

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ШУМАРСКИ ФАКУЛТЕТ

Ирина Л. Стефановић

ЕФЕКТИ ПРОТИВЕРОЗИОНИХ РАДОВА У СЛИВНОМ
ПОДРУЧЈУ АКУМУЛАЦИЈА
„ЂЕЛИЈЕ“ И „СЕЛОВА“

докторска дисертација

Београд, 2024.

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF FORESTRY

Irina L. Stefanović

EFFECTS OF EROSION CONTROL WORKS IN THE
WATERSHED AREA OF THE RESERVOIRS
"ĆELIJE" AND "SELOVA"

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2024

Ментор:

др **Ратко Ристић**, редовни професор
Универзитет у Београду, Шумарски факултет

Комисија:

др **Нада Драговић**, редовни професор
Универзитет у Београду, Шумарски факултет
др **Мирјана Тодосијевић**, редовни професор
Универзитет у Београду, Шумарски факултет
др **Тијана Вулевић**, ванредни професор
Универзитет у Београду, Шумарски факултет
др **Соња Брауновић**, виши научни сарадник
Институт за шумарство, Београд
др **Александар Анђелковић**, доцент
Универзитет у Београду, Шумарски факултет

КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИОНА ИНФОРМАЦИЈА

Редни број (РБ):	
Идентификациони број (ИБР):	
Тип документа (ТД):	Монографска публикација
Тип записа (ТЗ):	Текстуални штампани документ
Врста рада (ВР):	Докторска дисертација
Аутор (АУ):	Ирина Стефановић, дипл. инж. шум. за заштиту од ерозије
Ментор / Ко-ментор (МН):	др Ратко Ристић, редовни професор
Наслов рада (НР):	Ефекти противерозионих радова у сливном подручју акумулација „Ђелије“ и „Селова“
Језик публикације (ЈЗ):	Српски / ћирилица
Језик извода (ЈИ):	Српски / енглески
Земља публиковања (ЗП):	Србија
Година (ГО):	2024
Издавач (ИЗ):	Ауторски репринт
Место и адреса (МА):	11030 Београд, Кнеза Вишеслава 1
Физички опис рада (бр.поглав./стр./лит.навода/ таб./сл./граф./прил.)	13 поглавља, 234 стране, 49 слика, 155 табела, 33 графикана, 14 прилога
Научна област (НО):	Биотехничке науке
Ужа научна област:	Ерозија и конзервација земљишта и вода
Предметна одредница / кључне речи (ПО):	ерозиони процеси, противерозиони радови, пад заплава, бујичне преграде, бујични токови, ерозија, нанос
УДК:	
Чува се (ЧУ):	Библиотека Шумарског факултета, Кнеза Вишеслава 1, 11030 Београд, Србија
Важна напомена (ВН):	нема
Датум прихватања теме од стране НН:	27.09. 2023.
Датум одбране (ДО):	
Чланови комисије (КО):	<u>др Нада Драговић</u> , редовни професор Универзитет у Београду, Шумарски факултет <u>др Мирјана Тодосијевић</u> , редовни професор Универзитет у Београду, Шумарски факултет <u>др Тијана Вулевић</u> , ванредни професор Универзитет у Београду, Шумарски факултет <u>др Соња Брауновић</u> , виши научни сарадник Институт за шумарство, Београд <u>др Александар Анђелковић</u> , доцент Универзитет у Београду, Шумарски факултет

Ефекти противерозионих радова у сливном подручју акумулација „Ђелије“ и „Селова“

РЕЗИМЕ

Предмет дисертације је одређивање ефеката примењених противерозионих радова на годишњу продукцију и транспорт наноса и интензитет ерозионих процеса у сливовима акумулација. Анализа ефеката противерозионих радова је извршена поређењем интензитета ерозије, продукције и транспорта наноса пре и после извођења радова кроз три временска пресека, као и прорачуном количине наноса задржаног узводно од преграда и дефинисањем падова заплава.

Подручје истраживања су сливови акумулација „Ђелије“ и „Селова“. Извршена је анализа свих значајнијих параметара који утичу на развој ерозионих процеса у сливу (рељеф, хидрографска мрежа, клима, геолошка и педолошка подлога, начин коришћења земљишта, демографске карактеристике). За просторне анализе коришћене су одговарајуће подлоге уз примену ГИС-а. Промена стања ерозије на подручју истраживања пре и после примене противерозионих радова је процењена на основу метода Потенцијала ерозије. Ефекти изведених попречних објеката у кориту бујичних токова одређени су на основу теренског истраживања.

Истраживања промене интензитета ерозије у зависности од изведених радова значајна су за подручје истраживања јер је угроженост акумулација од засипања наносом најозбиљнији водопривредни изазов.

Анализа резултата истраживања на подручју сливова акумулација омогућила је целовито сагледавање утицаја изведених противерозионих радова и дефинисање стратегије за контролу ерозије на истраживаном подручју.

Резултати истраживања попречних објеката су послужили као основа за статистичку анализу зависности природног пада корита и измереног пада заплава према којој је дефинисана регионална аналитичка зависност за прорачун пада заплава, која се може применити и у другим сливовима са сличним природним условима, првенствено карактеристикама геолошке подлоге и наноса.

Иако резултати истраживања интензитета ерозионих процеса у сливу показују да је стање ерозије задовољавајуће, треба узети у обзир да је подручје истраживања према физичким карактеристикама, геолошкој и педолошкој подлози изузетно подложно развоју ерозионих процеса.

Кључне речи: ерозиони процеси, противерозиони радови, пад заплава, бујичне преграде, бујични токови, ерозија, нанос

Научна област: Биотехничке науке

Ужа научна област: Ерозија и конзервација земљишта

KEY WORD DOCUMENTATION

Accession number (ANO):	
Identification number (INO):	
Document type (DT):	Monograph documentation
Type of record (TR):	Textual printed document
Contens code (BP):	Doctoral dissertation
Author (AU):	BSc Irina Stefanović
Menthor (MN):	PhD Ratko Ristić, Full Professor
Title (TI):	Effects of erosion control works in the watershed area of the reservoirs „Ćelije“ and „Selova“
Language of text (LT):	Serbian (Cyrilic)
Language of abstract (LA):	Serbian (Cyrilic) / English
Country of publication (3П):	Serbia
Publication year (PY):	2024
Publisher (PU):	The authors reprint
Publication place (PP):	11030 Belgrade, Kneza Višeslava 1
Physical description (PD):	13 chapters, 234 pages, 49 figures, 155 tables, 33 graphics, 14 appendices
Scientific field (SF):	Biotechnical Sciences
Scientific discipline (SD):	Erosion and soil and water conservation
Subject / Key words (SKW):	erosion processes, erosion control works, slope of siltation, check dams, torrents, erosion, sediment
UC:	
Holding data (HD):	Library of the Faculty of Forestry, Kneza Višeslava 1, 11030 Belgrade
Note (N):	None
Accepted by Scientific Board on (ACB):	27.09. 2023.
Defended on (DE):	
Thesis Defend Board (DB):	<p>PhD Nada Dragović, Full Professor University of Belgrade, Faculty of Forestry</p> <p>PhD Mirjana Todosijević, Full Professor University of Belgrade, Faculty of Forestry</p> <p>PhD Tijana Vulević, Associate Professor University of Belgrade, Faculty of Forestry</p> <p>PhD Sonja Braunović, Senior Research Associate Institute of Forestry, Belgrade</p> <p>PhD Aleksandar Anđelković, Assistant Professor University of Belgrade, Faculty of Forestry</p>

Effects of erosion control works in the watershed area of the reservoirs „Ćelije“ and „Selova“

ABSTRACT

The subject of the dissertation is to determine the effects of applied erosion control works on the annual gross erosion and sediment transport, as well as the intensity of erosion processes in the watersheds of reservoirs. The analysis of the effects of erosion control works was conducted by comparing the intensity of erosion, annual gross erosion and sediment transport before and after the implementation of the works through three temporal sections, as well as by calculating the quantity of sediment retained upstream of the check dams and defining the slope of siltation.

The research area includes the watersheds of the "Ćelije" and "Selova" reservoirs. An analysis of all significant parameters influencing the development of erosion processes in the watershed was conducted (terrain relief, hydrographic network, climate, geological and pedological substrates, land use practices, demographic characteristics). Spatial analysis were performed using appropriate data layers with the application of GIS. Changes in erosion status in the research area before and after the implementation of erosion control works were assessed based on the Erosion Potential method. The effects of constructed cross-sectional structures in the beds of torrential streams were determined through field investigations.

Research on the change in erosion intensity depending on applied erosion control works is significant for the research area because the susceptibility of reservoirs to sedimentation is the most serious water management challenge. Analysis of the research results in the watershed areas of the reservoirs has enabled a comprehensive understanding of the impacts of implemented erosion control works and the definition of a strategy for erosion control in the study area.

The results of the research on cross-sectional structures have served as the basis for statistical analysis of the dependance between the natural bed slope and the measured slope of siltation. This analysis led to the definition of a regional analytical dependence for calculating slope of siltation, which can be applied in other watersheds with similar natural conditions, primarily characteristics of geological substrates and sediments.

Although the results of the research on the intensity of erosion processes in the watershed indicate a satisfactory erosion status, it should be noted that the research area, based on its physical characteristics, geological, and pedological substrates, is highly susceptible to the development of erosion processes.

Keywords: erosion processes, erosion control works, slope of siltation, check dams, torrents, erosion, sediment

Scientific Field (SF): Biotechnical Sciences

Scientific Discipline (SD): Erosion and Soil and Water Conservation

Захвалница

Велику захвалност за указано поверење и стрпљење приликом израде ове докторске дисертације дугујем свом ментору, професору др Ратку Ристићу.

Посебно се захваљујем професорки др Нади Драговић на подршци, поверењу и оптимизму током свих ових година.

Захваљујем се члановима комисије, професоркама др Мирјани Тодосијевић и др Тијани Вулевић, др Соњи Брауновић и доценту др Александру Анђелковићу на корисним сугестијама и посвећеном времену.

Захваљујем се дипл. инж. Зорану Гавриловићу на пруженом знању и помоћи у првим корацима у пројектима противерозивне заштите и картирању ерозије.

Хвала професору Станимиру Костадиновом и дипл. инж. Ђорђу Живановићу на стручној помоћи и достављеној литератури.

Захваљујем колегама др Јасмини Радоњић, Слободану Марковићу, Весни Цветић и Мирку Шћепановићу на сарадњи и достављеним пројектима који су коришћени у дисертацији.

Хвала мојим драгим колегиницама из Института за водопривреду „Јарослав Черни“ на подршци и помоћи у свим фазама израде дисертације, Нади Живановић и Јелени Чотрић. Хвала Соњи Гаврић на лабораторијским анализама и подацима.

Посебну захвалност дугујем мами и сестри, Радмили и Гоци Миловановић, што су увек биле уз мене.

Највећу захвалност за подршку у свему дугујем свом супругу Милутину и сину Лазару.

Ирина

САДРЖАЈ

1	Увод.....	1
2	Преглед досадашњих истраживања	4
2.1	Систематизација постојеће документације.....	5
3	Предмет и циљ истраживања.....	7
3.1	Предмет истраживања.....	7
3.2	Подручје истраживања.....	7
3.3	Циљ истраживања.....	8
3.4	Основне хипотезе	9
4	Материјал и метод рада	10
4.1	Прикупљање података.....	10
4.2	Теренска истраживања	10
4.2.1	Снимање подужних и попречних профила у зони изведених објеката	10
4.2.2	Узимање узорка наноса са заплава узводно од попречних објеката....	10
4.3	Обрада података	10
4.3.1	Физичко-географске карактеристике сливног подручја акумулација	11
4.3.2	Геолошке карактеристике.....	11
4.3.3	Педолошке карактеристике.....	11
4.3.4	Начин коришћења земљишта у сливу	11
4.3.5	Клима	11
4.3.6	Социо-економска истраживања (Антропогени чиниоци ерозије)	12
4.3.7	Ерозиони процеси у сливовима акумулација	12
4.3.8	Метода потенцијала ерозије.....	12
4.3.9	Гранулометријска анализа наноса у заправима преграда.....	14
4.3.10	Статистичке анализе	15
4.3.11	Прорачун продукције и проноса наноса	17
4.3.12	Прорачун количине задржаног наноса у заправима преграда.....	18
5	Резултати истраживања	19
5.1	Физичко-географске карактеристике.....	19
5.1.1	Физичко-географске карактеристике сливног подручја акумулације „Ђелије”.....	19
5.1.2	Физичко-географске карактеристике сливног подручја акумулације „Селова“.....	24
5.2	Геолошке карактеристике.....	30
5.2.1	Геолошке карактеристике сливног подручја акумулације „Ђелије”.....	30

5.2.2	Геолошке карактеристике сливног подручја акумулације „Селова”	32
5.3	Педолошке карактеристике	34
5.3.1	Педолошке карактеристике сливног подручја акумулације „Ђелије” ..	34
5.3.2	Педолошке карактеристике сливног подручја акумулације „Селова” ..	38
5.4	Климатске карактеристике	40
5.4.1	Климатске карактеристике сливног подручја акумулације „Ђелије” ..	40
5.4.2	Климатске карактеристике сливног подручја акумулације „Селова” ..	42
5.5	Начин коришћења земљишта	44
5.5.1	Начин коришћења земљишта у сливном подручју акумулације „Ђелије”	44
5.5.2	Начин коришћења земљишта у сливном подручју акумулације „Селова”	51
5.6	Социо-демографске карактеристике	57
5.6.1	Сливно подручје акумулације „Ђелије”	57
5.6.2	Сливно подручје акумулације „Селова”	60
5.7	Ерозиони процеси у сливовима акумулација	62
5.7.1	Ерозиони процеси у сливу акумулације „Ђелије”	62
5.7.2	Ерозиони процеси у сливу акумулације „Селова”	69
5.8	Продукција и пронос наноса у сливовима акумулација „Ђелије” и „Селова”	75
5.8.1	Продукција и пронос наноса у сливу акумулације „Ђелије”	75
5.8.2	Продукција и пронос наноса у сливу акумулације „Селова”	79
6	Опис изведених противерозионих радова	83
6.1	Технички радови у сливу реке Расине узводно од акумулације „Ђелије”	83
6.2	Технички радови у сливу реке Топлице узводно од акумулације „Селова”	89
6.3	Биолошки и биотехнички радови	94
6.3.1	Биолошки и биотехнички радови у сливу реке Расине узводно од акумулације „Ђелије”	94
6.3.2	Биолошки и биотехнички радови у сливу реке Топлице узводно од акумулације „Селова”	99
7	Анализа изведених противерозионих радова	100
7.1	Анализа изведених противерозионих радова у сливу акумулације „Ђелије”	100
7.1.1	Анализа зависности формираних падова заплава од падова корита .	100
7.1.2	Анализа карактеристика гранулометријског састава наноса у заплавима	101
7.1.3	Анализа зависности формираних падова заплава од карактеристика гранулометријског састава наноса	116

7.1.4	Анализа зависности формираних падова заплава од коефицијената неједнородности наноса	120
7.1.5	Анализа вишеструких модела.....	122
7.1.6	Прорачун количине задржаног наноса у заплавима попречних објеката	137
7.2	Анализа изведених противерозионих радова у сливу акумулације „Селова“ ..	139
7.2.1	Анализа зависности формираних падова заплава од падова корита .	139
7.2.2	Анализа карактеристика гранулометријског састава наноса у заплавима	141
7.2.3	Анализа зависности формираних падова заплава од карактеристика гранулометријског састава наноса.....	152
7.2.4	Анализа зависности формираних падова заплава од коефицијената неједнородности наноса	156
7.2.5	Анализа вишеструких модела.....	158
7.2.6	Прорачун количине задржаног наноса у заплавима преграда.....	172
8	Ефекти изведених противерозионих радова.....	174
9	Дискусија.....	179
10	Стратегија	186
11	Закључци	188
12	Литература	190
13	Прилози.....	204

1 УВОД

Ерозија земљишта је једна од најраспрострањенијих форми деградације земљишта. У поређењу са другим облицима ерозије, ерозија водом узрокује највеће губитке земљишта. Ерозија земљишта водом је процес раздвајања честица у земљишту под дејством падавина или површинског отицања воде, њиховог транспорта низ нагиб, од чега се део задржава у локалним депресијама или у зони вегетационог покривача, док један део доспева до хидрографске мреже.

Ерозија и деградација земљишта представљају главну претњу земљишту на територији Европске уније, са негативним утицајем на екосистем, пољопривредну производњу, воду за пиће и залихе угљеника. Тематска стратегија о земљишту Европске комисије идентификовала је ерозију земљишта као релевантан проблем за Унију и предложила приступ за осматрање и праћење ерозије земљишта (Panagos et al., 2015). Током XXI века очекује се пораст стопе ерозије због глобалног загревања и антропогених активности као што су промене вегетационог покривача и начина коришћења земљишта, које су повезане са већом количином и интензитетом падавина (García-Ruiz et al., 2010).

На степен ерозије првенствено утичу топографске карактеристике, тип геолошке и педолошке подлоге, климатски услови (падавине и температура) и начин коришћења и управљања земљиштем (Borelli et al., 2020). Најзначајнији чинилац деградације је људска активност (Morris и Fan, 1998). Различити социо-економски чиниоци значајно утичу на интензитет ерозије и продукцију наноса.

Сви наведени чиниоци имају кључну улогу у бољем разумевању динамике ерозије као феномена и од суштинског су значаја за одрживо управљање земљиштем и водом (Rahmati et al., 2019). Промена било којег од њих доводи до промена у просторној и временској дистрибуцији интензитета ерозије (Golosov et al., 2018).

У нормалним условима ерозија земљишта је сталан, прогресивни феномен и уколико не дође до убрзаних деградационих процеса као што су јаружање или појава клизишта, често се последице уочавају прекасно или их је прескупо санирати (Spalevic et al., 2020).

Поред напора Уједињених нација (Global Soil Erosion map project, FAO, 2019) још увек не постоји координисан међународни програм мониторинга ерозије земљишта. У многим деловима света се мониторинг не врши редовно, тако да не постоји референтан глобални модел, од користи за разумевање размера ерозије и њеног утицаја на животну средину. Модели могу бити значајни за идентификацију области које су најрањивије и пројектовање мера за заштиту и ублажавање интензитета ерозије (Borelli et al., 2021). Мотивација у истраживању глобалних модела произилази из потребе да се пруже научни докази о глобалном проблему ерозије земљишта и да се допринесе бољем приступу у заштити угрожених подручја (Bezack et al., 2024).

Процена ерозије земљишта и транспорта наноса у сливовима је императив, на различитим временским и просторним скалама, у циљу заштите земљишта, као и водопривредних објеката попут брана (Zeghmar et al., 2022; Efthimiou et al., 2016). Ова потреба довела је до развоја различитих симулационих модела, различите прецизности и сложености (нпр. категорисаних у емпиријске, концептуалне и физички засноване, узимајући у обзир различито разграничење сложених механизма одвајања-преноса-депозиције феномена) (De Vente и Poesen, 2005; De Vente et al., 2013; Borelli et al. 2021).

Модели за процену интензитета ерозије су алати који омогућавају квантитативну процену стопе губитка земљишта и таложења наноса и тиме помажу у предлагању

ефикасних радова и мера за контролу ерозије (Sabri, et al., 2022). Избор одређеног модела зависи од сврхе истраживања, доступности података, времена и финансија потребних за истраживање (Karydas et al., 2014; Bosco et al., 2015). Већина модела који се користе у студијама ерозије земљишта су емпиријски модели. Емпиријски модели се широко примењују, посебно у земљама где је доступност улазних података често оскудна, а валидност нејасна, као на пример у Србији. Прихватљиви су због једноставности структуре и начина коришћења, услед мањег обима потребних улазних података, за разлику од сложенијих модела (Efthimiou et al., 2017).

Ерозија је у Србији присутна на 86,4% територије и препозната је као озбиљан проблем, који узрокује губитак од $37.249,975 \text{ m}^3 \cdot \text{god}^{-1}$ (Kostadinov et al., 2006; Ristić et al., 2011a). Посебно је значајно да је 36% територије захваћено ерозионим процесима врло јаког, јаког и средњег интензитета. Као резултат овако интензивних процеса водне ерозије, јављају се бујични токови који својим поплавама наносе огромне штете привреди и друштву у целини. На подручју Србије регистровано је више од 12.000 бујичних токова. Поремећаји у сливу услед обешумљавања, рударских активности, изградње објеката и друге инфраструктуре, доводе до драматичне деградације простора, повећања губитака земљишта и уноса ерозионог материјала у водотокове (Ristić et al., 2011).

Поред осталих штета од ерозије и бујичних токова (губитак земљишта, бујичне поплаве итд.) огромне штете које трпи водопривреда Србије се огледају у следећем:

- смањење потенцијала водних ресурса, због повећаног површинског отицања, у виду поплавних таласа и умањеног подповршинског и подземног отицаја;
- засипање акумулација ерозионим наносом и смањење запремине акумулационих простора;
- механичко загађење воде наносом, које изазива низ еколошких поремећаја;
- хемијско загађење воде ерозионим наносом (заједно са суспендованим наносом са падина у водотоке и акумулације доспевају и пестициди, разне врсте ђубрива, тешки метали и друге штетне материје).

Водопривредни објекти који су најугроженији од ерозије и наноса су водне акумулације. На успешно функционисање акумулација велики утицај има смањење корисне запремине акумулационог простора услед засипања наносом (Milovanović et al., 2011).

Ерозија земљишта је главни узрочник засипања акумулација наносом, што значи да и сам процес засипања зависи од бројних природних и антропогених чинилаца. Финални производ ерозије земљишта је нанос, који је предмет многих истраживања (Obialor, et al., 2019; Drobñjak et al., 2014; Dutta, 2016; Starks, et al., 2023; Irie et al., 2022; Juško et al., 2022).

Ерозиона продукција на сливу и транспорт наноса у хидрографској мрежи представљају две компоненте глобалног природног процеса, који због својих последица има велики еколошки и водопривредни значај.

Доспевањем наноса у акумулацију смањује се њена корисна запремина што није једини негативан ефекат. На тај начин у акумулацију доспевају и хемијски и биолошки загађивачи, што значајно утиче на квалитет воде. Треба имати у виду и финансијски аспект с обзиром да се у изградњу брана и акумулација улажу значајна средства.

Угроженост акумулације наносом зависи од величине сливног подручја и интензитета ерозије (Kostadinov et al., 2008).

Мерење ерозије земљишта на нивоу слива је сложено због просторне варијације у количини и интензитету падавина, топографији, типу земљишта и начину коришћења.

Директно мерење интензитета ерозионих процеса захтева време и примењиво је само на мањим површинама (Zhang et al, 2021).

Тренутно су у употреби бројни семиквантитативни модели за процену продукције наноса на нивоу слива. Ови модели узимају у обзир све претходно наведене параметре (топографија, геолошка и педолошка подлога, климатски услови и начин коришћења земљишта).

Анализом сливних подручја малих водних акумулација на подручју града Београда и Фрушке горе дефинисан је модел мониторинга за истраживање интензитета засипања акумулација на сливовима у региону, у циљу дефинисања века трајања акумулација (Анђелковић, 2020).

Већина природних речних токова показује стање динамичке равнотеже у погледу кретања наноса. Изградња бране драматично мења ову равнотежу, стварајући акумулацију. Засипање акумулација наносом је вероватно најозбиљнији водопривредни изазов након изградње брана, с обзиром да многи проблеми везани за транспорт наноса постоје како узводно тако и низводно од брана. Доспевање наноса неповољно утиче на корисну запремину акумулације за одбрану од поплава, као и на све друге облике корисног управљања акумулацијом за потребе производње енергије, водоснабдевања и наводњавања (Stefanović, 2017).

Одрживо управљање акумулацијама је могуће једино уз управљање наносом, а један од начина је смањење ерозионе продукције на сливу, уз редукацију транспорта наноса у хидрографској мрежи (Morris, 2020).

Активности на превенцији ерозионих процеса су усмерене на побољшање стања животне средине јер делују повољно на квалитет земљишта и вода, чиме се стварају услови за ублажавање ефеката бујичних поплава (Ристић и сар., 2014).

Из свега наведеног, може се рећи, да са једне стране постоји велики број информација о ерозији земљишта, док са друге стране, што се више улази у детаље, уочљиво је присуство бројних фактора утицаја. Неопходно је спровести додатна истраживања, на великом броју експерименталних сливова и парцела, у различитим физичким условима, како би се креирала репрезентативна база података као основа за израду референтног, општеприхватљивог модела (Centeri, 2022).

2 ПРЕГЛЕД ДОСАДАШЊИХ ИСТРАЖИВАЊА

Противерозиони радови у Србији се примењују организовано од 1907. године (Kostadinov, 2007). Систем противерозионих радова и мера представља комплекс заштитних мера и метода који су усмерени ка регулисању површинског отицања, заштити земљишта од спирања са падина, успостављању и повећању плодности еродираних земљишта, њиховом најрационалнијем коришћењу и отклањању разлога који могу да изазову ерозију. Под противерозионим радовима се подразумевају акције којима се врши материјална изградња бујичног слива и ту спадају технички, биотехнички и биолошки радови (Kostadinov, 1996). Противерозионе мере су акције којима се утиче на начин обраде, одржавање и управљање земљиштем, шумама и водама, као и на начине њиховог искоришћавања.

Ефикасна заштита од бујичних поплава обухвата биотехничке радове на падинама слива и техничке радове на коритима бујица, у прецизно дефинисаним административним и просторним оквирима, у циљу постизања максималне безбедности људи и њихове имовине (Ristić et al., 2012).

Технички радови обухватају попречне објекте у кориту (прагове, преграде) и подужне (линијске) објекте (регулације, обалоутврде). Биотехнички радови обухватају израду тераса, контурних ровова, плетера, зидића против спирања итд, а под биолошким радовима се подразумевају пошумљавање, мелиорације деградираних шума, пашњака и ливада, затрављивање итд.

У противерозионој заштити акумулација, депонијске бујичне преграде имају двоструки ефекат – заустављање и акумулирање наноса у заплавима преграда и смањење уздужног пада водотока на потезу преграда. Смањење уздужног пада водотока подразумева и редукцију транспортне способности за нанос, што значи да је смањен транспорт наноса према акумулацији. Граде се од камена у цементном малтеру, бетона или габиона. Осим преграда граде се попречни објекти са сличним функцијама (прагови, консолидациони појасеви и каскаде), али са мањом корисном висином.

Преграде су објекти са висином преко 2 метра. Локација ових објеката се дефинише на основу неколико критеријума:

- повољни геоморфолошки услови: уска и дубока речна долина;
- положај у односу на изворишта наноса;
- положај локације у односу на насељене зоне (у циљу заштите од повишења нивоа водотока, изазваног изградњом преграде);
- приступачност локације за извођење радова и примену грађевинске механизације.

Консолидациони појасеви се раде у нивоу дна корита, немају корисну висину и служе за стабилизацију корита. Каскаде се граде у склопу подужних објеката - регулација водотокова у циљу превазилажења висинске разлике пројектованог корита.

Ефекти противерозионих радова у Србији анализирани су на основу истраживања која су представљена у одређеним научним радовима. Костадинов С. и Златић М. су истраживали ефекте противерозионих радова у бујичним сливовима (Костадинов и Златић, 1987). Костадинов С. је представио регионалну зависност пада заплава за подручје Грделичке клисуре и Врањске котлине (Костадинов, 1987) и слив реке Топлице узводно од бране Селова (Kostadinov et al., 2011). Миодраг Златић је истраживао ефекте изведених противерозионих радова кроз промену коефицијента ерозије и специфичне

продукције наноса у сливу Паневљанске реке (Златић, 1993) и у сливу Млакачке долине (Zlatić et al., 1996)

Миљан Велојић је у свом магистарском раду „Природни ефекти антиерозионих техничких објеката у сливу реке Нишаве“ детерминисао регионалне аналитичке зависности за израчунавање пада заплава за подручје реке Нишаве (Велојић, 2002). Ефекте противерозионих радова изучавали су и Мирјана Тодосијевић (магистарски рад: „Ефекти попречних објеката у бујичним токовима слива реке Дрине на сектору Лозница-Бачевци“; Тодосијевић, 2004), Соња Брауновић (докторска дисертација: „Ефекти противерозионих радова на стање ерозије у Грделичкој клисури и Врањској котлини“; Брауновић, 2013), Томислав Стефановић (докторска дисертација: „Ефекти противерозионих радова у сливу реке Јабланице узводно од будуће водне акумулације Ровни“; Стефановић, 2016); Јасмина Радоњић (докторска дисертација: „Хидролошки и псамолошки ефекти противерозионих радова на бујичним подсливовима Јужне Мораве“; Радоњић, 2018). Наведена истраживања су показала значај одређивања пада заплава при пројектовању попречних објеката за уређење бујичних токова - бујичних преграда.

Већи број истраживања у Србији се углавном базира на одређивању стања ерозије кроз промену коефицијента ерозије и специфичне продукције наноса проузроковану променом неког од чинилаца ерозије (Kostadinov et al., 2014; Perović et al., 2019; Gocić et al., 2020; Manojlović et al., 2022; Srejić et al., 2023).

На глобалном нивоу, највећи број истраживања промене стања ерозије се бави утицајем начина коришћења и структуре површина (Panagos et al., 2015; Ozsahin et al., 2018; Prashanth et al., 2023; Kindiyev et al., 2019; Weng et al., 2023; Cheng et al., 2024). Ефекти попречних објеката проучавани су са аспекта количине задржаног наноса (Hartman et al., 2016; Borja et al., 2018; Zhang et al., 2021; Margiorou et al., 2022; Minervino Amodio et al., 2023).

2.1 Систематизација постојеће документације

Захваљујући постојећој документацији формирана је основа за анализу почетног стања ерозије у сливовима и омогућено је једноставније проналажење објеката на терену. Противерозиони радови у сливовима акумулација су изведени на основу пројектне документације израђене у периоду између 1965. и 1991. године.

Пројектна документација за радове у сливу акумулације „Ћелије“:

1. Главни пројекат противерозионих радова и мера у сливу за горњи део Расине, Реонска секција за заштиту земљишта од ерозије и уређење бујица Краљево, 1965. (Инвеститор: Дирекција за уређење слива Велике Мораве – Београд)
2. Главни пројекат уређивања корита бујице Жуњска река, Здружено опште водопривредно предузеће „Морава“ – Београд, Водопривредна организација „Ерозија“ Краљево, 1970.
3. Главни пројекат уређивања корита бујице Козница, Реонска секција за заштиту земљишта од ерозије и уређење бујица Краљево, 1967. (Инвеститор: Дирекција за уређење слива Велике Мораве – Београд)
4. Главни пројекат уређења бујичног водотока Загржа, СВОУР Србијаводе – Београд, ВРО Западна Морава – Краљево, 1987. (Инвеститор: СИЗ Водопривреде за регион Краљево – Чачак)

5. Главни пројекат уређења бујичног водотока реке Блаташнице, СВОУР Србијаводе – Београд, ВРО Западна Морава – Краљево, 1989. (Инвеститор: СИЗ Водопривреде за регион Краљево – Чачак)
6. Генерални пројекат уређења ерозионих и бујичних подручја у Србији, VI фаза, Шумарски факултет, Универзитет у Београду, 2009. (Инвеститор: Министарство за пољопривреду, шумарство и водопривреду, Републичка дирекција за воде)
7. Хидролошка студија - Заштита Крушевца од великих вода реке Расине и притока, 2020. године – Институт за водопривреду Јарослав Черни

Пројектна документација за радове у сливу акумулације Селова:

1. Главни пројекат за уређење слива и корита Паваштичког потока, Шумарски факултет у Београду, 1989. (Инвеститор: Радна организација водопривредни систем за водоснабдевање подручја Топлице и Ниша Селова у оснивању, Куршумлија)
2. Средњи поток, пројекат уређења, РВО Јужна Морава, ООУР Ерозија, Ниш, 1989. (Инвеститор: Радна организација водопривредни систем за водоснабдевање подручја Топлице и Ниша Селова у оснивању, Куршумлија)
3. Љутовски поток, пројекат уређења, ДВП Ерозија, Ниш, 1990. (Инвеститор ДП Селова Куршумлија)
4. Струганички поток, пројекат уређења, ДВП Ерозија, Ниш, 1990. (Инвеститор ДП Селова Куршумлија)
5. Вратнички поток, пројекат уређења, ДВП Ерозија, Ниш, 1990. (Инвеститор ДП Селова Куршумлија)
6. Качаруша, пројекат уређења слива, ДВП Ерозија, Ниш, 1991. (Инвеститор ДП Селова Куршумлија)
7. Мала река, пројекат уређења слива, ДВП Ерозија, Ниш, 1991. (Инвеститор ДП Селова Куршумлија)

Резултати досадашњих истраживања, коришћени при изради дисертације, представљени су радовима аутора који се баве различитом проблематиком контроле водне ерозије и уређења бујичних токова:

- ефекти изведених противерозионих радова у бујичним сливовима Србије (Gavrilović, 1962; Gavrilović 1968, Gavrilović 1972), (Kostadinov et al., 2008; Kostadinov et al., 2010; Kostadinov et al., 2011; Kostadinov et al., 2014), (Petković et al., 1995), (Студија водопривредне проблематике брдско-планинских подручја у Србији, Шумарски факултет, Универзитет у Београду, 2001.) (Хидролошка анализа великих вода реке Топлице, Бањске реке и реке Косанице у Куршумлији, Институт за водопривреду Јарослав Черни, 2016.)

3 ПРЕДМЕТ И ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА

3.1 Предмет истраживања

Предмет истраживања представљају ефекти изведених противерозионих радова (биолошких, биотехничких и техничких) и њихов утицај на интензитет ерозије на падинама слива и у кориту бујичних токова, као и на продукцију и транспорт наноса у сливу. Проучавају се услови формирања пада заплата и могућности његовог прорачуна са циљем рационалног пројектовања радова на заштити акумулација од наноса (одређивање регионалних аналитичких зависности).

3.2 Подручје истраживања

За подручје на којем ће се вршити истраживање ефеката противерозионих радова су одабрана сливна подручја две акумулације: „Ђелије“ и „Селова“ (Слика 3.1).

Акумулација „Ђелије“ се налази у Расинском округу и формирана је изградњом бране на реци Расини, десној притоци Западне Мораве. Површина сливног подручја узводно од бране је 609,15 km². Представља стратешки део Расинско-поморавског регионалног система водоснабдевања, који обухвата низводни део тока Западне Мораве и узводни део тока Велике Мораве и Западноморавски регионални систем коришћења, уређења и заштите речних вода.

Акумулација „Ђелије“ представља значајан регионални водни ресурс за снабдевање пијаћом водом Расинског округа и од кључног је значаја за планирано водоснабдевање око 200.000 становника овог дела Србије. Формирана је у периоду од 1972. до 1983. године као део заштитних мера усмерених на спречавање поплава и доспевање наноса у највећу акумулацију у Србији – „Ђердап“. Брана је подигнута на граници Златарске клисуре и Расинске котлине на реци Расини и формирано је језеро „Ђелије“, које је добило назив по истоименом селу које лежи на обали данашње акумулације. Првобитна намена акумулације је промењена и започето је њено коришћење за водоснабдевање пијаћом водом. Званично је класификована као извориште воде за пиће, комуналне потребе и привреду, према Закону о коришћењу и заштити изворишта водоснабдевања. Пројектовани период рада је до 2030. године.

Акумулација је са годишњим регулисањем (коефицијент регулисања $\beta \approx 0,37$), што јој пружа посебан значај у водопривредном систему Републике Србије, у коме недостају објекти управо таквог степена регулисања, који могу да утичу на побољшање водних режима – смањење великих и повећање малих вода, уз друге намене у области коришћења вода. Има посебно резервисан простор за прихватање и ублажавање поплава таласа, чиме је омогућена одбрана од поплава низводно од бране. Може се остварити потпуна трансформација таласа вероватноће 2%, док стогодишња велика вода (1%) може бити знатно ублажена. По могућности активне заштите од поплава, „Ђелије“ су најефикаснија акумулација у водопривредном простору Србије.

У сливној зони акумулације „Ђелије“ налазе се изворишта општинског ранга на Врањуши (изворишни крак Расине), Загржи (лева притока Расине, односно њен најузводнији крак Гочка река, на којој је формирана акумулација „Селиште“), Грашевачкој реци и Расини (извориште Гаврановац) и Поповачкој реци (извориште „Попова“).

Акумулација „Селова“ се налази у сливу реке Топлице, леве притоке Јужне Мораве. Простор слива се налази на територији општине Куршумлија и општине Брус. Површина слива узводно од бране је 346,05 km². Вишенаменска акумулација „Селова“ је објекат чија је основна намена водоснабдевање, а остале намене су: заштита од поплава, заустављање наноса, производња хидроенергије, узгој риба, туризам, привођење култури спрдова у кориту реке Топлице и др. Предвиђена је за водоснабдевање Куршумлије, Прокупља, Житорађе, Мерошине, Блаца и околних насеља, а део воде би се користио за водоснабдевање Ниша.

Радови који предстоје да би се објекат завршио и пустио у функцију су: завршетак експропријације; чишћење будућег језера од хумуса; измештање пута; завршетак валобрана; ограда; уградња преостале хидромашинске опреме; уређаја за осматрање и обавештавање; командна зграда; измештање далековода из будуће акумулације и противерозиони радови.



Слика 3.1 Карта подручја истраживања

Извор: аутор

3.3 Циљ истраживања

Основни циљ је утврђивање ефеката изведених техничких и биолошких радова на смањење интензитета ерозионих процеса на сливном подручју акумулација, а самим тим и количине наноса која доспева у акумулацију.

Ефекти противерозионих радова могу бити директни и индиректни. Директни ефекти се односе на техничке радове у кориту и радове у сливу којима се смањује подужни пад корита и задржава нанос иза попречних објеката, односно смањује се интензитет ерозије

и продукција наноса. Индиректни ефекти су побољшање хидролошко-хидрауличног режима реципијента и већи степен заштите инфраструктурних објеката, обрадивих површина, итд.

Истраживања ових ефеката треба да укажу на:

- Дефинисање модела за прорачун пада заплава приликом пројектовања попречних објеката у коритима бујичних токова.
- Планирање система противерозионих мера и радова у сливу.
- Правце даљег рада на решавању проблема ерозије земљишта и бујичних поплава на подручју истраживања.

На основу тога биће могуће дефинисати стратегију за контролу водне ерозије земљишта и уређење бујичних токова на подручју истраживања.

3.4 Основне хипотезе

Хипотезе од којих се полази су следеће:

- Изведени биолошки и биотехнички радови у сливу доприносе смањењу интензитета ерозије, продукције и проноса наноса.
- Попречни објекти су веома важне грађевине које непосредно штите речно корито – фиксирају попречни профил и задржавају вучени нанос. Такође, смањују подужни пад водотока и деструктивну снагу воде, тако да се спречава развој дубинске и бочне ерозије и стабилизује корито.
- Пад заплава се формира као резултат деловања многих фактора и њихове сложене интеракције. Најзначајнији фактори су природни пад корита и гранулометријски састав наноса.
- Регресионом и корелационом анализом резултата истраживања могу се добити аналитички изрази за одређивање пада заплава у функцији чинилаца који делују на његово формирање.

4 МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

Истраживање је рађено у сливном подручју акумулација „Ђелије” и „Селова”. За истраживање ефеката противерозионих радова у сливовима акумулација примењена је методологија истраживања која подразумева прикупљање података, теренска истраживања, обраду података, поређење резултата о стању ерозије, лабораторијска истраживања, статистичке анализе и примену ГИС технологије.

4.1 Прикупљање података

Да би се добио увид у почетно стање на подручју истраживања прикупљена је постојећа техничка документација (студије и пројекти) на основу које су изведени објекти за заштиту од ерозије и бујичних поплава у истраживаним сливовима. Анализом доступне документације утврђено је стање у сливу пре изведених противерозионих радова (пад корита, начин коришћења земљишта, стање ерозије и др.), као и подаци о изведеним објектима за контролу ерозије (тип објекта, димензије, материјал, природни подужни пад).

4.2 Теренска истраживања

Теренска истраживања на подручју сливова акумулација „Ђелије” и „Селова” подразумевала су следеће активности: картирање ерозионих процеса на сливовима (идентификација површина у сливу према њиховој намени и коришћењу: шуме и шумско земљиште, оранице, воћњаци и виногради, пашњаци и др., као и површине под одређеним категоријама ерозије), снимање попречних и подужних профила заплава за утврђивање количине задржаног наноса и узимање узорака материјала (наноса) из профила на заправу бујичних преграда за лабораторијска испитивања, како би се дефинисао гранулометријски састав наноса.

4.2.1 Снимање подужних и попречних профила у зони изведених објеката

Подаци о подужном паду, дужини и ширини формираног заплава узводно од преграда добијени су геодетским снимањем подужних и попречних профила и мерењем ручно на терену. На основу ових података је дефинисан пад заплава и израчуната количина задржаног наноса иза сваког објекта.

4.2.2 Узимање узорака наноса са заплава узводно од попречних објеката

За потребе гранулометријске анализе, обављено је узимање узорака наноса са заплава узводно од попречних објеката. Узорци су узимани са површине од $1,0 \text{ m}^2$ ($1,0 \times 1,0 \text{ m}$), до дубине највећег зрна (Skatula, 1964). За сваку преграду је узиман један узорак. Откопани материјал просејаван је кроз сита пречника 100-0,1 mm.

4.3 Обрада података

Анализа физичко-географских карактеристика сливова, геолошких и педолошких карактеристика, начина коришћења земљишта и стања ерозије је извршена применом ГИС алата (QGIS). Подужни профили заплава преграда су представљени у AutoCad-у. Статистичке анализе за добијање зависности формирања падова заплава од неких параметара корита и наноса, регресиона анализа за оцењивање облика зависности и корелациона анализа за одређивање степена зависности су урађене помоћу софтвера

IBM SPSS Statistics 23. Резултати анализе гранулометријског састава наноса (гранулометријске криве) су приказани графички у програму Grapher.

4.3.1 Физичко-географске карактеристике сливног подручја акумулација

Физичко географске карактеристике подручја истраживања су одређене на основу топографске карте размере 1:25.000 и дигиталног модела терена (SRTM). Основни физичко-географски параметри анализираних сливова измерени су на дигиталној топографској карти: површина слива, F (km²); 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, уравни пад речног корита, модул развијености вододелнице слива, морфолошки коефицијент, коефицијент облика слива и густина хидрографске мреже, израчунати су по познатим формулама (Kostadinov, 2008).

На основу топографских карата, размере 1:25.000 и дигиталног модела терена (SRTM) урађена је дигитална карта хидрографске мреже истраживаног подручја, карта висинске поделе подручја и карта нагиба рељефа.

4.3.2 Геолошке карактеристике

Геолошке карактеристике подручја истраживања одређене су дигитализацијом Основне геолошке карте Србије, размере 1:100.000 (листови Врњци, Крушевац, Нови Пазар, Куршумлија). Геолошка карта за сливова акумулација „Ђелије” и „Селова” урађена је у дигиталном облику и израчунато је процентуално учешће дефинисаних типова геолошке подлоге. На основу дигитализоване геолошке карте је урађена карта еродибилности стена.

4.3.3 Педолошке карактеристике

На основу расположивих педолошких карата утврђена је заступљеност типова и карактеристике земљишта. За подручје истраживања су коришћени дигитализовани следећи листови: лист 3 Чачак, Институт за земљиште, 1963. године, лист 4 Крушевац, Институт за земљиште, 1958. године, лист 2 Нови Пазар, Институт за земљиште, 1967. године, лист 1 Куршумлија, Институт за земљиште, 1979. године, лист 2 Куршумлија, Институт за земљиште, 1979. године, лист 3 Куршумлија, Институт за земљиште, 1979. године и лист 4 Куршумлија, Институт за земљиште, 1979. године. Педолошка карта за сливова акумулација „Ђелије” и „Селова” урађена је у дигиталном облику и одређена је процентуална заступљеност дефинисаних типова земљишта. Поред наведене карте, урађена је и дигитална карта отпорности земљишта на ерозију.

4.3.4 Начин коришћења земљишта у сливу

Начин коришћења земљишта 2022. године је одређен на основу теренског картирања и обрадом расположивих топографских карата и сателитских снимака. Карта коришћења земљишта је урађена у QGIS-у.

4.3.5 Клима

Климатске карактеристике подручја су дефинисане на основу података са 11 осматрачких станица (климатолошких и падавинских), за период 1990-2022. године (Метеоролошки годишњак, РХМЗС). Коришћене станице су приказане у табелама 5.9 и 5.11.

4.3.6 Социо-економска истраживања (Антропогени чиниоци ерозије)

Антропогени чиниоци ерозије су дефинисани анализом социо-економских истраживања урађених на основу података из пописа становништва 1948-2022. године. Извршена је анализа промене броја становника и домаћинстава за период 1948-2022. године, као и броја становника према старости за 2022. годину за општине, односно, делове општина које припадају подручју истраживања: Крушевац (3 насеља), Брус (53 насеља), Блаце (11 насеља), Александровац (8 насеља), Врњачка Бања (2 насеља) и Куршумлија (17 насеља).

4.3.7 Ерозиони процеси у сливовима акумулација

Стање ерозије на подручју истраживања приказано је у три временска пресека за слив акумулације „Ђелије” и четири за слив акумулације „Селова”.

Акумулација „Ђелије”:

- Нулто стање ерозије - Стање ерозије 1968. године, пре почетка радова, на основу расположиве техничке документације (Карта ерозије за слив Западне Мораве)
- За 2009. годину на основу Карте ерозије из Генералног пројекта уређења ерозионих и бујичних подручја у Србији VI фаза
- За 2022. годину, садашње стање, по методи потенцијала ерозије (Гавриловић, 1972).

Акумулација „Селова”:

- Нулто стање – стање ерозије за 1956. годину, пре почетка радова
- За 1988. годину – стање ерозије према Студији антиерозионе заштите слива акумулације „Селова” (1989. година)
- За 2006. годину – стање ерозије према Костадинов и сар., 2008.
- За 2022. годину, садашње стање.

Распрострањеност ерозионих процеса је дефинисана на основу методе потенцијала ерозије (Gavrilović, 1972).

4.3.8 Метода потенцијала ерозије

Метода потенцијала ерозије подразумева класификацију интензитета ерозије у 5 категорија, од врло слабе (V категорија) до ексцесивне (I категорија).

Метода је показала висок степен поузданости и дуже време је користила као стандардна метода за картирање ерозије за водoprивредне потребе (прорачуни засипања речних токова, каналске мреже и акумулација). До сада је том методом картирана цела територија Србије (за потребе израде Водoprивредне основе Србије) и значајни делови бивших југословенских република, као и друге државе у Европи и свету (Blinkov, 2014; Dragičević i sar., 2018, Tošić i sar., 2012; Dominici et al., 2020; Zegmar et al., 2022; Ahmed et al., 2019; Ennaji et al., 2022; Marko et al., 2023; Bezak et al., 2024).

Метода је аналитичког типа. Наиме, процедура израде карте ерозије обухвата обраду бројних подлога и израчунавања нумеричких показатеља. Основна премиса методе је смањивање субјективне грешке при процени коефицијената на прихватљив ниво, а развој и унапређење методе усмерен је ка њеној елиминацији (Milanesi et al., 2015; Dragičević et al., 2017).

Основна величина којом се, том методом класификује интензитет и категорија ерозије, је коефицијент ерозије (Z). Како је ерозија феномен који се јавља на целокупној

површини, најрационалнији је приказ површинске заступљености ерозије путем картографског приказа, односно путем „карте ерозије“.

Метода је прилагођена савременој компјутерској обради карата ГИС алатима, али и за рад са аналогним (папирним) подлогама и свим могућим комбинацијама.

Применом ГИС-а врши се дигитализација педолошке и геолошке карте за истраживано подручје (Zlatanović i sar., 2015). Вредности коефицијената и јасно видљивих ерозионих процеса се добијају анализом ортофото снимака. Преклапањем ових карата (layers) израђује се посебна композитна карта на којој се формирају површине са идентичним вредностима коефицијената. За сваку од тих површина утврђује се средњи нагиб терена и сви ти подаци представљају улазне вредности за израчунавање коефицијента ерозије (Z) применом обрасца:

$$Z = X \cdot a \cdot Y \cdot (\varphi + \sqrt{I})$$

где је:

- $X \cdot a$ - коефицијент уређења слива; односи се на заштићеност од утицаја атмосферичке и сила ерозије природним условима, вегетацијом и слично (коефицијент X) или вештачки створеним условима, противерозионим радовима у сливу (коефицијент a);
- Y - реципрочна вредност коефицијента отпора земљишта на ерозију, у зависности од геолошке подлоге, климе и типова педолошке творевине;
- φ - коефицијент уоченог процеса ерозије (вредности се крећу од 0,1 и мање до 1,5)
- I - средњи пад површине за коју се израчунава коефицијент ерозије (Gavrilović, 1972.).

Израчунате вредности сваке издвојене површине су основа за класификацију ерозионих процеса. Вредности коефицијента (Z) су разврстане у пет категорија, као оптималан број за графички приказ стања и површинске заступљености ерозије. За практичну примену и прорачуне свака категорија је добила своје квалитативно име и одговарајућу средњу вредност коефицијента ерозије (Z). Тако израђена „карта ерозије“ је основа за даљу примену у другим областима. Разврставање у категорије се врши према следећем квалитативном опису ерозионих категорија и то:

- I категорија ерозије - Експесивна ерозија - процеси дубинске ерозије (јаруге, бразде, одрони и слично)
- II категорија ерозије - Јака ерозија - блажи облик од експесивне ерозије
- III категорија ерозије - Средња ерозија
- IV категорија ерозије - Слаба ерозија
- V категорија ерозије - Врло слаба ерозија

Распони вредности коефицијента ерозије (Z) по категоријама ерозије, су приказане у табели 4.1.

Табела 4.1 Вредности коефицијента ерозије

Категорија ерозије	I	II	III	IV	V
Распон вредности коефицијента (Z)	$Z > 1,0$	$0,71 < Z < 1,0$	$0,41 < Z < 0,7$	$0,20 < Z < 0,4$	$Z < 0,19$
Средња вредност коефицијента (Z)	$Z=1,25$	$Z=0,85$	$Z=0,55$	$Z=0,30$	$Z=0,10$
Квалитативни назив категорије ерозије	Екссесивна	Јака	Средња	Слаба	Врло слаба

4.3.9 Гранулометријска анализа наноса у заплавима преграда

За лабораторијску идентификацију и класификацију крупнозрног састава тла примењује се опит гранулометријског састава према поступку описаном у стандарду СРПС У.Б1.018.:2005. Претходно осушени узорци просејани су кроз стандардна сита. Остатак на сваком сити мерен је са тачношћу од 0,1% масе. Гранулометријски састав материјала одређен је коришћењем фракциометра оригиналне конструкције (у случају честица крупнијих од 0,063 mm), односно пипет методом (за ситније честице, величина узорка је 3-10 g). У обе методе мери се брзина слободног падања честица у мирној води (ω), из које се, помоћу одговарајућих дијаграма (ω -d), одређује гранулометријска крива узоркованог материјала.

Са гранулометријске криве, за сваку анализирану преграду, очитане су вредности карактеристичних пречника наноса и проценат учешћа различитих фракција у узорку (облуци, шљунак, песак, прашина, глина). Карактеристични пречници наноса су:

- d_5 - крупноћа зрна наноса при 5% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса
- d_{10} - крупноћа зрна наноса при 10% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса
- d_{25} - крупноћа зрна наноса при 25% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса
- d_{30} - крупноћа зрна наноса при 30% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса
- d_{50} - крупноћа зрна наноса при 50% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса
- d_{60} - крупноћа зрна наноса при 60% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса
- d_{75} - крупноћа зрна наноса при 75% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса
- d_{90} - крупноћа зрна наноса при 90% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса
- d_{95} - крупноћа зрна наноса при 95% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса
- $d_{97,5}$ - крупноћа зрна наноса при 97,5% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса

На основу ових вредности пречника зрна наноса, за сваки узети узорак, израчунати су коефицијенти неједнородности наноса:

- Коефицијент неједнородности по Аллен-Хазен-у $U = \frac{d_{60}}{d_{10}}$
- Коефицијент неједнородности по Б. А. Мелентьев-у $K_m = \frac{d_{90}}{d_{10}}$
- Коефицијент неједнородности по Г. Б. Докукин-у $K_d = \frac{d_{97,5}}{d_{50}}$
- Коефицијент неједнородности по В. С. Кнороз-у $K_k = \frac{d_{95}}{d_5}$
- Коефицијент неједнородности по Л. Б. Рухин-у $S = \sqrt{\frac{d_{75}}{d_{25}}}$
- Коефицијент неједнородности по Крумбеин-у $S_0 = \sqrt{\frac{d_{25}}{d_{75}}}$

Ови коефицијенти су значајни за оцену униформности материјала, јер од коефицијента неједнородности зависи брзина инфилтрације и филтрације воде кроз заплав наноса. У пракси је најчешће примењиван коефицијент неједнородности по Allen-Hazen-у, и уколико су вредности: $U=0-5$, нанос је хомоген; $U=5-15$, нанос је средње хомоген; $U>15$, нанос је нехомоген (Поповић, Костадинов, 1987). Уколико се вредности приближавају јединици, то упућује на постојање крупнијих фракција наноса, са мало глиненог материјала, већу порозност и већу брзину инфилтрације и филтрације воде.

4.3.10 Статистичке анализе

Подаци су обрађени статистичким методама, а приказани су графички и табеларно. Коришћени су елементи дескриптивне статистике: аритметичка средња вредност, стандардна девијација, коефицијенти варијације и њихове грешке, коефицијент асиметрије (α_3) и спљоштености (α_4), доњи (Q_1) и горњи (Q_3) квантили. За утврђивање зависности између пада заплава, природног пада корита и гранулометријског састава наноса (карактеристични пречници наноса и коефицијенти неједнородности), коришћен је линеарни регресиони модел, који се најбоље прилагођава емпиријским подацима и пружа најквалитетније информације о односима и везама између посматраних појава.

Регресиона анализа се користи за оцењивање облика зависности између посматраних величина, а корелациона анализа за одређивање степена њихове зависности. Модели су изражени математичким једначинама, које приказују одређене везе и законитости између посматраних појава. Анализирана је зависност пада заплава (I_z) од природног пада корита (I_t) и појединих карактеристика гранулометријског састава наноса ($d_5 - d_{97,5}$, U , K_m , K_d , S , S_0). Цртањем дијаграма расипања тачака емпиријских података, између више алтернативних облика, бирају се они функционални облици који на најбољи начин приказују везу између анализираних параметара.

Квалитет формираних регресионих модела процењен је на основу величине коефицијента детерминације (R^2), коефицијента корелације (R), стандардних грешака оцена параметара (S_e) и одговарајућих t -статистика, а верификација статистичке значајности коефицијента корелације урађена је према F -тесту (Ранковић, 1996). Статистичка обрада података рађена је одабраним методама, одговарајућим програмима намењеним за статистичку обраду података (Excel и IBM SPSS Statistics 23). Модели могу бити прости (simple) и сложени (multiple), у зависности од тога да ли су резултат дејства једног или више фактора истовремено. Када је у питању пад заплава, при образовању и анализи модела полази се од једноставног односа падова заплава и појединих фактора ка сложенијим везама. За регресиону анализу коришћена је „метода најмањих квадрата“, која се заснива на минимизирању збира квадрата вертикалних одступања. Коефицијент детерминације (R^2) објашњава учешће укупних варијација вредности зависно променљиве око средње вредности, док се преостали део укупних варијација приписује факторима чије је дејство укључено у грешку модела. Вредности овог коефицијента су у интервалу $0 \leq R^2 \leq 1$, где високе вредности коефицијента говоре о великој важности фактора који детерминишу посматрану појаву, а ниске вредности коефицијента детерминације означавају утицај оних фактора који нису обухваћени моделом тј. погрешну поставку модела. Формула за израчунавање коефицијента корелације гласи (Хаџивуковић, 1991):

$$R^2 = \frac{\sum(\hat{y} - \bar{y})^2}{\sum(\hat{y} - \bar{y})^2 + \sum(\hat{y} - y)^2}$$

Како би се одредила поузданост оцене параметара, израчунава се стандардна грешка оцене параметара и одговарајућа t-статистика. Стандардна грешка оцене параметра (S_e) је величина одступања од оцењене средње вредности. Формула за њено израчунавање је:

$$S_e = \frac{\sqrt{(Y - \hat{Y})^2}}{N - 2}$$

$$\hat{Y} = a + bX$$

У представљеној формули а и b су параметри тражене функције, а \bar{X} , \bar{Y} аритметичка средина података за зависну променљиву:

$$b = \frac{\sum(X - \bar{X})(Y - \bar{Y})}{\sum(X - \bar{X})^2}$$

$$a = \bar{Y} - \bar{X}b$$

Помоћу Студентове t-статистике утврђује се да ли је израчуната оцена параметра статистички значајна или није. За ту сврху се користе таблице Студентове t- расподеле, где је улазни податак број степени слободе и ниво значајности (коришћени коефицијент поузданости је 0,95, а ниво значајности 0,05). Ако је таблична вредност t-статистике ($t_{0,05}$) мања од израчунате апсолутне вредности, сматра се да је оцена параметра статистички значајна. Формула за израчунавање значајности коефицијента корелације (R), тј. поузданост оцене параметара се своди на израчунавање Студентове t-расподеле:

$$t = R \frac{\sqrt{(N - 2)}}{\sqrt{1 - R^2}}$$

Где су: R- коефицијент корелације; N - број испитаника; N-2 - степени слободе

Коефицијент корелације (R) се користи за оцену нивоа повезаности зависно и независно променљиве (Хаџивуковић, 1991):

$$R = \frac{\sum(X - \bar{X})(Y - \bar{Y})}{\sqrt{\sum(X - \bar{X})^2 \sum(Y - \bar{Y})^2}}$$

или у простој регресији се израчунава као квадратни корен из коефицијента детерминације (Ранковић, 1996):

$$R = \sqrt{R^2}$$

За грубу апроксимацију повезаности посматраних величина користи се следеће правило (Petz, 1974):

- 0,0-0,2 незнатна или никаква повезаност,
- 0,2-0,4 лака повезаност,
- 0,4-0,7 значајна повезаност,
- 0,7-1,0 висока или врло висока повезаност.

Висока вредност коефицијента корелације израчуната на малом броју података, као ни нижа вредност коефицијента корелације базирана на већем броју података, не представљају поуздан показатељ јаке корелационе везе. Због тога је потребно извршити тестирање значајности коефицијента корелације за дати број степена слободе уз помоћ F-теста, где се прво израчунава вредност F-статистике (F), чије се вредности упоређују

са табличним вредностима (Фишерове таблице). Ако је израчуната вредност F-статистике већа од табличне, сматра се да постоји статистички значајна повезаност регресанда (зависно променљива) и регресора, тј. да је коефицијент корелације сигнификантан. Све наведене статистике и тестови се односе на линеарне моделе.

4.3.11 Прорачун продукције и проноса наноса

Подаци о површинској заступљености ерозије, дефинисаној Методом потенцијала ерозије, полазна су основа за прорачун продукције и транспорта наноса са сливног подручја. Ти подаци су омогућили развој и нових начина прорачуна транспорта наноса.

Прорачун продукције ерозионих наноса може се извршити применом обрасца (Gavrilović, 1972):

$$W_{sp} = T \cdot H \cdot \pi \cdot \sqrt{Z^3} \quad \text{m}^3/\text{km}^2 \text{ god}$$

W_{sp} - је просечна годишња специфична продукција ерозионих наноса по km^2

T - је температурни коефицијент који се израчунава помоћу обрасца:

$$T = \sqrt{\frac{t}{10} + 0,1}$$

t - средњегодишња температура ваздуха у степенима Целзијусовим ($^{\circ}\text{C}$)

H - средњегодишња сума падавина у mm (милиметара/годишње)

Z - коефицијент ерозије израчунат према Методи потенцијала ерозије

Просечна годишња продукција ерозионих наноса за целокупно сливно подручје које се истражује (W_g), израчунава се множењем површине слива (F) у km^2 , са средњом специфичном продукцијом наноса (W_{sp}).

$$W_g = F \cdot W_{sp} \quad \text{m}^3/\text{god}$$

Специфично средњегодишње доспевање ерозионог наноса (G_{sp}) је запремина просечног годишњег доспевања наноса са квадратног километра површине слива која дође до конкретног профила, и израчунава се множењем вредности специфичне средњегодишње продукције ерозионог наноса (W_{sp}) са коефицијентом ретензије наноса R_U (Гавриловић, 1972):

$$G_G = W_{sp} \cdot R_U \quad \text{m}^3/\text{km}^2 \text{ god}$$

$$R_U = \frac{(O \cdot D) \cdot 0,5}{0,25 \cdot (L + 10,0)}$$

O – обим слива у km

D – средња висинска разлика слива у km

L – дужина главног тока у km

Како је доспевање наноса до профила истовремено и пронос наноса кроз профил, уколико је у питању профил на току, није редак случај да се ови термини користе као синоними иако су у питању два различита процеса. Међутим, када је у питању улазни профил у акумулацију користи се само термин „доспевање“, јер је у случају акумулација то коректнији термин с обзиром да природног проноса наноса практично нема.

Укупно средњегодишње доспевање ерозионог наноса (G_g) израчунава се множењем укупне средњегодишње продукције ерозионог наноса (W_g) и коефицијента ретензије наноса (R_u).

$$G_G = W_G \cdot R_U \quad \text{m}^3/\text{god}$$

Сви резултати извршених прорачуна продукције и доспевања наноса по „Методи потенцијала ерозије“ за анализиране сливове приказани су у поглављу 5.8.

4.3.12 Прорачун количине задржаног наноса у заплавима преграда

Полазећи од претпоставке да су формираны заплави правилне призматичне форме, прорачун количине задржаног наноса у заплавима попречних објеката (W) може се одредити применом формуле В. Китин-а (1975):

$$W = \frac{1}{2} A \cdot L \Rightarrow W = \frac{m \cdot h_k^2}{2 \cdot (I_t - I_z)}$$

W – количина задржаног наноса у заплаву (m^3)

A – површина попречног пресека заплава (m^2)

L – дужина заплава (m)

m – просечна ширина заплава (m)

h_k – корисна висина попречног објекта (m)

I_t – природни пад корита у децималном облику

I_z - природни пад заплава у децималном облику

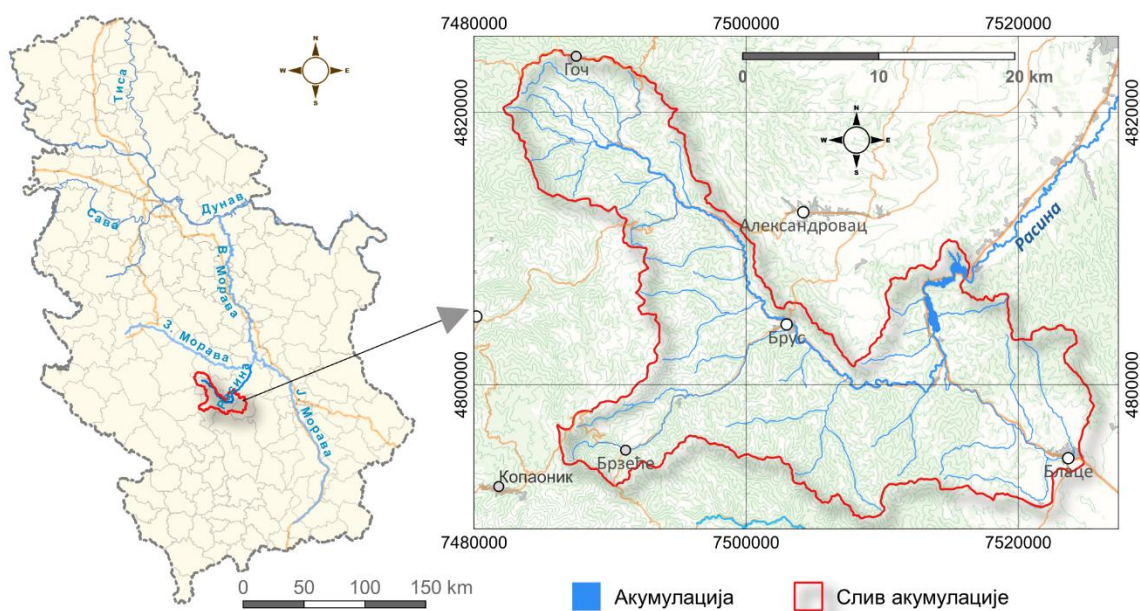
Количине наноса добијене овим прорачуном су резултат анализираних попречних објеката, како појединачно тако и њихов укупни биланс. На овај начин добијамо слику о количини задржаног наноса у условима различитих природних падова корита и ширина долина.

5 РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

5.1 Физичко-географске карактеристике

5.1.1 Физичко-географске карактеристике сливног подручја акумулације „Ђелије”

Сливно подручје акумулације „Ђелије” се налази у централном делу Републике Србије и представља део слива реке Расине, узводно од бране „Ђелије”. Расина је десна притока Западне Мораве у коју се улива 5 km низводно од града Крушевца. До села Разбојна тече клисурастом долином са малим ерозионим проширењима, какво је код Бруса. Између Разбојне и Бруса протиче плитким и широким коритом кроз Доброљубачку котлину, да би потом ушла у Златарску клисуру у којој гради неколико укљештених меандара. Река Расина дренира обронке планина Јастребац и Копаоник, које достижу надморску висину 1500 m, односно 1900 m. Површина слива Расине узводно од акумулације износи 609,15 km², а површина саме акумулације 3,5 km² - 5 km², зависно од нивоа воде (Слика 5.1).



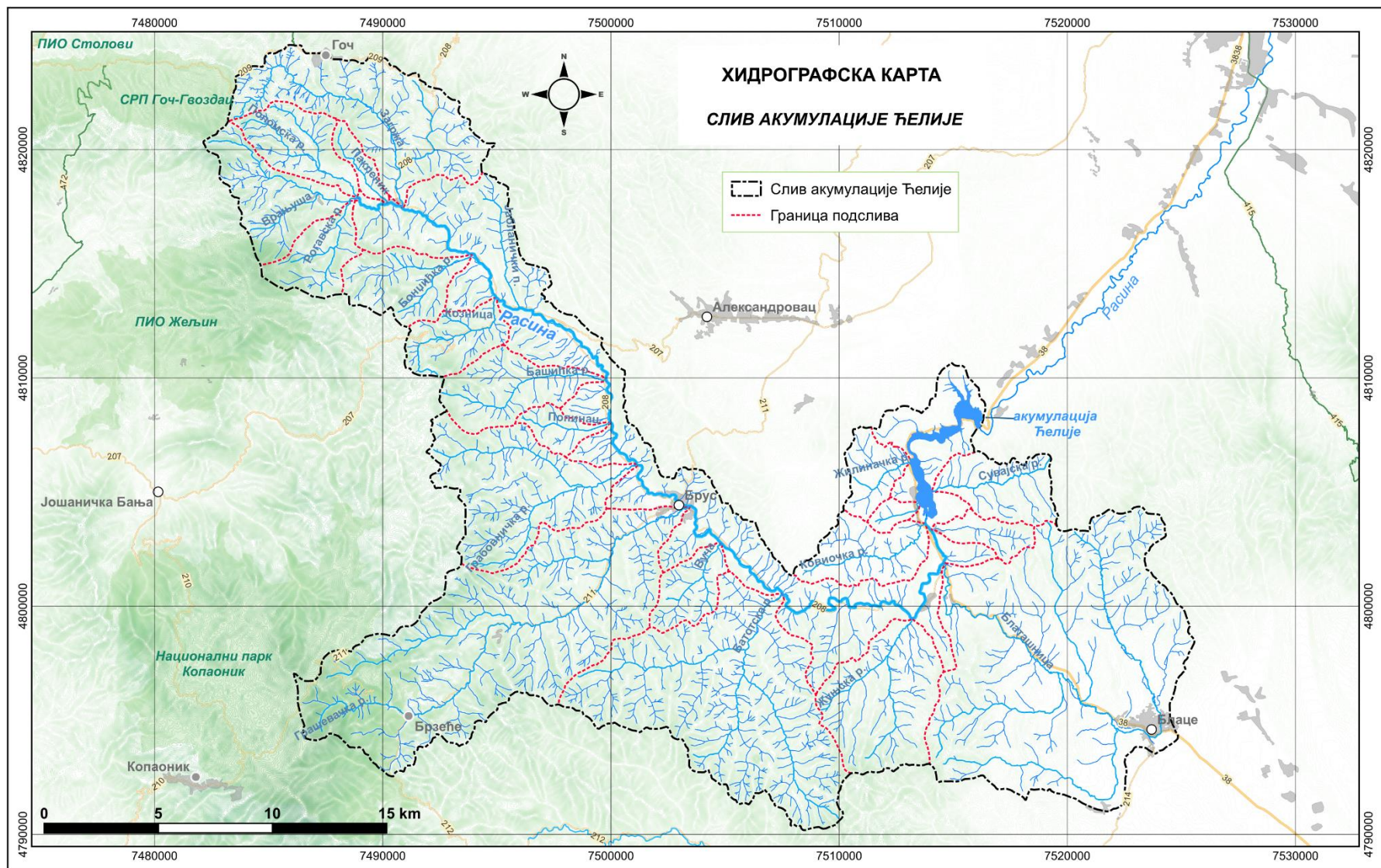
Слика 5.1 Прегледна карта подручја слива акумулације „Ђелије”

Извор: аутор

Брана има висину 51,5 m, дужину у круни 220 m и ширину у круни 8,0 m, где пролази регионални пут. Преградна конструкција је од каменог набачаја, са централним глиненим језгром и прелазним филтерским слојевима. Кота нормалног успора (КНУ) је 277 m, док је кота круне прелива (ККП) 282 m. Највећа ширина акумулације износи око 800 m на ККП. Укупна запремина акумулације износи $64 \times 10^6 \text{ m}^3$, од чега је укупна запремина за пријем поплавних таласа $27,4 \times 10^6 \text{ m}^3$. Средњи годишњи проток Расине, на месту бране је $5,84 \text{ m}^3/\text{s}$. Просечна дубина је око 12 m, док је максимална дубина језера 45 m. Провидност за време лета износи до 4 m.

Хидрографска мрежа у сливу Расине узводно од акумулације „Ђелије” је разграната (Слика 5.2), али неравномерно развијена у појединим деловима слива. Ове разлике у густини хидрографске мреже указују на издиференциране услове величине и брзине отицања падавина према сталним водотоковима на једној, и нивоа евапотранспирације на другој страни. Дужина тока узводно од бране је 69,95 km. Све притоке су бујичног

карактера. Осцилације протицаја су велике: од врло брзих наилазака бујичног таласа, са веома брзим концентрацијама великих вода, када протекне око 50% укупног годишњег водног биланса, до дугих сушних периода када токови немају довољно воде ни за очување својих екосистема. Расину одликује низ морфолошких и хидролошких специфичности: две пиратерије, асиметрија речног слива и речне мреже и др. Асиметрија речне мреже последица је паралелизма токова Расине и Пепељуше и њихових лактастих скретања (Доброљубачки басен), од југоисточног (динарског) ка североисточном правцу. У северно, конкавно развође слива Расине уклопљен је слив Пепељуше, тако да Расина на значајним деловима свог тока нема развијенијих левих, а Пепељуша десних притока (изузетак је Јабланички поток). Једина притока која дотиче са леве стране је река Загржа. Насупрот томе, десна страна слива Расине је развијена, а број већих притока значајан: Бонџићка река, Козничка река, Грашевачка река, Жуњска, Батотска и Блаташница. Последња већа десна притока Расине, узводно од акумулације „Ђелије”, је Блаташница која је пиратерисала просецањем пробојнице у Јанковој клисури део вода Топличке котлине формирајући два адаптациона лакта у зони самог Блаца. Основни физичко-географски параметри анализираних сливова приказани су у Табели 5.1.



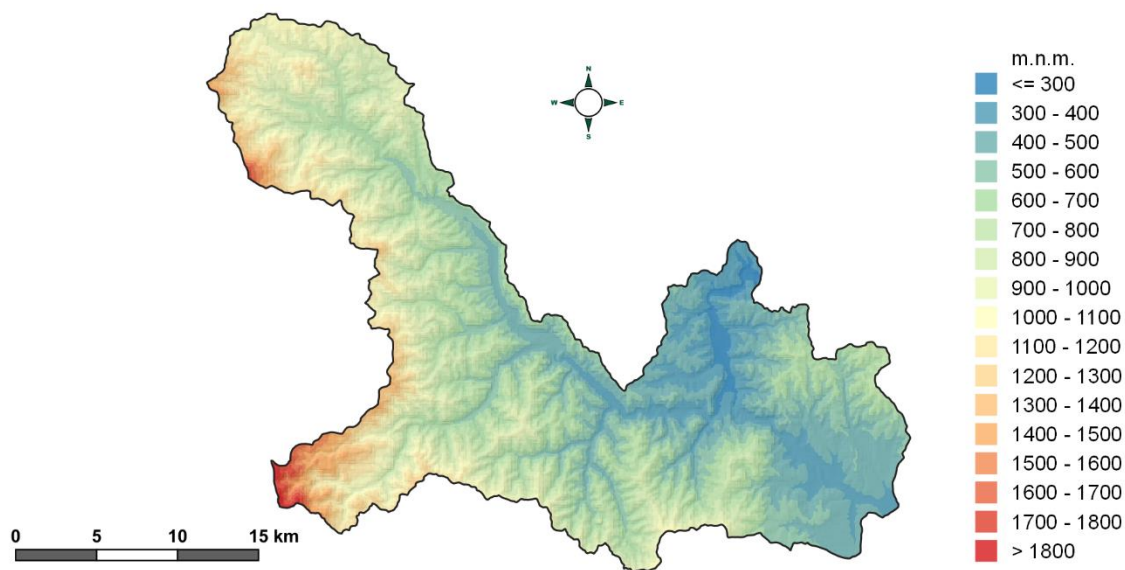
Слика 5.2 Хидрографска карта слива акумулације „Ћелије”
Извор: аутор

Табела 5.1 Физичко-географске карактеристике сливова на подручју слива акумулације „Ђелије“

	Име тока	Површина слива	Обим слива	Дужина		Средњи пад		Урав. пад тока	Средња		Растојање тежишта слива	Густина хидрографске мреже
				тока	слива	слива	тока		надморска висина	висинска разлика		
		km ²	km	km	km	%	%	%	m	m	km	km/km ²
1	Загржа	35,98	32,36	14,4	9,27	32,03	5,07	3,27	939	289	4,92	2,65
2	Пакленик	3,62	9,6	4,98	4,36	31,85	10,78	7,62	877	204	2,39	2,14
3	Поломска	12,04	16,63	8,05	6,67	35,22	8,32	5,08	985	275	3,61	2,70
4	Врањуша	16,72	23,86	8,37	8,69	38,73	9,20	6,19	1121	411	4,52	2,45
5	Рогавска река	9,60	14,34	7,58	5,31	38,19	13,72	9,38	1115	375	3,05	1,97
6	Бонџички поток	13,16	17,46	7,3	6,71	43,44	9,32	7,43	970	390	3,58	2,19
7	Козничка река	10,15	14,18	7,18	5,03	43,00	9,89	7,09	920	330	3,28	2,39
8	Башичка река	14,19	17,77	8,44	7,37	41,61	9,72	4,84	818	338	4,42	2,27
9	Попинац	4,30	10,29	4,41	4,1	40,37	9,07	6,40	685	225	2,38	2,19
10	Грабовничка река	33,56	29,75	11,16	9,27	37,98	8,78	3,94	865	415	5,38	2,45
11	Грашевачка река	92,83	52,02	24,7	19,65	44,44	5,99	3,01	949	519	13,01	2,26
12	Вуча	7,91	12,63	5,44	4,92	46,59	10,48	6,46	648	258	2,69	2,70
13	Батотска	70,24	43,61	13,2	13,05	45,57	5,61	1,92	716	256	4,86	2,74
14	Жуњска река	26,13	21,2	8,45	7,4	37,26	9,35	5,51	679	369	4,12	2,12
15	Блаташница	110,86	47,02	30,32	13,81	26,89	2,55	0,75	494	206	10,51	1,80
16	Ковиочка река	12,76	16,06	7,74	6,21	27,07	3,44	1,75	405	121	4,05	2,08
17	Богишка река	5,03	11,36	5,44	4,7	38,15	7,08	5,54	492	217	2,84	2,67
18	Дурјачки поток	1,90	6,02	2,88	2,67	34,11	6,15	4,09	363	90	1,55	1,71
19	Сувајска река	12,47	16,61	7,81	5,87	33,08	5,12	3,41	486	206	3,34	2,09
20	Жилиначка	7,02	12,2	4,21	4,15	33,58	5,91	3,20	411	140	1,37	2,18
21	Слив „Ђелије“	609,15	184,47	69,95	49,39	34,65	1,62	0,72	695	447	31,72	2,26

Извор: аутор

Најнижа кота у сливу је 239 m на профилу бране, а највиша 1.936 m. Просечна надморска висина у сливу је 695 m, док је средња висинска разлика 447 m.



Слика 5.3 Висинска представа слива акумулације „Ђелије“

Извор: аутор

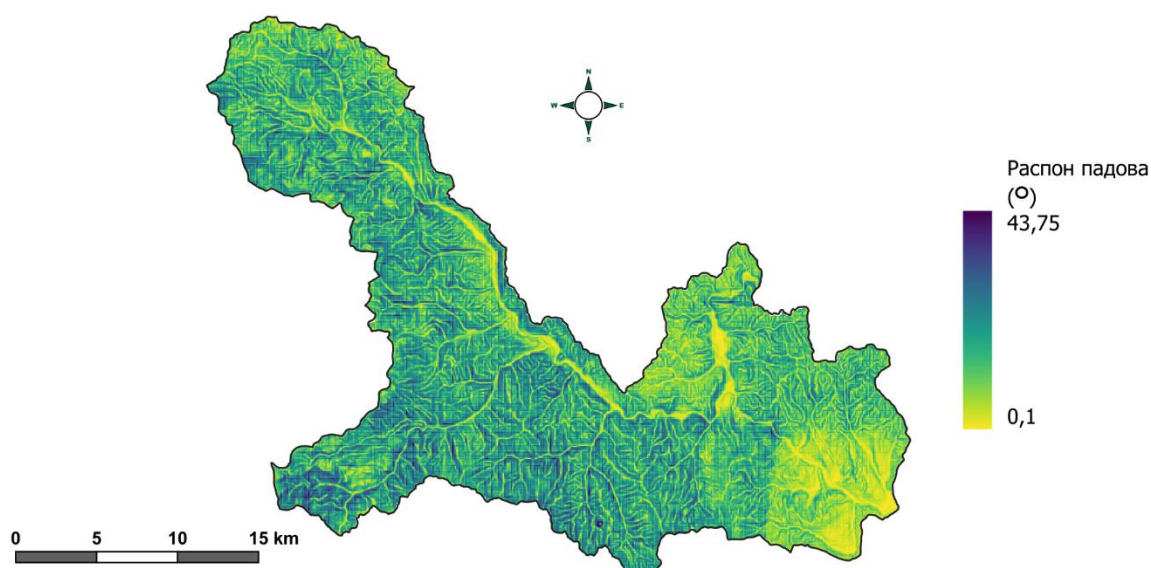
Надморска висина условљава развој рељефа, формирање земљишног и биљног покривача као и могућност развоја пољопривредне производње. Пораст надморске висине условљава снижавање температуре, повећање количине падавина и интензитет физичког распадања стена (Врауповић et al., 2010).

Табела 5.2 Висинска подела у сливу акумулације „Ђелије“

Висинска зона	< 300 m	300 - 500 m	500-1.000 m	>1.000 m	Укупно
% површине слива	1	23	58	18	100

Извор: аутор

Анализа карте висинске представе подручја слива акумулације „Ђелије“ (Слика 5.3) показује да се између 300 и 500 метара налази 23% површина, 58% површина налази између 500 и 1.000 метара надморске висине а 18% је смештено изнад 1.000 метара. Испод 300 метара је само 1% (Табела 5.2).



Слика 5.4 Карта нагиба терена слива акумулације „Ђелије”
Извор: аутор

Нагиб терена је један од најзначајнијих фактора који утичу на интензитет ерозионих процеса (Слика 5.4). Падови терена под углом до 10 степени заузимају 29% територије слива. Доминантни су падови између 10-25 степени који покривају 60% површине, што указује да су услови за развој ерозионих процеса изузетно повољни. Површине са падом под углом већим од 25 степени чине 11% (Табела 5.3).

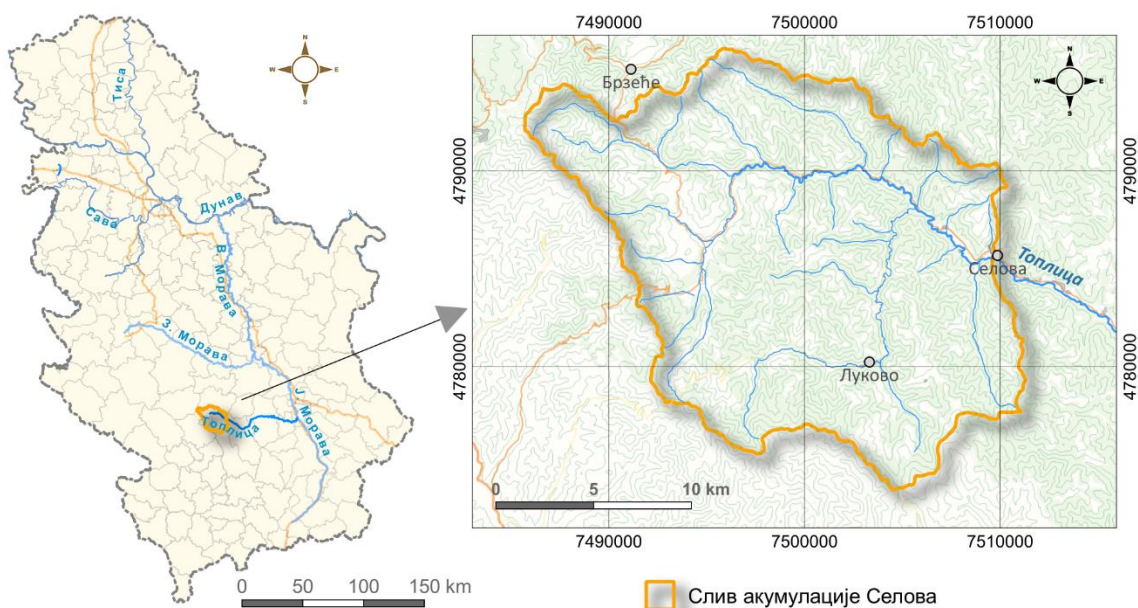
Табела 5.3 Нагиб у сливу акумулације „Ђелије”

Нагиб (°)	0-10	10-25	>25
% површине слива	29	60	11

Извор: аутор

5.1.2 Физичко-географске карактеристике сливног подручја акумулације „Селова“

Сливно подручје акумулације „Селова“ је део слива реке Топлице, највеће леве притоке Јужне Мораве (Слика 5.5). Вишенаменска акумулација „Селова“ је објекат чија је основна намена водоснабдевање, а остале намене су: заштита од поплава, задржавање наноса, производња хидроенергије, узгој риба, наводњавање, туризам и др. Акумулација контролише 346,05 km² изворишног дела слива реке Топлице што представља око 16% од укупне површине слива (2.217 km²). Просечни годишњи протикај на профилу „Селова“ износи 3,7 m³ s⁻¹.



Слика 5.5 Прегледна карта подручја слива акумулације „Селова“
Извор: аутор

Брана је изграђена од каменог набачаја са глиеним језгром (камени материјал је из каменолома Ранковица, јако доброг квалитета, а глиени материјал је из локалног позајмишта и одговара прописаним стандардима квалитета) и филтерским слојевима. У темељном делу је изграђена инјекциона галерија, са инјекционом завесом променљиве дубине (инјектирање се врши из инјекционе галерије, која је међу првим таквим објектима у Републици Србији). Основне карактеристике бране и акумулације су:

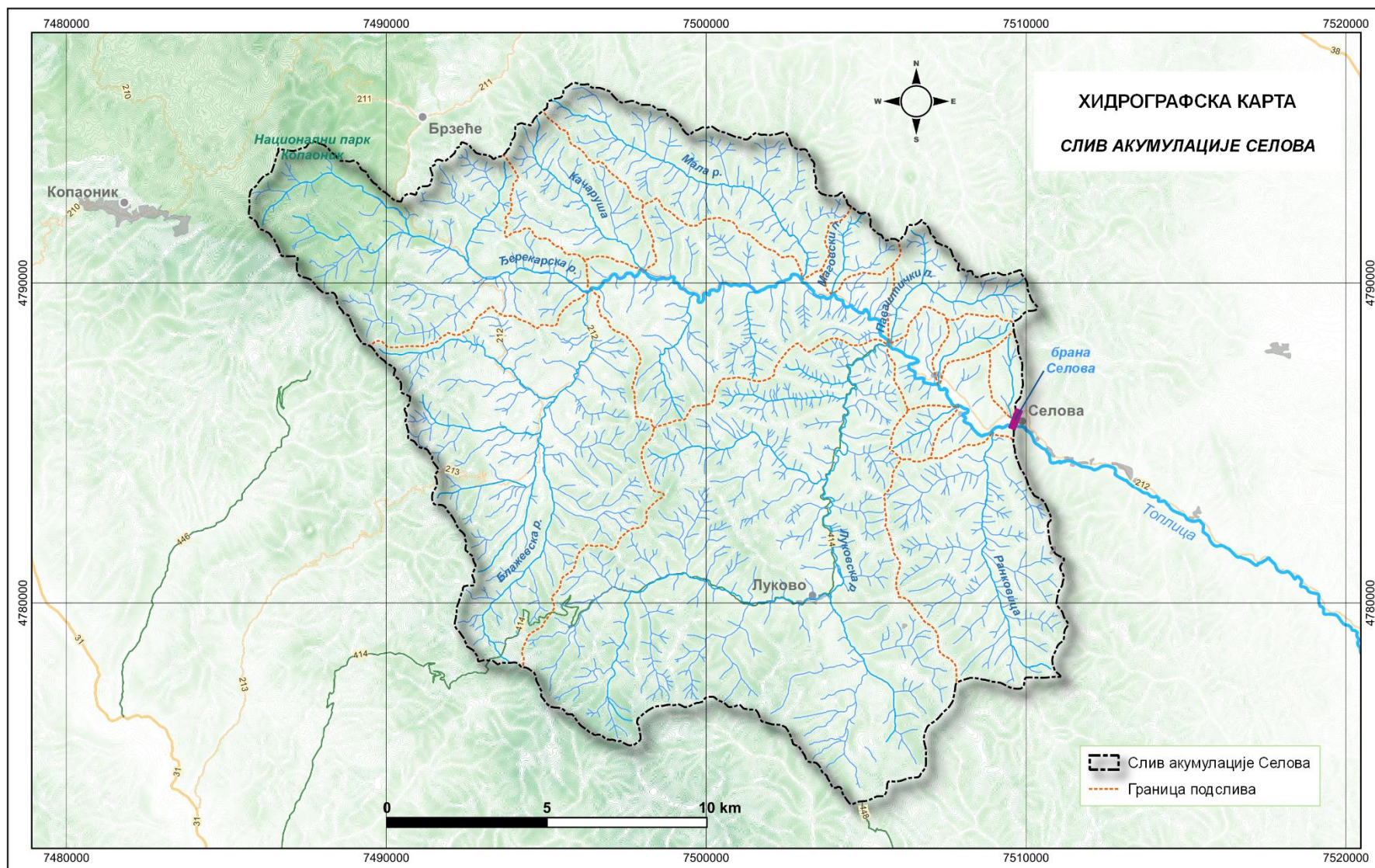
- | | |
|--------------------------------|--------------------------|
| • висина насуте бране | 70,6 m |
| • укупна запремина акумулација | 70,5 мил. m ³ |
| • запремина мртвог простора | 7,3 мил. m ³ |
| • кота круне бране | 527 m |
| • укупна запремина тела бране | 1,8 мил. m ³ |
| • капацитет шахтног прелива | 850 m ³ /s |

Изградња бране је почела 1986. године и њен грађевински део је завршен 2007. године, али још увек није потпуно завршена и није стављена у функцију. Запремина за пријем 50-годишњих поплавних таласа ($Q_{\max}=290 \text{ m}^3/\text{s}$), између коте нормалног радног нивоа 516,5 m и коте прелива 523,6 m, износи $17,2 \times 10^6 \text{ m}^3$. Површина акумулације (за коту нормалног успора) износи 280 ha, а дужина (за коту нормалног успора) 7 km. Због стабилности, при дејству земљотреса, има пет водозахвата; тунел за водоснабдевање је дужине 320 m, од којих је 158 m обложено челиком; преливна грађевина шахтни прелив, пречника круне прелива 24 m и капацитета $1.050 \text{ m}^3/\text{s}$. Сви напред наведени објекти су на десном боку који је, због сложене геометрије напона и зоне деградиране стене, лошијих геомеханичких својстава, морао бити ојачан анкерима, прсканим бетоном и дренарањем подземних и површинских вода.

Река Топлица настаје после састава Ђерекарске (лева притока) и Блажевске реке (десна притока). Ђерекарска река има мањи слив и мање разгранату хидрографску мрежу од Блажевске реке. Најзначајнија притока Ђерекарске реке је Дубоки поток. Блажевска река има врло развијену хидрографску мрежу, нарочито у горњем и средњем делу слива. Њена најзначајнија притока је Бораначка река. Бораначка река настаје од Витошке реке и Бораначког потока. У доњем току у Блажевску реку се улива већи број мањих безимених десних притока а од левих је значајнија Поточина (Слика 5.6).

Слив реке Топлице у горњем току је изразито асиметричан. Десна страна слива је знатно хидрографски развијенија и захвата скоро 70% слива, док лева страна има мање притока од којих се истичу: Паваштичка река, Паваштички поток, Маговски поток, Мала река и Качаруша.

Најзначајније притоке реке Топлице су на десној страни. Луковска река је највећа међу њима. Настаје после састава Штавске и Требињске реке и улива се у Топлицу у селу Мерћез. Има веома развијену хидрографску мрежу. Најзначајније леве притоке у доњем и средњем току су: Сеочка река, Студен поток, Гужвенички поток и Зелички поток. Значајније десне притоке су: Врањски поток, Крушевички поток и Дубавац. Ранковица је такође десна притока и у Топлицу се улива у непосредној близини бране „Селова“. Најпознатије њене притоке су Вратнички (лева) и Струганички поток (десна). Овако разграната хидрографска мрежа реке Топлице утиче на веће могућности транспорта ерозионог наноса. Физичке карактеристике подсливова приказане су у Табели 5.4.



Слика 5.6 Хидрографска карта слива акумулације „Селова“

Извор: аутор

Табела 5.4 Физичко-географске карактеристике сливова на подручју слива акумулације „Селова“

	Име тока	Површина слива	Обим слива	Дужина		Средњи пад		Урав. пад тока	Средња		Растојање тежишта слива	Густина хидрографске мреже
				тока	слива	слива	тока		надморска висина	висинска разлика		
				km ²	km	km	km		%	%		
1	Средњи поток	2,01	6,23	2,63	2,72	30,32	19,58	17,80	787,5	310,5	1,47	2,02
2	Паваштичка река	2,59	7,81	3,42	3,30	31,86	16,42	12,16	785,6	300,6	1,97	2,46
3	Паваштички поток	8,40	15,87	5,96	5,84	32,51	10,18	6,49	826,9	317,9	3,04	2,56
4	Маговски поток	3,75	8,55	2,95	2,74	33,28	12,19	8,33	776,4	231,4	1,46	2,53
5	Мала река	24,76	26,97	11,00	9,92	32,39	7,15	3,96	913,7	360,7	3,47	2,52
6	Качаруша	13,49	17,13	6,67	6,08	30,72	8,63	6,18	974,1	338,1	5,34	2,40
7	Ђерекарска река	41,95	33,40	13,04	11,03	32,30	9,87	5,95	1194,3	513,3	6,48	2,21
8	Блажевска река	57,92	38,58	14,31	12,15	27,45	5,50	2,93	1018,8	338,8	6,57	2,55
9	Луковска река	113,72	52,17	24,00	15,15	32,70	4,81	2,07	1008,9	506,9	14,37	2,36
10	Аџовски поток	2,27	6,40	2,53	2,55	32,68	16,28	14,68	783,1	299,1	1,55	3,09
11	Ранковица	31,98	24,15	8,96	8,09	32,58	7,18	3,66	835,3	362,3	4,34	2,69
12	Међуслив	43,10	52,44	19,82	14,36	31,28	1,12	0,86	788,6	319,6	12,70	2,57
13	Слив „Селова“	345,94	92,87	32,74	24,90	32,21	4,56	1,75	970	501,0	15,19	2,45

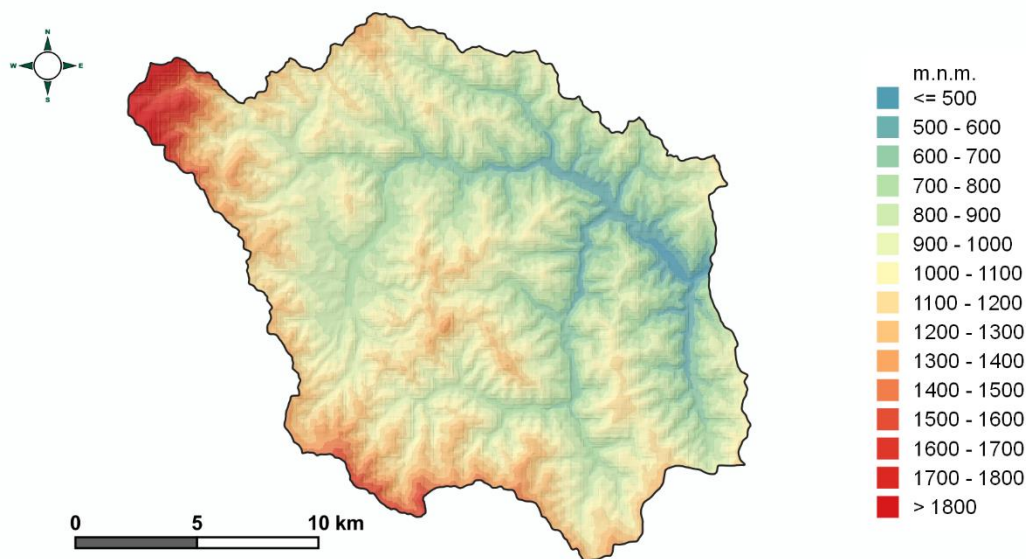
Извор: аутор

Анализа карте са висинском представом слива (Слика 5.7) показује да се између 500 и 700 метара налази 10% површина, 49% површина налази између 500 и 1.000 метара надморске висине, а чак 41% је смештено изнад 1.000 метара. Испод 500 метара је само 0,4% (Табела 5.5).

Табела 5.5 Висинска расподела у сливу акумулације „Селова“

Висинска зона	< 500 m	500-700 m	700-1.000 m	>1.000 m	Укупно
% површине слива	0,4	10	49	41	100

Извор: аутор



Слика 5.7 Висинска представа слива акумулације „Селова“

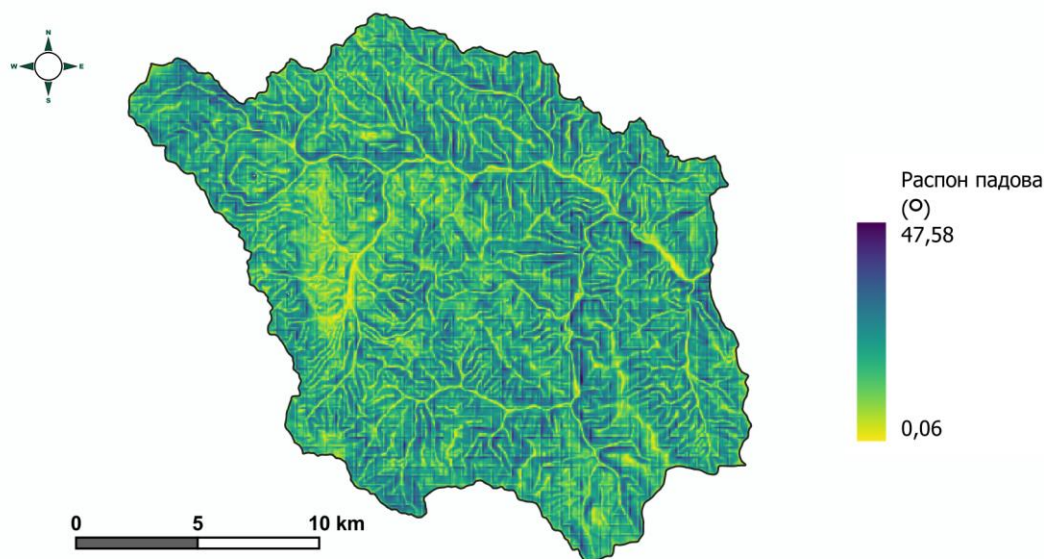
Извор: аутор

Према карти нагиба терена (Слика 5.8), падови терена под углом до 10 степени заузимају 15% територије слива. Падови између 10-25 степени покривају 65% површине, што указује да су услови за развој ерозионих процеса изузетно повољни. Површине са падом под углом већим од 25 степени чине 20% територије слива (Табела 5.6).

Табела 5.6 Нагиб у сливу акумулације „Селова“

Нагиб (°)	0-10	10-25	>25
% површине слива	15	65	20

Извор: аутор



Слика 5.8 Карта нагиба терена у сливу акумулације „Селова”
Извор: аутор

5.2 Геолошке карактеристике

5.2.1 Геолошке карактеристике сливног подручја акумулације „Ђелије”

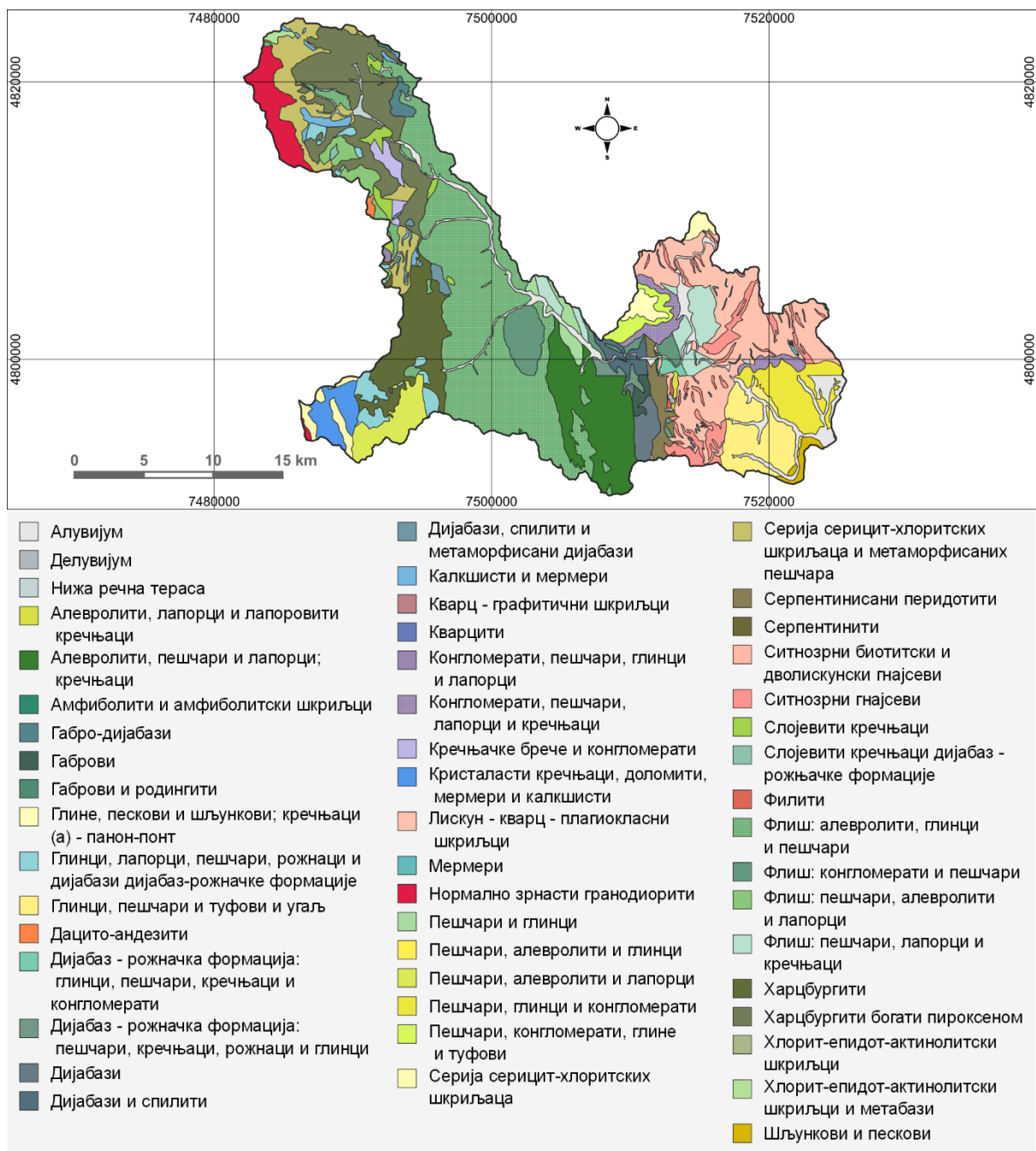
У геолошкој грађи слива акумулације „Ђелије” највише су заступљене следеће геолошке творевине: палеозојски стенски комплекс (кристални шкриљци), мезозојски стенски комплекс (флиш), палеогени стенски комплекс, неогени стенски комплекс и кварталне насlage (Слика 5.9).

Најстарије (палеозојске) стене на овом подручју су кристални шкриљци високог степена метаморфизма од којих су изграђени западни и источни делови Великог и Малог Јастребца, а мање масе заступљене су међу стенама Копаоничког блока. У састав овог стенског комплекса улазе гнајсеви, микашисти, амфиболити, амфиболитски и други шкриљци.

Мезозојски стенски комплекс чине јурске и кредне творевине, флишне формације представљене кречњацима, пешчарима, конгломератима, лапорцима и глинцима. Ове стене заступљене су на највећем делу територије слива реке Расине. У сливу је присутна и дијабаз-рожна формација, као и дијабаз-спилитско-албска формација, пре свега у изворишним деловима.

Палеогени стенски комплекс представљен је грандодиритима, гранитима, кварцодиритима и диоритима. Од ових стена изграђене су западне и југозападне падине планине Гоч.

У оквиру сложене тектонске депресије моравског рова јавља се неогени стенски комплекс (на подручју Ђелијског језера насlage хелвета изграђене од конгломерата, пешчара и ређе песковитих лапораца). Најмлађе творевине на сливном подручју су кварталне насlage које припадају плеистоцену и холоцену. Најзначајније су холоцене, алувијалне насlage развијене дуж тока Расине, које изграђују њену плодну долину.

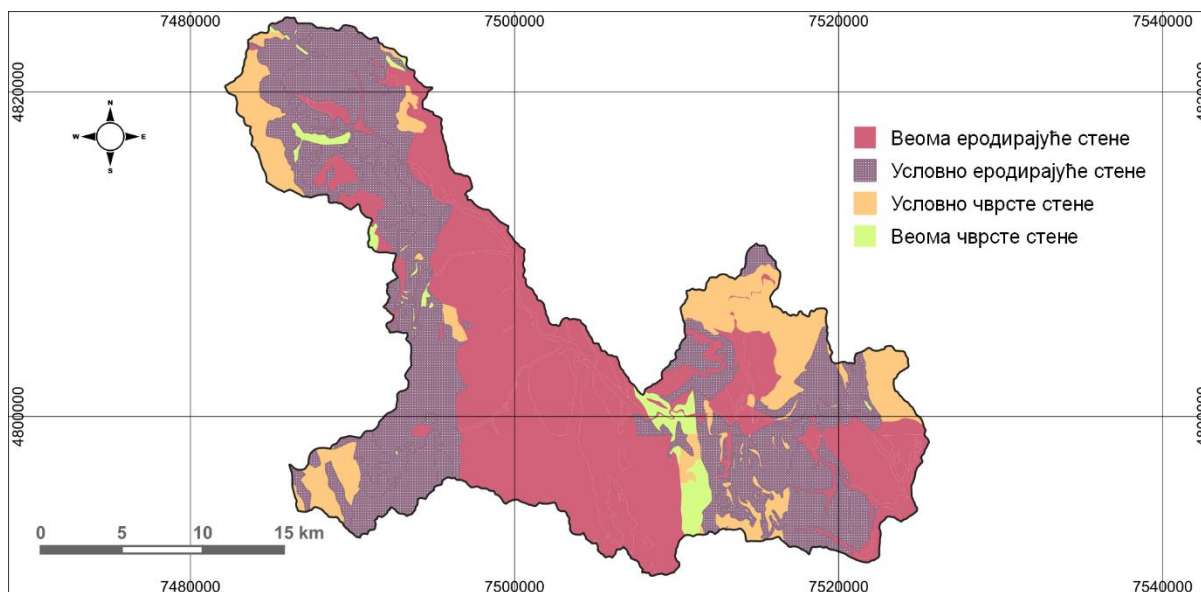


Слика 5.9 Геолошка карта слива акумулације „Телије“

Извор: аутор

Према хидрогеолошкој рејонизацији изворишта подземних вода, подручје припада рејону „Шумадијско-копаоничке“ области коју карактеришу геолошке формације водонепропусних и слабо пропусних комплекса сиромашних подземном водом.

Према отпорности на ерозионе процесе стене су разврстане у 4 категорије: веома чврсте стене, условно чврсте стене, условно еродибилне стене и врло еродибилне. Условно чврсте стене су заступљене на око 14%, условно еродибилне стене 38% и врло еродибилне 45%, што значи да је више од 90% површине потенцијално угрожено ерозијом (Слика 5.10).

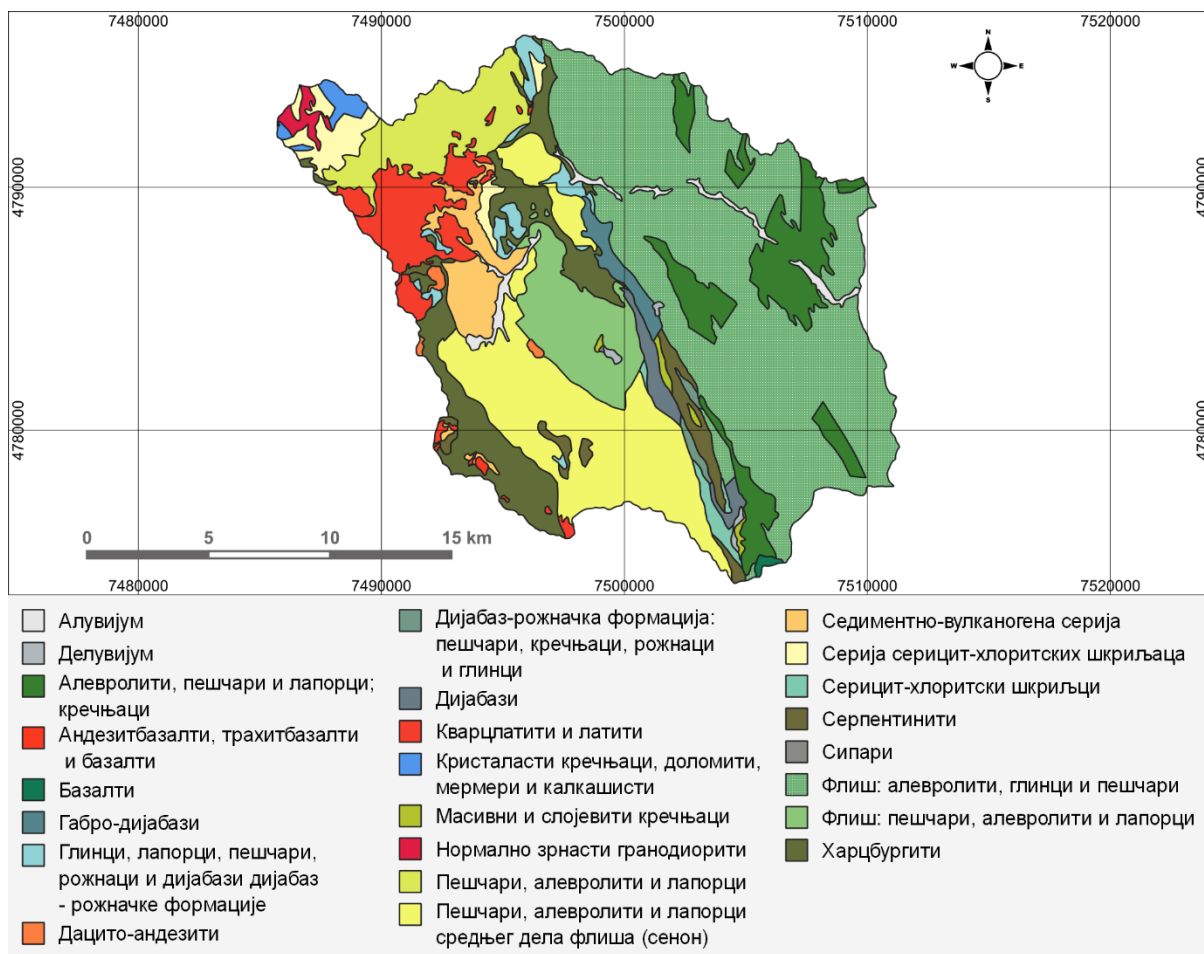


Слика 5.10 Карта еродибилности стена у сливу акумулације „Телије”
Извор: аутор

5.2.2 Геолошке карактеристике сливног подручја акумулације „Селова”

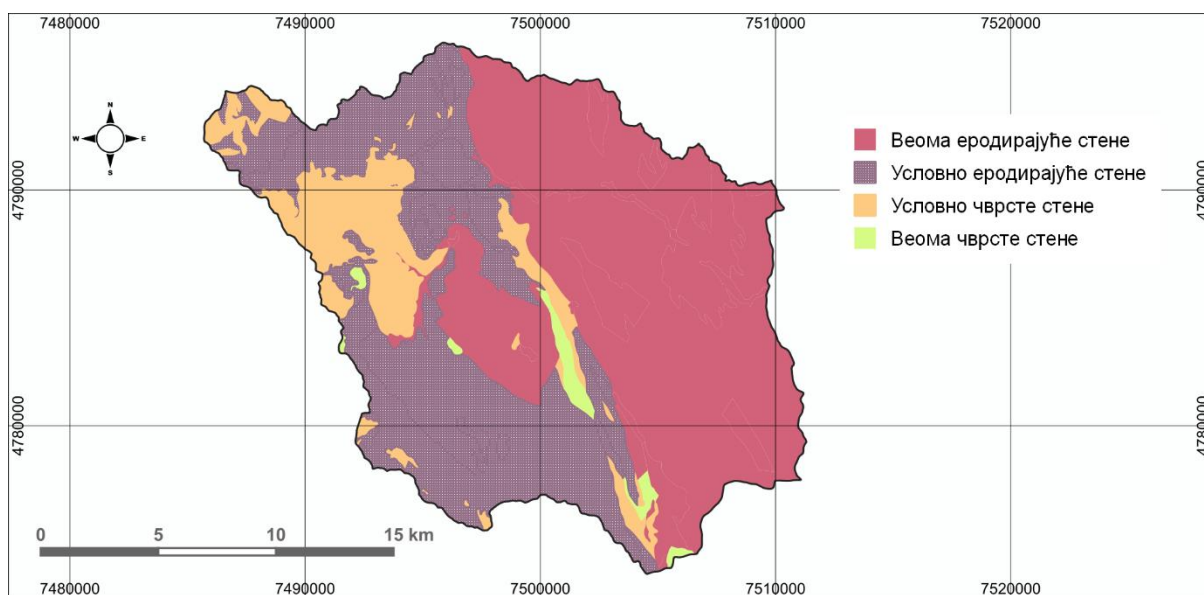
Подручје слива припада крајњем источном делу динарске зоне веначних планина и лежи на југоисточним падинама Копаоника, које су испресецане густом мрежом долина река и потока, међу којима се издваја долина горњег тока реке Топлице са својим притокама Луковском, Блажевском и Ђерекарском реком (Слика 5.11). Слив Топлице, изузев изворишног дела, усечен је у веома еродибилним флишолоким стенама (састављене од пешчара, алевролита и лапораца) које се налазе на око 70% површине слива. Ове стене су хетерогеног састава, крупнозрнијег у нижим партијама, а ситнозрније у вишим. Одликују се веома израженом нестабилношћу на падинама и изузетно великом продукцијом наноса претежно средњег и ситног зрна. Изразито су подложне неповољном дејству воде.

Следећој групи стена према еродибилности припадају кристаласти шкриљци, доломити, кречњаци и серпентини. Ове стене су нешто отпорније од претходних, и код њих се са дубином повећава чврстина. Површински делови ових стена углавном дају дробину крупног и средњег зрна. Средње отпорне стенохарцбургити, одликују се нешто већом чврстоћом и мањом продукцијом крупнозрне дробине по површини, у поређењу са стенама претходне групе. Отпорним стенама у сливу припадају све заступљене остале магматске стене: кварцлатити, гранодиорити, базалти, габро, дијабази.



Слика 5.11 Геолошка карта слива акумулације „Селова”
Извор: аутор

Условно чврсте стене су заступљене на 12% површине слива, условно еродирајуће стене 35% и врло еродирајуће 51%, што значи да је више од 95% површине потенцијално угрожено ерозијом (Слика 5.12).



Слика 5.12 Карта еродибилности стена у сливу акумулације „Селова”
Извор: аутор

5.3 Педолошке карактеристике

5.3.1 Педолошке карактеристике сливног подручја акумулације „Ђелије”

Долина Расине испуњена је алувијалним материјалом чији је саставни део непропустљив глиновити материјал (75%), значајан за формирање корита, а посебно за дно акумулације (Слика 5.13). Десно приобаље језера развијено је на кристаластим шкриљцима и представљено је хумусним силикантним ранкерима, односно еутеричним посмеђеним подзолима иловасте структуре, који су у великој мери (до 50%) скелетизовани захваљујући антропогеној ерозији. Изнад десне обале Златарског и великог дела Васићког басена ранкери су деградацијом сведени на плитко, црвеносмеђе, скелетоидно силикатно земљиште, богато гвожђем, без развијене глинене компоненте.

Земљиште леве стране језерског приобаља развијено је на кластитима и највећим делом представља смеђе земљиште односно подзол, који је на стрмим експозицијама, услед девастације, у знатној мери скелетизован (20-50%). На слабије дренираној геолошкој подлози прелазе у смоницу.

Камбична (смеђа) земљишта (*Cambisol*) су заступљена у свим климатима и простиру се од равних до планинских предела, и са широким опсегом вегетације. Матични супстрат је у слабом или умереном процесу распадања, а земљиште се карактерише присуством мањег садржаја лесивираних глине, органске материје и једињења алуминијума и гвожђа (FAO, 2014).

Највећу заступљеност на подручју слива акумулације „Ђелије” имају еутрична смеђа земљишта (*Eutric Cambisol*) која покривају око 39% површине (Табела 5.7). Могу се формирати на различитим супстратима богатим базама, при чему рН вредност не иде испод 5,5 а засићеност базама је преко 50% (Škorić i sar., 1985).

Кисела смеђа земљишта (*Dystric Cambisol*), су заступљена на при приближно 13% територије слива. Одликују се киселом реакцијом, нижом од 5,5 рН јединица и засићеношћу базама испод 50% (FAO, 2014).

Хумусно-силикатна земљишта – ранкери (*Leptosol*) су заступљени на око 15% површине слива акумулације, углавном на вишим надморским висинама на различитим матичним стенама, од базичних до екстремно киселих. Одликују се присуством охричног, умбричног или моличног А хоризонта, и грађом профила А-С, са количином хумуса од 5-15%. Могу бити литични, реголитични, посмеђени и колувијални (Škorić i sar., 1985).

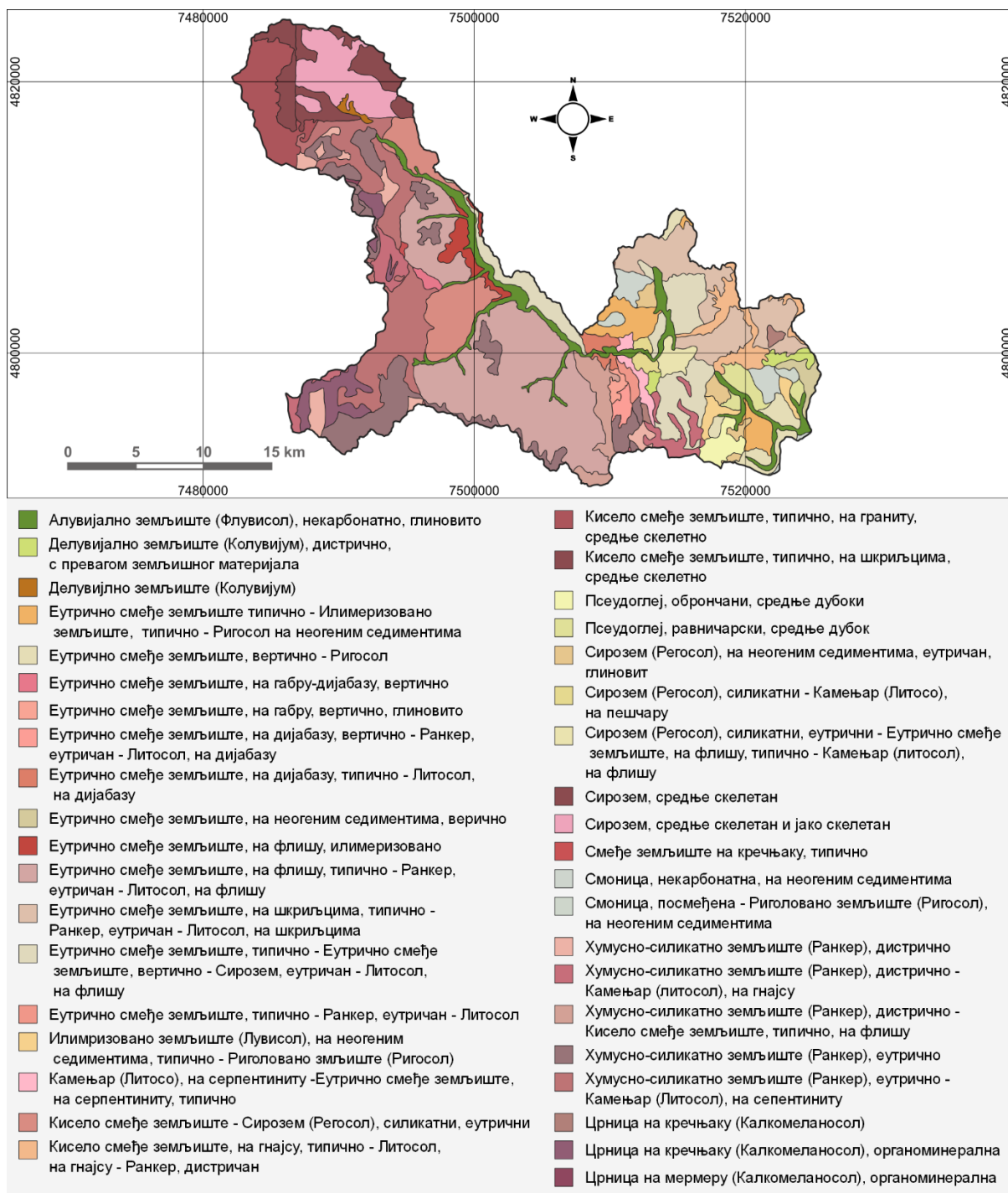
Смонице (*Vertisol*) су земљишта тешког механичког састава, која се по генези јављају на надморским висинама 200-600 m. Имају слабо киселу до киселу реакцију, и неповољних су физичких својстава, са недовољном количином хранљивих материја (Škorić i sar., 1985). На подручју слива акумулације заузимају површине на свега 1,9 %.

Рендзине (*Rendzic Leptosol*) покривају око 7% површине слива Расине. Ова земљишта су се формирала на растреситим базичним стенама, пешчарима, лапорцима, кречњацима, глинцима, што неповољно утиче на развој ерозионих процеса. Дубина земљишта је до 30 cm, са високом рН вредношћу и садржајем хумуса већим од 25-30% (Ćirić, 1962).

Псеудоглеј (*Planosol*) се најчешће формира на равним теренима са дубоким, базама сиромашним супстратима, као што су старе алувијалне терасе, делувијалне терасе и терцијарне језерске терасе (Ćirić, 1962). Налази се на подручју општине Блаце, у долини Блаташнице, и формиран је на глинама, пешчарима и лапорцима. Покрива површину од 2,2%.

Алувијална земљишта (*Fluvisol*) су формирана уз водоток реке Расине и њених притока, покривајући површину од скоро 5%. Највеће површине флувисола се налазе у долини Расине. Одликују се повољним физичким и хемијским својствима, услед чега су погодна за интензивну пољопривреду. Профил флувисола је најчешће јако издиференциран на различите слојеве, као последица различитих услова таложења (Ćirić, 1962). Калкомеланосол (*Mollic Leptosol*) – црница на кречњаку се налази на приближно 3% површине слива.

Калкокамбисоли – смеђа земљишта на кречњаку (*Leptic Cambisol – (Eutric)*), са шумском вегетацијом и великим опсегом распрострања по питању надморске висине и климатских услова (Škorić i sar., 1985) се налазе на мањим површинама око 0,1%, са киселом реакцијом $pH > 5,5$ и иловастог су механичког састава.



Слика 5.13 Педолошка карта слива акумулације „Телије”
Извор: аутор

Табела 5.7 Типови земљишта у сливу акумулације „Ђелије”

Тип земљишта	km ²	%
Алувијално земљиште (Флувисол), некарбонатно, глиновито	29,67	4,9
Црница на кречњаку (Калкомеланосол), органоминерална	14,75	2,4
Црница на кречњаку (Калкомеланосол)	1,93	0,3
Црница на мермеру (Калкомеланосол), органоминерална	0,27	0,04
Делувијално земљиште (Колувијум)	1,42	0,2
Кисело смеђе земљиште, на гнајсу, типично - Литосол, на гнајсу - Ранкер, дистричан	13,53	2,2
Кисело смеђе земљиште - Сирозем (Регосол), силикатни, еутрични	29,57	4,8
Еутрично смеђе земљиште, на флишу, илимеризовано	8,04	1,3
Еутрично смеђе земљиште типично - Илимеризовано земљиште, типично - Ригосол на неогеним седиментим	15,12	2,5
Еутрично смеђе земљиште, на габру-дијабазу, вертикално	1,62	0,3
Еутрично смеђе земљиште, на габру, вертикално, глиновито	1,95	0,3
Еутрично смеђе земљиште, типично - Еутрично смеђе земљиште, вертикално - Сирозем, еутричан - Литосол, на флишу	25,33	4,1
Еутрично смеђе земљиште, вертикално - Ригосол	11,09	1,8
Еутрично смеђе земљиште, на неогеним седиментима, вертикално	4,35	0,7
Еутрично смеђе земљиште, на дијабазу, вертикално - Ранкер, еутричан - Литосол, на дијабазу	2,74	0,4
Еутрично смеђе земљиште, на флишу, типично - Ранкер, еутричан - Литосо, на флишу	109,34	17,9
Еутрично смеђе земљиште, на шкриљцима, типично - Ранкер, еутричан - Литосол, на шкриљцима	41,75	6,8
Еутрично смеђе земљиште, на дијабазу, типично - Литосол, на дијабазу	4,07	0,7
Еутрично смеђе земљиште, типично - Ранкер, еутричан - Литосол	2,14	0,4
Еутрично смеђе земљиште, типично - Еутрично смеђе земљиште, вертикално - Сирозем, еутричан - Литосол, на флишу	15,87	2,6
Хумусно-силикатно земљиште (Ранкер), дистрично	11,05	1,8
Хумусно-силикатно земљиште (Ранкер), дистрично - Кисело смеђе земљиште, типично, на флишу	12,06	2,0
Хумусно-силикатно земљиште (Ранкер), дистрично - Камењар (литосол), на гнајсу	17,44	2,9
Хумусно-силикатно земљиште (Ранкер), еутрично	47,79	7,8
Хумусно-силикатно земљиште (Ранкер), еутрично - Камењар (Литосол), на сепентиниту	53,05	8,7
Илимеризовано земљиште (Лувисол), на неогеним седиментима, типично - Риголовано змљиште (Ригосол)	4,83	0,8
Делувијално земљиште (Колувијум), дистрично, с превагом земљишног материјала	4,28	0,7
Камењар (Литосол), на серпентиниту -Еутрично смеђе земљиште, на серпентиниту, типично	4,45	0,7
Псеудоглеј, обрончани, средње дубоки	6,17	1,0
Псеудоглеј, равничарски, средње дубок	7,58	1,2
Сирозем (Регосол), силикатни, еутрични - Еутрично смеђе земљиште, на флишу, типично - Камењар (литосол), на флишу	4,88	0,8
Сирозем (Регосол), на неогеним седиментима, еутричан, глиновит	6,22	1,0
Сирозем (Регосол), силикатни - Камењар (Литосол), на пешчару	3,18	0,5
Сирозем, средње скелетан и јако скелетан	27,56	4,5
Сирозем, средње скелетан	18,16	3,0
Кисело смеђе земљиште, типично, на граниту, средње скелетно	25,08	4,1
Кисело смеђе земљиште, типично, на шкриљцима, средње скелетно	9,82	1,6

Тип земљишта	km ²	%
Смеђе земљиште на кречњаку, типично	0,40	0,1
Смоница, некарбонатна, на неогеним седиментима	9,10	1,5
Смоница, посмеђена - Риголовано земљиште (Ригосол), на неогеним седиментима	2,64	0,4

Извор: аутор

5.3.2 Педолошке карактеристике сливног подручја акумулације „Селова”

У сливу Топлице до профила бране „Селова” је заступљено више типова, подтипова и варијетета земљишта (Слика 5.14). Разноврсност педолошког покривача је резултат разноликости матичног супстрата. На педогенезу у великој мери утиче и планински рељеф са просечним нагибом од 30-45%. Основна карактеристика земљишта је да су плитка и подложна ерозији. Уочљива је и вертикална промена распореда педолошких типова земљишта која се претежно поклапа са вертикалном зоналношћу вегетације: до 800 m органогено и органо-минерално хумусно-силикатно земљиште (ранкер) на серпентину и посмеђено хумусно и силикатно земљиште на серпентину; од 800 до 1.100 m углавном посмеђено и смеђе земљиште на серпентину и кисело смеђа земљишта на силикатним стенама; од 1.100 до 1.500 m хумусни варијетет киселог смеђег земљишта, смеђе земљиште на серпентину и смеђа земљишта на кречњацима; од 1.500 до 1.800 m типови земљишта су: смеђа подзоласта земљишта, кисела хумусно-силикатна земљишта и органо-минералне и посмеђене црнице на кречњацима; изнад 1.800 m срећу се смеђа подзоласта земљишта, калкомелансол и хумусно-силикатна земљишта (Табела 5.8).

Земљишта целог подручја су махом плитка (око 75% површине) и средње дубока (око 20%). Средње дубока су земљишта типа: еутрично смеђе, алувијално и колувијално земљиште. Сва земљишта су слабо и средње скелетна са 10–30% скелета и лакшег механичког састава (песковито-иловаста и иловаста), спорадично глиновита иловача. У сливу акумулације „Селова” регистровани су следећи типови земљишта:

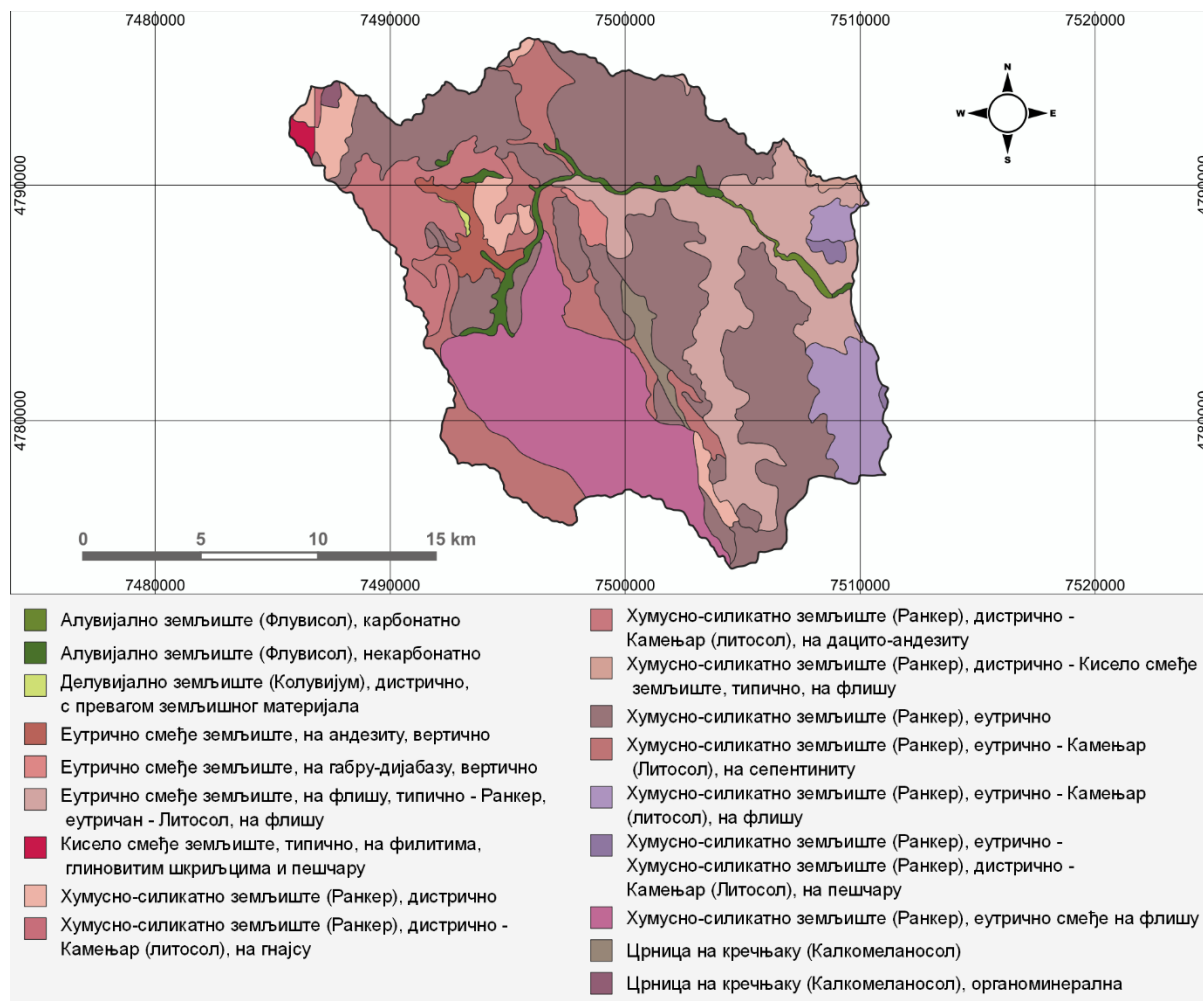
Камењар (литосол) – ова земљишта су у иницијалном процесу педогенезе. Јављају се услед неповољних климатских и микроклиматских, петрографских или орографских услова. Услови за развој вегетације су изразито неповољни па су то најчешће голети. У зависности од матичног супстрата уочени су подтипови литосола који се не опојављују самостално: литосол на флишу, пешчару, дацито-андезиту, граниту и серпентиниту.

Колувијум (колувијано земљиште) – неразвијено земљиште на дацито-андезитском наносу настало је у подножју падина у изворишном делу Блажевске и Ђерекарске реке. Припада подтипу дистричног силикатног колувијума, иловастог је механичког састава и јавља се на средњим нагибима (16-30%). Захвата веома малу површину слива.

Црница на једром кречњаку (калкомеланосол) - јавља се на партији једрог кречњака у сливу Луковске реке и захвата нешто више од 4% укупне површине слива. Иловастог је механичког састава, јавља се на стрмим нагибима (30–40%).

Хумусно-силикатно земљиште (ранкер) - најзаступљенији тип земљишта који се јавља на скоро 79% површине слива. Постоји на свим поменутиим силикатним

супстратима, осим на андезиту где је еволуирало у смеђе еутрично земљиште. Јавља се са два подтипа: еутрично хумусно-силикатно земљиште (еутрични ранкер) и дистрично хумусно-силикатно земљиште (дистрични ранкер).



Слика 5.14 Педолошка карта слива акумулације „Селова”
Извор: аутор

Еутрично смеђе земљиште (еутрични камбисол) – представља следећи стадијум еутричног ранкера на површинама под мањим нагибом (15–30%). По механичком саставу је углавном иловача. Простире на 17,4% површине слива и у зависности од матичног супстрата јављају се подтипови: еутрично смеђе земљиште на флишу и еутрично смеђе земљиште на неутралним и базичним стенама.

Дистрично смеђе земљиште (дистрични камбисол) – развило се на местима са мањим нагибом (15–30%) из стадијума дистричног ранкера. Захвата веома малу површину и то у сливу Паваштичког потока, где се јавља у педосеквенци са дистричним ранкером. Матични супстрат је флиш, механички састав је песковита иловача са релативно малим учешћем скелета.

Алувијални нанос (флувисол) - неразвијено земљиште из реда хидроморфних земљишта, настало на речном наносу Топлице а затим и Бораначке, Беракарске и Блажевске реке. Захвата око 2% слива. Углавном припада некарбонатном типу. Карбонатни подтип се јавља у доњем току Топлице, пре ушћа Ранковице, после које

се поново јавља некарбонатни. Механички састав је иловаст код некарбонатног и песковито-иловаст код карбонатног типа.

Табела 5.8 Типови земљишта у сливу акумулације „Селова”

Тип земљишта	km ²	%
Алувијално земљиште (Флувисол), карбонатно	1,40	0,4
Алувијално земљиште (Флувисол), некарбонатно	6,35	1,8
Црница на кречњаку (Калкомеланосол)	3,53	1,0
Црница на кречњаку (Калкомеланосол), органоминерална	0,73	0,2
Хумусно-силикатно земљиште (Ранкер), еутрично	0,18	0,1
Еутрично смеђе земљиште, на андезиту, вертикално	5,87	1,7
Еутрично смеђе земљиште, на габру-дијабазу, вертикално	2,15	0,6
Еутрично смеђе земљиште, на флишу, типично - Ранкер, еутричан - Литосол, на флишу	52,37	15,1
Хумусно-силикатно земљиште (Ранкер), дистрично	11,11	3,2
Хумусно-силикатно земљиште (Ранкер), дистрично - Кисело смеђе земљиште, типично, на флишу	1,08	0,3
Хумусно-силикатно земљиште (Ранкер), дистрично - Камењар (литосол), на дацито-андезиту	19,46	5,6
Хумусно-силикатно земљиште (Ранкер), дистрично - Камењар (литосол), на гнајсу	0,44	0,1
Хумусно-силикатно земљиште (Ранкер), еутрично	125,89	36,4
Хумусно-силикатно земљиште (Ранкер), еутрично - Хумусно-силикатно земљиште (Ранкер), дистрично - Камењар (Литосол), на пешчару	1,38	0,4
Хумусно-силикатно земљиште (Ранкер), еутрично - Камењар (литосол), на флишу	76,66	22,2
Хумусно-силикатно земљиште (Ранкер), еутрично - Камењар (Литосол), на сепентиниту	35,04	10,1
Делувијално земљиште (Колувијум), дистрично, с превагом земљишног материјала	0,34	0,1
Хумусно-силикатно земљиште (Ранкер), дистрично	0,85	0,2
Кисело смеђе земљиште, типично, на филитима, глиновитим шкриљцима и пешчару	1,16	0,3

Извор: аутор

5.4 Климатске карактеристике

5.4.1 Климатске карактеристике сливног подручја акумулације „Ђелије”

Низијски део терена слива реке Расине се одликује умерено-континенталном климом, док брдовито-планинско подручје слива има неуједначену надморску висину под утицајем континенталне климе.

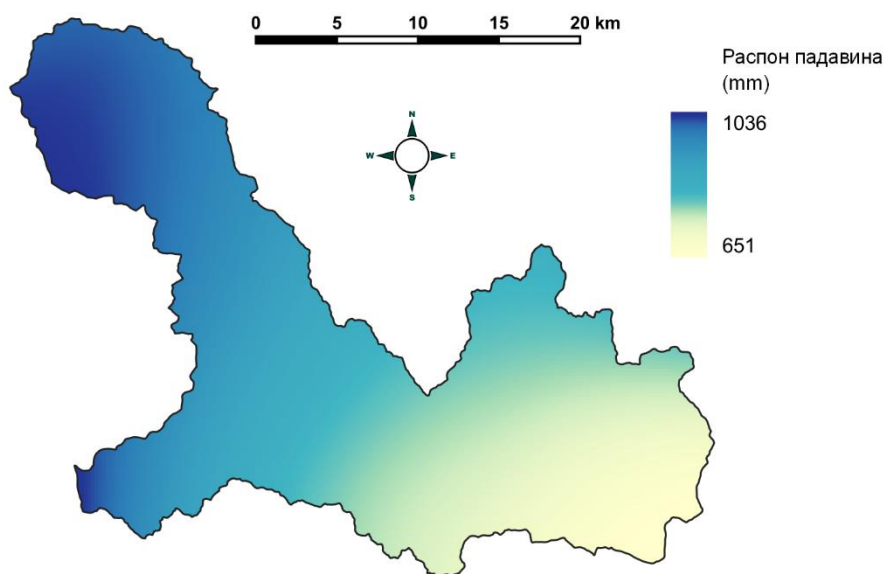
За потребе одређивања климатских карактеристика подручја слива акумулације „Ђелије” за период 1990-2022. године, коришћени су подаци са метеоролошких станица Крушевац, Брус, Блаце, Гоч, Копаоник и Јастребац (РХМЗ Србије, метеоролошки годишњази). Основне карактеристике мерних станица за подручје истраживања дате су у табели 5.9 у наставку текста.

Табела 5.9 Основне карактеристике мерних станица за подручје слива Расине

Кишомерне/метеоролошке станице	Координате		Надморска висина m
	X	Y	
Крушевац	7528274,36	4824754,19	166
Брус	7502705,92	4804323,12	426
Блаце	7524339,64	4795099,41	425
Гоч	7487890,04	4822849,21	990
Копаоник	7484294,00	4793337,00	1.710
Јастребац	7528303,00	4814539,00	256

Извор: РХМЗ Србије

У сливу има неколико кишомерних и једна метеоролошка станица (Крушевац). У обзир су узети подаци само са оних станица које имају дужи и потпун низ архивираних података.

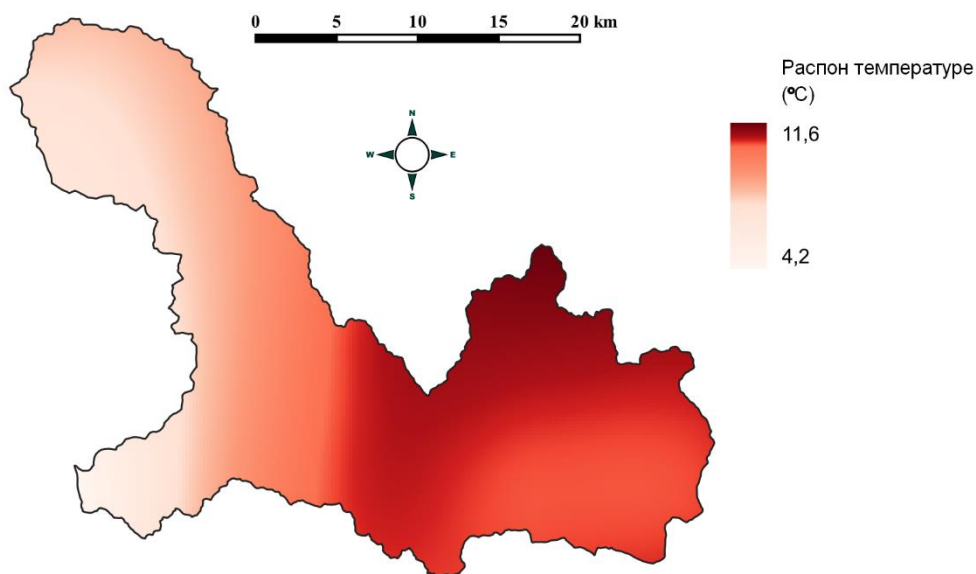


Слика 5.15 Карта средњих годишњих падавина у сливу реке Расине

Извор: аутор

Распоред падавина у сливу Расине (Слика 5.15), добијен је на основу средње годишњих вредности падавина (1990–2022) (Табела 5.10). Просечна годишња количина падавина за све анализирани станице, износи око 850 mm.

Анализирањем података са метеоролошке станице Крушевац, средња годишња температура ваздуха за нижи део слива износи 12,4°C. За планински део слива, средња годишња температура је 4,2°C (метеоролошка станица Копаоник 1.710 m).



Слика 5.16 Карта средњих годишњих температура ваздуха у сливу реке Расине
Извор: аутор

Табела 5.10 Средња годишња температура ваздуха и средње годишње количине падавина у сливу реке Расине

Станица	Средња годишња температура [°C]	Средње годишње падавине [mm]	Период осматрања
Крушевац	12,4	738	1990-2022
Брус	10,6	822	1990-2016
Блаце	10,6	651	1990-2016
Гоч	8,3	980	1990-2014
Копаоник	4,2	1.035	1990-2022
Јастребац	11,6	884	1990-2022

Извор: аутор

5.4.2 Климатске карактеристике сливног подручја акумулације „Селова”

Подручје припада Топличком округу са умерено-континенталном климом, уз већи утицај жупне климе. На климатске карактеристике ове области веома јак утицај има планински обод, који је затвара са свих страна, изузев истока. Сливно подручје је на надморској висини већој од 600 m и има субпланинску и планинску климу. Лета су доста топла и сува, а зиме умерено хладне.

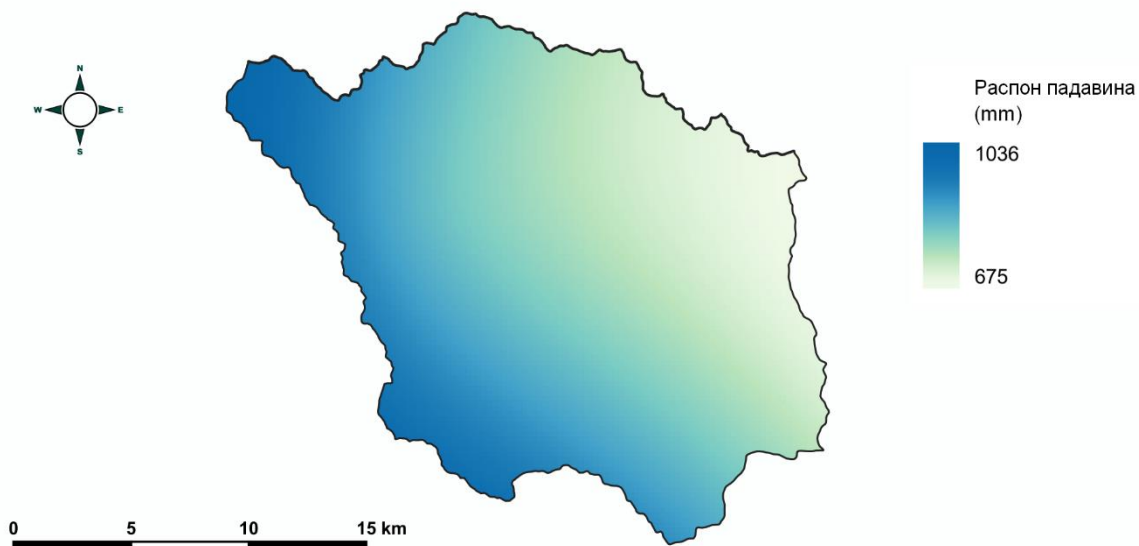
Најтоплији месец је јул, а најхладнији јануар и фебруар. Просечна годишња температура ваздуха износи 10,8°C. Куршумлија и Блаце се налазе под климатским утицајем Копаоника. Приликом анализе климатских карактеристика подручја, коришћени су подаци са неколико осматрачких станица, од којих су главне Куршумлија и Блажево (Табела 5.11).

Табела 5.11 Основне карактеристике мерних станица у сливу акумулације „Селова”

Кишомерне/метеоролошке станице	Координате		Надморска висина m
	X	Y	
Куршумлија	7521698,20	4776575,26	384
Копаоник	7484294,00	4793337,00	1710
Блажево	7494596,80	4787652,15	986
Блаце	7524339,64	4795099,41	425
Пачарађа	7535691,00	4776627,00	441
Штаве	7497281,11	4780258,75	850
Селова	7509477,99	4785814,48	460

Извор: РХМЗ Србије

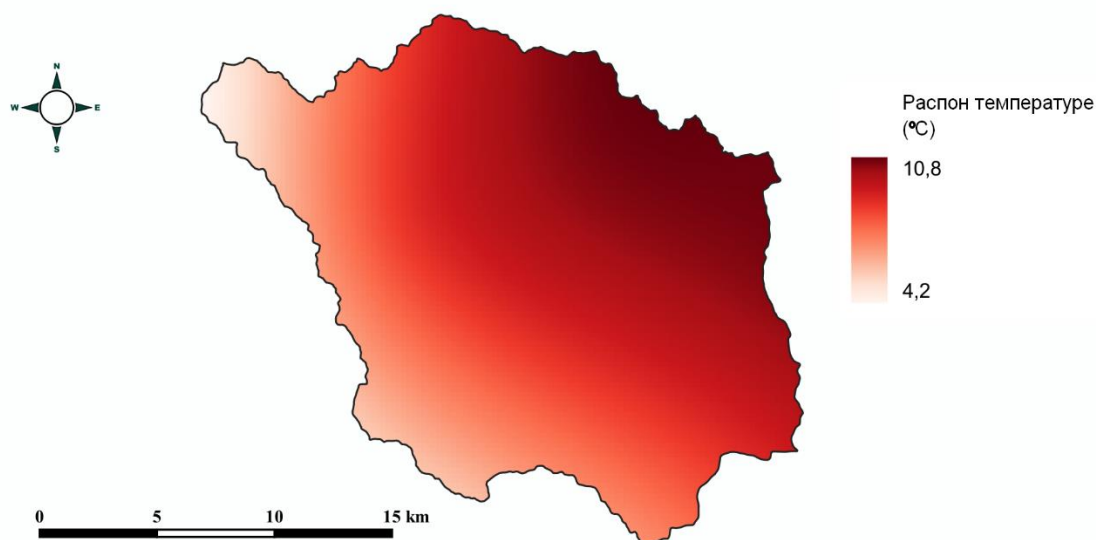
Климатске особине сливног подручја формиране су под утицајем њеног планинског и разуђеног рељефа од 600-1.700 m. Уочавају се промене од умерено континенталног климата до субпланинске климе. У долиномском појасу јављају се и дневна ваздушна струјања (лахор), између планинског и долиномског појаса.



Слика 5.17 Карта средњих годишњих падавина у сливу акумулације „Селова”

Извор: аутор

Топлички округ оскудева у падавинама. Максималне количине су у мају и октобру, а минималне у септембру и фебруару. Просечна годишња количина падавина, ако се узму у обзир све анализирани метеоролошке станице, износи око 750 mm (Слика 5.17). Преовлађују северни и североисточни ветрови, који продиру из Поморавља, преко Добрича. У Топличку котлину, између Малог и Великог Јастрепца и Јанкове клисуре, продиру у току зиме хладне ваздушне масе. Ветрови који допиру са југа и југозапада су топли и имају фенски карактер, јер се налазе под утицајем медитеранских ваздушних маса, које се пробијају уз Вардарско-моравску долину. Ови ветрови углавном доносе повишење температуре (Слика 5.18). Последица ове природне појаве је нагло топљење снега у вишим деловима слива (изнад 1.200 m надморске висине) у априлу. То доводи до појаве велике количине воде, површинског отицаја и појаве велике количине наноса (Табела 5.12).



Слика 5.18 Карта средњих годишњих температура ваздуха у сливу акумулације „Селова”

Извор: аутор

Табела 5.12 Средње годишње падавине и температуре ваздуха у сливу акумулације „Селова”

Станица	Средња годишња температура [°C]	Средње годишње падавине [mm]	Период осматрања
Куршумлија	10,8	675	1990-2022
Копаноник	4,2	1.035	1990-2022
Блажево	8,9	845	1990-2022
Блаце	10,6	651	1990-2016
Пачарађа	9,8	420	1961-2012
Штаве	-	951	1990-2014
Селова	-	660	1981-2010

Извор: аутор

5.5 Начин коришћења земљишта

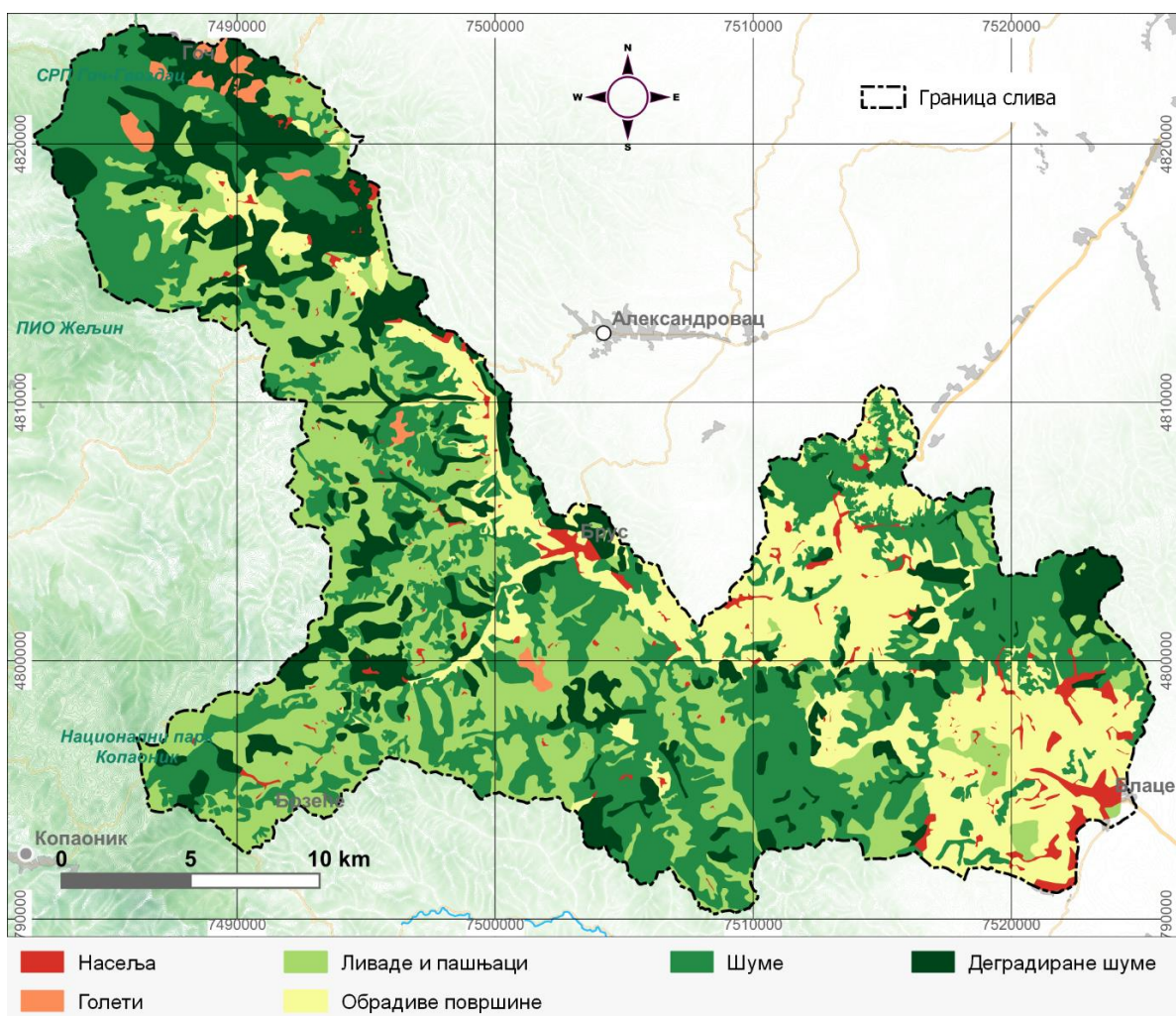
Начин коришћења земљишта представља један од најзначајнијих параметара у процени стања ерозије у сливу.

5.5.1 Начин коришћења земљишта у сливном подручју акумулације „Ђелије”

Половину површине слива акумулације „Ђелије” покривају мешовите и листопадне шуме у којима је најзаступљенија буква (*Fagus sylvatica L.*), док су сладун (*Quercus frainetto Ten.*) и цер (*Quercus cerris L.*) мање присутни. У мањем проценту, заступљени су китњак (*Quercus petrea Matt.*), граб (*Carpinus betulus L.*), грабић (*Carpinus orientalis Mill.*), јавори (*Acer spp.*) и остале врсте. Четинарске шуме се јављају на свега 5% површине слива, а ареал им је на вишим надморским висинама, у саставу црног бора (*Pinus nigra J.F.Arnold*), јеле (*Abies alba Mill.*), смрче (*Picea abies (L.) Karst.*), белог бора (*Pinus sylvestris L.*) и неких других интродукованих

врста (Ćirić, 2015). Пашњаци и ливаде су распрострањени 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. Водене површине у сливу представљене су речном мрежом и акумулацијом „Ђелије” у средњем делу слива, и акумулацијом „Селиште”, у горњем делу слива, на Гочу.

Карта начина коришћења земљишта за 1968. годину (Слика 5.19) је урађена на основу расположивих података и топографске карте 1:25.000, пре изградње бране и формирања акумулације. Издвојено је шест категорија: шуме, деградиране шуме, ливаде и пашњаци, обрадиво земљиште, голет и насеља. Према овој карти шуме су заузиле 33% слива. Ливаде и пашњаци су били заступљени на 27% површина. Обрадиво земљиште се простирало на 19% слива. Површине под деградираном шумом чиниле су скоро 16%. Насеља су чинила нешто више од 4% територије. Голети су заузиле 1% територије (Табела 5.13).

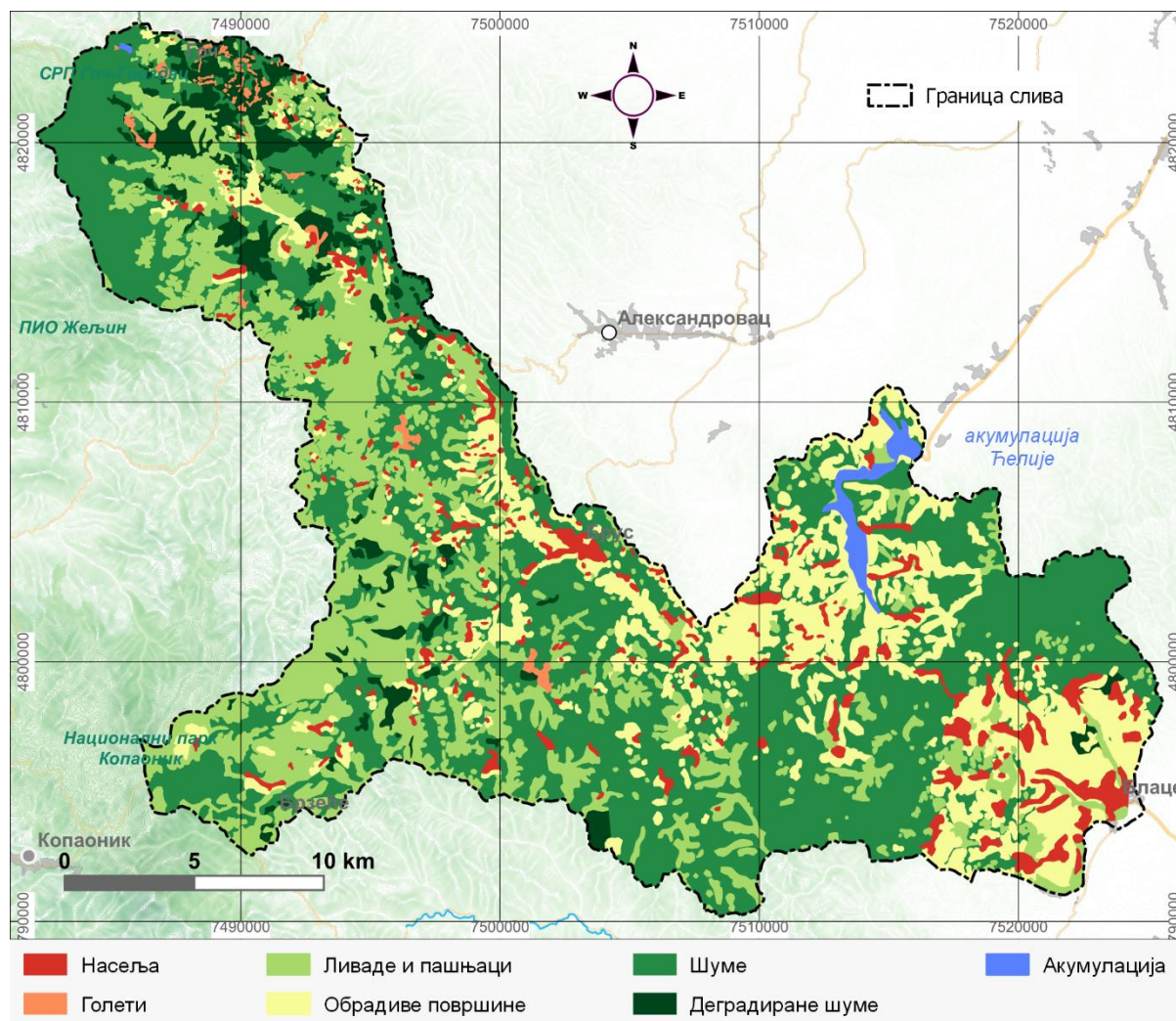


Слика 5.19 Начин коришћења земљишта у сливу акумулације „Ђелије”, стање 1968. године

Табела 5.13 Начин коришћења земљишта у подсливовима акумулације „Ђелије” 1968. године

	Име тока	Површина слива	шуме		деградиране шуме		ливаде и пашњаци		обрадиво земљиште		насеља		голети	
			km ²	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²
1	Загржа	35,98	9,95	27,65	13,65	37,95	4,73	13,14	0,93	2,57	0,93	2,58	5,79	16,10
2	Пакленик	3,62	-	-	2,05	56,52	0,56	15,56	0,66	18,10	0,35	9,71	0,00	0,00
3	Поломска река	12,04	4,49	37,29	3,93	32,66	1,32	10,95	0,01	0,10	0,00	0,00	2,29	18,98
4	Врањуша	16,72	9,79	58,55	3,46	20,71	2,54	15,16	0,68	4,05	0,25	1,51	-	-
5	Рогавска река	9,60	5,12	53,33	0,68	7,12	3,29	34,23	0,41	4,24	0,10	1,06	-	-
6	Бонџички поток	13,16	1,16	8,81	4,30	32,67	6,95	52,81	0,17	1,32	0,58	4,37	-	-
7	Козничка река	10,15	1,34	13,21	1,98	19,48	6,64	65,42	-	-	0,19	1,88	-	-
8	Башичка река	14,19	2,12	14,94	2,58	18,18	7,10	50,04	0,85	5,99	0,54	3,81	1,00	7,05
9	Попинац	4,30	1,40	32,56	0,58	13,49	1,65	38,37	0,10	2,27	0,38	8,80	0,20	4,59
10	Грабовничка река	33,56	8,38	24,97	5,95	17,73	16,92	50,42	1,29	3,84	1,02	3,05	0,00	0,00
11	Грашевачка река	92,83	23,42	25,23	14,14	15,23	45,55	49,07	4,19	4,51	4,09	4,41	1,44	1,55
12	Вуча	7,91	3,06	38,69	0,06	0,77	4,05	51,20	0,01	0,18	0,21	2,64	0,52	6,57
13	Батотска река	70,24	30,60	43,56	7,94	11,31	28,15	40,08	1,77	2,52	1,54	2,19	0,24	0,35
14	Жуњска река	26,13	16,33	62,50	2,51	9,61	3,53	13,51	3,41	13,05	0,35	1,32	-	-
15	Блаташница	110,86	22,45	20,25	9,13	8,24	13,42	12,11	43,71	39,43	22,15	19,98	-	-
16	Ковиочка река	12,76	0,35	2,74	0,13	1,02	0,27	2,12	10,17	79,69	1,84	14,42	-	-
17	Богишка река	5,03	0,52	10,34	1,20	23,86	-	-	2,57	51,05	0,74	14,71	-	-
18	Дурјачки поток	1,90	0,05	2,63	0,22	11,58	-	-	1,13	59,57	0,50	26,32	-	-
19	Сувајска река	12,47	5,98	47,96	0,34	2,73	2,15	17,24	3,51	28,18	0,49	3,93	-	-
20	Жилиначка река	7,02	2,85	40,60	0,19	2,73	-	-	3,13	44,56	0,85	12,17	-	-
21	Слив „Ђелије”	609,15	201,35	33,05	97,25	15,96	163,45	26,83	115,27	18,92	25,68	4,22	6,15	1,01

Структура површина у сливу 2009. године одређена је на основу Карте коришћења земљишта из Генералног пројекта уређења ерозионих и бујичних подручја у Србији – VI фаза (2009) (Слика 5.20). Према овој карти издвојено је 7 целина: шуме, деградирани шуме, ливаде и пашњаци, обрадиво земљиште, воћњаци, голети и насеља. Највећи део територије слива је био под шумом, скоро 51%. Деградирани шуме покривају 5,7%, а ливаде и пашњаци 22,5%. Скоро 15% површина су пољопривредно земљиште, док су насеља на 4,7% територије слива. Голети су заступљене на мање од 1% (Табела 5.14).



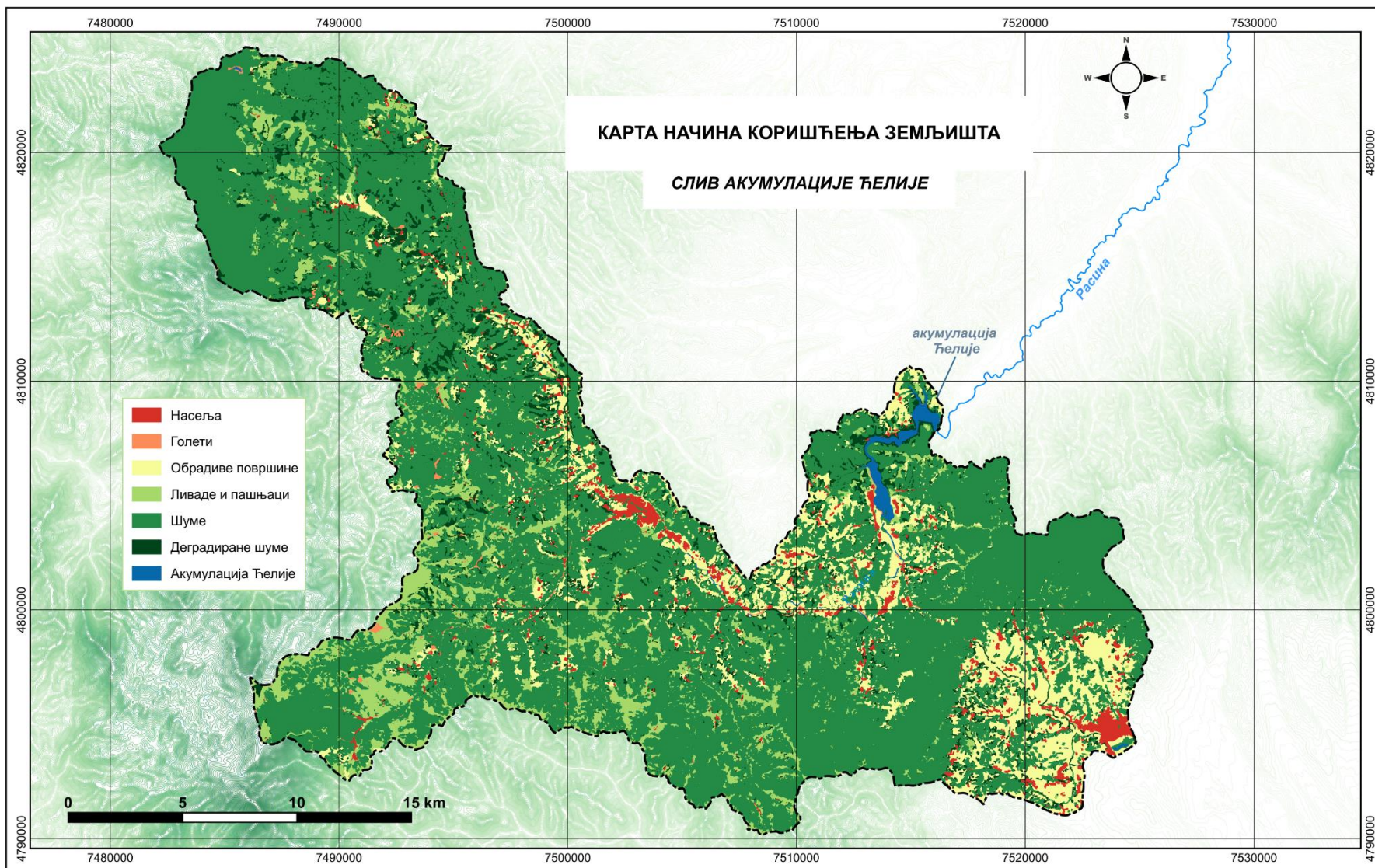
Слика 5.20 Начин коришћења земљишта у сливу акумулације „Ђелије”, стање 2009. године

Карта коришћења земљишта за 2022. годину урађена је на основу теренских истраживања и доступних сателитских снимка (Слика 5.21). Према подацима са карте начина коришћења земљишта из 2022. године, 63,1% површине слива је под шумом. Највећим делом су то листопадне шуме (56%) док су четинарске заступљене на 5% површина. Деградиране шуме су на приближно 9%.

Ливаде и пашњаци чине скоро 11% површине слива. Обрадиво земљиште је на 13,8% и смештено је дуж Расине, али и на већим надморским висинама у насељима. Насеља заузимају 2,4%. На 0,3% територије су голети (Табела 5.15).

Табела 5.14 Начин коришћења земљишта у подсливовима акумулације „Ђелије” 2009. године

	Име тока	Површина слива	шуме		деградиране шуме		ливаде и пашњаци		обрадиво земљиште		насеља		голети		акумулација	
			km ²	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²
1	Загржа	35,98	15,51	43,10	11,56	32,13	5,45	15,15	1,64	4,55	0,36	1,00	1,36	3,79	0,08	0,22
2	Пакленик	3,62	0,17	4,58	1,28	35,36	1,65	45,58	0,47	12,92	0,06	1,70	-	-	-	-
3	Поломска река	12,04	5,19	43,13	2,67	22,18	3,75	31,16	0,03	0,22	0,00	0,00	0,41	3,37	-	-
4	Врађуша	16,72	13,72	82,03	0,61	3,67	2,00	11,96	0,25	1,51	0,14	0,81	-	-	-	-
5	Рогавска река	9,60	5,62	58,54	0,16	1,63	3,73	38,85	0,02	0,23	0,07	0,75	-	-	-	-
6	Бонџички поток	13,16	5,15	39,13	1,91	14,51	5,25	39,89	0,27	2,03	0,43	3,29	0,15	1,14	-	-
7	Козничка река	10,15	2,33	22,94	0,11	1,10	7,34	72,32	0,12	1,22	0,25	2,46	0,00	0,00	-	-
8	Башичка река	14,19	6,15	43,34	0,00	0,00	7,35	51,80	0,07	0,49	0,32	2,22	0,31	2,16	-	-
9	Попинац	4,30	2,45	56,98	0,00	0,00	0,81	18,79	0,55	12,77	0,19	4,36	0,31	7,15	-	-
10	Грабовничка река	33,56	13,93	41,51	2,23	6,64	14,55	43,36	1,87	5,57	0,98	2,93	-	-	-	-
11	Грашевачка река	92,83	40,37	43,49	4,62	4,97	38,56	41,54	6,37	6,86	2,42	2,61	0,50	0,53	-	-
12	Вуча	7,91	5,65	71,43	0,00	0,00	1,32	16,69	0,64	8,11	0,13	1,64	0,17	2,13	-	-
13	Батотска река	70,24	46,22	65,80	1,36	1,93	16,40	23,34	4,54	6,46	1,66	2,37	0,07	0,10	-	-
14	Жуњска река	26,13	20,52	78,53	0,00	0,00	2,46	9,43	2,29	8,78	0,85	3,27	-	-	-	-
15	Блаташница	110,86	55,75	50,29	1,31	1,18	9,44	8,51	32,22	29,06	12,14	10,95	-	-	-	-
16	Ковиочка река	12,76	3,30	25,86	-	-	0,25	1,96	8,09	63,44	1,00	7,84	-	-	0,12	0,90
17	Богишка река	5,03	2,38	47,32	-	-	0,08	1,66	2,10	41,71	0,46	9,13	-	-	0,01	0,18
18	Дурјачки поток	1,90	0,65	34,21	-	-	0,00	0,00	1,02	53,68	0,17	8,95	-	-	0,06	2,95
19	Сувајска река	12,47	8,46	67,84	-	-	1,38	11,07	2,21	17,69	0,42	3,37	-	-	0,00	0,00
20	Жилиначка река	7,02	4,48	63,82	-	-	0,41	5,84	1,59	22,60	0,42	6,04	-	-	0,12	1,71
21	Слив „Ђелије”	609,15	309,59	50,82	34,74	5,70	137,08	22,50	90,9	14,92	28,67	4,71	3,58	0,59	4,59	0,75



Слика 5.21 Начин коришћења земљишта у сливу акумулације „Ћелије” 2022. године

Извор: аутор

Табела 5.15 Начин коришћења земљишта у подсливовима акумулације „Ђелије” 2022. године

	Име тока	Површина слива	шуме		деградиране шуме		ливаде и пашњаци		обрадиво земљиште		насеља		голети		акумулација	
			km ²	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²
1	Загржа	35,98	25,87	71,89	4,74	13,17	3,74	10,39	1,18	3,27	0,32	0,88	0,09	0,24	0,05	0,15
2	Пакленик	3,62	1,75	48,32	0,56	15,59	1,10	30,37	0,15	4,14	0,06	1,58	0,00	0,00	-	-
3	Поломска река	12,04	7,51	62,37	1,84	15,24	2,56	21,27	0,07	0,57	0,05	0,38	0,02	0,16	-	-
4	Врањуша	16,72	15,09	90,24	0,01	0,04	0,80	4,78	0,01	0,03	-	-	0,08	0,50	0,74	4,41
5	Рогавска река	9,60	7,60	79,14	1,16	12,08	0,78	8,09	0,00	0,00	0,04	0,41	0,03	0,27	-	-
6	Бонџички поток	13,16	8,10	61,54	2,73	20,73	1,43	10,87	0,72	5,47	0,11	0,85	0,07	0,53	-	-
7	Козничка река	10,15	6,23	61,13	2,11	20,74	0,98	9,59	0,64	6,32	0,06	0,56	0,17	1,66	-	-
8	Башичка река	14,19	9,10	61,54	2,10	14,19	2,20	14,86	0,99	6,67	0,19	1,28	0,22	1,46	-	-
9	Попинац	4,30	3,18	73,95	0,24	5,58	0,18	4,19	0,60	13,95	0,09	2,01	0,01	0,33	-	-
10	Грабовничка река	33,56	19,07	56,82	4,43	13,20	6,42	19,12	2,95	8,79	0,35	1,06	0,34	1,02	-	-
11	Грашевачка река	92,83	51,68	53,93	7,67	8,00	24,14	25,19	9,98	10,41	1,71	1,78	0,65	0,68	-	-
12	Вуча	7,91	5,51	69,66	0,76	9,61	0,52	6,57	1,02	12,89	0,10	1,27	-	-	-	-
13	Батотска река	70,24	47,94	68,26	4,67	6,65	12,90	18,37	3,85	5,48	0,86	1,22	0,02	0,02	-	-
14	Жуњска река	26,13	21,52	82,35	0,97	3,72	1,75	6,70	1,64	6,28	0,25	0,95			-	-
15	Блаташница	110,86	64,20	57,91	5,06	4,56	1,80	1,62	34,88	31,46	4,81	4,34	0,06	0,05	0,06	0,05
16	Ковиочка река	12,76	5,25	41,14	0,91	7,13	0,00	0,00	6,05	47,41	0,55	4,31	-	-	0,001	0,01
17	Богишка река	5,03	3,22	63,26	0,37	7,27	0,54	10,61	0,82	16,11	0,14	2,75	-	-	-	-
18	Дурјачки поток	1,90	0,90	47,42	0,12	6,32	0,04	1,97	0,78	41,10	0,06	3,16	-	-	0,001	0,03
19	Сувајска река	12,47	9,75	78,18	0,98	7,86	0,86	6,90	0,82	6,58	0,06	0,49	-	-	-	-
20	Жилиначка река	7,02	4,00	56,99	1,15	16,38	0,35	4,99	1,35	19,23	0,15	2,08	0,002	0,03	0,02	0,30
21	Слив „Ђелије”	609,15	384,19	63,07	54,55	8,95	66,80	10,97	83,96	13,78	14,53	2,39	1,88	0,31	3,25	0,53

Извор: аутор

Табела 5.16 Начин коришћења земљишта у сливу акумулације „Ђелије” 1968, 2009. и 2022. године

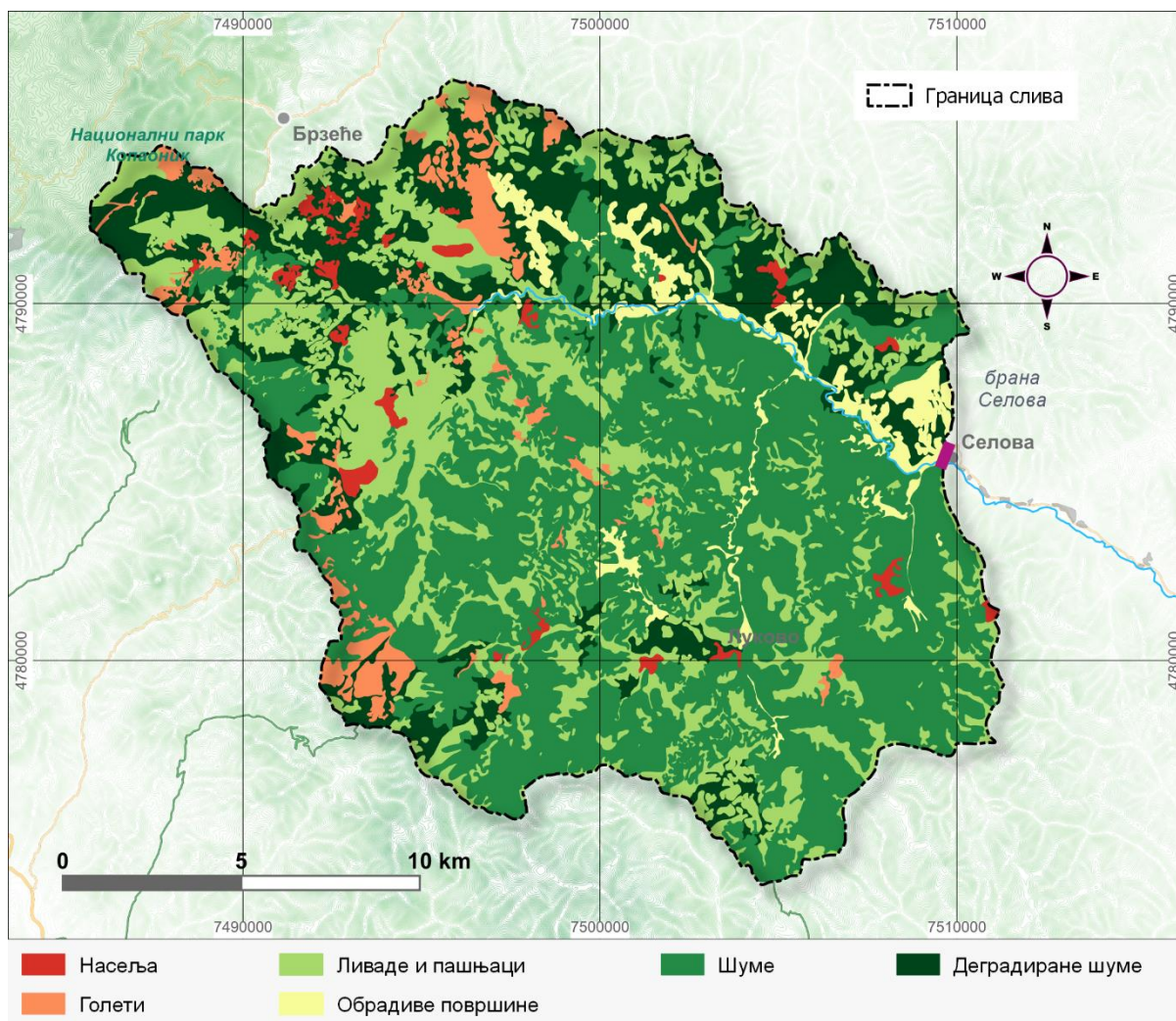
Година	1968		2009		2022	
	Површина km ²	%	Површина km ²	%	Површина km ²	%
шуме	201,35	33,05	309,59	50,82	384,19	63,07
голети	6,15	1,01	3,58	0,60	1,88	0,31
деградирана шума	97,25	15,96	34,74	5,70	54,55	8,96
ливаде и пашњаци	163,45	26,84	137,08	22,50	66,80	10,97
обрадиво земљиште	115,27	18,92	90,90	14,93	83,96	13,78
насеље	25,68	4,22	28,67	4,70	14,53	2,38
акумулација	-	-	4,59	0,75	3,25	0,53
Укупно	609,15	100	609,15	100	609,15	100

5.5.2 Начин коришћења земљишта у сливном подручју акумулације „Селова”

Према подацима из Студије антиерозионе заштите слива акумулације „Селова” из 1989. године (Табела 5.17) највећи део површине слива чине шуме (40,54%), где су заступљене следеће шумске асоцијације: 1) шума храста сладуна и цера (*Quercetum farnetto cerris*) која се јавља на најјужнијим деловима слива и јужним експозицијама, 2) шуме храста китњака (*Quercetum petraeae*) јавља се у виду посебног појаса изнад појаса сладуна и цера, и често су проређене и деградиране, 3) брдска букова шума (*Fagetum montanum*), јавља се изнад појаса храстових шума, као и нижим теренима на северним експозицијама и у долинама. Од пољопривредних површина заступљене су оранице (7,42%), пашњаци (13,75%), воћњаци (1,26%) и ливаде (2,76%). Деградиране шуме су на 14% територије слива. Пашњаци се јављају на већим надморским висинама, често су деградирани и слабог квалитета, тако да их је у циљу повећања њихове производности и заштите од ерозије потребно мелиорисати. Оранице се налазе само у долинама водотока на падинама са великим нагибима, и представљају стални извор наноса. На већим нагибима ове површине је потребно затравити или применити контурно-појасну обраду.

Ливаде су у нижим регионима и не представљају опасност од ерозије. Голети, заступљене углавном у изворишном делу Мале реке, Ђерекарске реке, Блажевске реке и Луковске реке, представљају јака изворишта наноса које је потребно пошумити.

Према карти коришћења земљишта из 2006. године (Слика 5.22) 43% површине слива је под шумом. Пашњаци, ливаде и мешовите културе покривају скоро 30% површине слива. Површине под обрадивим земљиштем су на мање од 4%. Деградиране шуме и даље заузимају скоро 14% територије слива. Насеља су на мањој површини и сада су на 1,5%. Површина под голетима чини 2% од укупне површине слива (Табела 5.18).



Слика 5.22 Начин коришћења земљишта у сливу акумулације „Селова“, стање 2006. године

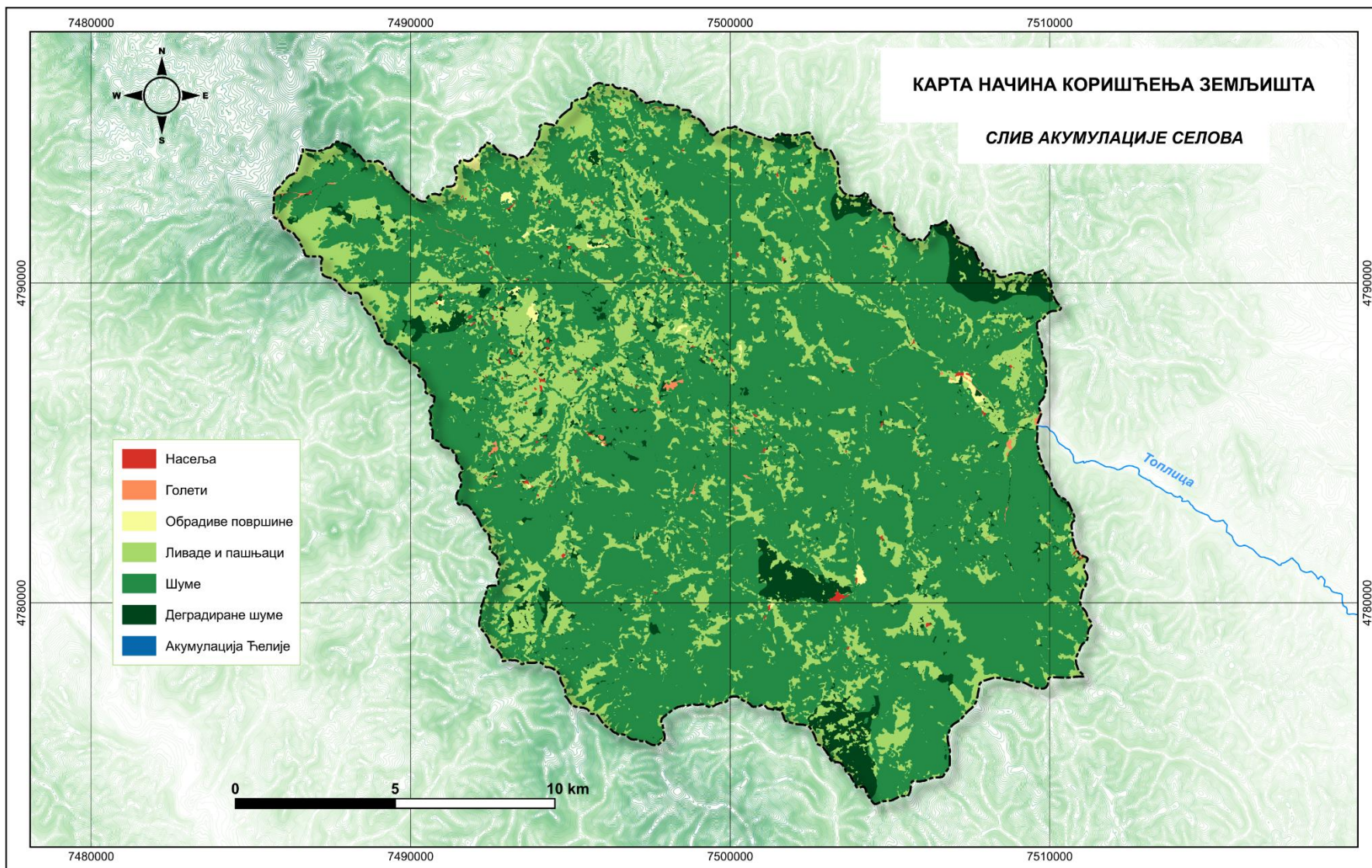
Карта коришћења земљишта за 2022. годину урађена је на основу теренских истраживања и доступних сателитских снимка (Слика 5.23). Према подацима са карте начина коришћења земљишта из 2022. године 68,5% површине слива је под шумом. Деградиране шуме су на 8,1%. Ливаде и пашњаци чине нешто преко 22% површине слива. Обрадиво земљиште је на 0,6%, насеља заузимају 0,4%, док су на 0,3% територије голети (Табела 5.19).

Табела 5.17 Начин коришћења земљишта у подсливовима акумулације „Селова“ 1988. године

	Име тока	Површина слива	шуме		деградиране шуме		ливаде и пашњаци		обрадиво земљиште		насеља		голети	
		km ²	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
1	Међуслив А	4,23	1,22	28,88	1,68	39,64	0,28	6,63	0,92	21,66	-	-	0,14	3,20
2	Паваштичка река	5,40	2,52	46,70	1,24	23,00	0,95	17,57	0,44	8,24	0,18	3,26	0,07	1,35
3	Паваштички поток	8,22	6,23	75,88	0,14	1,67	1,55	18,82	0,25	3,03	-	-	0,05	0,61
4	Маговски поток	6,38	3,41	53,52	0,56	8,77	1,25	19,57	0,66	10,38	0,50	7,76	0,00	0,00
5	Мала река	25,26	12,52	49,55	2,12	8,38	4,53	17,93	4,60	18,21	0,58	2,28	0,92	3,64
6	Качаруша	22,51	7,82	34,73	3,30	14,64	5,08	22,58	3,37	14,95	1,32	5,85	1,63	7,23
7	Ђерекарска река	41,98	14,35	34,19	5,59	13,31	19,59	46,68	-	-	-	-	2,45	5,83
8	Блажевска река	59,28	19,02	32,09	8,40	14,17	21,66	36,54	0,64	1,08	-	-	9,56	16,12
9	Луковска река	114,31	44,11	38,59	22,68	19,84	33,95	29,71	6,08	5,32	-	-	7,48	6,54
10	Аџовски поток	6,21	0,98	15,70	2,76	44,36	1,59	25,57	0,26	4,14	-	-	0,64	10,23
11	Ранковица	32,09	18,20	56,70	4,74	14,77	8,22	25,61	0,46	1,44	-	-	0,47	1,47
12	Међуслив Б	23,17	3,97	17,12	2,01	8,67	16,23	70,02	0,54	2,33	-	-	0,43	1,86
13	Слив „Селова“	346,05	140,29	40,54	61,81	17,86	87,33	25,24	25,89	7,48	6,86	1,98	23,87	6,90

Табела 5.18 Начин коришћења земљишта у подсливовима акумулације „Селова” 2006. године

	Име тока	Површина слива	шуме		деградиране шуме		ливаде и пашњаци		обрадиво земљиште		насеља		голети	
		km ²	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
1	Средњи поток	2,01	0,001	0,04	0,80	39,78	-	-	1,21	59,98	0,00	0,00	-	-
2	Паваштичка река	2,59	0,54	20,95	1,08	41,81	0,73	28,35	0,10	3,67	0,14	5,24	-	-
3	Паваштички поток	8,40	2,51	29,88	3,89	46,25	1,75	20,86	0,25	2,95	0,01	0,10	-	-
4	Маговски поток	3,75	0,22	5,95	2,56	68,39	0,67	17,97	0,01	0,34	0,28	7,36	-	-
5	Мала река	24,76	2,18	8,82	14,12	57,03	5,36	21,64	1,20	4,85	0,00	0,00	1,90	7,68
6	Качаруша	13,49	0,22	1,63	4,98	36,95	4,29	31,81	0,49	3,64	0,45	3,32	3,06	22,65
7	Ђерекарска река	41,95	4,49	10,70	19,36	46,15	13,43	32,02			1,67	3,98	2,99	7,14
8	Блажевска река	57,92	24,86	42,92	7,79	13,46	18,97	32,75	0,004	0,01	0,97	1,68	5,31	9,17
9	Луковска река	113,72	70,11	61,65	7,99	7,03	30,69	26,98	2,66	2,34	0,75	0,66	1,52	1,34
10	Аџовски поток	2,27	1,85	81,42	-	-	0,31	13,54	0,12	5,25				
11	Ранковица	31,98	24,35	76,14	-	-	5,97	18,66	0,89	2,77	0,62	1,95	0,15	0,47
12	Међуслив	43,10	18,77	43,55	9,28	21,53	8,07	18,72	6,12	14,20	0,37	0,86	0,49	1,14
13	Слив „Селова”	345,94	149,03	43,08	59,52	17,21	103,63	29,96	13,21	3,82	5,23	1,51	15,43	4,46



Слика 5.23 Начин коришћења земљишта у сливу акумулације „Селова“, стање 2022. године

Извор: аутор

Табела 5.19 Начин коришћења земљишта у подсливовима акумулације „Селова“ 2022. године

	Име тока	Површина слива	шуме		деградиране шуме		ливаде и пашњаци		обрадиво земљиште		насеља		голети	
			km ²	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²
1	Средњи поток	2,01	1,12	55,58	0,19	9,61	0,68	34,00	-	-	0,002	0,12	0,01	0,69
2	Паваштичка река	2,59	1,90	73,51	0,18	6,90	0,45	17,42	0,03	1,28	0,02	0,80	0,002	0,08
3	Паваштички поток	8,40	4,29	51,08	3,07	36,53	1,02	12,19	-	-	0,02	0,19	-	-
4	Маговски поток	3,75	2,96	78,85	0,07	1,94	0,70	18,68	-	-	0,02	0,53	-	-
5	Мала река	24,76	16,14	65,21	1,78	7,19	6,69	27,04	-	-	0,13	0,51	0,01	0,06
6	Качаруша	13,49	6,89	51,05	1,50	11,15	4,87	36,07	0,14	1,06	0,08	0,60	0,01	0,07
7	Ђерекарска река	41,95	24,43	58,24	3,65	8,70	12,67	30,21	0,75	1,78	0,24	0,58	0,20	0,48
8	Блажевска река	57,92	36,22	62,53	5,36	9,26	15,69	27,09	0,10	0,17	0,39	0,68	0,17	0,29
9	Луковска река	113,72	83,36	73,30	7,93	6,97	21,66	19,05	0,25	0,22	0,32	0,28	0,20	0,17
10	Аџовски поток	2,27	2,06	90,52	0,05	2,13	0,16	7,00	0,004	0,19	0,00	0,16	-	-
11	Ранковица	31,98	27,11	84,79	1,07	3,35	3,62	11,33	0,03	0,08	0,05	0,17	0,09	0,28
12	Међуслив	43,10	30,50	70,75	3,25	7,55	8,41	19,51	0,49	1,13	0,17	0,38	0,29	0,67
13	Слив „Селова“	345,94	236,98	68,50	28,12	8,13	76,64	22,15	1,79	0,52	1,44	0,42	0,98	0,28

Извор: аутор

Табела 5.20 Начин коришћења земљишта у сливу акумулације „Селова“ 1988, 2006. и 2022. године

Година	1988		2006		2022	
Начин коришћења	Површина km ²	%	Површина km ²	%	Површина km ²	%
шуме	140,29	40,54	149,03	43,07	236,98	68,48
голети	23,87	6,90	15,43	4,46	0,98	0,28
деградирана шума	61,81	17,86	59,52	17,20	28,12	8,13
ливаде и пашњаци	87,33	25,24	103,63	29,95	76,64	22,15
обрадиво земљиште	25,89	7,48	13,21	3,82	1,89	0,55
насеље	6,86	1,98	5,23	1,51	1,44	0,42
Укупно	346,05	100	346,05	100	346,05	100

5.6 Социо-демографске карактеристике

Приликом одређивања социо-демографских карактеристика сливних подручја акумулација „Ђелије“ и „Селова“ анализирана је промена броја становника, старосна структура по старосним интервалима, старосна структура по радним узрастима и промена броја домаћинстава. Анализирани су подаци по катастарским општинама (КО), на основу пописа из 1948, 1953, 1961, 1971, 1981, 1991, 2002, 2011. и 2022. године, Републичког завода за статистику. Граница обрађеног подручја скоро да одговара сливном подручју акумулације, уз напомену да су коришћени подаци за целу КО за случај да територија насеља не припада сливу у потпуности.

5.6.1 Сливно подручје акумулације „Ђелије“

У административном погледу слив акумулације „Ђелије“ се простире на деловима територије 5 различитих општина: Александровац, Блаце, Брус, Врњачка Бања и Града Крушевца.

У општини Александровац заузима територију 8 катастарских општина: КО Бзенице, КО Ботурићи, КО Вранштица, КО Грчак, КО Козница, КО Плеш, КО Рогавчина, КО Стрменица.

Сливно подручје акумулације се простире у 11 катастарских општина (КО) општине Блаце, и то: КО Блаце, КО Џепница, КО Пребреза, КО Попова, КО Чучале, КО Сибница, КО Врбовац, КО Ђурђевац, КО Доња Рашица, КО Рашица, КО Трбуње.

На територији општине Брус 32 катастарске општине су у сливном подручју акумулације: КО Брус, КО Жилинци, КО Златари, КО Богише, КО Стројинци, КО Дупци, КО Равни, КО Разбојна, КО Жуње, КО Батоте, КО Лепенац, КО Ливађе, КО Брђани, КО Брзеће, КО Будиловина, КО Велика Грабовница, КО Влајковци, КО Горњи Липовац, КО Грашевци, КО Доњи Липовац, КО Дренова, КО Дртевци, КО Жиљци, КО Кобиље, КО Кочине, КО Мала Грабовница, КО Милентија, КО Осреци, КО Паљевштица, КО Радманово, КО Рибари, КО Тршановци.

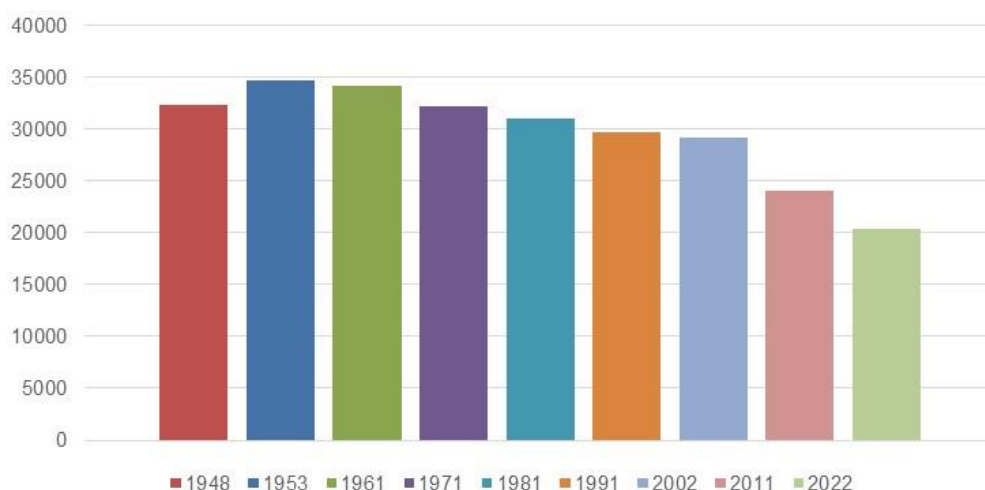
У општини Врњачка Бања слив акумулације заузима 2 насеља, КО Гоч и КО Станишинци. Град Крушевац учествује са 3 насеља, КО Ђелије, КО Мајдево и КО Гркљане.

На територији слива акумулације „Ђелије“ према попису из 1953. године био је 34.631 становник. У складу са општим трендом у Србији за рурална подручја, тај број је годинама опадао, да би 2022. године било пописано 20.402 становника (Табела 5.21, Графикон 5.1).

Табела 5.21 Број становника 1948-2022. године у сливу акумулације „Ђелије“

Година пописа	1948	1953	1961	1971	1981	1991	2002	2011	2022
Број становника	32.280	34.631	34.077	32.209	30.953	29.642	29.083	23.980	20.402

Извор: РЗС Србије



Графикон 5.1 Број становника 1948-2022. године у сливу акумулације „Ђелије“

Извор: аутор

Анализирање старосне структуре популације се врши тако што се становништво које је разврстано по годишњима распореди у одређене старосне интервале. У табели 5.22 приказани су следећи велики интервали за предметно подручје, према попису становништва 2022. године: омладина (18%), млађи средовечни (21%), старији средовечни (28%) и старо становништво (33%). У време последњег пописа (2022) најзаступљенија је старосна група од 60 и више година (старо становништво, 33%).

Табела 5.22 Старосна структура по великим старосним интервалима у сливу акумулације „Ђелије“

Старосна структура	Омладина	Млађи средовечни	Старији средовечни	Старо становништво
Године	0-19	20-39	40-59	60 и више
Процентуално учешће (%)	18%	21%	28%	33%
Број становника	3.582	4.317	5.713	6.790

Извор: РЗС Србије

На основу пописа становништва из 2022. године на истраживаном подручју најзаступљеније је активно становништво са 57% учешћа, приказано у табели 5.23. Овом анализом добијамо информацију о демографској димензији односа између неактивног (младог и старијег) 53% и активног становништва (радног узраста) 57%.

Табела 5.23 Старосна структура по радним узрастима у сливу акумулације „Ђелије“

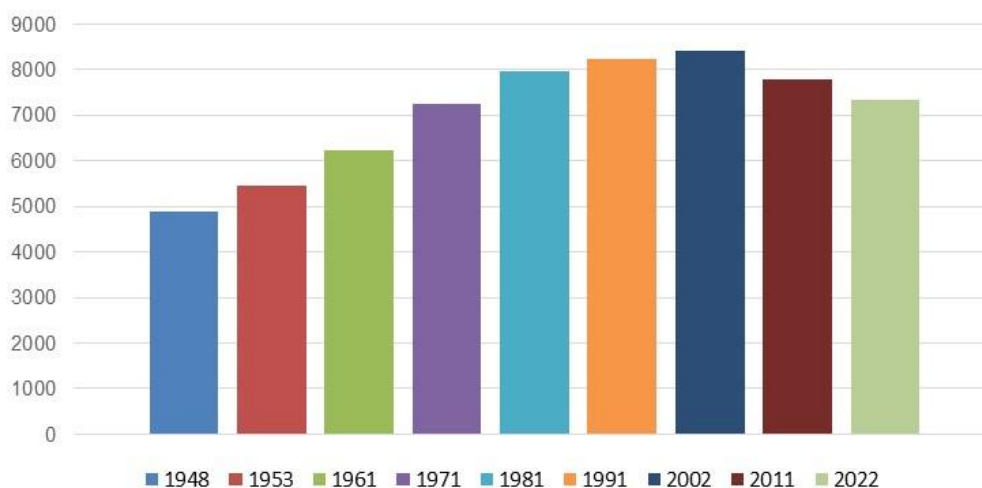
Старосна структура	Млади	Активно становништво	Старији
Године старости	0-19	20-64	65 и више
Процентуално учешће (%)	18%	57%	25%
Број становника	3.582	11.688	5.132

Извор: РЗС Србије

Анализом промене броја становника и броја домаћинстава и њиховим поређењем може се закључити да они нису усклађени. Наиме, бележи се већи пораст броја домаћинстава него броја становника све до 2002. године, који настаје углавном услед уситњавања газдинстава. Промена броја домаћинстава на истраживаном подручју приказана је у табели 5.24 и на графикону 5.2.

Табела 5.24 Број домаћинстава током периода 1948-2022. године у сливу акумулације „Ђелије“

Година пописа	1948	1953	1961	1971	1981	1991	2002	2011	2022
Број домаћинстава	4892	5460	6242	7243	7970	8219	8422	7780	7341



Графикон 5.2 Број домаћинстава током периода 1948-2022. године у сливу акумулације „Ђелије“

Извор: аутор

5.6.2 Сливно подручје акумулације „Селова“

У административном погледу слив акумулације „Селова“ се простире на делу територије две општине, Куршумлија и Брус.

На територији општине Куршумлија заузима територију 17 катастарских општина: КО Селова, КО Игриште, КО Растелица, КО Паваштица, КО Пачарађа, КО Љутова, КО Парада, КО Требиње, КО Луво, КО Мрча, КО Штава, КО Сеоце, КО Бабица, КО Жалица, КО Магово, КО Мерћез, КО Трећак.

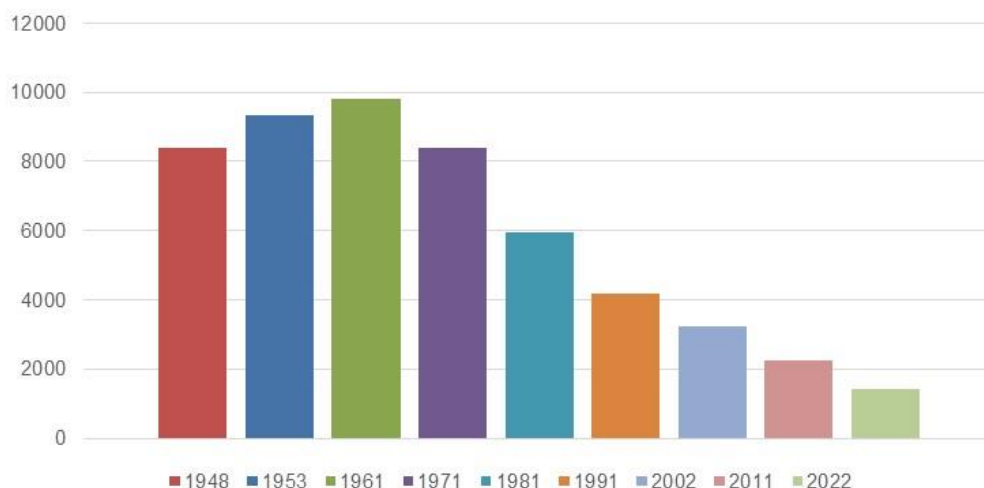
У општини Брус акумулација се простире на територији 21 катастарске општине: КО Жарево, КО Шошиће, КО Горње Левиће, КО Доње Левиће, КО Брзеће део, КО Кнежево, КО Равниште, КО Ђерекаре, КО Бозољин, КО Чокотар, КО Судимља, КО Блажево, КО Бело Поље, КО Ирчићи, КО Градац, КО Домишевина, КО Ковизле, КО Радуже, КО Боранци, КО Витошев.

На територији слива акумулације „Селова“ највећи број становника је забележен на попису из 1961. године и износио је 9.791. У складу са општим трендом у Србији за рурална подручја, тај број је годинама опадао, да би 2022. године било пописано 1.416 становника (Табела 5.25, Графикон 5.3).

Табела 5.25 Број становника током периода 1948-2022. године у сливу акумулације „Селова“

Година пописа	1948	1953	1961	1971	1981	1991	2002	2011	2022
Број становника	8.401	9.353	9.791	8.405	5.951	4.168	3.222	2.235	1.416

Извор: РЗС Србије



Графикон 5.3 Број становника током периода 1948-2022. године у сливу акумулације „Селова“

Извор: аутор

Анализом старосне структуре популације, становништво је разврстано по годиштима, а затим је распоређено у одређене старосне интервале за истраживано подручје. У табели 5.26, према подацима пописа становништва 2022. године, приказани су следећи велики интервали: омладина (11%), млађи средовечни

(15%), старији средовечни (33%) и старо становништво (41%). Најзаступљенија је старосна група од 60 и више година са 41%.

Табела 5.26 Старосна структура по великим старосним интервалима у сливу акумулације „Селова“

Старосна структура	Омладина	Млађи средовечни	Старији средовечни	Старо становништво
Године	0-19	20-39	40-59	60 и више
Процентуално учешће (%)	11%	15%	33%	41%
Број становника	151	219	461	585

Извор: РЗС Србије

На основу пописа становништва из 2022. године на истраживаном подручју најзаступљеније је активно становништво са 56% учешћа, приказано у табели 5.27. Овом анализом добијамо информацију о демографској димензији односа између неактивног (младог и старијег) 44% и активног становништва (радног узраста) 56%.

Табела 5.27 Старосна структура по радним узрастима у сливу акумулације „Селова“

Старосна структура	Млади	Активно становништво	Старији
Године старости	0-19	20-64	65 и више
Процентуално учешће (%)	11%	56%	33%
Број становника	151	800	465

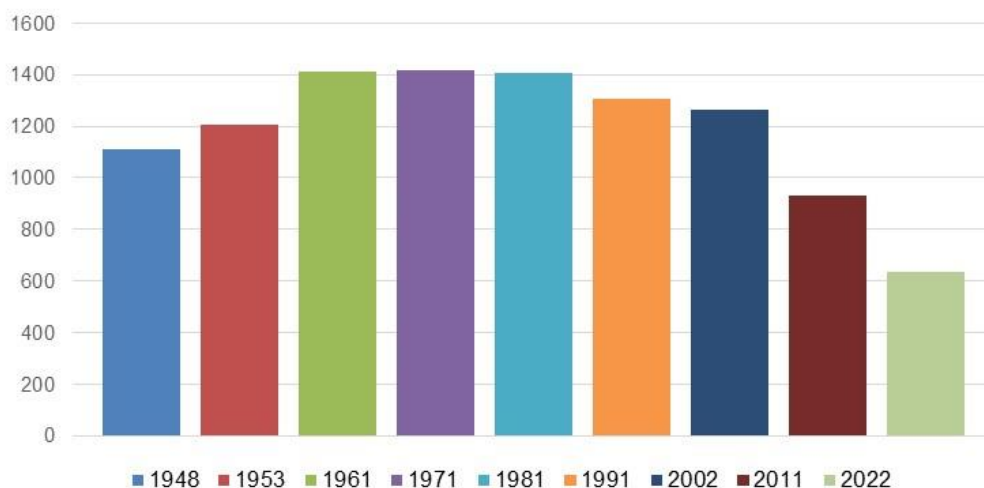
Извор: РЗС Србије

Број домаћинстава се пописом 1961. године приближио свом забележеном максимуму (1.416 домаћинстава 1971. године) и ту се задржава са неким мањим осцилацијама све до пописа 1981. године. Након тога број домаћинстава почиње да опада до 637 домаћинства пописаних 2022. године. Промена броја домаћинстава на истраживаној територији приказана је у табели 5.28 и на графикону 5.4.

Табела 5.28 Број домаћинстава током периода 1948-2022. године у сливу акумулације „Селова“

Година	1948	1953	1961	1971	1981	1991	2002	2011	2022
Укупан број домаћинстава	1.108	1.206	1.410	1.416	1.407	1.308	1.262	932	637

Извор: РЗС Србије



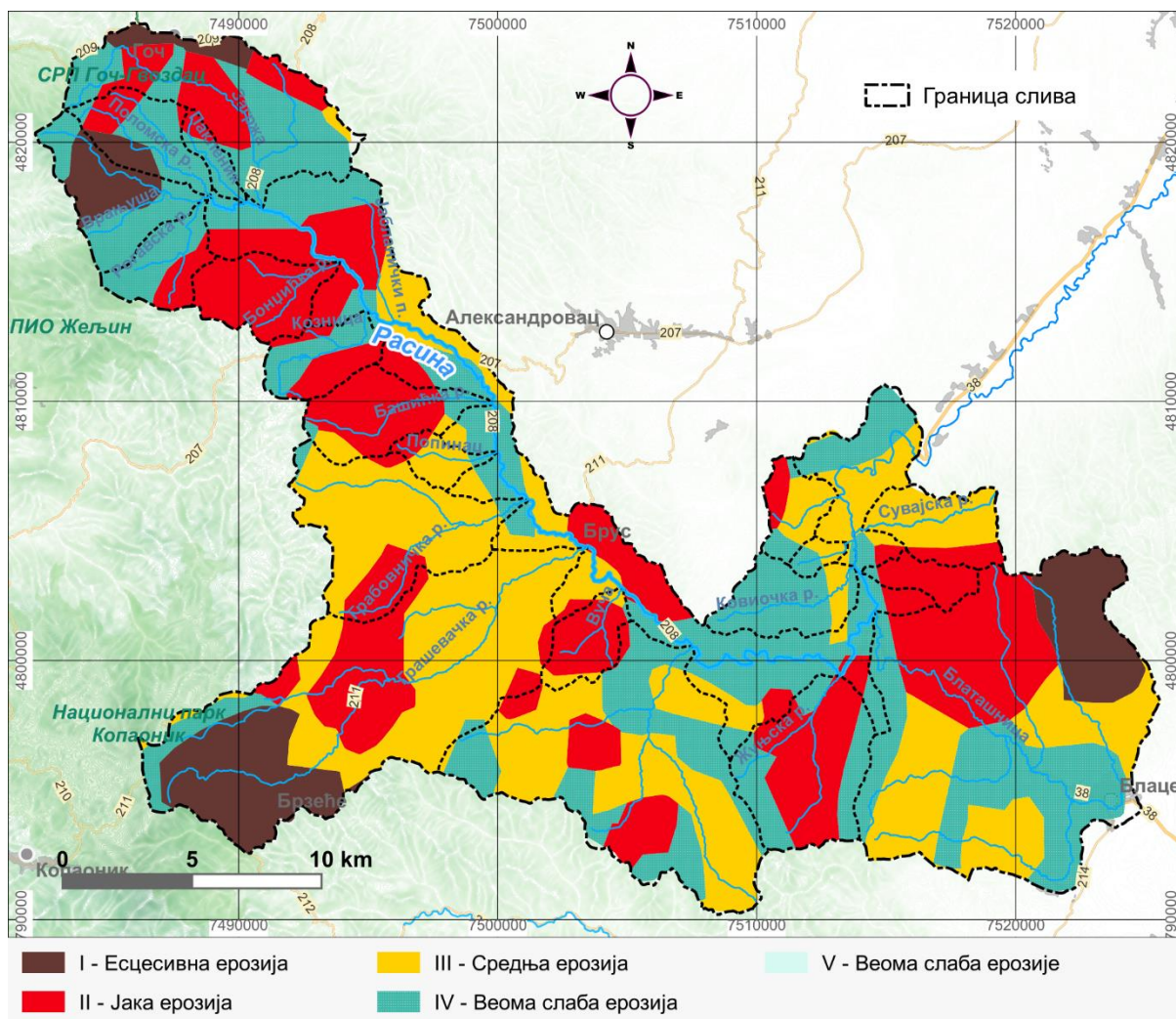
Графикон 5.4 Број домаћинстава 1948-2022. године у сливу акумулације „Селова“
Извор: аутор

5.7 Ерозиони процеси у сливовима акумулација

За детаљну анализу просторне и временске расподеле интензитета ерозије у сливовима акумулација извршено је поређење стања ерозије на основу карти ерозије за три периода: 1968, 2009. и 2022. годину.

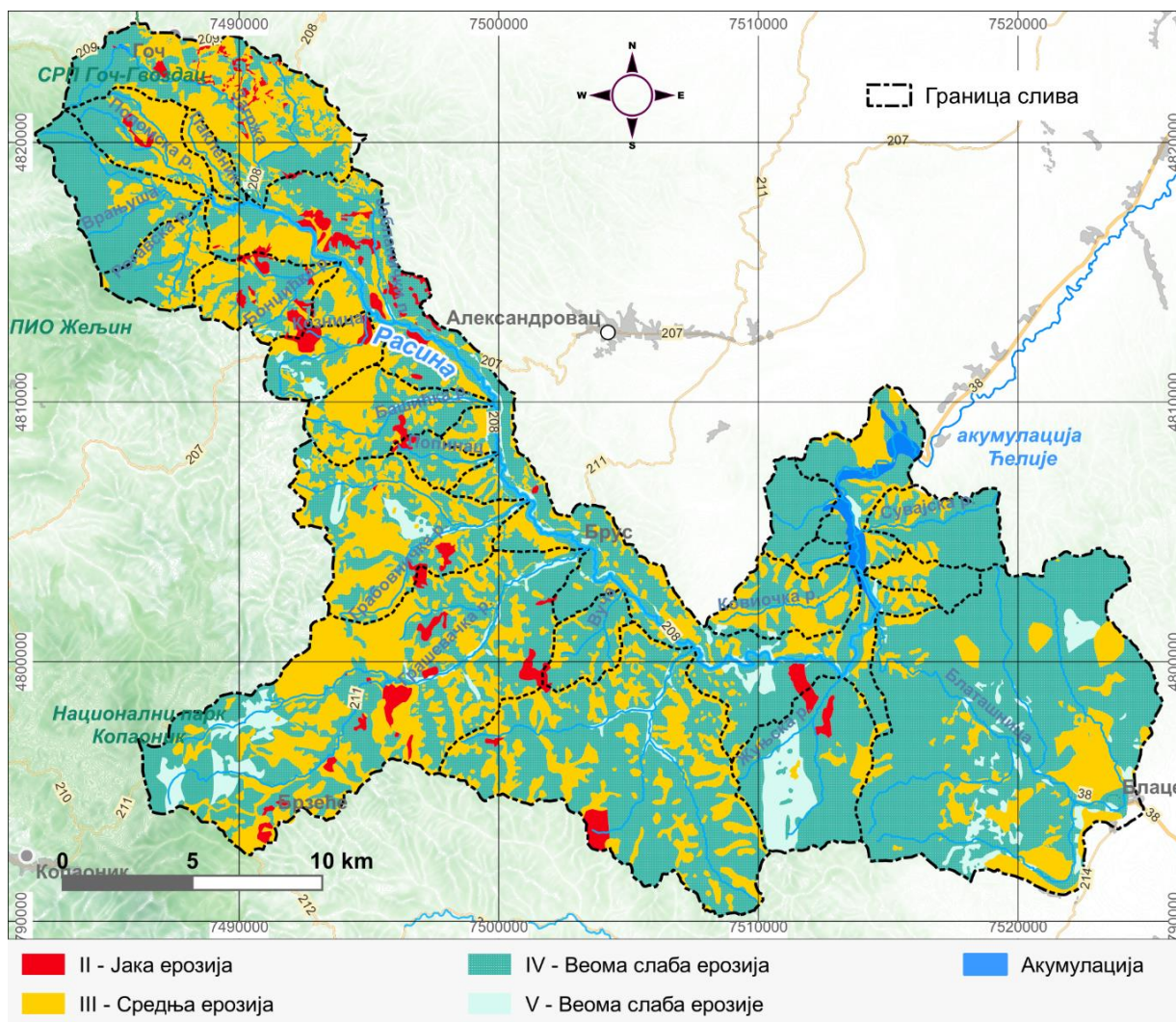
5.7.1 Ерозиони процеси у сливу акумулације „Ђелије“

Пре изградње бране, крајем 60-их година урађена је карта ерозије за слив реке Западна Морава (Слика 5.24). У том периоду су на подручју слива будуће акумулације били развијени јаки ерозиони процеси. У највишим деловима слива, на падинама планина Гоч и Копаоник, били су изражени видљиви процеси дубинске ерозије.



Слика 5.24 Карта ерозије у сливу акумулације „Ђелије“ 1968. године

Према овој карти, површине захваћене процесима екседивне ерозије обухватају 9% од укупне површине слива. Јака, средња и слаба ерозија са приближно по 30% покривају остали део територије слива (Табела 5.29). Вредност коефицијента ерозије износи 0,62, што значи да је интензитет ерозије у сливу у границама III категорије (средња ерозија).



Слика 5.25 Карта ерозије у сливу акумулације „Ђелије“ 2009. године

На карти ерозије за слив акумулације „Ђелије“, из 2009. године (Слика 5.25), површина захваћених процесом екцесивне ерозије нема. Јаком ерозијом је захваћено око 2,7%, док је средња ерозија на нешто мање од 33% површине слива. Слаба ерозија се јавља на приближно 59% површине, а веома слаба ерозија са око 4,5% покрива остали део територије слива (Табела 5.30). Вредност коефицијента ерозије износи 0,39, што значи да је интензитет ерозије у сливу у границама IV категорије (слаба ерозија).

Према карти ерозије у сливу за 2022. годину (Слика 5.26) процеси екцесивне ерозије нису забележени. Јака ерозија се јавља на 0,5%, а средња ерозија на око 24% територије. Ерозија слабог интензитета се јавља практично на целом сливу, на око 69% површине. Врло слаба ерозија је на 7% површине, а вредност коефицијента ерозије за цео слив износи 0,35 па је интензитет ерозије у сливу у границама IV категорије (Табела 5.31).

Табела 5.29 Категорије ерозије у подсливовима акумулације „Ђелије” 1968. године

	Име тока	Површина слива	I		II		III		IV		Коеф. ерозије Z
			km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	
1	Загржа	35,98	3,57	9,92	12,65	35,16	0,64	1,78	19,12	53,14	0,59
2	Пакленик	3,62	-	-	0,91	26,20	-	-	2,56	73,80	0,45
3	Поломска река	12,04	2,46	20,43	2,68	22,25	-	-	6,90	57,32	0,62
4	Врањуша	16,72	7,34	43,94	-	-	-	-	9,37	56,06	0,72
5	Рогавска река	9,60	-	-	3,12	32,50	-	-	6,48	67,50	0,48
6	Бонџички поток	13,16	-	-	12,86	100,00	-	-	-	-	0,85
7	Козничка река	10,15	-	-	4,92	48,46	-	-	5,23	51,54	0,57
8	Башичка река	14,19	-	-	11,24	79,21	1,58	11,13	1,37	9,65	0,76
9	Попинац	4,30	-	-	0,90	20,93	3,05	70,93	0,35	8,14	0,59
10	Грабовничка река	33,56	-	-	5,87	17,49	26,57	79,16	1,12	3,35	0,59
11	Грашевачка река	92,83	23,75	25,58	18,97	20,44	45,06	48,54	5,05	5,44	0,78
12	Вуча	7,91	-	-	6,49	82,08	1,30	16,44	0,12	1,48	0,79
13	Батотска река	70,24	-	-	10,88	15,48	34,16	48,64	25,20	35,88	0,51
14	Жуњска река	26,13	-	-	16,01	61,16	0,05	0,18	10,12	38,65	0,64
15	Блаташница	110,86	17,26	15,57	26,85	24,22	33,85	30,53	32,90	29,68	0,66
16	Ковиочка река	12,76	-	-	0,00	0,00	1,97	15,44	10,79	84,56	0,34
17	Богишка река	5,03	-	-	4,83	96,02	-	-	0,20	3,98	0,83
18	Дурјачки поток	1,90	-	-	-	-	0,92	48,42	0,98	51,58	0,42
19	Сувајска река	12,47	-	-	2,75	22,37	9,54	77,63	-	-	0,62
20	Жилиначка река	7,02	-	-	1,86	26,51	3,74	53,30	1,42	20,20	0,58
21	Слив „Ђелије“	609,15	54,74	8,99	173,96	28,56	190,81	31,32	189,64	31,13	0,62

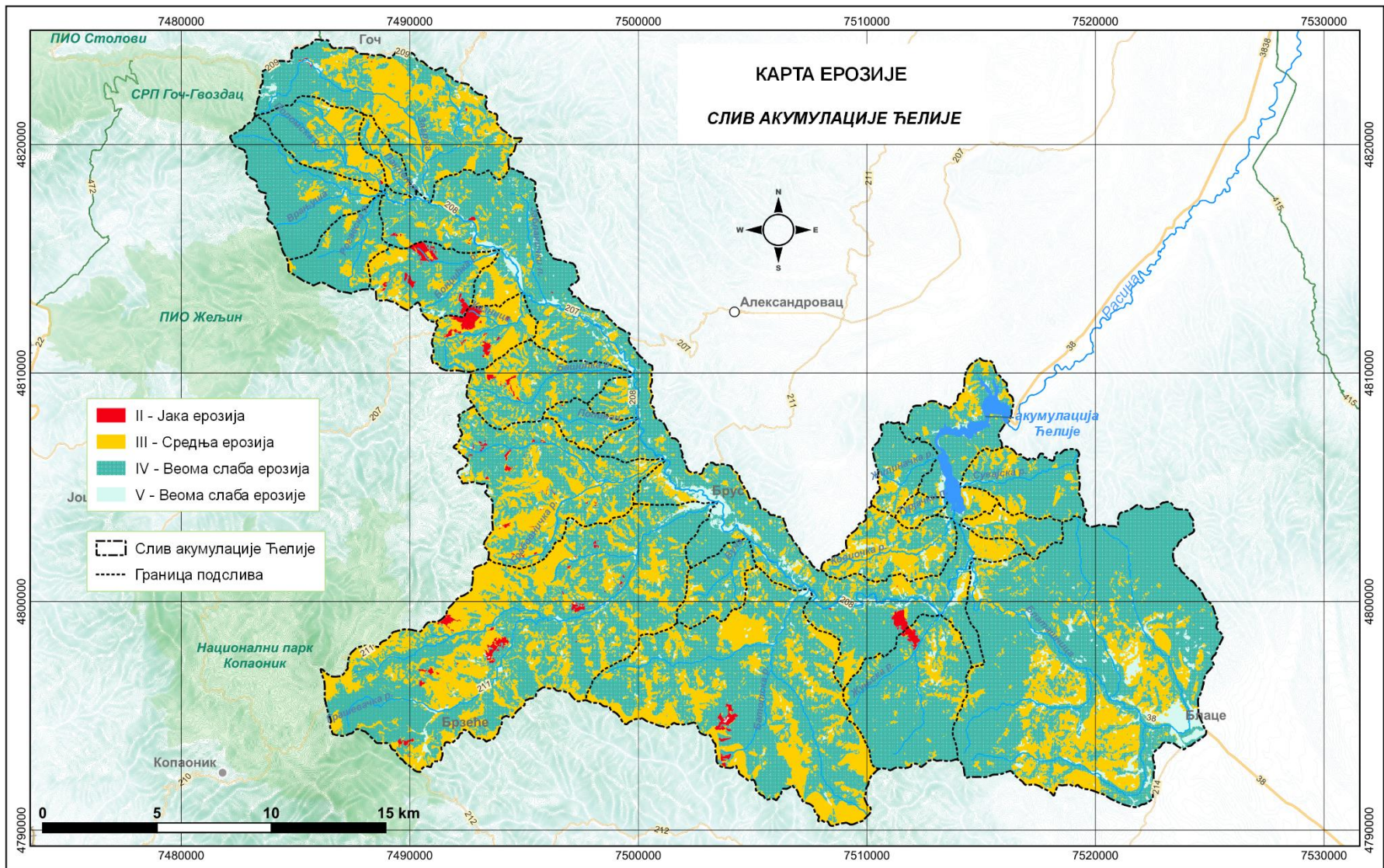
Табела 5.30 Категорије ерозије у подсливовима акумулације „Ђелије“ 2009. године

	Име тока	Површина слива	II		III		IV		V		акумулација		Коеф. ерозије Z
			km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	
1	Загржа	35,98	1,38	3,84	17,65	49,05	16,80	46,69	0,07	0,20	0,08	0,22	0,44
2	Пакленик	3,62	-	-	3,07	88,40	0,55	15,84	0,002	0,05	-	-	0,51
3	Поломска река	12,04	0,41	3,37	6,51	54,08	5,19	43,12	-	-	-	-	0,46
4	Врањуша	16,72	-	-	2,85	17,02	13,87	82,98	-	-	-	-	0,60
5	Рогавска река	9,60	-	-	3,89	40,48	5,71	59,48	-	-	-	-	0,40
6	Бонџички поток	13,16	1,55	12,05	6,26	48,67	5,26	40,90	0,09	0,71	-	-	0,48
7	Козничка река	10,15	1,11	10,93	4,76	46,88	3,55	34,92	0,74	7,28	-	-	0,46
8	Башичка река	14,19	0,29	2,04	7,24	51,02	6,18	43,55	0,48	3,38	-	-	0,43
9	Попинац	4,30	0,31	7,15	1,44	33,41	2,55	59,30	0,03	0,77	-	-	0,42
10	Грабовничка река	33,56	0,63	1,87	17,31	51,57	13,45	40,07	2,17	6,48	-	-	0,43
11	Грашевачка река	92,83	3,77	4,06	38,62	41,60	43,67	47,04	6,77	7,30	-	-	0,41
12	Вуча	7,91	0,17	2,13	2,03	25,67	5,71	72,22	-	-	-	-	0,38
13	Батотска река	70,24	1,48	2,11	22,18	31,58	45,42	64,66	1,17	1,66	-	-	0,39
14	Жуњска река	26,13	0,91	3,49	2,04	7,79	17,08	65,24	6,10	23,30	-	-	0,29
15	Блаташница	110,86	-	-	20,48	18,47	84,63	76,34	5,74	5,18	-	-	0,34
16	Ковиочка река.	12,76	-	-	6,20	48,59	6,24	48,90	0,20	1,57	0,12	0,90	0,42
17	Богишка река	5,03	-	-	1,85	36,78	3,16	62,82	0,01	0,13	0,01	0,18	0,39
18	Дурјачки поток	1,90	-	-	0,56	29,47	1,28	67,37	-	-	0,06	2,95	0,36
19	Сувајска река	12,47	-	-	2,63	21,40	9,84	80,05	-	-	-	-	0,35
20	Жилиначка река	7,02	-	-	0,26	3,76	6,64	94,62	-	-	0,12	1,71	0,30
21	Слив „Ђелије“	609,15	16,29	2,67	199,85	32,81	360,48	59,18	27,94	4,59	4,59	0,75	0,39

Табела 5.31 Категорије ерозије у подсливовима акумулације „Ђелије“ 2022. године

	Име тока	Површина слива km ²	II		III		IV		V		акумулација		Коеф. ерозије Z
			km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	
1	Загржа	35,98	0,06	0,18	14,22	39,52	20,64	57,36	1,01	2,81	0,05	0,15	0,39
2	Пакленик	3,62	0,002	0,05	1,69	48,55	1,71	49,25	0,07	1,96	-	-	0,42
3	Поломска река	12,04	0,02	0,16	4,48	37,22	7,50	62,28	0,04	0,35	-	-	0,39
4	Врањуша	16,72	0,01	0,03	1,64	9,83	14,98	89,59	0,09	0,55	0,74	4,41	0,32
5	Рогавска река	9,60	-	-	1,75	18,18	7,84	81,67	0,01	0,15	-	-	0,34
6	Бонџички поток	13,16	0,90	7,00	4,30	33,40	7,29	56,68	0,38	2,92	-	-	0,42
7	Козничка река	10,15	1,07	10,59	4,95	48,75	4,09	40,25	0,04	0,39	-	-	0,48
8	Башичка река	14,19	0,18	1,27	5,00	35,24	8,82	62,16	0,19	1,34	-	-	0,39
9	Попинац	4,30	0,00	0,10	1,11	25,81	3,08	71,63	0,10	2,29	-	-	0,36
10	Грабовничка река	33,56	0,40	1,18	14,20	42,31	18,27	54,43	0,69	2,06	-	-	0,41
11	Грашевачка река	92,83	1,25	1,35	37,23	40,10	52,55	56,61	1,80	1,94	-	-	0,40
12	Вуча	7,91	-	-	1,98	25,04	5,81	73,48	0,12	1,53	-	-	0,36
13	Батотска река	70,24	0,70	1,00	26,42	37,62	42,09	59,93	1,03	1,46	-	-	0,40
14	Жуњска река	26,13	0,36	1,37	4,01	15,31	21,52	82,21	0,29	1,12	-	-	0,34
15	Блаташница	110,86	-	-	26,36	23,78	78,50	70,81	7,00	6,31	0,06	0,05	0,35
16	Ковиочка река	12,76	-	-	6,72	52,66	5,40	42,32	0,64	5,04	0,001	0,01	0,42
17	Богишка река	5,03	-	-	2,07	41,16	2,81	55,86	0,15	2,93	-	-	0,39
18	Дурјачки поток	1,90	-	-	0,92	48,37	0,88	46,32	0,10	5,34	0,001	0,03	0,40
19	Сувајска река	12,47	-	-	2,73	22,21	9,44	76,80	0,12	1,00	-	-	0,35
20	Жилиначка река	7,02	-	-	1,50	21,38	5,32	75,81	0,18	2,52	0,02	0,3	0,35
21	Слив „Ђелије“	609,15	3,26	0,54	145,09	23,82	418,27	68,66	42,50	6,98	3,25	0,53	0,35

Извор: аутор



Слика 5.26 Карта ерозије у сливу акумулације „Ћелије“ 2022. године
Извор: аутор

Приказана карта ерозије представља резултат комплексне анализе основних физичко – географских параметара и обилује квалитативним и квантитативним подацима. Савремено картирање интензитета ерозионих процеса знатно је олакшано применом информатичког метода који је нашао посебну примену у приказивању и обради података који су претходно припремљени кабинетском обрадом.

Упоредни приказ заступљености различитих категорија ерозије обрађених у различитим периодима дат је у табели 5.32.

Табела 5.32 Стање ерозије у сливу акумулације „Ђелије“ 1968, 2009. и 2022. године

Година	1968		2009		2022	
Категорија ерозије	Површина km ²	%	Површина km ²	%	Површина km ²	%
I	54,74	8,99	-	-	-	-
II	173,96	28,56	16,29	2,67	3,26	0,54
III	190,81	31,32	199,85	32,81	145,09	23,82
IV	189,64	31,13	360,48	59,18	418,27	68,66
V	-	-	27,94	4,59	42,50	6,98
Укупно	609,15	100	609,15	100	609,15	100
Коефицијент ерозије Z	0,62		0,39		0,35	

5.7.2 Ерозиони процеси у сливу акумулације „Селова“

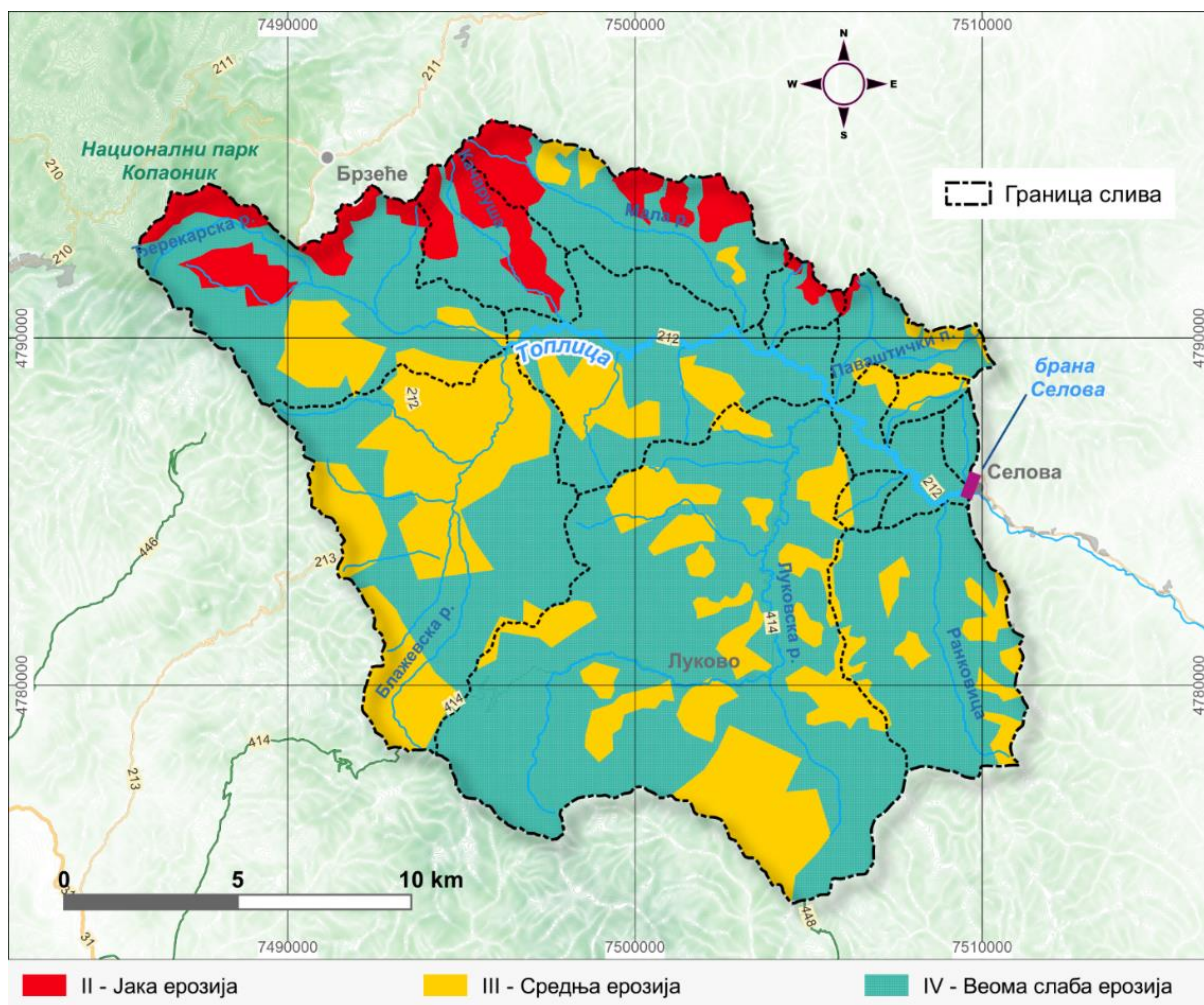
Почетком педесетих година прошлог века донета је одлука о изградњи бране и акумулације „Селова“ за потребе водоснабдевања насеља Прокупље, Блаце, Мерошина и Ниш. Године 1953. слив реке Топлице постаје експериментални слив за хидролошка истраживања. На основу теренског истраживања је утврђено да у сливу преовлађују интензивни ерозиони процеси, према класификацији Гавриловића између јаких и ексцесивних са коефицијентом $Z=1,0$. Најинтензивнији ерозиони процеси су били у притокама Мала река, Качаруша, Ђерекарска река, Паваштичка река и горњи део слива Луковске реке. Евидентирани су процеси површинске, браздасте и јаружасте ерозије као и клизишта.

Стање ерозије у сливу 1988. године према Студији антиерозионе заштите слива акумулације „Селова“ из 1989. године је знатно побољшано извођењем противерозионих радова у сливу. Коефицијент ерозије на основу карте ерозије је износио $Z=0,49$, што значи да су у сливу владали процеси средње ерозије.

Табела 5.33 Категорије ерозије у подсливовима акумулације „Селова” 1988. године

	Име тока	I		II		III		IV		V		Z
		km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	
1	Међуслив А	-	-	0,47	11,12	3,76	88,88	0,00	0,00	-	-	0,60
2	Паваштичка река	-	-	0,11	1,94	3,93	72,83	1,37	25,33	-	-	0,49
3	Паваштички поток	-	-	0,19	2,23	1,80	21,40	6,23	74,31	-	-	0,37
4	Маговски поток	-	-	0,42	6,64	2,26	35,45	3,69	57,95	-	-	0,44
5	Мала река	-	-	4,35	17,22	11,09	43,89	9,82	38,88	-	-	0,52
6	Качаруша	-	-	5,53	24,55	11,95	53,07	4,95	22,00	-	-	0,56
7	Ђерекарска река	1,62	3,87	4,77	11,36	24,20	57,66	11,38	27,11	-	-	0,55
8	Блажевска река	4,12	6,95	7,77	13,10	24,50	41,33	21,92	36,98	0,97	1,64	0,53
9	Луковска река	2,14	1,87	13,49	11,80	46,49	40,67	50,04	43,78	2,15	1,88	0,48
10	Ацовски река	-	-	0,45	7,17	3,93	63,29	1,11	17,79	0,73	11,76	0,40
11	Ранковица	0,08	0,23	1,58	4,92	14,70	45,82	15,73	49,02	-	-	0,42
12	Међуслив Б	0,36	1,56	0,07	0,30	8,73	37,69	14,01	60,45	-	-	0,43
13	Слив „Селова“	8,41	2,43	39,20	11,33	157,35	45,47	140,31	40,55	0,78	0,23	0,49

На основу карте ерозије урађене током 2005-2006. године (Слика 5.27), коефицијент ерозије је $Z=0,404$ и у сливу је средња ерозија на доњој граници према класификацији Гавриловића, са прелазом ка слабој ерозији (Табела 5.34). Иако је обим противерозионих радова смањен, настављен је тренд опадања интензитета ерозије.



Слика 5.27 Карта ерозије у сливу акумулације „Селова“ 2006. године

Табела 5.34 Категорије ерозије у подсливовима акумулације „Селова“ 2006. године

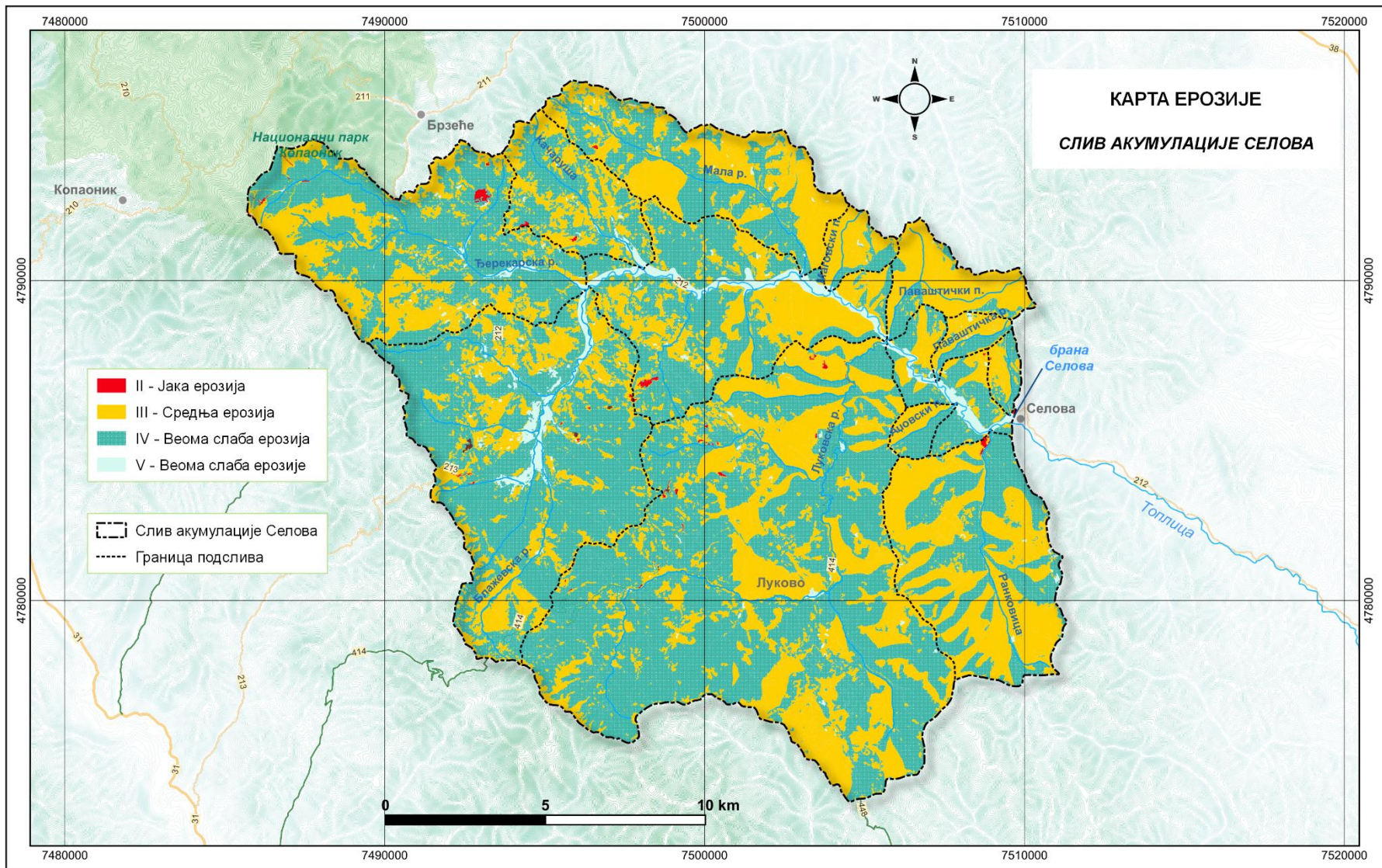
	Име тока	Површина слива km ²	II		III		IV		Z
			km ²	%	km ²	%	km ²	%	
1	Средњи поток	2,01	-	-			2,01	100,00	0,30
2	Паваштичка река	2,59	-	-	1,47	56,62	1,12	43,38	0,44
3	Паваштички п.	8,37	0,24	2,91	1,51	17,96	6,65	79,20	0,36
4	Маговски поток	3,75	0,87	23,32	-	-	2,88	76,68	0,43
5	Мала река	24,75	7,78	31,41	1,93	7,80	15,05	60,80	0,49
6	Качаруша	13,49	6,54	48,48	-	-	6,95	51,52	0,57
7	Ђерекарска река	41,85	8,36	19,94	7,71	18,39	25,87	61,67	0,46
8	Блажевска река	57,92	-	-	31,46	54,32	26,46	45,68	0,44
9	Луковска река	113,70	-	-	33,27	29,26	80,45	70,74	0,37
10	Аџовски поток	2,27	-	-	0,47	20,65	1,80	79,35	0,35
11	Ранковица	31,94	-	-	5,97	18,67	26,01	81,33	0,35
12	Међуслив	43,10	-	-	8,37	19,42	34,73	80,58	0,35
13	Слив „Селова“	346,05	23,75	6,87	92,98	26,88	229,32	66,29	0,40

На крају периода истраживања према карти ерозије за 2022. годину (Слика 5.28) стање у сливу је следеће: процеси екцесивне ерозије су забележени на мањој површини, свега 0,03%. Јака ерозија се јавља на 0,2%, а средња ерозија на око 42% територије. Ерозија слабог интензитета је заступљена на око 69% површине слива акумулације. Врло слаба ерозија је на 2,5% површине, а вредност коефицијента ерозије за цео слив износи 0,4 па је интензитет ерозије у сливу на граници средње и слабе ерозије (III и IV категорије) (Табела 5.35).

Табела 5.35 Категорије ерозије у подсливовима акумулације „Селова” 2022. године

	Име тока	Површина слива km ²	I		II		III		IV		V		Коеф. ерозије Z
			km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	
1	Средњи поток	2,01	-	-	0,01	0,28	1,14	56,64	0,85	42,53	0,01	0,36	0,44
2	Паваштичка река	2,59	-	-	-	-	1,65	63,74	0,86	33,04	0,08	3,22	0,45
3	Паваштички поток	8,37	-	-	-	-	6,90	82,46	1,45	17,35	0,03	0,38	0,51
4	Маговски поток	3,75	-	-	-	-	2,82	75,20	0,87	23,30	0,06	1,50	0,48
5	Мала река	24,75	-	-	0,01	0,06	13,92	56,23	10,67	43,09	0,16	0,64	0,44
6	Качаруша	13,49	-	-	0,05	0,34	6,20	45,92	6,91	51,19	0,34	2,55	0,41
7	Ђерекарска река	41,85	-	-	0,23	0,56	15,74	37,61	25,30	60,46	0,67	1,61	0,39
8	Блажевска река	57,92	0,09	0,15	0,08	0,14	16,67	28,77	38,44	66,37	2,65	4,57	0,36
9	Луковска река	113,70	0,02	0,02	0,16	0,14	43,52	38,27	69,57	61,19	0,46	0,40	0,40
10	Аџовски поток	2,27	-	-	-	-	1,19	52,25	1,06	46,69	0,02	1,06	0,43
11	Ранковица	31,94	-	-	0,07	0,21	18,93	59,26	12,82	40,12	0,14	0,45	0,45
12	Међуслив	43,10	-	-	0,12	0,29	16,49	38,25	22,34	51,82	4,16	9,66	0,38
13	Слив „Селова”	346,05	0,11	0,03	0,75	0,22	145,15	41,95	191,20	55,25	8,84	2,55	0,40

Извор: аутор



Слика 5.28 Карта ерозије у сливу акумулације „Селова“ 2022. година
Извор: аутор

Упоредни приказ заступљености различитих категорија ерозије обрађених у различитим периодима дат је у табели 5.36.

Табела 5.36 Стање ерозије у сливу акумулације „Селова“ 1988, 2006. и 2022. године

Година	1988		2006		2022	
Категорија ерозије	Површина km ²	%	Површина km ²	%	Површина km ²	%
I	8,41	2,43	-	-	0,11	0,03
II	39,20	11,33	23,75	2,43	0,75	0,22
III	157,35	45,47	92,98	11,33	145,15	41,94
IV	140,31	40,55	229,32	45,47	191,20	55,25
V	0,78	0,23	-	-	8,84	2,55
Укупно	346,05	100	346,05	100	346,05	100
Коефицијент ерозије Z	0,49		0,404		0,40	

5.8 Продукција и пронос наноса у сливовима акумулација „Ђелије“ и „Селова“

Анализа стања ерозионих процеса у сливу на основу урађених карата ерозије и података о заступљености различитих категорија ерозије, карте изохијета и изотерми подручја, као и анализа физичко-географских карактеристика слива су основа за прорачун продукције наноса из сливова. Укупна количина наноса која се продукује у сливу израчуната је по Методи потенцијала ерозије проф. Гавриловића.

5.8.1 Продукција и пронос наноса у сливу акумулације „Ђелије“

Резултати прорачуна продукције и пронос наноса у подсливовима акумулације „Ђелије“ током периода истраживања дати су у табелама 5.37-5.39.

Табела 5.37 Продукција и пронос наноса у подсливовима акумулације „Ђелије”, стање 1968. године

Име тока	Површина слива	Спец. годишња продукција наноса	Укупна годишња продукција наноса	Ru	Спец. годишњи пронос наноса	Укупни годишњи пронос наноса
	km ²	m ³ /km ² god	m ³ /god		m ³ /km ² god	m ³ /god
1 Загржа	35,98	1.315,35	47.326,29	0,51	670,83	24.136,46
2 Пакленик	3,62	868,34	3.143,39	0,38	329,97	1.194,49
3 Поломска река	12,04	1.397,66	16.827,85	0,47	656,90	7.909,09
4 Врањуша	16,72	1.752,39	29.299,89	0,63	1.104,00	18.458,93
5 Рогавска река	9,60	956,39	9.181,36	0,53	506,89	4.866,12
6 Бонџички поток	13,16	2.096,44	27.589,08	0,59	1.236,90	16.277,56
7 Козница	10,15	1.140,96	11.580,71	0,49	559,07	5.674,55
8 Башичка река	14,19	1.784,69	25.324,74	0,54	963,73	13.675,36
9 Попинац	4,30	1.023,32	4.400,26	0,43	440,03	1.892,11
10 Грабовничка река	33,56	1.027,69	34.489,36	0,67	688,55	23.107,87
11 Грашевачка река	92,83	1.695,43	157.386,36	0,60	1.017,26	94.431,82
12 Вуча	7,91	1.582,77	12.519,71	0,47	743,90	5.884,26
13 Батотска река	70,24	809,59	56.865,73	0,58	469,56	32.982,12
14 Жуњска река	26,13	1.129,04	29.501,71	0,61	688,71	17.996,04
15 Блаташница	110,86	1.162,28	128.850,31	0,31	360,31	39.943,59
16 Ковиочка река	12,76	442,15	5.641,79	0,32	141,49	1.805,37
17 Богишка река	5,03	1.691,18	8.506,63	0,41	693,38	3.487,72
18 Дурјачки поток	1,90	613,12	1.164,93	0,23	141,02	267,93
19 Сувајска река	12,47	1.088,56	13.574,29	0,42	457,19	5.701,20
20 Жилиначка река	7,02	988,48	6.939,10	0,37	365,74	2.567,47
21 Слив „Ђелије”	609,15	1.189,12	724.352,45	0,46	547,00	333.202,13

Табела 5.38 Продукција и пронос наноса у подсливовима акумулације „Ђелије“, стање 2009. године

Име тока	Површина слива	Спец. годишња продукција наноса	Укупна годишња продукција наноса	Ru	Спец. годишњи пронос наноса	Укупни годишњи пронос наноса
	km ²	m ³ /km ² god	m ³ /god		m ³ /km ² god	m ³ /god
1 Загржа	35,98	850,36	30.595,95	0,51	433,68	15.603,94
2 Пакленик	3,62	1.057,96	3.829,82	0,38	402,02	1.455,33
3 Поломска река	12,04	888,01	10.691,64	0,47	417,36	5.025,07
4 Врањуша	16,72	1.345,65	22.499,27	0,63	847,76	14.174,54
5 Рогавска река	9,60	733,97	7.046,11	0,53	389,00	3.734,44
6 Бонџички поток	13,16	896,13	11.793,07	0,59	528,72	6.957,91
7 Козница	10,15	843,08	8.557,26	0,49	413,11	4.193,06
8 Башичка река	14,19	759,67	10.779,72	0,54	410,22	5.821,05
9 Попинац	4,30	619,72	2.664,80	0,43	266,48	1.145,86
10 Грабовничка река	33,56	624,71	20.965,27	0,67	418,56	14.046,73
11 Грашевачка река	92,83	654,31	60.739,60	0,60	392,59	36.443,76
12 Вуча	7,91	517,35	4.092,24	0,47	243,15	1.923,35
13 Батотска река	70,24	540,61	37.972,45	0,58	313,55	22.024,02
14 Жуњска река	26,13	350,39	9.155,69	0,61	213,74	5.584,97
15 Блаташница	110,86	424,36	47.044,55	0,31	131,55	14.583,81
16 Ковиочка река	12,76	601,07	7.669,65	0,32	192,34	2.454,29
17 Богишка река	5,03	548,57	2.759,31	0,41	224,91	1.131,32
18 Дурјачки поток	1,90	493,25	937,18	0,23	113,45	215,55
19 Сувајска река	12,47	470,11	5.862,27	0,42	197,45	2.462,15
20 Жилиначка река	7,02	376,38	2.642,19	0,37	139,26	977,61
21 Слив „Ђелије“	609,15	586,00	356.961,90	0,46	269,56	164.202,47

Табела 5.39 Продукција и пронос наноса у подсливовима акумулације „Ђелије“, стање 2022. године

Име тока	Површина слива	Спец. годишња продукција наноса	Укупна годишња продукција наноса	Ru	Спец. годишњи пронос наноса	Укупни годишњи пронос наноса
	km ²	m ³ /km ² god	m ³ /god		m ³ /km ² god	m ³ /god
1 Загржа	35,98	734,51	26.427,67	0,51	374,60	13.478,11
2 Пакленик	3,62	801,36	2.900,92	0,38	304,52	1.102,35
3 Поломска река	12,04	730,31	8.792,93	0,47	343,25	4.132,68
4 Врађуша	16,72	546,42	9.136,14	0,63	344,24	5.755,77
5 Рогавска река	9,60	600,36	5.763,46	0,53	318,19	3.054,63
6 Бонџички поток	13,16	778,23	10.241,51	0,59	459,16	6.042,49
7 Козница	10,15	963,06	9.775,06	0,49	471,90	4.789,78
8 Башичка река	14,19	703,80	9.986,92	0,54	380,05	5.392,94
9 Попинац	4,30	598,95	2.575,49	0,43	257,55	1.107,46
10 Грабовничка река	33,56	723,21	24.270,93	0,67	484,55	16.261,52
11 Грашевачка река	92,83	686,52	63.729,65	0,60	411,91	38.237,79
12 Вуча	7,91	598,24	4.732,08	0,47	281,17	2.224,08
13 Батотска река	70,24	693,11	48.684,05	0,58	402,00	28.236,75
14 Жуњска река	26,13	501,75	13.110,73	0,61	306,07	7.997,54
15 Блаташница	110,86	449,57	49.839,33	0,31	139,37	15.450,19
16 Ковиочка река	12,76	758,71	9.681,14	0,32	242,79	3.097,96
17 Богишка река	5,03	687,43	3.457,77	0,41	281,85	1.417,69
18 Дурјачки поток	1,90	704,31	1.338,19	0,23	161,99	307,78
19 Сувајска река	12,47	585,02	7.295,20	0,42	245,71	3.063,98
20 Жилиначка река	7,02	572,05	4.015,79	0,37	211,66	1.485,84
21 Слив „Ђелије“	609,15	554,20	337.590,93	0,46	254,93	155.291,83

Извор: аутор



Графикон 5.5 Производња наноса у сливу акумулације „Ђелије“ за период истраживања

Упоредни приказ производње и проноса наноса представљен је на графикону 5.5, као и у табели 5.40.

Табела 5.40 Производња и пронос наноса у сливу акумулације „Ђелије“ 1968-2022.

Година	Интензитет ерозије	Категорија	Коеф. ерозије	Спец. годишња производња наноса	Укупна годишња производња наноса	Спец. годишњи пронос наноса	Укупни годишњи пронос наноса
				m³/km²god	m³/god	m³/km²god	m³/god
1968	Јака	I	0,62	1.189,12	724.352,45	547,00	333.202,13
2009	Средња	III	0,39	586,00	356.961,90	269,56	164.202,47
2022	Средња	III	0,35	554,20	337.590,93	254,93	155.291,83

5.8.2 Производња и пронос наноса у сливу акумулације „Селова“

Производња и пронос наноса у подсливовима акумулације „Селова“ током периода истраживања приказани су у табелама 5.41-5.43.

Табела 5.41 Продукција и пронос наноса у подсливовима акумулације „Селова“
1988. године

Име тока	Спец.	Укупна	Спец.	Укупни	
	годишња продукција наноса	годишња продукција наноса	годишњи пронос наноса	годишњи пронос наноса	
	m ³ /km ² god	m ³ /god	m ³ /km ² god	m ³ /god	
1	Међуслив А	1.157,00	4.889,00	482,40	2.038,00
2	Паваштичка река	872,90	4.719,00	392,50	2.122,00
3	Паваштички поток	558,30	4.587,00	237,50	1.951,00
4	Маговски поток	742,80	4.736,00	296,10	1.888,00
5	Мала река	954,30	24.105,00	398,40	10.064,00
6	Качаруша	1.066,50	24.000,00	512,20	11.527,00
7	Ђерекарска река	1.145,40	48.081,00	524,90	22.036,00
8	Блажевска река	1.084,20	64.264,00	453,20	26.862,00
9	Луковска река	1.006,10	115.008,00	444,70	50.830,00
10	Аџовски поток	652,80	4.054,00	203,50	7.872,00
11	Ранковица	797,10	25.580,00	431,20	1.264,00
12	Међуслив Б	680,40	15.769,00	339,70	13.837,00
13	Слив „Селова“	961,15	332.605,20	615,10	212.867,80

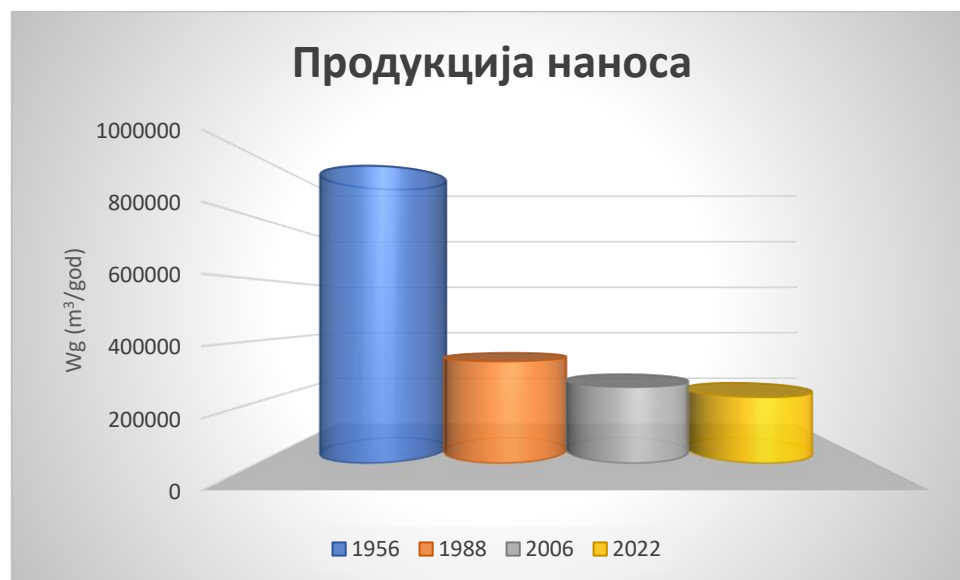
Табела 5.42 Продукција и пронос наноса у подсливовима акумулације „Селова“
2006. године

Име тока	Спец.	Укупна	Спец.	Укупни	
	годишња продукција наноса	годишња продукција наноса	годишњи пронос наноса	годишњи пронос наноса	
	m ³ /km ² god	m ³ /god	m ³ /km ² god	m ³ /god	
1	Средњи поток	344,13	691,70	151,42	304,69
2	Паваштичка река	635,40	1.645,69	290,19	751,58
3	Паваштички поток	468,50	3.935,41	263,74	2.215,40
4	Маговски поток	604,83	2.268,10	262,78	985,41
5	Мала река	799,41	19.793,37	474,92	11.759,10
6	Качаруша	987,14	13.316,54	570,04	7.689,83
7	Ђерекарска река	657,71	27.590,73	472,79	19.833,51
8	Блажевска река	615,52	35.650,77	366,16	21.207,85
9	Луковска река	527,82	60.024,16	319,33	36.314,39
10	Аџовски поток	483,12	1.096,68	213,38	484,38
11	Ранковица	519,36	16.609,03	324,10	10.364,75
12	Међуслив	476,52	20.537,89	261,68	11.278,28
13	Слив „Селова“	719,6	248.938,4	458,72	158.740,6

Табела 5.43 Продукција и пронос наноса у подсливовима акумулације „Селова“ 2022. године

Име тока	Спец. годишња продукција наноса	Укупна годишња продукција наноса	Ru	Спец. годишњи пронос наноса	Укупни годишњи пронос наноса
	m ³ /km ² god	m ³ /god		m ³ /km ² god	m ³ /god
1 Средњи поток	644,60	1.295,65	0,44	283,62	570,08
2 Паваштичка река	666,49	1.726,21	0,46	306,59	794,06
3 Паваштички поток	638,70	5.365,08	0,56	357,67	3.004,44
4 Маговски поток	600,96	2.253,60	0,43	258,41	969,05
5 Мала река	602,29	14.912,70	0,59	355,35	8.798,49
6 Качаруша	545,64	7.360,68	0,58	316,47	4.269,20
7 Ђерекарска река	633,90	26.592,11	0,72	456,41	19.146,32
8 Блажевска река	582,36	33.730,29	0,59	343,59	19.900,87
9 Луковска река	591,85	67.305,18	0,60	355,11	40.383,11
10 Аџовски поток	498,68	1.132,00	0,44	219,42	498,08
11 Ранковица	534,30	17.086,91	0,62	331,27	10.593,89
12 Међуслив	552,04	23.792,92	0,55	303,62	13.086,11
13 Слив „Селова“	623,85	215.814,67	0,64	399,26	138.121,39

Извор: аутор



Графикон 5.6 Продукција наноса у сливу акумулације „Селова“ за период истраживања

Упоредни приказ продукције и проноса наноса у сливу акумулације „Селова“ је дат на графикону 5.6 и у табели 5.44.

Табела 5.44 Продукција и пронос наноса у сливу акумулације „Селова“
1956-2022. године

Година	Интензитет ерозије	Категорија	Коеф. ерозије	Специф. годишња продукција наноса	Укупна годишња продукција наноса	Специф. годишњи пронос наноса	Укупни годишњи пронос наноса
				m ³ /km ² god	m ³ /god	m ³ /km ² god	m ³ /god
1956	Јака	I	1,0	2.802,2	969.694,4	1.804,6	624.483,8
1988	Средња	III	0,49	961,15	332.605,2	615,1	212.867,8
2006	Средња	III	0,404	719,6	248.938,4	458,72	158.740,6
2022	Средња	III	0,40	623,85	215.814,7	399,3	138.121,4

Извор: аутор

6 ОПИС ИЗВЕДЕНИХ ПРОТИВЕРОЗИОНИХ РАДОВА

6.1 Технички радови у сливу реке Расине узводно од акумулације „Ђелије“

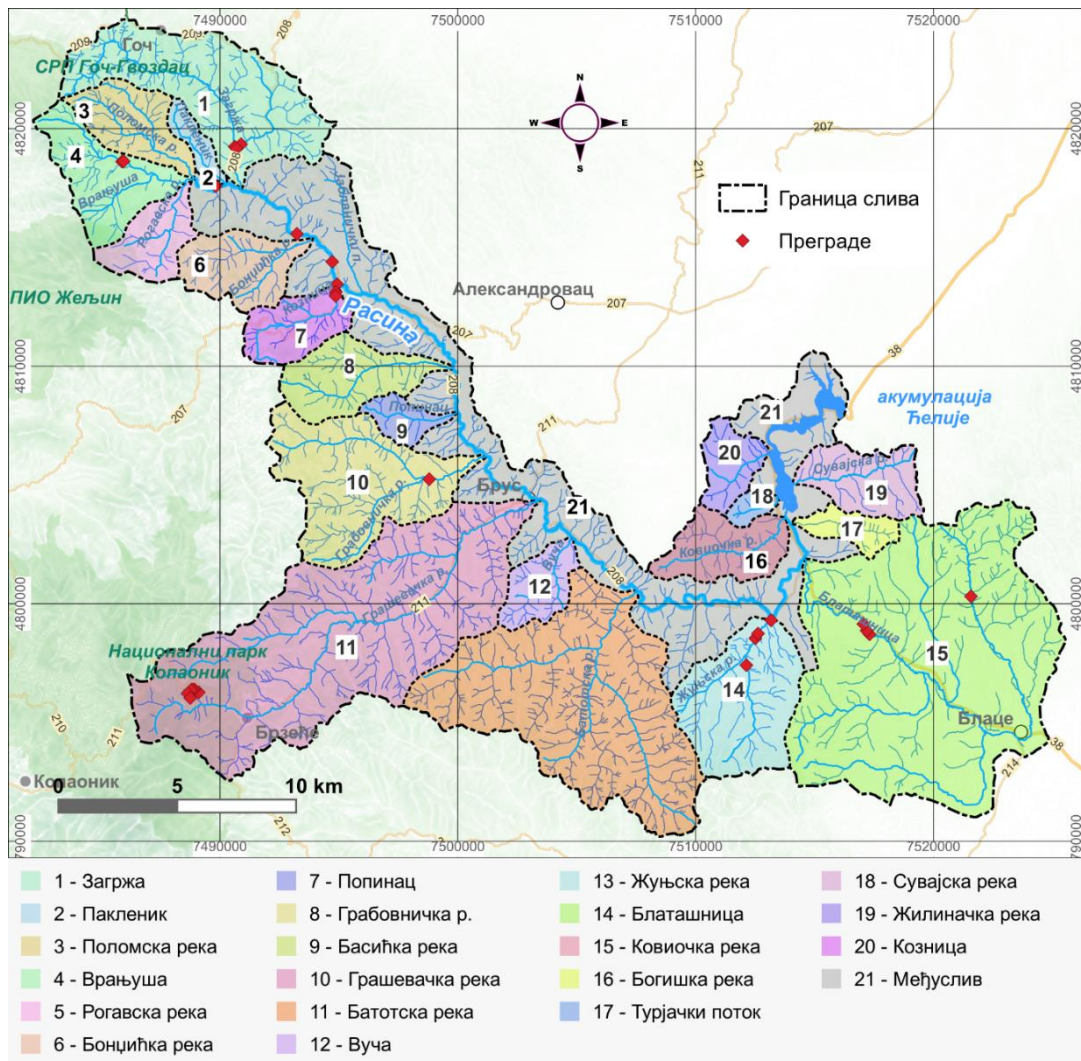
Слив реке Расине у непосредној зони акумулације, као и узводно од акумулације, активно је третиран противерозионим грађевинским радовима као мером за заустављање наноса и стабилизацију речних токова. Ови радови су пратили период изградње бране, а њихово извођење је настављено и након завршетка изградње бране и пуњења језера. Подаци о изведеним објектима прикупљени су највећим делом директно на терену и из Генералног пројекта уређења ерозионих и бујичних подручја у Србији VI фаза (2009).

У периоду од 1972. па до 1990. године изграђено је преко тридесет депонијских преграда и то од бетона или од камена у цементном малтеру. Већи број поменутих објеката је евидентиран на терену (Слика 6.1). Број и типови анализираних попречних објеката у сливу акумулације „Ђелије“ приказани су у табели 6.1.

Табела 6.1 Анализирани попречни објекти у сливу акумулације „Ђелије“

Назив слива	Анализирани попречни објекти
Блаташница	3 преграде
Поповачка река	1 праг
Жуњска река	4 преграде
Козничка река	3 преграде
Загржа	2 преграде
Расина главни ток	1 преграда

Анализирано је 14 попречних објеката распоређених у 6 сливова: 13 преграда и један праг. Преграде су изграђене од бетона или камена у цементном малтеру, висине у распону од 2,0 до 5,5 m. Преграде су у потпуности запуњене наносом и заплави су обрасли вегетацијом па је прилаз преградама знатно отежан.



Слика 6.1 Положај попречних објеката (преграда) у сливу акумулације „Ђелије”
Извор: аутор

У кориту реке Блаташнице изграђене су у систему 3 бетонске преграде висине 2,5 до 4,0 m. Преграде су без слапишта јер је дно реке стеновито. Преграда 1 (Слика 6.2) има корисну висину 4,0 m. Крило преграде 1 је поткопано на левој обали. На крају заплава преграде 1 је преграда 2 (Слика 6.3), са корисном висином 3,0 m. Преграда 3 је висине 2,5 m. Преграде су запуњене наносом.



Слика 6.2 Преграда 1 у кориту Блаташнице, 2009. и 2022. године
Извор: аутор



Слика 6.3 Заплав преграде 2 у кориту Блаташнице, 2009. и 2022. године
Извор: аутор

У кориту притоке реке Блаташнице, Поповачке реке, постоји насута брана висине око 10 m. Има надвишење од камена у цементном малтеру висине 1,0 m. У централном делу бране јако цури вода. Низводно од бране је праг корисне висине 1,5 m од камена у цементном малтеру (Слика 6.4).

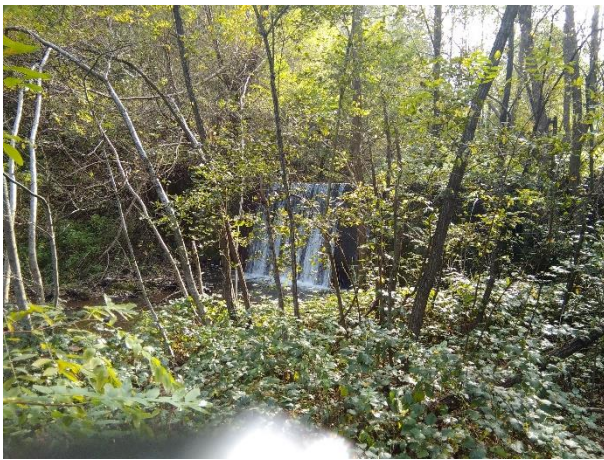


Слика 6.4 Брана и праг у кориту Поповачке реке
Извор: аутор

У кориту Жуњске реке су изведене у систему 4 преграде од бетона, са слапиштем. Преграда 1 има корисну висину 2,0 m. Зуб преграде је оштећен. Преграда 2 је висине 3,0 m (Слика 6.5). Преграда 3 има оштећење у трупцу, ближе левој обали. Преграда 4 има корисну висину 5,0 m, има два зуба низводно од преграде (Слика 6.6). Све преграде су запуњене наносом и заплаци су обрасли вегетацијом.



Слика 6.5 Преграда 1 (лево) и преграда 2 (десно) у кориту Жуњске реке
Извор: аутор



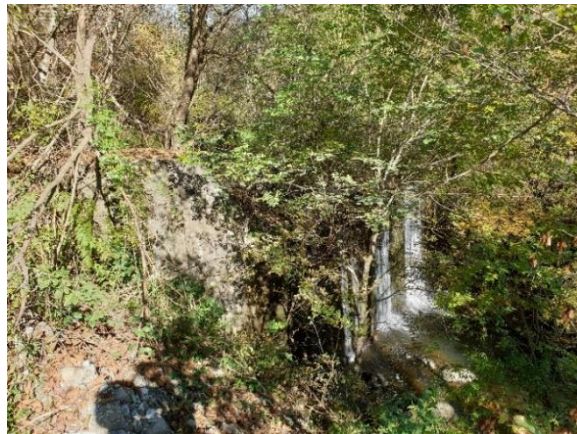
Слика 6.6 Преграда 3 (лево) и преграда 4 (десно) у кориту Жуњске реке
Извор: аутор

У кориту Козничке реке су изграђене 3 преграде од камена у цементном малтеру. Преграда 1 (Слика 6.7) има корисну висину 4,0 m, обезбеђена је слапиштем. Тело преграда је оштећено. Преграда 2 има корисну висину 5,5 m, корито је стеновито па нема подслапље. Преграда 3 је висине 3,0 m, са слапиштем. Све преграде су запуњене наносом, а прелив и заплаци су обрасли вегетацијом.



Слика 6.7 Преграда 1 и прелив преграда 1 на Козничкој реци
Извор: аутор

У левој притоци Расине, Загржи изграђене су 3 бетонске преграде, од којих је једна у склопу комплекса за рекреацију Митрово поље, корисне висине $h_k = 4,0$ m. Нема слапишта јер је дно стеновито. Преграда 1 (Слика 6.8) је изграђена у кориту потока Кривача, притоке реке Загрже од бетона, корисне висине 3,0 m, са стеновитим дном. Преграда 2 је корисне висине 3,5 m, у главном току, изграђена од бетона и без слапишта због стеновитог дна.



Слика 6.8 Преграда 1 на притоци реке Загржа 2009. и 2022. године

Извор: аутор

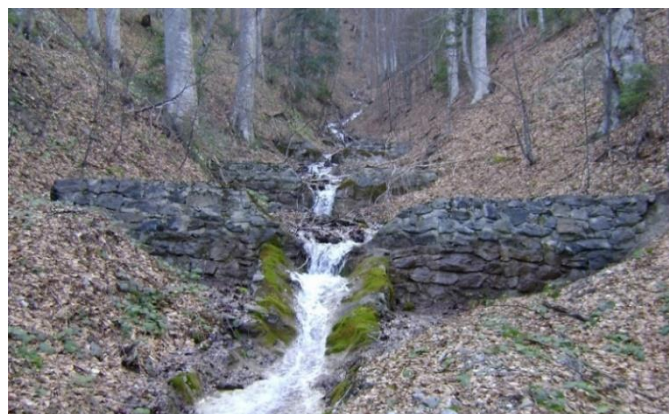
У главном кориту реке Расине постоје 4 прага изграђена за потребе водозахвата за Рибњаке. Узводно од водозахвата на локалитету Врањуша је изграђена бетонска преграда корисне висине 2,5 m, без слапишта (Слика 6.9).



Слика 6.9 Преграда и заплав у кориту Расине, узводно од водозахвата

Извор: аутор

У изворишном делу слива Грашевачке реке у јаругама је изграђено 6 прагова од камена у цементном малтеру, корисне висине од 0,5 до 0,7 m (Слика 6.10).



Слика 6.10 Прагови у кориту Грашевачке реке
Извор: аутор

У кориту Грабовачке реке су изграђена 2 прага без слапишта, један у близини ушћа у реку Расину и други као водозахват за воденицу.

Табела 6.2 Основне карактеристике анализираних преграда

Број објекта	Попречни објекат	Корисна висина h_k	Материјал
БЛАТАШНИЦА			
1	Преграда 1	4,0	Бетон
2	Преграда 2	3,0	Бетон
3	Преграда 3	2,5	Бетон
ПОПОВАЧКА РЕКА			
1	Праг 1	1,5	Камен у цементном малтеру
ЖУЊСКА РЕКА			
1	Преграда 1	2,0	Бетон
2	Преграда 2	3,0	Бетон
3	Преграда 3	3,0	Бетон
4	Преграда 4	5,0	Бетон
КОЗНИЧКА РЕКА			
1	Преграда 1	4,0	Камен у цементном малтеру
2	Преграда 2	5,5	Камен у цементном малтеру
3	Преграда 3	3,0	Камен у цементном малтеру
ЗАГРЖА			
1	Преграда 1	3,0	Бетон
2	Преграда 2	3,5	Бетон
РАСИНА			
1	Преграда 1	2,5	Бетон

Регулациони радови су урађени у Брусу на реци Расини поред фабрике ФУД – Брус, узводно од моста у дужини око 150 метара (Слика 6.11). Регулација је урађена од бетонских плоча које се ослањају на ножицу. У дну регулисаног корита су стабилизациони прагови.



Слика 6.11 Регулисано корито Расине у Брусу

Извор: аутор

Регулисана је и Грашевачка река, десна притока реке Расине и то од ушћа у реку Расину, па узводно до путног моста, дужине око 100 метара.

У Брзећу је урађен део Брзећке реке, десна притока Грашевачке реке, у зони паркиралишта од камена у цементном малтеру у дужини око 100 метара.

Приликом реконструкције пута Брус – Брзеће, а у склопу радова на путу, урађено је више линијских грађевина - бетонских зидова на Грашевачкој реци како би се спречила бочна ерозија и „одношење“ пута.

6.2 Технички радови у сливу реке Топлице узводно од акумулације „Селова“

Противерозиони радови у сливу Топлице су започети 1947. године, али тек од 1969. године се интензивирају па су до 1973. године изграђене 34 преграда.

Са почетком изградње бране израђена је Студија антиерозионе заштите слива акумулације „Селова“ 1989. године, као и низ пројеката за појединачне бујичне токове. У периоду 1980-1991. године изграђено је пет нових преграда (Табела 6.3).

Табела 6.3 Технички радови у сливу акумулације „Селова“

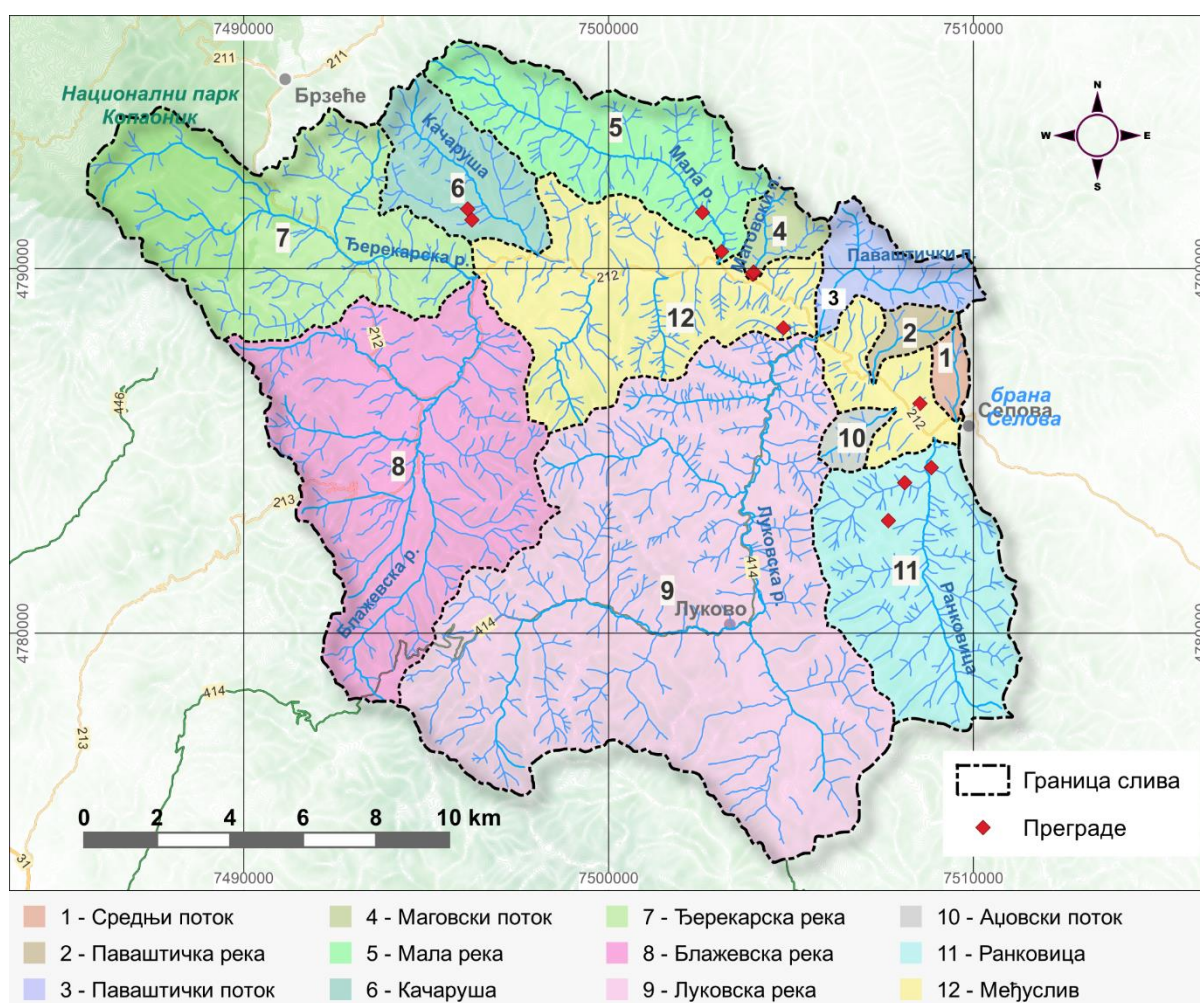
Период	Број изграђених преграда
1947-1968	5
1968-1980	34
1980-1987	5
1988-2006	10
Укупно 1947 - 2006	54

После 2006. године није изграђена ниједна преграда.

У сливу акумулације „Селова“ анализирано је 11 попречних објеката распоређених у 8 сливова (Слика 6.12, Табела 6.4). Преграде су изграђене од камена у цементном малтеру, висине у распону од 2,0 m до 5,0 m (Табела 6.5). Преграде су у потпуности запуњене наносом и заплави су обрасли вегетацијом, па је прилаз преградама знатно отежан.

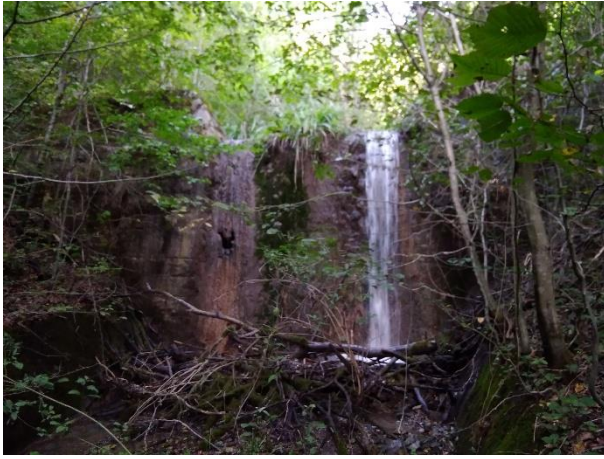
Табела 6.4 Анализирани попречни објекти у сливу акумулације „Селова“

Назив слива	Анализирани попречни објекти
Средњи поток	1 преграда
Струганички поток	1 преграда
Вратнички поток	1 преграда
Љутовски поток	1 преграда
Паваштички поток	1 преграда
Мала река	2 преграде
Маговски поток	2 преграде
Качаруша	2 преграде



Слика 6.12 Положај попречних објеката (преграда) у сливу акумулације „Селова“
Извор: аутор

Средњи поток је лева притока реке Топлице и у њу се улива у зони тела бране акумулације „Селова“. Преграда 1 (Слика 6.13) изграђена је од камена у цементном малтеру. Корисна висина преграде је 3,5 m, са подслапљем дужине 8,0 m и зубом преграде.



Слика 6.13 Преграда у кориту Средњег потока
Извор: аутор

Љутовски поток је притока Ранковице и после пуњења акумулације уливаће се директно у њу. Преграда 1 (Слика 6.14) има корисну висину 3,5 m и изграђена је од камена у цементном малтеру. Преграда је заштићена подслапљем, зубом и габионским мадрацем. Плочник подслапља је дужине 7,0 m, дебљине 0,5 m.



Слика 6.14 Преграда и заплав у кориту Љутовског потока
Извор: аутор

Вратнички поток је притока Ранковице и после пуњења акумулације уливаће се директно у акумулацију. Корисна висина преграде је 5,0 m, са подслапљем дужине 8,5 m, зубом и габионским мадрацем који је оштећен (Слика 6.15). Изграђена је од камена у цементном малтеру.

Струганички поток је притока Ранковице и као и Љутовски и Вратнички поток после пуњења акумулације уливаће се директно у њу. Преграда 1 изграђена је од камена у цементном малтеру. Корисна висина преграде је 4,0 m, са подслапљем дужине 8,0 m и зубом преграде.



Слика 6.15 Преграда у кориту Вратничког потока

Извор: аутор

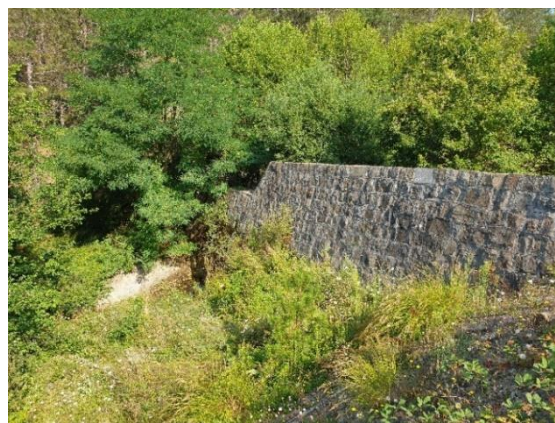
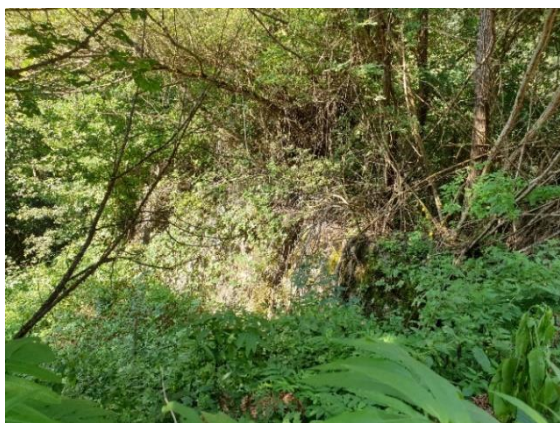
Маговски поток је десна притока Топлице. Преграда 1 има корисну висину 2,0 m и изграђена је од бетона. Обезбеђена је подслапљем и зубом преграде изграђеним од камена у цементном малтеру. Преграда 2 је низводно, изграђена од камена у цементном малтеру, корисне висине 2,0 m, без подслапља (Слика 6.16).



Слика 6.16 Преграда 1 (лево) и преграда 2 (десно) у кориту Маговског потока

Извор: аутор

Качаруша је лева притока Топлице. Преграда 1 је у кориту главног тока реке Качаруше, изграђена од камена у цементном малтеру, са корисном висином од 4,5 m, слапиштем дужине 10 m и зубом. Преграда 2 је у кориту леве притоке Качаруше, изграђена 2006. године од камена у цементном малтеру. Корисна висина преграде је 4,0 m и обезбеђена је подслапљем дужине 7,0 m и зубом преграде (Слика 6.17).



Слика 6.17 Преграда 1 (лево) и преграда 2 (десно) у кориту реке Качаруше

Извор: аутор

Паваштички поток је највећа лева притока у зони успора будуће акумулације. Преграда 1 (Слика 6.18) је изграђена од бетона, корисне висине 5,0 m. Дужина подслапља је 11,0 m, обезбеђена је зубом (Слика 6.19).

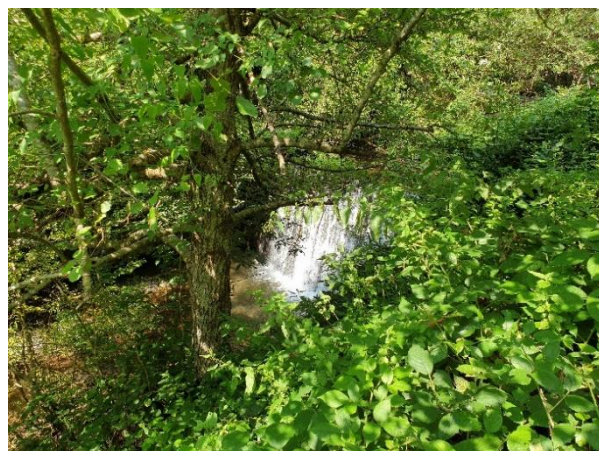


Слика 6.18 Преграда и зуб преграде у кориту Паваштичког потока
Извор: аутор



Слика 6.19 Заплав преграде у кориту Паваштичког потока
Извор: аутор

Мала река је лева притока Топлице. Преграда 1 има корисну висину 4,0 m и обезбеђена је подслапљем и зубом преграде. Дужина подслапља је 9,5 m. Изграђена је од камена у цементном малтеру. Преграда 2 има исте карактеристике али је знатно неприступачнија и у потпуности обрасла вегетацијом (Слика 6.20).



Слика 6.20 Преграда 1 (лево) и преграда 2 (десно) у кориту Мале реке
Извор: аутор

Све преграде су испуниле своју функцију у потпуности. Заплави су запуњени, обрасли вегетацијом, као и сами објекти услед неодржавања.

Табела 6.5 Основне карактеристике анализираних преграда

Број објекта	Попречни објекат	Корисна висина h_k	Материјал
		СРЕДЊИ ПОТОК	
1	Преграда 1	3,5	Камен у цементном малтеру
		ЉУТОВСКИ ПОТОК	
1	Преграда 1	3,5	Камен у цементном малтеру
		ВРАТНИЧКИ ПОТОК	
1	Преграда 1	5,0	Камен у цементном малтеру
		СТРУГАНИЧКИ ПОТОК	
1	Преграда 1	4,0	Камен у цементном малтеру
		МАГОВСКИ ПОТОК	
1	Преграда 1	2	Бетон
2	Преграда 2	2	Камен у цементном малтеру
		КАЧАРУША	
1	Преграда 1	4,5	Камен у цементном малтеру
2	Преграда 2	4,0	Камен у цементном малтеру
		ПАВАШТИЧКИ ПОТОК	
1	Преграда 1	5,0	Бетон
		МАЛА РЕКА	
1	Преграда 1	4,0	Камен у цементном малтеру
2	Преграда 2	4,0	Камен у цементном малтеру

6.3 Биолошки и биотехнички радови

6.3.1 Биолошки и биотехнички радови у сливу реке Расине узводно од акумулације „Ђелије“

Паралелно са грађевинским радовима сваке године су се одвијале активности на извођењу биотехничких и биолошких радова, односно на пошумљавању и затрављивању. Инвеститор ових веома важних активности био је СИЗ водопривреде и СИЗ Шумарства Краљевачког региона.

6.3.1.1 Пошумљавање

Активности на организовању пошумљавања у сливу изнад бране „Ђелије“ спровели су: ДВП „Западна Морава“ из Краљева (некад реонска секција), Покрет горана из Бруса и Шумска управа из Бруса, у периоду од 1960. до данас.

Према доступним подацима, пре свега од Покрета горана Брус, пошумљавање од 1980. до 1998. године има следећу динамику:

Табела 6.6 Пошумљавање у периоду 1980-1998.

Р.бр.	Врста саднице	Хектара	Р.бр.	Врста саднице	Хектара
1980. година			1981. година		
1.	Багрем	55,69	1.	Багрем	22,00
2.	Црни бор	34,90	2.	Бели бор	5,00
3.	Смрча	40,39	3.	Црни бор	6,00
4.	Вајмутов бор	2,40	4.	Смрча	17,00
	Свега:	133,85		Свега:	50,00
1982. година			1983. година		
1.	Багрем	79,18	1.	Багрем	66,32
2.	Црни бор	13,82	2.	Смрча	64,27
3.	Смрча	39,45		Свега:	130,59
4.	Бели бор	14,42			
	Свега:	146,87			
1984. година			1985. година		
1.	Багрем	70,50	1.	Багрем	35,12
2.	Црни бор	1,00	2.	Црни бор	3,80
3.	Смрча	26,35	3.	Смрча	37,52
4.	Црвени храст	2,00	4.	Ариш	1,25
5.	Бели бор	3,00	5.	Бели бор	1,40
	Свега:	102,85	6.	Дуглазија	7,10
			7.	Црвени храст	5,29
				Свега:	91,48
1986. година			1988. година		
1.	Багрем	53,48	1.	Багрем	40,36
2.	Бели бор	0,12	2.	Смрча	28,35
3.	Црни бор	7,12	3.	Црни бор	3,72
4.	Смрча	41,15	4.	Бели бор	3,00
5.	Ариш	0,95	5.	Црвени храст	6,56
6.	Вајмутов бор	1,08		Свега:	81,99
7.	Дуглазија	0,65			
8.	Црвени храст	3,90			
	Свега:	108,46			
1990. година			1991. година		
1.	Багрем	47,88	1.	Багрем	14,05
2.	Смрча	3,41	2.	Црни бор	7,50
3.	Црни бор	1,44	3.	Смрча	9,05
4.	Топола	5,49	4.	Бели бор	1,20
	Свега:	28,22	5.	Топола	2,86
			6.	Дуглазија	0,60
			7.	Црвени храст	2,18
				Свега:	37,41

Р.бр.	Врста саднице	Хектара
1992. година		
1.	Багрем	23,25
2.	Црни бор	4,15
3.	Смрча	37,17
4.	Ариш	1,45
5.	Топола	5,12
	Свега:	71,14

Р.бр.	Врста саднице	Хектара
1993. година		
1.	Багрем	13,47
2.	Смрча	34,75
3.	Црни бор	5,80
4.	Топола	3,20
	Свега:	57,22

Р.бр.	Врста саднице	Хектара
1995. година		
1.	Смрча	51,27
2.	Бели бор	25,15
3.	Црни бор	3,30
4.	Топола	3,20
	Свега:	82,92

Р.бр.	Врста саднице	Хектара
1996. година		
1.	Смрча	25,80
2.	Бели бор	10,30
3.	Хамеципарис	3,20
4.	Багрем	21,71
5.	Топола	14,85
	Свега:	75,86

Р.бр.	Врста саднице	Хектара
1998. година		
1.	Смрча	4,80
2.	Црни бор	8,30
3.	Багрем	8,30
4.	Топола	1,06
	Свега:	22,46

Укупно 1980 – 1998: 1.221,32 хектара

Извор: Покрет горана Брус

Према подацима представника Покрета горана из Бруса од 2000. године у просеку се пошумљавало око 50 хектара годишње, што значи да је у периоду 2000–2008 пошумљено око 400 хектара. Према расположивим подацима, ДВП „Западна Морава“ из Краљева је 1976. године пошумила око 150 хектара у сливу Жуњске реке (црни бор); 1985. године 100 хектара са црним бором у сливу Грашевачке реке – лева падина МЗ Паљевштица и 1986. године око 50 хектара изнад места Осредци техником риперовања садницама смрче.

У периоду од 1960. до 1980. на овим површинама је годишње пошумљавано око 100 – 150 хектара, тако да се за овај период може узети да је пошумљено 2.500 хектара.

На основу свих тих података може се закључити да је у периоду од 1960. до 2008. године, у сливу реке Расине изнад акумулације, пошумљено између 4.000 и 5.000 хектара земљишта нападнуто ерозионим процесима.

Према подацима добијеним од Покрета горана Србије током периода од 2009. до 2020. године пошумљено је укупно 260,5 хектара. За пошумљавање на приватном земљишту највише су се користиле саднице смрче, црног бора, мађарског багрема, тополе и врбе. Због пандемије изазване вирусом Covid 19 радови на пошумљавању нису извођени од 2021. године (Табела 6.7).

Табела 6.7 Пошумљавање у периоду 2009–2020.

Година	хектар
2009	30
2013	41
2014	35
2015	30
2016	25
2017	31
2018	28
2019	22
2020	18,5
Укупно:	260,5

Извор: Покрет горана Србије

Према подацима ШГ Расина из Крушевца које газдује подручјем слива, током периода 2008. до 2023. године, пошумљено је укупно 152,83 хектара (Табела 6.8).

Табела 6.8 Пошумљавање у периоду 2008-2023.

Година	хектар
2008-2012	59,26
2013-2021	66,40
2022	10,33
2023	16,84
Укупно:	152,83

Извор: ШГ Расина

Према расположивим подацима (Табела 6.9), укупно је пошумљено 4.817,81 хектар што чини 7,9% укупне површине слива.

Табела 6.9 Пошумљавање у сливу акумулације „Ђелије“ у периоду 1960-2023.

Период	Пошумљавање (ha)	Извор
1960 - 1980	2.500,00	ДВП „Западна Морава“, Краљево
1976	150,00	ДВП „Западна Морава“, Краљево
1985 - 1986	150,00	ДВП „Западна Морава“, Краљево
1980 - 1998	1.221,32	Покрет горана Брус
2000 - 2008	400,00	Покрет горана Брус
2009 - 2020	260,50	Покрета горана Србије
2008-2012	59,26	ШГ Расина
2013-2021	66,40	ШГ Расина
2022	10,33	ШГ Расина
Укупно	4817,81	

6.3.1.2 Затрављивање

У периоду 1978-1998, упоредо са активностима на пошумљавању, организовано је вршена расподела семена трава локалном становништву ради подизања вештачких ливада у циљу спречавања ерозије земљишта.

Смеша трава је купована организовано преко СИЗ-а, од овлашћених и стручних трговинских предузећа и била адекватна за ове терене како у погледу земљишта тако и погледу надморске висине. У већини случајева смеша се састојала од следећих врста трава и легуминоза:

Траве:

- *Dactylis glomerata* – Јежевица
- *Festuca pratense* – Ливадски вијук
- *Festuca rubra* – Црвени вијук
- *Lolium multiflorum* – Италијански љуљ
- *Lolium perenne* – Енглески љуљ
- *Phleum pratense* – Мачији реп

Легуминозе:

- *Trifolium pratense* – Црвена детелина
- *Lotus corniculatus* – Жути звездан

У табели 6.10 су приказани подаци о расподели семена трава локалном становништву коју су извршили горани Бруса.

Табела 6.10 Затрављивање у сливу акумулације „Ђелије“

Година	хектар
1978	348,00
1979	84,00
1980	110,00
1981	165,00
1982	144,50
1983	127,25
1984	50,00
1985	216,00
1986	149,00
1987	90,25
1988	120,50
1990	107,25
1991	82,50
1992	24,75
1995	10,75
1998	20,00
Укупно:	1.849,75

Извор: Покрет горана Брус

Претпоставка је да је још за толико површина расподелу семена извршила и ДВП „Западна Морава“ из Краљева (тачних података нема), тако да се може рећи, са дозом обазривости, да је затрављено – подигнуто вештачких ливада око 4.000 хектара што представља 6,6% површине слива. После овог периода нема тачних података о затрављивању.

6.3.2 Биолошки и биотехнички радови у сливу реке Топлица узводно од акумулације „Селова”

Биолошки радови на самом почетку противерозионог уређења слива будуће акумулације нису извођени. У периоду 1969-1973 пошумљено је 186 ha и извршено затрављивање на 209,3 ha.

Паралелно са изградњом преграда у периоду 1980-1991. године, пошумљено је 392 ha и затрављено 210,5 ha. Пошумљавања су вршена на голетима захваћеним ерозионим процесима. Најчешће је вршена густа садња у јаме, а од врста су највише коришћени црни и бели бор. Затрављивање је вршено на ораницама на стрмим падинама и на голетима, уз примену противерозионе смеше трава. Пошумљавање на неким површинама није у потпуности било успешно, нарочито у изворишном делу слива Блажевске реке. Најчешће је вршена густа садња четинара, са преко 10.000 садница по хектару, а касније нису примењиване мере неге.

У периоду од 2006-2022, према подацима ШГ Топлица из Куршумлије, које газдује подручјем слива, пошумљено је 30,06 ha (Табела 6.11).

Табела 6.11 Пошумљавање у периоду 2006-2022.

Година	ha
2006	10,6
2010	2,0
2011	3,72
2012	2,25
2013	1,55
2015	1,2
2017	2,55
2018	2,2
2019	2,0
2021	1,45
2022	0,54
Укупно	30,06

Извор: ШГ Топлица

Табела 6.12 Биолошки радови у сливу акумулације „Селова” у периоду 1955-2022.

Период	Пошумљавање (ha)	Затрављивање (ha)
1955-1978	737	209,3
1978-1987	1280	930,7
1988-2006	240	380
2006-2022	30,06	-
Укупно 1955-2022	2.287,06	1.331,0

Укупно је пошумљено 6,6% територије слива, док затрављене површине чине 3,85% укупне површине.

7 АНАЛИЗА ИЗВЕДЕНИХ ПРОТИВЕРОЗИОНИХ РАДОВА

7.1 Анализа изведених противерозионих радова у сливу акумулације „Ђелије“

7.1.1 Анализа зависности формираних падова заплава од падова корита

У сливу акумулације „Ђелије“ су анализирани падови на 14 изведених попречних објеката, изграђених у 5 бујичних водотокова притока Расине и у кориту главног тока. На основу података о природном паду корита водотокова, пре изградње преграде, прикупљених из техничке документације и података о паду заплава добијених мерењем на терену, одређен је међусобни однос ових величина (I_z/I_t) и њихове просечне вредности (X_{sr}) (Табела 7.1).

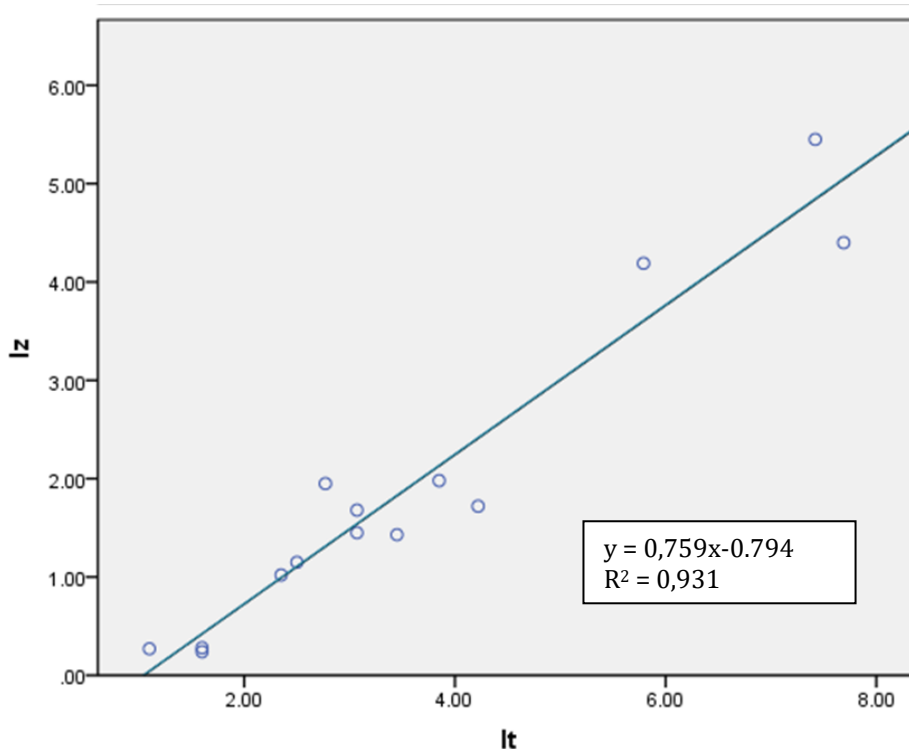
Табела 7.1 Падови корита и заплава у анализираним водотоковима

Број објекта	Број попречног објекта	Пад корита I_t (%)	Пад заплава I_z (%)	I_z / I_t
БЛАТАШНИЦА				
1	Преграда 1	1,6	0,28	0,18
2	Преграда 2	1,6	0,24	0,15
3	Преграда 3	1,1	0,27	0,25
ПОПОВАЧКА РЕКА				
1	Праг 1	3,45	1,43	0,41
ЖУЊСКА РЕКА				
1	Преграда 1	2,77	1,95	0,70
2	Преграда 2	3,07	1,68	0,55
3	Преграда 3	3,07	1,45	0,47
4	Преграда 4	4,22	1,72	0,41
КОЗНИЧКА РЕКА				
1	Преграда 1	5,79	4,19	0,72
2	Преграда 2	7,69	4,40	0,57
3	Преграда 3	7,42	5,45	0,73
ЗАГРЖА				
1	Преграда 1	2,35	1,02	0,43
2	Преграда 2	2,50	1,15	0,46
РАСИНА				
1	Преграда 1	3,85	1,98	0,51
	X_{sr}	3,61	1,94	0,47

Извор: аутор

Табела 7.2 Линеарна регресија, слив акумулације „Ђелије“ $I_z = f(I_t)$

	R	R ²	Кориговани R ²	Стандардна грешка		
1	0,965 ^a	0,931	0,926	0,44113		
а. Предиктор: (конст.), I_t						
Коефицијенти ^a						
		Вредности	S_e	Beta	t	p
1	Конст.	-0,794	0,245		-3,241	0,007
	I_t	0,759	0,060	0,965	12,748	0,000
а. Зависна променљива: I_z						



Графикон 7.1 Зависност падова заплава од падова корита у анализираним сливовима

Коефицијент корелације износи 0,965, што указује на високу повезаност параметара (Графикон 7.1). На основу вредности коефицијента детерминације објашњено је 93,1% укупне варијације. Зависност пада заплава од природног пада корита је представљена линеарном регресионом једначином у којој су параметри на датом нивоу значајности:

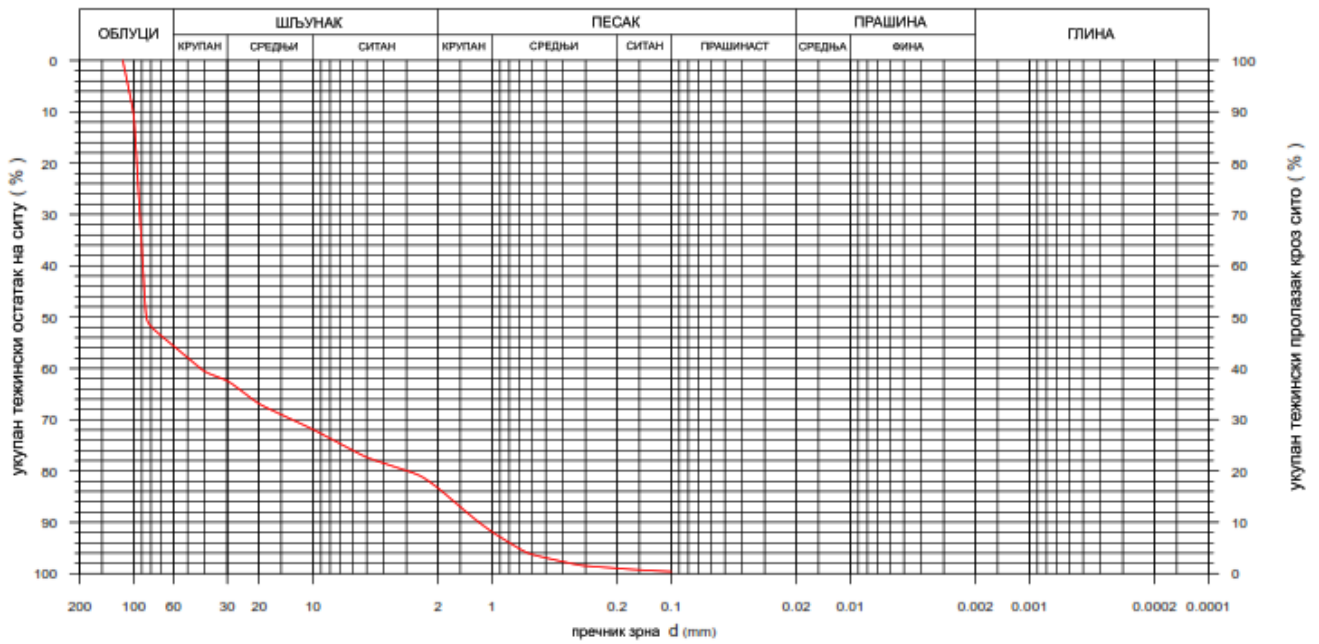
$$I_z = 0,759 I_t - 0,794$$

Једначина се не може применити за вредности природног пада мање од 1,046% јер се добијају негативне вредности пада заплава.

7.1.2 Анализа карактеристика гранулометријског састава наноса у заплавима

За потребе анализе зависности пада заплава од гранулометријског састава наноса узети су узорци наноса са заплава бујичних преграда.

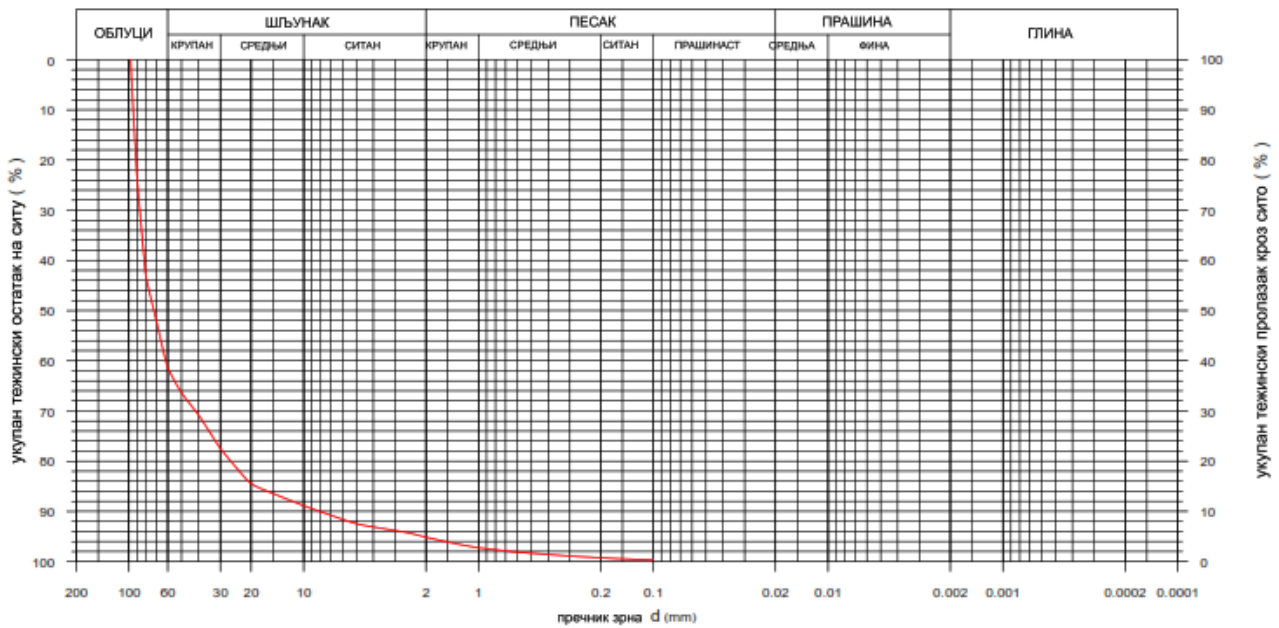
Анализа гранулометријског састава вученог наноса из заплава анализираних попречних објеката је извршена у референтној лабораторији Института за водoprивреду Јарослав Черни а.д., Београд. Резултати лабораторијских анализа наноса представљени су гранулометријском кривом за сваки узорак.



Ознака узорка	Ознака криве	Река	X- координата	Y - координата	Датум	d_{10} (mm)	d_{50} (mm)	d_{90} (mm)	d_{max} (mm)
П1	—	Блаташница	7517055	4799147	17.10.2022.	1,18	84,79	100,59	115,00

Графикон 7.2 Гранулометријска крива, река Блаташница преграда 1

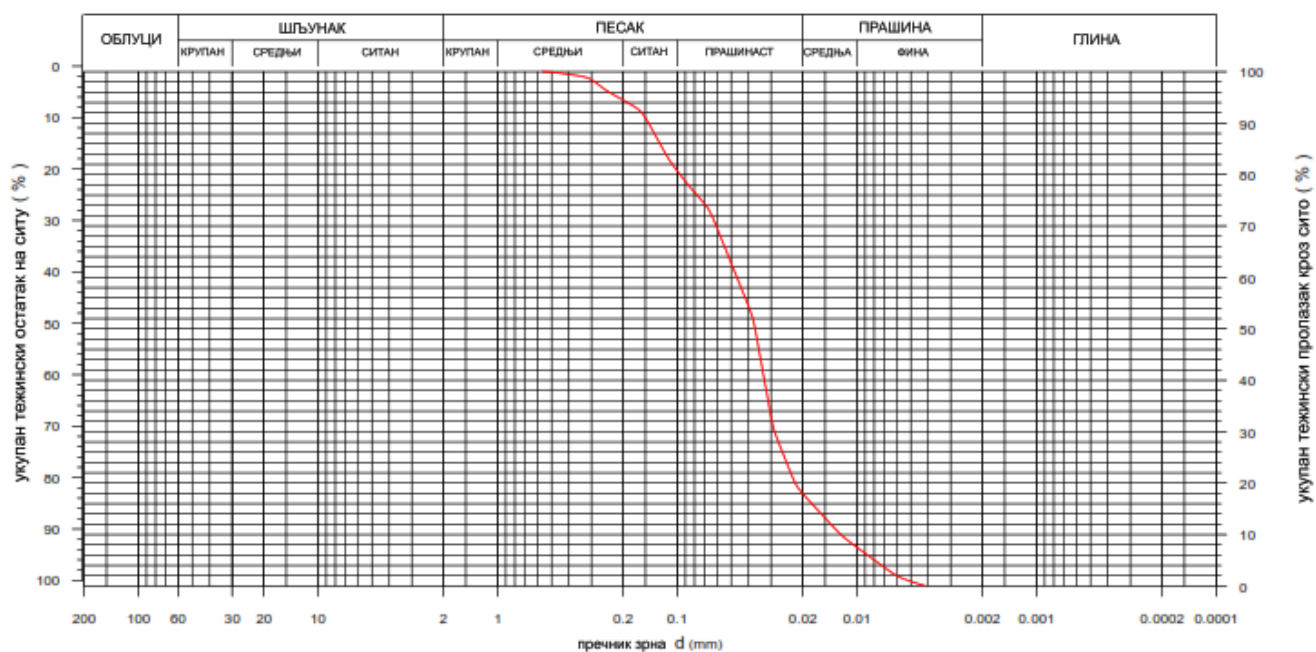
Анализирани материјал узет са заплава преграда 1 у кориту реке Блаташнице (Блаташница П1) је крупнозрног састава (Графикон 7.2). Нанос из дна на овом делу чине облаци са (55,63%), крупан шљунак (6,88%), средње (9,4%) до ситне фракције шљунка (11,47%), као и фракције крупног (8,46%), средњег (7,14%) до ситног песка (1,02%). Пречник зрна d_{50} је 84,79 mm, док је пречник зрна d_{90} 100,59 mm. Горња граница крупноће наноса је 115,0 mm.



Ознака узорка	Ознака криве	Река	X- координата	Y - координата	Датум	d_{10} (mm)	d_{50} (mm)	d_{90} (mm)	d_{max} (mm)
П2	—	Блаташница	7517173	4798868	17.10.2022.	8,13	72,06	94,65	97,88

Графикон 7.3 Гранулометријска крива, река Блаташница преграда 2

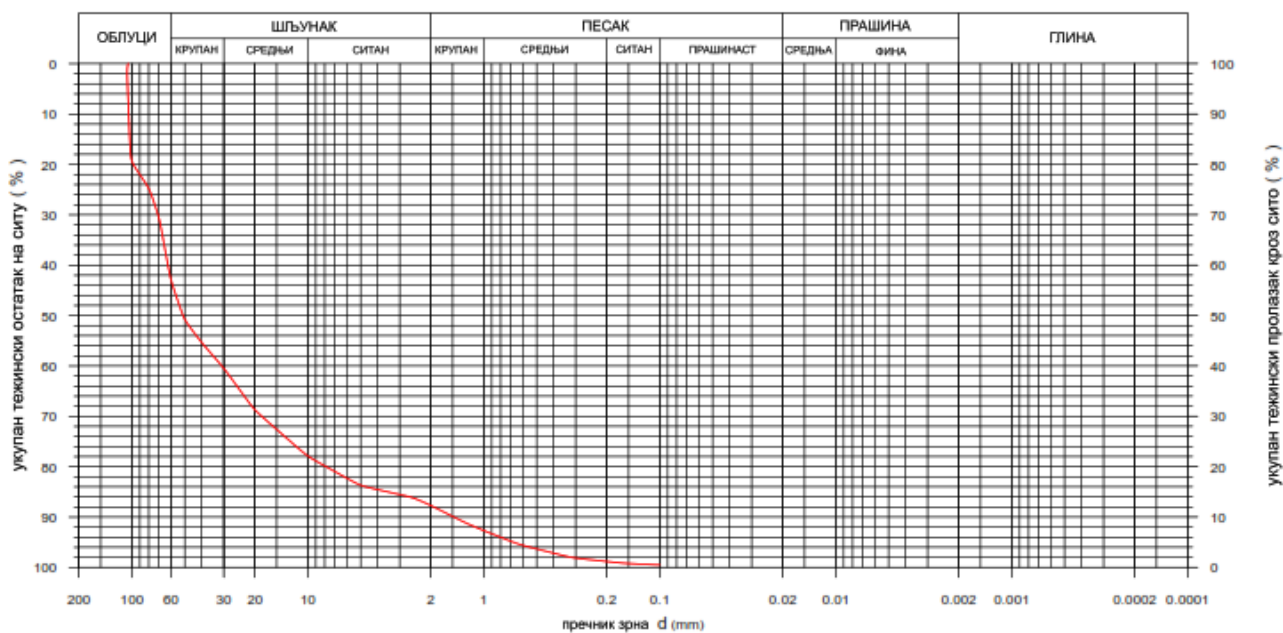
Анализирани материјал узет са заплава преграда 2 у кориту реке Блаташнице (Блаташница П2) је крупнозрног састава (Графикон 7.3). Нанос из дна на овом делу чине облаци (61,33%), крупан шљунак (16,11%), средње (11,45%) до ситне фракције шљунка (6,26%), као и фракције крупног (2,1%), средњег (1,98%) до ситног песка (0,77%). Пречник зрна d_{50} је 72,06 mm, док је пречник зрна d_{90} 94,65 mm. Горња граница крупноће наноса је 97,88 mm.



Ознака узорка	Ознака криве	Река	X- координата	Y - координата	Датум	d_{10} (mm)	d_{50} (mm)	d_{90} (mm)	d_{max} (mm)
ПЗ	—	Блаташница	7517331	4798718	17.10.2022	0,012	0,037	0,144	0,56

Графикон 7.4 Гранулометријска крива, река Блаташница преграда 3

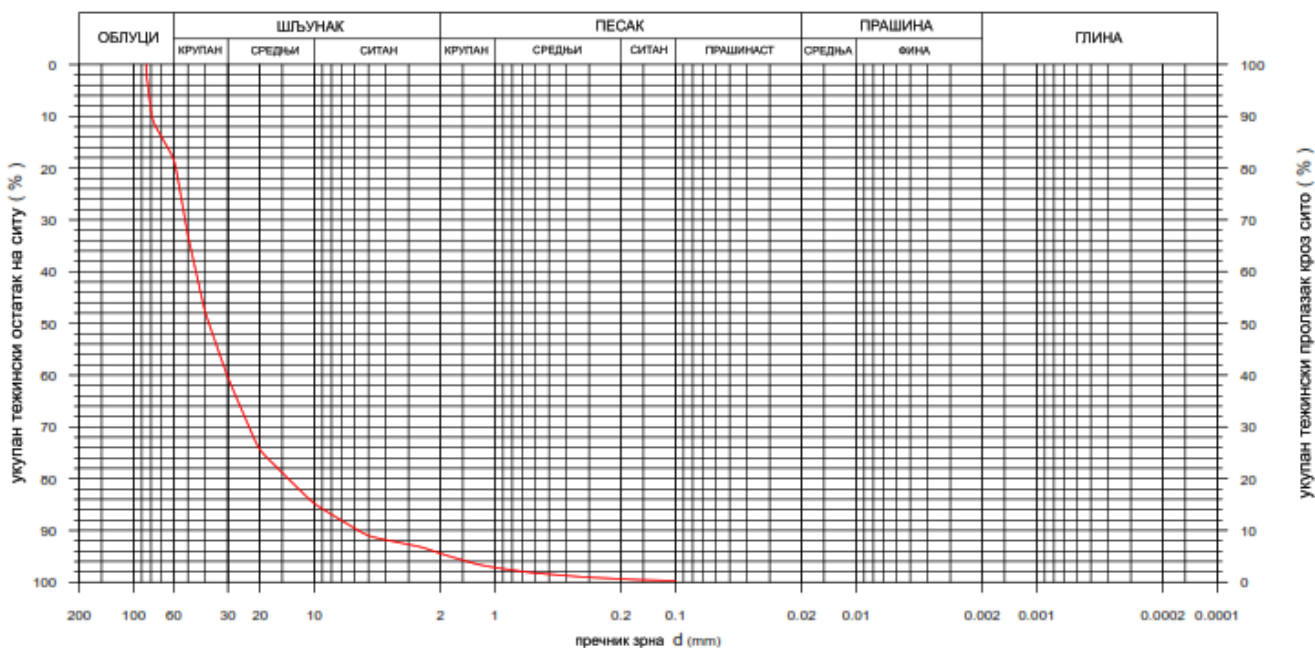
Према анализи материјала узетог са заплава преграде 3 у кориту реке Блаташнице (Блаташница ПЗ) доминирају пескови, прашинаст (62,75%) ситан (13,74%) и средњи песак (5,53%). Остатак чини прашина, средња (10,43%) и фина (7,55%). Пречник зрна d_{50} је 0,037 mm, док је пречник зрна d_{90} 0,144 mm. Горња граница крупноће наноса је 0,56 mm (Графикон 7.4).



Ознака узорка	Ознака криве	Река	X- координата	Y- координата	Датум	d_{10} (mm)	d_{50} (mm)	d_{90} (mm)	d_{max} (mm)
П1	—	Поповачка	7521582	4800307	17.10.2022	1,49	51,12	104,08	104,9

Графикон 7.5 Гранулометријска крива, Поповачка река праг 1

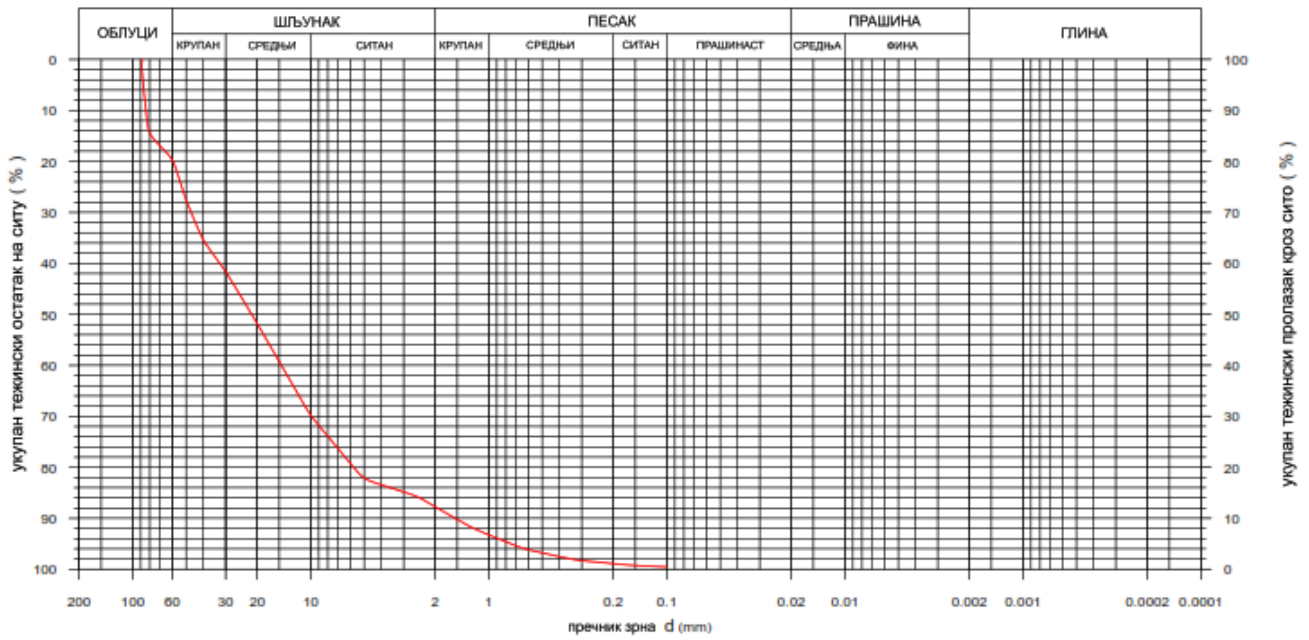
Анализирани материјал узет са заплава преграде 1 у кориту Поповачке реке (Поповачка река П1) је крупнозрног састава (Графикон 7.5). Нанос из дна на овом делу чине облуци (42,65%), крупан шљунак (17,85%), средње (17,39%) до ситне фракције шљунка (9,83%), као и фракције крупног (4,96%), средњег (6,16%) до ситног песка (1,16%). Пречник зрна d_{50} је 51,12 mm, док је пречник зрна d_{90} 104,08 mm. Горња граница крупноће наноса је 104,9 mm.



Ознака узорка	Ознака криве	Река	X- координата	Y - координата	Датум	d_{10} (mm)	d_{50} (mm)	d_{90} (mm)	d_{max} (mm)
П1	—	Козничка	7494910	4813456	18.10.2022.	5,71	38,29	79,11	85,06

Графикон 7.6 Гранулометријска крива, Козничка река преграда 1

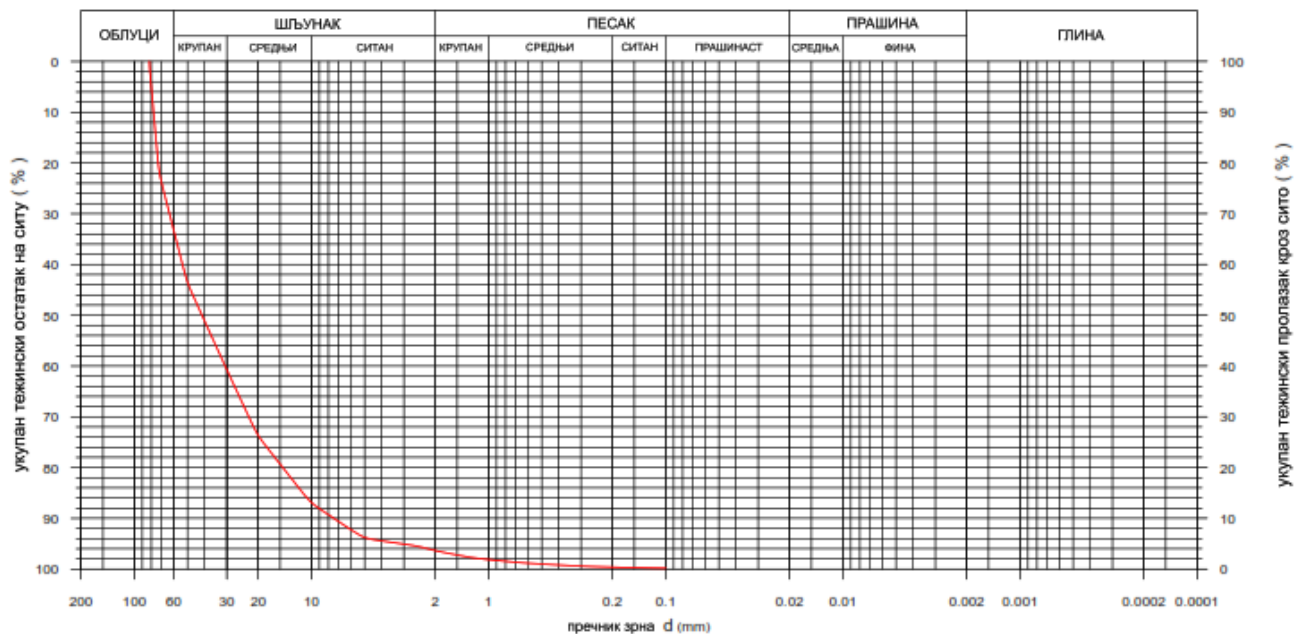
Анализирани материјал узет са заплава преграда 1 у кориту Козничке реке (Козничка река П1) је крупнозрног састава (Графикон 7.6). Нанос из дна на овом делу чине облужи (18,39%), крупан шљунак (42,07%), средње (24,3%) до ситне фракције шљунка (9,7%), као и фракције крупног (2,75%), средњег (2,2%) до ситног песка (0,59%). Пречник зрна d_{50} је 38,29 mm, док је пречник зрна d_{90} 79,11 mm. Горња граница крупноће наноса је 85,06 mm.



Ознака узорка	Ознака криве	Река	X- координата	Y - координата	Датум	d_{10} (mm)	d_{50} (mm)	d_{90} (mm)	d_{max} (mm)
П2	—	Козничка	7494871	4813103	18.10.2022.	1,55	21,43	84,17	88,57

Графикон 7.7 Гранулометријска крива, Козничка река преграда 2

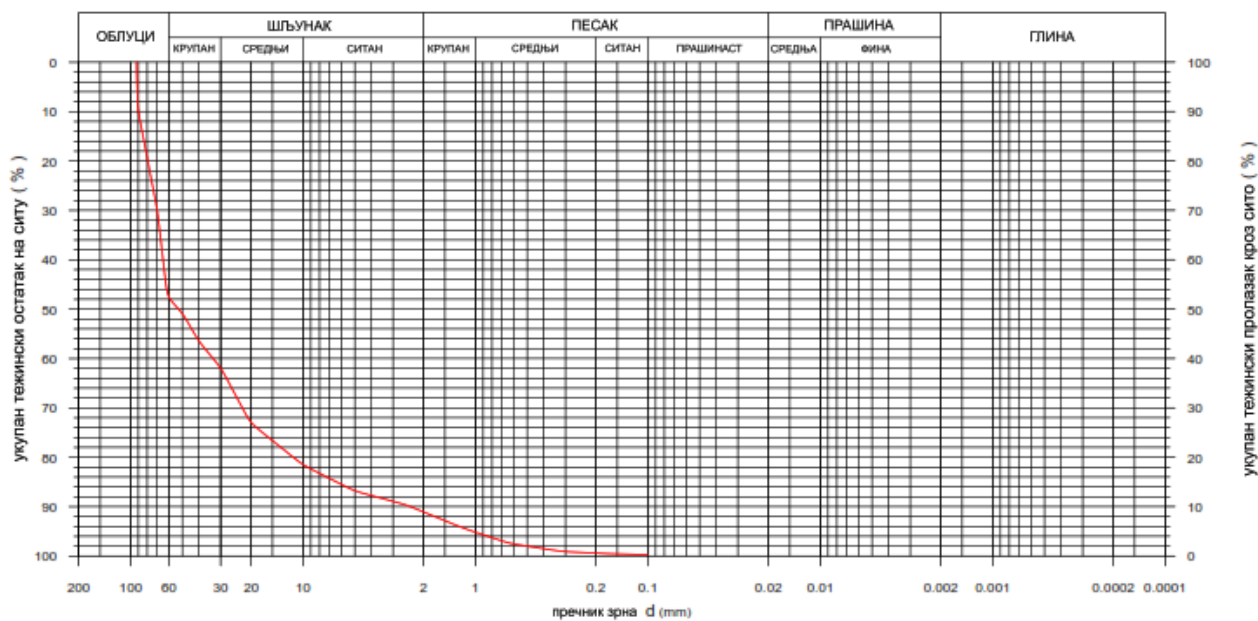
Анализирани материјал узет са заплава преграде 2 у кориту Козничке реке (Козничка река П2) је средњезрног састава (Графикон 7.7). Нанос из дна на овом делу чине облуди (19,71%), крупан шљунак (21,94%), средње (28,13%) до ситне фракције шљунка (18,0%), као и фракције крупног (5,5%), средњег (5,64%) до ситног песка (1,08%). Пречник зрна d_{50} је 21,43 mm, док је пречник зрна d_{90} 84,17 mm. Горња граница крупноће наноса је 88,57 mm.



Ознака узорка	Ознака криве	Река	X- координата	Y - координата	Датум	d ₁₀ (mm)	d ₅₀ (mm)	d ₉₀ (mm)	d _{max} (mm)
ПЗ	—	Козничка	7494858	4812954	18.10.2022.	7,49	41,46	77,73	82,00

Графикон 7.8 Гранулометријска крива, Козничка река преграда 3

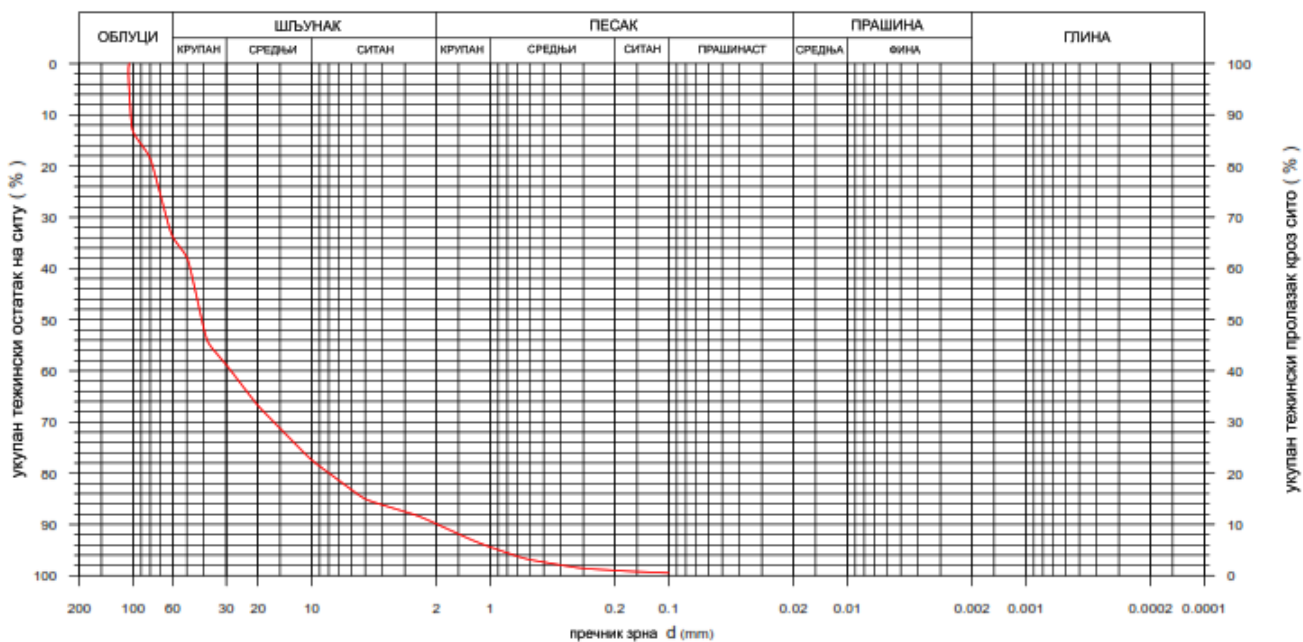
Анализирани материјал узет са заплава преграде 3 у кориту Козничке реке (Козничка река ПЗ) је крупнозрног састава (Графикон 7.8). Нанос из дна на овом делу чине облаци (33,12%), крупан шљунак (27,61%), средње (26,16%) до ситне фракције шљунка (9,48%), као и фракције крупног (1,79%), средњег (1,5%) до ситног песка (0,34%). Пречник зрна d₅₀ је 41,46 mm, док је пречник зрна d₉₀ 77,73 mm. Горња граница крупноће наноса је 82,0 mm.



Ознака узорка	Ознака криве	Река	X- координата	Y - координата	Датум	d_{10} (mm)	d_{50} (mm)	d_{90} (mm)	d_{max} (mm)
П1	—	Жуњска	7512500	4798546	18.10.2022	2,39	52,71	89,75	91,91

Графикон 7.9 Гранулометријска крива, Жуњска река преграда 1

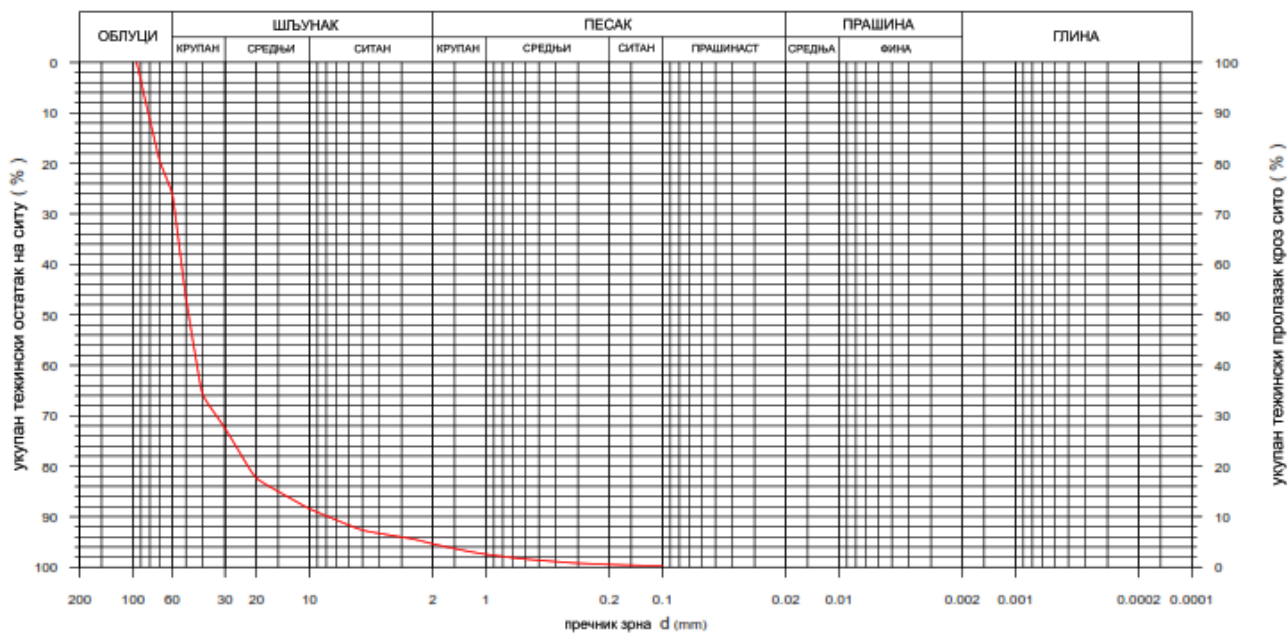
Анализирани материјал узет са заплава преграде 1 у кориту Жуњске реке (Жуњска река П1) је крупнозрног састава (Графикон 7.9). Нанос из дна на овом делу чине облаци (47,43%), крупан шљунак (14,57%), средње (19,46%) до ситне фракције шљунка (9,62%), као и фракције крупног (4,11%), средњег (4,24%) до ситног песка (0,56%). Пречник зрна d_{50} је 52,71 mm, док је пречник зрна d_{90} 89,75 mm. Горња граница крупноће наноса је 91,91 mm.



Ознака узорка	Ознака криве	Река	X- координата	Y - координата	Датум	d ₁₀ (mm)	d ₅₀ (mm)	d ₉₀ (mm)	d _{max} (mm)
П2	—	Жуњска	7512596	4798744	18.10.2022.	1,98	41,15	103,05	105,86

Графикон 7.10 Гранулометријска крива, Жуњска река преграда 2

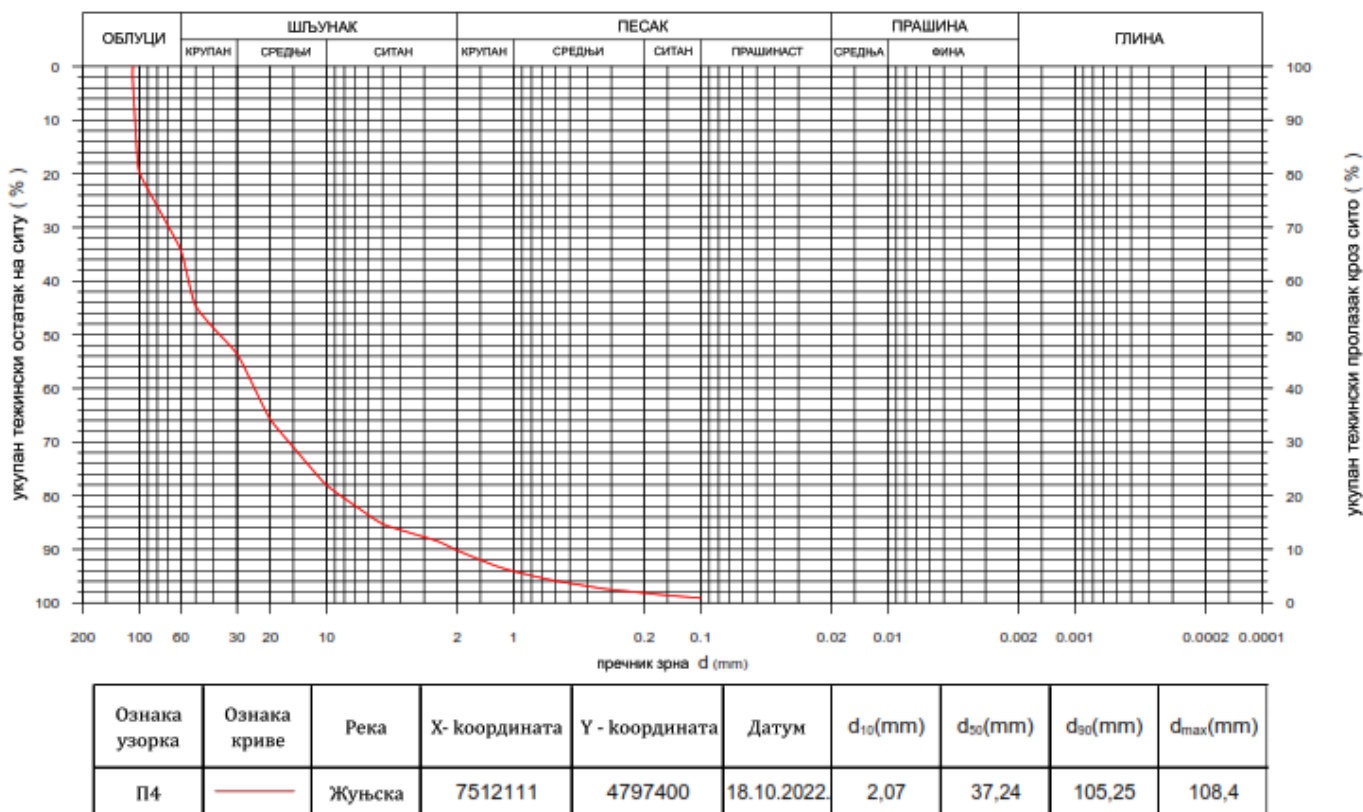
Анализирани материјал узет са заплава преграде 2 у кориту Жуњске реке (Жуњска река П2) је крупнозрног састава (Графикон 7.10). Нанос из дна на овом делу чине облаци (33,76%), крупан шљунак (25,1%), средње (18,54%) до ситне фракције шљунка (12,52%), као и фракције крупног (4,51%), средњег (4,58%) до ситног песка (1,0%). Пречник зрна d₅₀ је 41,15 mm, док је пречник зрна d₉₀ 103,05 mm. Горња граница крупноће наноса је 105,86 mm.



Ознака узорка	Ознака криве	Река	X- координата	Y - координата	Датум	d_{10} (mm)	d_{50} (mm)	d_{90} (mm)	d_{max} (mm)
ПЗ	—	Жуњска	7513176	4799297	18.10.2022.	7,85	48,28	81,72	94,98

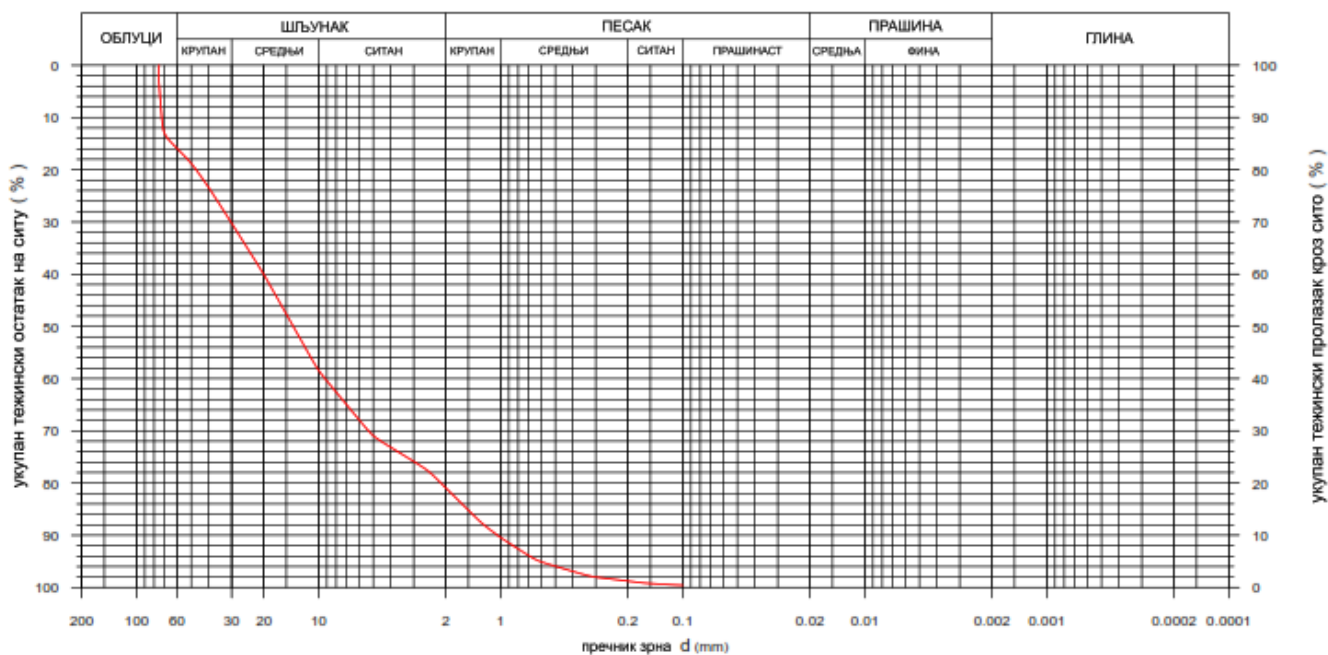
Графикон 7.11 Гранулометријска крива, Жуњска река преграда 3

Анализирани материјал узет са заплава преграде 3 у кориту Жуњске реке (Жуњска река ПЗ) је крупнозрног састава (Графикон 7.11). Нанос из дна на овом делу чине облаци (26,0%), крупан шљунак (46,5%), средње (15,92%) до ситне фракције шљунка (6,99%), као и фракције крупног (2,03%), средњег (2,04%) до ситног песка (0,51%). Пречник зрна d_{50} је 48,28 mm, док је пречник зрна d_{90} 81,72 mm. Горња граница крупноће наноса је 94,98 mm.



Графикон 7.12 Гранулометријска крива, Жуњска река преграда 4

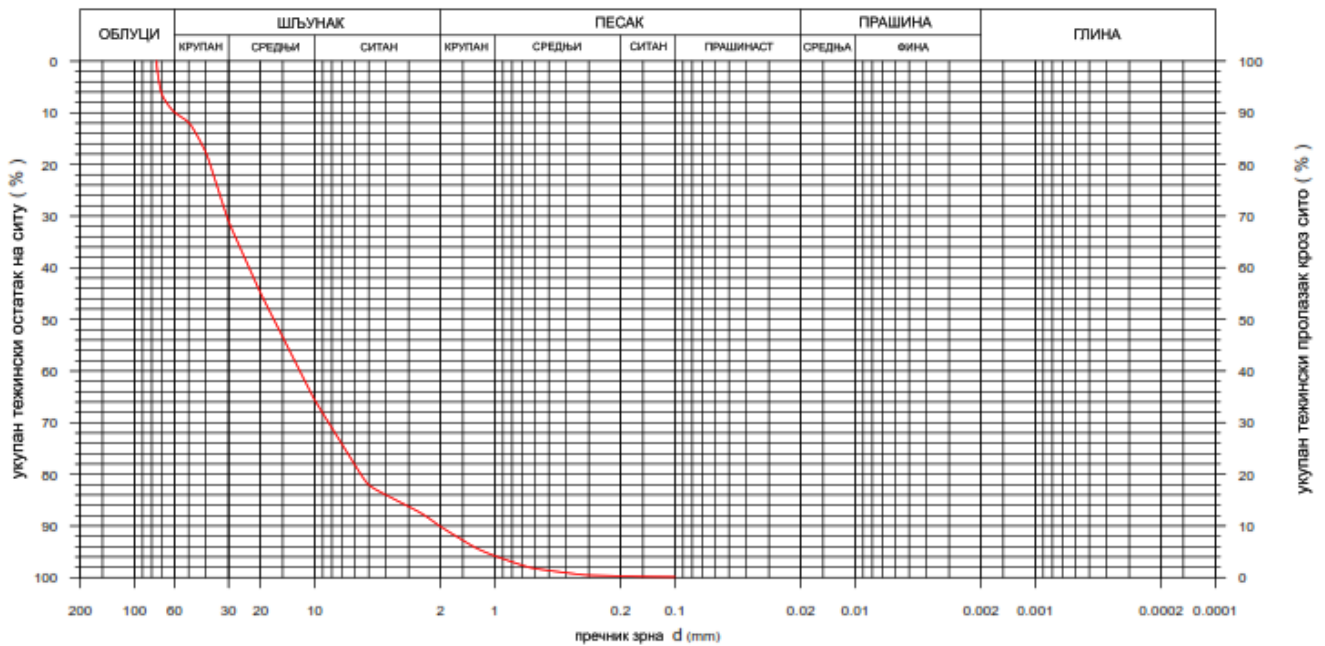
Анализирани материјал узет са заплава преграде 4 у кориту Жуњске реке (Жуњска река П4) је крупнозрног састава (Графикон 7.12). Нанос из дна на овом делу чине облуци (34,23%), крупан шљунак (19,39%), средње (24,4%) до ситне фракције шљунка (12,2%), као и фракције крупног (3,89%), средњег (4,06%) до ситног песка (1,82%). Пречник зрна d_{50} је 37,24 mm, док је пречник зрна d_{90} 105,25 mm. Горња граница крупноће наноса је 108,4 mm.



Ознака узорка	Ознака криве	Река	X- координата	Y- координата	Датум	d_{10} (mm)	d_{50} (mm)	d_{90} (mm)	d_{max} (mm)
П1	—	Загржа	7490881	4819340	19.10.2022.	1,04	13,76	72,63	75,52

Графикон 7.13 Гранулометријска крива, река Загржа преграда 1

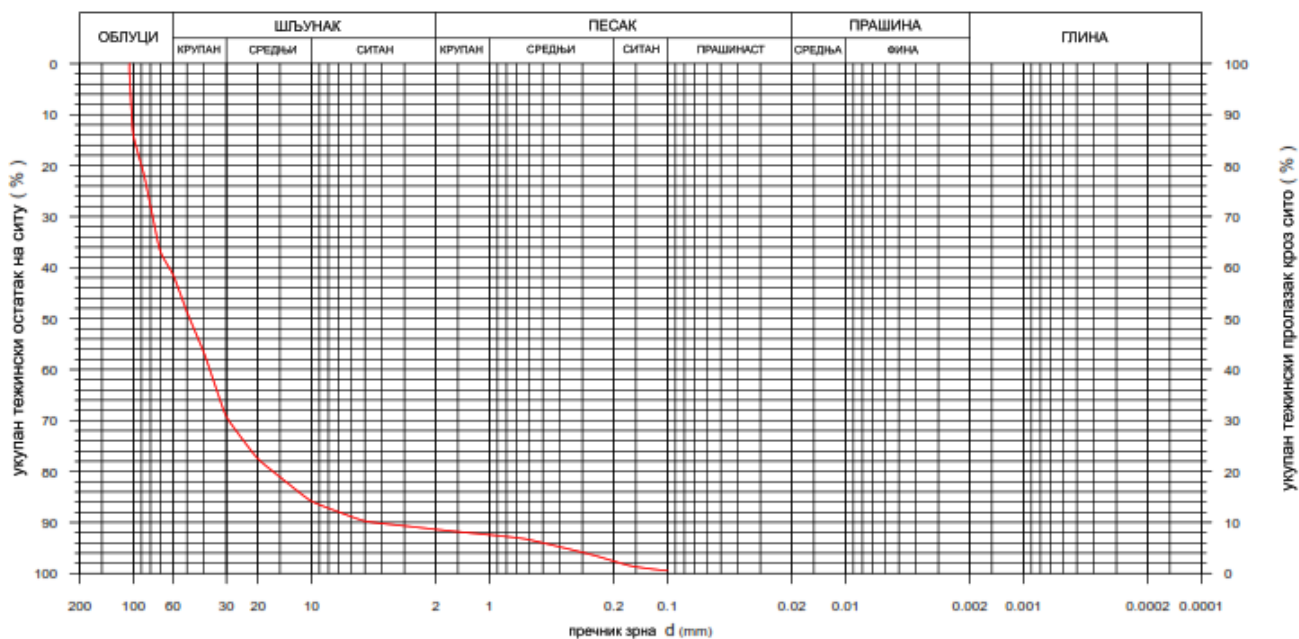
Анализирани материјал узет са заплава преграде 1 у кориту реке Загрже (Загржа П1) је средњезрног састава (Графикон 7.13). Нанос из дна на овом делу чине облуци (15,92%), крупан шљунак (14,33%), средње (28,14%) до ситне фракције шљунка (22,57%), као и фракције крупног (9,47%), средњег (8,36%) до ситног песка (1,21%). Пречник зрна d_{50} је 13,76 mm, док је пречник зрна d_{90} 72,63 mm. Горња граница крупноће наноса је 75,52 mm.



Ознака узорка	Ознака криве	Река	X- координата	Y - координата	Датум	d_{10} (mm)	d_{50} (mm)	d_{90} (mm)	d_{max} (mm)
П2	—	Загржа	7490595	4819243	19.10.2022.	2,03	16,83	59,45	75,04

Графикон 7.14 Гранулометријска крива, река Загржа преграда 2

Анализирани материјал узет са заплава преграде 2 у кориту реке Загрже (Загржа П2) је средњезрног састава (Графикон 7.14). Нанос из дна на овом делу чине облаци (9,93%), крупан шљунак (21,05%), средње (34,54%) до ситне фракције шљунка (24,6%), као и фракције крупног (5,69%), средњег (3,91%) до ситног песка (0,27%). Пречник зрна d_{50} је 16,83 mm, док је пречник зрна d_{90} 59,45 mm. Горња граница крупноће наноса је 75,04 mm.



Ознака узорка	Ознака криве	Река	X- координата	Y- координата	Датум	d_{10} (mm)	d_{50} (mm)	d_{90} (mm)	d_{max} (mm)
П1	—	Расина	7485875	4818609	19.10.2022.	4,56	48,27	102,20	105,06

Графикон 7.15 Гранулометријска крива, река Расина преграда 1

Анализирани материјал узет са заплава преграде 1 у кориту реке Расине (Расина П1) је крупнозрног састава (Графикон 7.15). Нанос из дна на овом делу чине облуци (41,32%), крупан шљунак (27,91%), средње (16,61%) до ситне фракције шљунка (5,55%), као и фракције крупног (1,06%), средњег (5,16%) до ситног песка (2,4%). Пречник зрна d_{50} је 48,27 mm, док је пречник зрна d_{90} 102,2 mm. Горња граница крупноће наноса је 105,06 mm.

7.1.3 Анализа зависности формираних падова заплава од карактеристика гранулометријског састава наноса

На основу приказаних гранулометријских кривих наноса одређени су карактеристични пречници наноса d_5 , d_{10} , d_{30} , d_{50} , d_{60} , d_{75} , d_{90} , d_{95} и $d_{97.5}$ (Табела 7.3) потребни за израчунавање коефицијената неједнородности наноса.

Табела 7.3 Пречници наноса (mm)

Узорак	d_5	d_{10}	d_{30}	d_{50}	d_{60}	d_{75}	d_{90}	d_{95}	$d_{97.5}$
Блаташница П1	0,72	1,18	13,08	84,79	88,86	94,23	100,59	107,38	110,69
Блаташница П2	2,06	8,13	41,66	72,06	81,89	89,08	94,65	96,45	97,28
Блаташница П3	0,008	0,012	0,029	0,037	0,047	0,073	0,144	0,21	0,28
Жуњска река П1	1,03	2,39	22,47	52,71	64,75	74,42	89,75	91,21	91,71
Жуњска река П2	0,90	1,98	16,30	41,15	47,81	70,87	103,05	104,87	105,55
Жуњска река П3	2,20	7,85	33,63	48,28	52,89	61,10	81,72	88,10	91,65
Жуњска река П4	0,78	2,07	15,91	37,24	54,47	83,33	105,25	107,17	108,20
Козничка река П1	1,79	5,71	22,95	38,29	45,16	54,89	79,11	82,75	84,18
Козничка река П2	0,75	1,55	9,89	21,43	32,39	52,83	84,17	86,89	88,34
Козничка река П3	3,13	7,49	22,57	41,46	53,38	68,69	77,73	79,92	81,17
Загржа П1	0,61	1,04	5,32	13,76	20,04	37,44	72,63	74,55	75,45
Загржа П2	1,15	2,03	8,35	16,83	23,08	34,17	59,45	71,98	74,06
Поповачка река П1	0,68	1,49	18,32	51,12	62,35	79,62	104,08	105,36	105,87
Расина П1	0,38	4,56	29,13	48,27	63,00	83,26	102,20	103,94	104,83

Одређене су зависности пада заплава и вредности крупноће зрна наноса при различитом процентуалном учешћу тежинских делова укупне масе наноса за све наведене карактеристичне пречнике: d_5 , d_{10} , d_{30} , d_{50} , d_{60} , d_{75} , d_{90} , d_{95} и $d_{97.5}$.

Табела 7.4 Линеарна регресија, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(d_5)$

		R	R ²	Кориговани R ²	Стандардна грешка	
1		0,498 ^a	0,248	0,185	1,45874	
а. Предиктор: (конст.), d_5						
Коефицијенти ^a						
		Вредности	S_e	Beta	t	p
1	Конст.	0,839	0,678		1,237	0,240
	d_5	0,955	0,480	0,498	1,989	0,070
а. Зависна променљива: I_z						

Коефицијент корелације показује значајну повезаност ($R=0,498$), међутим параметри су несигнификантни на датом нивоу значајности $p=0,07 > 0,05$, променљива d_5 не утиче статистички значајно на променљиву I_z и не може се креирати одговарајућа регресиона зависност (Табела 7.4).

Табела 7.5 Линеарна регресија, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(d_{10})$

	R	R ²	Кориговани R ²	Стандардна грешка		
1	0,325 ^a	0,105	0,031	1,59099		
а. Предиктор: (конст.), d_{10}						
Коефицијенти ^a						
		Вредности	S _e	Beta	t	p
1	Конст.	1,306	0,684		1,908	0,081
	d_{10}	0,188	0,158	0,325	1,190	0,257
а. Зависна променљива: I_z						

Коефицијент корелације износи $R=0,325$, што показује лаку повезаност о чему говори и податак о сигнификантности, $p=0,257>0,05$, тако да се не може креирати одговарајућа регресиона зависност. Параметри су несигнификантни на датом нивоу значајности. Регресија се не прилагођава израчунатим емпиријским подацима и зато се одбацује (Табела 7.5).

Табела 7.6 Линеарна регресија, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(d_{25})$

	R	R ²	Кориговани R ²	Стандардна грешка		
1	0,133 ^a	0,018	-0,064	1,66719		
а. Предиктор: (конст.), d_{25}						
Коефицијенти ^a						
		Вредности	S _e	Beta	t	p
1	Конст.	1,618	0,829		1,952	0,075
	d_{25}	0,023	0,049	0,133	0,466	0,650
а. Зависна променљива: I_z						

Коефицијент корелације показује незнатну повезаност. Сигнификантност је $p=0,65>0,05$ тако да се не може формирати одговарајућа регресиона зависност. Параметри су несигнификантни на датом нивоу значајности (Табела 7.6).

Табела 7.7 Линеарна регресија, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(d_{30})$

	R	R ²	Кориговани R ²	Стандардна грешка		
1	0,076 ^a	0,006	-0,077	1,67734		
а. Предиктор: (конст.), d_{30}						
Коефицијенти ^a						
		Вредности	S _e	Beta	t	p
1	Конст.	1,743	0,885		1,970	0,072
	d_{30}	0,011	0,041	0,076	0,263	0,797
а. Зависна променљива: I_z						

Коефицијент корелације показује незнатну, скоро никакву повезаност ($R=0,076$), променљива d_{30} не утиче статистички значајно на променљиву I_z и не може се креирати одговарајућа регресиона зависност (Табела 7.7).

Табела 7.8 Линеарна регресија, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(d_{50})$

	R	R ²	Кориговани R ²	Стандардна грешка		
1	0,154 ^a	0,024	-0,058	1,66213		
а. Предиктор: (конст.), d_{50}						
Коефицијенти ^a						
		Вредности	Se	Beta	t	p
1	Конст.	2,390	0,939		2,546	0,026
	d_{50}	-0,011	0,020	-0,154	-0,540	0,599
а. Зависна променљива: I_z						

Коефицијент корелације показује незнатну повезаност. Сигнификантност је $p=0,599>0,05$ тако да се не може формирати одговарајућа регресиона зависност. Регресија се не прилагођава израчунатим емпиријским подацима и зато се одбацује (Табела 7.8).

Табела 7.9 Линеарна регресија, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(d_{60})$

	R	R ²	Кориговани R ²	Стандардна грешка		
1	0,072 ^a	0,005	-0,078	1,67787		
а. Предиктор: (конст.), d_{60}						
Коефицијенти ^a						
		Вредности	Se	Beta	t	p
1	Конст.	2,180	1,052		2,072	0,060
	d_{60}	-0,005	0,019	-0,072	-0,249	0,808
а. Зависна променљива: I_z						

Коефицијент корелације показује незнатну, скоро никакву повезаност ($R=0,072$), променљива d_{60} не утиче статистички значајно на променљиву I_z и не може се креирати одговарајућа регресиона зависност (Табела 7.9).

Табела 7.10 Линеарна регресија, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(d_{75})$

	R	R ²	Кориговани R ²	Стандардна грешка		
1	0,035 ^a	0,001	-0,082	1,68117		
а. Предиктор: (конст.), d_{75}						
Коефицијенти ^a						
		Вредности	Se	Beta	t	p
1	Конст.	1,806	1,230		1,468	0,168
	d_{75}	0,002	0,018	0,035	0,120	0,906
а. Зависна променљива: I_z						

Коефицијент корелације показује незнатну, скоро никакву повезаност ($R=0,035$), променљива d_{75} не утиче статистички значајно на променљиву I_z и не може се креирати одговарајућа регресиона зависност. Параметари су несигнификантни на датом нивоу значајности (0,05). Регресија се не прилагођава израчунатим емпиријским подацима и зато се одбацује (Табела 7.10).

Табела 7.11 Линеарна регресија, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(d_{90})$

	R	R ²	Кориговани R ²	Стандардна грешка		
1	0,128 ^a	0,016	-0,066	1,66833		
а. Предиктор: (конст.), d_{90}						
Коефицијенти ^a						
		Вредности	Se	Beta	t	p
1	Конст.	1,321	1,462		0,904	0,384
	d_{90}	0,008	0,017	0,128	0,447	0,663
а. Зависна променљива: I_z						

Коефицијент корелације показује незнатну повезаност. Сигнификантност је $p=0,663>0,05$ тако да се не може формирати одговарајућа регресиона зависност. Параметри су несигнификантни на датом нивоу значајности. Регресија се не прилагођава израчунатим емпиријским подацима и зато се одбацује (Табела 7.11).

Табела 7.12 Линеарна регресија, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(d_{95})$

	R	R ²	Кориговани R ²	Стандардна грешка		
1	0,113 ^a	0,013	-0,069	1,67135		
а. Предиктор: (конст.), d_{95}						
Коефицијенти ^a						
		Вредности	Se	Beta	t	p
1	Конст.	1,373	1,513		0,907	0,382
	d_{95}	0,007	0,017	0,113	0,395	0,700
а. Зависна променљива: I_z						

Коефицијент корелације показује незнатну повезаност ($R=0,113$), параметри су несигнификантни на датом нивоу значајности ($0,05$) тако да се не може формирати одговарајућа регресиона зависност. Регресија се не прилагођава израчунатим емпиријским подацима и зато се одбацује (Табела 7.12).

Табела 7.13 Линеарна регресија, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(d_{97.5})$

	R	R ²	Кориговани R ²	Стандардна грешка		
1	0,111 ^a	0,012	-0,070	1,67182		
а. Предиктор: (конст.), $d_{97.5}$						
Коефицијенти ^a						
		Вредности	Se	Beta	t	p
1	Конст.	1,382	1,520		0,909	0,381
	$d_{97.5}$	0,006	0,017	0,111	0,386	0,706
а. Зависна променљива: I_z						

Коефицијент корелације показује незнатну повезаност ($R=0,111$), параметри су несигнификантни на датом нивоу значајности ($0,05$) тако да се не може формирати одговарајућа регресиона зависност. Регресија се не прилагођава израчунатим емпиријским подацима и зато се одбацује (Табела 7.13).

7.1.4 Анализа зависности формираних падова заплава од коефицијената неједнородности наноса

Анализом гранулометријског састава наноса и применом одговарајућих једначина за прорачун коефицијената одређени су коефицијенти неједнородности наноса (Табела 7.14).

Табела 7.14 Коефицијенти неједнородности наноса

Узорак	Allen-Hazen	Б. А. Мелентьев	Г. Б. Докукин	В. С. Кнороз	Л. Б. Рухин	Крумбеин
	U	K _m	K _d	K _k	S	S ₀
Блаташница П1	75,31	85,25	1,31	149,14	3,72	0,27
Блаташница П2	10,07	11,64	1,35	46,82	1,63	0,61
Блаташница П3	3,92	12,00	7,57	26,25	2,92	0,59
Жуњска река П1	27,09	37,55	1,74	88,55	2,08	0,48
Жуњска река П2	24,15	52,05	2,57	116,52	2,46	0,41
Жуњска река П3	6,74	10,41	1,90	40,05	1,50	0,67
Жуњска река П4	26,31	50,85	2,91	137,40	2,64	0,38
Козничка река П1	7,91	13,85	2,20	46,23	1,69	0,59
Козничка река П2	20,90	54,30	4,12	115,85	2,65	0,38
Козничка река П3	7,13	10,38	1,96	25,53	1,91	0,52
Загржа П1	19,27	69,84	5,48	122,21	3,37	0,30
Загржа П2	11,37	29,29	4,40	62,59	2,24	0,45
Поповачка река П1	41,85	69,85	2,07	154,94	2,52	0,40
Расина П1	13,82	22,41	2,17	273,53	1,91	0,52

У наставку су приказани резултати анализе зависности пада заплава од коефицијената неједнородности.

Табела 7.15 Линеарна регресија, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(U)$

		R	R ²	Кориговани R ²	Стандардна грешка	
1		0,299 ^a	0,090	0,014	1,60507	
а. Предиктор: (конст.), U						
Коефицијенти ^a						
		Вредности	S _e	Beta	t	p
1	Конст.	2,488	0,659		3,772	0,003
	U	-0,026	0,024	-0,299	-1,087	0,299
а. Зависна променљива: I _z						

Коефицијент корелације показује лаку повезаност (R=0,299), параметар уз коефицијент неједнородности по Allen-Hazen-у (U) је несигнификантан на датом нивоу значајности (0,05) тако да се не може формирати одговарајућа регресиона зависност. Регресија се не прилагођава израчунатим емпиријским подацима и зато се одбацује (Табела 7.15).

Табела 7.16 Линеарна регресија, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(K_m)$

	R	R ²	Кориговани R ²	Стандардна грешка		
1	0,246 ^a	0,061	-0,018	1,63047		
а. Предиктор: (конст.), K_m						
Коефицијенти ^a						
		Вредности	S_e	Beta	t	p
1	Конст.	2,526	0,792		3,187	0,008
	K_m	-0,015	0,017	-0,246	-0,879	0,396
а. Зависна променљива: I_z						

Коефицијент корелације показује лаку повезаност ($R=0,246$), параметар уз коефицијент неједнородности по Б. А. Мелентьев-у (K_m) је несигнификантан на датом нивоу значајности ($p=0,396>0,05$) тако да се не може формирати одговарајућа регресиона зависност. Регресија се не прилагођава израчунатим емпиријским подацима и зато се одбацује (Табела 7.16).

Табела 7.17 Линеарна регресија, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(K_d)$

	R	R ²	Кориговани R ²	Стандардна грешка		
1	0,185 ^a	0,034	-0,046	1,65306		
а. Предиктор: (конст.), K_d						
Коефицијенти ^a						
		Вредности	S_e	Beta	t	p
1	Конст.	2,440	0,879		2,776	0,017
	K_d	-0,166	0,255	-0,185	-0,653	0,526
а. Зависна променљива: I_z						

Коефицијент корелације показује незнатну повезаност ($R=0,185$), параметар уз коефицијент неједнородности по Г. Б. Докукин-у (K_d) је несигнификантан на датом нивоу значајности ($p=0,526>0,05$) тако да се не може формирати одговарајућа регресиона зависност. Регресија се не прилагођава израчунатим емпиријским подацима и зато се одбацује (Табела 7.17).

Табела 7.18 Линеарна регресија, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(K_k)$

	R	R ²	Кориговани R ²	Стандардна грешка		
1	0,145 ^a	0,021	-0,061	1,66440		
а. Предиктор: (конст.), K_k						
Коефицијенти ^a						
		Вредности	S_e	Beta	t	p
1	Конст.	2,291	0,815		2,809	0,016
	K_k	-0,003	0,007	-0,145	-0,508	0,621
а. Зависна променљива: I_z						

Коефицијент корелације показује незнатну повезаност ($R=0,145$), параметар уз коефицијент неједнородности по В. С. Кнороз-у (K_k) је несигнификантан на датом нивоу значајности ($0,05$) тако да се не може формирати одговарајућа регресиона зависност. Регресија се не прилагођава израчунатим емпиријским подацима и зато се одбацује (Табела 7.18).

Табела 7.19 Линеарна регресија, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(S)$

	R	R ²	Кориговани R ²	Стандардна грешка		
1	0,358 ^a	0,128	0,055	1,57100		
а. Предиктор: (конст.), S						
Коефицијенти ^a						
		Вредности	Se	Beta	t	p
1	Конст.	4,034	1,631		2,473	0,026
	S	-0,881	0,664	-0,358	-1,326	0,209
а. Зависна променљива: I_z						

Коефицијент корелације показује лаку повезаност ($R=0,358$), параметри су несигнификантни на датом нивоу значајности ($0,05$) тако да се не може формирати одговарајућа регресиона зависност. Регресија се не прилагођава израчунатим емпиријским подацима и зато се одбацује (Табела 7.19).

Табела 7.20 Линеарна регресија, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(S_0)$

	R	R ²	Кориговани R ²	Стандардна грешка		
1	0,105 ^a	0,011	-0,071	1,67287		
а. Предиктор: (конст.), S_0						
Коефицијенти ^a						
		Вредности	S_e	Beta	t	p
1	Конст.	1,280	1,867		0,685	0,506
	S_0	1,414	3,863	0,105	0,366	0,721
а. Зависна променљива: I_z						

Коефицијент корелације показује незнатну повезаност ($R=0,105$), параметар уз коефицијент неједнородности по Крумбеин-у (S_0) је несигнификантан на датом нивоу значајности ($0,05$), тако да се не може формирати одговарајућа регресиона зависност. Регресија се не прилагођава израчунатим емпиријским подацима и зато се одбацује (Табела 7.20).

7.1.5 Анализа вишеструких модела

Простим моделима се добијају појединачни утицаји одређених фактора, док се сложеним, вишеструким моделима одређује деловање више фактора истовремено. У сваком моделу је присутан природни пад терена, а остали фактори се комбинују.

7.1.5.1 Зависност пада заплава од два фактора

Утицај пада корита (I_t) и крупноће зрна наноса при 5% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса (d_5) на пад заплава представљен је моделом којим је објашњено 93,4% варијација ($R^2=0,934$). Коефицијент корелације показује високу повезаност ($R=0,972$), међутим на датом нивоу значајности ($0,05$) параметар уз пречник зрна наноса је несигнификантан, односно могућа су одступања од израчунатих вредности (Табела 7.21).

Табела 7.21 Двострука корелација, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(I_t, d_5)$

Променљиве	Вредности	S_e	t	p
a_0	-0,924	0,246	-3,763	0,003
$a_1 - I_t$	0,720	0,062	11,675	0,000
$a_2 - d_5$	0,236	0,150	1,572	0,144
Статистички параметри				
назив	ознака	вредност		
Коефицијент корелације	R	0,972		
Коефицијент детерминације	R^2	0,944		
Кориговани коеф. детерминације	R^2_{cor}	0,934		
F (2,11)	F	92,449		
p<	p	0,000		
Стандардна грешка	S_e	0,41634		
$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2$	$I_z = 0,72I_t + 0,236d_5 - 0,924$			

Табела 7.22 Двострука корелација, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(I_t, d_{10})$

Променљиве	Вредности	S_e	t	p
a_0	-0,879	0,265	-3,321	0,007
$a_1 - I_t$	0,744	0,062	11,937	0,000
$a_2 - d_{10}$	0,041	0,046	0,895	0,390
Статистички параметри				
назив	ознака	вредност		
Коефицијент корелације	R	0,967		
Коефицијент детерминације	R^2	0,936		
Кориговани коеф.	R^2_{cor}	0,924		
F (2,11)	F	80,301		
p<	p	0,000		
Стандардна грешка	S_e	0,44484		
$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2$	$I_z = 0,744I_t + 0,041d_{10} - 0,879$			

Добијеним моделом зависности пада заплава од пада корита (I_t) и крупноће зрна наноса при 10% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса (d_{10}) је објашњено 92,4% варијација ($R^2=0,924$). Коефицијент корелације показује високу повезаност ($R=0,967$). Стандардне грешке оцене параметара и њихове t-статистике на датом нивоу значајности (0,05) показују да су слободни параметар и параметар уз пад корита довољно прецизно одређени, док је параметар уз пречник зрна наноса несигнификантан (Табела 7.22).

Табела 7.23 Двострука корелација, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(I_t, d_{25})$

Променљиве	Вредности	S_e	t	p
a_0	-0,849	0,305	-2,780	0,018
$a_1 - I_t$	0,757	0,062	12,151	0,000
$a_2 - d_{25}$	0,004	0,014	0,326	0,751
Статистички параметри				
назив	ознака	вредност		
Коефицијент корелације	R	0,965		
Коефицијент детерминације	R^2	0,932		
Кориговани коеф. детерминације	R^2_{cor}	0,920		
F (2,11)	F	75,252		
p<	p	0,000		
Стандардна грешка	S_e	0,45853		
$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2$	$I_z = 0,757I_t + 0,004d_{25} - 0,849$			

Добијеним моделом зависности пада заплава од пада корита (I_t) и крупноће зрна наноса при 25% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса (d_{25}) је објашњено 92% варијација ($R^2=0,92$). Коефицијент корелације показује високу повезаност ($R=0,965$). Стандардне грешке оцене параметара и њихове t-статистике на датом нивоу значајности (0.05) показују да је параметар уз пречник зрна наноса несигнификантан (Табела 7.23).

Табела 7.24 Двострука корелација, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(I_t, d_{30})$

Променљиве	Вредности	S_e	t	p
a_0	-0,829	0,322	-2,577	0,026
$a_1 - I_t$	0,759	0,062	12,186	0,000
$a_2 - d_{30}$	0,002	0,011	0,178	0,862
Статистички параметри				
назив	ознака	вредност		
Коефицијент корелације	R	0,965		
Коефицијент детерминације	R^2	0,931		
Кориговани коеф. детерминације	R^2_{cor}	0,919		
F (2,11)	F	74,710		
p<	p	0,000		
Стандардна грешка	S_e	0,46008		
$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2$	$I_z = 0,759I_t + 0,002d_{30} - 0,829$			

Моделом зависности пада заплава од пада корита (I_t) и крупноће зрна наноса при 30% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса (d_{30}) је објашњено 91,9% варијација ($R^2=0,919$). Коефицијент корелације показује високу повезаност ($R=0,965$). Стандардне грешке оцене параметара и њихове t-статистике на датом нивоу значајности (0,05) показују да су слободни параметар и параметар уз пад корита довољно прецизно одређени, док је параметар уз пречник зрна наноса несигнификантан (Табела 7.24).

Табела 7.25 Двострука корелација, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(I_t, d_{50})$

Променљиве	Вредности	S_e	t	p
a_0	-0,742	0,367	-2,02	0,068
$a_1 - I_t$	0,757	0,063	12,072	0,000
$a_2 - d_{50}$	-0,001	0,006	-0,199	0,846
Статистички параметри				
назив	ознака	вредност		
Коефицијент корелације	R	0,965		
Коефицијент детерминације	R^2	0,931		
Кориговани коеф. детерминације	R^2_{cor}	0,919		
F (2,11)	F	74,767		
p<	p	0,000		
Стандардна грешка	S_e	0,45992		
$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2$	$I_z = 0,757I_t - 0,001d_{50} - 0,742$			

Моделом зависности пада заплава од пада корита (I_t) и крупноће зрна наноса при 50% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса (d_{50}) је објашњено 91,9% варијација ($R^2=0,919$). Коефицијент корелације показује високу повезаност ($R=0,965$). Стандардне грешке оцене параметара и њихове t-статистике на датом нивоу значајности (0,05) показују да је параметар уз пад корита довољно прецизно одређен, док су слободни параметар и параметар уз пречник зрна наноса несигнификантни (Табела 7.25).

Табела 7.26 Двострука корелација, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(I_t, d_{60})$

Променљиве	Вредности	S_e	t	p
a_0	-0,691	0,370	-1,865	0,089
$a_1 - I_t$	0,758	0,062	12,258	0,000
$a_2 - d_{60}$	-0,002	0,005	-0,384	0,709
Статистички параметри				
назив	ознака	вредност		
Коефицијент корелације	R	0,965		
Коефицијент детерминације	R^2	0,932		
Кориговани коеф. детерминације	R^2_{cor}	0,920		
F (2,11)	F	75,550		
p<	p	0,000		
Стандардна грешка	S_e	0,45769		
$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2$	$I_z = 0,758I_t - 0,002d_{60} - 0,691$			

Моделом зависности пада заплава од пада корита (I_t) и крупноће зрна наноса при 60% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса (d_{60}) је објашњено 92% варијација ($R^2=0,919$). Коефицијент корелације показује високу повезаност ($R=0,965$). Стандардне грешке оцене параметара и њихове t-статистике на датом нивоу значајности (0,05) показују да је параметар уз пад корита довољно прецизно одређен, док су слободни параметар и параметар уз пречник зрна наноса несигнификантни (Табела 7.26).

Табела 7.27 Двострука корелација, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(I_t, d_{75})$

Променљиве	Вредности	S_e	t	p
a_0	-0,551	0,376	-1,466	0,171
$a_1 - I_t$	0,765	0,061	12,629	0,000
$a_2 - d_{75}$	-0,004	0,005	-0,859	0,409
Статистички параметри				
назив	ознака	вредност		
Коефицијент корелације	R	0,967		
Коефицијент детерминације	R^2	0,936		
Кориговани коеф. детерминације	R^2_{cor}	0,924		
F (2,11)	F	79,848		
p<	p	0,000		
Стандардна грешка	S_e	0,44602		
$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2$	$I_z = 0,765I_t - 0,004d_{75} - 0,551$			

Моделом зависности пада заплава од пада корита (I_t) и крупноће зрна наноса при 75% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса (d_{75}) је објашњено 92,4 % варијација ($R^2=0,924$). Коефицијент корелације показује високу повезаност ($R=0,967$). Стандардне грешке оцене параметара и њихове t-статистике на датом нивоу значајности (0,05) показују да је параметар уз пад корита довољно прецизно одређен, док су слободни параметар и параметар уз пречник зрна наноса несигнификантни (Табела 7.27).

Табела 7.28 Двострука корелација, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(I_t, d_{90})$

Променљиве	Вредности	S_e	t	p
a_0	-0,404	0,402	-1,006	0,336
$a_1 - I_t$	0,775	0,060	12,933	0,000
$a_2 - d_{90}$	-0,005	0,004	-1,209	0,252
Статистички параметри				
назив	ознака	вредност		
Коефицијент корелације	R	0,969		
Коефицијент детерминације	R^2	0,939		
Кориговани коеф. детерминације	R^2_{cor}	0,928		
F (2,11)	F	85,112		
p<	p	0,000		
Стандардна грешка	S_e	0,43287		
$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2$	$I_z = 0,775I_t - 0,005d_{90} - 0,404$			

Моделом зависности пада заплава од пада корита (I_t) и крупноће зрна наноса при 90% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса (d_{75}) је објашњено 92,8 % варијација ($R^2=0,928$). Коефицијент корелације показује високу повезаност ($R=0,969$). Стандардне грешке оцене параметара и њихове t-статистике на датом нивоу значајности (0,05) показују да је параметар уз пад корита довољно прецизно одређен, док су слободни параметар и параметар уз пречник зрна наноса несигнификантни (Табела 7.28).

Табела 7.29 Двострука корелација, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(I_t, d_{95})$

Променљиве	Вредности	S_e	t	p
a_0	-0,385	0,415	-0,929	0,373
$a_1 - I_t$	0,774	0,060	12,958	0,000
$a_2 - d_{95}$	-0,005	0,004	-1,210	0,252
Статистички параметри				
назив	ознака	вредност		
Коефицијент корелације	R	0,969		
Коефицијент детерминације	R^2	0,939		
Кориговани коеф. детерминације	R^2_{cor}	0,928		
F (2,11)	F	85,122		
p<	p	0,000		
Стандардна грешка	S_e	0,43285		
$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2$	$I_z = 0,774I_t - 0,005d_{95} - 0,385$			

Моделом зависности пада заплава од пада корита (I_t) и крупноће зрна наноса при 90% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса (d_{75}) је објашњено 92,8 % варијација ($R^2=0,928$). Коефицијент корелације показује високу повезаност ($R=0,969$). Стандардне грешке оцене параметара и њихове t-статистике на датом нивоу значајности (0,05) показују да је параметар уз пад корита довољно прецизно одређен, док су слободни параметар и параметар уз пречник зрна наноса несигнификантни. Зависност од d_{90} , d_{95} , $d_{97.5}$ има скоро идентичне параметре (Табела 7.29).

У наставку је приказан утицај природног пада корита и коефицијената неједнородности на пад заплава.

Табела 7.30 Двострука корелација, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(I_t, U)$

Променљиве	Вредности	S_e	t	p
a_0	-0,587	0,309	-1,902	0,084
$a_1 - I_t$	0,744	0,061	12,260	0,000
$a_2 - U$	-0,007	0,007	-1,088	0,300
Статистички параметри				
назив	ознака	вредност		
Коефицијент корелације	R	0,968		
Коефицијент детерминације	R^2	0,938		
Кориговани коеф. детерминације	R^2_{cor}	0,927		
F (2,11)	F	83,094		
p<	p	0,000		
Стандардна грешка	S_e	0,43777		
$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2$	$I_z = 0,744I_t - 0,007U - 0,587$			

Добијеним моделом објашњено је 92,7 % варијација. Коефицијент корелације показује високу повезаност ($R=0,968$). Стандардне грешке оцене параметара и њихове t-статистике на датом нивоу значајности (0,05) показују да је параметар уз пад корита довољно прецизно одређен, док су слободни параметар и параметар уз коефицијент неједнородности наноса по Allen-Hazen-у несигнификантни (Табела 7.30).

Табела 7.31 Двострука корелација, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(I_t, K_m)$

Променљиве	Вредности	S_e	t	p
a_0	-0,466	0,300	-1,551	0,149
$a_1 - I_t$	0,747	0,056	13,341	0,000
$a_2 - K_m$	-0,007	0,004	-1,683	0,121
Статистички параметри				
назив	ознака	вредност		
Коефицијент корелације	R	0,972		
Коефицијент детерминације	R^2	0,945		
Кориговани коеф. детерминације	R^2_{cor}	0,935		
F (2,11)	F	95,074		
p<	p	0,000		
Стандардна грешка	S_e	0,41087		
$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2$	$I_z = 0,747I_t - 0,007K_m - 0,466$			

Моделом зависности пада заплава од пада корита (I_t) и коефицијента неједнородности по Б. А. Мелентьев-у (K_m) је објашњено 93,5 % варијација ($R^2=0,935$). Коефицијент корелације показује високу повезаност ($R=0,972$). Стандардне грешке оцене параметара и њихове t-статистике на датом нивоу значајности (0,05) показују да је параметар уз пад корита довољно прецизно одређен, док су слободни параметар и параметар уз коефицијента неједнородности по Б. А. Мелентьев-у несигнификантни (Табела 7.31).

Табела 7.32 Двострука корелација, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(I_t, K_d)$

Променљиве	Вредности	S_e	t	p
a_0	-0,765	0,363	-2,111	0,058
$a_1 - I_t$	0,758	0,063	11,985	0,000
$a_2 - K_d$	-0,008	0,072	-0,111	0,913
Статистички параметри				
назив	ознака	вредност		
Коефицијент корелације	R	0,965		
Коефицијент детерминације	R^2	0,931		
Кориговани коеф. детерминације	R^2_{cor}	0,919		
F (2,11)	F	74,570		
p<	p	0,000		
Стандардна грешка	S_e	0,46048		
$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2$	$I_z = 0,758I_t - 0,008K_d - 0,765$			

Моделом зависности пада заплава од пада корита (I_t) и коефицијента неједнородности по Г. Б. Докукин-у (K_d) је објашњено 91,9 % варијација ($R^2=0,919$). Коефицијент корелације показује високу повезаност ($R=0,965$). Стандардне грешке оцене параметара и њихове t-статистике на датом нивоу значајности (0,05) показују да је параметар уз пад корита довољно прецизно одређен, док су слободни параметар и параметар уз коефицијент неједнородности по Г. Б. Докукин-у несигнификантни (Табела 7.32).

Табела 7.33 Двострука корелација, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(I_t, K_k)$

Променљиве	Вредности	S_e	t	p
a_0	-0,491	0,284	-1,731	0,111
$a_1 - I_t$	0,757	0,055	13,787	0,000
$a_2 - K_k$	-0,003	0,002	-1,768	0,105
Статистички параметри				
назив	ознака	вредност		
Коефицијент корелације	R	0,973		
Коефицијент детерминације	R^2	0,946		
Кориговани коеф. детерминације	R^2_{cor}	0,937		
F (2,11)	F	97,197		
p<	p	0,000		
Стандардна грешка	S_e	0,40660		
$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2$	$I_z = 0,757I_t - 0,003K_k - 0,491$			

Моделом зависности пада заплата од пада корита (I_t) и коефицијента неједнородности по В. С. Кнороз-у (K_k) је објашњено 93,7 % варијација ($R^2=0,937$). Коефицијент корелације показује високу повезаност ($R=0,973$). Стандардне грешке оцене параметара и њихове t-статистике на датом нивоу значајности (0,05) показују да је параметар уз пад корита довољно прецизно одређен, док су слободни параметар и параметар уз коефицијент неједнородности по В. С. Кнороз-у несигнификантни (Табела 7.33).

Табела 7.34 Двострука корелација, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(I_t, S)$

Променљиве	Вредности	S_e	t	p
a_0	-0,242	0,580	-0,417	0,684
$a_1 - I_t$	0,740	0,062	11,936	0,000
$a_2 - S$	-0,204	0,194	-1,048	0,317
Статистички параметри				
назив	ознака	вредност		
Коефицијент корелације	R	0,968		
Коефицијент детерминације	R^2	0,937		
Кориговани коеф. детерминације	R^2_{cor}	0,926		
F (2,11)	F	82,473		
p<	p	0,000		
Стандардна грешка	S_e	0,43931		
$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2$	$I_z = 0,757I_t - 0,003S - 0,491$			

Моделом зависности пада заплата од пада корита (I_t) и коефицијента неједнородности по Л. Б. Рухин-у (S) је објашњено 92,6 % варијација ($R^2=0,926$). Коефицијент корелације показује високу повезаност ($R=0,968$). Стандардне грешке оцене параметара и њихове t-статистике на датом нивоу значајности (0,05) показују да је параметар уз пад корита довољно прецизно одређен, док су слободни параметар и параметар уз коефицијент неједнородности по Л. Б. Рухин-у несигнификантни (Табела 7.34).

Табела 7.35 Двострука корелација, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(I_t, S_0)$

Променљиве	Вредности	S_e	t	p
a_0	-1,408	0,519	-2,711	0,020
$a_1 - I_t$	0,759	0,058	13,138	0,000
$a_2 - S_0$	1,313	0,988	1,329	0,211
Статистички параметри				
назив	ознака	вредност		
Коефицијент корелације	R	0,970		
Коефицијент детерминације	R^2	0,941		
Кориговани коеф. детерминације	R^2_{cor}	0,930		
F (2,11)	F	87,332		
p<	p	0,000		
Стандардна грешка	S_e	0,42766		
$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2$	$I_z = 0,759I_t + 1,313S_0 - 1,408$			

Моделом зависности пада заплава од пада корита (I_t) и коефицијента неједнородности по Крумбеин-у (S_0) је објашњено 93 % варијација ($R^2=0,930$). Коефицијент корелације показује високу повезаност ($R=0,970$). Стандардне грешке оцене параметара и њихове t-статистике на датом нивоу значајности (0,05) показују да је параметар уз пад корита довољно прецизно одређен, док су слободни параметар и параметар уз коефицијент неједнородности по Крумбеин-у несигнификантни (Табела 7.35).

7.1.5.2 Зависност пада заплава од три фактора

Анализа зависности пада заплава извршена је за велики број комбинација пада корита, крупноће зрна наноса при 5 до 97,5% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса ($d_5 - d_{97,5}$) и сваког коефицијента неједнородности. У наставку су приказани модели који у својој категорији најбоље детерминишу пад заплава.

Табела 7.36 Трострука корелација, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(I_t, d_{75}, K_d)$

Променљиве	Вредности	S_e	t	p
a_0	2,148	1,017	2,113	0,061
$a_1 - I_t$	0,735	0,049	15,047	0,000
$a_2 - d_{75}$	-0,028	0,009	-2,978	0,014
$a_3 - K_d$	-0,372	0,134	-2,775	0,020
Статистички параметри				
назив	ознака	вредност		
Коефицијент корелације	R	0,982		
Коефицијент детерминације	R^2	0,964		
Кориговани коеф. детерминације	R^2_{cor}	0,953		
F (3,7)	F	88,222		
p<	p	0,000		
Стандардна грешка	S_e	0,35161		
$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3$	$I_z = 0,735I_t - 0,028d_{75} - 0,372K_d + 2,148$			

Утицај пада корита (I_t), крупноће зрна наноса при 75% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса (d_{75}) и коефицијента неједнородности по Г. Б. Докукин-у (K_d) на пад заплава представљен је моделом којим је објашњено 96,4 % варијација ($R^2=0,964$).

Коефицијент корелације показује врло високу повезаност ($R=0,982$). Стандардне грешке оцене параметара и њихове t -статистике на датом нивоу значајности ($0,05$) показују да је само слободни параметар несигнификантан (Табела 7.36).

Табела 7.37 Трострука корелација, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(I_t, d_{90}, K_d)$

Променљиве	Вредности	S_e	t	p
a_0	1,304	0,826	1,579	0,145
$a_1 - I_t$	0,776	0,051	15,192	0,000
$a_2 - d_{90}$	-0,018	0,007	-2,677	0,023
$a_3 - K_d$	-0,229	0,101	-2,273	0,046
Статистички параметри				
назив	ознака	вредност		
Коефицијент корелације	R	0.980		
Коефицијент детерминације	R^2	0.960		
Кориговани коеф. детерминације	R^2_{cor}	0.948		
$F(3,7)$	F	79,958		
$p <$	p	0,000		
Стандардна грешка	S_e	0,36864		
$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3$	$I_z = 0,776I_t - 0,018d_{90} - 0,229 K_d + 1,304$			

Утицај пада корита (I_t), крупноће зрна наноса при 90% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса (d_{90}) и коефицијента неједнородности по Г. Б. Докукин-у (K_d) на пад заплава представљен је моделом којим је објашњено 96% варијација ($R^2=0,960$). Коефицијент корелације показује врло високу повезаност ($R=0,980$). Стандардне грешке оцене параметара и њихове t -статистике на датом нивоу значајности ($0,05$) показују да су параметри уз пад корита, крупноћу зрна наноса при 90% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса (d_{90}) и параметар уз коефицијент неједнородности по Г. Б. Докукин-у (K_d) довољно прецизно одређени, а да је слободни параметар несигнификантан (Табела 7.37).

Табела 7.38 Трострука корелација, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(I_t, d_{97,5}, K_d)$

Променљиве	Вредности	S_e	t	p
a_0	1,512	0,854	1,770	0,107
$a_1 - I_t$	0,772	0,050	15,532	0,000
$a_2 - d_{97,5}$	-0,019	0,007	-2,827	0,018
$a_3 - K_d$	-0,245	0,101	-2,425	0,036
Статистички параметри				
назив	ознака	вредност		
Коефицијент корелације	R	0.981		
Коефицијент детерминације	R^2	0.962		
Кориговани коеф. детерминације	R^2_{cor}	0.950		
$F(3,7)$	F	83,972		
$p <$	p	0,000		
Стандардна грешка	S_e	0,36007		
$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3$	$I_z = 0,772I_t - 0,019d_{97,5} - 0,245 K_d + 1,512$			

Утицај пада корита (I_t), крупноће зрна наноса при 97,5% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса ($d_{97,5}$) и коефицијента неједнородности по Г. Б. Докукин-у (K_d) на пад

заплава представљен је моделом којим је објашњено 96,2% варијација ($R^2=0,962$). Коефицијент корелације показује врло високу повезаност ($R=0,981$). Стандардне грешке оцене параметара и њихове t-статистике на датом нивоу значајности (0,05) показују да су параметри уз пад корита, крупноћу зрна наноса при 97,5% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса ($d_{97,5}$) и параметар уз коефицијент неједнородности по Г. Б. Докукин-у (K_d) довољно прецизно одређени, а да је слободни параметар несигнификантан (Табела 7.38).

Табела 7.39 Трострука корелација, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(I_t, d_{10}, d_{50})$

Променљиве	Вредности	S_e	t	p
a_0	-0,712	0,365	-1,951	0,08
$a_1 - I_t$	0,731	0,067	10,962	0,000
$a_2 - d_{10}$	0,058	0,053	1,092	0,301
$a_3 - d_{50}$	-0,004	0,006	-0,686	0,509
Статистички параметри				
назив	ознака	вредност		
Коефицијент корелације	R	0,969		
Коефицијент детерминације	R^2	0,939		
Кориговани коеф. детерминације	R^2_{cor}	0,920		
F (3,7)	F	51,111		
p<	p	0,000		
Стандардна грешка	S_e	0,45596		
$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3$	$I_z = 0,731I_t + 0,058d_{10} - 0,004 d_{50} - 0,712$			

Утицај пада корита (I_t) и крупноће зрна наноса при 10% и 50% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса (d_{10} и d_{50}) на пад заплава представљен је моделом којим је објашњено 93,9% варијација ($R^2=0,939$). Коефицијент корелације показује врло високу повезаност ($R=0,969$). Стандардне грешке оцене параметара и њихове t-статистике на датом нивоу значајности (0,05) показују да је параметар уз пад корита довољно прецизно одређен, а да су слободни параметар и параметри уз крупноће зрна наноса при 10% и 50% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса (d_{10} и d_{50}) несигнификантни (Табела 7.39).

Табела 7.40 Трострука корелација, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(I_t, d_{30}, d_{60})$

Променљиве	Вредности	S_e	t	p
a_0	-0,694	0,381	-1,820	0,099
$a_1 - I_t$	0,753	0,064	11,723	0,000
$a_2 - d_{10}$	0,010	0,016	0,620	0,549
$a_3 - d_{50}$	-0,005	0,008	-0,703	0,498
Статистички параметри				
назив	ознака	вредност		
Коефицијент корелације	R	0,967		
Коефицијент детерминације	R^2	0,935		
Кориговани коеф. детерминације	R^2_{cor}	0,915		
F (3,7)	F	47,678		
p<	p	0,000		
Стандардна грешка	S_e	0,47105		
$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3$	$I_z = 0,753I_t - 0,010d_{10} - 0,005 d_{50} - 0,694$			

Утицај пада корита (I_t) и крупноће зрна наноса при 30% и 60% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса (d_{30} и d_{60}) на пад заплава представљен је моделом којим је објашњено 93,5% варијација ($R^2=0,935$). Коефицијент корелације показује врло високу повезаност ($R=0,967$). Стандардне грешке оцене параметара и њихове t-статистике на датом нивоу значајности (0,05) показују да је параметар уз пад корита довољно прецизно одређен а да су слободни параметар и параметри уз крупноће зрна наноса при 30% и 60% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса (d_{30} и d_{60}) несигнификантни (Табела 7.40).

Табела 7.41 Трострука корелација, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(I_t, d_{10}, K_d)$

Променљиве	Вредности	S_e	t	p
a_0	-1,046	0,466	-2,243	0,049
$a_1 - I_t$	0,745	0,065	11,501	0,000
$a_2 - d_{10}$	0,055	0,057	0,442	0,668
$a_3 - K_d$	0,039	0,087	0,962	0,359
Статистички параметри				
назив	ознака	вредност		
Коефицијент корелације	R	0,968		
Коефицијент детерминације	R^2	0,937		
Кориговани коеф. детерминације	R^2_{cor}	0,918		
F (3,7)	F	49,683		
p<	p	0,000		
Стандардна грешка	S_e	0,46206		
$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3$	$I_z = 0,745I_t + 0,055d_{10} + 0,039 K_d - 1,046$			

Табела 7.42 Трострука корелација, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(I_t, d_{30}, S_0)$

Променљиве	Вредности	S_e	t	p
a_0	-1,476	0,542	-2,721	0,022
$a_1 - I_t$	0,762	0,059	12,820	0,000
$a_2 - d_{30}$	-0,009	0,013	-0,670	0,518
$a_3 - S_0$	1,784	1,233	1,447	0,179
Статистички параметри				
назив	ознака	вредност		
Коефицијент корелације	R	0,971		
Коефицијент детерминације	R^2	0,943		
Кориговани коеф. детерминације	R^2_{cor}	0,926		
F (3,7)	F	55,457		
p<	p	0,000		
Стандардна грешка	S_e	0,43878		
$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3$	$I_z = 0,762I_t - 0,009d_{30} + 1,784 S_0 - 1,476$			

Утицај пада корита (I_t), крупноће зрна наноса при 10% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса (d_{10}) и коефицијента неједнородности по Г. Б. Докукин-у (K_d) на пад заплава представљен је моделом којим је објашњено 93,7% варијација ($R^2=0,937$). Коефицијент корелације показује врло високу повезаност ($R=0,968$). Стандардне грешке оцене параметара и њихове t-статистике на датом нивоу значајности (0,05) показују да су слободни параметар и параметар уз пад корита довољно прецизно одређени, а да су параметри уз крупноћу зрна наноса при 10% учешћа тежинских делова од укупне масе

наноса (d_{10}) и коефицијент неједнородности по Г. Б. Докукин-у (K_a) несигнификантни (Табела 7.41).

Утицај пада корита (I_t), крупноће зрна наноса при 30% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса (d_{10}) и коефицијента неједнородности по Крумбеин-у (S_0) на пад заплава представљен је моделом којим је објашњено 94,3% варијација ($R^2=0,943$). Коефицијент корелације показује врло високу повезаност ($R=0,971$). Стандардне грешке оцене параметара и њихове t -статистике на датом нивоу значајности (0,05) показују да су слободни параметар и параметар уз пад корита довољно прецизно одређени док су параметри уз крупноћу зрна наноса при 10% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса (d_{10}) и коефицијент неједнородности по Крумбеин-у (S_0) несигнификантни (Табела 7.42).

Табела 7.43 Трострука корелација, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(I_t, d_{50}, S_0)$

Променљиве	Вредности	S_e	t	p
a_0	-1,364	0,609	-2,240	0,049
$a_1 - I_t$	0,757	0,061	12,391	0,000
$a_2 - d_{50}$	-0,001	0,006	-0,162	0,874
$a_3 - S_0$	1,308	1,035	1,263	0,235
Статистички параметри				
назив	ознака	вредност		
Коефицијент корелације	R	0,970		
Коефицијент детерминације	R^2	0,941		
Кориговани коеф. детерминације	R^2_{cor}	0,923		
$F(3,7)$	F	53,076		
$p <$	p	0,000		
Стандардна грешка	S_e	0,44795		
$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3$	$I_z = 0,757I_t - 0,001d_{50} + 1,308 S_0 - 1,364$			

Утицај пада корита (I_t), крупноће зрна наноса при 50% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса (d_{50}) и коефицијента неједнородности по Крумбеин-у (S_0) на пад заплава представљен је моделом којим је објашњено 94,1% варијација ($R^2 = 0,941$). Коефицијент корелације показује врло високу повезаност ($R = 0,970$). Стандардне грешке оцене параметара и њихове t -статистике на датом нивоу значајности (0,05) показују да су слободни параметар и параметар уз пад корита довољно прецизно одређени, док су параметри уз крупноћу зрна наноса при 10% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса (d_{50}) и коефицијент неједнородности по Крумбеин-у (S_0) несигнификантни (Табела 7.43).

7.1.5.3 Зависност пада заплава од четири фактора

Приказани су модели који у својој категорији најбоље детерминишу пад заплава.

Табела 7.44 Четворострука корелација, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(I_t, d_{10}, d_{75}, K_d)$

Променљиве	Вредности	S_e	t	p
a_0	2,386	1,380	1,729	0,118
$a_1 - I_t$	0,737	0,052	14,222	0,000
$a_2 - d_{10}$	-0,014	0,053	-0,272	0,791
$a_3 - d_{75}$	-0,029	0,011	-2,583	0,030
$a_4 - K_d$	-0,405	0,185	-2,186	0,057
Статистички параметри				
назив	ознака	вредност		
Коефицијент корелације	R	0,982		
Коефицијент детерминације	R^2	0,964		
Кориговани коеф. детерминације	R^2_{cor}	0,948		
F (4,9)	F	60,060		
p<	p	0,000		
Стандардна грешка	S_e	0,36911		
$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4$	$I_z = 0,737I_t - 0,014d_{10} - 0,029d_{75} - 0,405 K_d + 2,386$			

Утицај пада корита (I_t), крупноће зрна наноса при 10% и 75% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса (d_{10} и d_{75}) и коефицијента неједнородности по Г. Б. Докукин-у (K_d) на пад заплава представљен је моделом којим је објашњено 96,4% варијација ($R^2=0,964$). Коефицијент корелације показује врло високу повезаност ($R=0,982$). Стандардне грешке оцене параметара и њихове t-статистике на датом нивоу значајности (0,05) показују да су параметар уз пад корита и уз крупноћу зрна наноса при 75% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса (d_{75}) довољно прецизно одређени док су слободни параметар и параметри уз крупноћу зрна наноса при 10% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса (d_{10}) и коефицијент неједнородности по Г. Б. Докукин-у (K_d) несигнификантни (Табела 7.44).

Табела 7.45 Четворострука корелација, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(I_t, d_{75}, d_{97.5}, K_d)$

Променљиве	Вредности	S_e	t	p
a_0	2,382	1,003	2,376	0,042
$a_1 - I_t$	0,752	0,049	15,326	0,000
$a_2 - d_{75}$	-0,018	0,012	-1,468	0,176
$a_3 - d_{97,5}$	-0,011	0,008	-1,279	0,233
$a_4 - K_d$	-0,375	0,130	-2,879	0,018
Статистички параметри				
назив	ознака	вредност		
Коефицијент корелације	R	0,984		
Коефицијент детерминације	R^2	0,969		
Кориговани коеф. детерминације	R^2_{cor}	0,956		
F (4,9)	F	70,787		
p<	p	0,000		
Стандардна грешка	S_e	0,34093		
$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4$	$I_z = 0,752I_t - 0,018d_{75} - 0,011d_{97.5} - 0,375 K_d + 2,382$			

Утицај пада корита (I_t), крупноће зрна наноса при 75% и 97,5% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса (d_{75} и $d_{97.5}$) и коефицијента неједнородности по Г. Б. Докукин-у (K_d) на пад заплава представљен је моделом којим је објашњено 96,9% варијација ($R^2=0,969$). Коефицијент корелације показује врло високу повезаност ($R=0,984$). Стандардне грешке оцене параметара и њихове t -статистике на датом нивоу значајности (0,05) показују да су слободни параметар, параметар уз пад корита и уз коефицијент неједнородности по Г. Б. Докукин-у (K_d) довољно прецизно одређени док су параметри уз крупноћу зрна наноса при 75% и 97,5% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса (d_{75} и $d_{97.5}$) несигнификантни (Табела 7.45).

Табела 7.46 Четворострука корелација, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(I_t, d_{10}, d_{50}, K_k)$

Променљиве	Вредности	S_e	t	p
a_0	-0,547	0,382	-1,429	0,187
$a_1 - I_t$	0,749	0,067	11,195	0,000
$a_2 - d_{10}$	0,020	0,061	0,337	0,744
$a_3 - d_{50}$	0,000	0,007	-0,053	0,959
$a_4 - K_k$	0,003	0,002	-1,207	0,258
Статистички параметри				
назив	ознака	вредност		
Коефицијент корелације	R	0,973		
Коефицијент детерминације	R^2	0,947		
Кориговани коеф.	R^2_{cor}	0,924		
$F(4,9)$	F	40,446		
$p <$	p	0,000		
Стандардна грешка	S_e	0,44590		
$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4$	$I_z = 0,749I_t + 0,020d_{10} - 0,003 K_k - 0,547$			

Утицај пада корита (I_t), крупноће зрна наноса при 10% и 50% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса (d_{10} и d_{50}) и коефицијента неједнородности по В. С. Кнороз-у (K_k) на пад заплава представљен је моделом којим је објашњено 94,7% варијација ($R^2=0,947$). Коефицијент корелације показује врло високу повезаност ($R=0,973$). Стандардне грешке оцене параметара и њихове t -статистике на датом нивоу значајности (0,05) показују да је само параметар уз пад корита довољно прецизно одређен док су остали параметри несигнификантни (Табела 7.46).

Табела 7.47 Четворострука корелација, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(I_t, d_{60}, d_{90}, K_k)$

Променљиве	Вредности	S_e	t	p
a_0	-0,394	0,406	-0,971	0,357
$a_1 - I_t$	0,782	0,068	11,525	0,000
$a_2 - d_{60}$	0,006	0,009	0,672	0,519
$a_3 - d_{90}$	-0,007	0,010	-0,733	0,482
$a_4 - K_k$	-0,002	0,002	-0,893	0,395
Статистички параметри				
назив	ознака	вредност		
Коефицијент корелације	R	0,974		
Коефицијент детерминације	R^2	0,950		
Кориговани коеф. детерминације	R^2_{cor}	0,927		
F (4,9)	F	42,343		
p<	p	0,000		
Стандардна грешка	Se	0,43632		
$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4$	$I_z = 0,782I_t + 0,006d_{60} - 0,007d_{90} - 0,002 K_k - 0,394$			

Утицај пада корита (I_t), крупноће зрна наноса при 60% и 90% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса (d_{60} и d_{90}) и коефицијента неједнородности по В. С. Кнороз-у (K_k) на пад заплава представљен је моделом којим је објашњено 95,0% варијација ($R^2=0,950$). Коефицијент корелације показује врло високу повезаност ($R=0,974$). Стандардне грешке оцене параметара и њихове t-статистике на датом нивоу значајности (0,05) показују да је само параметар уз пад корита довољно прецизно одређен, док су остали параметри несигнификантни (Табела 7.47).

7.1.6 Прорачун количине задржаног наноса у заплавима попречних објеката

На основу резултата теренског истраживања, односно измерених падова заплава и узетих узорак вученог наноса добијени су регресиони модели за израчунавање пада заплава. За потпуно сагледавање ефеката попречних објеката израчунате су количине задржаног наноса у акумулационом простору попречних објеката по формули В. Китин-а (1975).

Попречни објекат са већом корисном висином задржава и већу количину наноса, у зависности од природног пада тока. На већим падовима заплави су краћи што значи да је количина задржаног наноса мања, тако да у стрмом кориту улога бујичне преграде се више огледа у стабилизацији корита и смањењу подужног пада, него у задржавању наноса. Разлика у корисној висини преграде 1 на Блаташници и преграде 1 на Жуњској реци је два метра, али су због мањег пада корита Блаташнице задржале су приближно исту количину наноса (Табела 7.48).

Табела 7.48 Количина задржаног наноса у заплавима анализираних објеката у сливу акумулације „Ђелије”

Број објекта	Објекат	m (m)	hk (m)	It (%)	Iz (%)	W (m ³)
БЛАТАШНИЦА						
1	Преграда 1	19,5	4,0	1,60	0,28	11.818,18
2	Преграда 2	25,0	3,0	1,60	0,24	8.272,06
3	Преграда 3	28,0	2,5	1,10	0,27	10.542,17
ПОПОВАЧКА РЕКА						
1	Праг 1	14,5	1,5	3,45	1,43	807,55
ЖУЊСКА РЕКА						
1	Преграда 1	47,0	2,0	2,77	1,95	11.463,41
2	Преграда 2	35,0	3,0	3,07	1,68	11.330,94
3	Преграда 3	22,0	3,0	3,07	1,45	6.111,11
4	Преграда 4	44,0	5,0	4,22	1,72	22.000,00
КОЗНИЧКА РЕКА						
1	Преграда 1	48,0	4,0	5,79	4,19	24.000,00
2	Преграда 2	19,0	5,5	7,69	4,40	8.734,80
3	Преграда 3	22,0	3,0	7,42	5,45	5.025,38
ЗАГРЖА						
1	Преграда 1	14,0	3,0	2,35	1,02	4.736,84
2	Преграда 2	15,0	3,5	2,50	1,15	6.805,56
РАСИНА						
1	Преграда 1	21,5	2,5	3,85	1,98	3.592,91
УКУПНО					135.240,915	

7.2 Анализа изведених противерозионих радова у сливу акумулације „Селова“

7.2.1 Анализа зависности формираних падова заплава од падова корита

У сливу акумулације „Селова“ су анализирани падови на 11 изведених попречних објеката изграђених у 8 бујичних водотокова притока Топлице. На основу података о природном паду корита водотокова, пре изградње преграде, прикупљених из техничке документације и података о паду заплава добијених мерењем на терену, одређен је међусобни однос ових величина (I_z/I_t) и њихове просечне вредности (X_{sr}).

Табела 7.49 Падови корита и заплава у анализираним водотоковима

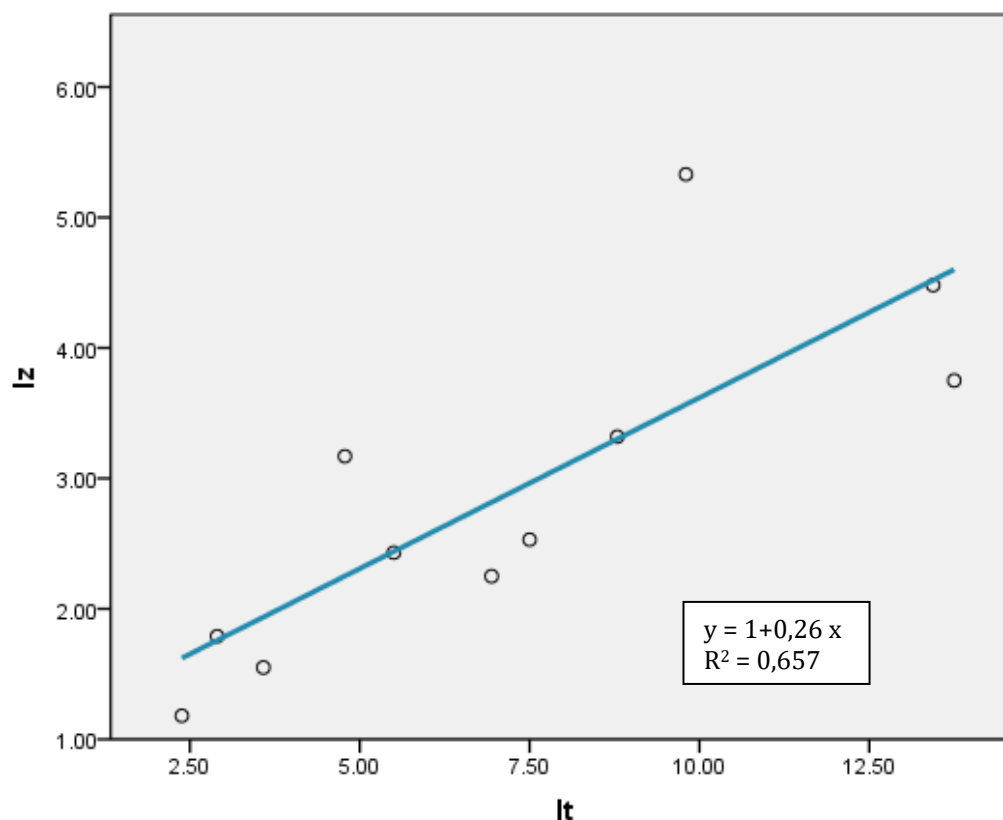
Број објекта	Број попречног објекта	Пад корита I_t (%)	Пад заплава I_z (%)	I_z / I_t
СРЕДЊИ ПОТОК				
1	Преграда 1	13,44	4,48	0,33
ЉУТОВСКИ ПОТОК				
1	Преграда 1	9,80	5,33	0,54
ВРАТНИЧКИ ПОТОК				
1	Преграда 1	5,50	2,43	0,44
СТРУГАНИЧКИ ПОТОК				
1	Преграда 1	6,94	2,25	0,32
МАГОВСКИ ПОТОК				
1	Преграда 1	7,50	2,53	0,34
2	Преграда 2	13,75	3,75	0,27
КАЧАРУША				
1	Преграда 1	4,78	3,17	0,67
2	Преграда 2	8,79	3,32	0,38
ПАВАШТИЧКИ ПОТОК				
1	Преграда 1	2,90	1,79	0,62
МАЛА РЕКА				
1	Преграда 1	3,58	1,55	0,43
2	Преграда 2	2,38	1,18	0,50
	X_{sr}	7,21	2,89	0,44

Природни пад корита се креће 2,38% на Малој реци у зони преграде 2 до 13,75% у зони преграде у кориту Маговског потока.

Однос пада природног корита и пада заплава је у распону од 0,27 до 0,67. Мањи однос од 0,30 је само код једне преграде, на 4 преграде је већи од 0,50. На већини објеката (7 преграда) овај однос се креће од 0,30 до 0,45. На основу вредности I_z/I_t одређује се учешће крупнијих, односно ситнијих фракција наноса. Већа вредност показује присуство крупнијег наноса у формирању пада заплава и обрнуто (Табела 7.49).

Табела 7.50 Линеарна регресија, слив акумулације „Селова” $I_z = f(I_t)$

	R	R ²	Кориговани R ²	Стандардна грешка		
1	0,811 ^a	0,657	0,619	0,78438		
а. Предиктор: (конст.), I_t						
Коефицијенти ^а						
		Вредности	S _e	Beta	t	p
1	Конст,	0,999	0,513		1,949	0,083
	I_t	0,262	0,063	0,811	4,156	0,002
а. Зависна променљива: I_z						

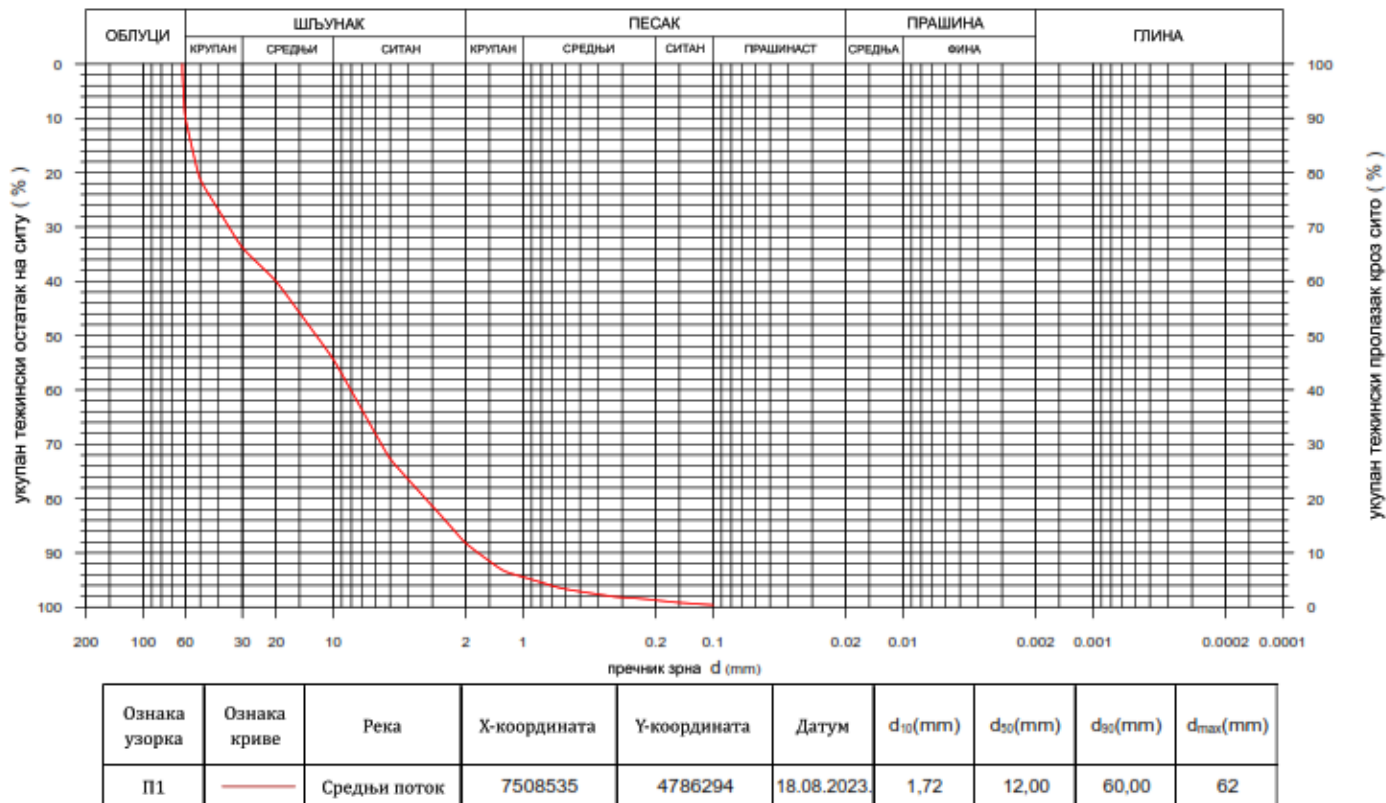


Графикон 7.16 Зависност падова заплава од падова корита у анализираним сливовима Коефицијент корелације износи 0,811, што указује на високу повезаност параметара (Графикон 7.16Табела 7.50). На основу вредности коефицијента детерминације објашњено је 65,7% укупне варијације (Табела 7.50). Зависност пада заплава од природног пада корита је представљена линеарном регресионом једначином у којој су параметри на датом нивоу значајности:

$$I_z = 1,0 + 0,26 I_t$$

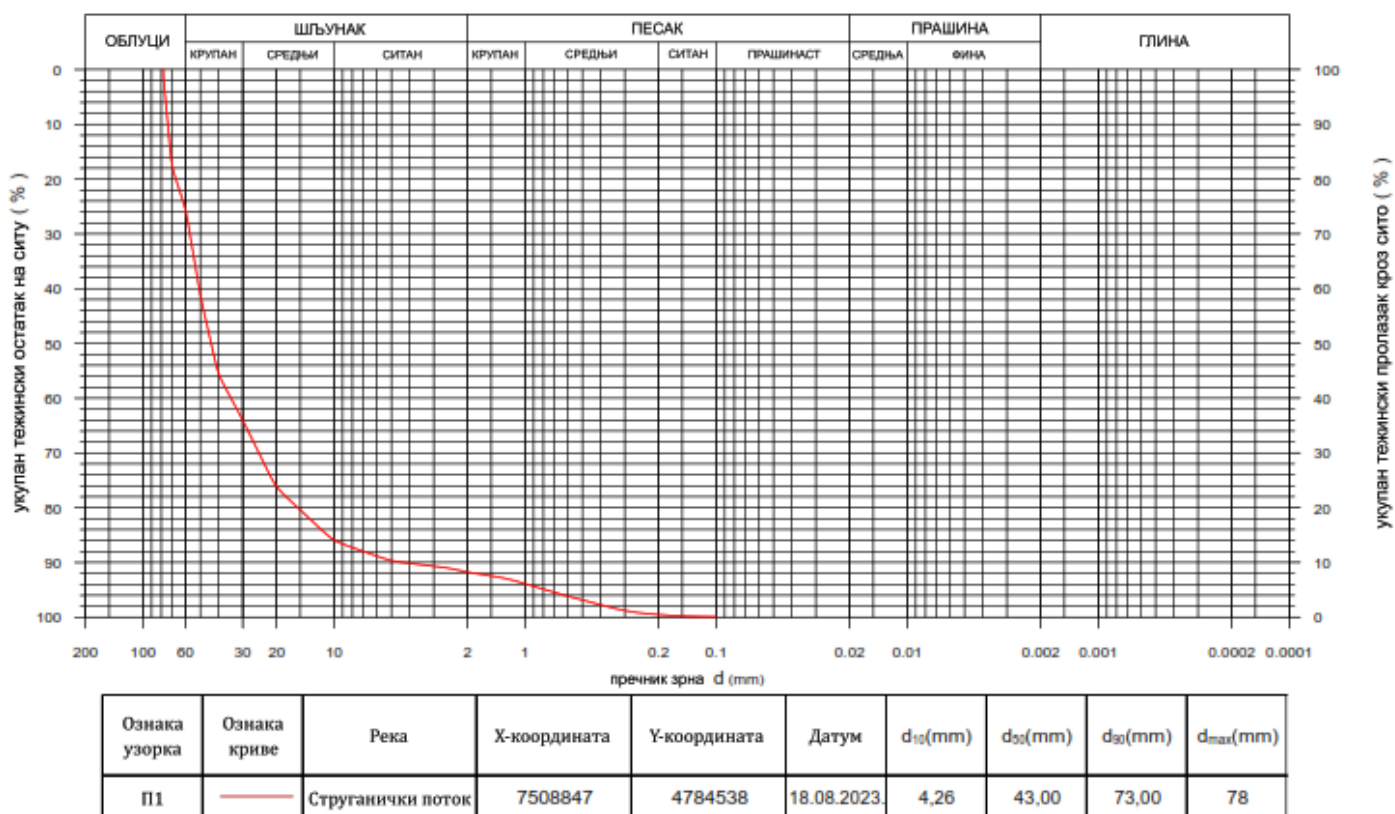
7.2.2 Анализа карактеристика гранулометријског састава наноса у заплавима

Лабораторијском анализом узорака наноса са заплава преграда урађене су гранулометријске криве за сваки узорак.



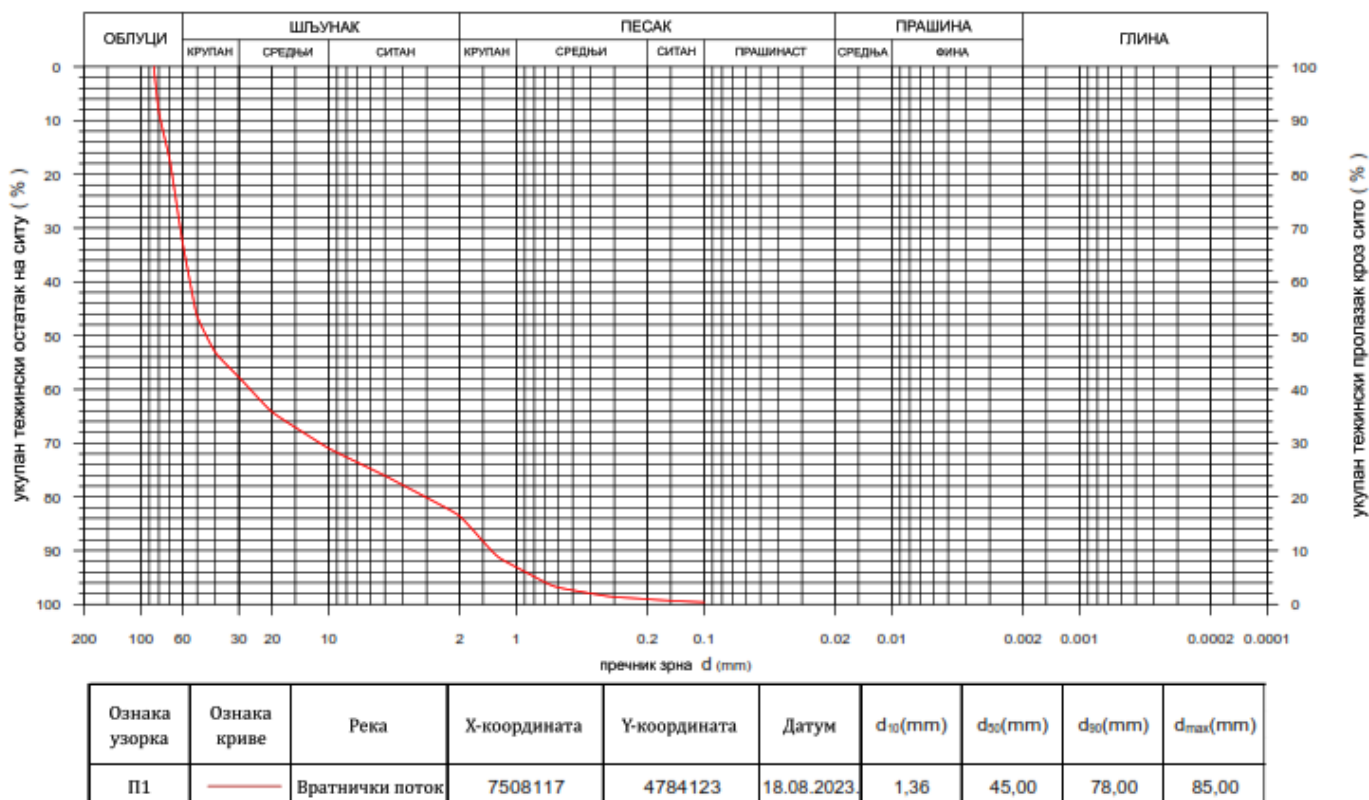
Графикон 7.17 Гранулометријска крива, Средњи поток преграда 1

Анализирани материјал узет са заплава преграде 1 у кориту Средњег потока (Средњи поток П1) је средњезрног састава (Графикон 7.17). Нанос из дна на овом делу чине облуци (9,66%), крупан шљунак (24,15%), средње (20,51%) до ситне фракције шљунка (33,87%), као и фракције крупног (6,26%), средњег (4,29%) до ситног песка (1,26%). Пречник зрна d_{50} је 12,0 mm, док је пречник зрна d_{90} 60,0 mm. Горња граница крупноће наноса је 62,0 mm.



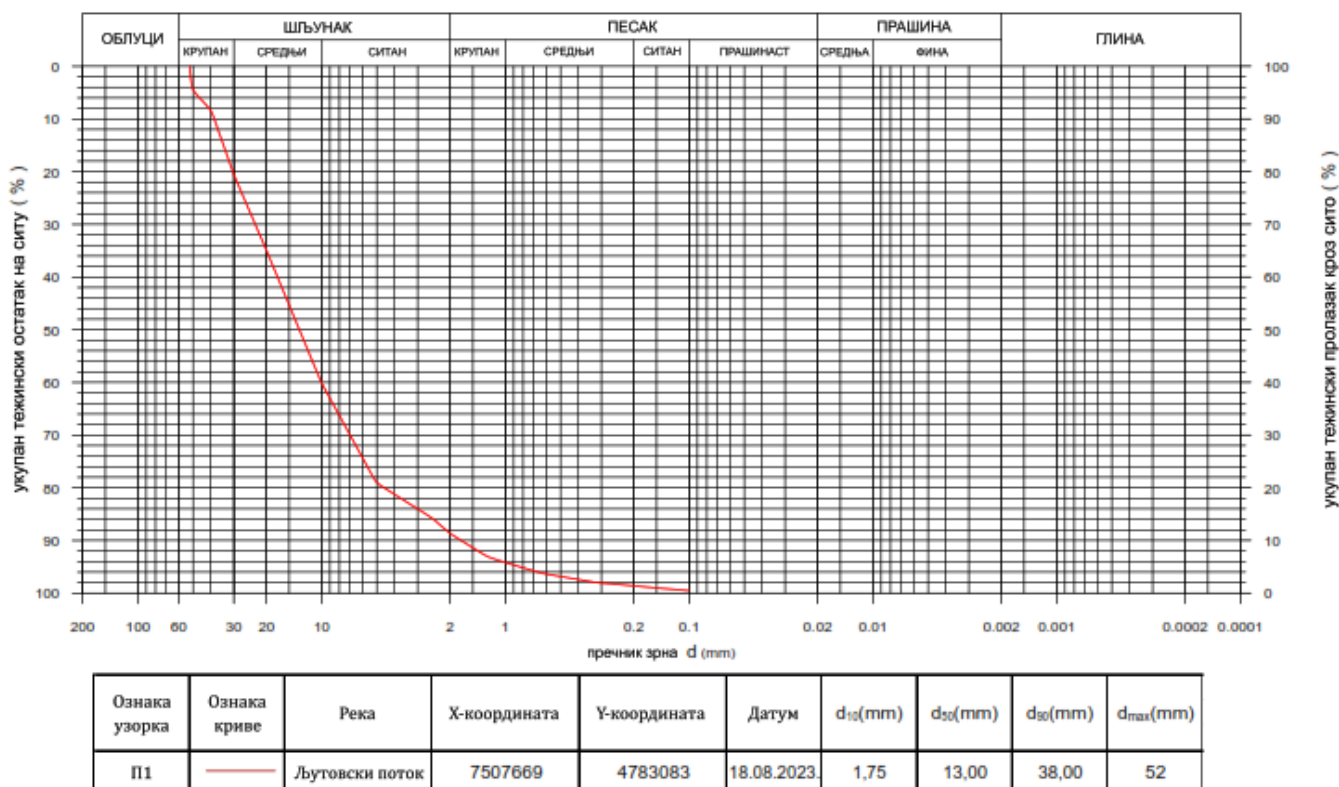
Графикон 7.18 Гранулометријска крива, Струганички поток преграда 1

Анализирани материјал узет са заплава преграде 1 у кориту Струганичког потока (Струганички поток П1) је крупнозрног састава (Графикон 7.18). Нанос из дна на овом делу чине облуци (25,51%), крупан шљунак (38,49%), средње (21,2%) до ситне фракције шљунка (5,87%), као и фракције крупног (2,15%), средњег (5,63%) до ситног песка (0,46%). Пречник зрна d_{50} је 43,0 mm, док је пречник зрна d_{90} 74,04 mm. Горња граница крупноће наноса је 78,0 mm.



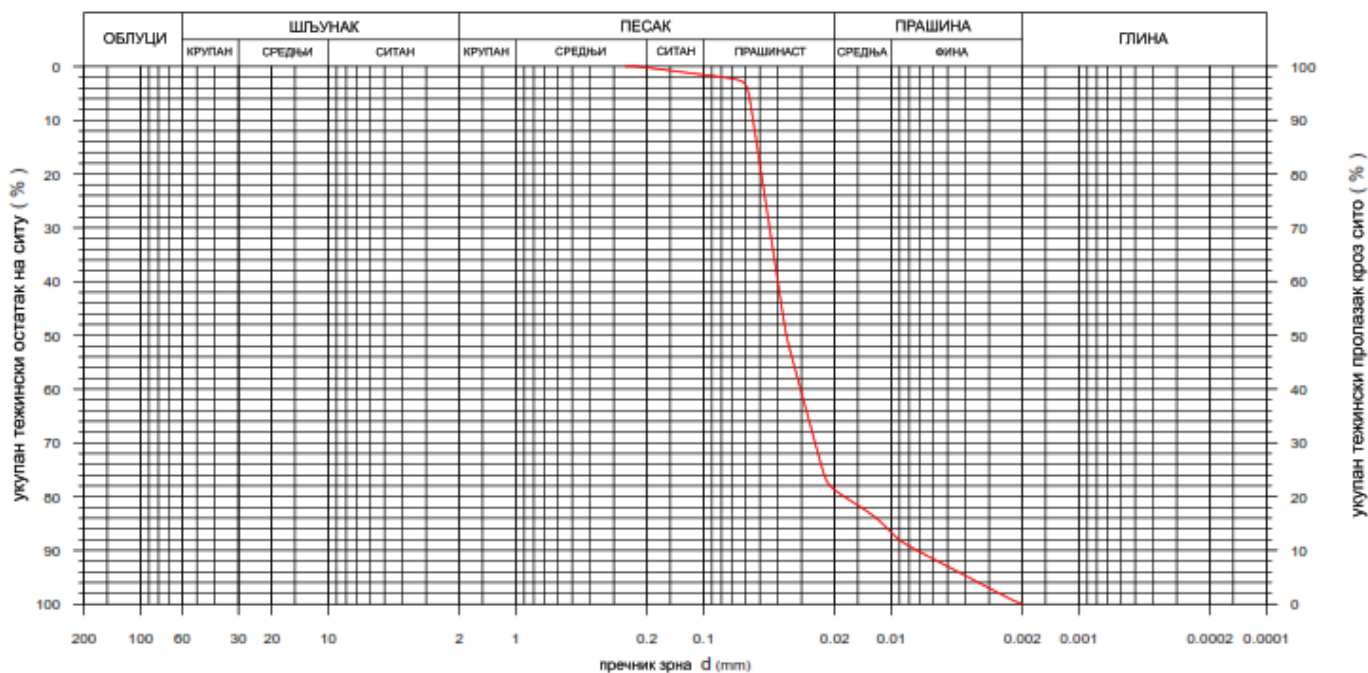
Графикон 7.19 Гранулометријска крива, Вратнички поток преграда 1

Анализирани материјал узет са заплава преграде 1 у кориту Вратничког потока (Вратнички поток П1) је крупнозрног састава (Графикон 7.19). Нанос из дна на овом делу чине облуци (32,41%), крупан шљунак (25,38%), средње (13,18%) до ситне фракције шљунка (12,67%), као и фракције крупног (9,45%), средњег (5,97%) до ситног песка (0,93%). Пречник зрна d_{50} је 45,0 mm, док је пречник зрна d_{90} 78,0 mm. Горња граница крупноће наноса је 85,0 mm.



Графикон 7.20 Гранулометријска крива, Љутовски поток преграда 1

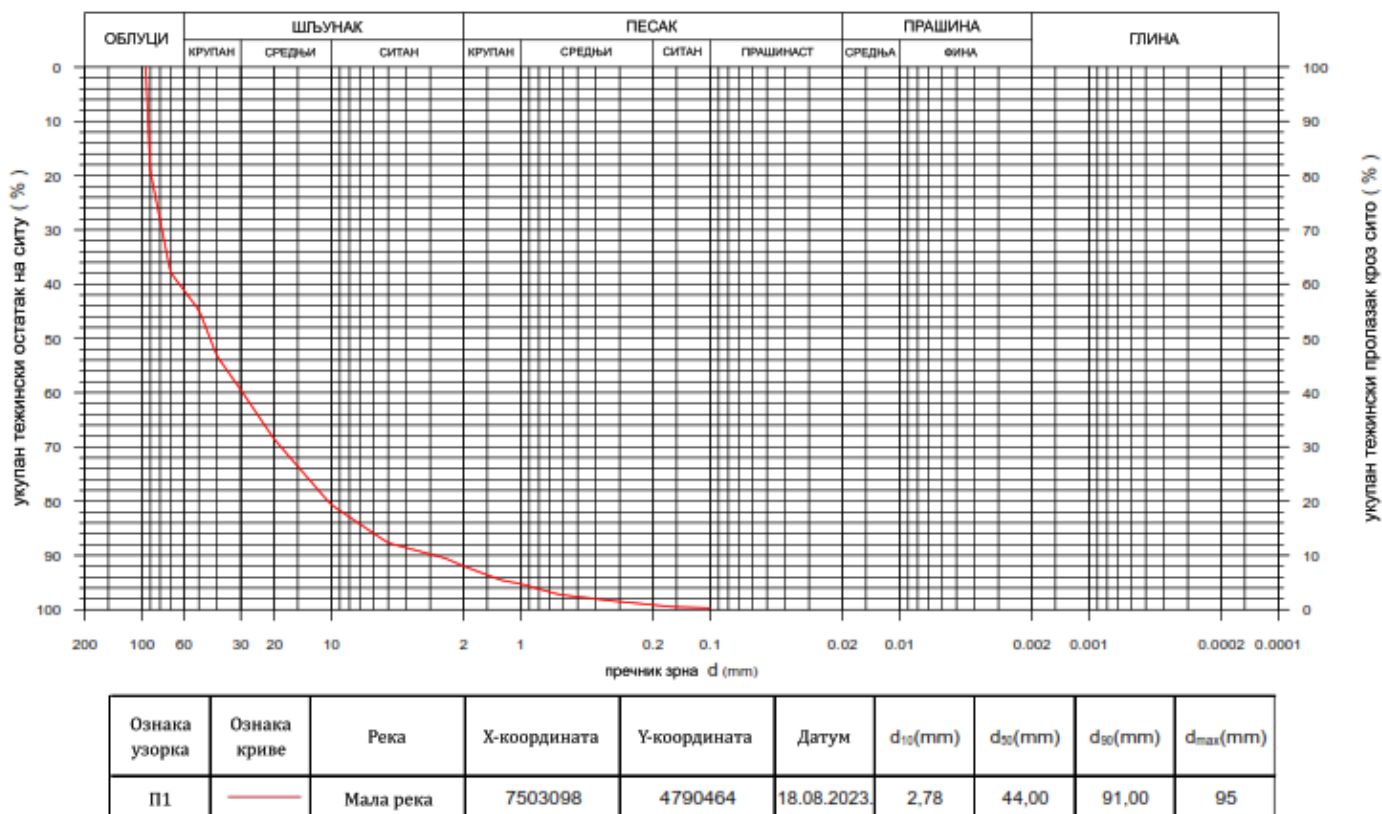
Анализирани материјал узет са заплава преграде 1 у кориту Љутовског потока (Љутовски поток П1) је средњезрног састава (Графикон 7.20). Нанос из дна на овом делу чине крупан шљунак (20,53%), средње (39,51%) до ситне фракције шљунка (28,62%), као и фракције крупног (5,55%), средњег (4,43%) до ситног песка (1,37%). Пречник зрна d₅₀ је 13,0 mm, док је пречник зрна d₉₀ 38,0 mm. Горња граница крупноће наноса је 52,0 mm.



Ознака узорка	Ознака криве	Река	X-координата	Y-координата	Датум	d_{10} (mm)	d_{30} (mm)	d_{50} (mm)	d_{max} (mm)
П1	—	Паваштички поток	7504792,674	4788367,208	18.08.2023.	0,01	0,04	0,05	0,26

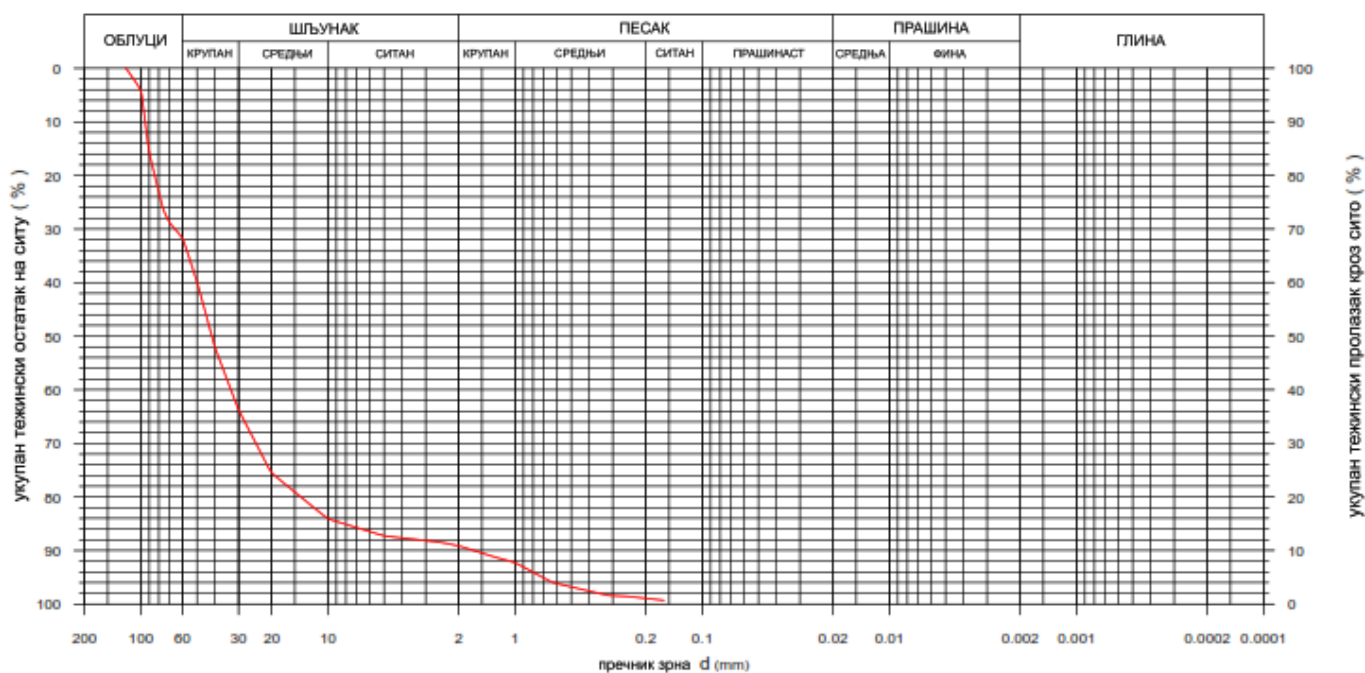
Графикон 7.21 Гранулометријска крива, Паваштички поток преграда 1

Према анализи материјала узетог са заплава преграда 1 у кориту Паваштичког потока (Паваштички поток П1) доминирају прашинаст песак (77,72%), средња (7,89%) и фина прашина (13,37%). Остатак чини ситан (1,29%) и средњи песак (0,24%). Пречник зрна d_{50} је 0,036 mm, док је пречник зрна d_{90} 0,05 mm. Горња граница крупноће наноса је 0,26 mm (Графикон 7.21).



Графикон 7.22 Гранулометријска крива, Мала река преграда 1

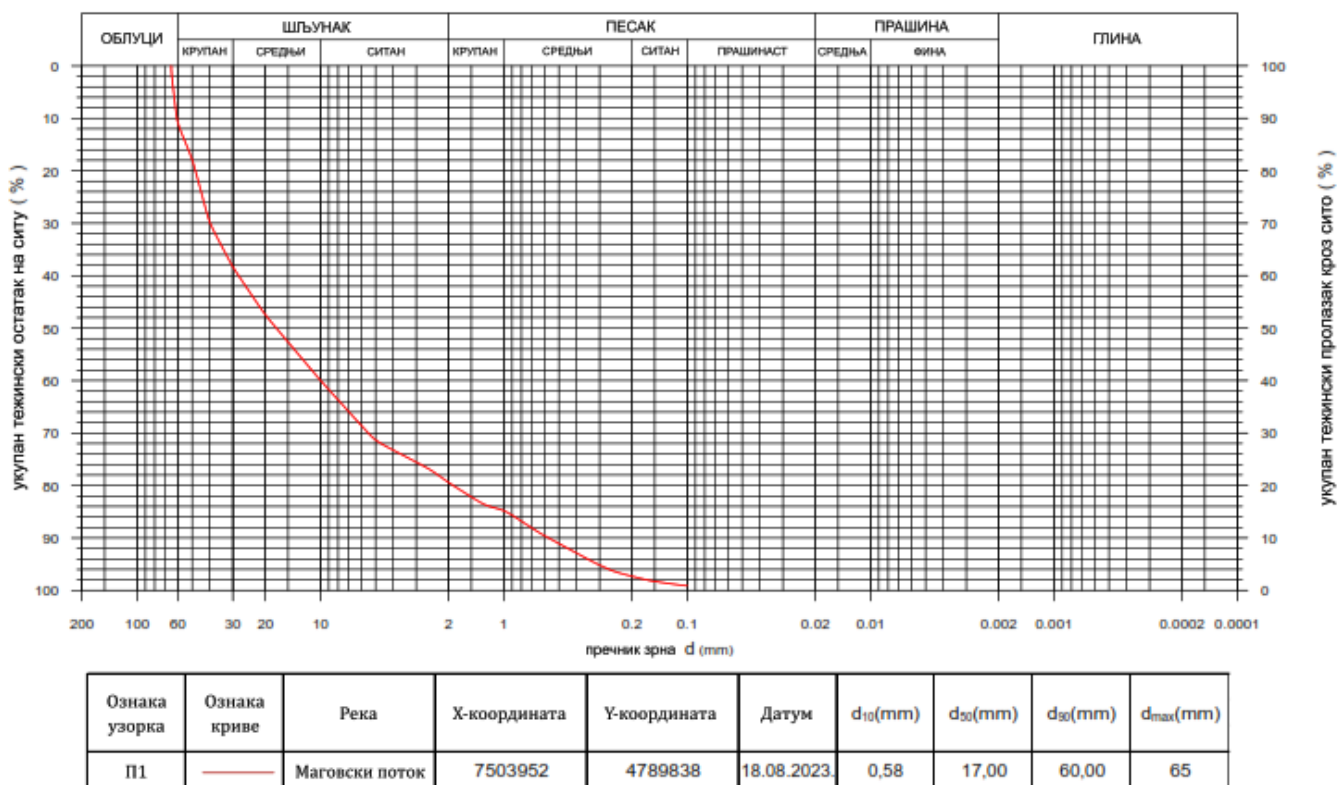
Анализирани материјал узет са заплава преграде 1 у кориту Мале реке (Мала река П1) је крупнозрног састава (Графикон 7.22). Нанос из дна на овом делу чине облаци (41,1%), крупан шљунак (18,42%), средње (21,07%) до ситне фракције шљунка (11,39%), као и фракције крупног (3,28%), средњег (3,89%) до ситног песка (0,86%). Пречник зрна d₅₀ је 44,0 mm, док је пречник зрна d₉₀ 91,0 mm. Горња граница крупноће наноса је 95,0 mm.



Ознака узорка	Ознака криве	Река	X-координата	Y-координата	Датум	d_{10} (mm)	d_{50} (mm)	d_{90} (mm)	d_{max} (mm)
П2	—	Мала река	7502573	4791535	18.08.2023.	1,65	42,00	94,00	120

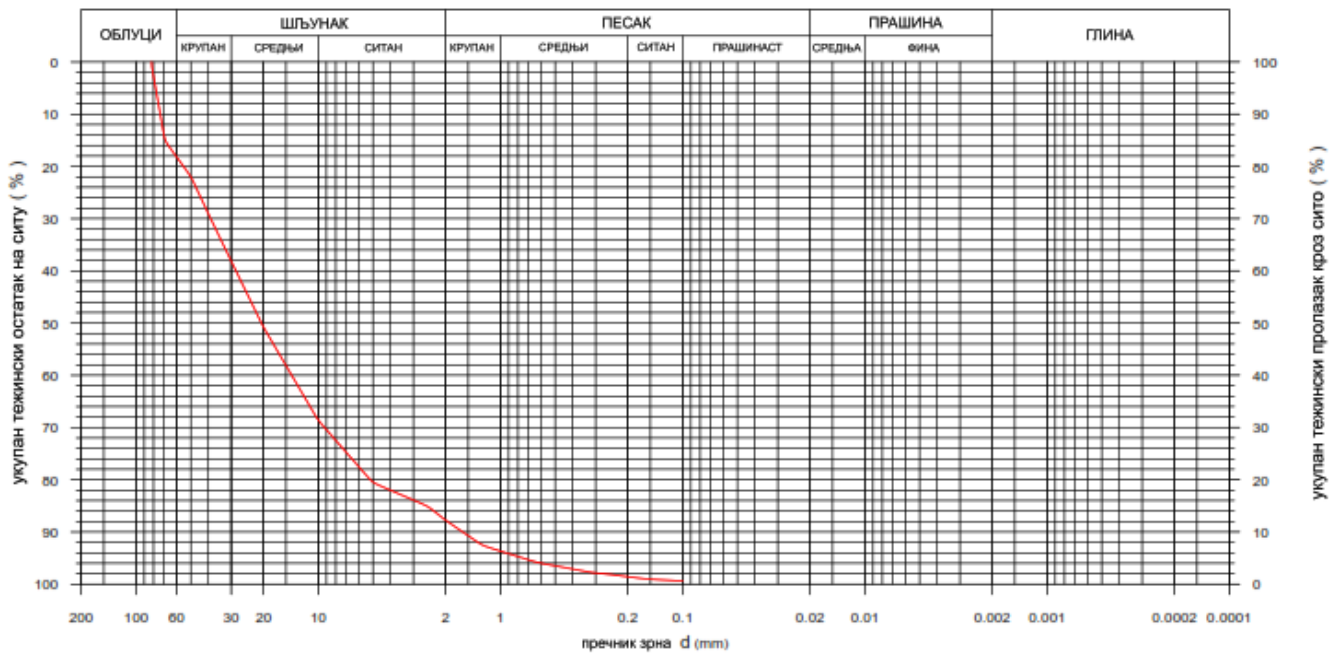
Графикон 7.23 Гранулометријска крива, Мала река преграда 2

Анализирани материјал узет са заплава преграде 2 у кориту Мале реке (Мала река П2) је крупнозрног састава (Графикон 7.23). Нанос из дна на овом делу чине облуци (31,74%), крупан шљунак (31,94%), средње (20,35%) до ситне фракције шљунка (5,15%), као и фракције крупног (3,12%), средњег (6,66%) до ситног песка (1,03%). Пречник зрна d_{50} је 42,0 mm, док је пречник зрна d_{90} 94,0 mm. Горња граница крупноће наноса је 120,0 mm.



Графикон 7.24 Гранулометријска крива, Маговски поток преграда 1

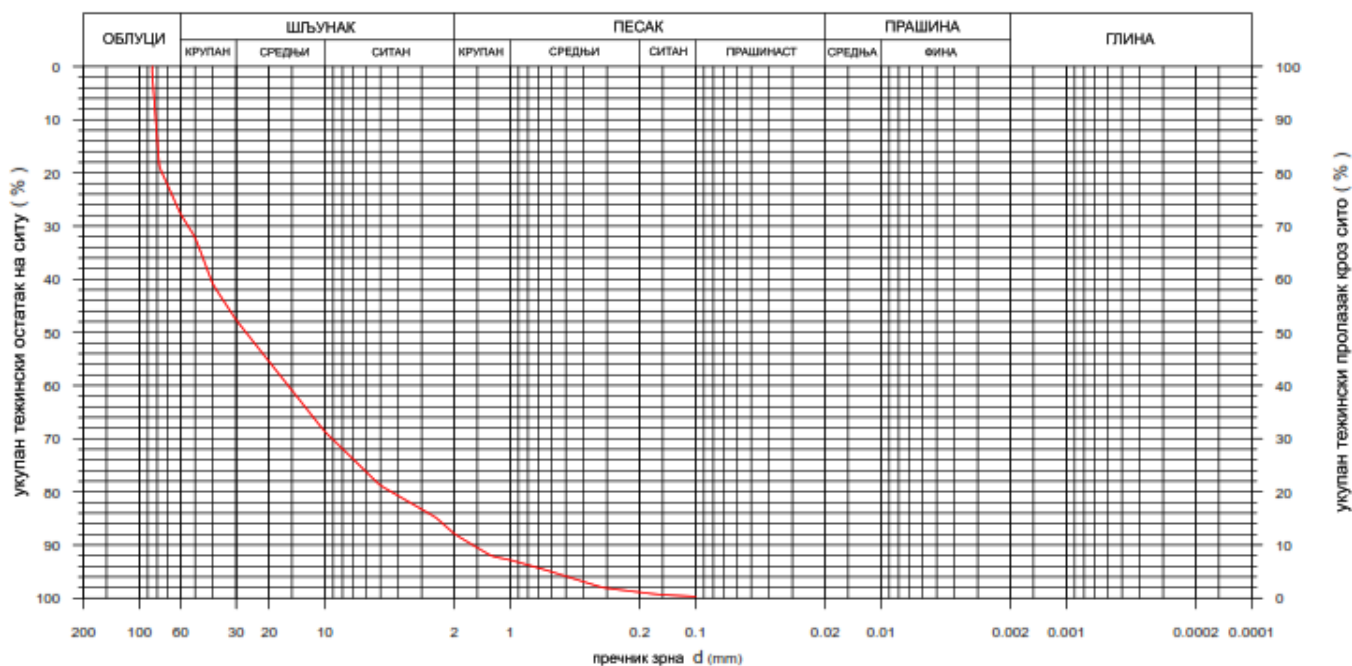
У саставу анализираниог материјала узетог са заплава преграда 1 у кориту Маговског потока (Маговски поток П1) доминирају фракције шљунка: крупан шљунак (27,6%), средње (21,64%) до ситне фракције шљунка (19,51%). Облуци су заступљени са 10,38%, као и фракције крупног (5,38%), средњег (12,52%) до ситног песка (2,67%). Пречник зрна d_{50} је 17,0 mm, док је пречник зрна d_{90} 60,0 mm. Горња граница крупноће наноса је 65,0 mm (Графикон 7.24).



Ознака узорка	Ознака криве	Река	X-координата	Y-координата	Датум	d_{10} (mm)	d_{50} (mm)	d_{90} (mm)	d_{max} (mm)
П2	—	Маговски поток	7503976	4789899	18.08.2023.	1,60	20,00	73,00	82,00

Графикон 7.25 Гранулометријска крива, Маговски поток преграда 2

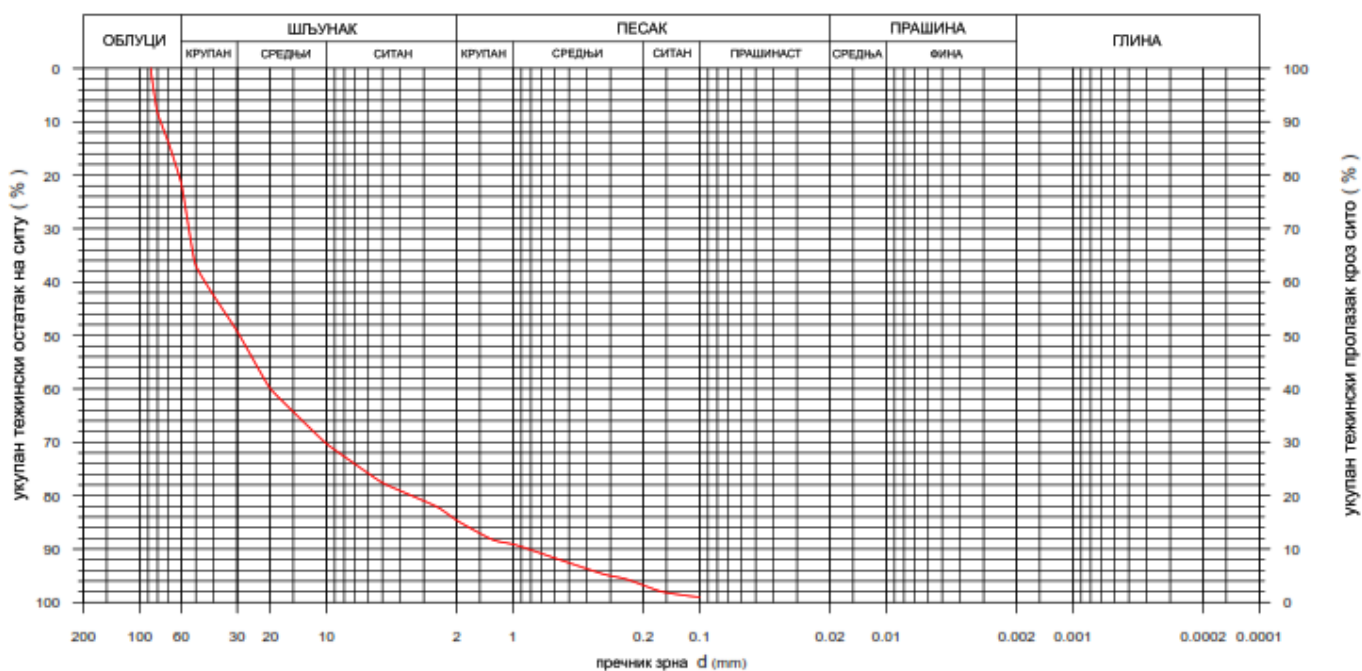
У саставу анализираниог материјала узетог са заплава преграда 2 у кориту Маговског потока (Маговски поток П2) доминирају фракције шљунка: крупан шљунак (20,03%), средње (30,39%) до ситне фракције шљунка (19,21%). Облуци су заступљени са 18,12%, као и фракције крупног (5,94%), средњег (4,9%) до ситног песка (1,41%). Пречник зрна d_{50} је 20,0 mm, док је пречник зрна d_{90} 73,0 mm. Горња граница крупноће наноса је 82,0 mm (Графикон 7.25).



Ознака узорка	Ознака криве	Река	X-координата	Y-координата	Датум	d_{10} (mm)	d_{50} (mm)	d_{90} (mm)	d_{max} (mm)
П1	—	Качаруша	7496253	4791332	18.08.2023.	1,58	26,00	82,00	85

Графикон 7.26 Гранулометријска крива, Качаруша преграда 1

Анализирани материјал узет са заплава преграде 1 у кориту Качаруша (Качаруша П1) је крупнозрног састава (Графикон 7.26). Нанос из дна на овом делу чине облуди (27,71%), крупан шљунак (19,96%), средње (20,97%) до ситне фракције шљунка (19,25%), као и фракције крупног (4,95%), средњег (6,06%) до ситног песка (1,1%). Пречник зрна d_{50} је 26,0 mm, док је пречник зрна d_{90} 82,0 mm. Горња граница крупноће наноса је 85,0 mm.



Ознака узорка	Ознака криве	Река	X-координата	Y-координата	Датум	d_{10} (mm)	d_{50} (mm)	d_{90} (mm)	d_{max} (mm)
П2	—	Качаруша	7496138	4791629	18.08.2023	0,82	29,00	77,00	87,00

Графикон 7.27 Гранулометријска крива, Качаруша преграда 2

Анализирани материјал узет са заплава преграде 2 у кориту Качаруша (Качаруша П2) је крупнозрног састава (Графикон 7.27). Нанос из дна на овом делу чине облуди (21,39%), крупан шљунак (27,86%), средње (21,0%) до ситне фракције шљунка (14,4%), као и фракције крупног (4,48%), средњег (7,68%) до ситног песка (3,19%). Пречник зрна d_{50} је 29,0 mm, док је пречник зрна d_{90} 77,0 mm. Горња граница крупноће наноса је 87,0 mm.

7.2.3 Анализа зависности формираних падова заплава од карактеристика гранулометријског састава наноса

Резултат гранулометријских анализа наноса су гранулометријске криве наноса, на основу којих су одређени карактеристични пречници наноса d_5 , d_{10} , d_{30} , d_{50} , d_{60} , d_{75} , d_{90} , d_{95} и $d_{97.5}$ потребни за израчунавање коефицијената неједнородности наноса (Табела 7.51).

Табела 7.51 Пречници наноса (mm)

Узорак	d_5	d_{10}	d_{30}	d_{50}	d_{60}	d_{75}	d_{90}	d_{95}	$d_{97.5}$
Средњи поток П1	0,90	1,72	5,57	12,00	20,00	43,21	60,00	61,22	61,78
Струганички поток П1	0,78	4,26	24,71	43,00	50,71	60,40	74,04	76,25	77,47
Вратнички поток П1	0,79	1,36	11,13	45,00	54,68	64,73	78,00	82,28	83,76
Љутовски поток П1	0,84	1,75	7,00	13,00	17,36	26,44	38,00	48,90	51,33
Паваштички поток П1	0,00	0,01	0,03	0,036	0,04	0,047	0,05	0,057	0,066
Мала река П1	1,10	2,78	18,46	44,00	63,45	83,43	91,00	93,88	94,57
Мала река П2	0,72	1,65	24,24	42,00	49,91	77,60	94,00	98,76	106,93
Маговски поток П1	0,31	0,58	5,50	17,00	27,93	43,88	60,00	63,14	64,30
Маговски поток П2	0,76	1,60	9,23	20,00	28,27	45,48	73,00	78,06	80,32
Качаруша П1	0,61	1,58	9,14	26,00	41,08	64,95	82,00	83,50	84,62
Качаруша П2	0,31	0,82	10,20	29,00	44,64	57,43	77,00	83,25	85,40

Одређене су зависности пада заплава и вредности крупноће зрна наноса при различитом процентуалном учешћу тежинских делова укупне масе наноса за све наведене карактеристичне пречнике: d_5 , d_{10} , d_{30} , d_{50} , d_{60} , d_{75} , d_{90} , d_{95} и $d_{97.5}$.

Табела 7.52 Линеарна регресија, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(d_5)$

		R	R ²	Кориговани R ²	Стандардна грешка	
1		0,189	0,036	-0,071	1,31593	
а. Предиктор: (конст.), d_5						
Коефицијенти ^а						
		Вредности	S_e	Beta	t	p
1	Конст.	2,399	0,936		2,563	0,031
	d_5	0,758	1,310	0,189	0,579	0,577
а. Зависна променљива: I_z						

Коефицијент корелације показује незнатну повезаност ($R=0,189$), о чему говори и податак о сигнификантности $p=0,577>0,05$, тако да се не може формирати одговарајућа регресиона зависност. Параметри су несигнификантни на датом нивоу значајности (0,05). Регресија се не прилагођава израчунатим емпиријским подацима и зато се одбацује (Табела 7.52).

Табела 7.53 Линеарна регресија, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(d_{10})$

	R	R ²	Кориговани R ²	Стандардна грешка		
1	0,065	0,004	-0,106	1,33740		
а. Предиктор: (конст.), d_{10}						
Коефицијенти ^а						
		Вредности	Se	Beta	t	p
1	Конст.	3,009	0,737		4,080	0,003
	d_{10}	-0,073	0,375	-0,065	-0,194	0,850
а. Зависна променљива: I_z						

Коефицијент корелације показује веома слабу повезаност ($R=0,065$), о чему говори и податак о сигнификантности $p=0,850>0,05$, тако да се не може формирати одговарајућа регресиона зависност. Параметри су несигнификантни на датом нивоу значајности (0,05). Регресија се не прилагођава израчунатим емпиријским подацима и зато се одбацује (Табела 7.53).

Табела 7.54 Линеарна регресија, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(d_{25})$

	R	R ²	Кориговани R ²	Стандардна грешка		
1	0,447	0,200	0,111	1,19874		
а. Предиктор: (конст.), d_{25}						
Коефицијенти ^а						
		Вредности	Se	Beta	t	p
1	Конст.	3,603	0,598		6,029	0,000
	d_{25}	-0,083	0,055	-0,447	-1,500	0,168
а. Зависна променљива: I_z						

Коефицијент корелације показује значајну повезаност ($R=0,447$), међутим како је $p=0,168>0,05$, променљива d_{25} не утиче статистички значајно на променљиву I_z и не може се креирати одговарајућа регресиона зависност (Табела 7.54).

Табела 7.55 Линеарна регресија, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(d_{30})$

	R	R ²	Кориговани R ²	Стандардна грешка		
1	0,481	0,232	0,146	1,17481		
а. Предиктор: (конст.), d_{30}						
Коефицијенти ^а						
		Вредности	Se	Beta	t	p
1	Конст.	3,773	0,643		5,867	0,000
	d_{30}	-0,078	0,047	-0,481	-1,647	0,134
а. Зависна променљива: I_z						

Коефицијент корелације показује значајну повезаност ($R=0,481$), међутим како је $p=0,134>0,05$, променљива d_{30} не утиче статистички значајно на променљиву I_z и не може се креирати одговарајућа регресиона зависност (Табела 7.55).

Табела 7.56 Линеарна регресија, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(d_{50})$

	R	R ²	Кориговани R ²	Стандардна грешка		
1	0,494	0,244	0,160	1,16529		
а. Предиктор: (конст.), d_{50}						
Коефицијенти ^а						
		Вредности	S _e	Beta	t	p
1	Конст.	3,963	0,722		5,492	0,000
	d_{50}	-0,041	0,024	-0,494	-1,704	0,123
а. Зависна променљива: I_z						

Коефицијент корелације показује значајну повезаност ($R=0,494$), међутим како је $p=0,123>0,05$, променљива d_{50} не утиче статистички значајно на променљиву I_z и не може се креирати одговарајућа регресиона зависност (Табела 7.56).

Табела 7.57 Линеарна регресија, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(d_{60})$

	R	R ²	Кориговани R ²	Стандардна грешка		
1	0,448	0,201	0,112	1,19828		
а. Предиктор: (конст.), d_{60}						
Коефицијенти ^а						
		Вредности	S _e	Beta	t	p
1	Конст.	3,970	0,805		4,932	0,001
	d_{60}	-0,030	0,020	-0,448	-1,503	0,167
а. Зависна променљива: I_z						

Коефицијент корелације показује значајну повезаност ($R=0,448$), међутим како је $p=0,167>0,05$, променљива d_{60} не утиче статистички значајно на променљиву I_z и не може се креирати одговарајућа регресиона зависност (Табела 7.57).

Табела 7.58 Линеарна регресија, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(d_{75})$

	R	R ²	Кориговани R ²	Стандардна грешка		
1	0,375	0,141	0,045	1,24217		
а. Предиктор: (конст.), d_{75}						
Коефицијенти ^а						
		Вредности	S _e	Beta	t	p
1	Конст.	3,929	0,934		4,206	0,002
	d_{75}	-0,020	0,017	-0,375	-1,215	0,255
а. Зависна променљива: I_z						

Коефицијент корелације показује лаку повезаност ($R=0,375$), међутим параметри су несигнификантни на датом нивоу значајности (0,05). Регресија се не прилагођава израчунатим емпиријским подацима и зато се одбацује (Табела 7.58).

Табела 7.59 Линеарна регресија, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(d_{90})$

	R	R ²	Кориговани R ²	Стандардна грешка		
1	0,234	0,055	-0,050	1,30311		
а. Предиктор: (конст.), d_{90}						
Коефицијенти ^а						
		Вредности	S _e	Beta	t	p
1	Конст.	3,618	1,085		3,334	0,009
	d_{90}	-0,011	0,015	-0,234	-0,721	0,489
а. Зависна променљива: I_z						

Коефицијент корелације показује лаку повезаност ($R=0,234$), међутим параметри су несигнификантни на датом нивоу значајности (0,05). Регресија се не прилагођава израчунатим емпиријским подацима и зато се одбацује (Табела 7.59).

Табела 7.60 Линеарна регресија, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(d_{95})$

	R	R ²	Кориговани R ²	Стандардна грешка		
1	0,174	0,030	-0,077	1,31976		
а. Предиктор: (конст.), d_{95}						
Коефицијенти ^а						
		Вредности	S _e	Beta	t	p
1	Конст.	3,455	1,140		3,032	0,014
	d_{95}	-0,008	0,015	-0,174	-0,530	0,609
а. Зависна променљива: I_z						

Коефицијент корелације показује незнатну повезаност ($R=0,174$), параметри су несигнификантни на датом нивоу значајности (0,05), тако да се не може формирати одговарајућа регресиона зависност. Регресија се не прилагођава израчунатим емпиријским подацима и зато се одбацује (Табела 7.60).

Табела 7.61 Линеарна регресија, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(d_{97.5})$

	R	R ²	Кориговани R ²	Стандардна грешка		
1	0,186	0,035	-0,073	1,31678		
а. Предиктор: (конст.), $d_{97.5}$						
Коефицијенти ^а						
		Вредности	S _e	Beta	t	p
1	Конст.	3,488	1,126		3,098	0,013
	$d_{97.5}$	-0,008	0,015	-0,186	-0,568	0,584
а. Зависна променљива: I_z						

Коефицијент корелације показује незнатну повезаност ($R=0,186$), параметри су несигнификантни на датом нивоу значајности (0,05), тако да се не може формирати одговарајућа регресиона зависност. Регресија се не прилагођава израчунатим емпиријским подацима и зато се одбацује (Табела 7.61).

7.2.4 Анализа зависности формираних падова заплава од коефицијената неједнородности наноса

Коефицијенти неједнородности су одређени на основу карактеристичних пречника зрна наноса добијених са гранулометријске криве (Табела 7.62).

Табела 7.62 Коефицијенти неједнородности наноса „Селова“

Узорак	Allen-Hazen U	Б. А. Мелентьев K _m	Г. Б. Докукин K _d	В. С. Кнороз K _k	Л. Б. Рухин S	Крумбеин S ₀
Средњи поток П1	11,63	34,88	5,15	68,02	3,13	0,32
Струганички поток П1	11,90	17,38	1,80	97,76	1,70	0,59
Вратнички поток П1	40,21	57,35	1,86	104,15	3,34	0,30
Љутовски поток П1	9,92	21,71	3,95	58,21	2,13	0,47
Паваштички поток П1	4,00	5,00	1,83	14,25	1,43	0,70
Мала река П1	22,82	32,73	2,15	85,35	2,45	0,41
Мала река П2	30,25	56,97	2,55	137,17	1,95	0,51
Маговски поток П1	48,16	103,45	3,78	203,68	3,69	0,27
Маговски поток П2	17,67	45,63	4,02	102,71	2,56	0,39
Качаруша П1	26,00	51,90	3,25	136,89	3,16	0,32
Качаруша П2	54,44	93,90	2,94	268,55	2,98	0,34

Од обрађених модела издваја се модел који представља зависност пада заплава од коефицијента неједнородности по Г. Б. Докукин-у.

Табела 7.63 Линеарна регресија, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(U)$

		R	R ²	Кориговани R ²	Стандардна грешка	
1		0,196	0,039	-0,068	1,31411	
а. Предиктор: (конст.), U						
Коефицијенти ^а						
		Вредности	S _e	Beta	t	p
1	Конст.	3,269	0,746		4,381	0,002
	U	-0,015	0,025	-0,196	-0,601	0,563
а. Зависна променљива: I _z						

Коефицијент корелације показује незнатну повезаност (R=0,196), параметар уз коефицијент неједнородности по Allen-Hazen-у (U) је несигнификантан на датом нивоу значајности (0,05), тако да се не може формирати одговарајућа регресиона зависност. Регресија се не прилагођава израчунатим емпиријским подацима и зато се одбацује (Табела 7.63).

Табела 7.64 Линеарна регресија, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(K_m)$

	R	R ²	Кориговани R ²	Стандардна грешка		
1	0,048	0,002	-0,109	1,33867		
а. Предиктор: (конст.), K_m						
Коефицијенти ^а						
		Вредности	S _e	Beta	t	p
1	Конст.	2,984	0,773		3,860	0,004
	K_m	-0,002	0,014	-0,048	-0,143	0,889
а. Зависна променљива: I_z						

Коефицијент корелације показује незнатну повезаност ($R=0,048$), параметар уз коефицијент неједнородности по Б. А. Мелентьев-у (K_m) је несигнификантан на датом нивоу значајности ($0,05$), тако да се не може формирати одговарајућа регресиона зависност. Регресија се не прилагођава израчунатим емпиријским подацима и зато се одбацује (Табела 7.64).

Табела 7.65 Линеарна регресија, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(K_d)$

	R	R ²	Кориговани R ²	Стандардна грешка		
1	0,772	0,595	0,550	0,85250		
а. Предиктор: (конст.), K_d						
Коефицијенти ^а						
		Вредности	S _e	Beta	t	p
1	Конст.	0,209	0,780		0,268	0,795
	K_d	0,886	0,243	0,772	3,639	0,005
а. Зависна променљива: I_z						

Коефицијент корелације показује високу повезаност ($R=0,772$), моделом је објашњено 59,5% варијација. Стандардне грешке оцене параметара и њихове t-статистике на датом нивоу значајности ($0,05$) показују да је параметар уз коефицијент неједнородности по Г. Б. Докукин-у довољно прецизно одређен, док је слободни параметар несигнификантан што значи да су код њега могућа одступања од израчунатих вредности (Табела 7.65).

Табела 7.66 Линеарна регресија, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(K_k)$

	R	R ²	Кориговани R ²	Стандардна грешка		
1	0,061	0,004	-0,107	1,33766		
а. Предиктор: (конст.), K_d						
Коефицијенти ^а						
		Вредности	S _e	Beta	t	p
1	Конст.	3,018	0,806		3,742	0,005
	K_d	-0,001	0,006	-0,061	-0,185	0,858
а. Зависна променљива: I_z						

Коефицијент корелације показује незнатну повезаност ($R=0,061$), параметар уз коефицијент неједнородности по В. С. Кнороз-у (K_k) је несигнификантан на датом нивоу значајности ($0,05$), тако да се не може формирати одговарајућа регресиона зависност. Регресија се не прилагођава израчунатим емпиријским подацима и зато се одбацује (Табела 7.66).

Табела 7.67 Линеарна регресија, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(S)$

	R	R ²	Кориговани R ²	Стандардна грешка		
1	0,261	0,068	-0,035	1,29359		
а. Предиктор: (конст.), S						
Коефицијенти ^а						
		Вредности	S _e	Beta	t	p
1	Конст.	1,708	1,505		1,134	0,286
	S	0,456	0,561	0,261	0,812	0,437
а. Зависна променљива: I _z						

Коефицијент корелације показује лаку повезаност ($R=0,261$), параметри су несигнификантни на датом нивоу значајности ($0,05$) тако да се не може формирати одговарајућа регресиона зависност. Регресија се не прилагођава израчунатим емпиријским подацима и зато се одбацује (Табела 7.67).

Табела 7.68 Линеарна регресија, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(S_0)$

	R	R ²	Кориговани R ²	Стандардна грешка		
1	0,334	0,112	0,013	1,26320		
а. Предиктор: (конст.), S ₀						
Коефицијенти ^а						
		Вредности	S _e	Beta	t	p
1	Конст.	4,211	1,300		3,239	0,010
	S ₀	-3,147	2,959	-0,334	-1,063	0,315
а. Зависна променљива: I _z						

Коефицијент корелације показује лаку повезаност ($R=0,261$), параметар уз коефицијент неједнородности по Крумбеин-у (S_0) је несигнификантан на датом нивоу значајности ($0,05$), тако да се не може формирати одговарајућа регресиона зависност. Регресија се не прилагођава израчунатим емпиријским подацима и зато се одбацује (Табела 7.68).

7.2.5 Анализа вишеструких модела

Формирањем сложених модела (вишеструка корелација) одређено је деловање више фактора истовремено, за разлику од простих модела који дају резултате у анализи појединачних утицаја појединих чинилаца. У свим анализираним вишеструким моделима присутан је природни пад корита уз комбинацију осталих фактора, при чему се водило рачуна да се не понављају односно да се не комбинују пречници зрна наноса са коефицијентима неједнородности наноса који садрже те исте пречнике, чиме се делимично избегла мултиколинеарност која се манифестује високим стандардним грешкама оцењених параметара. Извршена је анализа модела зависности пада заплава од два, три и четири параметра, као и модела са укљученим свим пречницима зрна наноса.

7.2.5.1 Зависност пада заплава од два фактора

Табела 7.69 Двострука корелација, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(I_t, d_5)$

Променљиве	Вредности	S_e	t	p
a_0	0,980	0,699	1,402	0,199
$a_1 - I_t$	0,261	0,069	3,811	0,005
$a_2 - d_5$	0,037	0,849	0,044	0,966
Статистички параметри				
назив	ознака	вредност		
Коефицијент корелације	R	0,811		
Коефицијент детерминације	R^2	0,658		
Кориговани коеф. детерминације	R^2_{cor}	0,572		
F (2,6)	F	7,680		
p<	p	0,014		
Стандардна грешка	S_e	0,83187		
$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2$	$I_z = 0,261I_t + 0,037d_5 + 0,98$			

Утицај пада корита (I_t) и крупноће зрна наноса при 5% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса (d_5) на пад заплава представљен је моделом којим је објашњено 65,8% варијација ($R^2=0,658$). Коефицијент корелације показује високу повезаност ($R=0,811$), међутим на датом нивоу значајности (0,05) слободни параметар и параметар уз пречник зрна наноса су несигнификантни, односно да су могућа одступања од израчунатих вредности (Табела 7.69).

Табела 7.70 Двострука корелација, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(I_t, d_{10})$

Променљиве	Вредности	S_e	t	p
a_0	1,168	0,647	1,805	0,109
$a_1 - I_t$	0,263	0,066	3,986	0,004
$a_2 - d_{10}$	-0,107	0,230	-0,467	0,653
Статистички параметри				
назив	ознака	вредност		
Коефицијент корелације	R	0,816		
Коефицијент детерминације	R^2	0,667		
Кориговани коеф. детерминације	R^2_{cor}	0,583		
F (2,6)	F	7,995		
p<	p	0,012		
Стандардна грешка	S_e	0,82087		
$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2$	$I_z = 0,263I_t - 0,107d_{10} + 1,168$			

Добијеним моделом зависности пада заплава од пада корита (I_t) и крупноће зрна наноса при 10% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса (d_{10}) је објашњено 66,7% варијација ($R^2=0,667$). Коефицијент корелације показује високу повезаност ($R=0,816$). Стандардне грешке оцене параметара и њихове t-статистике на датом нивоу значајности (0,05) показују да је параметар уз пад корита довољно прецизно одређен, док су слободни параметар и параметар уз пречник зрна наноса су несигнификантни (Табела 7.70).

Табела 7.71 Двострука корелација, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(I_t, d_{25})$

Променљиве	Вредности	S_e	t	p
a_0	1,508	0,690	2,186	0,060
$a_1 - I_t$	0,240	0,065	3,668	0,006
$a_2 - d_{25}$	-0,041	0,038	-1,059	0,308
Статистички параметри				
назив	ознака	вредност		
Коефицијент корелације	R	0,838		
Коефицијент детерминације	R^2	0,702		
Кориговани коеф. детерминације	R^2_{cor}	0,627		
F (2,6)	F	9,409		
p<	p	0,008		
Стандардна грешка	S_e	0,77638		
$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2$	$I_z = 0,240I_t - 0,041d_{25} + 1,508$			

Моделом зависности пада заплава од пада корита (I_t) и крупноће зрна наноса при 25% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса (d_{25}) је објашњено 70% варијација ($R^2=0,702$). Коефицијент корелације показује високу повезаност ($R=0,838$). Стандардне грешке оцене параметара и њихове t-статистике на датом нивоу значајности (0,05) показују да је параметар уз пад корита довољно прецизно одређен, док су слободни параметар и параметар уз пречник зрна наноса несигнификантни (Табела 7.71).

Табела 7.72 Двострука корелација, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(I_t, d_{30})$

Променљиве	Вредности	S_e	t	p
a_0	1,626	0,726	2,241	0,055
$a_1 - I_t$	0,236	0,065	3,625	0,007
$a_2 - d_{30}$	-0,039	0,033	-1,194	0,267
Статистички параметри				
назив	ознака	вредност		
Коефицијент корелације	R	0,842		
Коефицијент детерминације	R^2	0,709		
Кориговани коеф. детерминације	R^2_{cor}	0,637		
F (2,6)	F	9,758		
p<	p	0,007		
Стандардна грешка	S_e	0,76648		
$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2$	$I_z = 0,236I_t - 0,039d_{30} + 1,626$			

Моделом зависности пада заплава од пада корита (I_t) и крупноће зрна наноса при 30% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса (d_{30}) је објашњено 70% варијација ($R^2=0,709$). Коефицијент корелације показује високу повезаност ($R=0,842$). Стандардне грешке оцене параметара и њихове t-статистике на датом нивоу значајности (0,05) показују да је параметар уз пад корита довољно прецизно одређен, док су слободни параметар и параметар уз пречник зрна наноса несигнификантни (Табела 7.72).

Табела 7.73 Двострука корелација, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(I_t, d_{50})$

Променљиве	Вредности	S_e	t	p
a_0	1,680	0,812	2,069	0,072
$a_1 - I_t$	0,235	0,067	3,494	0,008
$a_2 - d_{50}$	-0,018	0,017	-1,075	0,314
Статистички параметри				
назив	ознака	вредност		
Коефицијент корелације	R	0,837		
Коефицијент детерминације	R^2	0,701		
Кориговани коеф. детерминације	R^2_{cor}	0,626		
F (2,6)	F	9,365		
p<	p	0,008		
Стандардна грешка	S_e	0,77766		
$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2$	$I_z = 0,235I_t - 0,018d_{50} + 1,68$			

Утицај пада корита (I_t) и крупноће зрна наноса при 50% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса (d_{50}) на пад заплава представљен је моделом којим је објашњено 65,8% варијација ($R^2=0,701$). Коефицијент корелације показује високу повезаност ($R=0,837$). Стандардне грешке оцене параметара и њихове t-статистике на датом нивоу значајности (0,05) показују да је параметар уз пад корита довољно прецизно одређен, док су слободни параметар и параметар уз пречник зрна наноса су несигнификантни (Табела 7.73).

Табела 7.74 Двострука корелација, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(I_t, d_{60})$

Променљиве	Вредности	S_e	t	p
a_0	1,644	0,836	1,967	0,085
$a_1 - I_t$	0,240	0,067	3,592	0,007
$a_2 - d_{60}$	-0,014	0,014	-0,978	0,357
Статистички параметри				
назив	ознака	вредност		
Коефицијент корелације	R	0,833		
Коефицијент детерминације	R^2	0,694		
Кориговани коеф. детерминације	R^2_{cor}	0,618		
F (2,6)	F	9,073		
p<	p	0,009		
Стандардна грешка	S_e	0,78630		
$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2$	$I_z = 0,24I_t - 0,014d_{60} + 1,644$			

Утицај пада корита (I_t) и крупноће зрна наноса при 60% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса (d_{60}) на пад заплава представљен је моделом којим је објашњено 69,4% варијација ($R^2=0,694$). Коефицијент корелације показује високу повезаност ($R=0,833$). Стандардне грешке оцене параметара и њихове t-статистике на датом нивоу значајности (0,05) показују да је параметар уз пад корита довољно прецизно одређен, док су слободни параметар и параметар уз пречник зрна наноса су несигнификантни (Табела 7.74).

Табела 7.75 Двострука корелација, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(I_t, d_{75})$

Променљиве	Вредности	S_e	t	p
a_0	1,631	0,850	1,918	0,091
$a_1 - I_t$	0,247	0,065	3,776	0,005
$a_2 - d_{75}$	-0,010	0,011	-0,935	0,377
Статистички параметри				
назив	ознака	вредност		
Коефицијент корелације	R	0,831		
Коефицијент детерминације	R^2	0,691		
Кориговани коеф. детерминације	R^2_{cor}	0,614		
F (2,6)	F	8,954		
p<	p	0,009		
Стандардна грешка	S_e	0,78991		
$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2$	$I_z = 0,247I_t - 0,01d_{75} + 1,631$			

Моделом зависности пада заплава од пада корита (I_t) и крупноће зрна наноса при 75% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса (d_{75}) је објашњено 69% варијација ($R^2=0,691$). Коефицијент корелације показује високу повезаност ($R=0,831$). Стандардне грешке оцене параметара и њихове t-статистике на датом нивоу значајности (0,05) показују да је параметар уз пад корита довољно прецизно одређен, док су слободни параметар и параметар уз пречник зрна наноса несигнификантни (Табела 7.75).

Табела 7.76 Двострука корелација, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(I_t, d_{90})$

Променљиве	Вредности	S_e	t	p
a_0	1,628	0,814	2,000	0,081
$a_1 - I_t$	0,259	0,063	4,100	0,003
$a_2 - d_{90}$	-0,009	0,009	-0,995	0,349
Статистички параметри				
назив	ознака	вредност		
Коефицијент корелације	R	0,834		
Коефицијент детерминације	R^2	0,695		
Кориговани коеф.	R^2_{cor}	0,619		
F (2,6)	F	9,122		
p<	p	0,009		
Стандардна грешка	S_e	0,78483		
$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2$	$I_z = 0,259I_t - 0,009d_{90} + 1,628$			

Моделом зависности пада заплава од пада корита (I_t) и крупноће зрна наноса при 90% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса (d_{90}) је објашњено 69,5% варијација ($R^2=0,695$). Коефицијент корелације показује високу повезаност ($R=0,834$). Стандардне грешке оцене параметара и њихове t-статистике на датом нивоу значајности (0,05) показују да је параметар уз пад корита довољно прецизно одређен, док су слободни параметар и параметар уз пречник зрна наноса несигнификантни (Табела 7.76).

Табела 7.77 Двострука корелација, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(I_t, d_{95})$

Променљиве	Вредности	S_e	t	p
a_0	1,529	0,838	1,825	0,106
$a_1 - I_t$	0,261	0,064	4,062	0,004
$a_2 - d_{95}$	-0,007	0,009	-0,809	0,442
Статистички параметри				
назив	ознака	вредност		
Коефицијент корелације	R	0,827		
Коефицијент детерминације	R^2	0,683		
Кориговани коеф.	R^2_{cor}	0,604		
F (2,6)	F	8,632		
p<	p	0,010		
Стандардна грешка	S_e	0,7999		
$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2$	$I_z = 0,261I_t - 0,007d_{95} + 1,529$			

Утицај пада корита (I_t) и крупноће зрна наноса при 95% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса (d_{95}) на пад запава представљен је моделом којим је објашњено 68,3% варијација ($R^2=0,683$). Коефицијент корелације показује високу повезаност ($R=0,827$). Стандардне грешке оцене параметара и њихове t-статистике на датом нивоу значајности (0,05) показују да је параметар уз пад корита довољно прецизно одређен, док су слободни параметар и параметар уз пречник зрна наноса су несигнификантни (Табела 7.77).

Табела 7.78 Двострука корелација, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(I_t, d_{97,5})$

Променљиве	Вредности	S_e	t	p
a_0	1,525	0,839	1,817	0,107
$a_1 - I_t$	0,260	0,064	4,044	0,004
$a_2 - d_{97,5}$	-0,007	0,009	-0,801	0,446
Статистички параметри				
назив	ознака	вредност		
Коефицијент корелације	R	0,826		
Коефицијент детерминације	R^2	0,683		
Кориговани коеф.	R^2_{cor}	0,604		
F (2,6)	F	8,615		
p<	p	0,010		
Стандардна грешка	S_e	0,80045		
$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2$	$I_z = 0,26I_t - 0,007d_{97,5} + 1,525$			

Добијеним моделом зависности пада запава од пада корита (I_t) и крупноће зрна наноса при 97,5% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса ($d_{97,5}$) је објашњено 68,3% варијација ($R^2=0,683$). Коефицијент корелације показује високу повезаност ($R=0,826$). Стандардне грешке оцене параметара и њихове t-статистике на датом нивоу значајности (0,05) показују да је параметар уз пад корита довољно прецизно одређен, док су слободни параметар и параметар уз пречник зрна наноса несигнификантни (Табела 7.78).

У наставку је приказан утицај природног пада корита и коефицијената неједнородности на пад запава.

Табела 7.79 Двострука корелација, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(I_t, U)$

Променљиве	Вредности	S_e	t	p
a_0	1,243	0,695	1,788	0,112
$a_1 - I_t$	0,258	0,066	3,911	0,004
$a_2 - U$	-0,009	0,016	-0,547	0,599
Статистички параметри				
назив	ознака	вредност		
Коефицијент корелације	R	0,818		
Коефицијент детерминације	R^2	0,670		
Кориговани коеф. детерминације	R^2_{cor}	0,587		
F (2,6)	F	8,115		
p<	p	0,012		
Стандардна грешка	S_e	0,81681		
$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2$	$I_z = 0,258I_t - 0,009U + 1,243$			

Добијеним моделом објашњено је 67% варијација. Коефицијент корелације показује високу повезаност. Стандардне грешке оцене параметара и њихове t-статистике на датом нивоу значајности (0,05) показују да је параметар уз пад корита довољно прецизно одређен, док су слободни параметар и параметар уз коефицијент неједнородности наноса по Allen-Hazen-у несигнификантни (Табела 7.79).

Табела 7.80 Двострука корелација, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(I_t, K_m)$

Променљиве	Вредности	S_e	t	p
a_0	1,210	0,644	1,880	0,097
$a_1 - I_t$	0,265	0,066	4,037	0,004
$a_2 - K_m$	-0,005	0,009	-0,584	0,575
Статистички параметри				
назив	ознака	вредност		
Коефицијент корелације	R	0,819		
Коефицијент детерминације	R^2	0,671		
Кориговани коеф. детерминације	R^2_{cor}	0,589		
F (2,6)	F	8,175		
p<	p	0,012		
Стандардна грешка	S_e	0,81477		
$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2$	$I_z = 0,265I_t - 0,005K_m + 1,21$			

Утицај пада корита (I_t) и коефицијента неједнородности по Б. А. Мелентьев-у (K_m) на пад заплата представљен је моделом којим је објашњено 67,1% варијација ($R^2=0,671$). Коефицијент корелације показује високу повезаност ($R=0,819$). Стандардне грешке оцене параметара и њихове t-статистике на датом нивоу значајности (0,05) показују да је параметар уз пад корита довољно прецизно одређен, док су слободни параметар и параметар уз пречник зрна наноса несигнификантни (Табела 7.80).

Табела 7.81 Двострука корелација, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(I_t, K_d)$

Променљиве	Вредности	S_e	t	p
a_0	0,439	0,724	0,607	0,561
$a_1 - I_t$	0,173	0,103	1,686	0,130
$a_2 - K_d$	0,397	0,365	1,086	0,309
Статистички параметри				
назив	ознака	вредност		
Коефицијент корелације	R	0,838		
Коефицијент детерминације	R^2	0,701		
Кориговани коеф. детерминације	R^2_{cor}	0,627		
F (2,6)	F	9,400		
p<	p	0,008		
Стандардна грешка	S_e	0,77664		
$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2$	$I_z = 0,173I_t + 0,397K_d + 0,439$			

Утицај пада корита (I_t) и коефицијента неједнородности по Г. Б. Докукин-у (K_d) на пад заплава представљен је моделом којим је објашњено 70,1% варијација ($R^2=0,701$). Коефицијент корелације показује високу повезаност ($R=0,838$). Стандардне грешке оцене параметара и њихове t-статистике на датом нивоу значајности (0,05) показују да су параметри несигнификантни (Табела 7.81).

Табела 7.82 Двострука корелација, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(I_t, K_k)$

Променљиве	Вредности	S_e	t	p
a_0	1,209	0,669	1,808	0,108
$a_1 - I_t$	0,264	0,066	4,008	0,004
$a_2 - K_k$	-0,002	0,004	-0,523	0,615
Статистички параметри				
назив	ознака	вредност		
Коефицијент корелације	R	0,818		
Коефицијент детерминације	R^2	0,669		
Кориговани коеф. детерминације	R^2_{cor}	0,586		
F (2,6)	F	8,077		
p<	p	0,012		
Стандардна грешка	S_e	0,81809		
$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2$	$I_z = 0,264I_t - 0,002K_d + 1,209$			

Утицај пада корита (I_t) и коефицијента неједнородности по В. С. Кнороз-у (K_k) на пад заплава представљен је моделом којим је објашњено 66.9% варијација ($R^2=0,669$). Коефицијент корелације показује високу повезаност ($R=0,818$). Стандардне грешке оцене параметара и њихове t-статистике на датом нивоу значајности (0,05) показују да је параметар уз пад корита довољно прецизно одређен, док су слободни параметар и параметар уз пречник зрна наноса несигнификантни (Табела 7.82).

Табела 7.83 Двострука корелација, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(I_t, S)$

Променљиве	Вредности	S_e	t	p
a_0	0,979	0,988	0,991	0,351
$a_1 - I_t$	0,261	0,070	3,709	0,006
$a_2 - S$	0,009	0,380	0,025	0,981
Статистички параметри				
назив	ознака	вредност		
Коефицијент корелације	R	0,811		
Коефицијент детерминације	R^2	0,657		
Кориговани коеф. детерминације	R^2_{cor}	0,572		
F (2,6)	F	7,678		
p<	p	0,014		
Стандардна грешка	S_e	0,83193		
$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2$	$I_z = 0,261I_t + 0,009S + 0,979$			

Утицај пада корита (I_t) и коефицијента неједнородности по Л. Б. Рухин-у (S) на пад заплава представљен је моделом којим је објашњено 65,7% варијација ($R^2=0,657$). Коефицијент корелације показује високу повезаност ($R=0,811$). Стандардне грешке оцене параметара и њихове t-статистике на датом нивоу значајности (0,05) показују да је параметар уз пад корита довољно прецизно одређен, док су слободни параметар и параметар уз пречник зрна наноса несигнификантни (Табела 7.83).

Табела 7.84 Двострука корелација, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(I_t, S_0)$

Променљиве	Вредности	S_e	t	p
a_0	1,109	1,219	0,910	0,389
$a_1 - I_t$	0,259	0,073	3,574	0,007
$a_2 - S_0$	-0,213	2,114	-0,101	0,922
Статистички параметри				
назив	ознака	вредност		
Коефицијент корелације	R	0,811		
Коефицијент детерминације	R^2	0,658		
Кориговани коеф.	R^2_{cor}	0,572		
F (2,6)	F	7,692		
p<	p	0,014		
Стандардна грешка	S_e	0,83144		
$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2$	$I_z = 0,259I_t - 0,213S_0 + 1,109$			

Утицај пада корита (I_t) и коефицијента неједнородности по Крумбеин-у (S_0) на пад заплава представљен је моделом којим је објашњено 65,8% варијација ($R^2=0,658$). Коефицијент корелације показује високу повезаност ($R=0,811$). Стандардне грешке оцене параметара и њихове t-статистике на датом нивоу значајности (0,05) показују да је параметар уз пад корита довољно прецизно одређен, док су слободни параметар и параметар уз пречник зрна наноса несигнификантни (Табела 7.84).

7.2.5.2 Зависност пада заплава од три фактора

Анализа зависности пада заплава извршена је за већи број комбинација пада корита, крупноће зрна наноса при 5 до 97,5% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса ($d_5 - d_{97,5}$) и сваког коефицијента неједнородности. У наставку су приказани модели који у својој категорији најбоље детерминишу пад заплава.

Табела 7.85 Трострука корелација, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(I_t, d_5, d_{25})$

Променљиве	Вредности	S_e	t	p
a_0	1,367	0,717	1,907	0,098
$a_1 - I_t$	0,210	0,075	2,819	0,026
$a_2 - d_5$	0,903	1,015	0,890	0,403
$a_3 - d_{25}$	-0,067	0,048	-1,395	0,206
Статистички параметри				
назив	ознака	вредност		
Коефицијент корелације	R	0,856		
Коефицијент детерминације	R^2	0,732		
Кориговани коеф. детерминације	R^2_{cor}	0,617		
F (3,7)	F	6,374		
p<	p	0,021		
Стандардна грешка	S_e	0,78668		
$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3$	$I_z = 0,210I_t + 0,903d_5 - 0,067 d_{25} + 1,367$			

Утицај пада корита (I_t) и крупноће зрна наноса при 5% и 25% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса (d_5 и d_{25}) на пад заплава представљен је моделом којим је објашњено 73,2% варијација ($R^2=0,732$). Коефицијент корелације показује високу повезаност ($R=0,856$). Стандардне грешке оцене параметара и њихове t-статистике на датом нивоу значајности (0,05) показују да је параметар уз пад корита довољно прецизно одређен, док су слободни параметар и параметри уз пречнике зрна наноса несигнификантни (Табела 7.85).

Табела 7.86 Трострука корелација, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(I_t, d_{10}, d_{50})$

Променљиве	Вредности	S_e	t	p
a_0	1,717	0,871	1,971	0,089
$a_1 - I_t$	0,227	0,077	2,959	0,021
$a_2 - d_{10}$	0,094	0,314	0,299	0,774
$a_3 - d_{50}$	-0,023	0,025	-0,948	0,375
Статистички параметри				
назив	ознака	вредност		
Коефицијент корелације	R	0,839		
Коефицијент детерминације	R^2	0,704		
Кориговани коеф.	R^2_{cor}	0,578		
F (3,7)	F	5,563		
p<	p	0,029		
Стандардна грешка	S_e	0,82609		
$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3$	$I_z = 0,227I_t + 0,094d_{10} - 0,023d_{50} + 1,717$			

Утицај пада корита (I_t) и крупноће зрна наноса при 10% и 50% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса (d_{10} и d_{50}) на пад заплава представљен је моделом којим је

објашњено 70,4% варијација ($R^2=0,704$). Коефицијент корелације показује високу повезаност ($R=0,839$). Стандардне грешке оцене параметара и њихове t-статистике на датом нивоу значајности (0,05) показују да је параметар уз пад корита довољно прецизно одређен, док су слободни параметар и параметри уз пречнике зрна наноса несигнификантни (Табела 7.86).

Табела 7.87 Трострука корелација, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(I_t, d_{25}, d_{60})$

Променљиве	Вредности	Se	t	p
a_0	1,678	0,877	1,914	0,097
$a_1 - I_t$	0,236	0,070	3,347	0,012
$a_2 - d_{25}$	-0,029	0,053	-0,553	0,597
$a_3 - d_{60}$	-0,007	0,019	-0,350	0,737
Статистички параметри				
назив	ознака	вредност		
Коефицијент корелације	R	0,841		
Коефицијент детерминације	R^2	0,707		
Кориговани коеф.	R^2_{cor}	0,581		
F (3,7)	F	5,626		
p<	p	0,028		
Стандардна грешка	Se	0,82281		
$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3$	$I_z = 0,236I_t - 0,029d_{25} - 0,007 d_{60} + 1,678$			

Утицај пада корита (I_t) и крупноће зрна наноса при 25% и 60% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса (d_{25} и d_{60}) на пад заплава представљен је моделом којим је објашњено 70,7% варијација ($R^2=0,707$). Коефицијент корелације показује високу повезаност ($R=0,841$). Стандардне грешке оцене параметара и њихове t-статистике на датом нивоу значајности (0,05) показују да је параметар уз пад корита довољно прецизно одређен, док су слободни параметар и параметри уз пречнике зрна наноса несигнификантни (Табела 7.87).

Табела 7.88 Трострука корелација, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(I_t, d_{10}, K_d)$

Променљиве	Вредности	Se	t	p
a_0	0,494	0,988	0,500	0,633
$a_1 - I_t$	0,177	0,116	1,522	0,172
$a_2 - d_{10}$	-0,022	0,251	0,910	0,393
$a_3 - K_d$	0,383	0,420	-0,089	0,931
Статистички параметри				
назив	ознака	вредност		
Коефицијент корелације	R	0,838		
Коефицијент детерминације	R^2	0,702		
Кориговани коеф.	R^2_{cor}	0,574		
F (3,7)	F	5,492		
p<	p	0,030		
Стандардна грешка	Se	0,82980		
$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3$	$I_z = 0,177I_t - 0,022d_{10} + 0,383K_d + 0,494$			

Утицај пада корита (I_t), крупноће зрна наноса при 10% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса (d_{10}) и коефицијента неједнородности по Г. Б. Докукин-у (K_d) на пад

заплава представљен је моделом којим је објашњено 70,2% варијација ($R^2=0,704$). Коефицијент корелације показује високу повезаност ($R=0,838$). Стандардне грешке оцене параметара и њихове t-статистике на датом нивоу значајности (0,05) показују да параметри несигнификантни (Табела 7.88).

Табела 7.89 Трострука корелација, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(I_t, d_{30}, K_m)$

Променљиве	Вредности	Se	t	p
a ₀	1,851	0,839	2,206	0,063
a ₁ - I _t	0,240	0,068	3,519	0,010
a ₂ - d ₃₀	-0,039	0,008	-0,617	0,557
a ₃ - K _m	-0,005	0,034	-1,157	0,285
Статистички параметри				
назив	ознака	вредност		
Коефицијент корелације	R	0,851		
Коефицијент детерминације	R ²	0,724		
Кориговани коеф.	R ² cor	0,606		
F (3,7)	F	6,128		
p<	p	0,023		
Стандардна грешка	Se	0,79802		
$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3$	$I_z = 0,161I_t - 0,010d_{75} + 0,387 K_m + 1,064$			

Утицај пада корита (I_t), крупноће зрна наноса при 30% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса (d₃₀) и коефицијента неједнородности по Б. А. Мелентьев-у (K_m) на пад заплава представљен је моделом којим је објашњено 72,4% варијација ($R^2=0,724$). Коефицијент корелације показује високу повезаност ($R=0,851$). Стандардне грешке оцене параметара и њихове t-статистике на датом нивоу значајности (0,05) показују да је параметар уз пад корита довољно прецизно одређен, док су слободни параметар и параметри уз пречнике зрна наноса и коефицијент K_m несигнификантни (Табела 7.89).

Табела 7.90 Трострука корелација, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(I_t, d_{75}, K_d)$

Променљиве	Вредности	Se	t	p
a ₀	1,064	1,004	1,060	0,324
a ₁ - I _t	0,161	0,105	1,538	0,168
a ₂ - d ₇₅	-0,010	0,369	1,048	0,330
a ₃ - K _d	0,387	0,011	-0,910	0,393
Статистички параметри				
назив	ознака	вредност		
Коефицијент корелације	R	0,856		
Коефицијент детерминације	R ²	0,733		
Кориговани коеф.	R ² cor	0,619		
F (3,7)	F	6,408		
p<	p	0,020		
Стандардна грешка	Se	0,78514		
$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3$	$I_z = 0,161I_t - 0,010d_{75} + 0,387 K_d + 1,$			

Утицај пада корита (I_t), крупноће зрна наноса при 75% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса (d₇₅) и коефицијента неједнородности по Г. Б. Докукин-у (K_d) на пад заплава представљен је моделом којим је објашњено 70,2% варијација ($R^2=0,733$). Коефицијент корелације показује високу повезаност ($R=0,856$). Стандардне грешке

оцене параметара и њихове t-статистике на датом нивоу значајности (0,05) показују да параметри несигнификантни (Табела 7.90).

Табела 7.91 Трострука корелација, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(I_t, d_{90}, S_0)$

Променљиве	Вредности	S_e	t	p
a_0	3,091	1,945	1,589	0,156
$a_1 - I_t$	0,229	0,074	3,114	0,017
$a_2 - d_{90}$	-0,015	2,508	-0,832	0,433
$a_3 - S_0$	-2,085	0,012	-1,278	0,242
Статистички параметри				
назив	ознака	вредност		
Коефицијент корелације	R	0,850		
Коефицијент детерминације	R^2	0,723		
Кориговани коеф.	R^2_{cor}	0,604		
F (3,7)	F	6,077		
p<	p	0,023		
Стандардна грешка	S_e	0,80040		
$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3$	$I_z = 0,229I_t - 0,015d_{90} - 2,085S_0 + 3,091$			

Утицај пада корита (I_t), крупноће зрна наноса при 90% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса (d_{90}) и коефицијента неједнородности по Крумбеин-у (S_0) на пад заплава представљен је моделом којим је објашњено 72,3% варијација ($R^2=0,723$). Коефицијент корелације показује високу повезаност ($R=0,850$). Стандардне грешке оцене параметара и њихове t-статистике на датом нивоу значајности (0,05) показују да је параметар уз пад корита довољно прецизно одређен, док су слободни параметар и параметри уз пречнике зрна наноса и коефицијент S_0 несигнификантни (Табела 7.91).

7.2.5.3 Зависност пада заплава од четири фактора

Приказани су модели који у својој категорији најбоље детерминишу пад заплава.

Табела 7.92 Четворострука корелација, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(I_t, d_{10}, d_{90}, K_d)$

Променљиве	Вредности	S_e	t	p
a_0	0,924	1,066	0,867	0,419
$a_1 - I_t$	0,150	0,118	1,272	0,250
$a_2 - d_{10}$	0,135	0,292	0,461	0,661
$a_3 - d_{90}$	-0,012	0,011	-1,038	0,339
$a_4 - K_d$	0,475	0,427	1,111	0,309
Статистички параметри				
назив	ознака	вредност		
Коефицијент корелације	R	0,864		
Коефицијент детерминације	R^2	0,747		
Кориговани коеф. детерминације	R^2_{cor}	0,579		
F (3,7)	F	4,434		
p<	p	0,052		
Стандардна грешка	S_e	0,82528		
$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4$	$I_z = 0,150I_t + 0,135d_{10} - 0,012d_{90} + 0,475K_d + 0,924$			

Утицај пада корита (I_t), крупноће зрна наноса при 10 и 90% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса (d_{10} и d_{90}) и коефицијента неједнородности по Г. Б. Докукин-у (K_d) на пад заплава представљен је моделом којим је објашњено 74,7% варијација ($R^2=0,747$). Коефицијент корелације показује високу повезаност ($R=0,864$). Стандардне грешке оцене параметара и њихове t -статистике на датом нивоу значајности (0,05) показују да параметри несигнификантни (Табела 7.92).

Табела 7.93 Четворострука корелација, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(I_t, d_{30}, d_{60}, K_m)$

Променљиве	Вредности	S_e	t	p
a_0	1,795	0,935	1,920	0,103
$a_1 - I_t$	0,243	0,075	3,255	0,017
$a_2 - d_{30}$	-0,051	0,028	0,227	0,828
$a_3 - d_{60}$	0,006	0,064	-0,801	0,454
$a_4 - K_m$	-0,006	0,011	-0,605	0,568
Статистички параметри				
назив	ознака	вредност		
Коефицијент корелације	R	0,852		
Коефицијент детерминације	R^2	0,727		
Кориговани коеф. детерминације	R^2_{cor}	0,544		
$F(3,7)$	F	3,986		
$p <$	p	0,065		
Стандардна грешка	S_e	0,85827		
$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4$	$I_z = 0,243I_t - 0,051d_{30} + 0,006d_{60} - 0,006K_m + 1,795$			

Утицај пада корита (I_t), крупноће зрна наноса при 30% и 60% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса (d_{30} и d_{60}) и коефицијента неједнородности по Б. А. Мелентьев-у (K_m) на пад заплава представљен је моделом којим је објашњено 72,7% варијација ($R^2=0,727$). Коефицијент корелације показује високу повезаност ($R=0,852$). Стандардне грешке оцене параметара и њихове t -статистике на датом нивоу значајности (0,05) показују да је параметар уз пад корита довољно прецизно одређен, док су слободни параметар и параметри уз пречнике зрна наноса и коефицијент K_m несигнификантни (Табела 7.93).

Утицај пада корита (I_t) и крупноће зрна наноса при 5%, 30% и 97,5% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса (d_5 , d_{30} и $d_{97.5}$) на пад заплава представљен је моделом којим је објашњено 75,3% варијација ($R^2=0,753$). Коефицијент корелације показује високу повезаност ($R=0,868$). Стандардне грешке оцене параметара и њихове t -статистике на датом нивоу значајности (0,05) показују да је параметар уз пад корита довољно прецизно одређен, док су слободни параметар и параметри уз пречнике зрна наноса и коефицијент K_m несигнификантни (Табела 7.94).

Табела 7.94 Четворострука корелација, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(I_t, d_5, d_{30}, d_{97.5})$

Променљиве	Вредности	S_e	t	p
a_0	1,594	0,859	1,856	0,113
$a_1 - I_t$	0,199	0,081	2,458	0,049
$a_2 - d_5$	1,158	1,132	-1,114	0,308
$a_3 - d_{30}$	-0,063	0,057	-0,161	0,877
$a_4 - d_{97.5}$	-0,002	0,014	1,023	0,346
Статистички параметри				
назив	ознака	вредност		
Коефицијент корелације	R	0,868		
Коефицијент детерминације	R ²	0,753		
Кориговани коеф. детерминације	R ² cor	0,588		
F (3,7)	F	4,568		
p<	p	0,049		
Стандардна грешка	S_e	0,81612		
$y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3 + a_4X_4$	$I_z = 0,199I_t + 1,158d_5 - 0,063d_{30} - 0,002d_{97.5} + 1,594$			

7.2.6 Прорачун количине задржаног наноса у заплавима преграда

Количине наноса добијене су претходно описаним прорачуном урађеним по формули В. Китин-а (1975) и представљају ефекат како сваког анализираног попречног објекта, тако и њихов укупни ефекат и добија се слика о количинама задржаног наноса у условима различитих природних падова корита и ширина долина (Табела 7.95).

Природни пад тока утиче на количину задржаног наноса. На већим падовима заплави су краћи што значи да је и количина задржаног наноса мања и да се улога бујичне преграде у стрмом кориту више огледа у стабилизацији корита и смањењу подужног пада, него у задржавању наноса (нпр. преграда у кориту Средњег потока и преграда 2 у кориту Качаруше).

Табела 7.95 Количина задржаног наноса у заплавима анализираних објеката у сливу акумулације „Селова“

Број објекта	Објекат	m (m)	h _к (m)	I _t (%)	I _z (%)	W (m ³)
СРЕДЊИ ПОТОК						
1	Преграда 1	13,0	3,8	13,44	4,48	1047,54
ЉУТОВСКИ ПОТОК						
1	Преграда 1	12,5	3,5	9,80	5,33	1712,81
ВРАТНИЧКИ ПОТОК						
1	Преграда 1	41,5	5,0	5,50	2,43	16.897,39
СТРУГАНИЧКИ ПОТОК						
1	Преграда 1	12,5	4,0	6,94	2,25	2132,20
МАГОВСКИ ПОТОК						
1	Преграда 1	10,0	2,0	7,50	2,53	402,41
2	Преграда 2	6	2,0	13,75	3,75	120,00
КАЧАРУША						
1	Преграда 1	33,0	4,5	4,78	3,17	20.753,11
2	Преграда 2	27,0	4,0	8,79	3,32	3864,04
ПАВАШТИЧКИ ПОТОК						
1	Преграда 1	22,0	5	2,90	1,79	24.774,77
МАЛА РЕКА						
1	Преграда 1	21,0	4,0	3,58	1,55	8275,86
2	Преграда 2	24,0	4,0	2,38	1,18	16.000,00
УКУПНО					95.980,14	

Средња ширина заплава зависи од ширине корита водотока тако да се приликом избора места за изградњу бујичне преграде треба обратити пажња да то буде узак профил од којег је узводно шире корито.

8 ЕФЕКТИ ИЗВЕДЕНИХ ПРОТИВЕРОЗИОНИХ РАДОВА

Противерозиони радови у сливовима акумулација „Ђелије“ и „Селова“ омогућили су заштиту од засипања наносом и на тај начин обезбедили дужи период успешног функционисања акумулација. Радови су мањим делом изведени пре изградње брана, док је значајнији обим радова пратио изградњу бране. Део предвиђених радова није реализован па се може рећи да систем противерозионе заштите није у потпуности завршен.

Систем противерозионе заштите је подразумевао комбинацију биолошких, биотехничких и техничких радова. Утицаји техничких и биолошких радова су различити.

Биолошки радови као што су пошумљавање, затрављивање и подизање воћњака на терасама се изводе на падинама слива. Овим радовима се мења начин коришћења земљишта у сливу, што утиче на интензитет ерозионих процеса.

Технички радови могу бити подужни и попречни и изводе се у кориту водотока у циљу спречавања ерозије обала и задржавања наноса. Технички радови дају жељене резултате у краћем временском периоду, док биолошки и биотехнички дају трајно решење појаве ерозије и наноса у сливу (Kostadinov, 1996., Bhat et al. 2019).

Ефекти бујичних преграда су значајни и њиховим проучавањем се омогућава побољшање и рационалност противерозионих радова. Изградњом преграда у њиховом акумулационом простору се задржава нанос који формира заплав преграде. Пад горње површине акумулираног наноса је пад заплава и на неки начин представља пад изједначења. Позитивни ефекти преграда се огледају у следећем (Kostadinov, 1996): осигуравају попречне профиле корита бујичног водотока од даљег деловања процеса дубинске ерозије, задржавају вучени нанос и доприносе консолидацији падина узводно од преграде, спречавају продубљавање корита тако што формирају нови ерозиони базис у кориту, смањују подужни пад корита и брзину воде, коригују правац тока усмеравањем воде преко прелива, задржавају крупнији материјал при наиласку поплавног таласа.

Анализирано је 25 попречних објеката: 1 праг корисне висине 1,5 m и 24 преграде корисне висине од 2,0 до 5,5 метара. Анализирани објекти су класичне бујичарске преграде, изграђене од бетона (12 преграда) или камена у цементном малтеру (12 преграда и праг). Највише преграда је висине од 3 до 5 метара (19 преграда). Преграде су већином рађене са слапиштем и заштитним зубом ради спречавања поткопавања и угрожавања стабилности објекта. Преграде без слапишта и зуба су изведене у кориту водотокова са стеновитим дном.

Ефекти попречних објеката анализирани су са аспекта промене подужног пада у кориту водотокова и количине задржаног наноса иза објекта. Геодетским снимањем у зони заплава преграда утврђен је пад заплава, као и количина задржаног наноса.

Падови корита у анализираним подсливовима акумулације „Ђелије“ крећу се од 1,1% до 7,69%, а падови заплава од 0,24% до 5,45%. Анализираним преградама је укупно задржано 135.240,915 m³ наноса.

У анализираним подсливовима акумулације „Селова“ падови корита се крећу од 2,38% до 13,44%, док су падови заплава од 1,18% до 5,33%. Укупно је задржано 95.980,14 m³ наноса.

Све преграде су постигле максимални ефекат и заплави су потпуно запуњени. Запремине заплава су различите, у зависности од ширине речног корита и долине и подужног пада

водотока. У сливу акумулације „Ђелије“ запремина заплава је између 3.592,91 m³ (река Расина, преграда 1) и 24.000,00 m³ (Козничка река, преграда 1).

У кориту Блаташнице, Жуњске и Козничке реке преграде су у систему, што значи да је на крају заплава низводне преграде изграђена следећа. Три преграде у Блаташници корисне висине од 2,5, 3,0 и 4,0 метра су задржале 30.632,41 m³. У кориту Жуњске реке постоје четири преграде од 2,0, 3,0 и 5,0 метара које су задржале 50.905,46 m³ наноса. У кориту Козничке реке три преграде од 3,0, 4,0 и 5,5 метара су задржале 37.760,18 m³ наноса.

У сливу акумулације „Селова“ запремина заплава се креће од 120 m³ (Маговски поток, преграда 2) до 20.753,11 m³ (река Качаруша, преграда 2).

Табела 8.1 Количина задржаног наноса у заплавима анализираних преграда

Слив	Број анализираних попречних објеката	W (m ³)
Слив акумулације „Ђелије“		
Блаташница	3	30.632,41
Поповачка река	1	807,55
Жуњска река	4	50.905,46
Козничка река	3	37.760,18
Загржа	2	11.542,40
Расина	1	3592,91
	Укупно	135.240,92
Слив акумулације „Селова“		
Средњи поток	1	1047,54
Љутовски поток	1	1712,81
Вратнички поток	1	16.897,40
Струганички поток	1	2.132,20
Маговски поток	2	522,41
Качаруша	2	24.617,15
Паваштички поток	1	24.774,80
Мала река	2	24.275,86
	Укупно	95.980,14

Укупна количина задржаног наноса иза заплава анализираних попречних објеката срачуната 2022. године у сливу акумулације „Ђелије“ је 135.240,92 m³, односно 95.980,14 m³ у сливу акумулације „Селова“ (Табела 8.1).

Попречни објекти у кориту бујичних водотокова имају вишеструку улогу. Поред тога што задржавају нанос, формирањем заплава смањују подужни пад, брзину воде и транспортну способност тока, чиме ублажавају поплавни талас и стабилизују корито.

Анализа вредности коефицијента ерозије Z за три временска пресека на подручју слива акумулације „Ђелије“, односно, за четири временска пресека у сливу акумулације „Селова“, указала је на смањење интензитета ерозије, као и на смањење укупне годишње продукције наноса.

Табела 8.2 Коефицијент ерозије у сливу акумулације „Ђелије“ 1968-2022.

Анализирани слив	Вредност коефицијента ерозије (Z)		
	1968. година	2009. година	2022. година
Загржа	0,59	0,44	0,39
Пакленик	0,45	0,51	0,42
Поломска река	0,62	0,46	0,39
Врањуша	0,72	0,60	0,32
Рогавска река	0,48	0,40	0,34
Бонџички поток	0,85	0,48	0,42
Козница	0,57	0,46	0,48
Башичка река	0,76	0,43	0,39
Попинац	0,59	0,42	0,36
Грабовничка река	0,59	0,43	0,41
Грашевачка река	0,78	0,41	0,40
Вуча	0,79	0,38	0,36
Батотска река	0,51	0,39	0,40
Жуњска река	0,64	0,29	0,34
Блаташница	0,66	0,34	0,35
Ковиочка река	0,34	0,42	0,42
Богишка река	0,83	0,39	0,39
Дурјачки поток	0,42	0,36	0,40
Сувајска река	0,62	0,35	0,35
Жилиначка река	0,58	0,30	0,35
Слив „Ђелије“	0,62	0,39	0,35

У периоду између 2009 и 2022. године на подручју неколико сливова изведени противерозиони радови су достигли свој максимални учинак (Козничка река, Жуњска река, Блаташница, Дурјачки поток, Жилиначка река), изостали су нови радови и дошло је до повећања интензитета ерозије због некомплетног система противерозионе заштите (Табела 8.2).

Вредност коефицијента ерозије у сливу Жуњске реке за 1968. годину је износила 0,64 (горња граница средње ерозије). Паралелно са изградњом бране пошумљено је 150 хектара црним бором, док су у кориту изграђене 4 преграде. Вредност коефицијента ерозије у 2009. години износила је 0,29 што одговара категорији слабе ерозије. Према стању ерозије за 2022. годину и вредности коефицијента ерозије која износи 0,34 јасно је да су изведени радови постигли максимални учинак и да је неопходна допуна система противерозионе заштите у сливу. У неколико сливова који су третирани у претходном периоду је слична ситуација (Козничка река, Блаташница, Дурјачки поток, Жилиначка река), дошло је до повећања интензитета ерозије, пре свега због смањеног обима или потпуног изостанка допунских противерозионих радова.

Табела 8.3 Коефицијент ерозије у сливу акумулације „Селова“ 1988-2022.

Анализирани слив	Вредност коефицијента ерозије (Z)		
	1988. година	2006. година	2022. година
Средњи поток	-	0,30	0,44
Паваштичка река	0,49	0,44	0,45
Паваштички поток	0,37	0,36	0,51
Маговски поток	0,44	0,43	0,48
Мала река	0,52	0,49	0,44
Качаруша	0,56	0,57	0,41
Ђерекарска река	0,55	0,46	0,39
Блажевска река	0,53	0,44	0,36
Луковска река	0,48	0,37	0,40
Аџовски поток	0,40	0,35	0,43
Ранковица	0,42	0,35	0,45
Слив „Селова“	0,49	0,404	0,40

Смањена вредност коефицијента ерозије у подсливовима акумулације „Селова“ 2006. године указује на позитиван ефекат противерозионих радова. Имајући у виду да је после 2006. године пошумљено само 30 хектара, а да бројне планиране преграде нису изведене, односно, систем противерозионе заштите је некомплетан, повећање вредности коефицијента ерозије у 2022. години је очекивано (Табела 8.3).

На подручју предметних сливова поред попречних објеката у кориту водотокова (технички радови) извођени су и биолошки радови (пошумљавање и затрављивање). На подручју слива акумулације „Ђелије“ за пошумљавање су коришћене следеће врсте: црни и бели бор, смрча, црвени храст, багрем, дуглазија, ариш, топола и вајмутов бор. Пошумљавање на подручју слива „Селова“ је најчешће вршено црним и белим бором. Затрављивање је вршено противерозионом смешом трава.

Према расположивим подацима на подручју слива акумулације „Ђелије“ биолошким радовима је обухваћено 8.817,81 хектара или 14,45% укупне површине, док је на подручју слива акумулације „Селова“ биолошким радовима третирано 3.618,06 хектара или 10,46% укупне површине.

Иако су пошумљавање и затрављивање примењени на малом делу укупне површине слива, њихов ефекат је изражен јер су третиране еродирани површине које су за то и предвиђене.

Ефекти противерозионих радова се огледају у смањењу интензитета ерозије и продукције наноса у сливу, као и у задржавању вученог наноса у акумулационом простору преграда. На тај начин се смањује пронос наноса у хидрографској мрежи и количина наноса која доспева у акумулацију.

На подручју слива акумулације „Ђелије“, пре изградње бране, формирања језера 1968. године и извођења противерозионих радова, годишња продукција и пронос наноса су износиле:

$$W_{\text{god}}=724.352,45 \text{ m}^3/\text{god}$$

$$G_{\text{god}}=333.202,13 \text{ m}^3/\text{god}$$

Према стању ерозије у 2022. години, срачунате су следеће вредности:

$$W_{\text{god}}=337.590,93 \text{ m}^3/\text{god}$$

$$G_{\text{god}}=155.291,83 \text{ m}^3/\text{god}$$

На подручју слива акумулације „Селова“, пре извођења противерозионих радова 1956. године, годишња продукција и пронос наноса су износиле:

$$W_{\text{god}}=969.694,4 \text{ m}^3/\text{god}$$

$$G_{\text{god}}=624.483,8 \text{ m}^3/\text{god}$$

Анализом стања ерозије 2022. године срачунате вредности продукције и проноса наноса износе:

$$W_{\text{god}}=215.814,7 \text{ m}^3/\text{god}$$

$$G_{\text{god}}=138.121,4 \text{ m}^3/\text{god}$$

Противерозиони радови имају и значајан еколошки ефекат. Ерозија земљишта, поред штете узроковане губитком земљишта, изазива и штетне последице на животну средину. Процесима спирања са ерозијом захваћених падина у водоток, доспевају разне загађујуће материје, природног или вештачког порекла. На тај начин, ерозијом долази до механичког загађења водотока и акумулација наносом и хемијског загађења воде органским и минералним ђубривима и пестицидима (Kostadinov, 1996). Осим нарушавања еколошке равнотеже, загађење водотокова угрожава и акумулације као значајне елементе система за водоснабдевање.

Имајући у виду значај акумулација за водоснабдевање и заштиту од поплава и финансијску вредност ових водопривредних објеката, противерозиони радови представљају економично решење за заштиту од засипања и загађења наносом.

Утврђени ефекти противерозионих радова на подручју истраживања су потврдили полазне хипотезе:

- Изведени биолошки и биотехнички радови у сливу доприносе смањењу интензитета ерозије, продукције и проноса наноса.
- Попречни објекти су веома важне грађевине које непосредно штите речно корито – фиксирају попречни профил и задржавају вучени нанос. Такође смањују подужни пад водотока и деструктивну снагу воде, тако да се спречава развој дубинске и бочне ерозије и стабилизује корито.
- Пад заплава се формира као резултат деловања многих фактора и њихове сложене интеракције. Најзначајнији фактори су природни пад корита и гранулометријски састав наноса.

9 ДИСКУСИЈА

Главни циљ овог истраживања је одређивање ефеката противерозионих радова на годишњу продукцију и транспорт наноса и распрострањеност ерозионих процеса у сливу акумулација „Ђелије“ и „Селова“. На одабраним сливовима примењена је адекватна методологија истраживања, формирана је база података и обављена су теренска истраживања. Анализа ефеката противерозионих радова је извршена поређењем интензитета ерозије, продукције и транспорта наноса пре и после извођења радова, као и прорачуном количине наноса задржаног узводно од преграда и дефинисањем пада заплава.

Примењена ГИС технологија омогућила је „слојевито“ и комплексно просторно сагледавање свих анализираних параметара и њихових међусобних утицаја у три временска пресека. Извршена је анализа свих значајнијих параметара који утичу на развој ерозионих процеса у сливу (рељеф, хидрографска мрежа, клима, геолошка и педолошка подлога, начин коришћења земљишта, демографске карактеристике).

Рељеф представља један од значајнијих узрока ерозионих процеса. Резултати анализе физичко-географских карактеристика подручја истраживања показују да је подручје погодно за настанак и развој ерозионих процеса.

Средњи пад слива акумулације „Ђелије“ износи 34,65% а средња надморска висина у сливу акумулације „Ђелије“ износи 695 метара. Највећи део слива је изнад 500 метара тачније 58%, док је 18% смештено изнад 1.000 метара. Највиши су западни делови слива, а надморске висине опадају према главном току Расине.

На подручју слива доминирају падови између 10 и 25 степени са 60% од укупне површине, док су падови већи од 25 степени заступљени на 11% територије слива. Према карти нагиба терена најблажи терен је у југоисточном делу слива (Блаце и околина).

Средњи пад слива акумулације „Селова“ је 32,21%, а средња надморска висина 1.817 метара. Према карти висинске поделе сливног подручја, 49% површина у сливу је између 700 и 1.000 метара надморске висине, а чак 41% изнад 1.000 метара. Највиши су западни и јужни делови слива, а надморска висина опада источно ка долини Топлице.

Падови терена између 10 и 25 степени покривају 65% површине слива, док су падови већи од 25 степени заступљени на 20%. Најблажи терен је у сливу Блажевске реке.

Хидрографска мрежа утиче на способност транспорта ерозионог наноса. У сливу Расине, узводно од бране је разграната али неравномерно развијена. Десна страна слива је развијенија, са значајним притокама које су бујичног карактера са брзим надоласком бујичног таласа и дужим сушним периодима. Средњи пад у коритима притока се креће од 2,55% (Блаташница) до 13,72% (Рогавска река).

Слив реке Топлице узводно од бране „Селова“ има разгранату хидрографску мрежу, са развијенијом десном страном слива, док на левој страни има неколико мањих притока. Све притоке имају карактеристике бујичних токова, а средњи пад корита се креће од 4,81% (Луковска река) до 19,58% (Средњи поток).

Сливно подручје акумулације „Ђелије“ у нижим деловима се одликује умерено континенталном климом, док се у брдовито-планинском делу осећа утицај субпланинске и планинске климе. Средње годишње температуре се крећу од 4,2°C (Копаоник) до 12,4°C (Крушевац), а средња годишња количина падавина од 651 mm (Блаце) до 1.035 mm (Копаоник).

Подручје узводно од бране „Селова“ је на надморској висини већој од 600 m, под утицајем субпланинске и планинске климе. Ветрови са југа и југозапада узрокују нагло топљење снега у априлу што доводи до појаве велике воде и значајне количине наноса. Средње годишње температуре се крећу од 4,2°C (Кобаоник) до 10,8°C (Куршумлија), а средња годишња количина падавина од 420 mm (Пачарађа) до 1.035 mm (Кобаоник).

Геолошку подлогу на највећем делу слива акумулације „Ђелије“ чине флишне формације и кристаласти шкриљци. Условно чврсте стене су заступљене на око 14%, условно еродибилне стене 38% и врло еродибилне 45%, што значи да је више од 90% површине потенцијално угрожено ерозијом.

Слив акумулације „Селова“ је на више од 70% површине усечен у еродибилним флишоликим стенама, изразито подложним неповољном дејству воде. Условно чврсте стене су заступљене на 12% површине слива, условно еродибилне стене 35% и врло еродибилне 51%, што значи да је више од 95% површине потенцијално угрожено ерозијом.

Начин коришћења земљишта је фактор који директно утиче на интензитет ерозионих процеса, али и на који је могуће директно утицати. Противерозионим радовима примењеним у сливовима акумулација измењена је структура начина коришћења земљишта, што је резултирало смањењем интензитета ерозије, продукције и транспорта наноса.

На подручју слива акумулације „Ђелије“, у периоду 1968-2022, дошло је до значајних промена у погледу заступљености површина под шумом које сада покривају 63% територије слива. Степен шумовитости је повећан за 47,6%. Дошло је до смањења површина под ораницама, ливадама и пашњацима. Голети су заступљене у незнатном проценту а површине под деградираним шумом смањене за 44%.

На подручју слива акумулације „Селова“ степен шумовитости је повећан за 41%, па је сада под шумом 68,48% површине слива. Обрадиво земљиште, голети и насеља су заступљени у деловима процента. Промене у начину коришћења простора, односно, намене површина, последица су примењених противерозионих радова и мера али и миграција становништва, смањења обима пољопривредне производње и урбанизације.

Анализа броја становника на подручју слива акумулације „Ђелије“ показује тенденцију смањења броја становника од педесетих година прошлог века до данас. Према попису из 2022. у насељима на територији слива број становника је смањен за 41% у односу на 1953. годину. Поред тога старосна структура је неповољна и највећи проценат становништва чине старији од 60 година. Број становника и број домаћинстава током периода 1948-2022. нису усклађени. Све до 2002. године број домаћинстава је у порасту углавном услед уситњавања газдинстава.

Број становника на територији слива акумулације „Селова“ био је на максимуму 1961. године, а од тада је у опадању. Број домаћинстава се смањује од 1971. године. Највећи проценат становништва чине старији од 60 година. Један део становништва се исељава и из разлога што ће многа села бити потопљена формирањем акумулације (Селова, Пачарађа, Мерћез).

Вредности коефицијената ерозије на подручју слива акумулације „Ђелије“ у 1968. години су се кретале од 0,34 (Ковиочка река) до 0,85 (Бонџички поток), 2009. године од 0,29 (Жуњска река) до 0,60 (Врањуша) а 2022. године од 0,32 (Рогавска река) до 0,48 (Козничка река).

Средњи коефицијент ерозије за подручје слива акумулације „Ђелије“ 1968. године је износио 0,62 (средња ерозија на граници са јаком ерозијом), 2009. године 0,39 (слаба ерозија) док је у 2022. години $Zsr=0,35$ (слаба ерозија).

Процеси ексцесивне ерозије 1968. године били су заступљени на скоро 9% територије слива, док 2009. и 2022. године у сливу не постоје површине под овом категоријом. Површине захваћене јаком ерозијом у 1968. години су биле заступљене са скоро 29% површина, док је њихово учешће у 2022. смањено на пола процента. Знатно је повећана површина под слабом ерозијом на рачун смањења површина под јачим категоријама и сада чини скоро 69% територије слива. Процеси средње ерозије су присутни на 24% територије слива.

Вредност коефицијената ерозије на подручју слива акумулације „Селова“ у 1988. години су се кретале од 0,37 (Паваштички поток) до 0,60 (Међуслив А), 2006. године од 0,30 (Средњи поток) до 0,57 (Качаруша), а 2022. године од 0,36 (Блажевска река) до 0,51 (Паваштички поток).

Средњи коефицијент ерозије за подручје слива акумулације „Селова“ 1956. године је износио 1,0 (јака ерозија), 1988. године 0,49 (средња ерозија), 2009. године 0,404 (слаба ерозија), док је у 2022. години $Zsr=0,40$ (слаба ерозија). Иако је средњи коефицијент ерозије за цео слив приближно исти у 2006. и 2022. години, различита је заступљеност категорија ерозије у сливу.

Ексцесивна ерозија у сливу акумулације „Селова“ 1988. године је била присутна на нешто више од 2% површина, 2006. године није било површина под овом категоријом, док се у јако малом проценту појављује поново у 2022, у сливовима Луковске и Блажевске реке. Површине под јаком ерозијом су знатно мање заступљене, уместо 11% у 1988. години, сада чине 0,22%. У 2006. години више од 11% површина у сливу је било под средњом ерозијом, док је у 2022. години ова категорија заступљена на скоро 42% површина.

На подручју истраживања је после извођења противерозионих радова дошло до смањења интензитета ерозије, што показује анализа вредности коефицијента ерозије. Последица тога је смањење продукције наноса у сливу.

У периоду истраживања, од 1968. до 2022. године продукција наноса у сливу акумулације „Ђелије“ је 2,15 пута мања. Значајније смањење је у периоду од 1968. до 2009. године, када су изведени противерозиони радови. Након 2009. године радови су извођени у знатно мањем обиму, па је и разлика у продукцији наноса у 2022. години знатно мања. Посматрано по сливовима, највеће смањење је остварено у сливовима Жуњске реке (3,22 пута), Вуче (3,06 пута), Богишке реке (3,08 пута), Блаташнице (2,74 пута) и Грашевачке реке (2,59 пута). Услед смањеног обима противерозионих радова, у појединим сливовима је дошло до повећања интензитета ерозије па је продукција нешто већа него 2009. године. У сливовима Блаташнице, Козничке реке, Батотске реке, Жуњске реке, Богишке, Сувајске и Жилиначке реке продукција наноса у 2022. години је у порасту у поређењу са 2009. годином. Примењени противерозиони радови и мере су достигли максимални заштитни ефекат и сада је неопходно надоградити систем противерозионе заштите.

На подручју слива акумулације „Селова“ у 2022. години продукција наноса је мања 4,5 пута у односу на 1956. годину. Најзначајније смањење је од 1988. до 2006. године (3,9 пута), а затим се наставља и до 2022. године, али у знатно мањој мери. Уколико се посматра количина наноса по сливовима најзначајније смањење током периода 1988-2022. године је у сливу Аџовског потока (3,58 пута) и реке Качаруше (3,26 пута). Као и у сливу акумулације „Ђелије“, у периоду после 2006. године када је и обим

противерозионих радова смањен или су радови чак и потпуно изостали, у сливовима је дошло до повећања годишње продукције наноса (Паваштичка река, Паваштички поток, Луковска река, Аџовски поток, Ранковица).

Радови на пошумљавању се сматрају најнефективнијим у смањењу интензитета ерозије. Зависност смањења коефицијента ерозије од процента површина у сливу третираних биолошким радовима је значајна, јер ови радови директно утичу на промену начина коришћења земљишта што опет смањује интензитет ерозије (Braunović, 2013).

Пошумљавање је први корак у смањењу стварања наноса на падинама слива и брзине отицања, смањујући на тај начин и количину наноса који доспева у корито водотока. Обнављање шума побољшава инфилтрациони капацитет земљишта и има важну улогу у регулисању хидролошких услова у сливу (Mongil-Manso et al., 2022). Пошумљавање мање продуктивног пољопривредног земљишта има много предности укључујући и контролу ерозије земљишта (Vorprivil et al., 2021). Повећањем површина под шумом од 6% у сливу језера Волви на северу Грчке годишња продукција наноса је смањена 15% (Kastridis и Kamperidou, 2015).

Демографске промене у сливу такође имају значајан утицај на смањење интензитета ерозије, првенствено смањење броја становника односно процеси депопулације, али и неповољна старосна структура. Све то је довело до смањења пољопривредне производње, тако да се на напуштеним ораницама и воћњацима, спонтаним развојем вегетације формирао травни и шумски покривач, који позитивно утиче на ублажавање ерозионих процеса. За подручје југоисточне Србије дефинисани су модели који објашњавају зависност просечног годишњег проноса наноса и независних променљивих (пољопривредно становништво, сточни фонд, ораничне површине и шуме) (Бабовић, 2016).

Истраживања значаја демографских промена у сливу, као и промена начина коришћења земљишта на територији Србије, потврђују њихов утицај на смањење интензитета ерозије. У периоду од 1971. до 2016. године вредност коефицијента ерозије на подручју слива реке Јабланице је смањена са 0,432 на 0,36 (Gocić i sar., 2020), док је на подручју Грделичке клисуре у периоду 1953-2016 коефицијент смањен са 0,84 на 0,32 (Костадинов и сар., 2018). Промена начина коришћења земљишта у сливу Миошког потока у Црној Гори у периоду од 50 година утицала је на смањење интензитета за 14% (Spalević i sar., 2020). У сливу акумулације Велика Дичина током периода 1966-2012 коефицијент ерозије је смањен са 0,439 на 0,187 (Ristić et al., 2013). Са друге стране, промена у начину коришћења може да утиче и на повећање интензитета ерозије, нарочито промене у структури обрадивог земљишта и неконтролисана сеча шума (Ristić et al., 2013; Nikolić i sar., 2018; Potić et al., 2021).

Преграде су попречни објекти који се примењују широм света са вишеструком улогом: контрола бујичних поплава, побољшање водоснабдевања, уређење слива (Lucas-Vorja и Antonio-Zema, 2023; Vorja et al., 2018). Ови објекти имају функцију стабилизације корита и падина, смањење подужног пада, задржавање наноса и регулација транспорта наноса, а најчешће истовремено имају више функција (Piton, 2016). Сматрају се ефикасним и брзим решењем у контроли наноса (Abbasi et al., 2019; Margiorou et al., 2022). Истраживања ефеката преграда показују да ови објекти могу ефикасно смањити способност транспорта наноса у сливу (Hartman et al., 2016; Zhang et al., 2021).

Анализирајући ефекте преграда са аспекта количине задржаног наноса показано је да се највећи ефекат постиже правилним избором профила за изградњу објекта. Преграде

исте корисне висине дају различите ефекте у зависности од ширине долине и природног пада корита.

Преграде у сливу акумулације „Ђелије“ су задржале укупно 135.240,92 m³ наноса, док је у сливу акумулације „Селова“ задржано 95.980,14 m³.

Формирани пад заплава значајно утиче на ефекте преграда. Уколико је однос пада заплава и природног пада близу један, то је заплав дужи а самим тим и количина задржаног наноса је већа.

Резултати прорачуна коефицијената неједнородности указују да је нанос у заплавима 7 преграда у сливу акумулације „Ђелије“ претежно нехомоген (U=19,27-75,31), код 6 преграда је нанос средње хомоген (U=6,74-13,82), док је само код једне преграде нанос хомогеног састава (преграда 3 на реци Блаташници).

Нанос у заплавима преграда у сливу акумулације „Селова“ у кориту Мале реке, Качаруше, Маговског и Вратничког потока је нехомоген (U=17,67-54,44), код преграда у кориту Средњег, Вратничког и Љутовског потока је средње хомоген (U=9,92-11,9), а у Паваштичком потоку хомоген (U=4,0).

На основу резултата истраживања извршена је статистичка анализа зависности природног пада корита и измереног пада заплава. Природни пад је дефинисан на основу пројектне документације, док се пад заплава одређује мерењем на терену а затим се анализира зависност пада заплава од природног пада корита на профилу преграде. Овај метод је примењен у неколико истраживања на територији Србије: слив реке Топлице (Kostadinov et al., 2011), бујични токови у југоисточној Србији (Радоњић, 2018), слив Дрине (Тодосијевић, 2005; Костадинов и сар., 2006), слив Нишаве (Велојић, 2002), подручје Грделичке клисуре и Врањске котлине (Брауновић, 2013). Наведена истраживања ефеката бујичних преграда у Србији показују да се најбољи резултати у прорачуну пада заплава постижу једначинама зависности од пада корита које се заснивају на теренском истраживању.

У оквиру анализе су коришћени прости и сложени регресиони модели, односно, проверавани су појединачни утицаји појединих фактора на пад заплава (прости модели) и заједничко деловање више фактора истовремено (сложени модели). Најквалитетније регресионе моделе је дала зависност пада заплава од пада природног корита.

Када је у питању повезаност пада заплава са пречником зрна наноса, закључено је да су везе лошег квалитета или да слагања нема, те није могуће добити одговарајућу регресиону зависност. Непотврђене везе или слабији интензитет веза од очекиваног резултат је истраживача и на другим сливовима (Велојић, 2002; Тодосијевић, 2005; Костадинов и сар., 2006).

Зависност пада заплава од пада корита у сливу акумулације „Ђелије“ представљена је моделом којим је објашњено 93,1% укупне варијације. Коефицијент корелације износи 0,965, што указује на високу повезаност параметара. Зависност пада заплава од природног пада корита је представљена линеарном регресионом једначином у којој су параметри на датом нивоу значајности:

$$I_z = 0,759 I_t - 0,794$$

Једначина се не може применити за вредности природног пада мање од 1,046% јер се добијају негативне вредности пада заплава.

Када је у питању вишеструка повезаност пада заплава са пречником зрна наноса и коефицијентима неједнородности издвојила су се три вишеструка модела код којих може доћи до одступања вредности слободног параметра:

- Зависност пада заплава од пада корита (I_t), крупноће зрна наноса при 75% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса (d_{75}) и коефицијента неједнородности по Г. Б. Докукин-у (K_d) са коефицијент корелације $R = 0,982$:

$$I_z = 0,735I_t - 0,028d_{75} - 0,372 K_d + 2,148$$

- Зависност пада заплава од пада корита (I_t), крупноће зрна наноса при 90% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса (d_{90}) и коефицијента неједнородности по Г. Б. Докукин-у (K_d) са коефицијентом корелације $R = 0,980$:

$$I_z = 0,776I_t - 0,018d_{90} - 0,229 K_d + 1,304$$

- Зависност пада заплава од пада корита (I_t), крупноће зрна наноса при 97.5% учешћа тежинских делова од укупне масе наноса ($d_{97,5}$) и коефицијента неједнородности по Г. Б. Докукин-у (K_d) са коефицијентом корелације $R = 0,981$:

$$I_z = 0,772I_t - 0,019d_{97,5} - 0,245 K_d + 1,512$$

Зависност пада заплава од пада корита у сливу акумулације „Селова“ представљена је моделом којим је објашњено 65,7% укупне варијације. Коефицијент корелације износи 0,811, што указује на високу повезаност параметара. Зависност пада заплава од природног пада корита је представљена линеарном регресионом једначином у којој су параметри на датом нивоу значајности:

$$I_z = 1,0 + 0,26 I_t$$

Код простих анализа повезаности пада заплава са пречницима зрна наноса или коефицијентима неједнородности, као и вишефакторских анализа за подручје слива акумулације „Селова“, закључено је да су везе слабе и да нема слагања.

Одређивање пада заплава у пракси представља велики проблем, значајан за одређивање локације за изградњу објеката. Постоји више формула којима се одређује, али су најбоље резултате дале регионалне зависности на основу теренских мерења. Ограничавајући фактор ових модела је њихов регионални карактер.

Добијени модели се могу користити приликом израде техничке документације за уређење бујичних токова у сливовима акумулације „Ђелије“ и „Селова“, али се могу применити и у другим сливовима са сличним природним условима, првенствено карактеристикама геолошке подлоге и наноса.

Иако се према резултатима истраживања интензитета ерозионих процеса у сливовима акумулација „Ђелије“ и „Селова“ може рећи да је стање у сливу задовољавајуће, треба узети у обзир да је подручје сливова према физичким карактеристикама, геолошкој и педолошкој подлози изузетно подложно развоју ерозионих процеса.

Противерозионо газдовање је спроведено пре 50 година али се у међувремену променио приступ противерозионој заштити, пре свега због недостатка финансијских средстава, те је адекватна примена мера противерозионог газдовања изостала. На мањем делу обрадивог земљишта постоје површине које се користе на противерозиони начин, али и површине на којима је тај принцип нарушен, те је извесно интензивирање ерозионих процеса.

Смањен обим противерозионих радова је већ приметан и постепено долази до повећања интензитета ерозије у сливовима. Оно што је карактеристично за све сливове у Србији, па тако и за сливове акумулација „Ђелије” и „Селова”, је скоро потпуни изостанак противерозионих радова и мера, као и одржавања постојећих објеката (Вулевић, 2017).

10 СТРАТЕГИЈА

Резултати истраживања потврдили су да се најбољи резултати у контроли ерозије постижу комбиновањем техничких, биотехничких и биолошких радова у сливу и њиховим истовременим извођењем, уз примену административних обавеза и ограничења права корисника земљишта.

Анализа попречних објеката у бујичним токовима на подручју сливова акумулација „Ђелије“ и „Селова“ показала је да су све преграде достигле максимални заштитни ефекат задржавања наноса, јер су у потпуности запуњене наносом. Формирани заплави код преграда грађених у систему простиру се до прве узводне преграде. Ниво заплава је на коти прелива преграде. Заплави су у највећем броју случајева обрасли вегетацијом, у неким случајевима и преливи преграда, чиме је смањен протицајни профил преграде.

Препоруке за контролу водне ерозије и уређење бујичних токова на истраживаном подручју су следеће:

- Санација изграђених техничких објеката и чишћење протицајних профила преграда и регулација од наноса и вегетације у сливовима подручја истраживања у којима су ови радови извођени.
- Мере неге и одржавање склопа шумске вегетације у циљу правилног функционисања система противерозивне заштите и спречавања развоја ерозионих процеса.
- Пројектовање и изградња већег броја преграда у свим бујичним токовима, без обзира да ли такви објекти већ постоје у кориту или нису раније извођени (према Водопривредној основи Србије обим противерозивних радова у сливу акумулације „Ђелије“ обухвата 65.500 m³ грађевинских и 7500 ha биолошких радова, а у сливу акумулације „Селова“ 30.078 m³ грађевинских и 3514 ha биолошких радова).
- Успостављање система редовног одржавања и контроле стања изведених техничких радова у коритима бујичних водотокова.
- Коришћење искустава примењених на подручју сливова Жуњске реке, Блаташнице, Козничке реке, Паваштичке реке, Качаруше и Мале реке.
- Надлежне општине би требало да део слива Расине узводно од акумулације „Ђелије“ и слива Топлице узводно од акумулације „Селова“ прогласе ерозионим подручјем, што би значило да власници земљишта морају да газдују њиме на противерозивни начин.
- Повећати обим извођења биолошких и биотехничких радова у сливовима.
- Приликом пројектовања објеката и радова за контролу ерозије у сливу примењивати технологије и материјале у функцији заштите животне средине.
- Приликом пошумљавања користити саднице аутохтоних врста одгајених на теренима на којима се пошумљавање врши.
- Спречити бесправну и прекомерну сечу шуме.
- Потребно је повећати обим инвестиција у превентивне радове на уређењу бујичних токова у Србији. „Будуће финансирање мора да буде засновано на много већем учешћу Републичког и Регионалних фондова и делом општинских

средстава, како би се постигао планирани ниво инвестиција ($18,7 \times 10^6$ €/год) у контроли водне ерозије и уређење бујичних токова“ (Ristić et al., 2012/a).

- Примењивати концепт одрживе пољопривреде који тежи интензивирању производње на примарно пољопривредним земљиштима, успостављању продуктивности деградираних екосистема и искључивању непогодних (маргиналних) земљишта из производње, као и одржавању равнотеже између природних и агроекосистема. Одржива пољопривреда треба да укључује управљање ресурсима у циљу задовољења променљивих потреба човека, при чему одржава или повећава квалитет животне средине и конзервира природне ресурсе (Кадовић, 1999).
- Све активности у сливовима ускладити са Просторним планом подручја посебне намене слива акумулације „Ђелије“ („Службени гласник РС“, број 95 од 20. новембра 2015.) и Просторним планом подручја посебне намене слива акумулације „Селова“ („Службени гласник РС“, број 11 од 30. јануара 2015.).

11 ЗАКЉУЧЦИ

Резултати истраживања на подручју сливова акумулација „Ђелије“ и „Селова“ потврдили су ефекте изведених противерозионих радова на смањење интензитета ерозије, продукције и проноса наноса, односно, доспевања наноса у акумулацију на основу поређења стања на подручју истраживања кроз три, односно четири временска пресека.

Из приказаних резултата изведени су следећи закључци:

- Природне карактеристике истраживаних сливова погодују развоју ерозионих процеса.
- Индиректни антропогени утицаји су последица урбанизације и индустријализације који су изражени кроз процесе депопулације и демографског старења становништва, довели до смањења насељених и обрадивих површина у сливу и до спонтаног успостављања шумске и травне вегетације, што је утицало на смањење интензитета ерозионих процеса.
- Директни антропогени утицај огледа се у промени начина коришћења земљишта у сливу и смањењу ерозије применом противерозионих радова и мера у сливовима акумулација током периода истраживања.
- Противерозионо уређење условило је промену структуре површина на подручју истраживања, где је уочљиво повећање површина под шумом на рачун осталих категорија. Уочене промене су утицале на смањење интензитета ерозије.
- Изведени попречни објекти омогућили су повољне ефекте одмах по завршетку градње (формирање заплава и задржавање наноса, смањење природног пада корита, стабилизација обала). Ефекти биолошких и биотехничких радова су нарочито видљиви у другом временском пресеку (слив акумулације „Ђелије“ 2009. година), односно трећем пресеку (слив акумулације „Селова“ 2006. година).
- Примењени противерозиони радови утицали су на смањење интензитета ерозије израженог кроз коефицијент ерозије Z . На подручју слива акумулације „Ђелије“ током периода истраживања (1968-2022) стање ерозије је, од средње и скоро јаке ерозије ($Z_{sr}=0,62$), сведено на слабу ерозију ($Z_{sr}=0,35$). Продукција и пронос наноса су 2 пута мањи на крају периода истраживања. Пројектовани период функционисања је био до 2030. године, али је захваљујући изведеним противерозионим радовима продужен. На сливном подручју акумулације „Селова“ ерозија јаког интензитета 1956. године ($Z_{sr}=1,0$) је сведена на слабу ерозију ($Z_{sr}=0,40$). Продукција и пронос наноса су 4,5 пута мањи на крају периода истраживања.
- Регресиона анализа зависности пада заплава на сливовима акумулација „Ђелије“ и „Селова“ је потврдила да између пада природног корита и пада заплава постоји висока повезаност. Слабији интензитет зависности показали су пад заплава и гранулометријски састав, као и пад заплава и коефицијенти неједнородности наноса. За прорачун пада заплава на подручју слива акумулације „Ђелије“ се предлажу следећи модели:
 - Прости регресиони модел са једном независно променљивом (не може се применити за вредности природног пада мање од 1,046%):
$$I_z = 0,759 I_t - 0,794$$
 - Сложени регресиони модели са три независно променљиве:

$$I_z = 0,735I_t - 0,028d_{75} - 0,372 K_d + 2,148$$

$$I_z = 0,776I_t - 0,018d_{90} - 0,229 K_d + 1,304$$

$$I_z = 0,772I_t - 0,019d_{97,5} - 0,245 K_d + 1,512$$

- За прорачун пада заплава на подручју слива акумулације „Селова“ се предлаже следећи прости регресиони модел:

$$I_z = 1,0 + 0,26 I_t$$

- Приказани модели се најбоље прилагођавају датим емпиријским подацима, а наведени параметри значајно детерминишу пад заплава. Регионалног су карактера и могу се користити приликом израде техничке документације за бујичне токове на територији сливова акумулација „Ђелије“ и „Селова“, али се могу применити и у другим сливовима са сличним природним условима, који се углавном односе на геолошку подлогу и нанос.
- На подручју истраживања нису изведени сви предвиђени противерозиони радови и систем противерозионе заштите је непотпун.
- Неопходно је редовно одржавање постојећих објеката у циљу заштите од оштећења и одржавања заштитне функције, као и санација већ оштећених објеката.
- На крају периода истраживања стање ерозије је много боље, али показује тенденцију ка повећању интензитета ерозионих процеса. Имајући у виду значај акумулација за водоснабдевање неопходно је наставити са применом противерозионих радова и мера на подручју сливова, не само у циљу смањења количине наноса који доспева у акумулациони простор, него и у циљу спречавања механичког и хемијског загађења које утиче на квалитет воде.
- Ефикасна контрола ерозионих процеса у сливу остварује се кроз интегралну заштиту, односно комбиновањем биолошких и биотехничких радова, уз примену одговарајућих администативних мера.
- Резултати добијени истраживањем ефеката противерозионих радова на подручју сливова акумулација „Ђелије“ и „Селова“, обим и примењена методологија омогућавају савремен приступ у наставку решавања проблема ерозије.

12 ЛИТЕРАТУРА

1. Abbasi, N.A., Xu, X., Lucas-Borja, M.E., Dang, W., Liu, B. (2019): The use of check dams in watershed management projects: Examples from around the world, *Science of The Total Environment*, Volume 676, Pages 683-691, ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.04.249>.
2. Ahmed A., Adil D., Hasna B., Elbachir A., Lazaar R. (2019): Using EPM Model and GIS for estimation of soil erosion in Souss Basin, Morocco. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*. 2019 Vol. 7 pp. 1228-1232. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v7i8.1228-1232.2562>
3. Bezak, N., Borrelli, P., Mikoš, M., Jemec Auflič, M., Panagos, P. (2024): Towards multi-model soil erosion modelling: An evaluation of the erosion potential method (EPM) for global soil erosion assessments, *Catena* 234 2024 107596, <https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.107596>.
4. Blinkov, I. (2014): An approach for conversion of erosion data produced by EPM method in weight measure. In *Challenges: Sustainable Land Management-Climate Change*; Zlatic, M., Kostadinov, S., Eds.; Advance in Geoecology, Catena Verlag: Reiskirchen, Germany; Volume 43, pp. 109-119, ISBN 978-3-923381-61-6.
5. Borrelli, P., Robinson, D.A., Panagos, P., Lugato, E., Yang J.E., Alewell, C., Wuepper, D., Montanarella, L., Ballabio, C. (2020): Land use and climate change impacts on global soil erosion by water (2015-2070)., *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2020 Sep 8;117(36):21994-22001. <https://doi.org/10.1073/pnas.2001403117> Epub 2020 Aug 24. PMID: 32839306.
6. Borelli, P. et al. (2021): Soil erosion modelling: A global review and statistical analysis, *Science of the Total Environment* Volume 780, 1 August 2021, 146494 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146494>.
7. Borja, P.; Molina, A.; Govers, G.; Vanacker, V. (2018): Check dams and afforestation reducing sediment mobilization in active gully systems in the Andean mountains, *CATENA*, Volume 165, 2018, Pages 42-53, ISSN 0341-8162, <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.01.013>.
8. Bosco, C., De Rigo, D., Dewitte, O., Poesen, J., Panagos, P. (2015): Modelling soil erosion at European scale: towards harmonization and reproducibility, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 15, 225–245, 2015, <https://doi.org/10.5194/nhess-15-225-2015>.
9. Braunović, S., Ratknić, M., Rakonjac, Lj. (2010): The Site Characteristics of the Grdelicka Gorge and Vranjska Basin Areas. *International Scientific Conference "Forest Ecosystems and Climate Changes"*. Institute of forestry, Belgrade Proceedings pp 91-96.
10. Centeri, C. (2022): Soil Water Erosion. *Water* 2022, 14, 447. <https://doi.org/10.3390/w14030447>
11. Cheng, J.; Zhang, X.; Jia, M.; Su, Q.; Kong, D.; Zhang, Y. (2024): Integrated Use of GIS and USLE Models for LULC Change Analysis and Soil Erosion Risk Assessment in the Hulan River Basin, Northeastern China. *Water* 2024, 16, 241. <https://doi.org/10.3390/w16020241>.
12. Ćirić M. (1962): *Pedologija za šumare*, Jugoslovenski savetodavni centar za poljoprivredu i šumarstvo, Beograd.
13. Ćirić S. (2015): Karakteristike flore Rasinskog područja i akumulacije „Ćelije“, XX Savetovanje o biotehnologiji, *Zbornik radova* 20 (22): 563-567.
14. De Vente, J., Poesen, J. (2005): Predicting soil erosion and sediment yield at the basin scale: scale issues and semi - quantitative models. *Earth - Sci. Rev.* 71, 95–125. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2005.02.002>.
15. De Vente, J., Poesen, J., Verstraeten, G., Govers, G., Vanmaercke, M., Van Rompaey, A., Arabkhedri, M., Boix-Fayos, C. (2013): Predicting soil erosion and sediment yield at

- regional scales: where do we stand? *Earth-Science Rev.* 127, 16–29. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2013.08.014>.
16. Dominici, R., Larosa, S., Viscomi, A., Mao, L., De Rosa, R., Cianflone, G. (2020): Yield Erosion Sediment (YES): A PyQGIS Plug-In for the Sediments Production Calculation Based on the Erosion Potential Method, *Geosciences* 2020, 10, 324; <https://doi.org/10.3390/geosciences10080324>.
 17. Dragičević, N., Karleuša, B., Ozanić, N. (2018): Modification of Erosion Potential Method Using Climate and Land Cover Parameters, *Geomatics, Natural Hazards and Risk* 2018, Vol 9, No. 1, pp. 1085-1105 <https://doi.org/10.1080/19475705.2018.1496483>.
 18. Dragičević, N., Karleuša, B., Ozanić, N. (2017): Erosion Potential Method (Gavrilović Method) Sensitivity Analysis, *Soil & Water Res.*, 12, 2017 (1): 51-59, <https://doi.org/10.17221/27/2016-SWR>.
 19. Drobňak A.; Zlatanović N.; Milovanović I.; Čotrić J. (2014) Comparative Analysis of Methods for Estimation of Reservoir Siltation Intensity at the Gvozdac Lake Reservoir in Serbia, IWA 6th Eastern European Young Water Professionals Conference „East meets West“, Istanbul, Turkey, 28-30 May 2014, Organised by: IWA, UNESCO-IHP Institute for Water Education and Istanbul Technical University, Proceedings (CD) pp. 88-92.
 20. Dutta, S. (2016): Soil erosion, sediment yield and sedimentation of reservoir: A review. *Model. Earth Syst. Environ.* 2016, 2, 123. <https://doi.org/10.1007/s40808-016-0182-y>.
 21. Ebabu, K., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Adgo, E., Meshesha, D.T., Aklog, D., Masunaga, T., Tsubo, M., Sultan, D., Fenta, A.A., Yibeltal, M. (2019): Effects of land use and sustainable land management practices on runoff and soil loss in the Upper Blue Nile basin, Ethiopia. *Science of The Total Environment*, Volume 648, 2019, pp 1462-1475, ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.273>.
 22. Efthimiou, N.; Lykoudi, E.; Panagoulia, D.; Karavitis, C. (2016): Assessment of soil susceptibility to erosion using the EPM and RUSLE Models: The case of Venetikos River Catchment. *Glob. NEST J.* 2016, 18, 164–179.
 23. Efthimiou N., Lykoudi E., Karavitis C. 2017. Comparative analysis of sediment yield estimations using different empirical soil erosion models. *Hydrological Sciences Journal*. Vol. 62 p. 2674-2694. <https://doi.org/10.1080/02626667.2017.1404068>
 24. Ennaji, N., Ouakhir, H., Halouan, S., Abahrour, M. (2022): Assessment of soil erosion rate using the EPM model: Case of Ououmana basin, Middle Atlas, Morocco, 2022 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 1090 012004, <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1090/1/012004>.
 25. FAO & ITPS (2015): The Status of the World's Soil Resources (Main Report) (Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome)
 26. FAO (2019): Global Symposium on Soil Erosion (GSER19): Outcome Document
 27. García-Ruiz J. M. (2010): The effects of land use on soil erosion in Spain: A review, *Instituto Pirenaico de Ecología, Catena* 81(1): <https://doi.org/10.1016/j.catena.2010.01.001>
 28. Gavrilović, S. (1962): Proračun srednje godišnje količine nanosa prema potencijalu erozije, *Glasnik Šumarskog fakulteta* br. 26, Beograd, str. 151-168.
 29. Gavrilović, S. (1968): Klasifikacija bujičnih tokova za izradu vodoprivredne osnove Jugoslavije, *Manuskript Institut „Jaroslav Černi“*, Beograd.
 30. Gavrilović, S. (1972): Inženjering o bujičnim tokovima i eroziji, *Časopis „Izgradnja“*, Specijalno izdanje, str. 1–292.
 31. Golosov, V., Yermolaev, O., Rysin, I., Vanmaercke, M., Medvedeva, R., Zaytseva, M. (2018): Mapping and spatial-temporal assessment of gully density in the Middle Volga region, Russia, *Earth Surf. Process. Landforms* (wileyonlinelibrary.com) <https://doi.org/10.1002/esp.4435>.
 32. Gocić, M., Dragičević, S., Radivojević, A., Martić Bursać, N., Stričević, L., Đorđević, M. (2020): Changes in Soil Erosion Intensity Caused by Land Use and Demographic Changes

- in the Jablanica River Basin, Serbia Agriculture 2020, 10, 345. <https://doi.org/10.3390/agriculture10080345>.
33. Hadživuković S.(1991): Statistički metodi s primenom u poljoprivrednim i biološkim istraživanjima, str. 461, Novi Sad.
 34. Hartman, B.D.; Bookhagen, B.; Chadwick, O.A. (2016): The effects of check dams and other erosion control structures on the restoration of Andean bofedal ecosystems, First published: 29 June 2016, <https://doi.org/10.1111/rec.12402>.
 35. Irie, M., Kotegawa, H., Kawachi, A., Ouni, H., Tarhouni, J. (2022): Modeling of Sediment Transportation in Ichkeul Lake for the Estimation of the Influence of the Constructions of the Reservoirs in the Upper Streams. Water 2022, 14, 1984. <https://doi.org/10.3390/w14131984>.
 36. Juško, V., Sedmák, R., Kúdela, P. (2022): Siltation of Small Water Reservoir under Climate Change: A Case Study from Forested Mountain Landscape of Western Carpathians, Slovakia. Water 2022, 14, 2606. <https://doi.org/10.3390/w14172606>
 37. Karydas, C.G., Panagos, P., Gitas, I.Z. (2014): A classification of water erosion models according to their geospatial characteristics, International Journal of Digital Earth, 7:3, 229-250, <https://doi.org/10.1080/17538947.2012.671380>
 38. Kastridis, A., Kamperidou, V. (2015): Influence of land use changes on alluviation of Volvi Lake wetland (North Greece). Soil Water Res. 2015, 10, 121-129, <https://doi.org/10.17221/174/2014-SWR>.
 39. Kostadinov, S.; Marković, S. (1996): Soil erosion and effects of erosion control works in the torrential watersheds in south-east Serbia. In Erosion and Sediment Yield: Global and Regional Perspectives; Walling, D.E., Webb, B.W., Eds.; IAHS Press: Walingford, UK, pp. 321-332, ISSN 0144-7815.
 40. Kostadinov, S. (1996): Bujični tokovi i erozija, udžbenik, str.506, Univerzitet u Beogradu Šumarski fakultet
 41. Kostadinov, S., Petković, S., Zlatić, M., Dragović, N., Todosijević, M., Dragičević, S., Simčov, T., (2006): Studija efekata protiverozionih radova u slivu Drine na sektoru Ljubovija-Bajina Bašta, Šumarski fakultet, Beograd.
 42. Kostadinov, S.(2007): Erosion and torrent control in Serbia: hundred years of experiences, International Conference: Erosion and Torrent Control as a Factor in Sustainable River Basin Management, Belgrade, Serbia, 25-27 September 2007, Proceedings (CD).
 43. Kostadinov, S. (2008): Bujični tokovi i erozija (ISBN: 978-86-7229-147-5). Univerzitet u Beogradu Šumarski fakultet, str. 505.
 44. Kostadinov, S., Dragovic, N., Zlatic, M., Todosijevic, M. (2008): Erosion control works and the intensity of soil erosion in the upper part of the river Toplica drainage basin. Earth Environ. Sci. 2008, IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 4 012040 <https://doi.org/10.1088/1755-1307/4/1/012040>
 45. Kostadinov, S., Milovanović I., Dragovic, N., Todosijevic M. (2010): Soil erosion in the drenage basin of the river Rasina upstream of the reservoir Celije, International Scientific Conference Forest Ecosystems and climate changes, Belgrade, 2010, Proceedings Volume 1, ISBN 978-86-80439-22-8, p 237-242.
 46. Kostadinov, S., Dragović, N., Zlatić, M., Todosijević, M. (2011): Natural effect of classical check dams in the torrents of the river Toplica drainage basin, Fresenius Environmental Bulletin, 20(4), Parlar scientific publication, Germany, 2011, p.p.1102-1108, ISSN: 1-4619.
 47. Kostadinov, S., Zlatić, M., Dragičević, S., Novković, I., Košanin, O., Borisavljević, A., Lakićević, M., Mladjan D. (2014): Anthropogenic influence on erosion intensity changes in the Rasina river watershed – central Serbia, Fresenius Environmental Bulletin 23(1): 1-10.

48. Kostadinov, S., Braunović, S., Dragičević, S., Zlatić, M., Dragović, N., Rakonjac, N. (2018): Effects of Erosion Control Works: Case Study-Grdelica Gorge, the South Morava River (Serbia) *Water* 2018, 10(8), 1094; <https://doi.org/10.3390/w10081094>.
49. Lucas-Borja, M. E. and Antonio-Zema, D. (2023): Check dam uses for soil conservation and erosion control: a worldwide review, EGU General Assembly 2023, Vienna, Austria, 24–28 Apr 2023, EGU23-17109, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu23-17109>.
50. Manojlović, S.; Sibinović, M.; Srejić, T., Novković, I.; Milošević, MV.; Gatarić, D.; Carević, I., and Batočanin, N. (2022): Factors Controlling the Change of Soil Erosion Intensity in Mountain Watersheds in Serbia. *Front. Environ. Sci.* 2022, 10:888901. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.888901>.
51. Margiorou, S., Kastridis, A., Sapountzis, M. (2022): Pre/Post-Fire Soil Erosion and Evaluation of Check-Dams Effectiveness in Mediterranean Suburban Catchments Based on Field Measurements and Modeling. *Land* 2022, 11, 1705. <https://doi.org/10.3390/land11101705>.
52. Marko, O., Gjipalaj, J., Profka, D., Shkodrani, N. (2023): Soil erosion estimation using Erosion Potential Method in the Vjosa River Basin, Albania, *AIMS Environmental Science*, 2023 № 1, pp. 191-205 <https://doi.org/10.3934/environsci.2023011>.
53. Milanesi, L., Pilotti, M., Clerici, S., Gavrilovic, Z. (2015): Application of an improved version of the Erosion Potential Method in Alpine areas, *Italian Journal of Engineering Geology and Environment*, June 2015, <https://doi.org/10.4408/IJEGE.2015-01.0-02>.
54. Milovanović, I., Čotrić, J., Stefanović, M. (2011): Analysis of the impact of applied antierosion works on reducing siltation in the reservoir „Celije“ *Forum Geografic S.C.G.P.M.*, pp. 849-855., 2011.
55. Minervino Amodio, A., Gioia, D., Danese, M., Masini, N., Sabia, C.A. (2023): Land-Use Change Effects on Soil Erosion: The Case of Roman “Via Herculia” (Southern Italy)—Combining Historical Maps, Aerial Images and Soil Erosion Model. *Sustainability* 2023, 15, 9479. <https://doi.org/10.3390/su15129479>.
56. Mongil-Manso, J.; Navarro-Hevia, J.; San Martín, R. (2022): Impact of Land Use Change and Afforestation on Soil Properties in a Mediterranean Mountain Area of Central Spain. *Land* 2022, 11, 1043. <https://doi.org/10.3390/land11071043>.
57. Morris, G.L., Fan, J. (1998): *Reservoir Sedimentation Handbook*. McGraw-Hill Book, Co. New York, NY, USA.
58. Morris, G.L. (2020): Classification of Management Alternatives to Combat Reservoir Sedimentation *Water* 2020, 12, 861. <https://doi.org/10.3390/w12030861>.
59. Nikolic, G., Spalevic, V., Curovic, M., Khaledi Darvishan, A., Skataric, G., Pajic, M., Kavian, A., Tanaskovik, V. (2018): Variability of Soil Erosion Intensity Due to Vegetation Cover Changes: Case Study of Orahovacka Rijeka, Montenegro. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 47, 2018, 237–248. <https://doi.org/10.15835/nbha47111310>.
60. Obialor, C. A., Okeke, O. C., Onunkwo A. A.; Fagorite, V. I.; Ehujuo, N. N. (2019): Reservoir sedimentation: causes, effects and mitigation *International Journal of Advanced Academic Research | Sciences, Technology and Engineering* 2019| ISSN: 2488-9849 Vol.5, Issue 10.
61. Ozsahin, E.; Duru, U.; Eroglu, I. (2018): Land Use and Land Cover Changes (LULCC), a Key to Understand Soil Erosion Intensities in the Maritsa Basin. *Water* 2018, 10, 335. <https://doi.org/10.3390/w10030335>.
62. Panagos, P., Borrelli, P., Poesen, J., Ballabio, C., Lugato, E., Meusburger, K., Montanarella, L., Alewell, C. (2015): The new assessment of soil loss by water erosion in Europe, *Environmental Science & Policy*, Volume 54, p p. 438-447, <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.08.012>.
63. Panagos, P., Borrelli, P., Meusburger, K., Van der Zanden E.H., Poesen J., Alewell, C. (2015): Modelling the effect of support practices (P-factor) on the reduction of soil erosion by

- water at European Scale. *Environmental Science & Policy* 51, 23–34. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.03.012>.
64. Perović, V., Kadović, R., Djurdjević, V., Braunović, S., Cakmak, D., Mitrović, M., Pavlovic, P. (2019): Effects of changes in climate and land use on soil erosion: a case study of the Vranjska Valley, Serbia. 2019, *Regional Environmental Change*. 19. <https://doi.org/10.1007/s10113-018-1456-x>.
 65. Petz, B. (1974): *Osnove statističke metode*, Informator, Zagreb.
 66. Petković, S. (1995.): *Geneza i transport nanosa u slivu Južne Morave i uslovi njegovog korišćenja*, Monografija, Šumarski fakultet, Beograd.
 67. Piton, G. (2016): Sediment transport control by check dams and open check dams in Alpine torrents. *Earth Sciences. Université Grenoble Alpes, English*. NNT : 2016GREAU041 tel-02603609v3, <https://theses.hal.science/tel-02603609v3>.
 68. Potić I., Ćurčić N., Radovanović M., Stanojević G., Malinović-Milićević S., Yamashkin S., Yamashkin A. (2021): Estimation of soil erosion dynamics using remote sensing and swat in Kopaonik National Park, Serbia, *Journal of the Geographical Institute "Jovan Cvijic", SASA 2021 Volume 71, Issue 3, Pages: 231-247*, <https://doi.org/10.2298/IJGI2103231P>.
 69. Prashanth M.; Kumar A.; Dhar S.; Verma O.; Rai SK; Kouser B. (2023) Land use/land cover change and its implication on soil erosion in an ecologically sensitive Himachal Himalayan watershed, Northern India. 2023, *Front. For. Glob. Change* 6:1124677. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2023.1124677>.
 70. Rahmati, O., Kalantari, Z., Samadi, M., Uuemaa, E., Moghaddam, D.D., Nalivan, O.A., Destouni, G., Tien Bui, D. (2019): GIS-Based Site Selection for Check Dams in Watersheds: Considering Geomorphometric and Topo-Hydrological Factors. *Sustainability* 2019, 11, 5639. <https://doi.org/10.3390/su11205639>
 71. Ristić, R., Radić, B., Vasiljević N. (2011): Characteristics of maximal discharges on Torrential Watersheds in Serbia, *Journal of Environmental Protection and Ecology*, Vol. 12, Book 2, pg. 471-487.
 72. Ristić, R., Kostadinov, S., Abolmasov, B., Dragičević, S., Trivan, G., Radić, B., Trifunović, M. and Radosavljević, Z. (2012): Torrential floods and town and country planning in Serbia, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 2012, 12, pp 23–35, <https://doi.org/10.5194/nhess-12-23-2012>
 73. Ristić, R., Kašanin-Grubin, M., Radić, B., Nikić, Z., Vasiljević, N. (2012b): Land degradation in ski resort „Stara planina“. *Environmental Management*, 49, 580-592. <https://doi.org/10.1007/s00267-012-9812-y>
 74. Ristić, R., Ljujić, M., Despotović, J., Aleksić, V., Radić, B., Nikić, Z., Milčanović, V., Malušević, I., Radonjić, J. (2013): Reservoir sedimentation and hydrological effects od land use changes-case study od the experimental Dičina river watershed, *Carpathian Journal od earth and Envirovmental Sciences*, Vol. 8, No. I, 91-98.
 75. Sabri, E., Spalevic, V., Boukdir, A., Karaoui, I., Ouallali, A., Mincato, R. L., & Sestras, P. (2022). Estimation of soil losses and reservoir sedimentation: a case study in tillouguite sub-basin (high atlas-Morocco). *Agriculture & Forestry/Poljoprivreda i šumarstvo*, 68(2).
 76. Skatula, L. (1964): *Zabudova rzek i potokow gorskich*, Panstwowe wydawnictwo rolnicze i lesne, Warsaw.
 77. Spalevic, V., Barovic, G., Vujacic, D., Curovic, M., Behzadfar, M., Djurovic, N., Dudic, B., Billi, P. (2020): The Impact of Land Use Changes on Soil Erosion in the River Basin of Miocki Potok, Montenegro. *Water* 2020, 12, 2973. <https://doi.org/10.3390/w12112973>.
 78. Starks, P.J., Moriasi, D.N., Fortuna, A. M. (2023): GIS-Based RUSLE Reservoir Sedimentation Estimates: Temporally Variable C-Factors, Sediment Delivery Ratio, and Adjustment for Stream Channel and Bank Sediment Sources. *Land* 2023, 12, 1913. <https://doi.org/10.3390/land12101913>.

79. Stefanovic, D.(2017): Sustainable Environmental Management of Reservoirs: Sediment Impact Analysis of Hydraulic Flushing, 4th International Scientific Conference Agribusiness MAK-2017, "European Road" IPARD 2015-2020, Serbia, <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20183231033>.
80. Srejić, T., Manojlović, S., Sibinović, M., Bajat, B., Novković, I., Milošević, M.V., Carević, I., Todosijević, M., Sedlak, M.G. (2023): Agricultural Land Use Changes as a Driving Force of Soil Erosion in the Velika Morava River Basin, Serbia. *Agriculture* 2023, 13, 778. <https://doi.org/10.3390/agriculture13040778>.
81. Škorić A., Ćirić M., Filipovski G. (1985): Klasifikacija zemljišta Jugoslavije, Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine Sarajevo.
82. Tošić, R., Dragičević, S., Lovrić, N. (2012): Assessment of soil erosion and sediment yield changes using erosion potential model-case study: Republic of Srpska (BiH). *Carpathian J. Earth Environ. Sci.* 2012, 7, pp. 147-154.
83. Vopravil, J., Formánek,P., Heřmanovská, D., Khel, T., Jacko, K. (2021): The impact of agricultural land afforestation on soil water content in Central Bohemia, *JF Journal of Forest Science*, 2021, 67(11):512-512 <https://doi.org/10.17221/108/2021-JFS>.
84. Weng, X., Zhang, B., Zhu, J., Wang, D., Qiu, J. (2023): Assessing Land Use and Climate Change Impacts on Soil Erosion Caused by Water in China. *Sustainability* 2023, 15, 7865. <https://doi.org/10.3390/su15107865>.
85. Zeghmar, A., Marouf, N., Mokhtari, E. (2022): Assessment of soil erosion using the GIS-based erosion potential method in the Kebir Rhumel Watershed, Northeast Algeria, *Journal of Water and Land Development* 2022, No. 52 (I-III) pp. 133-144 <https://doi.org/10.24425/jwld.2022.140383>.
86. Zhang Z., Chai J., Li Z., Chen L., Yu K., Yang Z., Zhang X., Zhao Y. (2021): Effect of Check Dam on Sediment Load Under Vegetation Restoration in the Hekou-Longmen Region of the Yellow River. *Front. Environ. Sci.* 9:823604. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.823604>.
87. Zlatanović N., Drobnjak A., Milovanović I., Puzović R. (2015): Application of open source GIS algorithms for erosion mapping, YUinfo conference, 21th Conference and Exhibition, 08.-11.03.2015., Kopaonik, Proceeding ISBN 978-86-85525-15-5, pp. 131-134.
88. Zlatic, M., Kostadinov, S., Popović, M., Ristić, I., (1996): Analysis of natural and anthropogenic factors of erosion processes and effects of erosion control works in the watershed Mlakacka dolina. International symposium Interpraevent, Garmisch-Partenkirchen, Tagungspublikation, Band 2, Seite 213-222.
89. Анђелковић, А. (2020): Ерозиони и седиментациони процеси на сливним подручјима малих водних акумулација на подручју града Београда и Фрушке горе, докторска дисертација, Шумарски факултет, Универзитет у Београду.
90. Бабовић, С. (2016): Утицај антропогених фактора на интензитет ерозије у југоисточној Србији, докторска дисертација, Шумарски факултет, Универзитет у Београду.
91. Брауновић, С. (2013): Ефекти противерозионих радова на стање ерозије у Грделичкој клисури и Врањској котлини, докторска дисертација, Шумарски факултет Универзитет у Београду.
92. Велојић М. (2002): Природни ефекти антиерозионих техничких објеката у сливу реке Нишаве, магистарски рад, Шумарски факултет, Универзитет у Београду.
93. Вулевић, Т. (2017): Вишекритеријумско одлучивање у функцији конзервације земљишних и водних ресурса брдско-планинских подручја централне Србије, докторска дисертација, Шумарски факултет, Универзитет у Београду.
94. ДВП Ерозија, Ниш (1990): Струганички поток, пројекат уређења.
95. ДВП Ерозија, Ниш (1990): Љутовски поток, пројекат уређења.
96. ДВП Ерозија, Ниш (1990): Вратнички поток, пројекат уређења.
97. ДВП Ерозија, Ниш (1991): Качаруша, пројекат уређења слива.

98. ДВП Ерозија, Ниш (1991): Мала река, пројекат уређења слива.
99. Ерозија, Ниш, РВО Јужна Морава (1989): Средњи поток, пројекат уређења.
100. Здружено опште водопривредно предузеће „Морава“ – Београд, Водопривредна организација „Ерозија“ Краљево (1970): Главни пројекат уређивања корита бујице Жуњска река.
101. Златић, М. (1993): Фактори ерозионих процеса и ефекти изведених противерозионих радова у сливу Паневљанска река. Поглавље у монографији „Узроци и последице ерозије земљишта и могућности контроле ерозионих процеса“, Шумарски факултет Универзитета у Београду, Београд, стр. 110-115.
102. Институт за водопривреду Јарослав Черни (2016): Хидролошка анализа великих вода реке Топлице, Бањске реке и реке Косанице у Куршумлији.
103. Институт за водопривреду Јарослав Черни (2020): Хидролошка студија - Заштита Крушевца од великих вода реке Расине и притока.
104. Костадинов, С., Златић, М. (1987): Ефекти изведених антиерозионих радова у бујичним сливовима, Ерозија, стручно-информативни билтен бр. 15, стр. 105-108, Београд.
105. Костадинов, С. (1987): Пад запава у бујичним водотоцима Југоисточне Србије, Ерозија: 15, 129–133.
106. Поповић, М., Костадинов, С. (1987): Карактеристике гранулометријског састава наноса у зависности од геолошке подлоге у сливу. Шумарство бр. 3-4, Београд, стр. 15-23.
107. Радоњић, Ј. (2018): Хидролошки и псамолошки ефекти противерозионих радова на бујичним подсливовима Јужне Мораве, докторска дисертација, Шумарски факултет, Универзитет у Београду.
108. Ранковић, Н. (1996): Економика шумарства, уџбеник, Шумарски факултет, Београд.
109. Реонска секција за заштиту земљишта од ерозије и уређење бујица Краљево (1965): Главни пројекат противерозионих радова и мера у сливу за горњи део Расине.
110. Реонска секција за заштиту земљишта од ерозије и уређење бујица Краљево (1967): Главни пројекат уређивања корита бујице Козница.
111. Републички хидрометеоролошки завод Србије, 2022: РХМЗ Србије, Метеоролошки годишњаци, Кнеза Вишеслава 66, Београд, https://www.hidmet.gov.rs/ciril/meteorologija/klimatologija_godisnjaci.php.
112. Републички завод за статистику – Књиге пописа (2022): Демографска статистика у Републици Србији, Београд, <https://popis2022.stat.gov.rs/sr-Latn>.
113. Ристић, Р., Милчановић, В., Малушевић, И., Половина, С. (2014): Бујичне поплаве и ерозија као доминантан фактор деградације земљишта у Србији – концепт превенције и заштите, Тематски зборник, Деградација и заштита земљишта, Шумарски факултет, Универзитет у Београду, 138-148.
114. Србијаводе – Београд, ВРО Западна Морава – Краљево (1987): Главни пројекат уређења бујичног водотока Загржа.
115. Србијаводе – Београд, ВРО Западна Морава – Краљево (1989): Главни пројекат уређења бујичног водотока реке Блаташнице.
116. Стефановић, Т., (2016): Ефекти противерозионих радова у сливу реке Јабланице узводно од будуће водне акумулације „Ровни“, докторска дисертација, Шумарски факултет, Универзитет у Београду
117. Тодосијевић, М., (2004): Ефекти попречних објеката у бујичним токовима слива реке Дрине на сектору Лозница-Бачевци, магистарски рад, Шумарски факултет, Београд.
118. Шумарски факултет, Универзитет у Београду (1989.): Главни пројекат за уређење слива и корита Паваштичког потока.

119. Шумарски факултет, Универзитет у Београду (1989): Студија антиерозионе заштите слива акумулације Селова.
120. Шумарски факултет, Универзитет у Београду (2001): Студија водопривредне проблематике брдско-планинских подручја у Србији
121. Шумарски факултет, Универзитет у Београду (2009): Генерални пројекат уређења ерозионих и бујичних подручја у Србији, VI фаза.

Индекс слика

Слика 3.1 Карта подручја истраживања	8
Слика 5.1 Прегледна карта подручја слива акумулације „Ђелије”	19
Слика 5.2 Хидрографска карта слива акумулације „Ђелије”	21
Слика 5.3 Висинска представа слива акумулације „Ђелије”	23
Слика 5.4 Карта нагиба терена слива акумулације „Ђелије”	24
Слика 5.5 Прегледна карта подручја слива акумулације „Селова”	25
Слика 5.6 Хидрографска карта слива акумулације „Селова”	27
Слика 5.7 Висинска представа слива акумулације „Селова”	29
Слика 5.8 Карта нагиба терена у сливу акумулације „Селова”	30
Слика 5.9 Геолошка карта слива акумулације „Ђелије”	31
Слика 5.10 Карта еродибилности стена у сливу акумулације „Ђелије”	32
Слика 5.11 Геолошка карта слива акумулације „Селова”	33
Слика 5.12 Карта еродибилности стена у сливу акумулације „Селова”	33
Слика 5.13 Педолошка карта слива акумулације „Ђелије”	36
Слика 5.14 Педолошка карта слива акумулације „Селова”	39
Слика 5.15 Карта средњих годишњих падавина у сливу реке Расине	41
Слика 5.16 Карта средњих годишњих температура ваздуха у сливу реке Расине	42
Слика 5.17 Карта средњих годишњих падавина у сливу акумулације „Селова”	43
Слика 5.18 Карта средњих годишњих температура ваздуха у сливу акумулације „Селова”	44
Слика 5.19 Начин коришћења земљишта у сливу акумулације „Ђелије”, стање 1968. године	45
Слика 5.20 Начин коришћења земљишта у сливу акумулације „Ђелије”, стање 2009. године	47
Слика 5.21 Начин коришћења земљишта у сливу акумулације „Ђелије” 2022. године	49
Слика 5.22 Начин коришћења земљишта у сливу акумулације „Селова”, стање 2006. године	52
Слика 5.23 Начин коришћења земљишта у сливу акумулације „Селова”, стање 2022. године	55
Слика 5.24 Карта ерозије у сливу акумулације „Ђелије” 1968. године	63
Слика 5.25 Карта ерозије у сливу акумулације „Ђелије” 2009. године	64
Слика 5.26 Карта ерозије у сливу акумулације „Ђелије” 2022. године	68
Слика 5.27 Карта ерозије у сливу акумулације „Селова” 2006. године	71
Слика 5.28 Карта ерозије у сливу акумулације „Селова” 2022. година	74
Слика 6.1 Положај попречних објеката (преграда) у сливу акумулације „Ђелије”	84
Слика 6.2 Преграда 1 у кориту Блаташнице, 2009. и 2022. године	84
Слика 6.3 Заплав преграде 2 у кориту Блаташнице, 2009. и 2022. године	85
Слика 6.4 Брана и праг у кориту Поповачке реке	85
Слика 6.5 Преграда 1 (лево) и преграда 2 (десно) у кориту Жуњске реке	86
Слика 6.6 Преграда 3 (лево) и преграда 4 (десно) у кориту Жуњске реке	86
Слика 6.7 Преграда 1 и прелив преграде 1 на Козничкој реци	86
Слика 6.8 Преграда 1 на притоци реке Загржа 2009. и 2022. године	87
Слика 6.9 Преграда и заплав у кориту Расине, узводно од водозахвата	87
Слика 6.10 Прагови у кориту Грашевачке реке	88
Слика 6.11 Регулисано корито Расине у Брусу	89
Слика 6.12 Положај попречних објеката (преграда) у сливу акумулације „Селова”	90
Слика 6.13 Преграда у кориту Средњег потока	91
Слика 6.14 Преграда и заплав у кориту Љутовског потока	91
Слика 6.15 Преграда у кориту Вратничког потока	92

Слика 6.16 Преграда 1 (лево) и преграда 2 (десно) у кориту Маговског потока.....	92
Слика 6.17 Преграда 1 (лево) и преграда 2 (десно) у кориту реке Качаруше.....	92
Слика 6.18 Преграда и зуб преграде у кориту Паваштичког потока.....	93
Слика 6.19 Заплав преграде у кориту Паваштичког потока.....	93
Слика 6.20 Преграда 1 (лево) и преграда 2 (десно) у кориту Мале реке.....	93

Индекс табела

Табела 4.1 Вредности коефицијента ерозије.....	14
Табела 5.1 Физичко-географске карактеристике сливова на подручју слива акумулације „Ђелије“.....	22
Табела 5.2 Висинска подела у сливу акумулације „Ђелије“.....	23
Табела 5.3 Нагиб у сливу акумулације „Ђелије“.....	24
Табела 5.4 Физичко-географске карактеристике сливова на подручју слива акумулације „Селова“.....	28
Табела 5.5 Висинска расподела у сливу акумулације „Селова“.....	29
Табела 5.6 Нагиб у сливу акумулације „Селова“.....	29
Табела 5.7 Типови земљишта у сливу акумулације „Ђелије“.....	37
Табела 5.8 Типови земљишта у сливу акумулације „Селова“.....	40
Табела 5.9 Основне карактеристике мерних станица за подручје слива Расине.....	41
Табела 5.10 Средња годишња температура ваздуха и средње годишње количине падавина у сливу реке Расине.....	42
Табела 5.11 Основне карактеристике мерних станица у сливу акумулације „Селова“.....	43
Табела 5.12 Средње годишње падавине и температуре ваздуха у сливу акумулације „Селова“.....	44
Табела 5.13 Начин коришћења земљишта у подсливовима акумулације „Ђелије“ 1968. године.....	46
Табела 5.14 Начин коришћења земљишта у подсливовима акумулације „Ђелије“ 2009. године.....	48
Табела 5.15 Начин коришћења земљишта у подсливовима акумулације „Ђелије“ 2022. године.....	50
Табела 5.16 Начин коришћења земљишта у сливу акумулације „Ђелије“ 1968, 2009. и 2022. године.....	51
Табела 5.17 Начин коришћења земљишта у подсливовима акумулације „Селова“ 1988. године.....	53
Табела 5.18 Начин коришћења земљишта у подсливовима акумулације „Селова“ 2006. године.....	54
Табела 5.19 Начин коришћења земљишта у подсливовима акумулације „Селова“ 2022. године.....	56
Табела 5.20 Начин коришћења земљишта у сливу акумулације „Селова“ 1988, 2006. и 2022. године.....	57
Табела 5.21 Број становника 1948-2022. године у сливу акумулације „Ђелије“.....	58
Табела 5.22 Старосна структура по великим старосним интервалима у сливу акумулације „Ђелије“.....	58
Табела 5.23 Старосна структура по радним узрастима у сливу акумулације „Ђелије“.....	59
Табела 5.24 Број домаћинства током периода 1948-2022. године у сливу акумулације „Ђелије“.....	59
Табела 5.25 Број становника током периода 1948-2022. године у сливу акумулације „Селова“.....	60

Табела 5.26 Старосна структура по великим старосним интервалима у сливу акумулације „Селова”	61
Табела 5.27 Старосна структура по радним узрастима у сливу акумулације „Селова“	61
Табела 5.28 Број домаћинстава током периода 1948-2022. године у сливу акумулације „Селова“	61
Табела 5.29 Категорије ерозије у подсливовима акумулације „Ђелије” 1968. године.....	65
Табела 5.30 Категорије ерозије у подсливовима акумулације „Ђелије“ 2009. године.....	66
Табела 5.31 Категорије ерозије у подсливовима акумулације „Ђелије“ 2022. године.....	67
Табела 5.32 Стање ерозије у сливу акумулације „Ђелије“ 1968, 2009. и 2022. године.....	69
Табела 5.33 Категорије ерозије у подсливовима акумулације „Селова” 1988. године.....	70
Табела 5.34 Категорије ерозије у подсливовима акумулације „Селова“ 2006. године.....	71
Табела 5.35 Категорије ерозије у подсливовима акумулације „Селова” 2022. године.....	73
Табела 5.36 Стање ерозије у сливу акумулације „Селова“ 1988, 2006. и 2022. године.....	75
Табела 5.37 Продукција и пронос наноса у подсливовима акумулације „Ђелије”, стање 1968. године.....	76
Табела 5.38 Продукција и пронос наноса у подсливовима акумулације „Ђелије“, стање 2009. године	77
Табела 5.39 Продукција и пронос наноса у подсливовима акумулације „Ђелије“, стање 2022. године	78
Табела 5.40 Продукција и пронос наноса у сливу акумулације „Ђелије“ 1968-2022.	79
Табела 5.41 Продукција и пронос наноса у подсливовима акумулације „Селова“ 1988. године	80
Табела 5.42 Продукција и пронос наноса у подсливовима акумулације „Селова“ 2006. године.....	80
Табела 5.43 Продукција и пронос наноса у подсливовима акумулације „Селова“ 2022. године	81
Табела 5.44 Продукција и пронос наноса у сливу акумулације „Селова“ 1956-2022. године	82
Табела 6.1 Анализирани попречни објекти у сливу акумулације „Ђелије“	83
Табела 6.2 Основне карактеристике анализираних преграда.....	88
Табела 6.3 Технички радови у сливу акумулације „Селова”.....	89
Табела 6.4 Анализирани попречни објекти у сливу акумулације „Селова”	90
Табела 6.5 Основне карактеристике анализираних преграда.....	94
Табела 6.6 Пошумљавање у периоду 1980-1998.	95
Табела 6.7 Пошумљавање у периоду 2009–2020.....	97
Табела 6.8 Пошумљавање у периоду 2008-2023	97
Табела 6.9 Пошумљавање у сливу акумулације „Ђелије“ у периоду 1960-2023.....	97
Табела 6.10 Затрављивање у сливу акумулације „Ђелије“	98
Табела 6.11 Пошумљавање у периоду 2006-2022.....	99
Табела 6.12 Биолошки радови у сливу акумулације „Селова” у периоду 1955-2022.	99
Табела 7.1 Падови корита и запава у анализираним водотоковима	100
Табела 7.2 Линеарна регресија, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(I_t)$	100
Табела 7.3 Пречници наноса (mm)	116
Табела 7.4 Линеарна регресија, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(d_5)$	116
Табела 7.5 Линеарна регресија, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(d_{10})$	117
Табела 7.6 Линеарна регресија, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(d_{25})$	117
Табела 7.7 Линеарна регресија, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(d_{30})$	117
Табела 7.8 Линеарна регресија, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(d_{50})$	118
Табела 7.9 Линеарна регресија, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(d_{60})$	118
Табела 7.10 Линеарна регресија, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(d_{75})$	118
Табела 7.11 Линеарна регресија, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(d_{90})$	119

Табела 7.12	Линеарна регресија, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(d_{95})$	119
Табела 7.13	Линеарна регресија, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(d_{97.5})$	119
Табела 7.14	Коефицијенти неједнородности наноса.....	120
Табела 7.15	Линеарна регресија, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(U)$	120
Табела 7.16	Линеарна регресија, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(K_m)$	121
Табела 7.17	Линеарна регресија, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(K_d)$	121
Табела 7.18	Линеарна регресија, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(K_k)$	121
Табела 7.19	Линеарна регресија, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(S)$	122
Табела 7.20	Линеарна регресија, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(S_0)$	122
Табела 7.21	Двострука корелација, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(I_t, d_5)$	123
Табела 7.22	Двострука корелација, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(I_t, d_{10})$	123
Табела 7.23	Двострука корелација, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(I_t, d_{25})$	124
Табела 7.24	Двострука корелација, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(I_t, d_{30})$	124
Табела 7.25	Двострука корелација, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(I_t, d_{50})$	125
Табела 7.26	Двострука корелација, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(I_t, d_{60})$	125
Табела 7.27	Двострука корелација, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(I_t, d_{75})$	126
Табела 7.28	Двострука корелација, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(I_t, d_{90})$	126
Табела 7.29	Двострука корелација, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(I_t, d_{95})$	127
Табела 7.30	Двострука корелација, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(I_t, U)$	127
Табела 7.31	Двострука корелација, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(I_t, K_m)$	128
Табела 7.32	Двострука корелација, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(I_t, K_d)$	128
Табела 7.33	Двострука корелација, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(I_t, K_k)$	129
Табела 7.34	Двострука корелација, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(I_t, S)$	129
Табела 7.35	Двострука корелација, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(I_t, S_0)$	130
Табела 7.36	Трострука корелација, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(I_t, d_{75}, K_d)$	130
Табела 7.37	Трострука корелација, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(I_t, d_{90}, K_d)$	131
Табела 7.38	Трострука корелација, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(I_t, d_{97.5}, K_d)$	131
Табела 7.39	Трострука корелација, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(I_t, d_{10}, d_{50})$	132
Табела 7.40	Трострука корелација, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(I_t, d_{30}, d_{60})$	132
Табела 7.41	Трострука корелација, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(I_t, d_{10}, K_d)$	133
Табела 7.42	Трострука корелација, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(I_t, d_{30}, S_0)$	133
Табела 7.43	Трострука корелација, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(I_t, d_{50}, S_0)$	134
Табела 7.44	Четворострука корелација, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(I_t, d_{10}, d_{75}, K_d)$	135
Табела 7.45	Четворострука корелација, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(I_t, d_{75}, d_{97.5}, K_d)$	135
Табела 7.46	Четворострука корелација, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(I_t, d_{10}, d_{50}, K_k)$	136
Табела 7.47	Четворострука корелација, слив акумулације „Ђелије” $I_z = f(I_t, d_{60}, d_{90}, K_k)$	137
Табела 7.48	Количина задржаног наноса у заплавима анализираних објеката у сливу акумулације „Ђелије”	138
Табела 7.49	Падови корита и заплава у анализираним водотоковима	139
Табела 7.50	Линеарна регресија, слив акумулације „Селова” $I_z = f(I_t)$	140
Табела 7.51	Пречници наноса (mm).....	152
Табела 7.52	Линеарна регресија, слив акумулације „Селова” $I_z = f(d_5)$	152
Табела 7.53	Линеарна регресија, слив акумулације „Селова” $I_z = f(d_{10})$	153
Табела 7.54	Линеарна регресија, слив акумулације „Селова” $I_z = f(d_{25})$	153
Табела 7.55	Линеарна регресија, слив акумулације „Селова” $I_z = f(d_{30})$	153
Табела 7.56	Линеарна регресија, слив акумулације „Селова” $I_z = f(d_{50})$	154
Табела 7.57	Линеарна регресија, слив акумулације „Селова” $I_z = f(d_{60})$	154
Табела 7.58	Линеарна регресија, слив акумулације „Селова” $I_z = f(d_{75})$	154
Табела 7.59	Линеарна регресија, слив акумулације „Селова” $I_z = f(d_{90})$	155
Табела 7.60	Линеарна регресија, слив акумулације „Селова” $I_z = f(d_{95})$	155

Табела 7.61	Линеарна регресија, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(d_{97.5})$	155
Табела 7.62	Коефицијенти неједнородности наноса „Селова“	156
Табела 7.63	Линеарна регресија, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(U)$	156
Табела 7.64	Линеарна регресија, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(K_m)$	157
Табела 7.65	Линеарна регресија, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(K_d)$	157
Табела 7.66	Линеарна регресија, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(K_k)$	157
Табела 7.67	Линеарна регресија, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(S)$	158
Табела 7.68	Линеарна регресија, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(S_0)$	158
Табела 7.69	Двострука корелација, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(I_t, d_5)$	159
Табела 7.70	Двострука корелација, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(I_t, d_{10})$	159
Табела 7.71	Двострука корелација, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(I_t, d_{25})$	160
Табела 7.72	Двострука корелација, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(I_t, d_{30})$	160
Табела 7.73	Двострука корелација, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(I_t, d_{50})$	161
Табела 7.74	Двострука корелација, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(I_t, d_{60})$	161
Табела 7.75	Двострука корелација, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(I_t, d_{75})$	162
Табела 7.76	Двострука корелација, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(I_t, d_{90})$	162
Табела 7.77	Двострука корелација, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(I_t, d_{95})$	163
Табела 7.78	Двострука корелација, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(I_t, d_{97.5})$	163
Табела 7.79	Двострука корелација, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(I_t, U)$	164
Табела 7.80	Двострука корелација, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(I_t, K_m)$	164
Табела 7.81	Двострука корелација, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(I_t, K_d)$	165
Табела 7.82	Двострука корелација, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(I_t, K_k)$	165
Табела 7.83	Двострука корелација, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(I_t, S)$	166
Табела 7.84	Двострука корелација, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(I_t, S_0)$	166
Табела 7.85	Трострука корелација, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(I_t, d_5, d_{25})$	167
Табела 7.86	Трострука корелација, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(I_t, d_{10}, d_{50})$	167
Табела 7.87	Трострука корелација, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(I_t, d_{25}, d_{60})$	168
Табела 7.88	Трострука корелација, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(I_t, d_{10}, K_d)$	168
Табела 7.89	Трострука корелација, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(I_t, d_{30}, K_m)$	169
Табела 7.90	Трострука корелација, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(I_t, d_{75}, K_d)$	169
Табела 7.91	Трострука корелација, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(I_t, d_{90}, S_0)$	170
Табела 7.92	Четворострука корелација, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(I_t, d_{10}, d_{90}, K_d)$	170
Табела 7.93	Четворострука корелација, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(I_t, d_{30}, d_{60}, K_m)$	171
Табела 7.94	Четворострука корелација, слив акумулације „Селова“ $I_z = f(I_t, d_5, d_{30}, d_{97.5})$	172
Табела 7.95	Количина задржаног наноса у заплавима анализираних објеката у сливу акумулације „Селова“	173
Табела 8.1	Количина задржаног наноса у заплавима анализираних преграда	175
Табела 8.2	Коефицијент ерозије у сливу акумулације „Ђелије“ 1968-2022	176
Табела 8.3	Коефицијент ерозије у сливу акумулације „Селова“ 1988-2022	177

Индекс графикана

Графикон 5.1 Број становника 1948-2022. године у сливу акумулације „Ђелије“	58
Графикон 5.2 Број домаћинстава током периода 1948-2022. године у сливу акумулације „Ђелије“	59
Графикон 5.3 Број становника током периода 1948-2022. године у сливу акумулације „Селова“	60
Графикон 5.4 Број домаћинстава 1948-2022. године у сливу акумулације „Селова“	62
Графикон 5.5 Продукција наноса у сливу акумулације „Ђелије“ за период истраживања	79
Графикон 5.6 Продукција наноса у сливу акумулације „Селова“ за период истраживања	81
Графикон 7.1 Зависност падова заплава од падова корита у анализираним сливовима	101
Графикон 7.2 Гранулометријска крива, река Блаташница преграда 1	102
Графикон 7.3 Гранулометријска крива, река Блаташница преграда 2	103
Графикон 7.4 Гранулометријска крива, река Блаташница преграда 3	104
Графикон 7.5 Гранулометријска крива, Поповачка река праг 1	105
Графикон 7.6 Гранулометријска крива, Козничка река преграда 1	106
Графикон 7.7 Гранулометријска крива, Козничка река преграда 2	107
Графикон 7.8 Гранулометријска крива, Козничка река преграда 3	108
Графикон 7.9 Гранулометријска крива, Жуњска река преграда 1	109
Графикон 7.10 Гранулометријска крива, Жуњска река преграда 2	110
Графикон 7.11 Гранулометријска крива, Жуњска река преграда 3	111
Графикон 7.12 Гранулометријска крива, Жуњска река преграда 4	112
Графикон 7.13 Гранулометријска крива, река Загржа преграда 1	113
Графикон 7.14 Гранулометријска крива, река Загржа преграда 2	114
Графикон 7.15 Гранулометријска крива, река Расина преграда 1	115
Графикон 7.16 Зависност падова заплава од падова корита у анализираним сливовима	140
Графикон 7.17 Гранулометријска крива, Средњи поток преграда 1	141
Графикон 7.18 Гранулометријска крива, Струганички поток преграда 1	142
Графикон 7.19 Гранулометријска крива, Вратнички поток преграда 1	143
Графикон 7.20 Гранулометријска крива, Љутовски поток преграда 1	144
Графикон 7.21 Гранулометријска крива, Паваштички поток преграда 1	145
Графикон 7.22 Гранулометријска крива, Мала река преграда 1	146
Графикон 7.23 Гранулометријска крива, Мала река преграда 2	147
Графикон 7.24 Гранулометријска крива, Маговски поток преграда 1	148
Графикон 7.25 Гранулометријска крива, Маговски поток преграда 2	149
Графикон 7.26 Гранулометријска крива, Качаруша преграда 1	150
Графикон 7.27 Гранулометријска крива, Качаруша преграда 2	151

13 ПРИЛОЗИ

Прилог 1 Подужни профил – Река Блаташница П1, П2 и П3

Прилог 2 Подужни профил – Жуњска река П1, П2, П3 и П4

Прилог 3 Подужни профил – Козничка река П1, П2 и П3

Прилог 4 Подужни профил – Река Загржа П1 и П2

Прилог 5 Подужни профил – Поповачка река П1

Прилог 6 Подужни профил – Река Расина П1

Прилог 7 Подужни профил – Средњи поток П1

Прилог 8 Подужни профил – Љутовски поток П1

Прилог 9 Подужни профил – Вратнички поток П1

Прилог 10 Подужни профил – Струганички поток П1

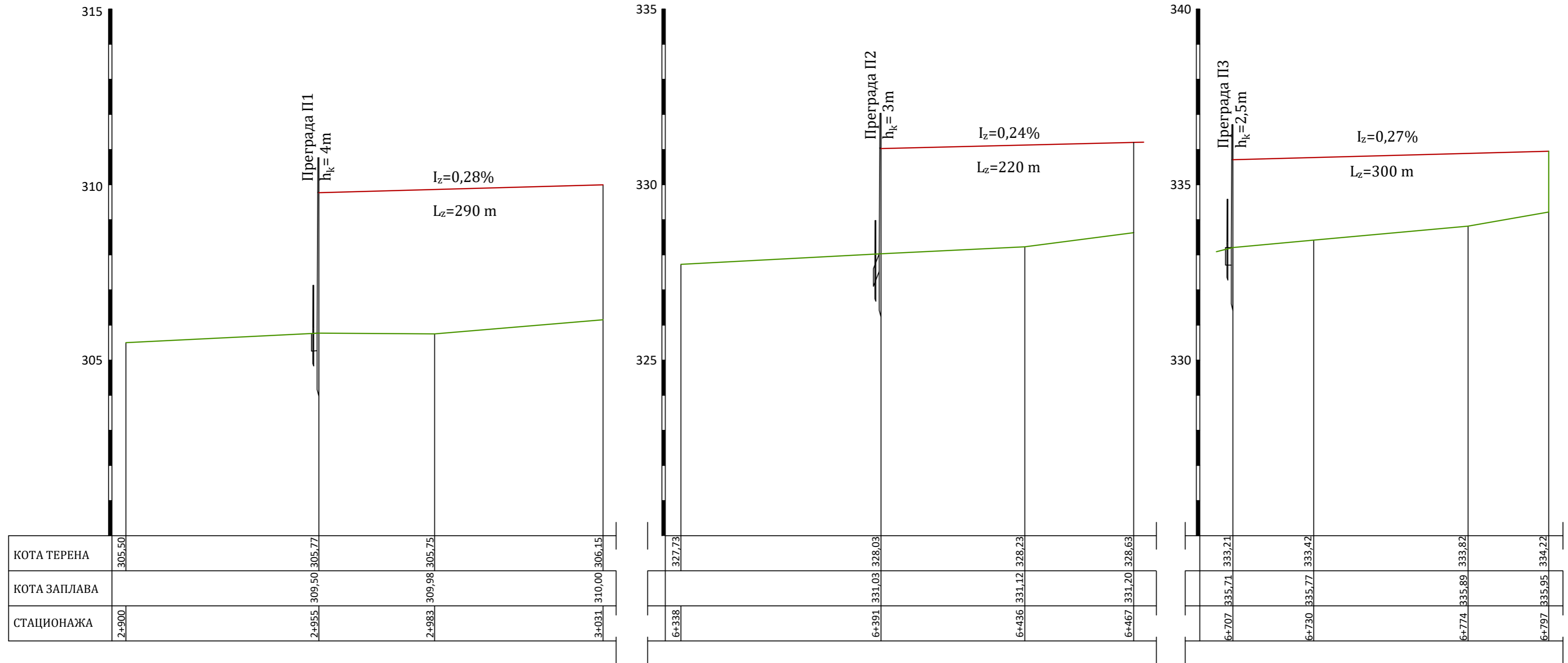
Прилог 11 Подужни профил – Маговски поток П1 и П2

Прилог 12 Подужни профил – Качаруша П1 и П2

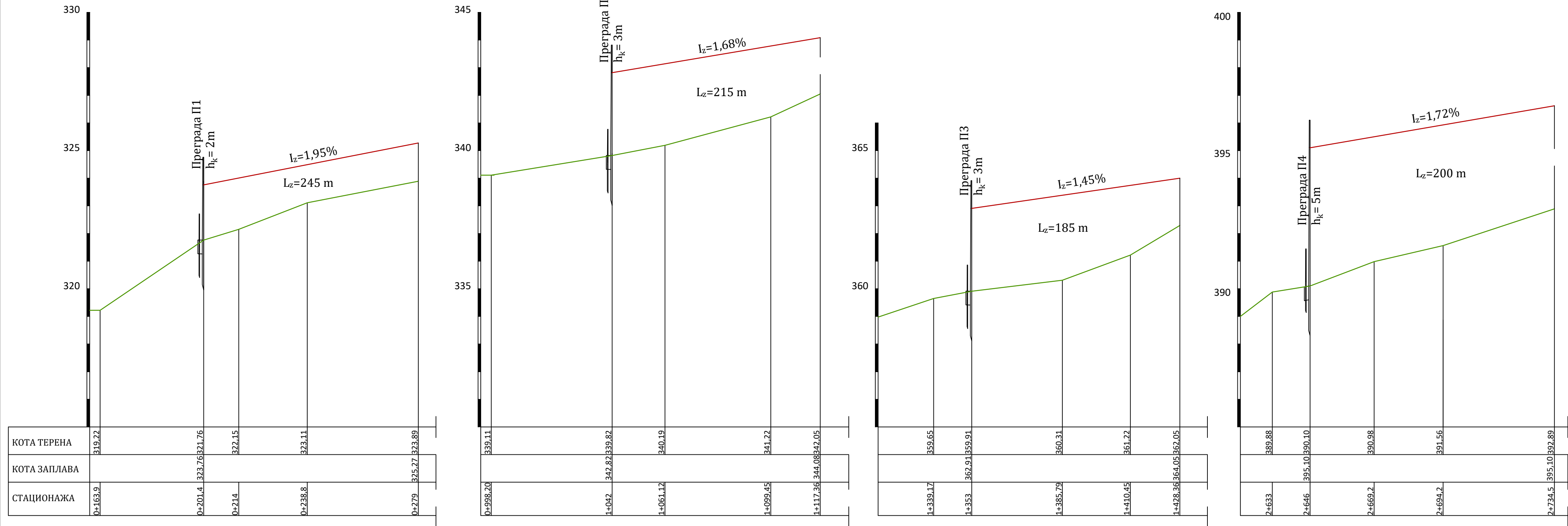
Прилог 13 Подужни профил – Паваштички поток П1

Прилог 14 Подужни профил – Мала река П1 и П2

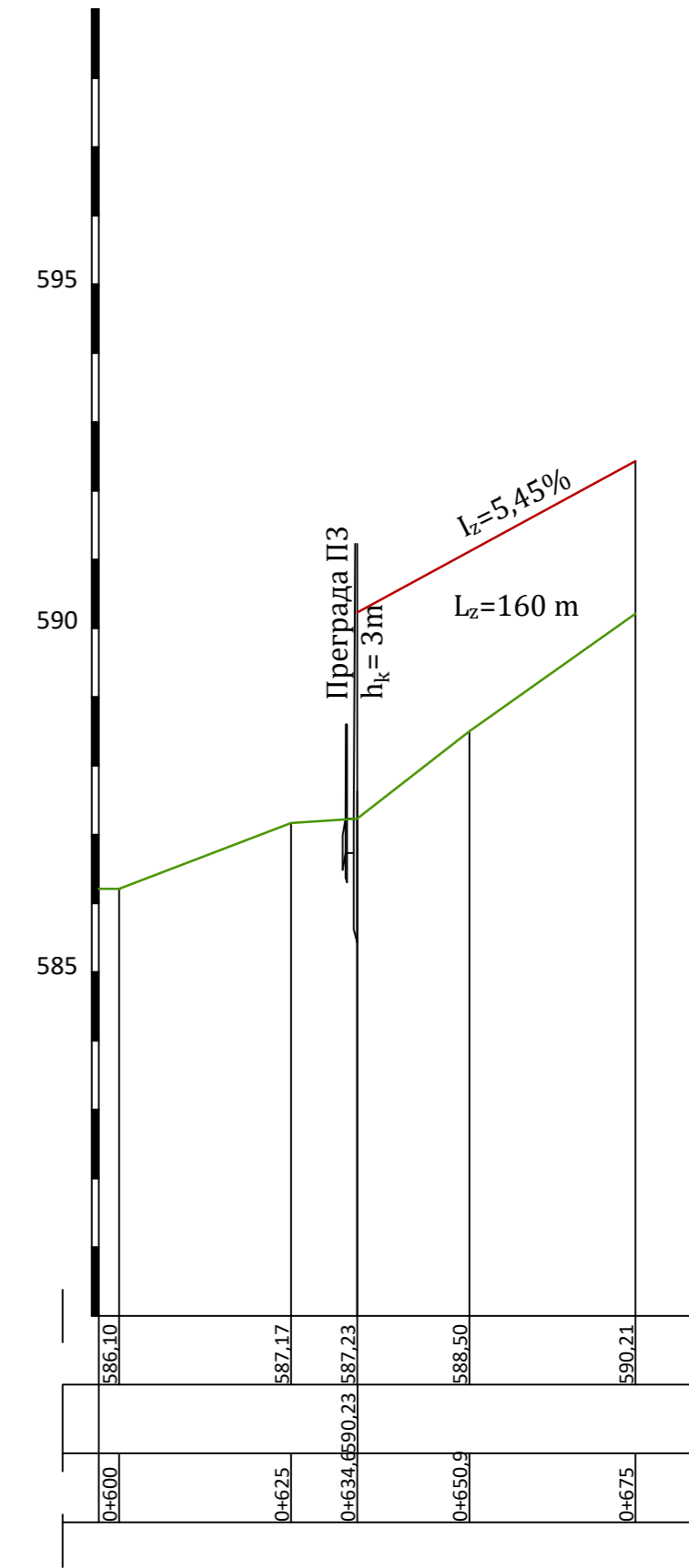
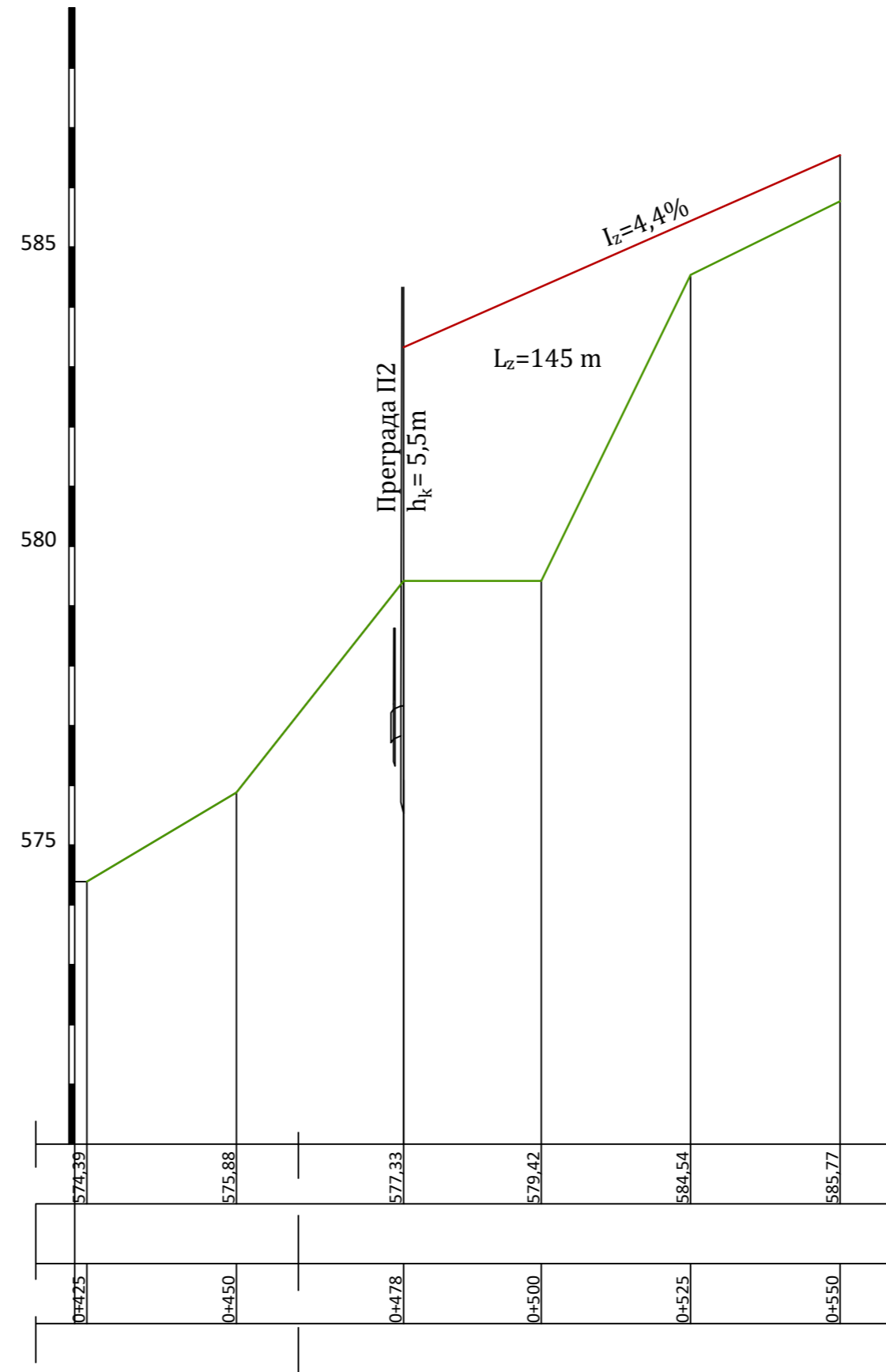
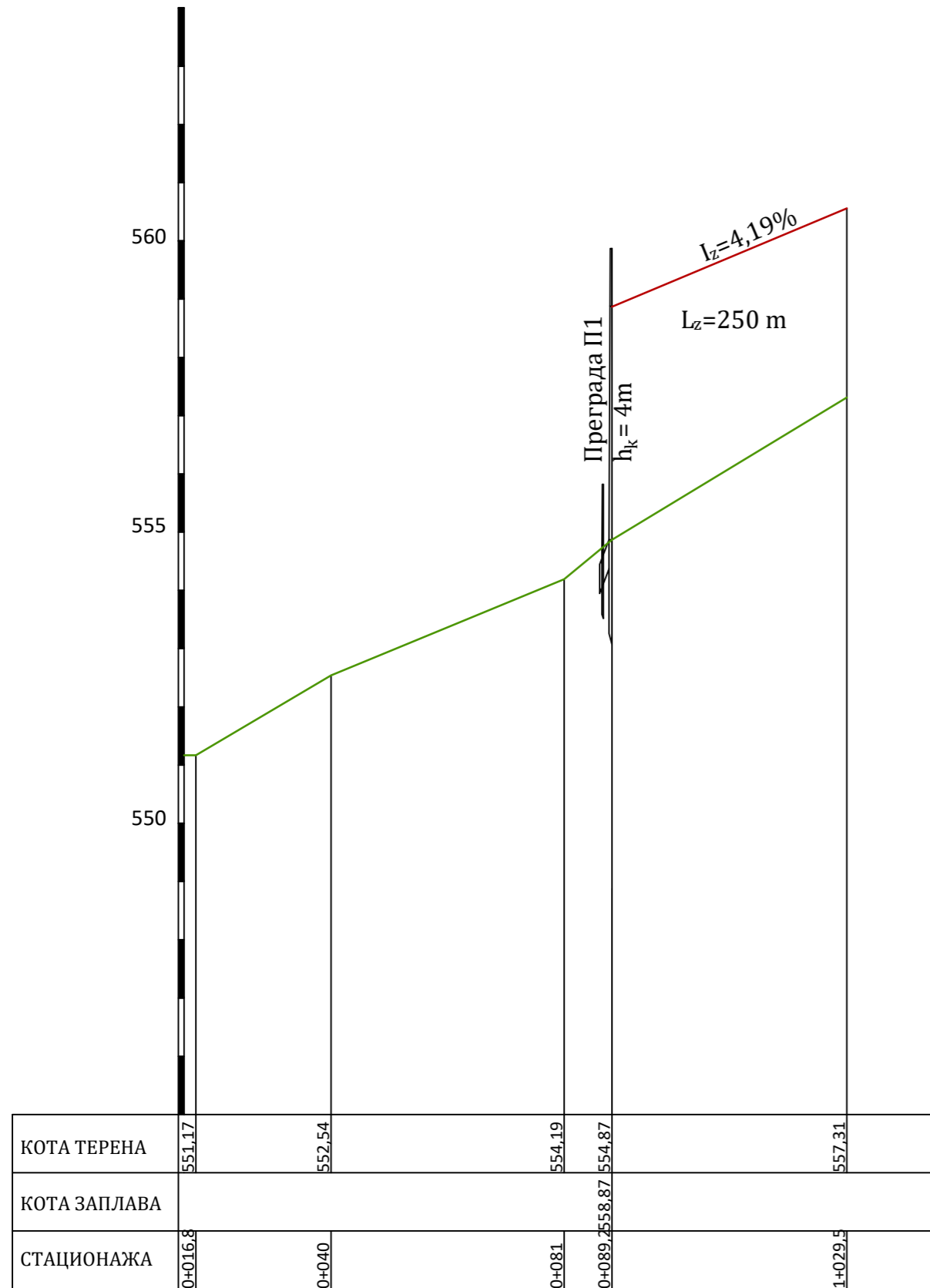
Подужни профил
Река Блаташница П1, П2 и П3
R=1:100/1000



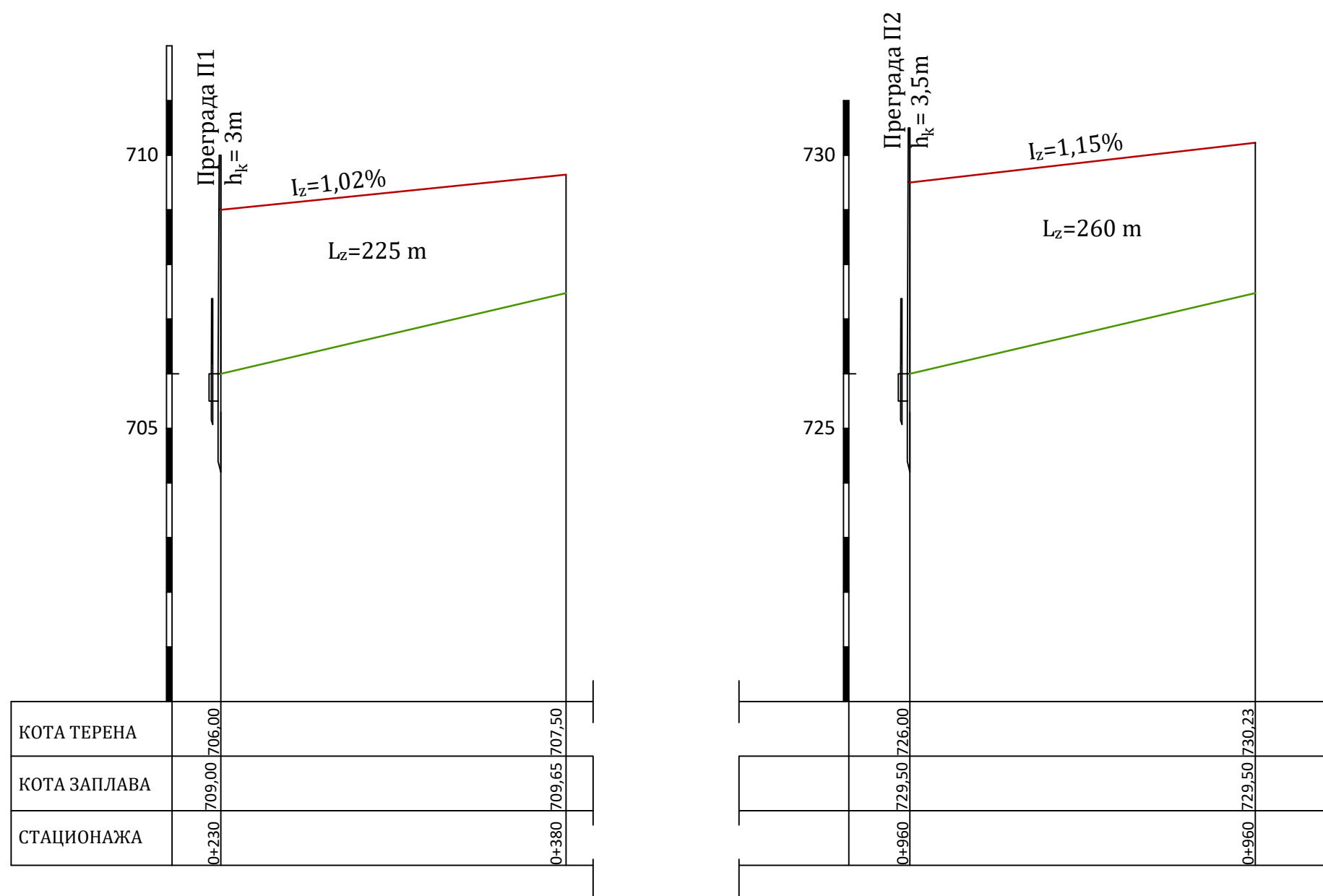
Подужни профил
Жуњска река П1, П2, П3 и П4
R=1:100/1000



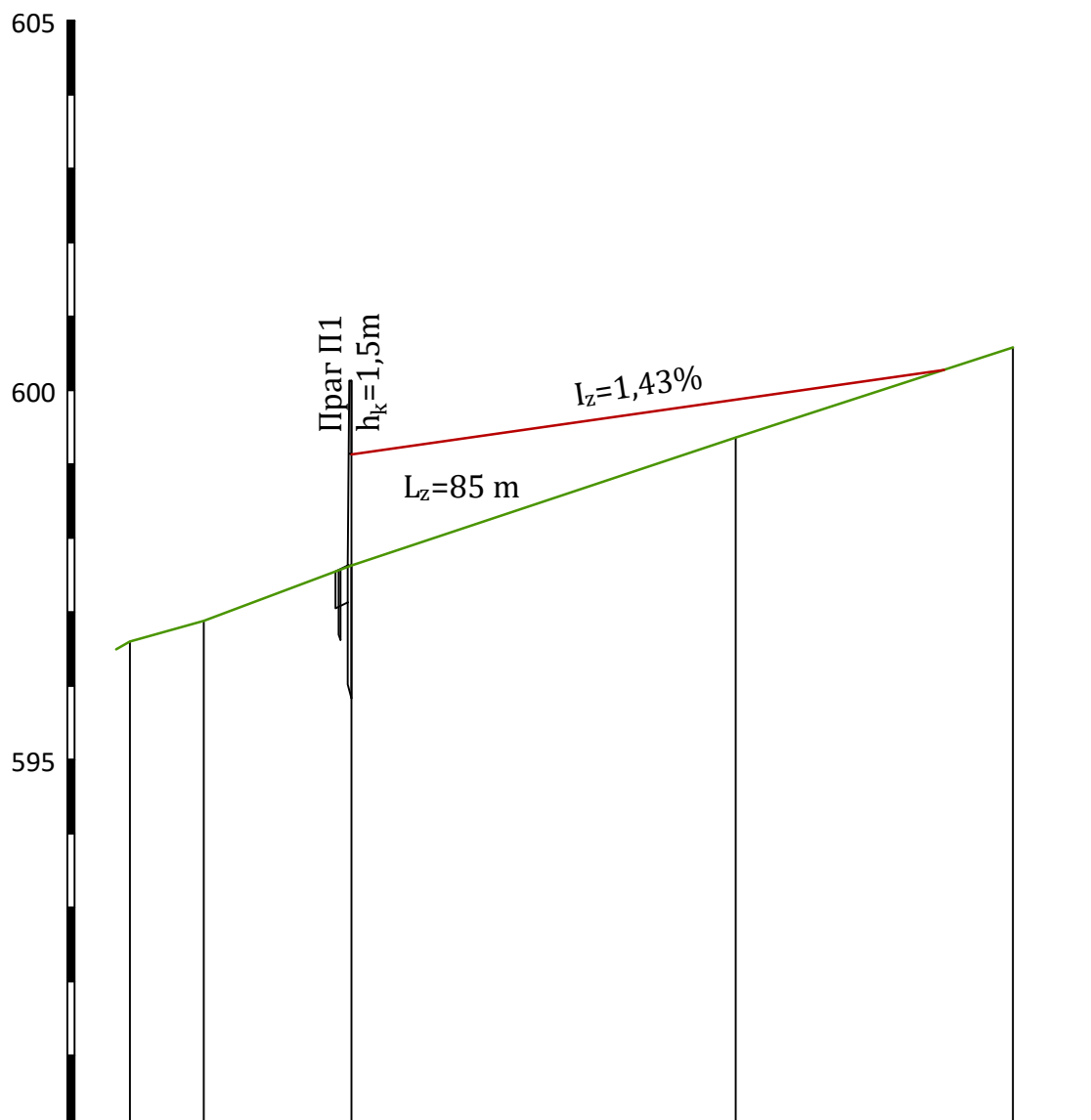
Подужни профил
Козничка река П1, П2 и П3
R=1:100/1000



Подужни профил
 Река Загржа П1 и П2
 R=1:100/1000

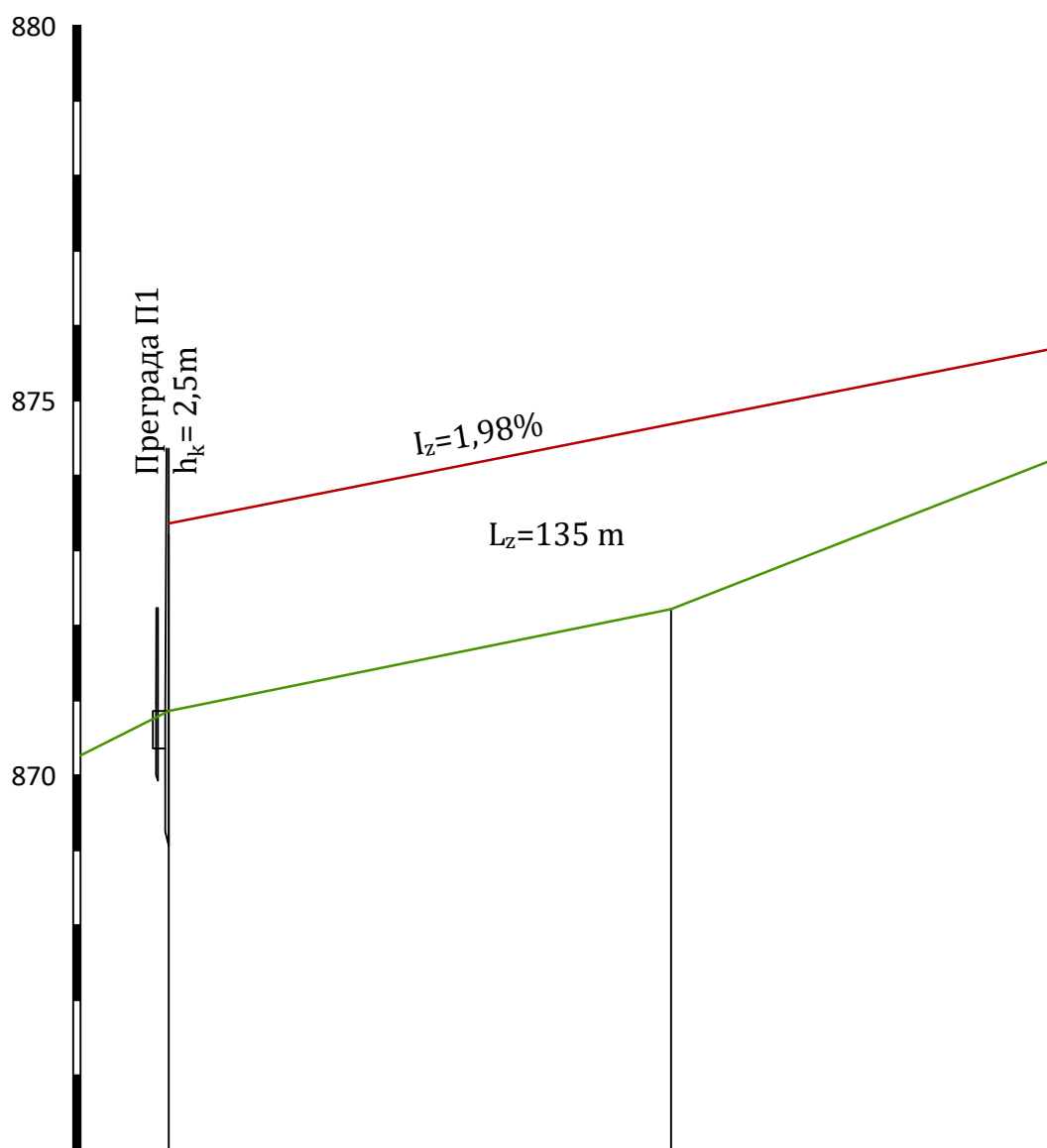


Подужни профил
 Поповачка река, праг П1
 R=1:100/1000



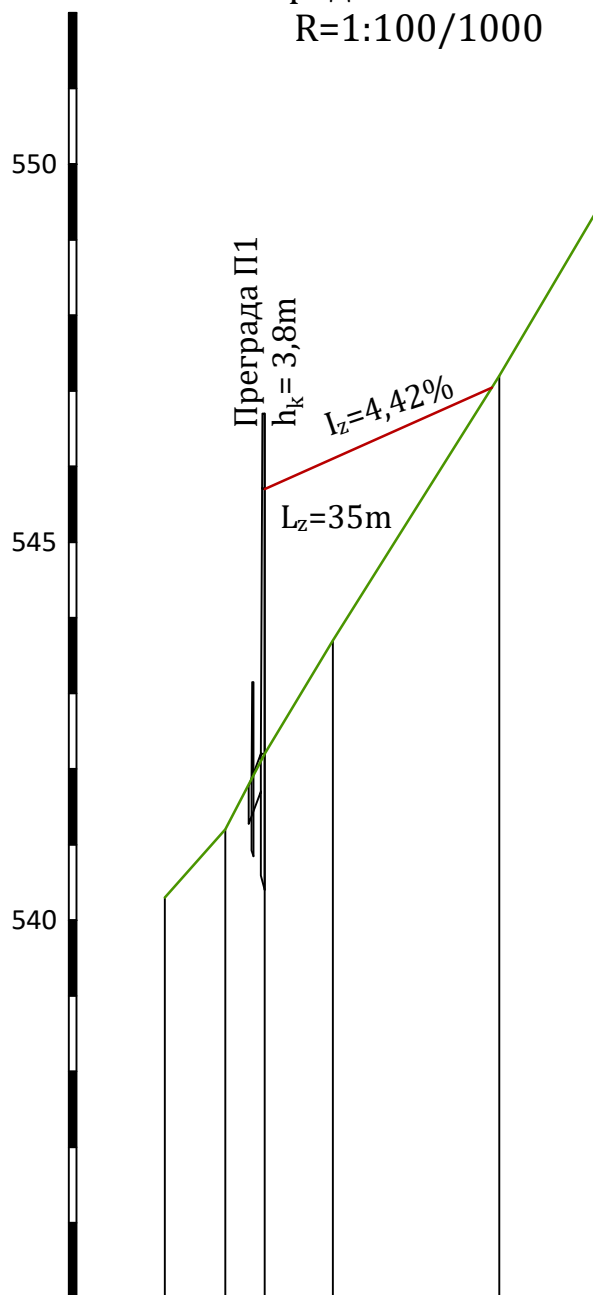
КОТА ТЕРЕНА	596.60	596.88	597.63	599.36	600.50
КОТА ЗАПЛАВА			599.13		600.28
СТАЦИОНАЖА	1+750	1+760	1+780	1+832	1+869.5

Подужни профил
 Река Расина П1
 R=1:100/1000



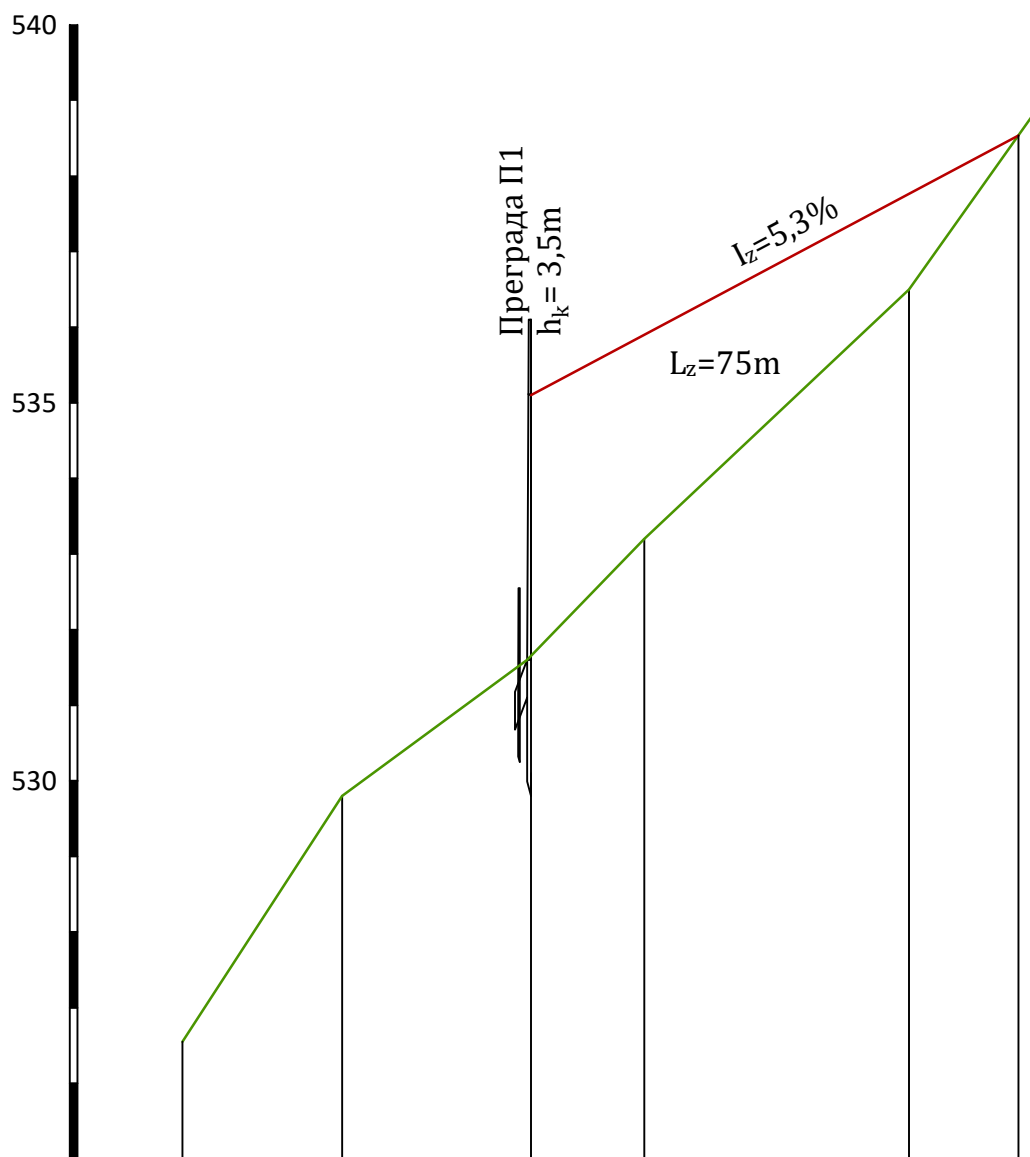
КОТА ТЕРЕНА	870.86	872.22	874.22
КОТА ЗАПЛАВА	873.36		875.70
СТАЦИОНАЖА	4+685.00	4+752.00	4+803.18

Подужни профил
Средњи поток П1
R=1:100/1000



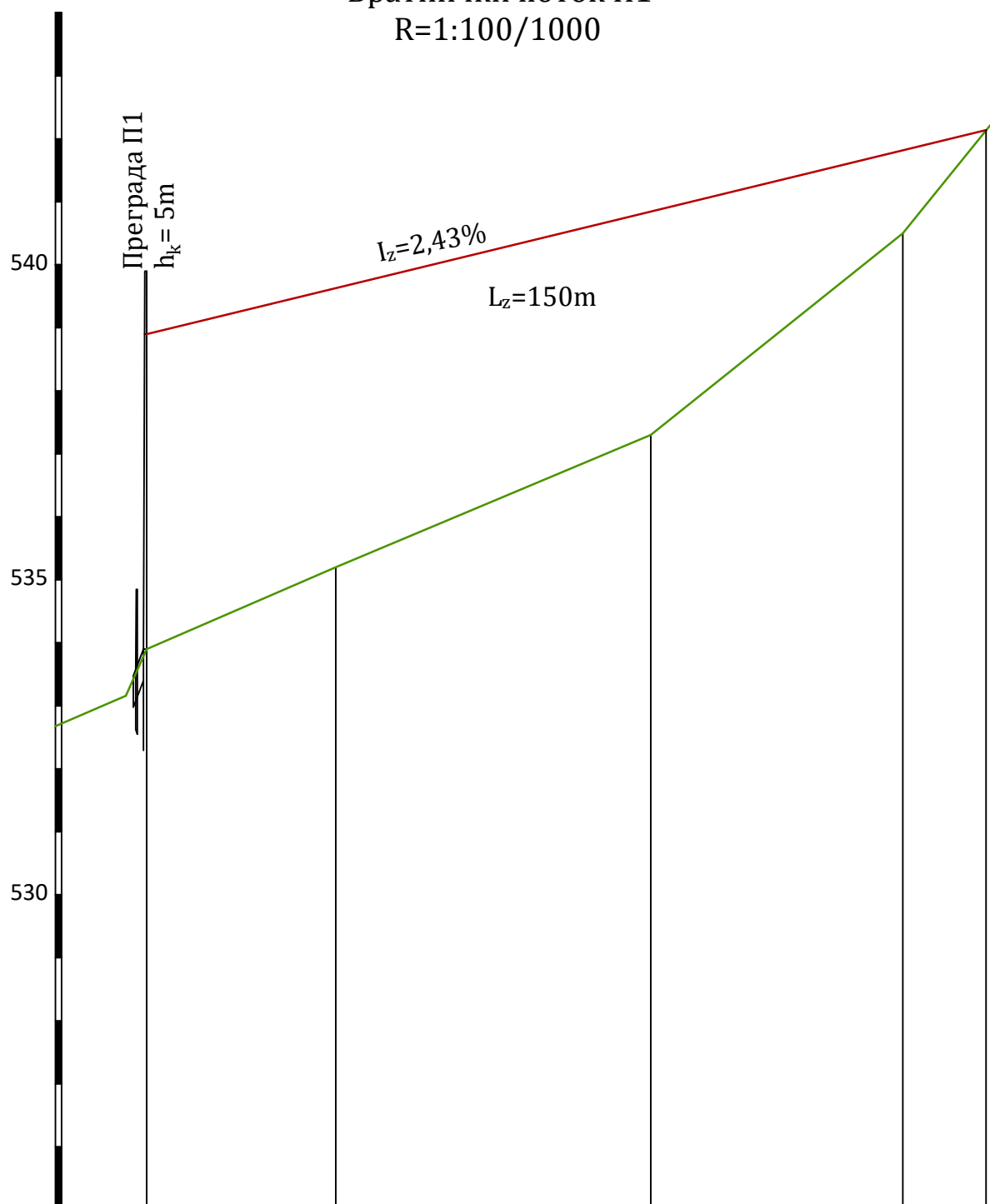
КОТА ТЕРЕНА	540,30	541,20	542,20	543,70	547,20	549,40
КОТА ЗАПЛАВА			545,70			549,40
СТАЦИОНАЖА	0+135,3	0+143,8	0+149	0+158	0+180	0+193

Подужни профил
Љутовски поток П1
R=1:100/1000



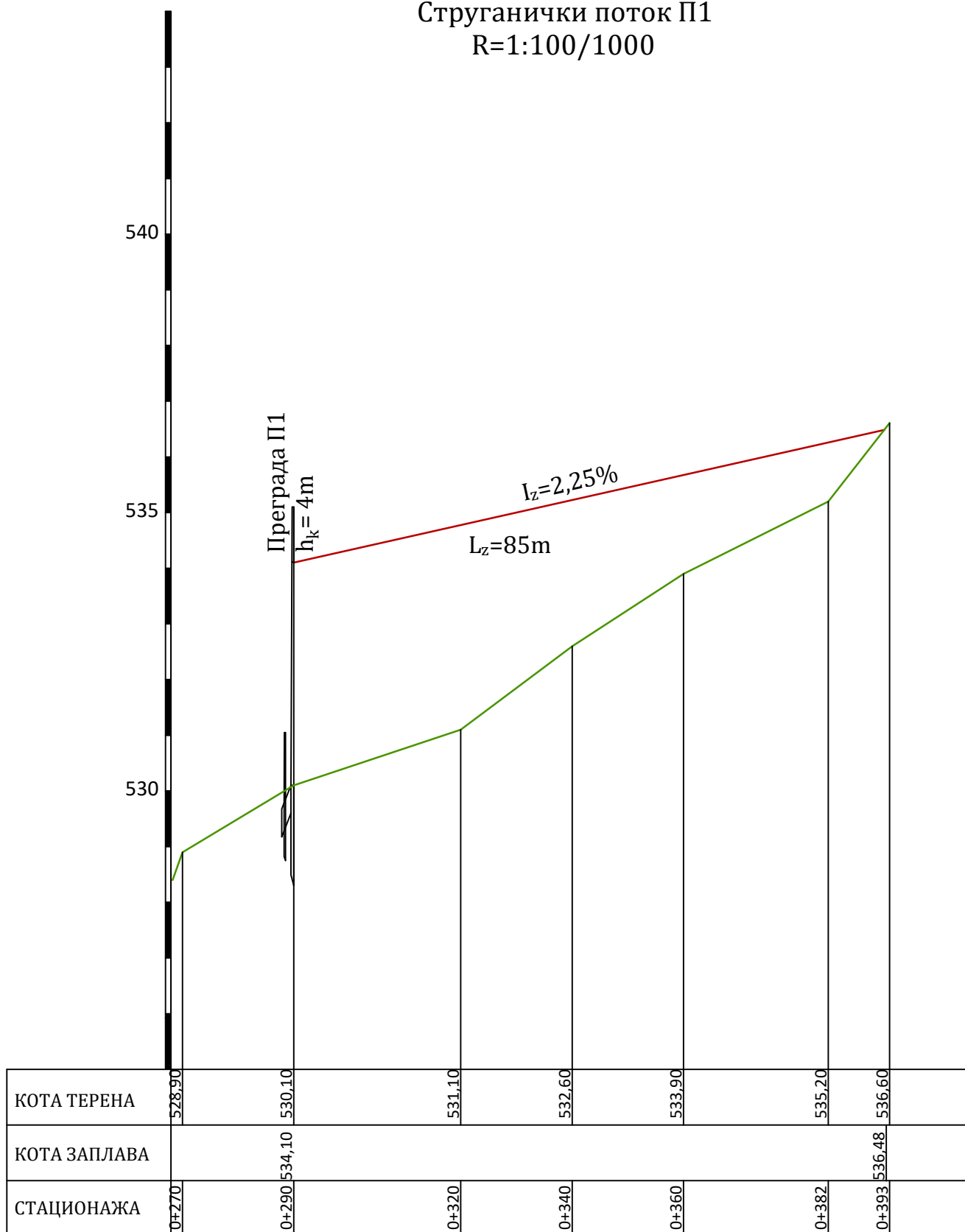
КОТА ТЕРЕНА	526,55	529,80	531,60	533,20	536,50	538,80
КОТА ЗАПЛАВА			535,10			538,80
СТАЦИОНАЖА	0+014	0+035	0+060	0+075	0+110	0+125

Подужни профил
Вратнички поток П1
R=1:100/1000

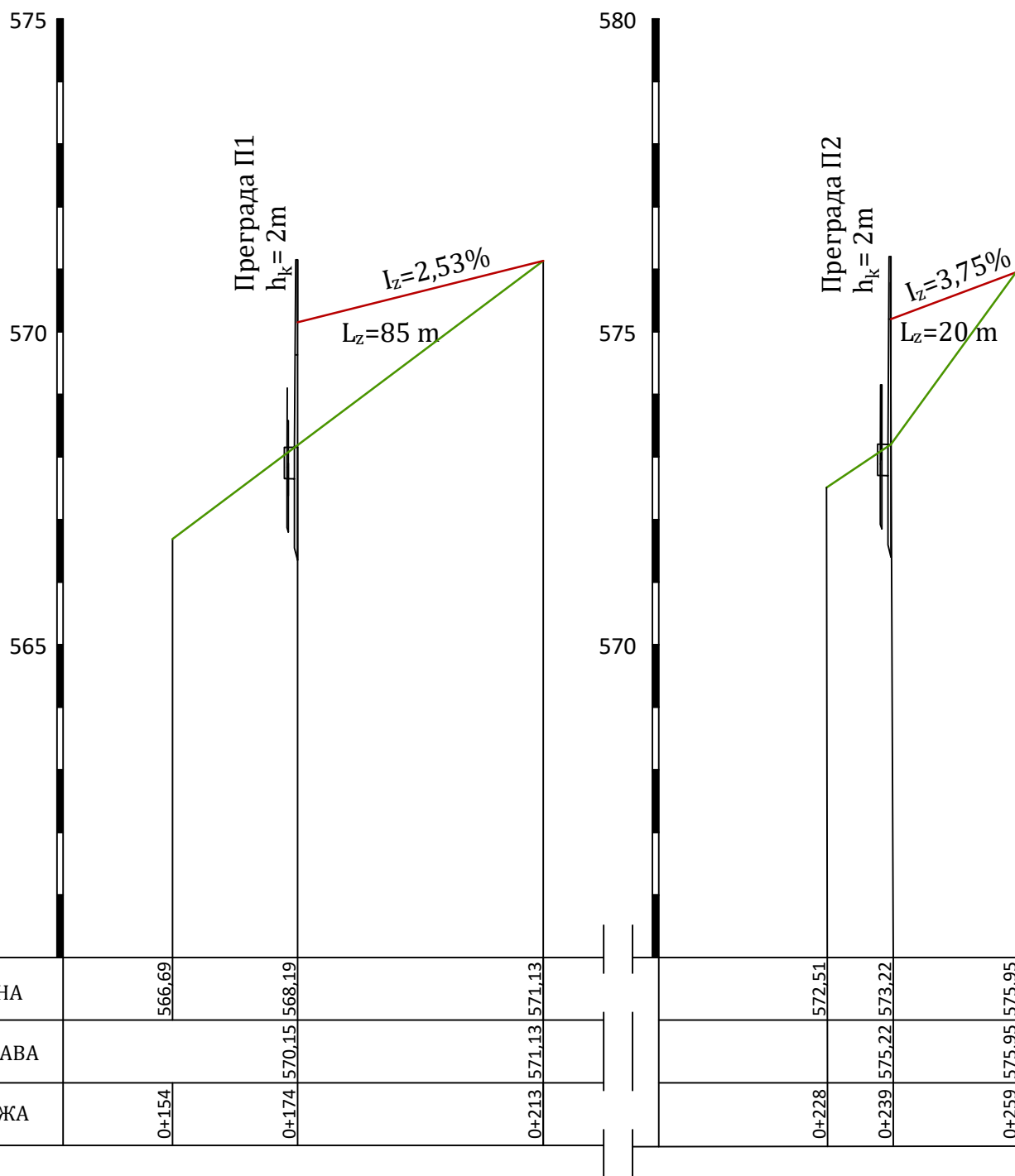


КОТА ТЕРЕНА	533,90	535,20	537,30	540,50	542,10
КОТА ЗАПЛАВА	538,90				542,10
СТАЦИОНАЖА	1+700	1+730	1+780	1+820	1+833

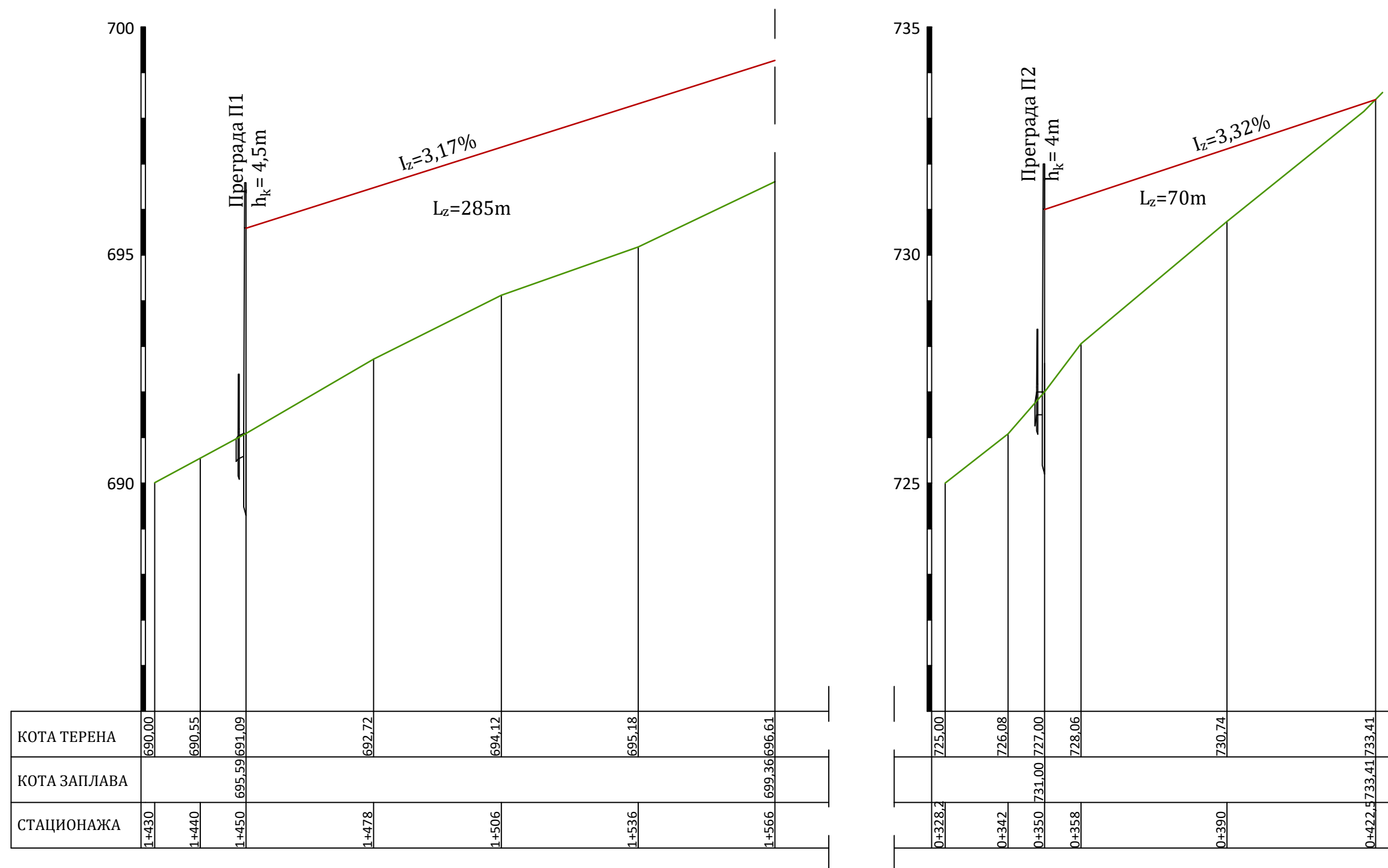
Подужни профил
Струганички поток П1
R=1:100/1000



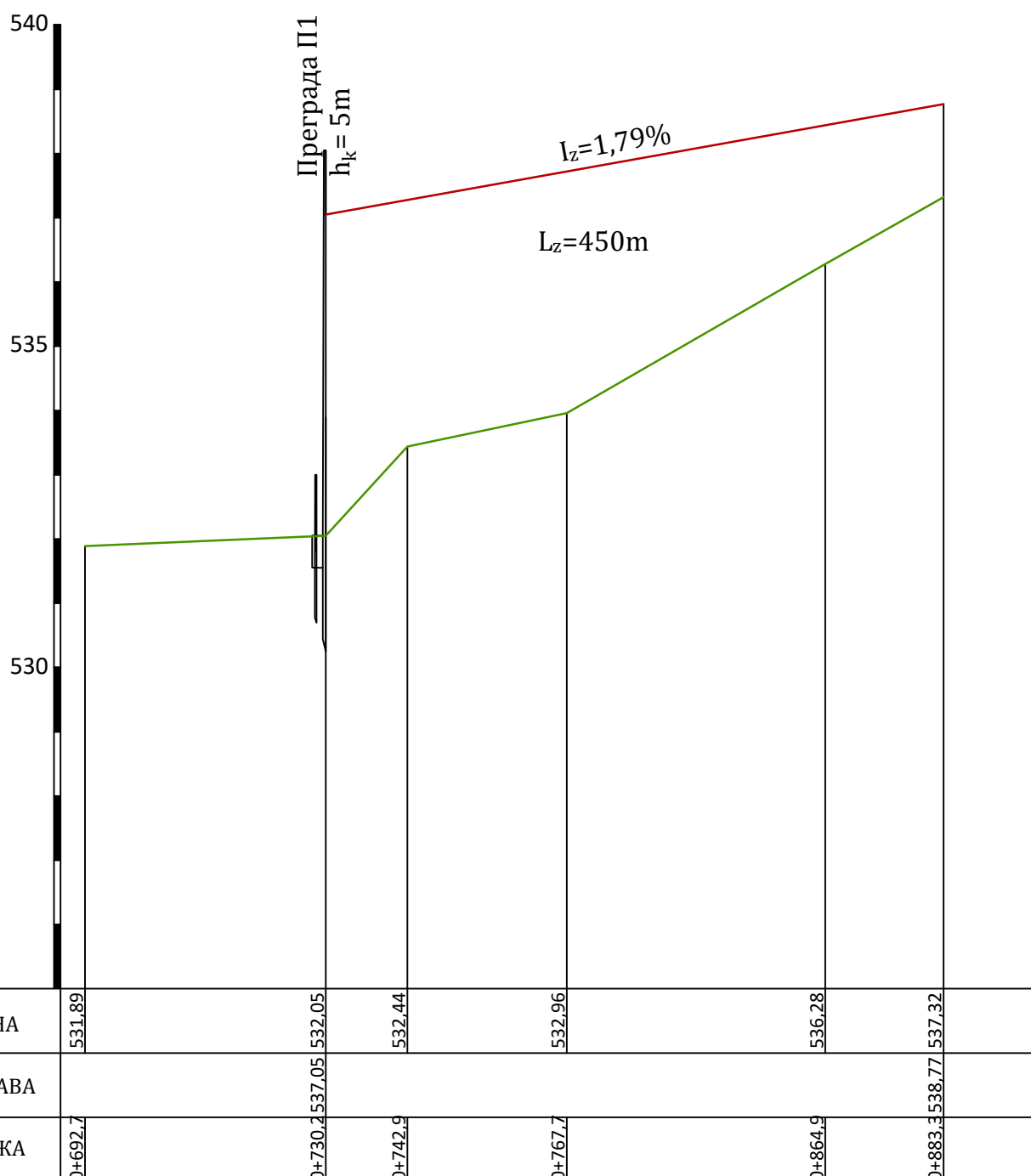
Подужни профил
Маговски поток П1и П2
R=1:100/1000



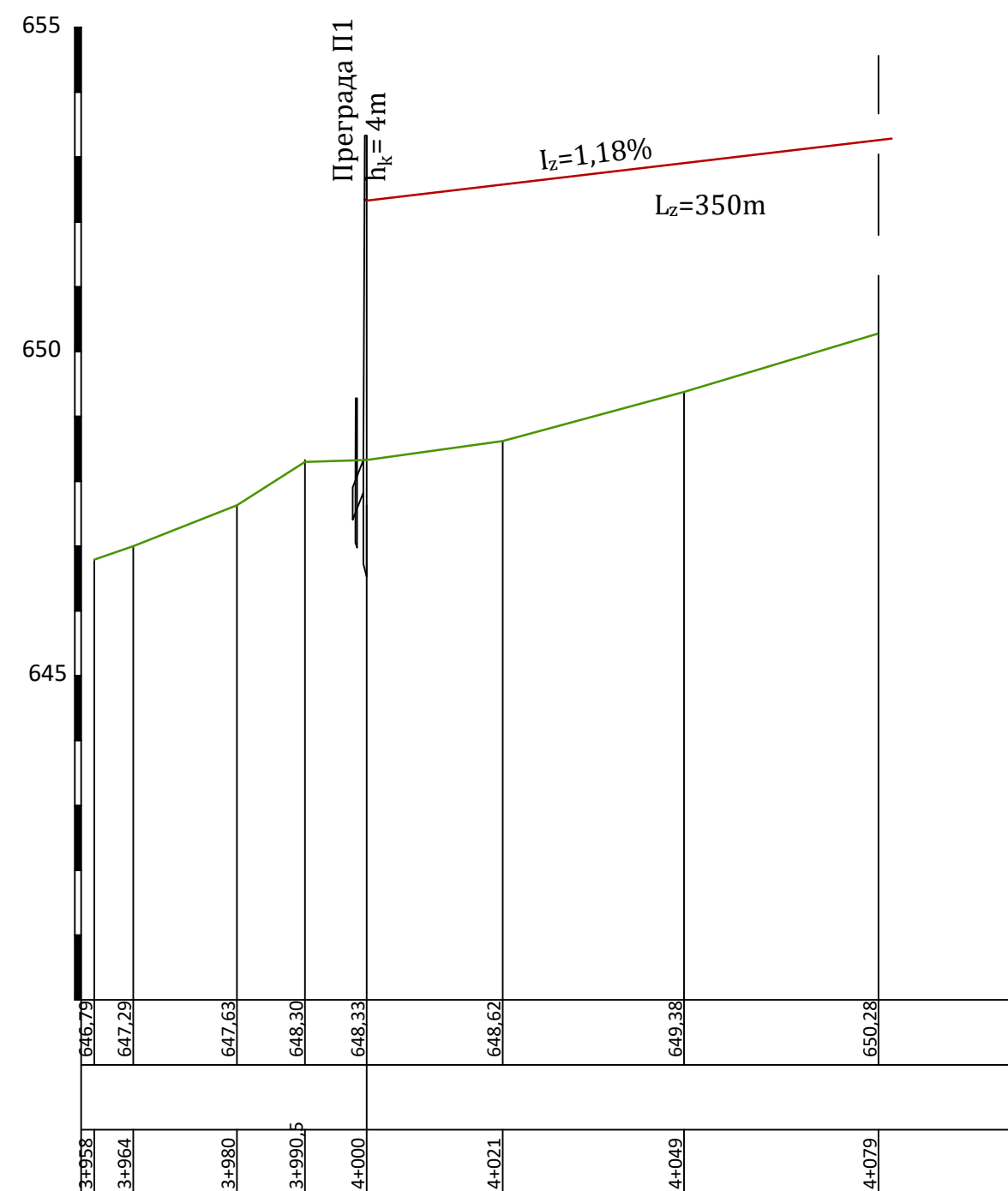
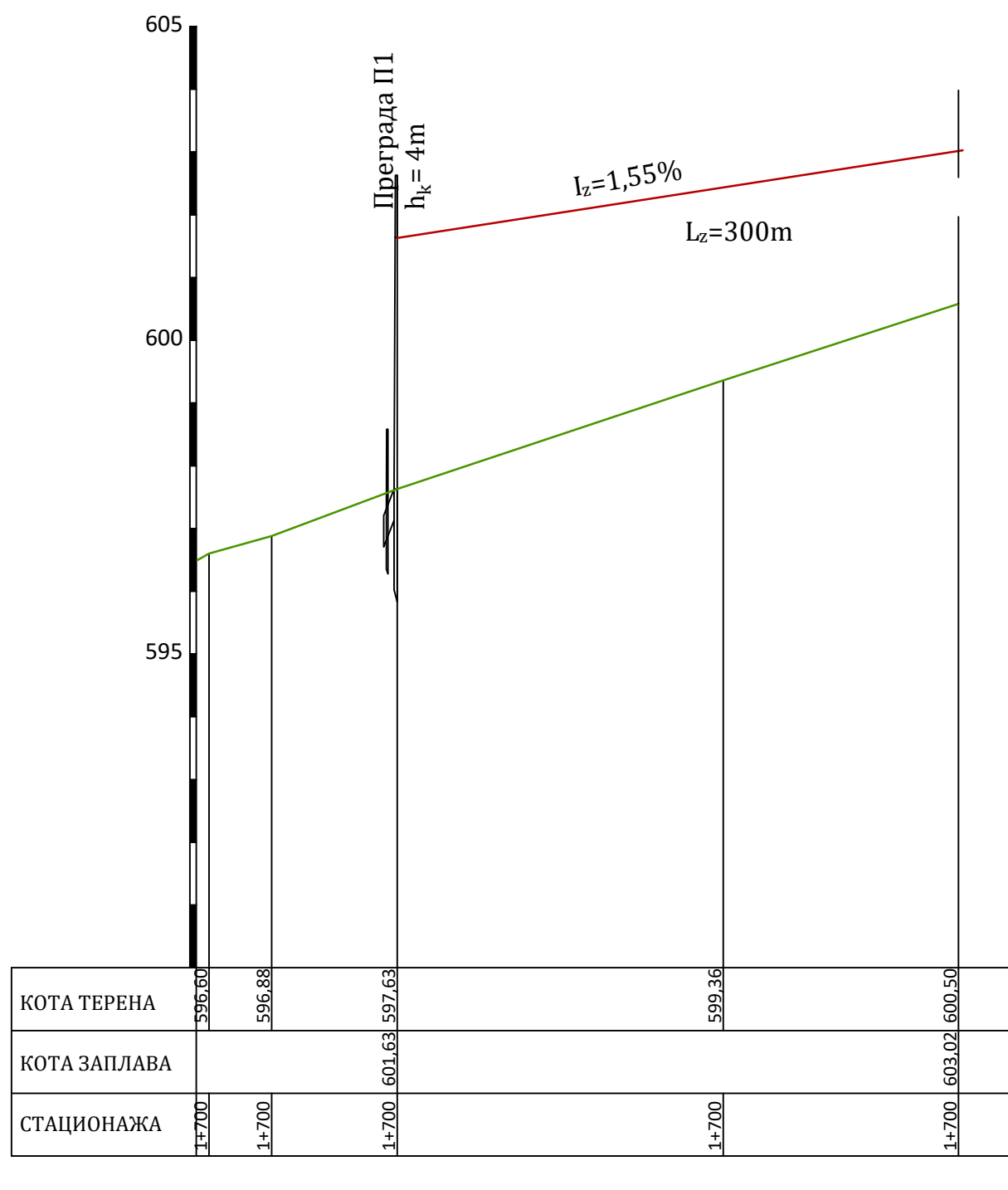
Подужни профил
 Качаруша П1 и П2
 R=1:100/1000



Подужни профил
Паваштички поток П1
R=1:100/1000



Подужни профил
Мала река П1 и П2
R=1:100/1000



Биографија

Ирина (Лазо) Стефановић је рођена 02.11.1977. године у Добоју. Основну школу завршила је у Маглају. Гимназију је похађала у Шапцу. Шумарски факултет у Београду, одсек заштита од ерозије, уписала је школске 1997/98.

Од маја 2004. године радила је у Институту за водопривреду „Јарослав Черни“ на изради пројекта под насловом „Идејни пројекат уређења слива и корита бујичног тока Пороштички поток“, који је био и тема дипломског рада. Дипломски рад одбранила је 08.07.2005. године, са оценом 10 (десет) и дипломирала са просечном оценом 8.30.

До октобра 2006. године била је сарадник на пројектима у Заводу за уређење сливова Института за водопривреду „Јарослав Черни“, где је запослена 16.10.2006. као истраживач и ту ради и данас као самостални истраживач.

Стручни испит је положила 11.06.2008. године у Београду.

Учествовала је као истраживач на научним пројектима „Оцена утицаја климатских промена на водне ресурсе у Србији“ и „Истраживање климатских промена и њиховог утицаја на животну средину: праћење утицаја, адаптација и ублажавање“ које финансира Министарство науке Републике Србије.

Ирина Стефановић је објавила, самостално или у сарадњи са другим ауторима, 54 научна рада од којих су: 2 рада објављена у међународним тематским зборницима (M10), 9 радова у националним часописима (M50), 33 рада су саопштена на међународним скуповима и 9 радова на националним скуповима. Два рада су објављена у часописима са SCI листе, од којих је један из дисертације. Такође, има прихваћено и једно техничко решење.

Учествовала је у реализацији више од 70 пројеката као одговорни пројектант или пројектант сарадник.

Члан је Удружења бујичара Србије и Светске асоцијације за конзервацију земљишта и вода (World Association of Soil and Water Conservation – WASWAC).

Изјава о ауторству

Име и презиме аутора: Ирина Стефановић

Број индекса: 02/2017

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом: „ЕФЕКТИ ПРОТИВЕРОЗИОНИХ РАДОВА У СЛИВНОМ ПОДРУЧЈУ АКУМУЛАЦИЈА „ЂЕЛИЈЕ“ И „СЕЛОВА“

- резултат сопственог истраживачког рада;
- да дисертација у целини ни у деловима није била предложена за стицање друге дипломе према студијским програмима других високошколских установа;
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио/ла интелектуалну својину других лица.

Потпис аутора

У Београду, 2024. године

Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора: Ирина Стефановић

Број индекса: 02/2017

Студијски програм: Еколошки инжењеринг у заштити земљишних и водних ресурса

Наслов рада: „ЕФЕКТИ ПРОТИВЕРОЗИОНИХ РАДОВА У СЛИВНОМ ПОДРУЧЈУ
АКУМУЛАЦИЈА „ЂЕЛИЈЕ“ И „СЕЛОВА“

Ментор: др Ратко Ристић, ред. проф. Универзитета у Београду, Шумарски факултет

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла ради похрањена у **Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског назива доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада. Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

Потпис аутора

У Београду, 2024. године

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом: „ЕФЕКТИ ПРОТИВЕРОЗИОНИХ РАДОВА У СЛИВНОМ ПОДРУЧЈУ АКУМУЛАЦИЈА „ЂЕЛИЈЕ“ И „СЕЛОВА“ која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду и доступну у отвореном приступу могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство (CC BY)
2. Ауторство – некомерцијално (CC BY-NC)
- 3. Ауторство – некомерцијално – без прерада (CC BY-NC-ND)**
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима (CC BY-NC-SA)
5. Ауторство – без прерада (CC BY-ND)
6. Ауторство – делити под истим условима (CC BY-SA)

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци.
Кратак опис лиценци је саставни део ове изјаве).

Потпис аутора

У Београду, 2024. године

1. **Ауторство.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.
2. **Ауторство – некомерцијално.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.
3. **Ауторство – некомерцијално – без прерада.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.
4. **Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.
5. **Ауторство – без прерада.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.
6. **Ауторство – делити под истим условима.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.