot\text{god}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$. Коефицијент ерозије Z на сливу Габровачке реке, у референтним временским пресецима, кретао се од $Z_{1955}=0,410$ (средња ерозија), преко $Z_{1970}=0,249$ (слаба ерозија), до $Z_{2016}=0,153$ (врло слаба ерозија). Остали показатељи ерозионог статуса, пре и после извођења противерозионих радова, имали су следеће вредности: $W_{\text{god}1955}=16.182,63 \text{ m}^3$, $W_{\text{sp}1955}=489,49 \text{ m}^3\cdot\text{god}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$, $G_{\text{god}1955}=7.026,23 \text{ m}^3/\text{god}$, $G_{\text{sp}1955}=1.722,12 \text{ m}^3\cdot\text{god}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$; $W_{\text{god}1970}=8.598,21 \text{ m}^3$, $W_{\text{sp}1970}=260,08 \text{ m}^3\cdot\text{god}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$, $G_{\text{god}1970}=3.733,20 \text{ m}^3/\text{god}$, $G_{\text{sp}1970}=915,0 \text{ m}^3\cdot\text{god}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$; $W_{\text{god}2016}=4.353,48 \text{ m}^3$, $W_{\text{sp}2016}=131,84 \text{ m}^3\cdot\text{god}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$, $G_{\text{god}2016}=1.892,38 \text{ m}^3/\text{god}$, $G_{\text{sp}2016}=57,24 \text{ m}^3\cdot\text{god}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$. Коефицијент ерозије Z на сливу Градашничке реке, у референтним временским пресецима, кретао се од $Z_{1955}=0,465$ (средња ерозија), преко $Z_{1970}=0,341$ (слаба ерозија), до $Z_{2016}=0,151$ (врло слаба ерозија). Остали показатељи ерозионог статуса, пре и после извођења противерозионих радова, имали су следеће вредности: $W_{\text{god}1955}=25.508,14 \text{ m}^3$, $W_{\text{sp}1955}=614,33 \text{ m}^3\cdot\text{god}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$, $G_{\text{god}1955}=14.259,68 \text{ m}^3/\text{god}$, $G_{\text{sp}1955}=336,72 \text{ m}^3\cdot\text{god}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$; $W_{\text{god}1970}=19.665,52 \text{ m}^3$; $W_{\text{sp}1970}=455,75 \text{ m}^3\cdot\text{god}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$, $G_{\text{god}1970}=10.779,10 \text{ m}^3/\text{god}$, $G_{\text{sp}}=49,81$

$\text{m}^3 \cdot \text{god}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$; $W_{\text{god}2016}=5.178,71 \text{ m}^3$; $W_{\text{sp}2016}=120,02 \text{ m}^3 \cdot \text{god}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$, $G_{\text{god}2016}=2.838,56 \text{ m}^3/\text{god}$, $G_{\text{sp}}=65,78 \text{ m}^3 \cdot \text{god}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$.

У подпоглављу **4.6. Изведени противерозиони радови** детаљно су приказани обим и врста примењених мера. На сливу Лукачеве Долине издвојено је 27 посебних целина унутар којих су изведени пројектовани противерозиони радови, са акцентом на биолошким и биотехничким радовима, у мањој мери техничким. Примењиване су ресурекциона и оплодна сеча, путем ламела по изохипси, ширине 10 m, као мера обнове багремових шума. Формирани су вишередни зидићи против спирања, ради задржавања и успоравања површинског отицаја и заустављања органског материјала из земљишта. Вршена је конверзија ратарске у воћарску производњу, подизањем засада шљиве, док су на површинама између редова стабала формиране контурне бразде, на којима је обављена сетва травно-легуминозне смеше: *Lotus corniculatus* (40%), *Dactylis glomerata* (25%), *Arrhenatherum elatius* (15%) и *Festuca rubra* (20%). Формирани су градони и вештачке, мешовите састојине, уз затрављивање одговарајућом травно-легуминозном смешом. Прописана је забрана кресања лисника, што је допринело опоравку шумске вегетације и бржем развоју средњег спрата вегетације, који је формиран од аутохтоног глога (род: *Crataegus*) и трна (црни трн или трњина – *Prunus spinosa*). Шкарпирани су вододерине (засецањем косина), а на обрадивом земљишту је примењена техника контурне обраде. Технички радови на сливу Лукачеве Долине, изведени су у мањем обиму од планираног. У раду су наведени само они објекти који су регистровани на терену: преграде од камена у цементном малтеру, појасеви од камена у цементном малтеру и габиона.

Противерозиони радови на сливу Габровачке реке изведени су на 15 просторних целина, које су биле угрожене интензивним ерозионим процесима. Обављене су следеће врсте радова: шкарпирање стрмих обала и каскадирање корита; израда рустикалних, контурних зидића; примена административних мера (забрана кресања лисника и крчења шума); пошумљавање (класично, на терасама, контурно); мелиорације девастираних пашњака; забрана коришћења старих путева, како би се спречило формирање јаруга услед површинског отицања; затрављивање; попуњавање проређених састојина; ресурекциона сеча; контурна обрада земљишта. Изграђени су следећи технички објекти: насипи, регулације, депонијско-консолидационе преграде (од камена у цементном малтеру и габиона), појасеви и каскаде.

Противерозиони радови на сливу Градашничке реке пројектовани су и изведени на 143 просторне целине. Обављене су следеће врсте радова: пошумљавање на јаме и градоне; подизање заштитних, ивичних засада у виду живе оgrade, од жбунастих врста; примена административних мера (забрана кресања лисника и забрана брста); ресурекциона сеча; уклањање и замена оболелих стабала; изградња рустикалних преграда у вододеринама; контурно орање; формирање тераса са засадима жбунастих врста (микроретензиони појасеви); формирање зидића против спирања, са пошумљавањем на заплавима; контурни ровови, уз формирање засада малине; израда тераса са воћним засадима; шкарпирање косина ровака са изградом плетера. Изграђене су депонијско-консолидационе преграде (од бетона и камена у суво), прагови, каскаде, регулација и обострани насипи.

У подпоглављу **4.7. Прорачун максималног протицаја на истраживаним сливовима** приказани су резултати на основу примене теорије синтетичког јединичног хидрограма и SCS методологије. Добијене су величине великих вода за повратне периоде од 200, 100 и 50 година, односно, вероватноће појаве $p=0.5, 1$ и 2% , за три временска пресека (1955., 1970. и 2016. годину), на три слива, у оквиру подручја истраживања (Лукачева Долина, Габровачка река и Градашничка река). Прорачуни максималног протицаја су обављени за надпросечне услове влажности. Ефекти изведених противерозионих радова, поред смањења продукције и проноса наноса, као и промена у интензитету ерозије, видљиви су и у смањењу максималног протицаја на сливовима истраживаног подручја. Вредности максималног протицаја, вероватноће појаве једном у 200 година, за слив Лукачеве Долине, кретале су се у дијапазону вредности $Q_{\max(0.5\%)}=25,66-54,24 \text{ m}^3/\text{s}$, вероватноће појаве једном у 100 година, $Q_{\max(1\%)}=23,88-51,68 \text{ m}^3/\text{s}$, и вероватноће појаве једном у 50 година, $Q_{\max(2\%)}=21,43-48,11 \text{ m}^3/\text{s}$. Вредности максималног протицаја, вероватноће појаве једном у 200 година, за слив Габровачке реке, кретале су се у дијапазону вредности $Q_{\max(0.5\%)}=37,32-62,37 \text{ m}^3/\text{s}$, вероватноће појаве једном у 100 година, $Q_{\max(1\%)}=29,27-51,57 \text{ m}^3/\text{s}$, и вероватноће појаве једном у 50 година, $Q_{\max(2\%)}=22,50-42,12 \text{ m}^3/\text{s}$. Вредности максималног протицаја, вероватноће појаве једном у 200 година, за слив Градашничке реке, кретале су се у дијапазону вредности $Q_{\max(0.5\%)}=62,10-132,38 \text{ m}^3/\text{s}$, вероватноће појаве једном у 100 година, $Q_{\max(1\%)}=45,45-107,62 \text{ m}^3/\text{s}$, и вероватноће појаве једном у 50 година, $Q_{\max(2\%)}=32,12-86,11 \text{ m}^3/\text{s}$.

У подпоглављу **4.8. Анализа ефеката изведених противерозионих радова** представљени су резултати мерења количине задржаног наноса у заплавима попречних објеката, у коритима Лукачеве Долине и Габровачке реке. Формирани су регресиони модели за израчунавање пада заплава, на основу детерминисаних падова заплава, узводно од попречних објеката, и гранулометријских анализа узорака вученог наноса. Формиране су гранулометријске криве, за сваки узорак наноса, са којих су очитани карактеристични пречници ($d_5-d_{97,5}$). У кориту преграда, у главном току Лукачеве Долине, задржано је укупно $24.875,00 \text{ m}^3$ наноса. До формирања заплава велике дужине и ширине и задржавања значајне количине наноса, непосредно пре ушћа у реку Власину, довео је прави одабир положаја за изградњу овог попречног објекта. У зони преграде бр. 1, а пре њене изградње, пад корита износио је 3.0% , да би се изградњом објекта формирао заплав са падом горње површине од 1.5% . Заплав који је формиран на сливу Лукачеве Долине карактерише веома крупан нанос, који није у већој мери обрастао вегетацијом. Објекти су без видљивих оштећења, а преливи без нагомиланог наноса.

У кориту Габровачке реке, регистровано је 13 попречних објеката у кориту главног тока и 9 попречних објеката у кориту Вукмановске реке, десне притоке Габровачке реке. У заплавима 13 попречних објеката у левом краку Габровачке реке, задржано је укупно $29.815,43 \text{ m}^3$, док је у кориту Вукмановске реке задржано $4.402,54 \text{ m}^3$ наноса, што за цео слив Габровачке реке износи $34.217,97 \text{ m}^3$ наноса. Сви објекти су у добром стању и запуњени до прелива. Редукција пада природног корита се креће у просеку од $20-50\%$. Већина објеката је у добром стању, а једино је код прага бр. 1 уочено оштећење слапишта и тела објекта са низводне стране, што је последица обрушавања леве обале. Већина попречних објеката за стабилизацију корита је потпуно засута наносом, чак и преко крила објеката, тако да су у равни са тереном.

У кориту Градашничке реке регистрована су два објекта, једна преграда и један праг, у главном кориту, и још четири појединачне преграде на вршним деловима слива, у коритима некадашњих јаруга и суводолина. За два објекта, у главном току Градашничке реке, узет је узорак наноса и извршена је гранулометријска анализа вученог наноса, на основу које су израђене гранулометријске криве. Са заплава четири, појединачне преграде на сливу Градашничке реке, није узиман узорак наноса јер су ови објекти изграђени у стени и нису имали функцију класичних депонијско-консолидационих преграда за задржавање наноса, већ је њихова функција била да стабилизују стенски материјал. Сав материјал који су ови објекти задржали и стабилизovali су стенски одломци чија величина превазилази 2,0 m у пречнику.

У оквиру поглавља **5. Дискусија** кандидаткиња детаљно разматра резултате добијене у појединим сегментима истраживања и успоставља одређене везе у циљу реализације постављених циљева. Тежиште теме дисертације, полазних хипотеза и концепције обављених истраживања јесте идентификација сливова на којима су изведени противерозиони радови, утврђивање и квантификација хидролошких и псамолошких ефеката, и њихов утицај на стање ерозије и појаву бујичних поплава на сливу, продукцију ерозионог материјала, доспевање до хидрографске мреже и транспорт наноса. Дефинисање промена, које су настале на истраживаном подручју, извршено је кроз анализу хидролошких ефеката, упоређивањем максималних протицаја одређене вероватноће појаве у три временска пресека (1955., 1970. и 2016. године), на три сливна подручја (Лукачева Долина, Габровачка и Градашничка река). Приказ промена стања на истраживаним сливовима, утврђен је, такође, упоређивањем интензитета и распрострањености ерозионих процеса, у три различита временска пресека. На одабраним бујичним сливовима примењена је адекватна методологија истраживања, формирана база података и обављена обимна теренска истраживања. Примењена ГИС технологија омогућила је „слојевито“ и сложено просторно сагледавање свих анализираних параметара и њихових међусобних утицаја, у три временска пресека. Комплексна анализа начина коришћења простора, односно намене површина, била је иницијална фаза у компарацијама стања сливова у различитим временским пресецима, што је био основ за касније вредновање хидролошких и псамолошких ефекта изведених противерозионих радова.

Детерминисане су природне и антропогено измењене карактеристике предметних бујичних сливова (физичко-географске; хидрографске; климатске; геолошке; педолошке; социо-демографске; вегетациони покривач, односно начин коришћења простора), од значаја за генезу и транспорт ерозионог материјала и појаву бујичних поплава на сливу. Нагиб терена има јак утицај на генезу и развој ерозионих процеса. На сливу Лукачеве Долине најзаступљеније су површине под нагибом од 9-27% (61,71% од укупне површине слива), где су уочене спорадичне појаве интензивног спирања и кретања маса. На сливовима Габровачке и Градашничке реке најзаступљеније су површине под нагибом од 4-9% и њихово учешће у укупној површини износи 80,31%, односно 76,64%. Међутим, изражена је и заступљеност нагиба од 9-27%, на сливовима Габровачке (13,88%) и Градашничке реке (17,56% од укупне површине слива). Развијеност хидрографске мреже, такође, погодује развоју бујичних поплава. Слив Лукачеве Долине има добро развијену хидрографску мрежу, густине $G=3,9 \text{ km/km}^2$.

Дужина главног тока износи 4,19 km, док је укупна дужина свих притока 12,14 km. Слив Габровачке реке има знатно мању развијеност хидрографске мреже, која износи око $G=1,0 \text{ km/km}^2$. Дужина главног тока износи 12,77 km, док је укупна дужина свих притока 20,91 km. Слив Градашничке има средње развијену хидрографску мрежу, чија је густина $G=1,122 \text{ km/km}^2$. Дужина главног тока износи 17,10 km, док је укупна дужина свих притока 31,92 km. Истраживани сливови су под утицајем умерено-континенталне и континенталне климе, са благим модификацијама. Средње годишње температуре ваздуха су прилично уједначене: 11,94°C на сливу Лукачеве Долине; 11,6°C на сливу Габровачке реке; 10,8°C на сливу Градашничке реке. Просечне годишње падавине су одређене за сва три временска пресека (1955., 1970. и 2016. година), тако да распон вредности на сливу Лукачеве Долине износи од 673,5-825 mm, на сливу Габровачке реке од 529-625 mm и на сливу Градашничке реке од 568-671 mm.

Геолошка грађа терена такође снажно утиче на појаву и развој ерозионих процеса, због чега су израђене карте еродибилности. На сливу Лукачеве Долине доминирају веома чврсте 35,54% и условно еродибилне 34,8% геолошке формације, док су условно чврсте стене заступљене на 28,19% и веома еродибилне на свега 1,47% сливне површине. На сливу Габровачке реке доминирају веома еродибилне 59,05% и условно чврсте 32,09% стене, док су условно еродибилне заступљене на 8,59% а веома чврсте на свега 0,27% сливне површине. На сливу Градашничке реке доминирају веома еродибилне 45,55% и условно еродибилне 32,80% геолошке формације, док се условно чврсте стене простиру на 12,58%, а веома чврсте на свега 9,07% сливне површине.

Анализа броја становника показује да су насеља у оквиру подручја истраживања, у периоду од 50-их до 70-их година XX века, имала раст број становника, а од тада до данас сталан пад популације. Доминирала су насеља разбијеног и полуразбијеног типа, са мањим засеоцима. Услед депопулације и смањеног антропогеног притиска, дошло је до спонтаног обрастања напуштених ораница и воћњака жбунастим и дрвенастим врстама. Негативни демографски процеси резултирали су умањеним обимом пољопривредне производње. Противерозионо уређење предметних сливова, током 50-их и 60-их година XX века, резултирало је првенствено променом структуре површина, а касније кроз повољне модификације стања ерозионих процеса и процеса отицаја, пре свега кроз смањену продукцију ерозионог материјал и пронос наноса, као и редукцију потенцијала за формирање брзог површинског отицаја и појаву бујичних поплавних таласа.

На сливу Лукачеве Долине обављени су обимни биолошки радови, који су обухватили пошумљавање на 78,7 ha и затрављивање на 15,9 ha. Од биотехничких радова, извршено је терасирање косина са засадима на дужини од 7 km и израда контурних бразда, са засадима на површини од 9,3 ha, као и израда 4.800 m³ зидања против спирања. Технички радови су обухватили изградњу 2 преграде, једног појаса од камена у цементном малтеру и једног појаса од габиона. Ова количина радова представља око 80% планираних биолошких и биотехничких радова, док су изведени технички радови заступљени са мање од 10% (изведена су свега 2 од 31 пројектованог попречног објекта).

На сливу Габровачке реке предвиђено је извођење радова на 15 радних локација, односно, површина које су биле изложене интензивним ерозионим процесима. Од биолошких радова, извршено је пошумљавање са мерама неге на 117 ha и затрављивање са мелиорацијом пашњака на 38,5 ha. Од биотехничких радова, изведени су рустикални зидићи са засадима на дужини од 2.680 m и плетери на дужини од 200 m. Биолошки и биотехнички радови изведени су у обиму од око 80%, од планираних радова према техничкој документацији. Од техничких радова, изведена су 22 попречна, депонијско-консолидациона објекта, као и 3,55 km линијских објекта за одбрану од поплава и стабилизацију речног корита. Обим изведених техничких радова представља скоро 50% од планираних радова, којима је била предвиђена изградња 49 попречних објекта.

Према техничкој документацији, на сливу Градашничке реке издвојене су 143 површине на којима је требало обавити одговарајуће противерозионе радове. Биолошки радови, односно, пошумљавање и мелиорације пашњака обављени су на површини од 396,6 ha. Биотехнички радови су реализовани изградњом 2.005 m³ камених хоризонталних зидића против спирања, 580 m плетера и 586 ha радова на нагибима (микроретензиони вегетациони појасеви, терасирање и контурни ровови са воћем). Обим изведених биолошких и биотехничких радова представља око 70% од радова који су предвиђени техничком документацијом. Обим изведених техничких радова износи свега 5% од пројектованих радова, с обзиром да је изграђено свега 6 депонијско-консолидационих објекта и 5,75 km регулационих радова, у виду линијских заштитних објекта. Техничком документацијом била је предвиђена изградња 116 попречних објекта (преграда, појасева, прагова).

Примарна функција изведених попречних објекта била је задржавање наноса у заплавима преграда и консолидација обала. У заплаву преграде број 2, у главном току Лукачеве Долине, задржано је укупно 24.875,00 m³ наноса, док су 22 попречна објекта на сливу Габровачке реке задржала укупно 34.217,97 m³ наноса.

Резултати прорачуна коефицијената неједнородности указују на нехомогеност наноса у заплавима преграда на сливу Лукачеве Долине, с обзиром да се вредности крећу у распону од $U=23,33-38,75$. Нехомогеност је уочена и на сливу Градашничке реке, са вредностима у распону од $U=42,22-42,86$. Нанос у заплавима преграда на Габровачкој реци показује нешто шири распон вредности коефицијента неједнородности материјала: на главном току се креће $U=22,0-82,50$ (са изузетком хомогеног наноса из заплава преграде 1, где је $U=5,0$); на Вукмановској реци се креће од $U=17,60-50$ (са изузетком наноса из заплава преграда 7 и 9, где је уочена средња хомогеност са вредностима $U=10,85$ и $U=14,29$).

У саставу већине формираних заплава доминира ситан до средње крупан шљунак: код преграда на сливу Лукачеве Долине, $d_{sr}=d_{50}=10,9-17,5$ mm; код преграда на сливу Габровачке реке, $d_{sr}=d_{50}=6,0-46,0$ mm; код преграда на сливу Градашничке реке, $d_{sr}=d_{50}=1,5-9,0$ mm.

На основу снимљеног стања на терену, података из коришћене документације и обављених статистичких анализа, добијени су регресиони модели, који се могу користити за прогнозу пада заплава на сливу Габровачке реке. Регресиони модели су

формирани посебно за леви изворишни крак (Габровачка река) и десни изворишни крак (Вукмановска река). Уочено је да значајну улогу у формирању пада заплава, поред осталих чинилаца, има природан пад терена. Као најприхватљивије показале су се следеће зависности:

- зависноста пада заплава од пада природног корита за леви изворишни крак (Габровачка река), $I_z=f(I_t)$, са коефицијентом корелације $R=0,606$, представљена је у форми једначине:

$$I_z=0,297I_t+0,870$$

- зависност пада заплава од пада природног корита за десни изворишни крак (Вукмановска река), $I_z=f(I_t)$, са коефицијентом корелације $R=0,923$, представљена је у форми једначине:

$$I_z=0,856I_t+1,144$$

- зависност пада заплава од пречника зрна наноса, за десни изворишни крак (Вукмановска река), $I_z=f(d_{30})$, са коефицијентом корелације $R=0,726$, представљена је у форми једначине:

$$I_z=0,127 d_{30}+2,217$$

За цео слив Габровачке реке, посматрајући зависност пада заплава од пада природног корита, $I_{z_слив}=f(I_t)$, са коефицијентом корелације $R=0,629$, издвојена је релација:

$$I_{z_слив}=0,352I_t+0,761$$

Приликом узимања узорка земљишта са огледних и контролних (поредбено референтних) поља одређене су и упоређене вредности фактора еродибилности тла (К). Упоредивањем добијених вредности констатоване су разлике у вредностима К-фактора, који је одређиван на огледним пољима ($K_{оп}$) у односу на одговарајуће контролно поље ($K_{кп}$). На сливу Лукачеве Долине одређена су три локалитета на којима су узета по два узорка, чије су вредности: $K_{кп1}=0,031658541$, $K_{оп1}=0,049794616$; $K_{кп2}=0,060812937$, $K_{оп2}=0,058880314$; $K_{кп3}=0,058083526$, $K_{оп3}=0,050911535$. На сливу Габровачке реке одређена су три локалитета на којима су узета по два узорка, чије су вредности: $K_{кп4}=0,036073849$, $K_{оп4}=0,037276297$; $K_{кп5}=0,036137113$, $K_{оп5}=0,052052206$; $K_{кп6}=0,034666174$, $K_{оп6}=0,04397288$. На сливу Градашничке реке одређена су три локалитета на којима су узета по два узорка, чије су вредности: $K_{кп7}=0,026908096$, $K_{оп7}=0,019776533$; $K_{кп8}=0,029250796$, $K_{оп8}=0,023111099$; $K_{кп9}=0,034509034$, $K_{оп9}=0,032627304$. Просторна расподела К фактора на истраживаним локалитетима се креће у распону вредности од $K=0,01977-0,0608$, са средњом вредношћу од $K=0,0398 t \cdot ha \cdot h \cdot ha^{-1} \cdot MJ^{-1} \cdot mm^{-1}$.

Промене су констатоване и у укупном учешћу органске материје (ОМ), које се код 75% земљишта јужне Европе креће у распону од $ОМ=1,7\%$ (веома ниско) до $ОМ=3,4\%$ (ниско): на сливу Лукачеве Долине утврђене су следеће вредности садржаја органске материје: $ОМ_{кп1}=0,74\%$, $ОМ_{оп1}=2,71\%$; $ОМ_{кп2}=0,76\%$, $ОМ_{оп2}=1,75\%$; $ОМ_{кп3}=0,80\%$, $ОМ_{оп3}=2,31\%$. На сливу Габровачке реке утврђене су следеће вредности садржаја органске материје: $ОМ_{кп4}=1,81\%$, $ОМ_{оп4}=3,45\%$; $ОМ_{кп5}=0,74\%$, $ОМ_{оп5}=1,87\%$; $ОМ_{кп6}=0,59\%$, $ОМ_{оп6}=4,13\%$. На сливу Градашничке реке утврђене су следеће вредности садржаја

органске материје: $OM_{кп7}=5,12\%$, $OM_{оп7}=9,07\%$; $OM_{кп8}=6,71\%$, $OM_{оп8}=9,15\%$; $OM_{кп9}=4,74\%$, $OM_{оп9}=5,42\%$.

Током 2016. године обављена су истраживања на огледним пољима, где је анализирано стање у културама, старости 45-60 година. У односу на прираст, најбоље се показала култура црног бора на ОП9, слив Градашничке реке (северна експозиција, старост 60 година, надморска висина 683 mnm, техника пошумљавања на градоне). Следи култура црног бора и багрема, на ОП6, слив Габровачке реке (западна експозиција, старост 50 година, надморска висина 552 mnm, техника пошумљавања на терасама). Суштина противерозионог пошумљавања јесте заштита земљишта од ерозије и формирање педолошког слоја отпорнијег на површинско спирање, као и формирање хумусно-акумулационог хоризонта високих инфилтрационо-ретенционих својстава, док је продукција дрвне масе споредан циљ. У том смислу, на свим огледним пољима је остварен видан напредак у формирању квалитетнијег земљишта, дубине 20-30 cm, са стабилним структурним агрегатима. Дебљина хумусно-акумулативног хоризонта достиже 10 cm, земљишта су добро аерисана, средње водопропустљивости, са повољним садржајем калијума.

На истраживаним сливовима дошло је до промена начина коришћења простора, што је утврђено у три различита временска пресека (1955., 1970. и 2016. године). На сливу Лукачеве Долине, који је био најугроженији ерозионим процесима и са најслабијим потенцијалом за пољопривредну производњу, дошло је до значајних промена на површинама под обрадивим земљиштем. Наиме, већи део ораница је претворен у ливадско-пашњачке површине, док су шумске површине доведене до састојина средњег и доброг склопа, после примене биолошких и биотехничких радова. Применом административних мера забрањено је сечење лисника ради исхране стоке, као и остали поступци који би могли довести до деградације шума и оштећења земљишта. Захваљујући таквом приступу шумовитост је повећана на 51,47%, у периоду од 50-их до 70-их година XX века, док данас износи 77,51%. Површине под голетима пролазе спору (вишегодишњу) трансформацију у ливаде и пашњаке, а затим у шуме, док реколонизација жбунасте и дрвенасте вегетације, доприноси ублажавању неповољних хидролошких услова на раније огољеним локалитетима. Мали проценат голети који се ипак задржао на сливу Лукачеве Долине, сведочи о томе да је могућност спонтаног обнављања шума на појединим локалитетима веома мала, услед великих нагиба терена и неразвијених земљишта, малог производног потенцијала.

Промене у начину коришћења простора су имале другачију динамику на сливовима Габровачке и Градашничке реке. У периоду од 50-тих до 70-их година XX века удео површина под ораницама и разноврсном пољопривредном производњом се повећао на сливу Габровачке реке, услед насељавања на нижим деловима речне долине и ширења урбанизованих површина. Повећање пољопривредних површина, због потреба локалног становништва углавном руралног порекла, вршено је на рачун шумских и ливадских површина. Степен шумовитости је смањен на сливу Габровачке реке са 32,58% на 28,08%, између I (1955. године) и II временског пресека (1970. године), што је случај и на сливу Градашничке реке, где је смањен са 35,24% на 16,58%. У периоду од 70-их година XX века до данас, се поново уочавају промене али у смеру напуштања пољопривредних површина и повећања шумских површина. Сходно томе,

данас је укупна шумовитост на сливу Габровачке реке 42,36%, односно 53,61% на сливу Градашничке реке, услед спонтаног ширења шумске вегетације на напуштеним ораницама, воћњацима и пашњацима.

Утицај промена начина коришћења простора се најбоље сагледава кроз губитке земљишта, о чему сведоче и резултати примене RUSLE модела. На сливу Лукачеве Долине средња вредност губитака земљишта показује тренд пада: 1955. године- $47,43 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$; 1970. године- $1,97 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$; 2016. године- $1,83 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$. Просторна анализа показује да је највећи интензитет губитака управо на површинама под голетима, деградираном шумом и на обрадивом земљишту, на локалитетима са великим нагибом падина, у зонама интензивног спирања материјала кроз густу мрежу повремених токова, јаруга и вододерина. На сливу Лукачеве Долине примењен је и WaTEM/SEDEM модел, на основу којег је добијена просечна годишња вредност губитака земљишта од $1,0 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$, за 2016. годину (нешто ниже у односу на RUSLE). Према интензитету, губици одговарају категорији врло слабе ерозије, чије се вредности крећу од $0\text{--}3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$. Циљ примене овог модела био је приказ просторног распореда акумулираног материјала на сливу Лукачеве Долине у 2016. години. Зоне интензивног акумулирања материјала који се продукује на сливу су ушћа, како главног тока, тако и свих бочних притока, али и прелазне површине између различитих типова коришћења простора.

На сливу Габровачке реке, средња вредност губитака земљишта, 50-их година XX века, износила је $2,88 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$, затим долази до повећања на $3,98 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$ 70-их година XX века, што се објашњава повећаним уделом површина под интензивном пољопривредном производњом (обрада земљишта низ нагиб). Напуштањем ораница и спонтаним обнављањем шума, од 70-их година XX века до данас, средња вредност губитака сведена је на $1,14 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$. На сливу Градашничке реке средња вредност губитака земљишта креће се од $5,96 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$ током 50-их година XX века, затим се током 70-их година XX века смањује на $3,04 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$, а данас износи свега $1,08 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$. Ово се објашњава чињеницом да су на овом сливу примењене противерозионе мере и радови, у првом реду биотехнички (терасирање и контурне бразде) и биолошки (микроретензиони појасеви живица). Иако је повећан удео површина под ораницама, настављен је тренд смањења губитака земљишта, што је последица примене противерозионих радова.

Извођење противерозионих радова утицало је на смиривање ерозионих процеса на сливу Лукачеве Долине. Пре извођења противерозионих радова 1955. године, на сливу су доминирале слаба (32,27%) и јака (26,16%) ерозија, док се ексцесивна ерозија простирала на 14,43% површине слива. После извођења противерозионих радова, 1970. године, регистровани су, као доминантни, процеси врло слабе ерозије (50,98%), док је ексцесивна ерозија сведена на свега 0,49% од укупне површине слива. Данас, на сливу Лукачеве Долине доминира врло слаба ерозија (93,87%), док процеси ексцесивне ерозије нису регистровани. На сливу Габровачке реке, пре извођења противерозионих радова, били су доминантни процеси јаке (34,98%) и врло слабе ерозије (32,92%), док се ексцесивна ерозија простирала на 1,33% површине слива. У II временском пресеку (1970. година), око 15 година након извођења противерозионих радова, установљена је доминација средње ерозије (34,93%), уз мало смањење

површина под јаком ерозијом (31,90%), док процеси ексцесивне ерозије нису регистровани. Готово потпуна заштита површина под ексцесивном ерозијом, резултат је усмереног дејства на 15 локалитета који су били изложени дејству најинтензивнијих ерозионих процеса. У III временском пресеку (2016. година), уочена је доминација врло слабе (60,76%) и средње ерозије (33,56%). На сливу Градашничке реке, пре извођења противерозионих радова, доминирали су процеси врло слабе (51,60%) и јаке (21,18%) ерозије, док се ексцесивна ерозија простирала на 2,78% површине слива. Током 70-их година XX века, уочена је доминација средње (41,74%) и врло слабе ерозије (41,34%), док процеси ексцесивне ерозије нису регистровани. Смањење површина под јаком ерозијом резултат је извођења обимних биолошких и биотехничких радова, док су површине под ексцесивном ерозијом третиране техничким радовима, примењеним током санације јаруга и вододерина. Данас, на сливу Градашничке реке доминирају врло слаба (57,54%) и слаба (36,09%) ерозија.

Примењени противерозиони радови и остварени степен заштите довели су до смањења коефицијента ерозије Z , најважнијег показатеља интензитета ерозионих процеса, према МПЕ. На сливу Лукачеве Долине уочљив је драстичан пад средње вредности коефицијента ерозије: са $Z_{1955}=1,124$, преко $Z_{1970}=0,322$, до $Z_{2016}=0,238$. На сливу Габровачке реке промена средње вредности коефицијента ерозије показује блажи тренд пада: од $Z_{1955}=0,410$, преко $Z_{1970}=0,249$, до $Z_{2016}=0,153$. Слично је забележено и на сливу Градашничке реке: од $Z_{1955}=0,465$, преко $Z_{1970}=0,341$, до $Z_{2016}=0,151$. Смањење коефицијента ерозије Z , после извођења противерозионих радова, одразило се и на редукцију вредности ерозионе продукције и проноса наноса, што је важан показатељ остварених повољних ефеката. Упоређујући вредности годишње продукције ерозионог материјала и проноса наноса на сливу Лукачеве Долине, у I (1955. године) и II временском пресеку (1970. године), добија се редукција од чак 87%, ($W_{god1955}=14.327 \text{ m}^3$; $G_{god1955}=6.269,96 \text{ m}^3/\text{god}$ и $W_{god1970}=1.877,59 \text{ m}^3$; $G_{god1970}=821,69 \text{ m}^3/\text{god}$), да би у поређењу са III временским пресеком (2016. година), смањење достигло 92% ($W_{god2016}=1.203,07 \text{ m}^3$; $G_{god2016}=526,50 \text{ m}^3/\text{god}$). Поређењем вредности годишње продукције и проноса наноса у II и III временском пресеку, уочава се редукција од 36%. На сливу Габровачке реке дошло је до смањења вредности годишње продукције и проноса наноса, поређењем вредности у I (1955. година) и II (1970. година) временском пресеку, за 47% ($W_{god1955}=16.182,63 \text{ m}^3$; $G_{god1955}=7.026,23 \text{ m}^3/\text{god}$ и $W_{god1970}=8.598,21 \text{ m}^3$; $G_{god1970}=3.733,20 \text{ m}^3/\text{god}$), да би се поређењем вредности у I и III временском пресеку установило смањење од 73% ($W_{god2016}=4.353,48 \text{ m}^3$; $G_{god2016}=1.892,38 \text{ m}^3/\text{god}$). Између II (1970. година) и III временског пресека (2016. година) дошло је до смањења вредности годишње ерозионе продукције и проноса наноса од 49%. На сливу Градашничке реке долази до потпуно другачијег тренда смањења годишње ерозионе продукције и проноса наноса. Поређењем вредности у I (1955. година) и II временском пресеку (1970. година), утврђено је смањење од 23% ($W_{god1955}=25.508,14 \text{ m}^3$; $G_{god1955}=14.259,68 \text{ m}^3/\text{god}$ и $W_{god1970}=19.665,52 \text{ m}^3$; $G_{god1970}=10.779,10 \text{ m}^3/\text{god}$), а до III временског пресека (2016. година) то смањење износи 80% ($W_{god2016}=5.178,71 \text{ m}^3$; $G_{god2016}=2.838,56 \text{ m}^3/\text{god}$). Поређењем вредности између II и III временског пресека, уочено је смањење од 74%.

Промене у структури површина на истраживаним сливовима, пре свега повећање шумовитости и површина под травном вегетацијом, санација падина које гравитирају

хидрографској мрежи, као и смањење уздужних падова речних и поточних корита, директно су утицали на редукцију потенцијала за формирање брзог површинског отицаја и бујичних поплавих таласа. Хидролошки ефекти изведених противерозионих радова, у функцији промене структуре површина на предметним сливовима, вредновани су у три референтна временска пресека, преко вредности максималних протицаја и запремина хидрограма директног отицаја, одређених вероватноћа појава. Упоређујући максималне протицаје ($Q_{0.5\%}$) на сливу Лукачеве Долине, у I и II временском пресеку, уочава се смањење максималног протицаја за 46% ($Q_{0.5\%,1955}=54,24 \text{ m}^3$; $Q_{0.5\%,1970}=29,40 \text{ m}^3$), а поређењем вредности из I и III временског пресека утврђено је смањење од 52% ($Q_{0.5\%,2016}=25,66 \text{ m}^3$). Поређењем вредности $Q_{0.5\%}$ из II и III временског пресека уочено је смањење од 12%. Запремина хидрограма директног отицаја редукована је за 38%, поређењем вредности из I и II временског пресека ($W_{d,1955}=0,376 \cdot 10^6 \text{ m}^3$; $W_{d,1970}=0,231 \cdot 10^6 \text{ m}^3$), односно, за 42% поређењем вредности из I и III временског пресека ($W_{d,2016}=0,219 \cdot 10^6 \text{ m}^3$). Вредност запремине директног отицаја у III временском пресеку показује смањење од 5%, у односу на вредност у II временском пресеку.

Упоређујући максималне протицаје ($Q_{0.5\%}$) на сливу Габровачке реке уочени су другачији трендови: наиме, поређењем вредности из I (1955. године) и II временског пресека (1970. године) уочено је смањење максималног протицаја за око 40% ($Q_{0.5\%,1955}=62,37 \text{ m}^3$; $Q_{0.5\%,1970}=37,32 \text{ m}^3$), као и запремине хидрограма директног отицаја за око 37% ($W_{d,1955}=1,043 \cdot 10^6 \text{ m}^3$; $W_{d,1970}=0,658 \cdot 10^6 \text{ m}^3$). Поређењем вредности из II и III временског пресека уочено је повећање вредности максималног протицаја за чак 25% ($Q_{0.5\%,2016}=49,95 \text{ m}^3$), односно, запремине хидрограма директног отицаја за око 33% ($W_{d,2016}=0,874 \cdot 10^6 \text{ m}^3$), услед значајног повећања урбанизованих површина (са 7,44% од укупне површине слива, 1970. године, на 18,01%, 2016. године). Сагледавајући читав истраживани период, односно, I и III временски пресек, вредности максималног протицаја су смањене за 20% а запремина хидрограма директног отицаја за 16%.

Упоређујући вредности из I и II временског пресека на сливу Градашничке реке уочена је редукција максималног протицаја ($Q_{0.5\%}$) и запремине хидрограма директног отицаја, за око 41% ($Q_{0.5\%,1955}=132,38 \text{ m}^3$; $Q_{0.5\%,1970}=77,89 \text{ m}^3$), односно, за око 38%, ($W_{d,1955}=2,451 \cdot 10^6 \text{ m}^3$; $W_{d,1970}=1,515 \cdot 10^6 \text{ m}^3$). Упоређујући вредности из I и III временског пресека утврђена је редукција максималног протицаја од око 47% ($Q_{0.5\%,2016}=62,10 \text{ m}^3$), односно, запремине хидрограма директног отицаја за око 48% ($W_{d,2016}=1,273 \cdot 10^6 \text{ m}^3$). Поређењем вредности из II и III временског пресека утврђено је смањење максималног протицаја од око 20%, односно, запремине хидрограма директног отицаја за око 16%.

Противерозионо уређење се сагледава у контексту оптималног обима радова и мера које је потребно реализовати како би се ефикасно уредио један бујични слив, односно, минимизирали деструктивни ерозиони процеси и смањила могућност појаве бујичних поплава. На истраживаним сливовима је примењен, у мањем или већем обиму, „класичан европски систем“ за уређење бујичних сливова. Предности „класичног европског система“ се огледају кроз ефекте примене противерозионих радова, док се као „недостатак“ наводи изостанак редовног одржавања изграђених техничких објеката и неуспешност одржавања формираних састојина, најчешће монокултура црног или белог бора. На истраживаном подручју уочено је да се потреба за

одржавањем техничких објеката јавља само на сливу на којем као мера уређења доминирају технички радови у кориту, односно на сливу Габровачке реке. Са друге стране, мање површине под монокултурама показале су веома задовољавајуће резултате, како је већ објашњено у резултатима са огледних поља. Ове изоловане „површине“ на којима је вршено противерозионо пошумљавање црним бором су обезбедиле заштиту од даљег спирања тла и у потпуности спречиле ширење ерозионих процеса (пре свега, формирање нових јаруга).

У раду су анализиране и цене коштања изведених противерозионих радова. Циљ анализе цена јесте дефинисање односа укупних трошкова за обављене противерозионе радове, са исказивањем вредности у два временска пресека, односно, 1960. и 2016. године. С обзиром да је временски период од 1960-2016. године релативно дугачак за анализу цена, и да је у том периоду било и промена вредности динара (шест деноминација и 23 девалвације), јасно је да се вредности динара из 60-тих година XX века и 2016. године значајно разликују, тако да су цене коштања изведених радова представљене у динарима и америчким доларима. Стављањем у однос износа трошкова текућег периода (временски пресек 2016. година) са претходним периодом (временски пресек 1960. година), исказаних у УСД по врстама радова, долази се до закључка да је највећи раст цена био код техничких, затим биотехничких и на крају биолошких радова. Цене биолошких радова су имале најмањи раст, што значи да су цене већине радова из ове групе остале исте (на нивоу базне године), или је дошло до малог повећања. Посматрано за временски пресек 2016. године, сви пројектовани радови (биолошки, биотехнички и технички), за сва три сливна подручја, у односу на базни период (временски пресек 1960. година), имају индекс 360,06%. То значи да је за исте послове у 2016. години требало издвојити 2.6 пута више средстава него 1960. године (посматрано у УСД).

Слив Лукачеве Долине је претрпео највеће промене, с обзиром да је на њему реализован највећи обим противерозионих радова, у односу на укупну површину слива. Остварена је потпуна санација деградираних површина, пре свега рестаурацијом падина кроз биотехничке радове (терасе и контурне бразде). Укупна цена свих предвиђених противерозионих радова (биолошких, биотехничких и техничких), према предмеру радова и предрачуну трошкова из техничке документације, износила је 63.324.686,2 динара, што је према данашњим ценама 113.774.860,3 динара, односно, 27.885.995,17 дин/км². Међутим, од планираних радова изведено је свега 10% техничких (5.180.260,367 динара према данашњим ценама) и 80% биолошких и биотехничких објеката (49.577.805,3 динара према данашњим ценама), чија је укупна цена 54.758.065,67 динара, односно, 13.689.516,42 дин/км². Лукачева Долина је репрезентативан пример малог, планинског слива са високим степеном осетљивости на услове средине и антропогени утицај, који је из стања потпуне деградације (60-их година XX века) преведен у стабилно стање (2016. године).

На сливу Габровачке реке противерозионим радовима третирана су само „жаришта“ ерозије. Недовољан обим изведених биолошких и биотехничких радова на целом сливу огледа се кроз незадовољавајуће стање у којем се данас налазе изграђени попречни објекти: делимично су засути наносом услед великог прилива ерозионог материјала са деградираних падина, а неки и оштећени. Ефекти техничких објеката су

релативно мали уколико се не примењују у комбинацији са биолошким и биотехничким радовима. Укупна цена свих предвиђених радова (биолошких, биотехничких и техничких), према предмеру радова и предрачуну трошкова из техничке документације, износила је 76.200.648,83 динара, што је према данашњим ценама 137.153.834,68 динара, односно, 4.156.176,81 дин/км². Међутим, од планираних радова изведено је 50% техничких (31.623.711,49 динара према данашњим ценама) и 80% биолошких и биотехничких објеката (59.125.129,36 динара према данашњим ценама), чија је укупна цена 90.748.840,85 динара, односно, 2.759.964,87 дин/км².

Приликом планирања уређења слива Градашничке реке, у обзир је узето, као и код слива Лукачеве Долине, цело сливно подручје. Пресудну улогу у уређењу овог слива имао је ниво детаљности у планирању рестаурације појединачних површина (143 локалитета), што је било веома захтевно, с обзиром да је величина слива готово 10 пута већа од Лукачеве Долине. Укупна цена свих предвиђених радова (биолошких, биотехничких и техничких), према предмеру радова и предрачуну трошкова из техничке документације, износила је 148.551.842,08 динара, што је према данашњим ценама 155.199.109,41 динара, односно, 3.609.281,61 дин/км². Међутим, од планираних радова изведено је свега 5% техничких (998.896,44 динара према данашњим ценама) и 70% биолошких и биотехничких објеката (94.654.826,41 динара према данашњим ценама), чија је укупна цена 95.653.722,85 динара, односно, 2.224.505,18 дин/км². Посматрано кроз однос цене коштања радова по јединици површине, може се констатовати да је код уређења слива Градашничке реке остварен оптималан однос између обима планираних (изведених) противерозионих радова, цене коштања по јединици површине и остварених ефеката.

У оквиру поглавља **6. Закључци** поред истицања теоријских основа рада и добијених резултата, кандидаткиња указује на значај и могућност примене резултата истраживања. На основу анализе резултата сопствених истраживања, релевантне научне и стручне литературе, издвојени су одговарајући закључци:

-природне карактеристике бујичних сливова, у садејству са антропогеним фактором, веома су погодиле развоју ерозионих процеса и појави бујичних поплава на експерименталним сливовима, који се одликују израженим средњим нагибима терена и главног тока ($I_{sr}=21-45,8\%$; $I_s=4,27-11,51\%$), развијеном хидрографском мрежом ($G=1,0-3,9$ км/км²), значајним учешћем еродибилних стена у геолошкој грађи терена (36,27-78,35%), недовољним учешћем квалитетних шума у укупној структури површина (4,42-35,24%), као и неповољним плувиометријским режимом са појавом екстремних дневних падавина (141,5 мм, К.С. Пирот);

-изведени противерозиони радови довели су до смањења коефицијента ерозије Z , најважнијег показатеља интензитета ерозионих процеса, према МПЕ: на сливу Лукачеве Долине, са $Z_{1955}=1,124$ на $Z_{2016}=0,238$ (из I у IV категорију ерозије); на сливу Габровачке реке, са $Z_{1955}=0,410$ на $Z_{2016}=0,153$ (из III у V категорију ерозије); на сливу Градашничке реке, са $Z_{1955}=0,465$ на $Z_{2016}=0,151$ (из III у V категорију ерозије). Годишња продукција ерозионог материјала и пронос наноса на експерименталним сливовима су вишеструко редуковани: 11,9 пута на сливу Лукачеве Долине; готово 3,71 пута на сливу Габровачке реке; 4,93 пута на сливу Градашничке реке;

-карактеристични максимални протицаји ($Q_{\max 1\%}$) и одговарајуће запремине хидрограма директног отицаја су значајно редуковани, што је утврђено поређењем рачунских вредности за хидролошке услове у I (1955. година) и III (2016. година) временском пресеку. Редукција максималног протицаја ($Q_{\max 1\%}$) износи: на сливу Лукачеве Долине 53.6%, на сливу Габровачке реке 21.69%, на сливу Градашничке реке 57.77%. Запремине хидрограма директног отицаја ($W_{d1\%}$) су редуковане за 41.8%, на сливу Лукачеве Долине, 16.2% на сливу Габровачке реке и 48.1% на сливу Градашничке реке;

-на свим експерименталним сливовима су постигнути задовољавајући ефекти противерозионе заштите, иако планирани радови нису изведени у пуном обиму: на сливу Лукачеве Долине изведено је свега 10% техничких и 80% биолошких и биотехничких објеката; на сливу Габровачке реке изведено је 50% техничких и 80% биолошких и биотехничких објеката; на сливу Градашничке реке изведено је свега 5% техничких и 70% биолошких и биотехничких објеката;

-изведени технички објекти омогућили су одређене повољне ефекте одмах по завршетку процеса градње (формирање заплава и задржавање наноса; смањење природног пада корита; стабилизацију обала). Ефекти биолошких и биотехничких објеката у значајнијој мери су били видљиви већ у II временском пресеку (1970. година), а нарочито у III временском пресеку (2016. године);

-повољни ефекти биолошких и биотехничких радова уочени су кроз побољшање структуре земљишних агрегата и повећан садржај органске материје (ОМ), у односу на околне локалитете, на којима нису извођени противерозиони радови: на сливу Лукачеве Долине то увећање износи од 2,3 до 3,66 пута (апсолутни садржај ОМ износи 1,75-2,71%); на сливу Габровачке реке увећање износи од 1,91 до 7 пута (апсолутни садржај ОМ износи 1,87-4,13%); на сливу Градашничке реке увећање износи од 1,14 до 1,77 пута (апсолутни садржај ОМ износи 5,42-9,15%);

-противерозионе ефекте изведених биолошких и биотехничких објеката могуће је додатно појачати, посебно кроз побољшање структуре шумских површина, повећање покривности, превођење у високе састојине и уношење лишћарских врста у четинарске монокултуре. Циљ је повећање ефекта интерцепције, као и инфилтрационо-ретенционог капацитета земљишта;

-противерозионо уређење условило је промену структуре површина на експерименталним сливовима, где су уочљиве специфичне посебности, поређењем стања из I и III временског пресека: на сливу Лукачеве Долине процентуално учешће голети је сведено са 25,6% на свега 0,73%, ораница са 36,12% на 3,42%, док је учешће површина под шумама порасло са 4,42% на 77,51%; на сливу Габровачке реке процентуално учешће ораница је смањено са 35,24% на 27,46%, док је повећано учешће шума са 32,58% на 42,36% и урбанизованих површина са 2,08% на 18,01%; на сливу Градашничке реке процентуално учешће голети је смањено са 10,54% на 0,72%, ораница и осталог пољопривредног земљишта са 24,19% на 3,22%, деградираних шума са 10,8% на 0%, док су шумске површине увећане са 35,24% на 53,61%;

-највиши делови експерименталних сливова су били изложени депопулацији тако да је значајно редукован антропогени притисак на пољопривредне и шумске површине, што је утицало на смањење интензитета ерозионих процеса;

-карактеристике експерименталних сливова, степен угрожености ерозионим процесима и примењени концепти противерозионе заштите значајно се разликују, док су истовремено остварени веома повољни хидролошки и псамолошки ефекти;

-смернице за израду модела, примењивог и на другим бујичним подсливовима Јужне Мораве, налазе се у широкој палети биолошких и биотехничких радова, који су основ противерозионе заштите, уз прикладне административне мере. Технички радови су неопходан, комплементарни сегмент, чији су ефекти ограничени на одређене деонице хидрографске мреже.

У оквиру поглавља **7. Литература** је приказан списак од 151 коришћене референтне публикације.

VI - ПРЕДЛОГ КОМИСИЈЕ

На основу детаљног прегледа укупног материјала докторске дисертације мастер инжењера шумарства Јасмине Радоњић, Комисија констатује да је дисертација написана у складу са наводима у пријави теме, за коју је Веће Научних области Биотехничких наука Универзитета у Београду дало сагласност (одлуком, 02 број: 61206-69/2-15, од 21.01.2015. године).

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 истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и изјаву о коришћењу. Комисија сматра да је рад методолошки правилно постављен и да је предмет рада успешно обрађен, односно, да актуелну проблематику третира на нивоу који одговара карактеру докторске дисертације, и да представља оригиналан научни рад.

Кандидаткиња мастер инжењер шумарства Јасмина Радоњић је детаљном анализом литературе, правилно конципираном методологијом и адекватном анализом добијених резултата, дала важан допринос истраживањима у разумевању везе између изведених противерозионих радова са једне стране, и хидролошких и псамолошких ефеката, са друге стране. Кандидаткиња је прецизно детерминисала утицај изведених биолошких, биотехничких и техничких радова на ерозиони потенцијал истраживаних сливова, као и промену хидролошких услова са аспекта формирања максималног протикаја.

Такође, имајући у виду да се као услов за одбрану докторске дисертације поставља објављен рад у часопису међународног значаја, комисија констатује да је кандидат коаутор 1 рада категорије M22. Наведена референца је видљива на веб страници Конзорцијума библиотека Србије (КоБСОН).

(1) Ristić, R., Ljujić, M., Despotović, J., Aleksić, V., Radić, B., Nikić, Z., Milčanović, V., Malušević, I., **Radonjić, J.** (2013): *Reservoir sedimentation and hydrological effects of land use changes-case study of the experimental Dičina river watershed*, CARPATHIAN JOURNAL OF EARTH AND ENVIRONMENTAL SCIENCES, Vol. 8. No. 1, 91 – 98.

Полазећи од наведених чињеница, Комисија предлаже Наставно-научном већу Универзитета у Београду Шумарског факултета, да докторску дисертацију кандидаткиње мастер инжењера шумарства Јасмине Радоњић, под насловом ***Хидролошки и псамолошки ефекти противерозионих радова на бујичним подсливовима Јужне Мораве*** прихвати за јавну одбрану.

потписи чланова комисије:

др Ратко Ристић, ред.проф.

Универзитет у Београду Шумарски факултет

др Зоран Никић, ред. проф.

Универзитет у Београду Шумарски факултет

др Борис Радић, доцент.

Универзитет у Београду Шумарски факултет

др Мирјана Тодосијевић, ванр. проф.

Универзитет у Београду Шумарски факултет

др Вељко Перовић, научни сарадник

Институт за биолошка истраживања „Синиша
Станковић“