

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
ШУМАРСКИ ФАКУЛТЕТ

Горан Ђ. Триван

**ЗАШТИТА ОД ЕРОЗИЈЕ И БУЈИЧНИХ  
ПОПЛАВА КАО ЕЛЕМЕНТ СИСТЕМА  
ЗАШТИТЕ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ НА  
ТЕРИТОРИЈИ ГРАДА БЕОГРАДА**

докторска дисертација

Београд, 2018.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
ШУМАРСКИ ФАКУЛТЕТ

Горан Ђ. Триван

**ЗАШТИТА ОД ЕРОЗИЈЕ И БУЈИЧНИХ  
ПОПЛАВА КАО ЕЛЕМЕНТ СИСТЕМА  
ЗАШТИТЕ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ НА  
ТЕРИТОРИЈИ ГРАДА БЕОГРАДА**

докторска дисертација

Београд, 2018.

UNIVERSITY OF BELGRADE  
FACULTY OF FORESTRY

Goran Đ. Trivan

**PROTECTION AGAINST EROSION AND  
TORRENTIAL FLOODS AS AN ELEMENT OF  
THE ENVIRONMENTAL PROTECTION  
SYSTEM IN THE CITY OF BELGRADE**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2018.

**Ментор:**

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

**Чланови комисије:**

др **Борис Радић**, доцент  
Универзитет у Београду - Шумарски факултет

др **Зоран Никић**, редовни професор  
Универзитет у Београду - Шумарски факултет

др **Миодраг Златић**, редовни професор  
Универзитет у Београду - Шумарски факултет

др **Саша Милијић**, научни саветник  
Институт за архитектуру и урбанизам Србије



## КЉУЧНЕ ДОКУМЕНТАЦИОНЕ ИНФОРМАЦИЈЕ

Редни број (РБ):	
Идентификациони број (ИБР):	
Тип документације (ТД):	Монографска публикација
Тип записа (ТЗ):	Текстуални штампани документ
Врста рада (ВР):	Докторска дисертација
Аутор (АУ):	Горан Ђ. Триван, дипл.инж. шумарства за пејзажну архитектуру и хортикултуру
Ментор (МН):	др Ратко Ристић, редовни професор Универзитет у Београду - Шумарски факултет
Наслов рада (НР):	Заштита од ерозије и бујичних поплава као елемент система заштите животне средине на територији града Београда
Језик публикације (ЈЗ):	Српски / ћирилица
Земља публикације (ЗП):	Србија
Географско подручје (УГП):	Србија
Година (ГО):	2018
Издавач (ИЗ):	Ауторски репринт
Место и адреса (МА):	11 030 Београд, Кнеза Вишеслава 1
Физички опис рада:	7 поглавља, 212 страница, 220 литературна навода, 23 илустрације, 135 табела, 22 карте
Научна област (НО):	Биотехничке науке
Научна дисциплина (DIS):	Ерозија и конзервација земљишта и вода
Предметна одредница / кључне речи (ПО)	ерозиони процеси, бујичне поплаве, превенција, систем заштите животне средине, Град Београд
УДК:	504.121:551.311.21(497.11 Beograd)(043.3)
Чува се (ЧУ):	Библиотека Шумарског факултета, Кнеза Вишеслава 1, 11030 Београд, Србија
Важна напомена (ВН):	Нема
Извод (ИЗ):	Бујичне поплаве, као једна од резултујућих форми деловања ерозионих процеса, представљају најчешће природне катастрофе у Србији, у погледу људских жртава и материјалних штета. На територији Града Београда регистровано је 187 бујичних водотокова, од којих су неки узроковали људске жртве а већина причињавала велике материјалне штете. [...] Основни циљ истраживања је био да се проблематика ерозионих процеса и превенције бујичних поплава инкорпорира у систем интегралне заштите животне средине на територији Града Београда, што отвара могућност примене принципа одрживог управљања простором, уз елиминацију или минимизирање ризика од појаве бујичних поплава, ерозионих процеса ширих размера [...]
Датум прихватања теме од стране НН:	26.06.2013.
Датум одбране (ДО):	
Чланови комисије (КО):	др Ратко Ристић, редовни професор Универзитет у Београду Шумарски факултет др Борис Радић, доцент Универзитет у Београду Шумарски факултет др Зоран Никић, редовни професор Универзитет у Београду Шумарски факултет др Миодраг Златић, редовни професор Универзитет у Београду Шумарски факултет др Саша Милијић, научни саветник Институт за архитектуру и урбанизам Србије

## **ЗАШТИТА ОД ЕРОЗИЈЕ И БУЈИЧНИХ ПОПЛАВА КАО ЕЛЕМЕНТ СИСТЕМА ЗАШТИТЕ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ НА ТЕРИТОРИЈИ ГРАДА БЕОГРАДА**

### **Резиме**

Бујичне поплаве, као једна од резултујућих форми деловања ерозионих процеса, представљају најчешће природне катастрофе у Србији, у погледу људских жртава и материјалних штета. На територији Града Београда регистровано је 187 бујичних водотокова, од којих су неки узроковали људске жртве а већина причињавала велике материјалне штете. Заштита животне средине на територији града Београда представља сложен систем, јер се обавља на простору величине од око 3234 km<sup>2</sup>, на широкој предеоној скали од равничарских до брдско-планинских пејсажа, од високо урбанизованих до руралних средина. Ерозиони процеси и бујичне поплаве представљају факторе ризика, који поред животне средине, доводе до угрожавања економског развоја, људских живота и здравља, као и културног наслеђа. Основни циљ истраживања је био да се проблематика ерозионих процеса и превенције бујичних поплава инкорпорира у систем интегралне заштите животне средине на територији Града Београда, што отвара могућност примене принципа одрживог управљања простором, уз елиминацију или минимизирање ризика од појаве бујичних поплава, ерозионих процеса ширих размера, доспевања и транспорта већих количина наноса у речна (поточна) корита. Заштита од ерозије и бујичних поплава, као елемент система заштите животне средине на територији града Београда, треба да буде интегрисана у актуелне стратегијске концепте управљања градским простором: заштиту и повезивање „плаво-зелених“ коридора (преостали отворени водотокови и фрагменти шумских површина) и пошумљавање градског простора. Основне хипотезе су: природни и антропогени фактори утичу на интензивирање ерозионих процеса, редукацију инфилтрационо-ретенционог капацитета земљишта, продукцију и транспорт ерозионог материјала, формирање брзог површинског отицаја и појаву

бујичних поплавних таласа; мере противерозионе заштите (биолошке, биотехничке, техничке и административне), доводе до обнављања вегетационог покривача и стабилизације деградираних површина, успостављања повољних хидролошких и псамолошких ефеката, чиме се отвара могућност издвајања зона са заштитним, спортско-рекреативним и духовно-естетским функцијама. У складу са постављеним циљевима дефинисана је одговарајућа методологија истраживања, са следећим елементима: примена метода даљинске детекције у ГИС окружењу, просторне анализе на основу историјског и актуелног картографског материјала; примена CORINE методологије за класификацију и примарну карактеризацију површина; примена метода „Потенцијала ерозије“, RUSLE, WaTEM/SEDEM у истраживању ерозионог потенцијала; примена теорије синтетичког јединичног хидрограма и SCS методологије у истраживању могућности појаве максималних протицаја; статистичка обрада расположивих података; теренски истражни радови. Достигнути су сви очекивани резултати истраживања: основне карактеристике бујичних сливова на истраживаном подручју (физичко-географске карактеристике; доминантни метеоролошко-климатски услови; геолошке и педолошке карактеристике; хидролошке и хидрографске карактеристике; начин коришћења простора, односно, намена површина); детерминисана је просторна расподела ерозионих процеса, ерозиона продукција и транспорт наноса; издвојени су сливови са потенцијалом за формирање деструктивних бујичних поплава; формиран је концепт превенције и интегралне противерозионе заштите на истраживаном подручју, као елемент система заштите животне средине на територији Града Београда; дефинисано је постојеће и планирано стање „плаво-зелених“ коридора и преосталих зелених површина на истраживаном подручју, са аспекта пожељних хидролошких и псамолошких ефеката; дефинисани су услови за примену концепта „плаво-зелених“ коридора и *Стратегије пошумљавања* на истраживаном подручју, у складу са постојећом планском и законском регулативом; израђен је модел управљања градским простором са аспекта заштите од ерозије и бујичних поплава, комплементаран са усвојеном стратегијом заштите животне средине (примена биолошких, биотехничких, техничких и административних мера).

Реализовани су основни циљеви истраживања: формирана је карта угрожености од генерисања деструктивних ерозионих процеса и појаве бујичних поплава; дефинисани су услови за превенцију деструктивних ерозионих процеса и бујичних поплава; израђен је план за примену оптималних мера заштите применом биолошких, биотехничких, техничких и административне мере, које су интегрисане у систем заштите животне средине Града Београда.

Значај добијених резултата је у томе да омогућује креирање модела одрживог управљања територијом Београда, са аспекта заштите од интензивних ерозионих процеса и бујичних поплава, уз очување, заштиту и повезивање преосталих отворених водотокова, фрагмената шума и вредних зелених површина, са следећим ефектима: стварање нових рекреативних зона, ублажавање ефеката климатских промена на територији града и очување биодиверзитета.

**Кључне речи:** ерозиони процеси, бујичне поплаве, превенција, систем заштите животне средине, Град Београд

## KEY WORD DOCUMENTATION

Accession number (ANO):	
Identification number (INO):	
Document type (DT):	Monograph documentation
Type of record (TR):	Textual printed document
Contains code (CC):	Doctoral dissertation
Author (AU):	BSc Goran Đ. Trivan, graduated forestry engineer for landscape architecture
Menthor (MN):	PhD Ratko Ristić, full professor University of Belgrade Faculty of Forestry
Title (TI):	Protection against erosion and torrential floods as an element of the system of environmental protection in the city of Belgrade
Language of text (LT):	Serbian/ Cyrillic alphabet
Country of publication (CP):	Serbia
Locality of publication (LP):	Belgrade
Publication year (PY):	2018
Publisher (PU):	The authors reprint
Publication place (PP):	11 030 Belgrade, Kneza Višeslava 1
Physical description (PD):	7 chapters, 212 pages, 220 references, 23 illustrations, 135 tables, 22 maps
Scientific field (SF):	Biotechnological sciences
Scientific discipline (SD):	Erosion and soil and water conservation
Subject/Key words (CX):	soil erosion, flash floods, prevention, environmental protection system, the City of Belgrade
UC:	504.121:551.311.21(497.11 Beograd)(043.3)
Holding Data (HD):	Library of Faculty of Forestry, Kneza Višeslava 1, 11030Belgrade
Note (N):	None
Abstract (AB):	Torrential floods, as one of the resulting forms of erosion processes belong to the most common natural disasters in Serbia, in terms of human loss and material damage. A total of 187 torrential flows have been recorded in the territory of the City of Belgrade, some of which caused human losses, and most of them great material damage. [...] The main aim of this research is to incorporate the problems of erosion processes and torrential flood prevention into the system of integral environmental protection in the territory of the City of Belgrade, which opens up the possibility of applying the principles of sustainable space management and elimination or minimization of the risk of torrential floods and wider scale erosion processes [...]
Accepted by Scientific Board on (ACB):	26.06.2013.
Defended on (DE):	
Thesis Defend Board (DB):	PhD Ratko Ristić, full professor University of Belgrade Faculty of Forestry PhD Boris Radić, full professor University of Belgrade Faculty of Forestry PhD Zoran Nikić, full professor University of Belgrade Faculty of Forestry PhD Miodrag Zlatić, full professor University of Belgrade Faculty of Forestry PhD Saša Milijić, scientific adviser Institute of Architecture and Urban & Spatial Planning of Serbia

## **PROTECTION AGAINST EROSION AND TORRENTIAL FLOODS AS AN ELEMENT OF THE ENVIRONMENTAL PROTECTION SYSTEM IN THE CITY OF BELGRADE**

### **Abstract**

Flash floods, as one of the forms of action resulting from erosion processes, are among the most common natural disasters in Serbia in terms of human loss and material damage. A total of 187 torrential streams have been registered in the territory of Belgrade, some of which have caused human loss, and most of them significant material damage. Environmental protection in the city of Belgrade is a complex system, as it is implemented on an area of about 3234 km<sup>2</sup>, on a wide scale of landscapes, from lowland to highland landscapes, and in both highly urbanized and rural areas. Soil erosion processes and flash floods are risk factors, which in addition to endangering the environment pose threats to economic development, human life and health, as well as the cultural heritage. The main aim of this research was to incorporate the issues of erosion processes and flash flood prevention into the system of integrated environmental protection in the territory of Belgrade, which opens up the possibility of applying the principles of sustainable space management, with the elimination or minimization of the risk of flash floods, large-scale erosion processes and the transport of large quantities of sediment in river (stream) beds. Protection against erosion and torrential floods, as an element of the environmental protection system in the city of Belgrade should be integrated into current strategic concepts of urban space: the protection and interconnection of "blue-green" corridors (remaining open watercourses and fragments of forest areas) and afforestation of the urban area. The basic hypotheses are: natural and anthropogenic factors affect the intensification of erosion processes and reduce the infiltration-retention capacity of the soil. They have an impact on the production and transportation of erosion material, formation of the rapid surface runoff and the emergence of torrential flood waves; erosion control measures (biological, biotechnological, technical and administrative) lead to the recovery of the vegetation cover and stabilization of

degraded areas, the establishment of favorable hydrological and psamological effects, which opens up the possibility of identifying the zones with protective, sports and recreational, spiritual and aesthetic functions. An appropriate research methodology was defined in line with the objectives, with the following elements: the use of the remote sensing and GIS methods, spatial analyses based on current and historical cartographic materials; the use of the CORINE methodology for the classification and characterization of primary surfaces; the application of the "Erosion potential" method, RUSLE, WaTEM/SEDEM in the study of erosion potentials; the application of the theory of synthetic unit hydrograph and the SCS methodology in investigating the possibility of the maximum flow; statistical analysis of available data; field research. All expected research results were achieved: basic characteristics of torrential basins in the study area (physical-geographical characteristics; dominant meteorological and climatic conditions; geological and soil characteristics, hydrological and hydrographic characteristics; the ways of use of the spaces, i.e, land use) have been identified; spatial distribution of erosion processes, erosion production and sediment transport have been determined; basins with the potential for the formation of destructive flash floods have been identified; the concept of prevention and integrated erosion control in the study area has been established, as an element of the environmental protection system of the City of Belgrade; the existing and planned state of "blue-green" corridors and the remaining green areas in the study area has been defined, in terms of desirable hydrological and psamological effects. The conditions have been defined for the application of the concept of "blue-green" corridors and the Afforestation strategy in the study area, in accordance with the existing legislation and plans; the model of urban spaces management in terms of protection against erosion and torrential floods has been produced, and it is complementary to the adopted environmental protection strategy (application of biological, biotechnological, technical and administrative measures).

The basic objectives of the research have been implemented: the map of areas threatened by the generation of destructive erosion processes and torrential floods has been produced; conditions for the prevention of destructive erosion and torrential floods have been defined; a plan has been drafted for the implementation of optimal

measures of protection with the application of biological, biotechnological, technical and administrative measures that are integrated into the system of environmental protection of the City of Belgrade.

The significance of the obtained results is reflected in the fact that they allow for the creation of a model of sustainable management in the territory of Belgrade, from the aspect of protection from intensive erosion and torrential floods, along with the conservation and interconnection of the remaining open waterways, fragments of forests and valuable green areas, with the following effects: the creation of new recreational zones, mitigation of the effects of climate change in the city and biodiversity preservation.

**Key words:** soil erosion, torrential floods, prevention, environmental protection system, the City of Belgrade



## САДРЖАЈ

<b>1. УВОД</b>	1
1.1. Предмет рада	1
1.2. Значај истраживања	5
1.3. Циљ истраживања	7
1.4. Полазне хипотезе и очекивани резултати	9
1.4.1. Полазне хипотезе	9
1.4.2. Очекивани резултати	9
<b>2. ОСНОВНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ИСТРАЖИВАНОГ ПОДРУЧЈА</b>	11
2.1. Опште карактеристике истраживаног подручја	13
2.2. Климатске карактеристике истраживаног подручја	13
2.3. Геолошке карактеристике истраживаног подручја	17
2.3.1. Седиментне стене	19
2.3.1.1. Мезозоик	19
2.3.1.2. Терцијар	22
2.3.1.3. Квартар	24
2.3.2. Магматске стене	27
2.3.3. Метаморфне стене	28
2.4. Педолошке карактеристике истраживаног подручја	31
2.4.1. Гајњаче	32
2.4.2. Псеудоглеј	33
2.4.3. Делувијална земљишта	34
2.4.4. Смеђе скелетоидно кисело земљиште на граниту	34
2.4.5. Алувијални нанос	35
2.4.6. Смоница	36
2.4.7. Чернозем	37
2.5. Начин коришћења простора на истраживаном подручју	37
<b>3. МЕТОД РАДА</b>	43
3.1. Општи метод рада	43
3.2. Легислативни оквир примењених метода	44
3.3. Моделирање процеса деградације земљишног простора	47
3.4. Модели за процену интензитета ерозије земљишног простора	49
3.4.1. Метод потенцијала ерозије (МПЕ)	49
3.4.1.1. Температурни коефицијент подручја (Т)	51
3.4.1.2. Средња годишња количина падавина (Hgod)	51
3.4.1.3. Коефицијент ерозије (Z)	51
3.4.2. Универзална једначина губитка земљишта (USLE) метод	53

3.4.2.1. Фактор ерозионе снаге кише (R фактор)	55
3.4.2.2. Фактор еродибилности земљишта (K фактор)	56
3.4.2.3. Топографски фактор (LS)	57
3.4.2.4. Фактор вегетације и начина коришћења земљишта (C)	57
3.4.2.5. Фактор конзервационих мера (P)	58
3.4.3. WaTEM/SEDEM (WATER and Tillage Erosion Model/SEdiment DELivery Model) метод	59
3.5. Просторна димензија примене модела за процену интензитета ерозионих процеса	61
3.6. Прорачун максималног протицаја	63
3.6.1. Синтетички јединични троугаони хидрограм	64
3.6.2. Рачунска киша	65
3.6.3. Ефективне падавине $P_e$	66
3.6.4. Број криве отицаја CN (runoff curve number)	66
3.6.5. Мероводна велика вода $Q_{max}(\%)$	66
<b>4. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА</b>	<b>68</b>
4.1. Физичко-географске карактеристике сливова шире зоне истраживања	68
4.2. Начин коришћења простора на сливовима шире зоне истраживања	76
4.3. Ерозиони потенцијал шире зоне истраживаног подручја	90
4.3.1. Опште карактеристике ерозионог потенцијала шире зоне истраживаног подручја	90
4.3.2. Прорачун ерозионе продукције и проноса наноса на сливовима шире зоне истраживања	102
4.4. Резултати истраживања на ужој зони истраживаног подручја	107
4.4.1. Слив Каљавог потока	107
4.4.2. Слив Јелезовачког потока	108
4.4.3. Слив Раковичког потока	110
4.4.4. Слив потока Паригуз	111
4.5. Ерозиони потенцијал уже зоне истраживаног подручја пре извођења рестаурационих радова	113
4.5.1. Ерозиона продукција на ужој зони истраживаног подручја	113
4.5.1.1. Слив Каљавог потока	113
4.5.1.2. Слив Јелезовачког потока	115
4.5.1.3. Слив Раковичког потока	116
4.5.1.4. Слив потока Паригуз	118
4.5.2. Интензитет ерозионих процеса на ужој зони истраживаног подручја у зависности од начина коришћења простора и нагиба терена	119
4.5.2.1. Интензитет ерозионих процеса на ужој зони истраживаног подручја у зависности од начина коришћења простора	120

4.5.2.1.1. Слив Каљавог потока	120
4.5.2.1.2. Слив Јелезовачког потока	121
4.5.2.1.3. Слив Раковичког потока	123
4.5.2.1.4. Слив потока Паригуз	124
4.5.2.2. Интензитет ерозионих процеса на ужој зони истраживаног подручја у зависности од нагиба терена	126
4.5.2.2.1. Слив Каљавог потока	126
4.5.2.2.2. Слив Јелезовачког потока	127
4.5.2.2.3. Слив Раковичког потока	127
4.5.2.2.4. Слив потока Паригуз	128
4.6. Ерозиони потенцијал уже зоне истраживаног подручја после извођења рестаурационих радова	130
4.6.1. Ерозиона продукција на ужој зони истраживаног подручја	130
4.6.1.1. Слив Каљавог потока	130
4.6.1.2. Слив Јелезовачког потока	132
4.6.1.3. Слив Раковичког потока	133
4.6.1.4. Слив потока Паригуз	135
4.6.2. Интензитет ерозионих процеса на ужој зони истраживаног подручја у зависности од начина коришћења простора и нагиба терена	136
4.6.2.1. Интензитет ерозионих процеса на ужој зони истраживаног подручја у зависности од начина коришћења простора	136
4.6.2.1.1. Слив Каљавог потока	136
4.6.2.1.2. Слив Јелезовачког потока	138
4.6.2.1.3. Слив Раковичког потока	140
4.6.2.1.4. Слив потока Паригуз	141
4.6.2.2. Интензитет ерозионих процеса на ужој зони истраживаног подручја у зависности од нагиба терена	143
4.6.2.2.1. Слив Каљавог поток	143
4.6.2.2.2. Слив Јелезовачког потока	144
4.6.2.2.3. Слив Раковичког потока	145
4.6.2.2.4. Слив потока Паригуз	146
4.7. Прорачун максималног протицаја на сливовима уже зоне истраживаног подручја	148
4.8. Карактеристични параметри прорачуна максималног протицаја са одговарајућим хидрограмима у условима пре и после рестаурације	152
4.8.1. Каљави поток	152
4.8.2. Јелезовачки поток	154
4.8.3. Раковички поток	156
4.8.4. Поток Паригуз	158
4.9. Карта угрожености од генерисања деструктивних ерозионих процеса и појаве бујичних поплава на подручју шире зоне истраживања	161
4.10. Дефинисање услова за превенцију деструктивних ерозионих процеса и бујичних поплава	163

на територији Београда	
4.10.1 Израда планске документације и примена административних мера на истраживаном подручју	166
4.10.1.1. План за проглашење ерозионих подручја	168
4.10.1.2. Оперативни план за одбрану од поплава на водотоковима II реда	170
4.10.2. Програм рестаурације и противерозионе заштите сливова и уређења поточних корита	172
4.11. План за примену оптималних мера заштите од деструктивних ерозионих процеса и бујичних поплава на ужој зони истраживања	173
<b>5. ДИСКУСИЈА</b>	175
<b>6. ЗАКЉУЧЦИ</b>	189
<b>7. ЛИТЕРАТУРА</b>	192
<b>ПРИЛОЗИ</b>	213
Биографија	236
Изјава о ауторству	237
Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада	238
Изјава о коришћењу	239

## 1. УВОД

### 1.1. Предмет рада

Бујичне поплаве представљају једну од најчешћих природних катастрофа на глобалном, регионалном и локалном нивоу (Berz et al., 2001; Guzzetti et al., 2005; Varedo, 2007; Lerner, 2007; Dragičević et al., 2011; Ristić et al., 2012a). Учесталост појаве, силовитост и просторни обухват, чине их сталном претњом са последицама у економској, социјалној и еколошкој сфери (Alcantara 2002; Ristić et al., 2011a), подједнако у руралним и урбаним срединама (Kusky, 2010). Бујична поплава је једна од екстремних резултујућих форми у којој се испољава деловање ерозионих процеса на сливном подручју (Ристић, Малошевић, 2011b). Ерозиони процеси су последица деловања климатских фактора, геоморфолошких особености рељефа, педолошких и геолошких услова, карактеристика биљног покривача, начина коришћења простора и социјално-економских прилика (Walling, Webb, 1996).

Природне и антропогено индуковане катастрофе доводе до губитка људских живота и великих материјалних штета (Тоуа, Skidmore, 2007; Ристић et al., 2015), угрожавају економске активности локалних или ширих друштвених заједница, и значајно деградирају квалитет животне средине (Lal, 2001; Schmidt et al., 2006; Lerner, 2007). Природне катастрофе се не могу спречити, али је могуће ублажити њихове последице, пре свега кроз виши ниво спознаје и разумевања механизма настанка и испољавања, развој напредних система за рану најаву и упозорење и активну примену превентивних мера (Alcantara, 2002). Различити видови поплава угрожавају поједине делове планете (Kothyari, 1996; Berz et al., 2001; Barredo, 2007), док су у Србији доминантне бујичне поплаве (Petković et al., 1999; Ristić et al., 2012a). Превентивне и заштитне активности могу се реализовати кроз одржив и одговоран приступ управљања ризичним сливовима (Kostadinov, Marković, 1996; Pottier et al., 2005), у потпуној усклађености са мерама заштите и очувања животне средине, где ова два приступа имају једнак друштвени значај (Plate, 2002). Резултате истраживања феномена поплава на локалном или регионалном нивоу, требало би поставити у контекст ширих просторних анализа (Barredo, 2007; Mosquera-

Machado, Dilley, 2009), из чега је Србија до сада била изузета (Dragičević et al., 2011).

Данас, урбани предели представљају животну средину за већи део (51%) светске популације, укључујући готово 81% грађана Европе и Северне Америке, готово 50% становника Азије и 90% становника Јужне Америке (UNESCO, 2013; Naase, 2014). Градска подручја представљају пропорционално најбрже растући вид коришћења простора, а уклањање елемената аутохтоне вегетације и интензивни ерозиони процеси су сигуран пут ка повећању максималних протицаја, запремина поплавних таласа и проноса наноса (EFI, 2011). На основу актуелног нивоа експанзије урбаних површина, предвиђа се да ће се површина градова утростручити до 2030. године (Seto et al., 2011; Naase, 2015), са значајним последицама на квалитет људског живота и биоразноврсност (Dye, 2008; Fuller et al., 2009).

Тренд урбанизације у садејству са климатским променама повећава ризик од саме појаве као и учесталости поплава у градским срединама. Процес урбанизације доводи до редукције инфилтрационог капацитета земљишта, повећања удела површинског отицаја и оптерећења канализационих система водом и наносом, као и преосталих отворених водотокова у урбаним зонама (O'Loughlin et al., 1995; Semadeni-Davies et al., 2008; Vleeschauwer et al., 2014). Током олујних непогода канализациона мрежа не може да прими екстремно велике количине воде, тако да долази до загушења и изливања у осетљивим градским подручјима. Актуелни климатски трендови указују на ризик од повећања количине падавина и површинског отицаја на појединим подручјима, успоравање динамике допуњавања локалних резерви подземних вода, као и смањење количине воде која је доступна биљкама у сувљим периодима (IPCC, 2012; Willems et al., 2012; Arnbjerg-Nielsen et al., 2013; Vleeschauwer et al., 2014).

Промене у погледу инфилтрационог и ретенционог капацитета земљишта директно утичу на количину и интензитет површинског отицаја (Костадинов, 2008; Szendrene-Koren, Nemeskeri, 2007; Nondedeu, Bédécarrats, 2007; Nondedeu et al., 2006; Ristić et al., 2001). Нагнути терени, са деградираним земљишним и

биљним покривачем, су предиспонирани на појаву интензивних ерозионих процеса и површинског отицаја (Ristić et al, 2011c; Wipf et al., 2005; Freppaz et al., 2002; Fattorini, 2001). Међусобна повезаност елемената који учествују у процесу отицаја на урбанизованим подручјима, условљава примену интегрисаног приступа, унутар кога су обухваћени сви значајни чиниоци процеса, са различитим интеракцијама (O'Loughlin et al., 1995; Stahre, 2006; Chocat et al., 2007; Arnbjerg-Nielsen, 2011; Willems et al., 2012; Arnbjerg-Nielsen et al., 2013; Zhou, 2014; Vleeschauwer et al., 2014). Природни и антропогено индуковани процеси (олујне непогоде, шумски пожари, суше, биљне болести), који доводе до губитака великих површина под шумама, заслужују пажњу у домену анализе узрока појаве интензивних ерозионих процеса и бујичних поплава (EFI, 2015). Као одговор на тренд урбанизације, у Програму Уједињених нација за насеља (United Nations Habitat) се закључује да ће миленијумски циљ, очување екосистема, бити остварен или не, управо у градовима (Novotny et al., 2010).

Притисак на простор великих градова, генерисан растом броја становника, довео је до повећања учесталости бујичних поплава услед промена у начину коришћења простора, углавном кроз трансформацију пољопривредних и шумских у урбанизоване површине (Kusky, 2010). Процес урбанизације повећава „потенцијал“ слива за концентрацију брзог површинског отицаја и транспорт наноса са падина у хидрографску мрежу (Troendle, Olsen, 1994; Jones, Grant, 1996; Motha et al., 2003; Jones, Grant, 2004). Смањење површина под шумском вегетацијом, деградација земљишта, неодговарајуће технике обраде земљишта и интензивни просеци урбанизације, само су неки од негативних утицаја човека који доприносе појави бујичних поплава (Ananda, Nerath, 2003; Bakker et al., 2005), тако да некадашњи 100-годишњи протицаји постају 20-годишњи (Ristić et al., 2006). Такође, поплаве угрожавају целокупно културно-историјско наслеђе човечанства (UNESCO, 2013).

На територији града Београда регистровано је 187 бујичних водотокова (Универзитет у Београду Шумарски факултет, Институт за водопривреду Јарослав Черни, 2005), од којих многи причињавају велике штете и односе људске животе (Паланачки поток, Манастирски поток, Топчидерска река, река

Турија, река Бељаница, Баричка река, Жарковачки поток, и други). Одликују се брзим формирањем максималног протицаја, са високим учешћем чврсте фазе (наноса), на сливним површинама од неколико десетина хектара до неколико десетина квадратних километара. Вршни делови сливова су углавном прекривени шумским и пољопривредним површинама, делимично изложени деградационим процесима (природна или антропогена ерозија) и урбанизацији. На долинским деловима сливова приобаље је углавном урбанизовано и изложено честим појавама плављења са великим материјалним штетама и значајним ризиком од губитка људских живота. Бројне регулације корита су запуштене (засуте наносом и обрасле вегетацијом), оштећене или уништене.

Анализа стања на бујичним сливовима Београда омогућава примену принципа одрживог управљања простором, уз елиминацију или минимизирање ризика од појаве бујичних поплава, ерозионих процеса ширих размера, доспевања и транспорта већих количина наноса у речна (поточна) корита. Заштита од ерозије и бујичних поплава, као елемент система заштите животне средине на територији града Београда, требало би да буде интегрисана у актуелне стратегијске концепте управљања градским простором: заштиту и повезивање „плаво-зелених“ коридора (преостали отворени водотокови и фрагменти шумских површина) и пошумљавање градског простора.

Превенција ексцесивних ерозионих процеса и бујичних поплава заснива се на следећим активностима: идентификацији зона хазарда (зоне настанка површинског отицаја и наноса) и угрожених зона (зоне испољавања дејства бујичних поплава и ерозионих процеса), као и примени краткорочних и дугорочних заштитних мера, уз едукацију корисника сливног простора и медијску подршку (Ristić et al., 2011a, d). Различита виђења развоја Београда не могу занемарити потребу ширења историјског језгра града и интеграцију са околним насељима, у складу са природним карактеристикама простора (Благојевић, 2007), што ће свакако утицати на повећање урбанизованих површина али и ризика од појаве деструктивних ерозионих процеса и бујичних поплава.



## 1.2. Значај истраживања

Заштита животне средине на територији града Београда представља сложен систем, јер се обавља на простору величине од око 3532 km<sup>2</sup>, на широкој предеоној скали од равничарских до брдско-планинских пејсажа (Цвејић et al., 2008), од високо урбанизованих до руралних средина. Ерозиони процеси и бујичне поплаве представљају факторе ризика, који поред животне средине, доводе до угрожавања економског развоја друштва, људских живота и здравља, као и културног наслеђа (ОЈЕУ, 2007). Бројна насеља, инфраструктурни системи, индустријска постројења, као и велике површине обрадивог земљишта су угрожени бујичним поплавама, како у Београду, тако и у остатку Србије. Више од 95% бујичних водотокова су сврстани у воде II реда, на којима одбрану од поплава спроводи локална самоуправа (*Закон о водама*, Сл. Гл. РС, бр. 101/2016), на основу *Оперативних планова за одбрану од поплава на водотоковима II реда*. Планови дефинишу програм мера, радова и активности за неповољне хидролошке околности на предметном подручју, при чему се значајан део предвиђених активности односи на превентивне мере, у циљу минимизирања ризика од појаве бујичних поплава. На деградираним површинама се примењују, биолошки и биотехнички радови, као и технички радови у коритима бујичних токова (Kostadinov, 2007), са циљем да се побољшају инфилтрационо-ретенционе карактеристике земљишта, смањи продукција ерозионог материјала и могућност формирања поплавног отицаја (Ristić, Macan, 1997). На осетљивим подручјима, какав је простор територије Београда, где су вршни делови сливова изложени антропогеном утицају карактеристичном за руралне средине, а средњи и доњи делови сливова представљају ниско или високо урбанизоване зоне, могуће је применити два приступа који су, поред специфичних особености, потпуно комплементарни са заштитом од ерозије и одбраном од бујичних поплава: концепт „плаво-зелених“ коридора (Ристић et al., 2008; Ristić et al., 2013) и *Стратегију пошумљавања Београда* (усвојено одлуком Скупштине града, бр. 501-438/11-С, од 13.06.2011. године). Изложеност територије Града опасности од бујичних поплава на одговарајући начин је обрађена у *Акционом Плану адаптације на климатске промене са проценом рањивости* (Градска Управа Града Београда,

Секретаријат за заштиту животне средине, 2015), што Београд сврстава у малу групу главних градова Европе са оваквим документом.

Концепт „плаво-зелених“ коридора обухвата идентификацију, заштиту и повезивање преосталих отворених водотокова, фрагмената шумске вегетације и вредних зелених површина (Ristić et al., 2013a). Простор поред природних, отворених водотокова у урбанизованим зонама има велики потенцијал за спортско-рекреативне активности (шеталишта, вежбалишта, одморишта, бицикличке и трим стазе, игралишта). Поред тога, важне су и његове еколошке (потенцијал за очување и обнављање биоразноврсности, пре свега стварањем услова за живот аутохтоне флоре и фауне), естетске (квалитетна вегетација и очувана водена тела оплемењују изглед пејзажа) и духовне вредности (боравак у шуми или поред воде повољно делује на људску психу). Београд је у последњих стотинак година доживео експанзиван развој, постао један од највећих градова на Балкану, са више од 1.6 милиона становника. Ширење простора под резиденцијалним и пословним објектима и инфраструктурним системима, довело је до редукције зелених површина на 14 m<sup>2</sup> по становнику, на нивоу града, и свега 2 m<sup>2</sup> по становнику на градској општини Врачар (УЗБ, 2009), што је аргумент за очување и повезивање преосталих „плаво-зелених“ коридора Београда, у форми отворених водотокова и шумских површина.

Стратегијом пошумљавања Београда је предвиђено да се у периоду од 2011. до 2021. године пошуми око 50.000 хектара градске територије. У оквиру контингента површина за пошумљавање доминантан део обухватају деградиране и еродирани површине, чиме се индиректно подржавају и превентивне активности на заштити од ерозије и бујичних поплава. Од почетка акције пошумљавања, октобра 2011. године, до краја јесени 2017. године, пошумљено је око 730 хектара.

Широм света (Њујорк, Берлин, Копенхаген, Барселона, Осло, Трондхајм) се користи концепт развоја „зелене инфраструктуре“ (Haase, 2015; Randrup et al., 2005; ЕС, 2013), која се третира као елемент система за редукцију ризика од катастрофа, посебно од поплава на урбаним подручјима („зелени“ кровови,

„кишни“ вртови, линијски системи зеленила дуж улица, шеталишта и приобаља). На овај начин се градска језгра повезују са предграђима и руралним окружењем, побољшава се квалитет ваздуха, ствара значајан ретенциони капацитет за воду, као и нове рекреативне зоне, чува биодиверзитет и штити простор приобаља. Развој „плаво-зелене“ инфраструктуре ствара услове за очување и обнову екосистема, ублажавање ефеката климатских промена и рехуманизацију урбаног амбијента. Користи од приступа локалним „плаво-зеленим“ просторима укључују побољшање физичког (Naaem et al., 1996; Tilman, 1997; Maas et al., 2006; Tzoulas et al., 2007) и менталног здравља (Fuller et al., 2007), опоравак од стреса (Van den Berg et al., 2007), јачу социјалну кохезију (Coley et al., 1997), везивање угљеника (Bolund, Hunhammar, 1999) и очување биодиверзитета (Gilbert 1989; Rapport, 1995; Bengtsson et al., 2002; Tzoulas et al, 2007). Само у Њујорку овакав приступ је омогућио уштеду од 1.5 милијарди долара (Naase, 2015), у односу на „сиво“ решење (употреба бетона и других вештачких материјала).

Значај истраживања је у томе да оно допринесе креирању модела одрживог управљања територијом Београда, са аспекта заштите од интензивних ерозионих процеса и бујичних поплава, уз очување, заштиту и повезивање преосталих отворених водотокова, фрагмената шума и вредних зелених површина, са следећим ефектима: стварање нових рекреативних зона, ублажавање ефеката климатских промена на територији Града и очување биодиверзитета, са идејом водилњом *...да се одржива будућност заснива на три стуба: економском, еколошком и етичком, са највећим могућим користима за што већи број корисника...* (Де Жарден, 2006).

### **1.3. Циљ истраживања**

Просторно-временска дистрибуција деструктивних ерозионих процеса и бујичних поплава на истраживаном подручју условљена је природним и антропогеним факторима, као и њиховим међусобним утицајима. Климатски услови, геолошка и педолошка подлога, структура и стање аутохтоне вегетације и физичко-географске карактеристике бујичних сливова

представљају основне природне факторе, значајне за развој ерозионих процеса, продукцију и транспорт ерозионог материјала и формирање бујичних поплавних таласа. Ублажавање или појачавање интензитета природних процеса у многоме зависи од ефеката дејства антропогеног фактора, пре свега кроз следеће показатеље: начин коришћења пољопривредних и шумских површина; степен урбанизације и густину путне мреже; решења дефинисана кроз урбанистичко и просторно планирање. Оптималне мере заштите обухватају следеће поступке: извођење биолошких (пошумљавање, затрављивање, мелиорације деградираних ливада и пашњака, попуњавање проређених састојина), биотехничких (израда плетера, терасирање, контурна обрада земљишта, илофилтерски појасеви са контурним зидићима) и техничких (израда депонијских, консолидационих и функционалних преграда и прагова, бујичних ретензија, регулација бујичних корита) радова, уз истовремену примену одговарајућих административних процедура (препоруке и забране о начинима и условима коришћења шумских и пољопривредних површина).

Истраживање има три основна циља:

- 1) Израду карте угрожености од генерисања деструктивних ерозионих процеса и појаве бујичних поплава, на сливовима на територији Београда;
- 2) Дефинисање услова за превенцију деструктивних ерозионих процеса и бујичних поплава на територији Београда;
- 3) Израду плана за примену оптималних мера заштите од деструктивних ерозионих процеса и бујичних поплава на територији Београда (биолошке, биотехничке, техничке и административне мере), које могу бити интегрисане у систем заштите животне средине града Београда.

## **1.4. Полазне хипотезе и очекивани резултати**

### **1.4.1. Полазне хипотезе**

- Просторно-временска дистрибуција деструктивних ерозионих процеса и бујичних поплава на истраживаном подручју условљена је природним и антропогеним факторима, као и њиховим међусобним утицајима.
- Мере противерозионе заштите (биолошке, биотехничке, техничке и административне) доводе до обнављања вегетационог покривача и стабилизације деградираних површина, успостављања повољних хидролошких и псамолошких ефеката, чиме се отвара могућност издвајања зона са заштитним, спортско-рекреативним и духовно-естетским функцијама.

### **1.4.2. Очекивани резултати**

Очекивани резултати проистичу из постављених општих циљева истраживања, а посебно, обухватају следеће елементе:

- дефинисање основних карактеристика бујичних сливова на истраживаном подручју: физичко-географских карактеристика; доминантних метеоролошко-климатских услова; геолошких и педолошких карактеристика; хидролошких и хидрографских карактеристика; начина коришћења простора (намена површина);
- прорачун ерозионе продукције и транспорта наноса на истраживаном подручју;
- издвајање сливова са потенцијалом за формирање деструктивних бујичних поплава;
- дефинисање услова за превенцију деструктивних ерозионих процеса и бујичних поплава на територији Београда;
- формулисање основних принципа концепције превенције и интегралне противерозионе заштите на истраживаном подручју, као елемента система заштите животне средине на територији Града Београда;

- израду Плана за примену оптималних мера заштите од деструктивних ерозионих процеса и бујичних поплава на територији Београда (биолошке, биотехничке, техничке и административне мере), које могу бити интегрисане у систем заштите животне средине града Београда;
- дефинисање постојећег и планираног стања „плаво-зелених“ коридора и преосталих зелених површина на одабраним сливовима истраживаног подручја, са аспекта хидролошких (ефекат интерцепције  $I_c$ , инфилтрационо-ретенциони капацитет земљишта, време кашњења  $t_r$ , време концентрације  $T_c$ , време пораста  $T_r$ , време опадања  $T_f$ , вршна ордината синтетичког јединичног троугаоног хидрограма  $q_{max}$ ) и псамолошких ефеката (укупан годишњи пронос наноса; учешће суспендованог и вученог наноса);
- дефинисање услова за примену концепта „плаво-зелених“ коридора и *Стратегије пошумљавања* на истраживаном подручју, у складу са постојећом планском и законском регулативом;
- израду модела одрживог управљања територијом Београда, са аспекта заштите од интензивних ерозионих процеса и бујичних поплава, уз очување, заштиту и повезивање преосталих отворених водотокова, фрагмената шума и вредних зелених површина.

## 2. ОСНОВНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ИСТРАЖИВАНОГ ПОДРУЧЈА

Истраживано подручје за потребе ове докторске дисертације обухвата део административног подручја града Београда, укупне површине 1484.55 km<sup>2</sup> (Слика 2.1.). Према *Закону о државној управи* (Сл. Гл. РС, бр. 79/2005, 101/2007, 95/2010, 99/2014) административно подручје представља функционални сегмент на коме се обављају послови државне управе. Основни мотив успостављања овакве организационе форме управе је у рационалном и делотворном раду подручних јединица органа државне управе. Функционална важност територије Града Београда је значајна за националну економију, али и за подстицање регионалног развоја, са бруто-домаћим производом по глави становника који значајно превазилази републички просек. Према *Закону о главном граду* (Сл. Гл. РС, бр. 129/2007, 83/2014, 101/2016), ради ефикаснијег и економичнијег обављања одређених надлежности Града Београда укупна територија је „подељена“ на градске општине (Стари град, Савски венац, Врачар, Палилула, Звездара, Земун, Чукарица, Раковица, Вождовац, Нови Београд, Сурчин, Гроцка, Младеновац, Сопот, Барајево, Лазаревац и Обреновац).

Град Београд је административни, економски и културни центар савремене Србије, али је и у прошлости његов повољан стратешки положај, на ушћу две велике реке, привлачио различите народе који су насељавали његово приобаље. О томе сведоче материјални трагови које су оставили припадници културе млађег неолита (Винча), Трачани, Дачани, Келти, Римљани, Словени, Византинци, Турци, Германи и Срби. Детаљну реконструкцију појединих делова историје Београда тешко је обавити због спознаје да је Град рушен неколико десетина пута током свог постојања (само у XX веку три пута), и да су уништени бројни артефакти. Тренутно, Београд представља велики миграциони центар за Србију и регион, у коме живи више од 1.679.000 становника у 157 насељених места на површини од 3234 km<sup>2</sup>, са 519 становника по km<sup>2</sup>, што је највећа густина насељености у Србији (РЗС, 2016). Преко 80% становништва београдског региона живи у урбаним срединама, чему је претходила стихијска и неконтролисана урбанизација на рачун





Слика 2.1. Граница и положај истраживаног подручја у контексту АП Београда

„зелених“ површина и деградација сегмената животне средине. У циљу решавања проблема из домена заштите животне средине, у складу са *Законом о главном граду* и *Статутом Града Београда* (Сл. лист града Београда", бр. 39/2008, 6/2010 и 23/2013), утврђене су надлежности града Београда у домену израде програма коришћења и заштите природних вредности и програма



заштите животне средине, где је, између осталог, значајан простор дат и интегралном управљању водама (заштита вода; заштита од штетног дејства вода; коришћење вода).

## **2.1. Опште карактеристике истраживаног подручја**

Укупна површина административног подручја Града Београда износи 3234 km<sup>2</sup>. Одликује се варијабилним карактеристикама природних услова, где се издвајају две макроцелине: Панонска равница и Балканско полуострво. Само градско подручје се налази на линији разграничења између ове две макроцелине, које су у физичко-географском погледу потпуно различите. На северном делу административног подручја Града се простиру равничарски предели, док на јужном делу доминирају брдовити предели испресецани уским алувијалним равнима водених токова. Комплексност геолошке грађе и геоморфолошких форми, богатство природних елемената и комплексан систем урбаних целина резултирали су великим бројем различитих предеоних типова (Цвејић et al., 2008). Истраживано подручје за потребе израде ове докторске дисертације обухвата систем сливова укупне површине 1484.55 km<sup>2</sup>, који се налазе јужно од Саве и Дунава (Карта бр. 1.).

## **2.2. Климатске карактеристике истраживаног подручја**

Београд и његову ширу околину карактерише умерено континентална клима, у којој су заступљена сва четири годишња доба. У зимском периоду, продори ваздуха са североистока, узрокују ветровито, хладно и углавном суво време. Пролећа су кратка, а почетком маја могући су продори хладног и влажног ваздуха преко Панонске низије, што доводи до осетног пада температуре. У периоду мај-јун чести су локални пљускови и грмљавине, док се током лета јављају дужи сушни интервали. Јесен карактеришу вишедневни интервали са сунчаним и топлим временом (Ункашевић, 1994).

Са аспекта ерозије земљишта и бујичних поплава, падавине су доминантна метеоролошка појава. Представљају важан улазни податак у псамолошким и хидролошким прорачунима (Beven, 2001).

Анализа просечних годишњих количина падавина, на ширем истраживаном подручју, обављена је на основу резултата мерења на 22 кишомерне станице (табела 2.1.), у периоду мерења од 1946-2015. За анализу годишњег режима падавина у же зоне истраживаног подручја, коришћене су 4 кишомерне станице (Жарково-Беле воде, Авала-Шумска управа, Радмиловац и Умка). Приказ просторне варијабилности падавина остварен је применом геостатистичког метода инверзне удаљености, IDW - Inverse Distance Weighted (Hartkamp, et al., 1999; Soenario, Plieger, 2010). Средња годишња количина падавина за шире истраживано подручје износи 693.34 mm, док за ужу зону истраживаног подручја износи 675.21 mm.

На метеоролошкој станици „Београд-Опсерваторија“ најмања просечна месечна количина падавина је забележена у фебруару (42.7 mm) и марту (44.9 mm), док су највеће просечне месечне количине падавина забележене у јуну (96.1 mm) и јулу (68.1 mm).

**Табела 2.1.** *Просечне годишње количине падавина ( $P_{sr}$ ) на истраживаном подручју*

Ред. број	Име станице	Над. висина [m.n.m]	$P_{sr}$ [mm]	X	Y
1	Авала-Шумска управа	290	708.9	7461725	4950701
2	Белосавци	165	650.2	7474740	4909949
3	Београд Опсерваторија	132	695.6	7464663	4962860
4	Бождаревац	150	693.6	7452369	4935934
5	Буковичка бања	265	564	7464096	4906240
6	Дудовица	135	806.2	7441475	4904580
7	Мали Пожаревац	270	635.3	7473535	4932161
8	Остружница	80	663	7447212	4954524
9	Партизани	250	744.8	7457474	4909978

10	Радмиловац	130	619.6	7467016	4956245
11	Раља	230	684	7465600	4935868
12	Рудовци	180	774.9	7453527	4913746
13	Сибница	150	723.4	7457578	4924781
14	Сопот	170	689.8	7466888	4930312
15	Степојевац	125	695.8	7444377	4930484
16	Умчари	140	612.3	7478828	4937660
17	Умка	85	682.5	7444469	4947169
18	Велика Иванча	220	666.2	7466831	4921048
19	Венчане	140	728.7	7457528	4917381
20	Вранић	230	726.5	7449749	4939665
21	Врчин	250	711.5	7466967	4945108
22	Жарково Беле воде	75	656.6	7452507	4956327

Анализа средње годишње температуре ваздуха на ширем и ужем истраживаном подручју обављена је на основу података мерења са 4 метеоролошке станице (Табела 2.2.). Применом геостатистичке методе IDW, одређена је средња годишња температура ваздуха за шире истраживано подручје, која износи 9.73°C, коришћењем података мерења са 4 метеоролошке станице (Табела 2.2.). Средња годишња температура ваздуха, за ужу зону истраживаног подручја, која износи 12.1°C, одређена је коришћењем података мерења са метеоролошке станице „Београд-Опсерваторија“. Најнижа просечна месечна температура ваздуха на метеоролошкој станици „Београд-Опсерваторија“ је забележена у јануару (0.7°C), а највећа у јулу (22.3°C). Најниже просечне месечне температуре ваздуха, за остале три станице, забележене су у јануару и крећу се у интервалу од 0.7°C (станица Буковичка Бања), 1.1°C (станица Радмиловац) и 1.2°C (станица Сопот). Највеће просечне месечне температуре ваздуха забележене су у јулу 18.3°C (станица Радмиловац), у јуну 20.5°C (станица Сопот) и у августу 20.5°C (станица Буковичка Бања).

У току XX века просечна температура ваздуха на подручју Београда показивала је тренд раста, тако да је у првој деценији XX века износила 11.3°C, док је у последњој деценији била 12.5°C. Опште повећање температуре ваздуха у Београду има два узрока: један је глобално отопљавање, а други је урбанизација и постојање већег броја топлотних острва (Тошовић et al., 2002). Анализа осматраних промена климе (на основу резултата мерења у периоду 1949-2009. године) која је спроведена ради израде *Прве националне комуникације Србије унутар Оквирне конвенције Уједињених нација о климатским променама* (МЖСПП, 2010), показује да је највиши пораст средње температуре ваздуха забележен управо на подручју Београда (Градска Управа Града Београда, Секретаријат за заштиту животне средине, 2015). Уочена је појава топлотних острва са вредностима већим од 12.0°C на високо урбанизованим просторима на подручју ГУП (Генерални Урбанистички План).

**Табела 2.2.** *Просечне годишње температуре ваздуха ( $t_{sr}$ ) на истраживаном подручју*

Ред. број	Име станице	Над. висина [m.n.m]	$t_{sr}$ [°C]	X	Y
1	Београд Опсерваторија	132	12.39	7464663	4962860
2	Буковичка бања	265	9.9	7464096	4906240
3	Радмиловац	130	9.4	7467016	4956245
4	Сопот	170	9.8	7466888	4930312

### 2.3. Геолошке карактеристике истраживаног подручја

Геолошка грађа терена који припада административном подручју Београда је веома сложена, са комплексним међусобним односима појединих геолошких јединица. У геолошком, хидрогеолошком и геоморфолошком погледу, ова територија се може генерално поделити на две различите целине. Једна целина обухвата простор северно од Дунава и Саве, где је заступљен равничарски терен који припада Панонској низији. Друга целина простире се јужно од Дунава и Саве, са доминантним брежуљкасто-брдовитим тереном.

Подручје истраживања представља део територије града Београда која се простире јужно од Дунава и од Саве. Географски ово подручје припада крајњем северном делу Шумадије, односно централној Србији, а шире посматрано западном делу Балканског полуострва и југоисточној Европи.

У геотектонском погледу, подручје истраживања припада Динаридима, а у оквиру њих Вардарској зони, односно Централној Вардарској субзони (Димитријевић, 2002). У структурно-тектонском погледу, подручје истраживања се налази на крајњем северном ободу тектонски издигнутих терена шумадијског побрђа насупрам спуштених терена панонске низије северно од Саве и Дунава (Марковић et al., 1984; Павловић et al., 1977). Великим раседним зонама дуж долина Саве и Дунава одвојен је изразито равничарски терен који припада Панонској низији, од типично брдско-планинског терена који се простире јужно од Дунава и Саве (Пешић, 2002). Бројни геодинамички процеси током геолошке историје су доводили до раседања, убирања и навлачења стенских маса, обликујући, а затим поново преобликујући постојећи рељефни изглед али и међусобне геолошке односе. На стварање савремене морфологије терена, поред ендегених геолошких процеса који су имали велики утицај, значајни су и егзогени геоморфолошки процеси који су путем ерозије и акумулације допринели формирању изгледа савременог рељефа (Никић, Павловић, 2012) (Карта бр. 2.).

Имајући у виду тему дисертације, геолошка грађа истраживаног терена приказана је кроз опис стенских маса у односу на њихову стратиграфију, генезу и петрографију.

Према стратиграфској припадности, стенске творевине на анализираном подручју су издвојене у следећа четири структурна спрата:

1. најстарији припада палеозоику, а представљен је различитим шкриљцима;
2. следећи припада мезозоику, а представљен је различитим магматским, метаморфним и седиментним стенама;
3. творевине терцијара су издвојене у трећи структурни спрат, представљен миоценским и плиоценским наслагама које дискордантно леже преко мезозојских и изливних стена;
4. најмлађи структурни спрат припада квартару, литолошки је представљен генетски различитим растреситим и слабо везаним седиментима.

Посматрано у односу на генезу, стене које учествују у геолошкој грађи истраживаног терена припадају: а) седиментним, б) магматским и в) метаморфним стенама. Оне се међусобно значајно разликују, посматрано у односу на минералoшки састав, стратиграфску припадност и физичко-механичке карактеристике.

Најзаступљеније су седиментне стене, с тим што старије заузимају мању површину у односу на млађе седиментне стене. Старије седиментне стене (мезозојске старости) заступљене су у приближно централном делу истраживаног подручја. Учествују у грађи овог, хипсометријски нешто вишег, дела терена и тиме формирају топографску вододелницу између непосредног слива Дунава, на истоку и непосредног слива Саве, на западу. Источно и западно од старијих мезозојских седиментних стена, заступљене су геолошки млађе седиментне стене, терцијарне старости. Оне доминантно учествују у грађи морфолошки брежуљкасто-брдовитог дела истраживаног простора, који је дисециран узаним долинама бројних малих водотокова. У приобалним подручјима дуж Саве, Дунава, али и других мањих водотокова, као и у подножју стрмијих падина и страна, терен је покривен различитим квартарним седиментима.

Магматске стене на истраживаном подручју су мезозојске и терцијарне старости. Имају релативно мало распрострањене. Значајније су заступљене на јужном и, мањим делом, на централном делу истраживаног подручја. Такође и

метаморфне стене имају релативно мало распрострањене. Јављају се углавном на крајњем јужном и, мањим делом, на централном делу истраживаног подручја, где су представљене творевинама палеозојске и мезозојске старости.

Приказ геолошких карактеристика терена извршен је углавном на основу пет листова публиковане Основне геолошке карте (ОГК) СФРЈ 1:100.000 и њихових пратећих Тумача. У циљу растерећења текста, позивањем на ауторе публикованих ОГК СФРЈ 1:100.000, на овом месту су сви наведени и цитирани, као и у списку литературе. Због тога, у наставку тексту приликом приказа геологије и распрострањења појединих литолошких чланова на подручју истраживања, нису навођени аутори листова и Тумача ОГК. Коришћени су следећи листови ОГК СФРЈ 1:100.000 и њихови Тумачи: Л34-113-Београд (Марковић et al., 1984); Л34-114-Панчево (Ивковић et al., 1966); Л34-125-Обреновац (Филиповић et al., 1980); Л34-126-Смедерево (Павловић et al., 1977); Л34-137-Горњи Милановац (Филиповић et al., 1978). Поред наведене литературе, остала коришћена литература приказана је у тексту на месту где се на њу позива, као и у списку литературе.

### **2.3.1. Седиментне стене**

На подручју истраживања седиментне стене имају највећу заступљеност на површини терена. Стратиграфски оне припадају мезозооку, терцијару и квартару. Таложене су трансресивно преко старијих палеозојских и/или мезозојских творевина. Углавном су то чврсте, слабо везане до невезане, растресите, стене.

#### **2.3.1.1. Мезозоик**

Мезозојске седиментне стене на подручју истраживања заузимају приближно централни део терена и један мањи простор на крајњем јужном делу. Пружају се у виду издуженог правоугаоника, скоро у континуитету, приближно правцем од севера према југу, формирајући на тај начин „мезозојску греду“ (Павловић et al., 1977) или „Београдску греду“ (Марковић et al., 1984), која се на северу у подножју Калемегдана, завршава „Београдским неогеним ртом“ (Марковић et

al., 1984). Ове стене учествују у грађи централног дела подручја града Београда, који има висински доминантне коте у односу на околни терен. Због тога ова „грета“ представља топографску вододелницу између Дунава на истоку и Саве на западу. Седиментне мезозојске творевине имају распрострањење у виду изданака, који се на површини терена налазе код Мостарске петље, у долини Топчидерске реке, на ободу Макиша (Марковић et al., 1984), југозападно од Лазаревца код Петке (Филиповић et al., 1980), затим код Остружнице (Марковић et al., 1984), на потезу од Липовичке шуме (Сремчице) до Сопота (Марковић et al., 1984; Филиповић et al., 1980; Павловић et al., 1977), као и падинама Космаја (Павловић et al., 1977).

У оквиру мезозоика, заступљене су седиментне стене тријаске, јурске и кредне старости.

Тријас: од мезозојских творевина на истраживаном подручју најстарији су седименти доњег тријаса (Т<sub>1</sub>). Стене доњег тријаса литолошки су представљене слојевитим и банковитим кречњацима, глиеним шкриљцима и лискуновитим пешчарима. Јављају се виду изданка на релативно малој површини, југозападно од Лазаревца, у атару насеља Петка (Филиповић et al., 1980).

Јура: стратиграфски, јура је представљена само творевинама малма (Ј<sub>3</sub>). Седименти горње јуре имају распрострањење на Сењаку, Жаркову, Стражевици, у околини Ресника, Пиносаве, Рушња, Рипња, Раковице, источно од Сремчице и јужно од Брђана. У литолошком погледу, представљени су слојевитим и банковитим кречњацима (Марковић et al., 1984), као и пешчарима, лапорцима, глинцима и рожнацима и дијабаз-рожначком формацијом (Филиповић et al., 1980). Крајем горње јуре (титон) и почетком доње креде (неоком) (Ј,К) дошло је до формирања флиша на великом просторном обухвату. Литолошки, флиш је представљен пешчарима и глинцима, ређе плочастим и слојевитим лапорцима, глинцима и кречњацима (Филиповић et al., 1980). На истраживаном подручју јавља се око Рипња, Рушња, Пиносаве као и на средњем делу тока Беле Реке.

Креда: стратиграфски, седименти кредне старости, представљени су творевинама доње и горње креде.



Доња креда  $K_1$ : на подручју истраживања развијени су сви катови доње креде ( $K_1$ ), од валендијског до албског ката. Седименти валендијског ката ( $^1K_1$ ) литолошки су представљени глинцима и лапорцима. Јављају се на ободу Макиша, на Стражевици и у атару Рушња. Седименти отривског ката ( $^2K_1$ ) се јављају на ободу Макиша, Стражевици, падинама Кошутњака и у долини Топчидерске реке. Литолошки су представљени лапорцима, глинцима и алевролитима. Седименти баремског ( $^3K_1$ ) ката имају веће распрострањење од осталих катова доње креде. Литолошки су представљени са две фације: фацијом банковитих ургонских кречњака и флишном фацијом пешчара и глинаца. Банковити ургонски кречњаци су регистровани на Бановом брду, Кошутњаку и Дедињу, а флишна фација у атарима Барајева и Рушња. Аптски кат ( $^4K_1$ ) је распрострањен на Топчидеру, код железничке станице и Топчидерског гробља, као и код Кнежевца. Граде га пешчари и калкаренисти (песковити кречњаци). Албски кат ( $^5K_1$ ) јавља се у виду мањих изданака код Раковице, Рушња, Барајева, Губеревца, Кораћице и на Космају. Представљен је пешчарима и алевролитима.

Горња креда  $K_2$ : седименти горње креде ( $K_2$ ) имају највеће распрострањење на истраживаном подручју, од свих мезозојских седимената. У оквиру горње креде заступљени су следећи катови: ценомански, горњи турон-доњи сенон и сенонски. Седименти ценоманског ката ( $^1K_2$ ) изграђени су од конгломерата, пешчара и глинаца. Јављају се на ободу Макиша, код Рипња, Рушња, Барајева и Клења. Седименти турон-сенона ( $K_2^{2,3}$ ) имају највеће распрострањење од свих кредних седимената. Леже трансресивно преко старијих творевина јуре и креде. Јављају се у две различите литолошке фације: фацији алеврита и лапораца и флишној фацији пешчара и глинаца. Фација алеврита и лапораца је на више изданака заступљена у Раковици, затим Кошутњаку и Жаркову. Фација пешчара и глинаца заступљена је на знатно већем простору и то: у Остружници, на простору од Рушња на северу, Стојника на југу и Гркова на истоку, на Авали, као и на Космају од Неменикућа до Велике Иванче.

Седименти сенонског ката ( $K_2^3$ ) јављају се такође у две фације: флишној фацији пешчара, лапораца и глинаца и фацији вапновитих пешчара и глинаца. Флишна фација сенонских седимената јавља се на релативно малом простору између

Рушња и Сремчице, на брду Девојачки гроб. Фација вапновитих пешчара и глинаца јавља се код летње позорнице у Топчидерском парку и наспрам ње, на левој долињској страни Топчидерске реке.

### 2.3.1.2. Терцијар

Дискордантно преко мезозојских творевина леже дебеле наслаге терцијарних творевина. Ови седименти имају највеће распрострањење на истраживаном подручју. Представљени су наслагама које стратиграфски припадају миоцену и плиоцену.

Миоцен М: на истраживаном подручју заступљени су сви катови миоцена: доњи, средњи и горњи миоцен. Током трајања ових катова стварани су седименти различити по свом литолошком саставу али и фацијама.

Доњи миоцен М<sub>1</sub>: творевине доњег миоцена, односно бурдигалско-хелветског ката (М<sub>1,2</sub>) имају релативно мало распрострањење на подручју истраживања. Налазе се у атарима Великог Села (локалитет Провалија) и Сланаца. Познати су као „сланачка серија“ која је изграђена од плочастих лапораца, глинаца и туфита. У овој серији се налазе интеркалације туфова, а има и прослојака мрког угља, тако да је ова серија позната и као сланачко-туфогена серија.

Средњи миоцен М<sub>2</sub>: седиментне творевине средњег миоцена значајно су развијене на подручју истраживања, а стратиграфски припадају тортону М<sub>2</sub><sup>2</sup> (Ивковић et al., 1966). Јављају се у различитим фацијама, али генерално могу се груписати у следеће три фације: фацију глина, фацију пескова и конгломерата и фацију кречњака (Милојевић et al., 1975). Средњи миоцен добро је развијен у централној зони Београда. На потезу од Топчидерског брда на југу, па до ушћа Саве у Дунав, тј. Калемегдана на северу, трансгресивно преко мезозојских седимената таложени су миоценски. На овом простору творевине средњег миоцена су издвојене у неогени структурни спрат који формира „Београдски рт“ (Марковић et al., 1984). Седименти средњег миоцена заступљени су још и код Вишњице на обали Дунава, у атару Сланаца где су глине доминантне, затим Раковици, Великом Мокром Лугу, Кнежевцу, Калуђерици, у атару Трбушинца где су заступљенији пескови, местимично пешчари и

конгломерати, глиновити до прашиновити пескови. На подручју од Рудоваца према Венчану, заступљени су још и хетерогени угљевити пешчари, угаљ, лапорац и доломитични кречњаци.

Фација средњемиоценских кречњака који се јављају као спрудни, стварани на ртовима или на ободу басена у плиткој води, распрострањена је поред Калемегдана, у виду изданака и на Ташмајдану, код Роспи Ћуприје, на Торлаку, као и код Лештана. Ови средњемиоценски кречњаци су добро карстификовани и могу бити значајни носиоци изданских вода (Милојевић et al., 1975). Мада су насеља Раниловић и Мисача изван територије града Београда и ове територије су укључене у истраживања јер су то изворишни делови реке Турије и потока Мисач, чија сливна подручја се анализирају у раду. Део сливних подручја наведених водотокова граде глине, пескови, пешчари и шљункови, а стратиграфски припадају средњем миоцену – горњем тортону  $M_2^2$  (Павловић et al., 1977).

Горњи миоцен  $M_3$ : творевине горњег миоцена имају највећу заступљеност од свих неогених седимената. Стратиграфски, горњи миоцен је представљен седиментима сарматског ( $M_3^1$ ) и панонског ( $M_3^2$ ) ката.

Сармат  $M_3^1$ : на истраживаном подручју сарматски седименти имају значајно распрострањење. Током периода њиховог формирања, као последица различитих локалних услова настајања и литификације, дошло је до развоја сарматских седимената у више фација. Седименти сарматске старости развијени су у следећим фацијама: фацији глина, фацији лапорца и кречњака и фацији пескова (Милојевић et al., 1975). Сарматска фација глина литолошки је представљена глинама и лапорцима. Јавља се у атарима Ритопека, Болеча, Врчина, Барајева, Губеревца, Дучина, као и у Губеревачкој реци. Фација лапорца и кречњака заступљена је на више локација источно и западно од „мезозојске греде“. У литолошком погледу, представљена је најчешће сменом лапорца и лапоровитих кречњака чији су слојеви различите моћности. Заступљена је на Чукарици, код Жаркова, Сремчице, Бождаревца, Бељина, Губеревца, Сибнице, Кијева, Раље и Сопота. Генерално, сарматски кречњаци су веома карстификовани. Као последица карстификације у њима су на

површини терена развијене вртаче, а у подземљу мање пећине, карстни канали и каверне (Милојевић et al., 1975). На више локација у овим кречњацима су отворени каменоломи, на пример у Барајеву, Сремчици, Сибници, Бељину и Раљи. Фација сарматских пескова има знатно мање распрострањење у односу на фацију лапораца и кречњака. Јављају се у околини Бождаревца и Бељина.

Панон  $M_3^2$ : у оквиру горњег миоцена, седименти панона на истраживаном подручју заузимају знатно пространство. Литолошки су представљени глиновитим лапорцима, глинцима, песковима и шљунковима, у различитим односима моћности и смене слојева. На истраживаном подручју јављају се западно и источно од „мезозојске греде“. Западно од „греде“, јављају се на потезу од Умке на северу до Турије на југу, а источно од „греде“ од Младеновца на југу до Врчина на северу.

Плиоцен  $P_1$ : у оквиру неогена, на површини истраживаног терена заступљене су седиментне стене само доњег плиоцена  $P_1$  (пontiјски кат). Седименти доњег плиоцена имају знатно распрострањење на подручју истраживања. Западно од „мезозојске греде“, доњи плиоцен литолошки је представљен лапоровитим и гвожђевитим глинама код Велике Моштанице, а на потезу од Умке на северу па до Барошевца на југу, литолошки је представљен лапоровитим глинама, угљевитим глинама, дијатомејском земљом и песком. Источно од „греде“, доњи плиоцен је заступљен са две фације: фацијом пескова, песковитих глина и шљункова и фацијом ситнозрних шљункова. Фација пескова, песковитих глина и шљункова заступљена је у атарима Гроцке, Бегаљице и Камендола, а фација ситнозрних шљункова на релативно малом простору источно од Брестовика. Седименти плиоценско-квартарне старости ( $P_1, Q$ ) издвојени су између Великих Црљена на западу, Пркосава на истоку, Јунковаца на северу и Зеока на југу. Литолошки су представљени песковима, шљунковима и глинама, које генетски представљају речно-језерску терасу.

### **2.3.1.3. Квартар**

Квартарни седименти на подручју истраживања заузимају знатно пространство. Развијено је више веома различитих формација, које генетски припадају

флувијалним, еолским и падинским процесима. Према старости, квартарни седименти на подручју истраживања су сврстани у две групе (Милојевић et al., 1975):

- а) старијим квартарним седиментима припадају речно-језерски слојеви са *Corbicula fluminalis* (ја-м/г), шарене песковите и шљунковите глине и глиновити пескови (б-г/в) и копнени лес (л-в);
- б) млађим квартарним седиментима припадају лес, лесоидне глине, еолски пескови и падинске творевине.

Старији квартарни седименти: речно-језерски слојеви са *Corbicula fluminalis* (ја-м/г) формирају пространу равну Макиша, дуж десне обале Саве, на потезу од Остружнице узводно, до ушћа Топчидерске реке низводно. Дебљина ових слојева је око 18-20 m, а литолошки су представљени песковима, шљунковима и глинама. У оквиру њих формирана је моћна издан збијеног типа која је у директној хидрауличкој вези са водама Саве (Никић, Павловић, 2012). Квантитет и квалитет ових изданских вода представљали су полазне основе за формирање изворишта за водоснабдевање Београда, на простору Макиша. Шарене песковите и шљунковите глине и глиновити пескови (б-г/в) простиру се на релативно малом простору између Бегаљице на западу, Брестовика на северу, Умчара на југу и границе истраживаног подручја на истоку. Копнени лес издвојен је као посебна јединица само у атарима Брестовика и Камендола, на релативно малој површини терена.

Млађи квартарни седименти: у оквиру флувијалног процеса, дуж десне обале Саве и Дунава, унутар граница истраживаног подручја, формиране су алувијалне равни, речне терасе и барски седименти. Простране алувијалне равни, формиране уз десну обалу Саве, издвојене су на простору низводно од Умке и на потезу од ушћа Топчидерске реке до железничке станице. Уз десну обалу Дунава, простране алувијалне равни су присутне низводно од ушћа Саве па до ушћа Миријевског потока у Дунав, као и на потезу од Дунавског кључа до Винче. Такође, постоји више ада у кориту Саве и Дунава (Остружничка, Ада Циганлија, Ада Хуја, аде у Дунавском кључу, Грочанска ада) и више пешчаних плажа. Речне терасе су на подручју истраживања релативно малог распрострањења, а јављају се уз Саву, Дунав, Раљу и Оњег. Речна тераса дуж

тока Раље издвојена је са њене десне и леве долирске стране, на потезу од Поповића па до границе истраживаног подручја, а такође и дуж тока Оњега на потезу од Браковца до Боговађе. Литолошки, све наведене флувијалне творевине су представљене невезаним стенским масама, које представљају пескови ситнозрни до крупнозрни, шљункови ситнозрни до средњезрни, глине, заглињени пескови и песковите глине. У њима је формирана моћна издан чије су воде у директној хидрауличкој вези са водама Саве и Дунава. У зависности од хидролошког стања ових река налази се и ниво подземних вода издани.

Поред алувијалних творевина Саве и Дунава, овој генетској групи седиментних стена припадају и алувијалне творевине свих других, мањих водотокова на истраживаном подручју. Такође и ове творевине литолошки су представљене песковима, шљунковима и глинама, у широком опсегу величина њихових фракција. Значајне су алувијалне равни Оњега, Пештана, Турије, Бељанице, Топчидерске реке, Мокролушког потока, Манастирске реке, Завојничке реке, Раље, Луга и других. Дебљина алувијалних седимената наведених водотокова је релативно мала, али имајући у виду њихову дужину и површину распрострањења, добијају на значају. У њима су формиране издани збијеног типа, релативно скромне издашности.

Лес генетски припада еолском процесу. На истраживаном подручју његово развиће је значајно присутно на подручју Вишњице, Сланаца, Роспи ћуприје, Миријева, Малог и Великог Мокрог Луга, Калуђерице и Болеча, затим Велике Крсне, Ковачевца, Међулужја и Пружатовца. Литолошки је представљен песковитим алевритима и ситнозрним песковима.

Пролувијалне, делувијалне и делувијално-пролувијалне творевине генетски припадају падинском процесу. Литолошки су представљене прашинастим и глиновитим материјалом, са ретким комадима чврстих одломака димензија до десетак центиметара. Јављају се у подножју падина, често формирајући простране засторе. Већа површинска заступљеност ових творевина је на подручју Степојевца, Великог Борка, Арнајева, изворишног дела Барајевске реке, на падинама Космаја и више других локалитета где су заступљене на релативно малим површинама.

Од свих млађих квартарних седимената најмање распрострањење имају барски седименти (b). Литолошки су представљени песковима, алевритима и барским глинама. Јављају се на пространој Макишкој речно-језерској равни, у плитким депресијама које најчешће означавају неки од некадашњих рукавца Саве. Мање површине барских седимената јављају се у алувијалним равнима других водотокова.

### 2.3.2. Магматске стене

На подручју истраживања јављају се разноврсне стене магматског порекла представљене жичним, плутонским и изливним варијететима. Њихово распрострањење на површини терена је релативно мало, али у оквиру ендеогеног процеса имају значајну улогу у формирању рељефа подручја на којем се појављују. Према стратиграфској припадности, сврстане су у две старосне групе: старије мезозојске и млађе терцијарне старости.

Мезозоик: старије магматске стене мезозојске старости су дацитоандезити ( $\alpha\eta$ ), фонолити ( $\tau\eta$ ), гранодиорити ( $\delta\gamma$ ) и гранит-монцонит ( $\gamma\delta$ ). Дацитоандезити и фонолити су кредне старости, а гранодиорити и гранит-монцонит јурске геолошке старости. Дацитоандезит је интермедијарна изливна стена. На подручју истраживања јавља се у виду мањих изданака на више места на простору јужно од Пиносаве, у оквиру флишних творевина јурско-кредне старости. Фонолит је интермедијарна изливна магматска стена. Заступљен је само на једном месту, у кориту и десној долиноској страни Железовачког потока, на релативно малом простору. Гранодиорит је дубинска интермедијарна магматска стена. Јавља се северно од Брајковца и ова појава је позната под називом брајковачка маса. Гранит-монцонит је такође магматска стена, јавља се на Букуљи која је изван подручја територије Београда. Међутим, изворни део Пештана је на падинама Букуље, тако да је за овај део терена дат приказ геолошке грађе истраживаног подручја.

Терцијар: млађе магматске стене на истраживаном подручју су терцијарне геолошке старости и њима припадају: кварцлатити ( $\chi\alpha$ ), фенодацити ( $\alpha\eta$ ), лампрофири ( $\lambda P\eta$ ), андезити ( $\alpha P\eta$ ) и дацити ( $\alpha$ ). Ово су интермедијарне изливне

магматске стене. На истраживаном подручју су регистроване у виду мањих издани западно од Ритопека у Хајдучком потоку, у атару Рудоваца, као и на падинама Авале.

### 2.3.3. Метаморфне стене

Од метаморфних стена, заступљене су творевине које припадају палеозојској и мезозојској геолошкој старости.

Палеозоик: старије метаморфне стене на подручју истраживања имају релативно мало распрострањење на простору јужно од реке Пештан, у атарима Трбушинца, Жупањца, Бурова, Брајковца, Чибутковице, као и изворишном делу Лукавице. Стратиграфски припадају девону, а литолошки су представљене контактено промењеним стенама: корнитима, лискунским шкриљцима и гнајсевима, затим серицит-хлоритским шкриљцима и метапешчарима и филитима.

Мезозоик: од млађих метаморфних стена мезозојске старости велико пространство заузимају серпентинити јурске геолошке старости. Јављају се на Авали, на југоисточном и јужном делу, на Космају северно од Кораћице, затим у троуглу између Лештана, Калуђерице и Раковице. У виду мањих појава јављају се и на другим местима, ван наведених, на пример у широј области села Зуце, на изворишном делу потока Карагач, на Трешњи и Космају. Свежије партије серпентинита су зелене боје, а оне које су захваћене распадањем мркоцрвенкасте или жућкасте.

**Табела 2.3.** Литолошки састав терена ширег истраживаног подручја

Литолошки састав	Бр. на карти	km <sup>2</sup>	%
Пескови, песковите глине и пешчари (панон)	51	437.02	29.44
Флиш: песковити лапорци, пешчари и кречњаци (турон-сенон)	52	137.55	9.27
Алувијум	54	100.37	6.76
Лапоровите глине, угљевите глине, дијатомејска земља и песак (понт)	87	96.47	6.50
Делувијално-пролувијални седименти	83	54.09	3.64
Кречњаци, ређе лапоровити пешчари и песак (доњи сармат)	82	48.03	3.24



Лесоидни седименти	62	44.26	2.98
Делувијалне глине	48	40.36	2.72
Пескови, пешчари, песковите глине (доњи сармат)	53	40.03	2.70
Грубокластични седименти	117	37.82	2.55
Шарене песковите и шљунковите глине и глиновити песак	60	35.90	2.42
Глине, пескови, пешчари и шљункови (горњи тортон)	64	33.68	2.27
Кречњаци, глине и песковите глине (сармат)	19	25.37	1.71
Албит-хлорит-мусковитски шкриљци и пешчари	130	25.01	1.68
Лес	46	22.64	1.53
Серицитхлоритски шкриљци и метापешчари	115	21.28	1.43
Конгломерати, хетерогени и угљевити пешчари	105	18.83	1.27
Мусковит-биотитски шкриљци	131	17.29	1.16
Органогено оолитски и песковити кречњаци (доњи сармат)	69	17.18	1.16
Пескови, глине, шљункови и пешчари	113	17.17	1.16
Филити, метаморфисани алверолити и пешчари	112	14.78	1.00
Грубокластична серија (конгломерати пресеке)	68	13.06	0.88
Глиновити лапорци, глинци, пескови и шљункови (панон)	18	12.85	0.87
Алевролити и лапорци	24	12.66	0.85
Гранитмонзонити	67	11.57	0.78
Серпентинити	47	11.55	0.78
Флиш: Пешчари и алевролити	107	10.79	0.73
Алувијум: суглине и пескови	42	8.74	0.59
Копнени лес	57	7.96	0.54
Флиш: пешчари, лапорци и глинци (малм - неоком)	81	7.79	0.52
Пескови, песковите глине и шљункови (горњи понт)	56	7.43	0.50
Нормално зрнасти гранодиорити	110	6.84	0.46
Флиш: пешчари и глинци, ређе лапорци и кречњаци (неоком)	37	6.83	0.46
Феноандезити	108	6.53	0.44
Пескови, кречњаци, глине и лапоровите глине (панон)	50	6.15	0.41
Пирокварцити кварцлатитског састава	102	6.14	0.41
Сиволавичасте лапоровите и гвожђевите глине (понт)	32	4.82	0.32
Крупнозрни окцасте гнајсеви	99	4.77	0.32
Пескови и глиновити пескови	15	4.41	0.30
Глине, лапоровите глине, пескови, пешчари, кречњаци и шљункови (тортон)	44	3.89	0.26
Флиш: глиновити пешчари, глинци, лапорци и кречњак	121	3.60	0.24
Тераса	122	3.57	0.24

Дијабаз-рождачка формација: олистолити, блокови и класти кречњака, рожнаца и пешчара	72	3.31	0.22
Глине, лапоровите глине, пескови, пешчари и кречњаци (сармат)	43	2.98	0.20
Песак, глине и лапорци (доњи сармат)	129	2.06	0.14
Песковити лапорци и лапоровити пешчари - аптиски слојеви	75	2.03	0.14
Органогено-детритични кречњаци (титон)	76	2.01	0.14
Пролувијум (плавински конус)	61	1.88	0.13
Флиш: пешчари, алевролити, лапорци, глинци и кречњаци (барем-апт)	79	1.86	0.13
Делувијум	63	1.79	0.12
Сиви и румени песковити кречњаци (алб-ценоман)	65	1.67	0.11
Лапорци, глинци и алевролити	26	1.61	0.11
Нижа речна тераса	58	1.42	0.10
Дацити	109	1.38	0.09
Песковити лапорци, лапоровити кречњаци и пешчари са амонитима (алб)	71	1.17	0.08
Флиш: пешчари и глинци	21	1.15	0.08
Корнити, лискунски шкриљци и гнајсеви	132	1.06	0.07
Кварцлатити	73	0.86	0.06
Пешчари, лапорци и глинци	25	0.77	0.05
Речно-језерска тераса	98	0.73	0.05
Аргилофилити, метапешчари	133	0.65	0.04
Лапорци, глинци и алевролити (отрив-барем)	84	0.62	0.04
Пешчари, алевролити, лапорци, глинци и кречњаци (неоком)	74	0.57	0.04
Пирокластити кварцлатитског састава	70	0.55	0.04
Песковити кречњаци (алб-ценоман)	77	0.53	0.04
Пешчари и алевролити	20	0.51	0.03
Флиш: пешчари, лапорци и глинци (сенон)	22	0.51	0.03
Лапоровити кречњаци и лапорци	106	0.40	0.03
Гвожђевити пешчари, песковити лапорци и кречњаци (алб)	80	0.36	0.02
Вулканске брече, агломерати, туфобрече, туфови	103	0.33	0.02
Ситнозрни шљункови (горњи понт)	59	0.33	0.02
Слојевити и банковити кречњаци, глинене шкриљци и лискуновити пешчари (доњи тријас)	88	0.32	0.02
Водене површине	127	0.30	0.02
Шкриљави конгломерати и кварцни пешчари	111	0.25	0.02
Глинци и лапорци	34	0.25	0.02

Песковити лапорци (биријас)	78	0.18	0.01
Дацито-андезити и филити	36	0.15	0.01
Конгломерати, пешчари и глинци	35	0.12	0.01
Латити	116	0.11	0.01
Кречњаџи, глине и пескови (тортон)	17	0.11	0.01
Рудистни кречњаџи	101	0.11	0.01
Слојевити и банковити кречњаџи	33	0.10	0.01
Дијабази	125	0.08	0.01
Кварцне жице	124	0.08	0.01
Гранитпорфири и кварциоритпорфири	114	0.07	0.005
Песковити кречњаџи (ценоман-турон)	100	0.07	0.004
Аплити	66	0.05	0.003
Фонолити	27	0.02	0.001
Нормално зрнаст гранит монзонит	104	0.0001	0.000222
Пескови и шљункови са <i>Curbicula fluminalis</i>	31	0.00002	0.0000.49
<b>Укупно</b>		<b>1484.55</b>	<b>100.00</b>

#### 2.4. Педолошке карактеристике истраживаног подручја

Типови земљишта на истраживаном подручју су идентификовани на основу Педолошке карте Србије, листови Аранђеловац 1, Аранђеловац 2, Београд 1, Београд 3, Београд 4, Обреновац 4, Крагујевац 1, Ваљево 2, Р=1:50.000 (Танасијевић et al., 1961) и представљени у Табели 2.4. (Карта бр. 3.). Коришћени су референтни литературни извори за потребе класификације и описа појединих типова земљишта (Шкорић et al., 1985; IUSS, 2015; Кнежевић et al., 2011; Ђорђевић et al., 2011).

**Табела 2.4.** Заступљеност појединих типова земљишта на истраживаном подручју

Типови земљишних формација	Број картиране јединице	Површина [km <sup>2</sup> ]	Заступљеност [%]
Гајњача	12	485.56	32.71
Гајњача у лесивирању (оподзољавању)	14	366.16	24.66
Параподзол (псеудоглеј)	30	175.68	11.83
Гајњача лесивирана (оподзољена)	15	104.00	7.01
Делувијум	38	75.43	5.08
Смеђе скелетоидно кисело земљиште на граниту	42а	38.52	2.59

Алувијални нанос иловасти	32	36.64	2.47
Смоница	5	34.91	2.35
Еродирано земљиште на разним супстратима	48a	34.53	2.33
Чернозем деградиран у огајњачавању	4	30.25	2.04
Смеђе скелетоидно земљиште на шкриљцима	41	28.11	1.89
Смоница алувијална - ливадско земљиште	11	17.71	1.19
Смоница еродирана (плитка)	6	15.11	1.02
Смоница у огајњачавању	7	14.86	1.00
Алувијални нанос глиновити	33	11.35	0.76
Алувијално-делувијални нанос	39	10.02	0.67
Чернозем еродиран (плитак)	2	2.75	0.19
Смоница у лесивињању (оподзољавању)	8	1.26	0.08
Гајњача плитка	13	0.85	0.06
Смоница лесивирана (оподзољена)	10	0.39	0.03
Површински водотокови		0.30	0.02
Скелетно земљиште на серпентиниту	48b	0.16	0.01
<b>Укупно</b>		<b>1484.55</b>	<b>100.00</b>

#### 2.4.1. Гајњаче

На истраживаном подручју доминантно су заступљена (више од 60%) земљишта која припадају групи гајњача, односно, према Светској референтној бази (World Reference Base for Soil Resources-WRB (IUSS, 2015), неизмењени или делимично измењени еутрични камбисол (Кнежевић et al., 2011; Ђорђевић et al., 2011). Етимолошки, домаћи назив ових земљишта (гајњаче) објашњава њихову појаву на просторима где су некада доминирале заједнице лишћарског дрвећа (гајеви). У оквиру истраживаног подручја гајњаче заузимају површине са просечном надморском висином од 201.52 m (минимална висина 70 m, максимална висина 404.8 m). Значајно распрострањење ових земљишта је на подручју Шумадије, Поморавља и делимично Мачве. Гајњаче спадају у групу зоналних земљишта чија је генеза тесно повезана са биоклиматским приликама. Срећу се у областима са просечном годишњом количином падавина од 600-700 mm, средњом годишњом температуром ваздуха од 10-12°C, са израженим летњим сушним периодима (Ђорђевић et al., 2011). Гајњаче су настале под утицајем шумске вегетације, у највећем броју случајева,

храстових састојина. Са експанзијом пољоприведних активности ове шуме су крчене за потребе формирања обрадивих површина, тако да се данас највећи део простора под овим земљиштем користи за гајење различитих пољопривредних култура. По производним особинама, спадају у земљишта средње производне вредности. Како су основна стабилност, физичка и хемијска постојаност и квалитет, генетски везани за шумске заједнице, под утицајем антропогеног фактора ова земљишта могу да буду измењена у различитим правцима, са пратећим појавама као што су смањење садржаја хумуса, поремећен водно-ваздушни режим и појава ерозионих процеса (Ђорђевић et al., 2011). У контексту другачијег вегетационог покривача (четинарске шуме), код гајњача долази до повећања киселости површинског профила. Код глиених супстрата, где долази до миграција честица глине (лесивирање) у доње хоризонте, може доћи до појаве псеудоглеја.

#### **2.4.2. Псеудоглеј**

На најјужнијем делу истраживаног подручја заступљена су псеудоглејна земљишта (175.68 km<sup>2</sup>, односно, 11.83% површине истраживаног подручја), која се према WRB класификацији називају haplic planosol (Кнежевић et al., 2011). Основне карактеристике ових земљишта су последица процеса стагнације воде у њиховим горњим профилима, у одређеном периоду године, услед коинциденције више егзогених и ендегених услова: климатских карактеристика, типа рељефа, геолошке подлоге и врсте вегетације. Образују се у условима семихумидне и хумидне климе са годишњом количином падавина већом од 700 mm, на теренима који омогућавају задржавање воде, тако да су најчешћа на геоморфолошким формама тераса (Ђорђевић et al., 2011). Псеудоглејна земљишта имају ниску продуктивну способност, која је додатно условљена дужином периода утицаја подземних вода. Механичком обрадом и мелиоративним захватима (дренаже) се могу побољшати физичка својства и водно-ваздушне особине, али је у циљу повећања продуктивности неопходно додавање органских материја, фосфора и калијума (Ђорђевић et al., 2011).

### 2.4.3. Делувијална земљишта

Делувијална земљишта (према WRB класификацији означена су као колувијална земљишта), заузимају површину од 75.43 km<sup>2</sup>, односно, 5.08% од укупне површине истраживаног подручја. Просторни распоред ових земљишта је везан за комплексност рељефних форми јужног дела административног подручја града Београда, с обзиром на то да настају спирањем супстрата са виших терена где се као вектори јављају површински отицај или водотокови (Кнежевић et al., 2011). На истраживаном подручју се јављају на надморским висинама до 300 mnm (просечна надморска висина 146 mnm), са просечним нагибом терена од око 11.18%. У зависности од дужине путање миграције земљишног материјала, у горњим деловима падине се могу наћи фракције песка и крупнијих делова скелета, док у доњим деловима падине долази до акумулације структурно финијих материјала (Ђорђевић et al., 2011).

### 2.4.4. Смеђе скелетоидно кисело земљиште на граниту

Смеђе скелетоидно кисело земљиште на граниту простире се на 38.52 km<sup>2</sup>, а према WRB класификацији назива се haplic cambisol (Кнежевић et al., 2011). Фомира се у планинским зонама, на надморским висинама од 700-2000 mnm, у различитим климатским условима (Ђорђевић et al., 2011), са средњом годишњом температуром ваздуха од 4-10°C и просечном годишњом количином падавина од 700-1500 mm. Простиру се на јужним деловима истраживаног подручја, у висинским зонама од 136-690 mnm (просечно, 326 mnm), на теренима са просечним нагибом од 25%. Према механичком саставу, ова земљишта припадају пескушама до лаким глинушама, док удео скелета износи и до 30-40% (карактеристично за плиће форме). Због малог садржаја глине и знатног садржаја скелета ова земљишта су добро пропусна за воду и ваздух, оцедна су и добро аерисана. Одликују се ниском вододрживошћу, лако се обрађују и ако су под природном ливадском вегетацијом имају веома стабилне структурне агрегате. У погледу хемијског састава одликују се израженом киселошћу (pH=4.5-5.5) (Antić et al., 1980). Садржај хумуса је варијабилан, а зависи од начина коришћења и надморске висине: под природном вегетацијом

и на мањим надморским висинама креће се између 2-5%, а на висинама изнад 1000 mm може да буде и до 10%. Садржај хумуса нагло опада по дубини а кроз читав профил ова земљишта су безкарбонатна (Ђорђевић et al., 2011).

#### **2.4.5. Алувијални нанос**

Алувијални нанос се налази поред готово свих површинских водотокова на истраживаном подручју, на 58.01 km<sup>2</sup>, односно, 3.90% укупне површине. Највише га има у долинама великих река као што су Сава и Дунав, где су и најинтензивније пољопривредне активности (Antonić et al., 1978). Уочено је више варијетета овог типа земљишта: алувијални нанос иловасти, алувијални нанос глиновит, алувијално-делувијални нанос. Алувијални нанос иловасти је највише распрострањен и заузима површину од 36.64 km<sup>2</sup>, односно, 2.47% од укупне површине истраживаног подручја. Према WRB класификацији назива се haplic fluvisol (siltic) (Кнежевић et al., 2011), а креће се на заравнима са развијеним микрорељефом, у дугачким и узаним микродепресијама које представљају старе рукавце река (Antonić et al., 1978), просечне надморске висине 129 mm, нагиба око 3%. У односу на гранулометријски састав, доминирају текстуре од пескуше до иловаче, са неуједначеним хемијским особинама. На локалитетима поред Саве удео креча се креће од 5-16%, док на локалитетима око Колубаре и Пештана износи 1-2%. Реакција средине је неутрална до слабо алкална, са максималним вредностима pH=8, просечним садржајем хумуса од 1-3%, изузетно и преко 3% (Antonić et al., 1978).

Алувијални глиновити нанос заузима површину од 11.35 km<sup>2</sup>, односно 0.76% од укупне површине истраживаног подручја. Према WRB систему класификације овај тип се назива haplic fluvisol (clayic) (Кнежевић et al., 2011). Овај тип земљишта се простире на западном делу административног подручја града Београда, на теренима просечне надморске висине 100 mm, нагиба око 0.52%.

Алувијално делувијални нанос је распрострањен на источном делу истраживаног подручја, на површини од 10.02 km<sup>2</sup>, на теренима просечне надморске висине 151 mm, нагиба око 5.82%.

#### 2.4.6. Смоница

Различити варијетети смонице простиру се на 84.24 km<sup>2</sup>, односно, 5.67% од укупне површине истраживаног подручја.

Типична смоница се простире на површини од 34.91 km<sup>2</sup>, односно 2.35% од укупне површине истраживаног подручја. Према WRB класификацији назива се haplic vertisol (Кнежевић et al., 2011). Јавља се на заравњеном или благо заталасаном рељефу, у котлинама и депресијама, просечне надморске висине 189 mm, нагиба 7.58%. По ободу котлина смонице су плитке и углавном еродиране (Antonić et al., 1978). По механичком саставу смоница припада глинушама, са високим садржајем глине и колоидне глине, услед чега у влажном стању бубри, постаје пластична, лепљива и безструктурна, док је у сувом стању испуцала. Има неповољне водно-ваздушне особине, са слабо киселом до благо алкалном реакцијом, у зависности од садржаја CaCO<sub>3</sub>. Садржај хумуса се креће од 3-5%, а под природном вегетацијом може бити и до 8% (Ђорђевић et al., 2011).

Поред основог типа смонице, распрострањено је још пет варијетета. На другом месту по заступљености је смоница алувијална (ливадско земљиште, флувијално ливадско земљиште или ливадска црница). Заузима површину од 17.71 km<sup>2</sup> и распрострањена је на западном делу административног подручја града Београда, на терену просечне надморске висине 155 mm, просечног нагиба 3.82%. По механичком саставу су углавном иловаче и лакше глинуше, са слабије или јаче израженом зрнастом структуром (Ђорђевић et al., 2011). Смоница алувијална има углавном неутралну до слабу алкалну реакцију, са садржајем хумуса од 2-5%.

#### 2.4.7. Чернозем

Чернозем деградирани у огајњачавању (посмеђени чернозем) је распрострањен у непосредном приобаљу Дунава и Саве, односно на оним подручјима где лес представља геолошку подлогу (Antonić et al., 1978). Према WRB класификацији назива се luvic chernozem (greyic) (Кнежевић et al., 2011). Овај тип чернозема појављује се на северним деловима истраживаног подручја, на



теренима надморске висине од 84-280 mm, просечног нагиба 10.63%. Простире се на површини од 30.25 km<sup>2</sup>, односно, 2.04% од укупне површине истраживаног подручја. Гранулометријски састав варира од иловаче до глиновите иловаче, са стабилном структуром, која је у Амо хоризонту зрнаста, ситногрудвичаста и рогљаста, док у дубљим хоризонтима може бити и грудвичаста. Земљиште има неутралну до врло слабо киселу реакцију.

Чернозем еродирани се појављује на мањим површинама, обично на падинама, усецима, обалама потока и јаруга (Antonić et al., 1978). У WRB класификацији назива се *calcic chernozem (aridic)* (Кнежевић et al., 2011). Еродирани чернозем се морфолошки знатно разликује од осталих варијетета чернозема. Простире се на теренима надморске висине од 72-285 mm, просечног нагиба 14.23%, на површини од 2.75 km<sup>2</sup>, односно, 0.18% од укупне површине истраживаног подручја. Гранулометријски састав се креће у распону од најчешће иловастог до песковито глиновито иловастог састава. Вредности рН су знатно више него код нормалног чернозема, са упадљиво мањим садржајем хумуса.

## **2.5. Начин коришћења простора на истраживаном подручју**

Начин коришћења простора на целокупном истраживаном подручју (1484.55 km<sup>2</sup>) детерминисан је на основу CORINE базе података, док је за одабране сликове начин коришћења простора одређен анализом орто-фото снимака. CORINE база података (CLC, 2012) представља најреферентнији извор просторних информација на подручју Европе. Рад на стварању ове базе података започет је још 1985. на иницијативу Европске комисије, за потребе формирања информационог система о стању животне средине у Европи (Nestorov, Protić, 2009). Прва верзија базе је понуђена јавности 1990. године, после чега су бројне земље исказале потребу за њеном надградњом и проширењем, пре свега због интензивних промена намене простора услед урбанизације (Nestorov, Protić, 2006). CORINE база је препозната као кључни сет података за просторне и територијалне анализе на различитим нивоима, за потребе државних администрација, стручне и научне јавности, а 2001. године је почела реализација овог пројекта и за подручје Србије. Коришћењем CORINE

базе података издвојени су начини коришћења простора на истраживаном подручју и приказани у Табели 2.5. (Карта бр. 4.).

Доминантан начини коришћења простора на истраживаном подручју су мозаични системи који представљају различите комбинације екстензивне пољопривреде и фрагмената природних елемената. Иако је истраживано подручје у непосредној близини и под утицајем београдског метрополитена, форма начина коришћења простора је слична руралним областима. Према CORINE бази, комплекси обрадивих површина и агрошумски простори збирно заузимају површину од 924.99 km<sup>2</sup> (62.31% од укупне површине истраживаног подручја).

**Табела 2.5.** Структура начина коришћења простора на истраживаном подручју

Типови земљишних формација	Број картиране јединице	Површина [km <sup>2</sup> ]	Заступљеност [%]
Комплекс аграрних простора	242	568.55	38.30
Агрошумски простори	243	356.44	24.01
Листопадне шуме	311	277.51	18.69
Обрадиво земљиште	211	133.06	8.96
Насељена места	112	98.88	6.66
Воћњаци	222	14.24	0.96
Пашњаци	231	12.87	0.87
Мешовите шуме	313	8.8	0.59
Шибљаци	324	5.71	0.38
Виногради	221	3.16	0.21
Индустријске и комерцијалне јединице	121	2.23	0.15
Градске зелене површине	141	1.8	0.12
Водотокови	511	0.63	0.04
Четинарске шуме	312	0.34	0.02
Водене површине	512	0.26	0.02
Експлоатационе области	131	0.051	0.003
Копнене мочваре	411	0.008	0.001
Саобраћајна инфраструктура и припадајуће земљиште	122	0.002	0.0001
<b>Укупно</b>		<b>1484.55</b>	<b>100.00</b>

Комплекс обрадивих површина заузима простор од 568.55 km<sup>2</sup>, односно, 38.30% од укупне површине истраживаног подручја. Јавља се на теренима са надморским висинама у распону од 70-437 mnm, просечно 203.52 mnm, просечног нагиба терена 9.54%. Представљен је склопом уситњених парцела, различитих једногодишњих и вишегодишњих усева (Слика 2.2.). Поред тога, обухвата и мање површине воћњака, винограда и баштенских колонија. Јављају се и разбацани, малобројни објекти, углавном у функцији пољопривредне производње, при чему са пратећим земљиштем не покривају површину већу од 30%. Највеће површине се налазе на сливу Топчидерске реке, у околини насељених места Рушња, Ресника, Пиносаве, Рипња, Мале Моштанице, Степојеваца, Барајева, Вранића, Барича, Лазаревца, Партизана и Велике Иванче. Јављају се на Космају, око Сопота и Малог Пожаревца.



**Слика 2.2.** Приказ дела комплекса обрадивих површина на сателитском снимку

Агрошумски простори заузимају 356.44 km<sup>2</sup>, односно, 24.01% од укупне површине истраживаног подручја. Заступљени су на теренима просечне надморске висине 200.39 mnm (најниже и највише коте 70 mnm и 521 mnm), са просечним нагибом од 13.02%. Доминантно се користе за потребе пољопривредне производње, са значајним присуством природних или полуприродних елемената (Слика 2.3.). Агрошумски простори се јављају поред комплекса обрадивих површина, у фрагментима или на већим парцелама.

Веома су хетерогени, са аспекта намене површина и обухватају: обрадиво земљиште, воћњаке, винограде, остатке аутохтоних шума, групе дрвећа и жбуња, водена тела, спорадичне сеоске објекте и линеарне зелене структуре. Најзаступљенији су у околини Младеновца, Лазаревца, Рипња и Врчина.



**Слика 2.3.** Приказ дела агрошумских простора на сателитском снимку

Листопадне шуме заузимају површину од 277.51 km<sup>2</sup>, односно 18.69% од укупне површине истраживаног подручја. Простиру се на терену просечне надморске висине 243.84 mnm (најниже и највише коте 70 mnm и 690 mnm), нагиба 21.61%. Ова класа обухвата вегетацију која се састоји углавном од дрвећа, укључујући и жбунасту вегетацију, где листопадне врсте доминирају (Слика 2.4.). Укључује површине покривене крошњама више од 30%, или са густином од 500 стабала/ha за плантажне структуре, при чему листопадно дрвеће представља више од 75% растиња. Заступљеност ове класе је изражена на северним деловима истраживаног подручја (око насеља Сремчице, Кумодража, као и на Авали), затим на средишњем (око насеља Витковица, Лисовић, Губревац, Бабе, Ропчево, Парцани и планине Космај) и југозападном делу територије града Београда (око Брајковца, Барзиловице и Чибутковице).





**Слика 2.4.** Приказ дела листопадних шума на сателитском снимку

Обрадиво земљиште заузима површину од  $133.06 \text{ km}^2$ , односно,  $8.96\%$  од укупне површине истраживаног подручја. Највеће површине су заступљене око Сремчице, Лазаревца и у околини Младеновца. Јавља се на теренима са просечним нагибом од  $7.85\%$ , просечном надморском висином од  $203.12 \text{ mnm}$  (најниже и највише коте  $90 \text{ mnm}$  и  $380 \text{ mnm}$ ). Део ове класе чине парцеле обрадивог земљишта које могу покривати од неколико хектара до неколико десетина и стотина хектара (Слика 2.5.). Обухвата површине под житарицама, махунаркама, крмним биљем, коренастим биљкама и привременим пашњацима у систему ротације. Такође, јављају се и површине под лековитим биљем, зачинима, воћњацима и повртњацима, на отвореном, у пластеницима и стакленицима.



**Слика 2.5.** Приказ дела обрадивог земљишта на сателитском снимку

Класа насељених места заузима површину од 98.88 km<sup>2</sup>, односно, 6.66% од укупне површине истраживаног подручја. Обухвата површине на којима су изграђене зграде, путеви и вештачке површине које пресецају подручја са вегетацијом (Слика 2.6.). Зграде, путеви и вештачке површине покривају између 50-80% од укупне површине ове класе. Насељена места распрострањена су на теренима са просечном надморском висином од 195 mnm, просечног нагиба 9.02%.



**Слика 2.6.** Приказ дела насељених места на сателитском снимку

### 3. МЕТОД РАДА

#### 3.1. Општи метод рада

Сложеност аналитичког приступа геопросторним особинама истраживаног подручја, условила је примену одговарајућих општих и посебних научноистраживачких метода, од којих је посебно значајан *метод моделирања*. Метод моделирања је апликативан, заснован на уносу квантитативних атрибута геопросторних елемената, чијом обрадом се креира могућност анализе и дефинисања истих елемената на мање истраженим или неистраженим подручјима (Šešić, 1974). У предметном случају, структура истраживачког модела садржи следеће елементе:

- систем хидрографских ентитета (сливних подручја) као основни предмет моделирања;
- подмодел којим се детерминише ниво актуелних и претпостављених нивоа деградације, кроз перцепцију природних хазарда;
- примена одговарајућих ГИС алата и поступака;
- калибрација модела, као референтан поступак за утврђивање његове применљивости.

Формирање аналитичког модела, односно система  $S_1$ , који је аналоган систему  $S_0$  (предмет или подручје истраживања), јесте крајњи циљ истраживачког поступка. Аналитички модел заправо представља скуп релација којима се представљају сложени динамички системи (Šešić, 1974; Zaječaranović, 1977), што одговара намери да се дефинишу својства физичких геопросторних процеса, спознају узроци промена начина коришћења простора и последични ефекти на стање животне средине.

Метод моделирања, као део система општих метода, уједно даје и основни логички и научни оквир за примену посебних метода. Предметно истраживање засновано је на примени метода анализе и синтезе. Метод анализе представља систем корака којима се рашчлањује сложен систем, односно, целина на своје градивне компоненте (Zaječaranović, 1977). Простор као целина је анализиран кроз градивне, привидно независно компоненте, које су квантификоване

одређеним индивидуалним вредностима. Вредносне категорије су условиле позиционирање појединих просторних компоненти кроз одређене релације (зависности), што је појаснило процес у целини (експликативна анализа). Атрибути „просторности“ анализираних процеса омогућују издвајање елемената каузалности (утврђивање узрочно-последичних веза) и функционалности (испитивање функције индивидуалних елемената који су део целине). Следећи корак у обликовању модела био је примена метода синтезе, кроз повратни процес којим се „привидно независно компоненте“ постављају у функционално зависне односе, дајући потпунији увид у стање просторне целине. Поред тога што овакав приступ одговара принципима интегралне перцепције стања животне средине, његова примена пружа практично примењиве информације о просторним процесима који су предмет истраживања у овом раду.

### **3.2. Легислативни оквир примењених метода**

*Закон о заштити животне средине* (Сл. Гл. РС, бр. 135/2004, 36/2009, 36/2009 - др. закон, 72/2009 - др. закон, 43/2011 - одлука УС и 14/2016), као највиши правни акт у домену заштите животне средине, наглашава значај успостављања система заштите животне средине (члан 2). Према поменутом *Закону*, овај систем је састављен од мера, услова и инструмената заштите, са нагласком на [...] *одрживом управљању, очувању природне равнотеже, целовитости, разноврсности и квалитета природних вредности и услова за опстанак свих живих бића* [...], као и [...] *спречавању, контроли, смањивању и санацији свих облика загађивања животне средине* [...]. Основни елементи система заштите, у предметном *Закону* су дефинисани хијерархијском структуром (Слика 3.1.).

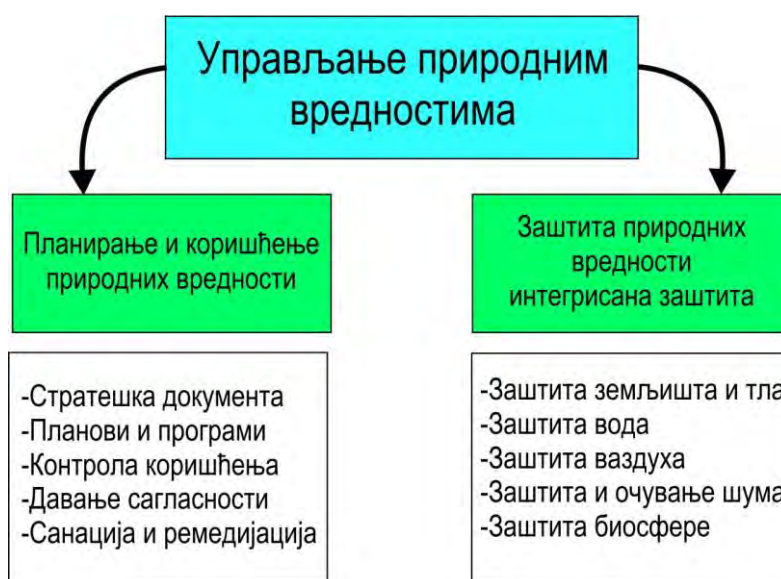
Адекватно управљање природним вредностима се остварује планирањем њиховог одрживог коришћења и очувања квалитета на основу прописаних и примењених услова и мера заштите. Природне вредности су представљене обновљивим и необновљивим природним ресурсима (геолошки, хидролошки и биолошки), заштићеним природним добрима и јавним природним добрима. Основе за управљање природним вредностима су дате унутар усвојених



стратешких докумената, као и меродавних планова и програма кроз контролу коришћења и заштите, давање сагласности за коришћење, обавезе санације и ремедијације и сл. (Слика 3.2.).



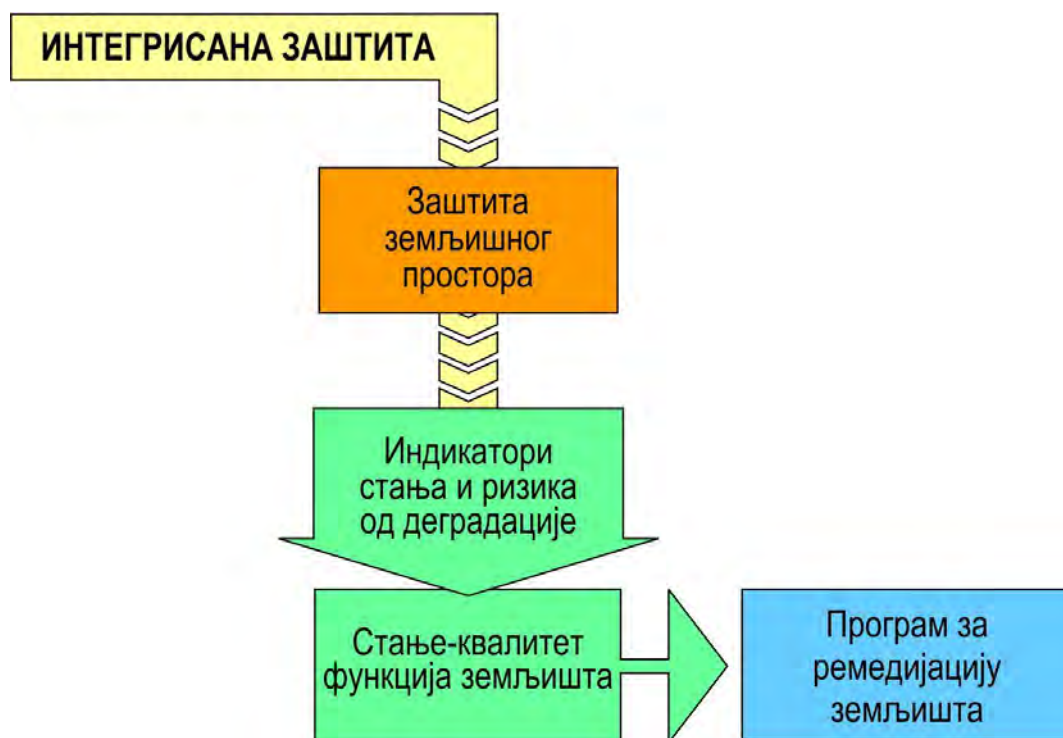
**Слика 3.1.** Систем заштите животне средине према важећем Закону о заштити животне средине (Сл. Гл. РС, бр. 135/2004, 36/2009, 36/2009 - др. закон, 72/2009 - др. закон, 43/2011 - одлука УС и 14/2016)



**Слика 3.2.** Компоненте управљања природним ресурсима

Посебно значајан сегмент Закона је заштита природних вредности која се остварује применом интегрисане заштите (Слика 3.3.), а посебно заштите земљишног простора. Овај елемент система заштите остварује се систематским праћењем стања, квалитета и функција земљишта применом меродавних

индикатора стања и ризика од деградације земљишта. На основу наведеног, *Закон* предвиђа дефинисање програма (скупови мера и поступака) за ремедијацију земљишта, као скуп механизма за отклањање последица контаминације и деградације земљишног простора, било да се они дешавају природно или да су узроковани људским активностима (*Закон о заштити земљишта*, Сл. Гл. РС, бр. 112/2015).



Слика 3.3. Спровођење заштите земљишног простора као сегмента интегрисане заштите природних вредности

Поред овог значајног сегмента *Закон о заштити животне средине*, и у наредним поглављима *Закон (III Мере и услови заштите животне средине и IV Праћење стања животне средине)*, је указано на значај заштите земљишног простора кроз контексте рапидне урбанизације и (не)предвидивих климатских промена. Земљишни простор је неопходно посматрати кроз тројство „стање-квалитет-функција“, што иницира одабир адекватних репрезентативних индикатора који су представљени у форми модела а који могу пружити реалан увид у актуелно и планирано стања овог ресурса животне средине. Утврђивање оптималног система превенције и концепта интегралне заштите се базира на прецизном детерминисању свих елемената постојећег стања који су од

интереса за поље истраживања, што је у предметном случају ове дисертације угроженост простора деструктивним ерозионим процесима и бујичним поплавама. Како је једна од подтема овог рада, утврђивање ерозионог потенцијала и предиспозиција простора за појаву бујичних поплава, градивни елементи метода који су примењени у раду се заснивају на примени адекватних модела у циљу детерминисања поменутих ризика.

### **3.3. Моделирање процеса деградације земљишног простора**

Мере заштите земљишног простора, у троугаоном концепту стање-квалитет-функција, са аспекта потреба предметног истраживања, дефинишу се у односу на актуелно стање и могућност појаве интензивних ерозионих процеса и бујичних поплава. Нивои деградације су утврђени применом адекватних модела који су аналогни предмету истраживања. За потребе овог рада, примењени су етаблирани модели за процену деградираности земљишног простора, који су развијени у ГИС софтверском окружењу. Предмет истраживања, односно поље примене модела, је представљено системом сливних површина на административном подручју Града Београда.

Одабир одговарајућег модела условљен је потребом да се на оптималном нивоу процени актуелна деградација земљишног простора. Комплексност процеса деградације, условљеност ендегених, егзогених и антропогених сила, резултирали су појавом врло различитих модела, креираних са различитим мотивима, за различите просторне околности као и просторне и информационе нивое (размере). Поред овога, развој информационих технологија, нарочито ГИС-а, и њихова примена за потребе процене и предикције процеса деградације земљишта, је додатно повећао број и различитост модела у постојећој истраживачкој пракси.

Да би се одређени модел применио, истраживачки приступ захтева јасне одговоре на следећа питања (Merritt et al., 2003):

- Какве просторне и временске податке модел захтева, у квалитативном и квантитативном смислу?
- Који ниво валидности модел обезбеђује?
- Који су циљеви употребе модела?
- Какве су софтверске и хардверске претпоставке коришћења модела?

Постојећа литература, у којој се истражује тематика систематизације модела, указује на постојање три категорије модела: емпиријски, концептуални и топографски (Merritt et al., 2003; Vente, Poesen, 2005).

Емпиријски модели се заснивају на анализи осмотрених вредности појединих просторно-временских параметара, где се обиман фонд података представља преко мањег броја променљивих. Иако се у овим моделима не истичу нелинеарне карактеристике животне средине, њихова апликативност је и даље актуелна јер је тешко обезбедити адекватне базе података за комплексне, динамичке моделе.

Концептуални модели се заснивају на представљању сливних подручја као скупа мањих просторно-информационих јединица, са извођењем генерализованих закључака о процесима на сливу, без прецизне анализе бројних процеса мањих размера. Концептуални модели заправо „лоцирају“ доминантне процесе на подсливове, после чега се изводе закључци на нивоу читавог слива. Последишно, може се сматрати да концептуални модели представљају прелазну фазу између емпиријских и топографских модела.

Топографски модели се ослањају на релације које описују процесе површинског отицаја, одношења (ерозије) и таложења (акумулације) ерозионих продуката на сливном подручју, употребом мерљивих параметара. Примена топографских модела захтева подешавање (калибрацију), због изражене хетерогености података који се добијају применом различитих метода, са високим степеном непоузданости када се примењују на различитим просторним скалама (размерама).

### **3.4. Модели за процену интензитета ерозије земљишног простора**

#### **3.4.1. Метод потенцијала ерозије (МПЕ)**

Примарни модел за процену интензитета ерозије током овог истраживања јесте Метод потенцијала ерозије (МПЕ), познат и као Метод професора Гавриловића (Gavrilović, 1972). Развој овог метода је започет педесетих година XX века на експерименталним сливовима Јужне, Западне и Велике Мораве, Ибра, Тимока и Вардара. Носиоци развоја МПЕ били су Шумарски факултет Универзитета у Београду и Институт за водопривреду Јарослав Черни, и од тада је у употреби на целокупном простору бивше СФРЈ, као и другим земљама широм света (Emmanouloudis, Filippidis, 1999; Globevnik et al., 2003; Emmanouloudis et al., 2003; Fanetti, Vezzoli, 2007; Zorn et al., 2007; Staut, Mikoš, 2008; Solaimani et al., 2009; Tazioli, 2009; Zorn, Komac, 2009a; Zorn, 2009b; Zorn, 2009c; Mazza et al., 2011; Zorn, Komac, 2011; Deilami et al., 2012; Тошић, Драгићевић, 2012; Ristić et al., 2012a; Ristić et al., 2012b; Радић, 2014).

Значајна предност овог метода јесте његова логичка матрица која одговара савременим приступима, уз примену географских информационих система (ГИС), иако је развијен током периода када је примена рачунара била само далека визија. Основни принцип МПЕ је издвајање „хомогених просторних јединица“ за које се одређује коефицијент ерозије (Gavrilović, 1972). Овакав приступ одговара употреби растерских база података које као основну јединицу препознају пиксел (Globevnik et al., 2003). Специфичност овог модела се огледа и у постојању коефицијента ерозије, специфичног фактора којим се сублимирају атрибути простора у форми различитих „подфактора“ (Слика 3.4.).



Слика 3.4. Алгоритам МПЕ

У методу се користи аналитичко-квантитативни приступ за процену ерозионе продукције и проноса наноса на предметним сливовима, који је конципиран после одговарајућих истраживања у лабораторијама Одсека за ерозију и мелиорације Шумарског факултета Универзитета у Београду и Института за водопривреду „Јарослав Черни“ из Београда (Gavrilović, 1972). Као основни резултат ових истраживања генерисана је формула којом се израчунава укупна годишња продукција ерозионог материјала на сливу:

$$W_{god} = T \cdot H_{god} \cdot \pi \cdot \sqrt{Z^3} \cdot A$$

$W_{god}$  – укупна продукција ерозионог материјала на сливу ( $m^3/god$ );

$T$  – температурни коефицијент подручја;

$H_{god}$  – средња годишња количина падавина (mm);

$\pi$  – 3.14;

$Z$  – коефицијент ерозије;

$A$  – површина сливног подручја ( $km^2$ ).

### 3.4.1.1. Температурни коефицијент подручја (T)

Температурни коефицијент подручја (T) добија се на основу израза:

$$T = \sqrt{\frac{t}{10} + 0.1}$$

У приказаној формули  $t$  представља средњу годишњу температуру ваздуха на истраживаном подручју, изражену у Целзијусовим степенима (°C). Добија се из одговарајућих карата средњегодишњих изотерми подручја.

### 3.4.1.2. Средња годишња количина падавина ( $H_{god}$ )

Средња годишња количина падавина  $H_{god}$  представља важан параметар у групи чинилаца од којих зависи могућност појаве и интензитет ерозионих процеса. Добија се на основу анализе резултата мерења падавина, са меродавних кишомерних станица, на сливу или у његовој непосредној близини.

### 3.4.1.3. Коефицијент ерозије (Z)

Коефицијент ерозије  $Z$  је репрезентативан показатељ стања ерозионих процеса на истраживаном подручју. Изражава јачину (разорност) ерозионих процеса на сливу, у распону од врло слабе до ексцесивне (претеране) ерозије, са просечним вредностима у распону од 0.1 до 1.25 (Табела 3.1). Може се одредити квалитативно, на основу јасне представе о врсти и дистрибуцији ерозионих процеса на сливу, што подразумева теренске истражне радове и респектабилно искуство овлашћеног инжењера. Такође, одређује се и аналитичко-квантитативним приступом, који подразумева и примену следеће формуле:

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

$Z$  – коефицијент ерозије;

$Y$  – реципрочна вредност коефицијента отпора земљишта на ерозију;

$X \cdot a$  – коефицијент уређења слива;

$\varphi$  – бројни еквивалент видљивих и јасно изражених процеса ерозије;

$I_{sr}$  – средњи нагиб терена на сливу.

**Табела 3.1.** *Вредност коефицијента ерозије Z*

Категорија разорности (ерозивности)	Јачина ерозионих процеса	Тип владајуће ерозије	Коефицијент ерозије	Средња вредност коефицијента ерозије
I	Експесивна ерозија	дубинска	> 1.51	1.25
		мешовита	1.21-1.50	
		површинска	1.01-1.20	
II	Јака ерозија	дубинска	0.91-1.00	0.85
		мешовита	0.81-0.90	
		површинска	0.71-0.80	
III	Осредња ерозија	дубинска	0.61-0.70	0.55
		мешовита	0.51-0.60	
		површинска	0.41-0.50	
IV	Слаба ерозија	дубинска	0.31-0.40	0.30
		мешовита	0.25-0.30	
		површинска	0.20-0.24	
V	Врло слаба ерозија	трагови ерозије	0.01-0.19 и мање	0.01

Коефицијент  $Y$  представља реципрочну вредност отпора површинског слоја земљишта на ерозију и зависи од својстава геолошке подлоге и типова земљишта. Вредности коефицијента  $Y$  се крећу у распону од 0.25 (голи компактни еруптиви) до 2.0 за пескове, шљунак и невезана земљишта. Ове вредности изражавају отпорност земљишних творевина и стена на ефекте „бомбардовања земљишта кишним капима“, као и на одношење честица под дејством брзог површинског отицаја и еолском ерозијом (Gavrilović, 1972; Вучићевић, 1995; Костадинов, 2008). Коефицијент уређења слива изражава ефекте антропогеног утицаја, у условима пре и после примене противерозионих мера, у односу на деловање ерозионих фактора (Gavrilović, 1972; Костадинов, 2008). Коефицијенти  $X$  и  $a$  су два фактора, чији се производ



креће у распону од 0.01, за земљиште са високим степеном заштите, до 1, за земљиште које је потпуно огољено и деградирано, без примењених мера заштите. Вредности  $Xa$  су добијене на основу теренских и лабораторијских осматрања (Gavrilović, 1972). Коефицијент  $\varphi$  представља квантификовану вредност видљивих и јасно изражених процеса ерозије на сливу (Gavrilović, 1972; Костадинов, 2008). Средњи нагиб терена на сливу  $I_{sr}$  представља доминантну топографску карактеристику која се користи у МПЕ. Добија се коришћењем пондерисане аритметичке средине нагиба елементарних површина између две изохипсе (Gavrilović, 1972).

### 3.4.2. Универзална једначина губитка земљишта (USLE) метод

На глобалном нивоу, USLE метод (Universal Soil Loss Equation – Универзална једначина губитка земљишта), представља један од најкоришћенијих модела за квантификацију интензитета ерозије земљишта, који се може применити на широком опсегу величина сливних површина (Lafren, Flanagan, 2013). Иницијално, модел је развијен у САД-у у оквиру Службе за конзервацију земљишта (Soil Conservation Service – SCS), која је основана 1935. године као реакција на иницијативу Конгреса да се управљању природним ресурсима приступи са више пажње. Од 1994. године ова институција носи име Служба за заштиту природних ресурса (Natural Resources Conservation Service – NRCS). Атрибут „универзалности“ у називу модела имплицира да је применљив глобално, односно, да је ослобођен од географских и климатских ограничења, наравно уз коришћење локалних геобаза (Костадинов, 2008; Parveen, Kumar, 2012). Модел USLE је развијен током шездесетих година XX века (Wischmeier, Smith, 1965; Wischmeier, Smith, 1978), као емпиријска једначина која је у функцији више хиљада добијених резултата мерења површинског отицаја и губитака земљишта, на различитим локацијама унутар САД (Кадовић, 1999). У литератури се појавила у Пољопривредном приручнику 1965. године (Wischmeier, Smith, 1965), а унапређена верзија у истој едицији 1978. године (Wischmeier, Smith, 1978; Перовић, 2015). Иако је иницијално развијен за потребе прорачуна губитака земљишта на пољопривредним површинама, на нагибима од 3–18%, различити истраживачи су успешно примењивали овај

модел и у брдско-планинским пределима на сливовима веома варијабилних површина (Životić et al., 2012). Излазна вредност прорачуна јесте просечан ерозиони губитак земљишта по јединици површине, на основу релевантних параметара (ерозионих фактора) (Слика 3.5.):

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P$$

A – средњи годишњи губитак земљишта ( $t \cdot ha^{-1} \cdot god^{-1}$ );

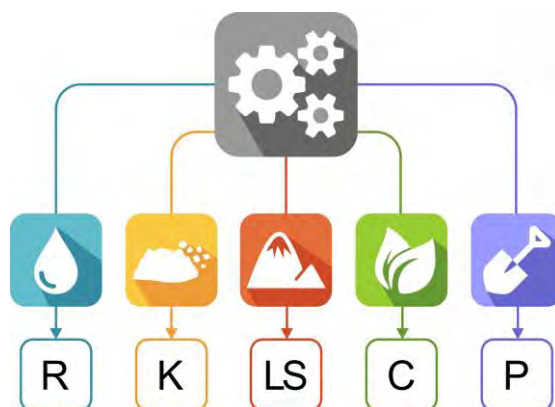
R – фактор ерозионе снаге кише ( $MJ \cdot mm \cdot h^{-1} \cdot ha^{-1} \cdot mesec^{-1}$ );

K – фактор еродибилности земљишта ( $t \cdot ha \cdot h \cdot ha^{-1} \cdot MJ^{-1} \cdot mm^{-1}$ ),

LS – топографски фактор;

C – фактор вегетације и начина коришћења земљишта;

P – фактор конзервационих радова.



Слика 3.5. Алгоритам модела USLE

Величина вредности ерозионих фактора често показује изражену просторно-временску варијабилност, коју модел своди на просечне вредности укупног ерозионог губитка земљишта, по јединици површине, на годишњем нивоу.

Велики подстицај примени USLE представља коришћење различитих ГИС апликација што је довело до појаве модификоване методе RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation). Тиме је омогућен једноставан унос и касније ажурирање података, лакша манипулација, као и широк спектар форми интерпретације, према потребама корисника (Millward, Mersey, 1999; Mati et al., 2001; Fistikoglu, Haramancioglu, 2002; Ma et al., 2003; Amore et al., 2004; Lee, 2004; Irvem et al., 2007; Dabral et al., 2008; Zhang et al., 2008; Bahadur, 2009).

Како RUSLE једначина намеће алгебарски израз, наведене ерозионе факторе (улазне параметре) треба обликовати као индивидуалне тематске слојеве ГИС окружења, који представљају скуп категоријских или градијентних вредности. Након операције множења улазних параметара, генерише се излазни GRID чија вредност појединачног поља (пиксела) представља просечан годишњи губитак земљишта по хектару. Да би оваква операција била изводљива, неопходно је да улазни параметри поседују исту информациону размеру (резолюцију), која дефинише ниво детаљности излазног растера.

#### 3.4.2.1. Фактор ерозионе снаге кише (R фактор)

Фактор ерозионе снаге кише представља егзогени утицај на процес ерозије земљишта, који је материјализован кроз кинетичку енергију удара кишних капи, односно, кроз климатске особености одређеног локалитета. Ово је један од фактора који није превише променио своју улогу у USLE једначини још од њене прве верзије. Прорачун овог фактора се базира на употреби података са кишомерних станица, које детектују укупну количину, као и максимални 30 минутни интензитет кише ( $I_{30}$ ), што омогућује каснији прорачун укупне кинетичке енергије ( $E$ ), за било коју кишну епизоду. У пракси се користе и функционалне зависности, када се R добија на основу просечне годишње количине падавина (Grimm et al., 2003).

$$R = b_0 \cdot P_m$$

R – фактор ерозионе снаге кише ( $\text{MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{mesec}^{-1}$ );

$b_0$  – емпиријски коефицијент ( $\text{MJ} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{mesec}^{-1}$ );

$P_m$  – средња годишња количина падавина ( $\text{mm} \cdot \text{mesec}^{-1}$ ).

Емпиријски коефицијент може да има вредности у распону од  $b_0 = 1.1-1.5$ , а за потребе ове дисертације коришћена је вредност  $b_0 = 1.3$ , изведена за регију Тоскана у Италији (van der Knijff et al., 1999; Grimm et al., 2003). Ова вредност емпиријског коефицијента и раније је коришћена у истраживачким студијама које су се бавиле појединим подручјима Србије (Белановић, 2013; Перовић, 2015).

Представљање R фактора у форми растера захтева примену ГИС окружења: за меродавне кишомерне станице на ужем истраживаном подручју (сливови Каљавог, Железовачког, Раковичког и потока Паригуз (К.С. Жарково-Беле воде, Авала-Шумска управа, Радмиловац и Умка) идентификоване су вредности средњих годишњих количина падавина, после чега је примењена интерполацијска техника IDW (inverse distance weighting), која је чест инструмент за анализу различитих просторних процеса (Perović et al., 2012; Perović et al., 2013). Након мултипликације добијеног растера вредношћу 1.3, добијена је база података која представља фактор ерозионе снаге кише са резолуцијом од 20 метара.

#### **3.4.2.2. Фактор еродибилности земљишта (К фактор)**

Фактор еродибилности земљишта показује степен отпорности земљишта према дејству кинетичке енергије кишних капи (Костадинов, 2008). Отпорност земљишта у односу на ерозионе агенсе зависи од бројних фактора: гранулометријског састава, садржаја органске материје, текстуре, количине влаге и сл. Постојаност наведених параметара зависи од начина коришћења земљишног простора (Кадовић, 1999). Детерминација К фактора је сложен поступак што је последица комплексности процеса који се одвијају у земљишту (Перовић, 2015). Постоје бројне методе за детерминисање овог фактора (теренске и лабораторијске), али до данас није постигнут консензус по питању најоптималније (Morgan, 2005). У односу на наведено, одлучено је да се К фактор за потребе овог рада дефинише познатом једначином Wischmeier-а и Smith-а (Wischmeier, Smith, 1978):

$$K = [2.1 \cdot 10^{-7} \cdot M^{1.14} \cdot (12 - OM) + 4.3 \cdot 10^{-3} (s - 2) + 3.3 (p - 3)] \cdot 0.1317$$

M – параметар величине честица (mm);

OM – садржај органске материје (%);

s – структура земљишта;

p – водопропустљивост земљишта;

0.1317 – коефицијент за конвертовање коначне вредности у вредност SI јединице.

Формирана је база података са детерминисаним вредностима фактора еродибилности земљишта  $K$ , са резолуцијом од 20 метара, у односу на педолошку карту и заступљене типове земљишта истраживаног подручја. Вредности фактора  $K$  за различите типове земљишта су одређене на основу лабораторијских анализа узорака земљишта са истраживаних сливова, односно, резултата везаних за гранулометријски састав, садржај хумуса и кодове структуре и текстуре.

#### **3.4.2.3. Топографски фактор (LS)**

Топографски фактор (LS) сублимира карактеристике рељефа које утичу на интензитет ерозионих процеса, односно, (i) нагиб терена –  $S$ , као и (ii) дужину падине –  $L$ . Према првобитном тумачењу креатора USLE модела (Wischmeier, Smith, 1978), LS фактор представља удаљеност од локације где започиње транспорт ерозионих продуката (off-site effect), до локације где се због смањеног нагиба материјал нагомилава (on-site effect). Током последњих деценија примењиване су различите технике за израчунавање овог параметра (McCool et al., 1997; Garcia-Rodriguez, Gimenez-Suarez, 2010). Примена различитих ГИС алата, наменских софтверских алгоритама и велики број различитих расположивих дигиталних модела терена је нарочито утицала на диверзитет различитих приступа детерминисања LS фактора (Moore, Burch, 1986; Moore, Wilson, 1992; Hickey et al., 1994; Desmet, Govers, 1996; Van Remortel et al., 2001; Van Remortel et al., 2004; Mitasova et al., 2013; Zhang et al., 2013). За потребе овог рада LS фактор је дефинисан на основу дигиталног модела терена и често примењиваног алгорита (Desmet, Govers, 1996; Panagos et al., 2015). Излазна резолуција LS фактора је аналогна резолуцији дигиталног модела терена, односно, 20 метара.

#### **3.4.2.4. Фактор вегетације и начина коришћења земљишта (C)**

Утицај биљног покривача и начина коришћења земљишног простора представљен је помоћу  $C$  фактора. Вегетациони покривач амортизује и „расипа“ велики део кинетичке енергије која се ослобађа ударом кишних капи

(Костадинов, 2008), а губитак површинског слоја земљишта се експоненцијално смањује са повећањем процентуалне заступљености вегетационог покривача (Gyssels et al., 2005). Фактор С у великој мери изражава утицај антропогеног фактора на интензитет ерозионих процеса, тако да је пожељно његово позиционирање у планске документе и одговарајућу законску регулативу (Renard et al., 1991). Начин прорачуна овог фактора везан је за различите приступе: од првобитних процедура које су се заснивале на резултатима мерења на експерименталним парцелама (Wischmeier, Smith, 1978), а који се и данас употребљавају у измењеној форми (Zhang, Zhang, 2009; Zhao et al., 2013), до савремених техника које укључују примену даљинске детекције (нпр. NDVI) (Karaburun, 2010; Carvalho et al., 2014). За потребе овог рада, С фактор је одређиван на основу векторске базе података која се односи на начин коришћења простора на истраживаним сливним подручјима. Вредности С фактора, које су додељене у форми атрибута, одређене су на основу резултата претходних истраживања, првенствено примене модела LANDUM, на територији земаља Европске уније (Panagos et al., 2015).

#### **3.4.2.5. Фактор конзервационих мера (P)**

Примена конзервационих, односно, противерозионих радова и мера на сливу, представљена је фактором P. Циљ спровођења конзервационих мера јесте контрола ерозионе продукције и површинског отицаја, применом биолошких, биотехничких и техничких радова, као и административних мера на предметном сливу (Ristić, 2012a, b). Вредност овог фактора варира од 0.1 до 1.0, при чему се максимална вредност додељује површини на којој нема конзервационих (противерозионих) радова. С обзиром на чињеницу да на истраживаним сливовима нису регистровани конзервациони радови чија би просторност одговарала 20 метарској резолуцији, усвојена је вредност 1.0.

### 3.4.3. WaTEM/SEDEM (WATER and Tillage Erosion Model/SEdiment DELivery Model) метод

WaTEM/SEDEM (енг. WATER and Tillage Erosion Model/SEdiment DELivery Model) метод је дистрибутивни модел за процену губитака земљишног материјала услед деловања ерозионих процеса, односно, приказује њихову просторну расподелу у зависности од доминантних локалних фактора. Модел је новијег датума, развијен у Лабораторији за експерименталну геоморфологију у Лувену, на основу резултата истраживања са двадесетак сливова у пољопривредној области лесног појаса централне Белгије (Van Rompaey et al., 2001). Представља синтезу два емпиријска модела: WaTEM (Van Oost et al., 2000) и SEDEM (Van Rompaey et al., 2001b). Основни разлог одабира овог модела за примену на истраживаном подручју је пре свега његова логичка веза са типовима база података које су коришћене за примену MPE и RUSLE. Учестало се користи у светским и домаћим истраживањима, у крајње хетерогеним просторним условима (Verstraeten et al., 2002; Alatorre et al., 2010; Van Rompaey et al., 2005; Lieskovsky, Kenderessy, 2014; Перовић, 2015) и погодан је за примену у ГИС окружењу. WaTEM/SEDEM модел заправо користи RUSLE логичку структуру базе података за потребе симулације годишњих губитака земљишта, с тим што за потребе квантификације рељефних карактеристика користи другачији алгоритам који је условљен експозицијом падине (Desmet, Govers, 1996). Применом овог модела, губици земљишта се рачунају према следећој формули (Слика 3.6.):

$$T_c = R \cdot K \cdot LS_{2D} \cdot C$$

$T_c$  – средњи годишњи губитак земљишта ( $t \cdot ha^{-1} \cdot god^{-1}$ );

$R$  – фактор ерозионе снаге кише ( $MJ \cdot mm \cdot h^{-1} \cdot ha^{-1} \cdot mesec^{-1}$ );

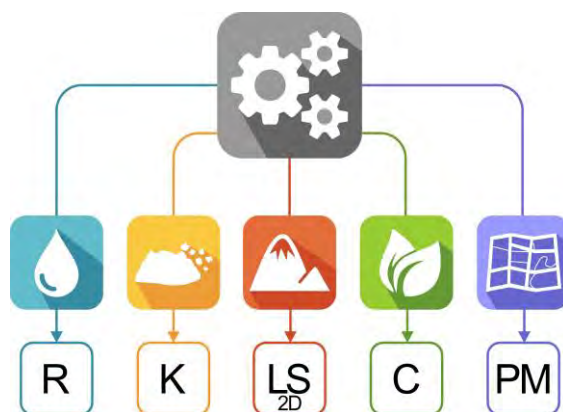
$K$  – фактор еродибилности земљишта ( $t \cdot ha \cdot h \cdot ha^{-1} \cdot MJ^{-1} \cdot mm^{-1}$ );

$LS_{2D}$  – топографски фактор;

$C$  – фактор вегетације и начина коришћења земљишта.

Основна предност примене WaTEM/SEDEM модела је у постојању наменског софтвера који омогућава манипулацију са тематским базама података. Детаљна

упутства за спровођење процедуре прорачуна губитака земљишта су дата у приручнику за употребу, уз верзију из 2006. године (Notebaert et al., 2006). Поред фактора који су истоветни онима у методи RUSLE (поглавље 3.4.2.), процедура прорачуна помоћу WaTEM/SEDEM модела се одликује одређеним специфичностима као што су примена базе података, тзв. „мапе парцела“, и модификованом начину детерминисања топографског фактора.



Слика 3.6. Алгоритам модела WaTEM/SEDEM

Модел даје значај специфичном начину коришћења простора кроз пондерисане вредности за поједине површине, а посебна пажња је посвећена техникама и врстама обраде земљишта (нпр. контурно или орање низ нагиб). Поред овога, дат је значај саобраћајној инфраструктури имајући у воду чињеницу да је она један од чинилаца генезе и кретања површинског отицаја. Сви наведени елементи су идентификовани кроз примену мапе парцела (енг. parcel map), у којој су класификовани основни начини коришћења простора, уз додељене тежинске или редуccionе факторе:

- путна инфраструктура: (-2);
- хидрографска мрежа: (-1);
- парцеле са активностима које припадају пољопривредној делатности: (1-10000);
- Шума: (10000);
- Пашњаци: (20000).

Топографски фактор (LS) је за потребе овог рада дефинисан према алгоритму који је предложен од стране McCool et al., 1987 (Перовић, 2015).



### 3.5. Просторна димензија примене модела за процену интензитета ерозионих процеса

Посебан изазов у истраживању је био одабир јасне границе истраживаног подручја. Како је простор административног подручја Града Београда сложена целина, у којој се поред друштвених, социјалних и економских процеса одвијају биолошки и физички процеси, одлучено је да основна јединица истраживања буде слив. Слив је просторна целина која је дефинисана вододелницом, унутар које се дренира површинска вода, у којој се ствара, транспортује и акумулира ерозиони материјал (Ристић, Малошевић, 2011). Поред овога, слив је препознат као адекватно истраживачко поље за дисциплине које експлицитно не припадају проблематици хидрологије а помоћу кога се могу разумети различити процеси у пределу (Steiner et al., 2000; Радић, 2014). Узевши у обзир величину административног подручја Града Београда (3234 km<sup>2</sup>), као и основну тематику истраживања (ерозија и бујичне поплаве), описани модели за процену интензитета ерозионих процеса су примењени на два просторна нивоа (размере):

- Систем сливова (57 сливова) јужно од Саве и Дунава, који обухватају површину од 1484.55 km<sup>2</sup>, на којима ће бити примењен МПЕ са резолуцијама улазних база података од 100 m (шире истраживано подручје). С обзиром на то да је слив биофизичка јединица, која у већини случајева није условљавала формирање административних целина, одређени сегменти истраживаних сливних подручја обухватају и површине других административних региона (Табела 3.2.).

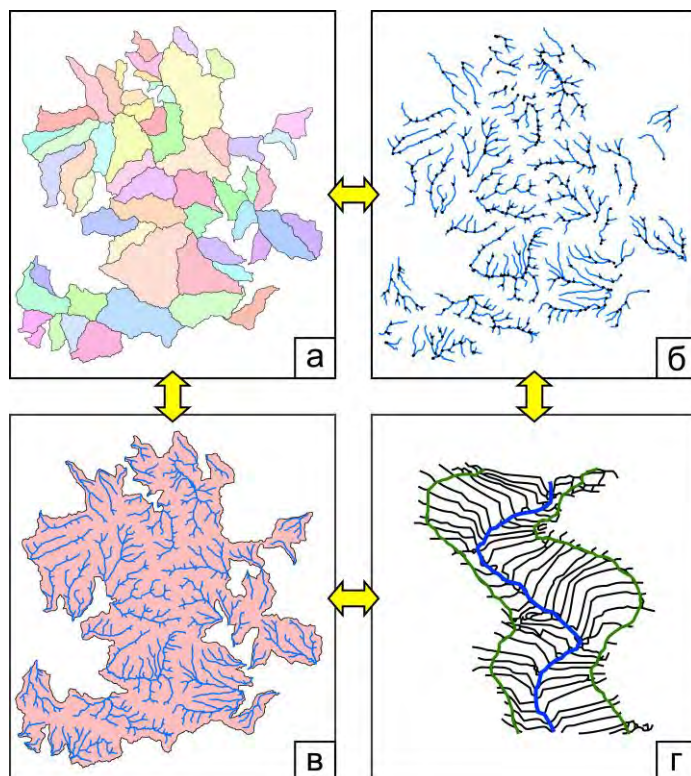
Табела 3.2. Основни подаци о истраживаним сливовима у оквиру административних граница

Општина	Округ	km <sup>2</sup>	%
Барајево	Град Београд	195.88	13.19
Вождовац	Град Београд	125.36	8.44
Гроцка	Град Београд	131.84	8.88
Звездара	Град Београд	5.91	0.4
Лазаревац	Град Београд	196.27	13.22
Младеновац	Град Београд	218.19	14.7

Обреновац	Град Београд	44.26	2.98
Раковица	Град Београд	16.76	1.13
Савски Венац	Град Београд	1.28	0.09
Сопот	Град Београд	264.5	17.82
Чукарица	Град Београд	68.67	4.63
Лајковац	Колубарски	0.34	0.02
Љиг	Колубарски	18.18	1.22
Аранђеловац	Шумадијски	172.63	11.63
Смедерево	Подунавски	5.41	0.36
Смедеревска Паланка	Подунавски	7.55	0.51
Топола	Подунавски	11.51	0.78
		<b>1484.55</b>	<b>100.00</b>

- Систем сливова (4 слива) на ужем градском подручју (укупно 25.93 km<sup>2</sup>), на територијама градских општина (Раковица- 41.69%; Вождовац- 58.31%), на којима ће бити примењени МПЕ, RUSLE и WaTEM/SEDEM метод са резолуцијама улазних база података од 20m (уже истраживано подручје).

Систем сливова је генерисан применом ArcHydro<sup>®</sup> модела (Слика 3.7.). Овај модел је креиран за потребе аналитичког приступа хидролошким и хидрографским дисциплинама и омогућава темељније разумевање система кретања површинских вода (Maidment, 2002).



Слика 3.7. Алгоритам ArcHydro® модела: а) сливне површине; б) мрежа површинских водотокова; в) хидролошке карактеристике; г) конфигурација речних долина

### 3.6. Прорачун максималног протицаја

Прорачун максималног протицаја је обављен за излазне профиле одабраних сливова (Каљави, Железовачки, Раковички и поток Паригуз), који представљају типичне бујичне водотокове (нагли надоласци поплавног таласа, покретање великих количина наноса, изражена деструктивна енергија). Прорачун је обављен за актуелне услове намене површина на предметним сливовима, као и за измењене услове, после планираних рестаурационих радова. Прорачун максималног протицаја одређене вероватноће појаве  $Q_{max(\%)}$ , обављен је за надпросечне услове влажности, коришћењем комбинованог поступка, који има два основна сегмента (Ристић, Малошевић, 2011b):

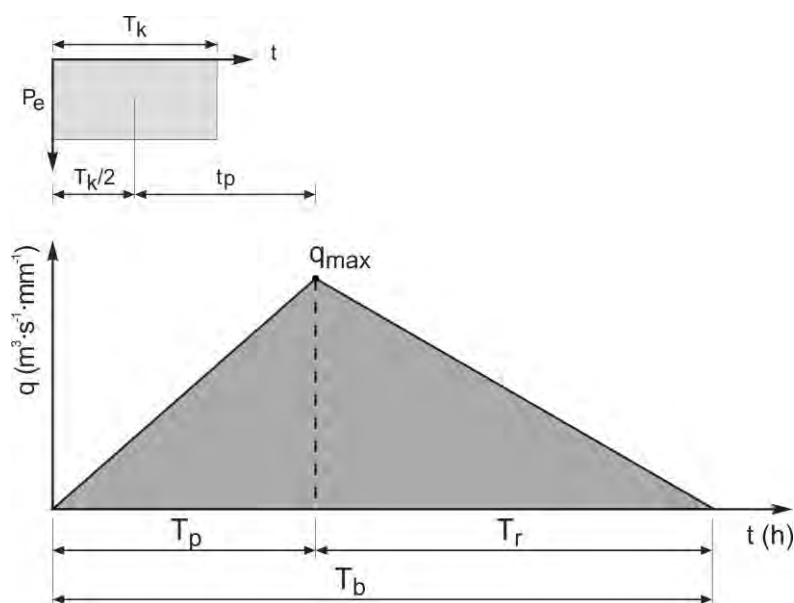
- примену теорије синтетичког јединичног хидрограма за детерминисање вршне ординате јединичног отицаја  $q_{max}$ ;
- примену SCS методологије за раздвајање ефективних падавина  $P_e$  (формирају директан отицај) од укупних (брutto падавина  $P_{br}$ ).

Максималан протицај одређене вероватноће појаве  $Q_{max(\%)}$  ( $m^3 \cdot s^{-1}$ ) се добија као:

$$Q_{max(\%)} = q_{max} \cdot P_{e(\%)}$$

### 3.6.1. Синтетички јединични троугаони хидрограм

На слици 3.8. су приказани основни елементи синтетичког јединичног троугаоног хидрограма.



Слика 3.8. Синтетички јединични троугаони хидрограм  
(извор: Ристић, Малошевић, 2011b)

$$t_p = 0.751 \frac{(L \cdot L_c)^{0.336}}{\sqrt{I_u}}$$

$t_p$  - време од тежишта хијетограма ефективне кише до тренутка појаве вршне ординате синтетичког јединичног хидрограма (време кашњења) (h). Једначина, односно, регионална зависност је дефинисана на основу резултата истраживања на 92 бујична слива на територији Србије (Ристић, Малошевић, 2011).

$T_k$  - трајање ефективне кише (h)

$$T_p = \frac{T_k}{2} + t_p$$

$T_p$  - време пораста хидрограма

$$T_r = k \cdot T_p$$

$T_r$  - време опадања хидрограма (h)

$k$  - коефицијент облика хидрограма

### 3.6.2. Рачунска киша

Максимални протицаји на мањим сливним површинама ( $A < 1000 \text{ km}^2$ ) су последица киша чије је трајање краће од 24 h (Ристић, Малошевић, 2011), тако да се максимална дневна киша одређене вероватноће појаве  $H_{(24h,P)}$  своди на меродавну кишу  $H_{(T,P)}$ , трајања углавном неколико сати, како би се одредила количина падавина која доводи до појаве максималног протицаја (Јанковић, 1994.):

$$H_{(T,P)} = \frac{a \cdot T}{1440} \cdot \left( \frac{1440 \cdot A + 1}{A \cdot T + 1} \right)^B \cdot H_{(24h,P)}$$

$H_{(T,P)}$  - меродавна киша трајања (T), вероватноће појаве (P), висине (mm)

$a \approx 1.0$  (константа)

$A = 0.3$  (константа)

$B = 0.82$  - вредност коефицијента B, меродавна за сливове Каљавог, Железовачког, Раковичког и потока Паригуз. Одређена је коришћењем карте изолинија коефицијента B (Јанковић, 1994)

$T$  - трајање кише (min)

$H_{(24h,P)}$  - максимална дневна киша одређене вероватноће појаве (mm)

Максимална дневна киша одређене вероватноће појаве  $H_{(24h,P)}$  одређена је на основу обраде података осматрања са К.С. Авала и Врчин, у периоду 1953-2014, уз примену Log Pearson Type III расподеле. Интензитет меродавне кише је одређен помоћу једначине (Јанковић, Д., 1994.):

$$I_{(T,P)} = \frac{a}{1440} \cdot \left( \frac{1440 \cdot A + 1}{A \cdot T + 1} \right)^B \cdot H_{(24h,P)}$$

$I_{(T,P)}$  - интензитет меродавне кише трајања (T), вероватноће појаве (P) ( $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$ )

### 3.6.3. Ефективне падавине $P_e$

Ефективна киша  $P_e$  (mm) одређеног трајања, односно, део падавина који формира директан отицај, може се добити на основу једначине (Ристић, Малошевић, 2011.):

$$P_e = \frac{(P_{br} - 0.2d)^2}{P + 0.8d}$$

$d$  - дефицит влаге у земљишту (mm):

$$d = 25.4 \cdot \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

$CN$  - број криве отицаја

### 3.6.4. Број криве отицаја $CN$

Број криве отицаја  $CN$  (runoff curve number) одређује се на основу хидролошких класа земљишта (A, B, C и D, у зависности од минималног износа инфилтрације за један час), начина коришћења земљишта и хидролошких услова (SCS, 1979). Хидролошке класе типова земљишта на истраживаном подручју одређене су према регионалној класификацији (Ђоровић, М., 1984), која је у складу са SCS критеријумима.

Елементарне површине, на којима је заступљен карактеристичан начин коришћења простора  $a$  [km<sup>2</sup>], множе се са одговарајућим бројем криве отицаја  $CN$ , чиме се добија репрезентативна вредност  $CN_{sr}$  (за цео слив).

$$CN_{sr} = \frac{a_1 \cdot CN_1 + a_2 \cdot CN_2 \dots + a_n \cdot CN_n}{\sum_{i=1}^n a}$$

### 3.6.5. Меродавна велика вода $Q_{max(\%)}$

На основу представљене методологије обављен је прорачун максималног протицаја на Каљавом, Железовачком, Раковичком и потоку Паригуз, за повратне периоде од  $T_r = 1000, 200, 100$  и  $50$  година (вероватноћа појаве  $p = 0.1$ ,

0.5, 1 и 2%), за надпросечне услове влажности, у условима пре и после рестаурације сливова.

Надпросечни услови влажности се јављају у условима високе или потпуне засићености земљишта водом, што значајно редукује инфилтрационо-ретенциони капацитет (Ристић, Малошевић, 2011), чиме се стварају услови за формирање брзог површинског отицаја. Уколико је земљиште на сливу засићено водом пре појаве екстремне кише, значајно је повећана вероватноћа за појаву бујичног поплавног таласа. Трансформација троугаоног синтетичког јединичног хидрограма у реалан криволинијски хидрограм изведена је на основу SCS бездимензионалног јединичног хидрограма.

## 4. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

### 4.1. Физичко-географске карактеристике сливова шире зоне истраживања

Шира зона истраживања захвата површину од 1484.55 km<sup>2</sup>, односно, 57 сливова чије су основне физичко-географске карактеристике представљене у Табели 4.3. Средња надморска висина на истраживаном подручју износи 209.52 mnm. У висинској зони до 300 mnm налази се 92.33 %, а преко 300 mnm 7.67% од укупне површине истраживаног подручја (Карта бр. 5.). Просторна заступљеност висинских зона истраживаног подручја је представљена у Табели 4.1.

Табела 4.1. Просторна заступљеност висинских зона

Надморске висине	km <sup>2</sup>	%
70-100	20.43	1.38
100-200	694.26	46.77
200-300	656.00	44.19
300-400	104.76	7.06
400-500	7.29	0.49
500-690	1.81	0.12
<b>Укупно</b>	<b>1484.55</b>	<b>100.00</b>

Средњи нагиб терена на целокупном истраживаном подручју износи  $I_{sr}=12.50\%$ , са распонем вредности од  $I_{sr}=0-106.84\%$ . Највећи део истраживаног простора се налази на терену са распонем нагиба 9-27% (740.54 km<sup>2</sup>, односно, 49.88% површине истраживаног простора) (Карта бр. 6.). Нагиби од 0-9% захватају 608.96 km<sup>2</sup>, односно, 41.02% површине истраживаног простора). Нагиби преко 27% су заступљени на свега 135.07 km<sup>2</sup>, односно, 9.09% површине истраживаног простора. Просторна заступљеност појединих категорија нагиба је представљена у Табели 4.2.



**Табела 4.2.** Просторна заступљеност појединих категорија нагиба

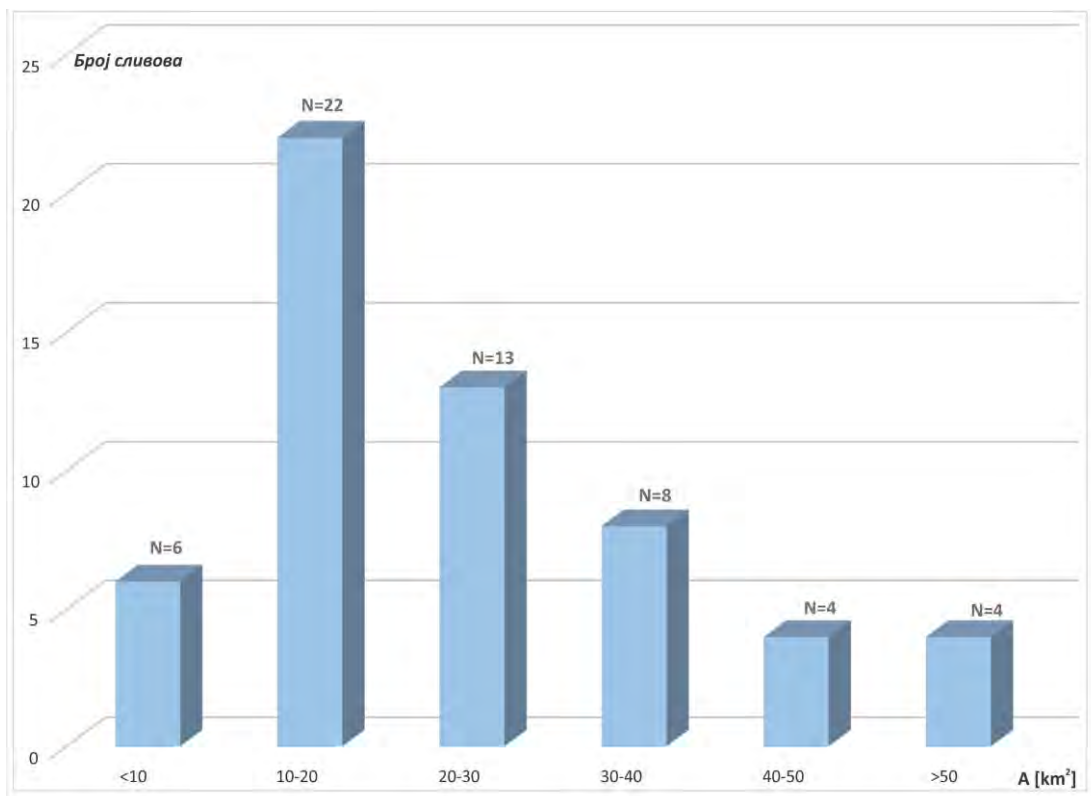
Категорије нагиба	km <sup>2</sup>	%
0-4	301.28	20.29
4-9	307.68	20.73
9-27	740.54	49.88
27-70	134.55	9.06
>70	0.52	0.03
<b>Укупно</b>	<b>1484.55</b>	<b>100.00</b>

Физичко-географске карактеристике су значајни показатељи основних својстава сливних подручја (Ристић, Малошевић, 2011b). Користе се као елементи за прецизну идентификацију одређеног слива (површина; обим; дужина; нагиби терена и корита; густина хидрографске мреже), или као основни улазни подаци у једначинама за прорачун ерозионе продукције, проноса наноса и максималног протицаја одређене вероватноће појаве на неизученим сливовима (само је на Топчидерској реци инсталиран лимниграф). У овом раду су одређени следећи физичко-географски показатељи, за 57 сливова:

- А - површина слива [km<sup>2</sup>];
- О - обим слива [km<sup>2</sup>];
- К<sub>v</sub> - кота врха слива (тачка на вододелници од које почиње најдужи, односно, главни ток) [mnm, метара над морем];
- К<sub>u</sub> - кота ушћа (кота дна корита на излазном профилу) [mnm];
- L - дужина слива по главном току (од коте врха К<sub>v</sub> до коте ушћа К<sub>u</sub>) [km];
- L<sub>c</sub> - одстојање од излазног профила, мерено по главном току, до тачке у кориту, најближе тежишту слива [km];
- I<sub>a</sub> - апсолутни нагиб дна корита главног тока [%];
- I<sub>u</sub> - уравни пад дна корита главног тока [%];
- I<sub>sr</sub> - средњи нагиб терена на сливу [%];
- H<sub>sr</sub> - средња надморска висина слива [mnm];
- D - средња висинска разлика слива [m];

- $\Sigma L$  – укупна дужина хидрографске мреже на сливу [km];
- $G$  - густина хидрографске мреже на сливу [ $\text{km} \cdot \text{km}^{-2}$ ];
- $V_m$  - просечна ширина слива [km].

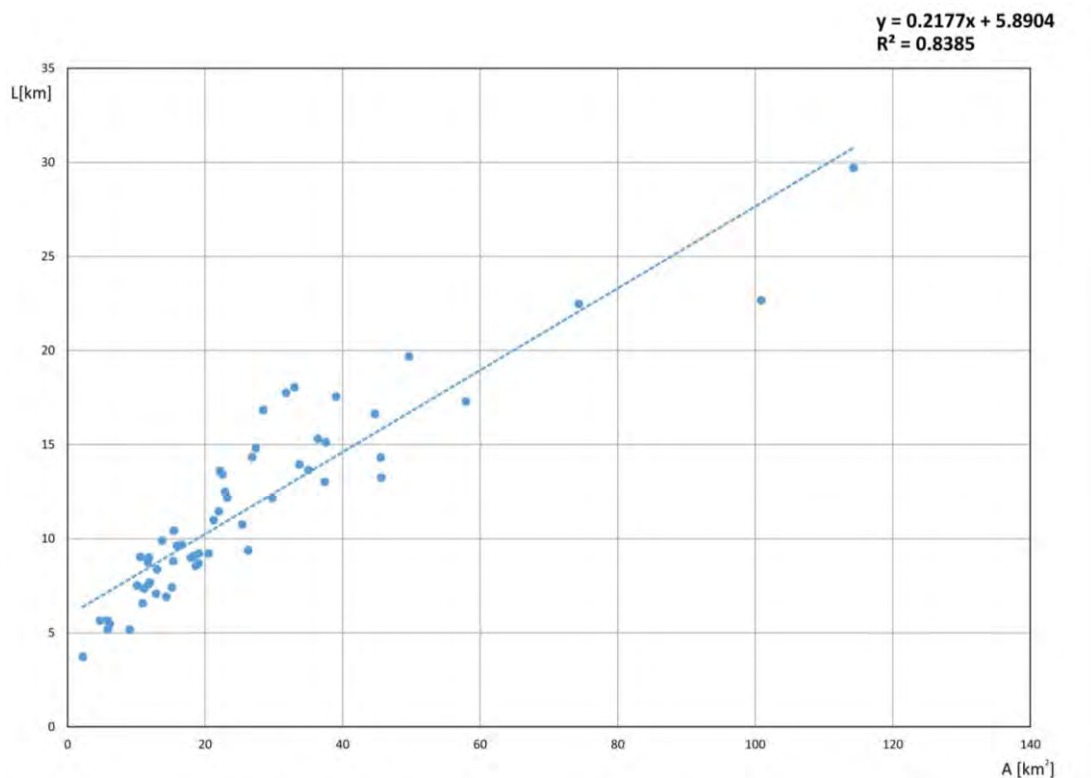
Сви наведени физичко-географски параметри одређени су коришћењем ГИС апликација и представљени су у табели 4.3. (на крају подпоглавља 4.1.). Анализирани су сливови у дијапазону површина од  $A=2.21-114.3 \text{ km}^2$ . Структура сливова према величини је представљена на слици 4.1. Уочљиво је да број сливова са површином  $A < 10 \text{ km}^2$  износи 6 (односно 10.53%), док су најзаступљенији сливови у дијапазону површина од  $10-20 \text{ km}^2$  (22 слива, односно, 38.6%), а следе сливови у дијапазону површина од  $A=20-30 \text{ km}^2$  (13 сливова, односно, 22.81%) и  $A=30-40 \text{ km}^2$  (8 сливова, односно, 14.04%). Најмање су заступљени сливови у дијапазону површина од  $A=40-50 \text{ km}^2$  (4 слива, односно, 7.02%) и  $A > 50 \text{ km}^2$  (4 слива, односно, 7.02%).



Слика 4.1. Структура анализираних сливова према величини

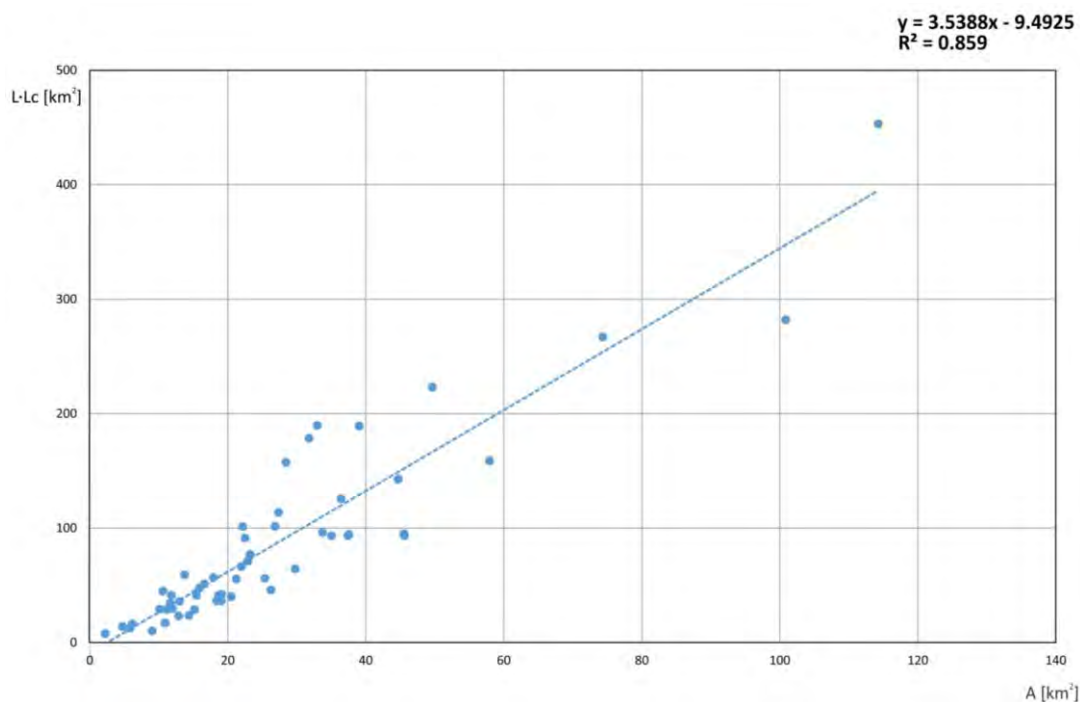
Највише и најниже коте анализираних сливова су у распону од  $K_v=210-556.2$  mm, односно,  $K_u=70-156.63$  mm, док су средње надморске висине  $H_{sr}=116.7-295.9$  mm, средња висинска разлика  $D=35.8-160.5$  m. Кота врха слива  $K_v$  је одређивана као највиша тачка на вододелници на коју избија главни (хидраулички најдужи) ток. Кота ушћа слива  $K_u$  је одређивана као најнижа тачка предметног слива на излазном профилу. Дужине сливова по главном току варирају у распону од  $L=3.72-22.67$  km, док су одстојања  $L_c=1.97-12.4$  km. Средњи нагиби терена истраживаних сливова крећу се у распону од  $I_{sr}=5.39-27.89\%$ , апсолутни нагиби речних (поточних) корита  $I_a=0.66-9.42\%$  а уравнати падови  $I_u=0.32-5.35\%$ . Укупне дужине свих водотокова су у дијапазону вредности  $\Sigma L=4.6-186.6$  km, густина хидрографске мреже  $G=0.34-3.25$  km $\cdot$ km $^{-2}$  (просечна вредност износи  $G_{sr}=1.35$  km $\cdot$ km $^{-2}$ ), док је просечна ширина истраживаних сливова  $B_m=0.59-4.45$  km.

Однос дужине слива по главном току  $L$  и површине  $A$ , илустрован је на слици 4.2., а представљен степеном везом.



Слика 4.2. Однос дужине слива по главном току  $L$  и површине слива  $A$

На дијаграму, чија је апсциса површина слива  $A$  [ $\text{km}^2$ ] а ордината производ  $L \cdot L_c$  [ $\text{km}^2$ ], може се уочити више тачака са сличним вредностима производа  $L \cdot L_c$ , а значајним варијацијама површина. Први пример су Барајевска ( $A=45.61 \text{ km}^2$ ,  $L \cdot L_c=93.47 \text{ km}^2$ ) и Сибничка река ( $A=22.49 \text{ km}^2$ ,  $L \cdot L_c=91.39 \text{ km}^2$ ), а други река Милатовица ( $A=57.92 \text{ km}^2$ ,  $L \cdot L_c=158.72 \text{ km}^2$ ) и Остружничка река ( $A=28.44 \text{ km}^2$ ,  $L \cdot L_c=157.45 \text{ km}^2$ ). Варијација површина  $A$ , уз истовремену сличност вредности производа  $L \cdot L_c$ , последица је више фактора, који нису посебно анализирани: облик сливног подручја; кривудаост главног тока; развијеност хидрографске мреже; положаја контролних профила, који су постављени непосредно низводно од састава главних токова са већим притокама.



Слика 4.3. Однос производа  $L \cdot L_c$  и површине слива  $A$

**Табела 4.3.** Основне физичко-географске карактеристике истраживаног подручја (шира локација)

Бр. слива	Назив водотока	A km <sup>2</sup>	O km	K <sub>v</sub> mm	K <sub>u</sub> mm	L km	L <sub>c</sub> km	I <sub>a</sub> %	I <sub>u</sub> %	I <sub>sr</sub> %	H <sub>sr</sub> mm	D m	ΣL km	G km·km <sup>-2</sup>	B km
1	Баричка река	26.85	37.98	254.64	73.21	14.33	7.08	1.27	0.61	13.67	154.9	81.69	22.74	0.85	1.87
2	Барајевска река	45.61	46.32	305	115	13.24	7.06	1.43	0.68	20.53	228.4	113.4	59.54	1.31	3.44
3	Баћевачка река	25.38	31.9	283.1	115	10.75	5.22	1.56	0.71	13.30	228.4	113.4	21.43	0.84	2.36
4	Сува река	22.92	35.26	335	110.84	12.49	5.7	1.79	0.98	17.76	219.4	108.6	27.99	1.22	1.84
5	Губеревачка река	36.4	40.36	356.80	115	15.31	8.2	1.58	0.89	21.46	248.0	133.0	49.51	1.36	2.38
6	Стојничка река	44.7	48.12	301.19	115	16.63	8.58	1.12	0.57	14.78	215.7	100.7	54.77	1.23	2.69
7	Ловачка чесма	15.17	21.92	280.12	80	7.41	3.87	2.7	1.25	13.27	170.6	90.69	7.86	0.52	2.05
8	Калуђерички поток	11.11	19.86	250	85	7.34	3.93	2.25	1.2	13.17	166.3	81.35	9.64	0.87	1.51
9	Болечица	100.86	68.22	300	85	22.67	12.4	0.95	0.4	16.95	193.1	108.1	90.32	0.9	4.45
10	Брестовица	39.06	41.48	399.33	136.21	17.55	10.7	1.5	0.57	13.46	222.7	86.55	41.87	1.07	2.23
11	Грабовица	12.99	22.92	340	117.5	8.37	4.29	2.66	1.24	21.25	197.3	79.85	31.54	2.43	1.55
12	Коњовац	23.23	31.56	325	136.42	12.18	6.32	1.55	0.75	10.74	210.8	74.45	21.76	0.94	1.91
13	Луг	37.39	39.74	349.82	148.13	13.02	7.18	1.55	0.59	15.36	227.1	78.97	48.75	1.3	2.87
14	Кокорин	19.05	30.14	270	145	8.69	4.18	1.44	0.74	18.03	220.1	75.18	26.55	1.39	2.19
15	Тамнава	20.49	27.6	545	148.10	9.21	4.35	4.31	1.68	19.73	252.2	104.1	29.98	1.46	2.22
16	Радованов поток	15.9	25.14	396.78	137.5	9.62	4.95	2.7	1.13	15.07	231.9	94.41	15.72	0.99	1.65
17	Баташев поток	11.72	21.7	315	130	7.56	3.94	2.45	1.28	12.34	207.3	77.35	10.33	0.88	1.55

18	Алинац	21.98	28.1	445	130.97	11.45	5.8	2.74	1.16	12.35	215.5	84.6	22.85	1.04	1.92
19	Јабланица	11.82	23.18	220	126.04	8.99	4.59	1.05	0.68	5.39	166.0	39.98	9.39	0.79	1.31
20	Милатовица	57.92	50.76	556.19	132.5	17.29	9.18	2.45	0.71	14.16	213.9	81.47	79.6	1.37	3.35
21	Мисача	49.64	46.64	359.97	132.5	19.68	11.3	1.16	0.44	12.35	211.2	78.72	73.04	1.47	2.52
22	Мрчевица	22.15	36.5	210	120	13.61	7.44	0.66	0.47	5.59	164.3	44.31	18.26	0.82	1.63
23	Лукавица	35.01	42.9	333.23	97.408	13.65	6.83	1.73	0.68	15.31	170.1	72.71	59.57	1.7	2.56
24	Марица	27.36	40.14	257.88	90	14.82	7.67	1.13	0.46	12.69	159.1	69.13	21.93	0.8	1.85
25	Јасенички поток	15.45	29.62	220	90	10.42	3.94	1.25	0.7	12.30	150	60	8.56	0.55	1.48
26	Очага	11.65	24.3	210	95.2	8.75	3.94	1.31	0.63	7.62	116.7	21.5	17.65	1.52	1.33
27	Ковачица	5.84	15.64	280	120	5.17	2.5	3.1	1.53	16.23	160.7	40.79	16.32	2.79	1.13
28	Оњег	37.55	38.26	440	156.63	15.12	6.24	1.87	1.13	27.09	230.3	73.72	118.5	3.16	2.48
29	Криваја	11.97	21.98	389.42	135.37	7.68	3.84	3.31	1.79	27.89	295.9	160.5	38.95	3.25	1.56
30	Бабина река	17.93	28.46	390	156.61	8.98	6.33	2.6	1.32	25.30	255.5	98.9	53.07	2.96	2.00
31	Опарна	32.98	44.8	245	96.515	18.04	10.5	0.82	0.32	11.59	158.1	61.66	33.42	1.01	1.83
32	Остружница	28.44	41.56	285	72.5	16.84	9.35	1.26	0.73	12.53	180.1	107.6	26.93	0.95	1.69
33	Трбушничка река	26.26	34.32	360	137.50	9.38	4.9	2.37	1.37	22.67	245.1	107.6	58.9	2.24	2.80
34	Пештан	74.35	59.38	650	137.51	22.48	11.8	2.28	0.59	23.88	264.8	127.3	149.1	2.01	3.31
35	Раљић	18.65	24.8	279.70	140	8.55	4.83	1.63	0.56	12.82	205.9	65.93	6.35	0.34	2.18
36	Камендолски поток	10.59	24.24	279.77	117.75	9.03	4.98	1.79	0.92	15.71	197.6	79.9	8.74	0.83	1.17
37	Безимени поток 1	18.37	28.16	280	130	9.09	4.01	1.79	0.86	12.87	200.7	70.72	9.02	0.49	2.02
38	Раља	45.52	52.62	395	140	14.31	6.65	1.78	0.64	17.45	229.8	89.89	56.1	1.23	3.18
39	Шепшаница	10.11	20.5	410	139.14	7.51	3.89	3.6	1.62	15.74	226.2	87.1	9.42	0.93	1.35

40	Липица	16.61	27.4	398.75	130	9.68	5.29	2.78	1.19	17.45	227.4	97.48	16.51	0.99	1.72
41	Расинац	15.38	24.7	227.5	100	8.8	4.9	1.45	0.52	9.80	144.2	44.27	19.45	1.26	1.75
42	Река	21.24	30	310	90.02	10.98	5.05	2	1.19	17.38	196.1	106.1	31.5	1.48	1.93
43	Саставак	19.09	28.3	261.22	70	9.21	4.56	2.08	1.58	14.60	183.2	113.2	17.45	0.91	2.07
44	Сеона	29.78	35.4	250	105	12.16	5.29	1.19	0.55	13.08	169.5	64.59	34.55	1.16	2.45
45	Бела река	12.88	22.54	315	130	7.07	3.28	2.62	1.72	26.4	248.1	118.1	21.52	1.67	1.82
46	Паланка	14.35	22.5	360	150	6.91	3.43	3.04	1.68	22.28	185.7	35.77	22.36	1.56	2.08
47	Паригуз	4.73	14.64	417.31	105	5.64	2.49	5.54	2.69	11.94	237.8	132.8	5.15	1.09	0.84
48	Пречица	6.13	13.42	468.63	140	5.46	2.98	6.02	2.87	23.24	219.1	79.19	11.93	1.95	1.12
49	Раковички поток	13.75	29.32	330	90	9.89	5.97	2.43	1.37	14.74	179.3	89.33	16.81	1.22	1.39
50	Безимени поток 2	2.21	9.26	480	130	3.72	2.09	9.42	5.35	20.92	243.6	113.6	4.6	2.08	0.59
51	Безимени поток 3	9.04	17.12	315	120	5.16	1.97	3.78	2.24	25.99	249.7	129.7	18.01	1.99	1.75
52	Каљави поток	10.92	21.4	266.64	90	6.56	2.61	2.69	1.7	11.83	183.6	93.64	8.28	0.76	1.66
53	Кијевски поток	5.81	16.06	250	100	5.64	2.22	2.66	1.87	14.40	172.2	72.26	7.13	1.23	1.03
54	Топчидерска река	33.73	42.46	395	150	13.95	6.89	1.76	0.79	20.52	257.8	107.8	57.84	1.71	2.42
55	Сибничка река	22.49	36.48	282.5	100	13.42	6.81	1.21	0.62	11.14	194.1	94.12	31.25	1.39	1.68
56	Турија	114.29	69.84	218.63	85	29.71	15.2	1.85	0.73	12.5	216.1	131.1	186.6	1.63	3.85
57	Врбовица	31.76	43.8	230	89.875	17.75	10.0	0.79	0.36	9.48	152.8	62.95	31.99	1.01	1.79

## 4.2. Начин коришћења простора на сливовима шире зоне истраживања

Анализа начина коришћења простора омогућује директан увид у структуру и стање појединих делова сливне површине. Представља ефикасно средство за детерминисање нивоа утицаја антропогеног фактора кроз различите активности: коришћење или уклањање шума; урбанизацију (изградња резиденцијалних и економских објеката, градња путне мреже и инфраструктурних система); активности у домену пољопривреде, примарно обим и технике обраде земљишта; постојање легалних или „дивљих“ депонија; коришћење површина у приобаљу и плавним зонама. У Табели 4.4. су представљене врсте просторних елемената са одговарајућим шифрама, док је структура површина на истраживаним сливовима представљена у табели 4.5.

**Табела 4.4.** *Врста просторног елемента са одговарајућом шифром (према CORINE класификацији)*

<b>Врста просторног елемента</b>	<b>Шифра картиране јединице</b>
Насељена места	112
Индустријске и комерцијалне јединице	121
Саобраћајна инфраструктура и припадајуће земљиште	122
Експлоатационе области	131
Градске зелене површине	141
Обрадиво земљиште	211
Виногради	221
Воћњаци	222
Пашњаци	231
Комплекс аграрних простора	242
Агрошумски простори	243
Листопадне шуме	311
Четинарске шуме	312
Мешовите шуме	313
Шибљаци	324
Копнене мочваре	411
Водотокови	511
Водене површине	512



Табела 4.5. Структура површина на истраженим сливовима

Бр.слива	Назив водотока	CLC code	km <sup>2</sup>	%
1	Баричка река	112	1.76	6.56
		121	0.06	0.21
		211	1.69	6.28
		221	0.25	0.92
		242	14.33	53.35
		243	7.15	26.62
		311	1.59	5.91
		313	0.03	0.12
		511	0.0001	0.0004
		<b>Укупно</b>	<b>26.85</b>	<b>100</b>
2	Барајевска река	112	4.44	9.73
		211	1.4	3.07
		222	0.91	1.99
		242	17.11	37.51
		243	4.82	10.57
		311	16.81	36.85
		313	0.13	0.28
		<b>Укупно</b>	<b>45.62</b>	<b>100</b>
3	Баћевачка река	112	3.17	12.48
		211	2.27	8.94
		222	0.08	0.31
		231	0.97	3.80
		242	9.12	35.95
		243	4.82	18.99
		311	4.95	19.50
		<b>Укупно</b>	<b>25.38</b>	<b>100</b>
4	Сува река	112	0.69	3.00
		211	2.53	11.05
		222	0.37	1.60
		231	0.04	0.19
		242	7.97	34.75

		243	3.16	13.79
		311	8.16	35.59
		<b>Укупно</b>	<b>22.92</b>	<b>100</b>
5	Губеревачка река	112	0.55	1.49
		211	1.79	4.92
		222	0.21	0.57
		231	0.0004	0.001
		242	11.63	31.95
		243	5.95	16.35
		311	16.27	44.69
		<b>Укупно</b>	<b>36.4</b>	<b>100</b>
6	Стојничка река	112	0.9	2.01
		211	3.97	8.88
		222	0.31	0.68
		231	0.38	0.86
		242	16.33	36.52
		243	16	35.79
		311	6.81	15.23
		<b>Укупно</b>	<b>44.7</b>	<b>100</b>
7	Ловачка чесма	112	0.88	5.80
		211	2.39	15.72
		221	0.01	0.052
		222	5.77	38.00
		242	2.71	17.87
		243	1.71	11.25
		311	1.45	9.54
		324	0.26	1.73
		<b>Укупно</b>	<b>15.17</b>	<b>100</b>
8	Калуђерички поток	112	6.59	59.35
		121	0.00006	0.001
		211	1.22	10.97
		222	0.0005	0.005
		231	0.15	1.37
		242	1.25	11.28

		243	1.88	16.95
		324	0.01	0.05
		<b>Укупно</b>	<b>11.1</b>	<b>100</b>
9	Болечица	112	11.05	10.95
		121	0.66	0.65
		211	9.06	8.98
		222	1.35	1.33
		231	1.46	1.44
		242	25.76	25.54
		243	33.96	33.67
		311	11.89	11.78
		312	0.17	0.17
		313	2.12	2.10
		324	3.37	3.34
		<b>Укупно</b>	<b>100.86</b>	<b>100</b>
		10	Брестовица	112
211	8.35			21.37
242	10.48			26.83
243	14.92			38.19
311	4.63			11.86
<b>Укупно</b>	<b>39.06</b>			<b>100</b>
11	Грабовица	231	0.02	0.141
		242	2.93	22.58
		243	1.88	14.46
		311	7.97	61.36
		324	0.19	1.43
		<b>Укупно</b>	<b>12.99</b>	<b>100</b>
12	Коњовац	112	0.55	2.36
		211	2.74	11.81
		242	11.39	49.01
		243	8.55	36.81
		<b>Укупно</b>	<b>23.23</b>	<b>100</b>
13	Луг	112	1.51	4.04
		211	4.9	13.10

		222	3.04	8.13
		231	0.71	1.88
		242	15.82	42.31
		243	6.45	17.24
		311	4.96	13.28
		<b>Укупно</b>	<b>37.39</b>	<b>100</b>
14	Кокорин	112	0.95	5.00
		211	2.55	13.39
		242	5.26	27.58
		243	7.94	41.69
		311	1.77	9.31
		324	0.57	3.01
		<b>Укупно</b>	<b>19.05</b>	<b>100</b>
15	Тамнава	112	1.22	5.94
		211	2.64	12.86
		222	0.16	0.80
		242	6.47	31.56
		243	4.48	21.87
		311	4.34	21.17
		313	1.18	5.77
		<b>Укупно</b>	<b>20.49</b>	<b>100</b>
16	Радованов поток	112	1.87	11.74
		211	2.25	14.17
		242	5.31	33.36
		243	5.78	36.36
		311	0.69	4.35
		<b>Укупно</b>	<b>15.9</b>	<b>100</b>
17	Баташев поток	112	2.27	19.39
		121	0.0007	0.007
		211	0.34	2.88
		242	5.23	44.61
		243	3.44	29.33
		311	0.44	3.76
		<b>Укупно</b>	<b>11.72</b>	<b>100</b>

18	Алинац	112	1.16	5.27
		121	0.004	0.02
		211	1.34	6.09
		242	11.22	51.02
		243	6.22	28.32
		311	2.04	9.26
		<b>Укупно</b>	<b>21.98</b>	<b>100</b>
19	Јабланица	112	2.35	19.83
		211	1.08	9.12
		242	6.3	53.25
		243	2.1	17.78
		<b>Укупно</b>	<b>11.82</b>	<b>100</b>
20	Милатовица	112	1.29	2.22
		121	0.3	0.51
		211	1.79	3.08
		242	32.27	55.72
		243	13.09	22.61
		311	8.92	15.41
		511	0.26	0.45
		<b>Укупно</b>	<b>57.92</b>	<b>100</b>
21	Мисача	121	0.002	0.004
		211	2.94	5.93
		242	31.51	63.46
		243	12.87	25.91
		311	2.32	4.68
		<b>Укупно</b>	<b>49.64</b>	<b>100</b>
22	Мрчевица	112	1.2	5.43
		211	6.12	27.63
		242	8.16	36.86
		243	6.66	30.06
		<b>Укупно</b>	<b>22.15</b>	<b>100</b>
23	Лукавица	112	4.13	11.80
		211	4.98	14.22
		231	0.59	1.67

		242	11.06	31.58
		243	5.68	16.22
		311	8.57	24.48
		324	0.002	0.006
		<b>Укупно</b>	<b>35.01</b>	<b>100</b>
24	Марица	112	1.3	4.74
		242	17.3	63.24
		243	7.23	26.42
		311	1.53	5.58
		<b>Укупно</b>	<b>27.36</b>	<b>100</b>
25	Јасенички поток	112	0.01	0.06
		211	2.19	14.17
		242	7.63	49.39
		243	3.69	23.89
		311	1.46	9.44
		313	0.47	3.03
		<b>Укупно</b>	<b>15.45</b>	<b>100</b>
26	Очага	112	1.64	14.04
		121	0.2	1.72
		242	6.02	51.71
		243	2.48	21.31
		311	1.3	11.19
		<b>Укупно</b>	<b>11.65</b>	<b>100</b>
27	Ковачица	211	0.39	6.72
		242	3.35	57.46
		243	1.09	18.61
		311	1.00	17.20
		<b>Укупно</b>	<b>5.84</b>	<b>100</b>
28	Оњег	242	12.18	32.43
		243	7.42	19.75
		311	17.95	47.80
		<b>Укупно</b>	<b>37.55</b>	<b>100</b>
29	Криваја	211	0.27	2.23
		242	1.31	10.90

		243	4.45	37.20
		311	5.94	49.65
		<b>Укупно</b>	<b>11.97</b>	<b>100</b>
30	Плочник	242	3.46	19.30
		243	5.71	31.82
		311	8.76	48.86
		<b>Укупно</b>	<b>17.93</b>	<b>100</b>
31	Опарна	112	1.68	5.09
		211	3.47	10.52
		222	0.81	2.452
		231	0.34	1.039
		242	13.69	41.50
		243	7.73	23.43
		311	4.99	15.13
		324	0.27	0.82
		<b>Укупно</b>	<b>32.98</b>	<b>100</b>
32	Остружница	112	5.75	20.22
		211	4.67	16.41
		242	5.87	20.63
		243	3.98	14.01
		311	7.47	26.25
		313	0.57	2.01
		324	0.06	0.21
		511	0.06	0.22
		<b>Укупно</b>	<b>28.44</b>	<b>100</b>
33	Трбушничка река	231	0.73	2.76
		242	12.25	46.65
		243	7.18	27.35
		311	6.1	23.22
		<b>Укупно</b>	<b>26.26</b>	<b>100</b>
34	Пештан	112	1.87	2.51
		121	0.15	0.20
		211	3.7	4.97
		231	1.21	1.62

		242	24.03	32.32
		243	19.17	25.78
		311	23.39	31.45
		313	0.56	0.75
		324	0.003	0.004
		512	0.26	0.35
		<b>Укупно</b>	<b>74.35</b>	<b>100</b>
35	Раљић	112	0.44	2.37
		211	1.68	9.01
		231	1.41	7.56
		242	7.95	42.63
		243	7.16	38.41
		<b>Укупно</b>	<b>18.65</b>	<b>100</b>
36	Камендолски поток	112	0.96	9.03
		211	1.03	9.77
		221	1.39	13.17
		242	2.5	23.63
		243	4.7	44.38
		<b>Укупно</b>	<b>10.59</b>	<b>100</b>
37	Безимени поток 1	112	0.65	3.51
		211	3.65	19.85
		221	1.15	6.26
		242	8.72	47.48
		243	3.79	20.64
		311	0.4	2.20
		411	0.01	0.04
		<b>Укупно</b>	<b>18.37</b>	<b>100</b>
38	Раља	112	7.93	17.42
		211	3.82	8.39
		222	0.4	0.88
		231	1.06	2.33
		242	11.88	26.08
		243	13.76	30.22
		311	5.64	12.38



		313	0.83	1.82
		324	0.21	0.45
		<b>Укупно</b>	<b>45.52</b>	<b>100</b>
39	Шепшеница	112	1.33	13.12
		231	0.04	0.42
		242	4.83	47.78
		243	3.57	35.36
		311	0.3	2.94
		324	0.04	0.36
		<b>Укупно</b>	<b>10.11</b>	<b>100</b>
40	Липица	112	0.57	3.45
		211	0.69	4.17
		231	0.45	2.69
		242	5.6	33.72
		243	6.89	41.46
		311	2.41	14.48
		<b>Укупно</b>	<b>16.61</b>	<b>100</b>
41	Расинац	112	2.2	14.32
		211	1.66	10.76
		222	0.26	1.65
		242	7.83	50.88
		243	2.73	17.75
		311	0.71	4.60
		<b>Укупно</b>	<b>15.38</b>	<b>100</b>
42	Река	112	3.11	14.62
		121	0.15	0.69
		211	6.39	30.07
		242	1.23	5.77
		243	1.33	6.25
		311	8.76	41.22
		313	0.29	1.35
		<b>Укупно</b>	<b>21.24</b>	<b>100</b>
43	Саставак	112	0.8	4.17
		211	6.16	32.29

		221	0.36	1.88
		242	4.25	22.27
		243	5.14	26.94
		311	2.07	10.83
		511	0.31	1.60
		<b>Укупно</b>	<b>19.09</b>	<b>100</b>
44	Сеона	211	4.59	15.40
		222	0.21	0.70
		231	0.6	2.02
		242	14.17	47.57
		243	6.46	21.68
		311	3.75	12.59
		<b>Укупно</b>	<b>29.78</b>	<b>100</b>
45	Бела река	112	1.21	9.36
		211	0.99	7.68
		231	0.37	2.9
		242	2.77	21.47
		243	0.9	7.01
		311	6.25	48.52
		313	0.39	3.04
		<b>Укупно</b>	<b>12.88</b>	<b>100</b>
46	Паланка	112	1.66	11.55
		211	0.95	6.62
		242	5.38	37.45
		243	3.75	26.13
		311	2.62	18.23
		<b>Укупно</b>	<b>14.35</b>	<b>100</b>
		47	Паригуз	112
211	2.13			44.91
242	0.39			8.24
243	0.78			16.41
311	0.08			1.73
312	0.08			1.73
<b>Укупно</b>	<b>4.73</b>			<b>100</b>

48	Пречица	112	0.06	1.02
		242	1.91	31.20
		243	0.1	1.58
		311	3.25	53.05
		313	0.81	13.13
		<b>Укупно</b>	<b>6.13</b>	<b>100</b>
49	Раковички поток	112	3.79	27.54
		121	0.29	2.08
		131	0.05	0.37
		141	0.48	3.50
		211	1.3	9.42
		242	3.4	24.73
		243	2.63	19.13
		311	1.14	8.27
		312	0.08	0.59
		313	0.6	4.33
		<b>Укупно</b>	<b>13.75</b>	<b>100</b>
50	Безимени поток 2	112	0.33	14.69
		211	0.65	29.25
		243	0.44	19.89
		311	0.79	35.82
		312	0.01	0.32
		<b>Укупно</b>	<b>2.21</b>	<b>100</b>
51	Безимени поток 3	112	0.83	9.15
		211	0.76	8.39
		231	1.02	11.24
		242	1.07	11.79
		243	0.68	7.55
		311	4.69	51.84
		<b>Укупно</b>	<b>9.04</b>	<b>100</b>
52	Каљави поток	112	6.29	57.55
		121	0.38	3.52
		122	0.001	0.02
		141	1.32	12.08

		242	0.98	8.99
		243	1.72	15.76
		311	0.23	2.06
		<b>Укупно</b>	<b>10.92</b>	<b>100</b>
53	Кијевски поток	112	1.58	27.23
		121	0.03	0.54
		211	2.54	43.67
		243	0.84	14.48
		311	0.82	14.06
		<b>Укупно</b>	<b>5.81</b>	<b>100</b>
54	Топчидерска река	112	2.51	7.43
		211	6.71	19.88
		231	0.33	0.96
		242	8.24	24.43
		243	6.24	18.50
		311	9.62	28.52
		313	0.08	0.25
		<b>Укупно</b>	<b>33.73</b>	<b>100</b>
55	Сибничка река	211	1.56	6.94
		222	0.26	1.15
		231	0.35	1.55
		242	12.89	57.33
		243	4.63	20.59
		311	2.37	10.54
		324	0.42	1.85
		<b>Укупно</b>	<b>22.49</b>	<b>100</b>
56	Турија	211	3.85	3.36
		222	0.07	0.06
		231	0.65	0.56
		242	63.21	55.30
		243	22.37	19.57
		311	23.09	20.20
		313	0.74	0.64
		324	0.31	0.26

		<b>Укупно</b>	<b>114.29</b>	<b>100</b>
57	Врбовица	112	2.68	8.44
		211	1.03	3.23
		222	0.05	0.15
		242	18.72	58.95
		243	7.72	24.29
		311	1.56	4.91
		<b>Укупно</b>	<b>31.76</b>	<b>100</b>

### 4.3. Ерозиони потенцијал шире зоне истраживаног подручја

#### 4.3.1. Опште карактеристике ерозионог потенцијала шире зоне истраживаног подручја

На широј локацији истраживаног подручја уочени су процеси од I (ексцесивне) до V (врло слабе) категорије разорности (Табела 4.6.). Заступљеност појединих категорија ерозије, на сваком од истраживаних сливова, представљена је у Табели 4.7. Доминирају процеси слабе ерозије (58.42% од укупне површине истраживаног подручја), што условљава и просечну вредност коефицијента ерозије  $Z_{sr}=0.297$  (слаба, мешовита ерозија). Према степену заступљености, следе процеси врло слабе ерозије (21.89% од укупне површине истраживаног подручја), затим средње ерозије (17.88%), док су јака и ексцесивна ерозија заступљене са свега 1.5%, односно, 0.3% (Карта бр. 7.).

Просечне, минималне и максималне вредности коефицијента ерозије  $Z$ , као и стандардна девијација, приказане су у Табели 4.8 (Карта бр. 8.). Највећа просечна вредност коефицијента ерозије  $Z_{srmax}=0.48$  регистрована је на сливу Кијевског потока а најмања  $Z_{srmin}=0.18$  на сливу реке Грабовице. На деловима појединих сливних површина уочене су појаве ексцесивне ерозије, са следећим максималним вредностима коефицијента ерозије: Болечица,  $Z_{max}=1.86$ ; Топчидерске река,  $Z_{max}=1.82$ ; Бела и Барајевска река,  $Z_{max}=1.78$ .

**Табела 4.6.** Заступљеност појединих категорија ерозије на целокупном истраживаном подручју (шира локација)

Категорија	Јачина ерозионих процеса	km <sup>2</sup>	%
V	Врло слаба ерозија	325.00	21.89
IV	Слаба ерозија	867.30	58.42
III	Средња ерозија	265.49	17.88
II	Јака ерозија	22.25	1.50
I	Ексцесивна ерозија	4.51	0.30
	<b>Укупно</b>	<b>1484.55</b>	<b>100.00</b>

**Табела 4.7. Заступљеност појединих категорија ерозије на истраживаним сливовима  
(шира локација)**

Бр.слива	Назив водотока	Категорија ерозије	km <sup>2</sup>	%
1	Баричка река	Врло слаба ерозија	2.51	9.35
		Слаба ерозија	18.06	67.26
		Осредња ерозија	6.05	22.53
		Јака ерозија	0.23	0.86
		<b>Укупно</b>	<b>26.85</b>	<b>100</b>
2	Барајевска река	Врло слаба ерозија	16.81	36.86
		Слаба ерозија	20.11	44.09
		Осредња ерозија	7.15	15.68
		Јака ерозија	0.88	1.93
		Експесивна ерозија	0.66	1.45
		<b>Укупно</b>	<b>45.61</b>	<b>100</b>
3	Баћевачка река	Врло слаба ерозија	4.87	19.19
		Слаба ерозија	14.29	56.3
		Осредња ерозија	5.53	21.79
		Јака ерозија	0.67	2.64
		Експесивна ерозија	0.02	0.08
		<b>Укупно</b>	<b>25.38</b>	<b>100</b>
4	Сува река	Врло слаба ерозија	8.24	35.95
		Слаба ерозија	11.66	50.87
		Осредња ерозија	3.02	13.18
		<b>Укупно</b>	<b>22.92</b>	<b>100</b>
5	Губеревачка река	Врло слаба ерозија	16.41	45.08
		Слаба ерозија	16.31	44.81
		Осредња ерозија	2.91	7.99
		Јака ерозија	0.74	2.03
		Експесивна ерозија	0.03	0.08
		<b>Укупно</b>	<b>36.4</b>	<b>100</b>
6	Стојничка река	Врло слаба ерозија	7.93	17.74
		Слаба ерозија	30.75	68.79
		Осредња ерозија	5.4	12.08
		Јака ерозија	0.56	1.25

		Експесивна ерозија	0.06	0.13
		<b>Укупно</b>	<b>44.7</b>	<b>100</b>
7	Ловачка чесма	Врло слаба ерозија	3.27	21.56
		Слаба ерозија	11.18	73.7
		Осредња ерозија	0.72	4.75
		<b>Укупно</b>	<b>15.17</b>	<b>100</b>
8	Калуђерички поток	Врло слаба ерозија	1.16	10.44
		Слаба ерозија	7.78	70.03
		Осредња ерозија	1.99	17.91
		Јака ерозија	0.13	1.17
		Експесивна ерозија	0.05	0.45
		<b>Укупно</b>	<b>11.11</b>	<b>100</b>
9	Болечица	Врло слаба ерозија	17.9	17.75
		Слаба ерозија	54.48	54.02
		Осредња ерозија	25.53	25.31
		Јака ерозија	1.87	1.85
		Експесивна ерозија	1.08	1.07
		<b>Укупно</b>	<b>100.86</b>	<b>100</b>
10	Брестовица	Врло слаба ерозија	8.84	22.63
		Слаба ерозија	25.35	64.9
		Осредња ерозија	4.87	12.47
		<b>Укупно</b>	<b>39.06</b>	<b>100</b>
11	Грабовица	Врло слаба ерозија	8.14	62.66
		Слаба ерозија	2.28	17.55
		Осредња ерозија	2.54	19.55
		Јака ерозија	0.03	0.23
		<b>Укупно</b>	<b>12.99</b>	<b>100</b>
12	Коњовац	Врло слаба ерозија	1.86	8.01
		Слаба ерозија	19.82	85.32
		Осредња ерозија	1.55	6.67
		<b>Укупно</b>	<b>23.23</b>	<b>100</b>
13	Луг	Врло слаба ерозија	4.92	13.16
		Слаба ерозија	22.56	60.34
		Осредња ерозија	8.35	22.33



		Јака ерозија	1.19	3.18
		Екседивна ерозија	0.37	0.99
		<b>Укупно</b>	<b>37.39</b>	<b>100</b>
14	Кокорин	Врло слаба ерозија	2.44	12.81
		Слаба ерозија	12.83	67.35
		Осредња ерозија	3.62	19
		Јака ерозија	0.14	0.73
		Екседивна ерозија	0.02	0.1
		<b>Укупно</b>	<b>19.05</b>	<b>100</b>
15	Тамнава	Врло слаба ерозија	5.65	27.57
		Слаба ерозија	10.07	49.15
		Осредња ерозија	4.08	19.91
		Јака ерозија	0.69	3.37
		<b>Укупно</b>	<b>20.49</b>	<b>100</b>
16	Радованов поток	Врло слаба ерозија	1.9	11.95
		Слаба ерозија	12.4	77.99
		Осредња ерозија	1.6	10.06
		<b>Укупно</b>	<b>15.9</b>	<b>100</b>
17	Баташев поток	Врло слаба ерозија	0.79	6.74
		Слаба ерозија	8.41	71.76
		Осредња ерозија	2.52	21.5
		<b>Укупно</b>	<b>11.72</b>	<b>100</b>
18	Алинац	Врло слаба ерозија	2.37	10.78
		Слаба ерозија	17.17	78.12
		Осредња ерозија	2.42	11.01
		Јака ерозија	0.02	0.09
		<b>Укупно</b>	<b>21.98</b>	<b>100</b>
19	Јабланица	Врло слаба ерозија	0.65	5.5
		Слаба ерозија	9.42	79.7
		Осредња ерозија	1.75	14.81
		<b>Укупно</b>	<b>11.82</b>	<b>100</b>
20	Милатовица	Врло слаба ерозија	10.67	18.42
		Слаба ерозија	43.54	75.17
		Осредња ерозија	3.57	6.16

		Јака ерозија	0.14	0.24
		<b>Укупно</b>	<b>57.92</b>	<b>100</b>
21	Мисача	Врло слаба ерозија	8.99	18.11
		Слаба ерозија	39.46	79.49
		Осредња ерозија	1.19	2.4
		<b>Укупно</b>	<b>49.64</b>	<b>100</b>
22	Мрчевица	Врло слаба ерозија	4.06	18.33
		Слаба ерозија	17.04	76.93
		Осредња ерозија	1.05	4.74
		<b>Укупно</b>	<b>22.15</b>	<b>100</b>
23	Лукавица	Врло слаба ерозија	9.1	25.99
		Слаба ерозија	14.44	41.25
		Осредња ерозија	11	31.42
		Јака ерозија	0.47	1.34
		<b>Укупно</b>	<b>35.01</b>	<b>100</b>
24	Марица	Врло слаба ерозија	1.66	6.07
		Слаба ерозија	22.64	82.75
		Осредња ерозија	3.06	11.18
		<b>Укупно</b>	<b>27.36</b>	<b>100</b>
25	Јасенички поток	Врло слаба ерозија	1.89	12.23
		Слаба ерозија	11.28	73.01
		Осредња ерозија	2.28	14.76
		<b>Укупно</b>	<b>15.45</b>	<b>100</b>
26	Очага	Врло слаба ерозија	1.52	13.05
		Слаба ерозија	7.74	66.44
		Осредња ерозија	2.3	19.74
		Јака ерозија	0.09	0.77
		<b>Укупно</b>	<b>11.65</b>	<b>100</b>
27	Ковачица	Врло слаба ерозија	1.15	19.69
		Слаба ерозија	3.82	65.41
		Осредња ерозија	0.87	14.9
		<b>Укупно</b>	<b>5.84</b>	<b>100</b>
28	Оњег	Врло слаба ерозија	17.84	47.51
		Слаба ерозија	8.91	23.73

		Осредња ерозија	10.6	28.23
		Јака ерозија	0.2	0.53
		<b>Укупно</b>	<b>37.55</b>	<b>100</b>
29	Криваја и Каменица	Врло слаба ерозија	5.71	47.7
		Слаба ерозија	4.92	41.1
		Осредња ерозија	1.33	11.11
		Јака ерозија	0.01	0.08
		<b>Укупно</b>	<b>11.97</b>	<b>100</b>
30	Бабина река и Плочник	Врло слаба ерозија	8.69	48.47
		Слаба ерозија	6.68	37.26
		Осредња ерозија	2.55	14.22
		Јака ерозија	0.01	0.06
		<b>Укупно</b>	<b>17.93</b>	<b>100</b>
31	Опарна	Врло слаба ерозија	5.66	17.16
		Слаба ерозија	22.75	68.98
		Осредња ерозија	4.57	13.86
		<b>Укупно</b>	<b>32.98</b>	<b>100</b>
32	Остружница	Врло слаба ерозија	8.73	30.7
		Слаба ерозија	11.64	40.93
		Осредња ерозија	7.55	26.55
		Јака ерозија	0.52	1.83
		<b>Укупно</b>	<b>28.44</b>	<b>100</b>
33	Трбушничка река	Врло слаба ерозија	6.12	23.31
		Слаба ерозија	10.23	38.96
		Осредња ерозија	9.82	37.4
		Јака ерозија	0.09	0.34
		<b>Укупно</b>	<b>26.26</b>	<b>100</b>
34	Пештан	Врло слаба ерозија	24.01	32.29
		Слаба ерозија	24.11	32.43
		Осредња ерозија	24.3	32.68
		Јака ерозија	1.9	2.56
		Експесивна ерозија	0.03	0.04
		<b>Укупно</b>	<b>74.35</b>	<b>100</b>
35	Раљић	Врло слаба ерозија	0.02	0.11

		Слаба ерозија	14.76	79.14
		Осредња ерозија	2.78	14.91
		Јака ерозија	1.08	5.79
		Експесивна ерозија	0.01	0.05
		<b>Укупно</b>	<b>18.65</b>	<b>100</b>
36	Камендолски поток	Врло слаба ерозија	0.04	0.38
		Слаба ерозија	7.1	67.04
		Осредња ерозија	2.73	25.78
		Јака ерозија	0.64	6.04
		Експесивна ерозија	0.08	0.76
		<b>Укупно</b>	<b>10.59</b>	<b>100</b>
37	Безимени поток 1	Врло слаба ерозија	0.54	2.94
		Слаба ерозија	12.11	65.92
		Осредња ерозија	4.93	26.84
		Јака ерозија	0.75	4.08
		Експесивна ерозија	0.04	0.22
		<b>Укупно</b>	<b>18.37</b>	<b>100</b>
38	Раља	Врло слаба ерозија	6.83	15
		Слаба ерозија	24.12	52.99
		Осредња ерозија	13.14	28.87
		Јака ерозија	1.25	2.75
		Експесивна ерозија	0.18	0.4
		<b>Укупно</b>	<b>45.52</b>	<b>100</b>
39	Шепшаница	Врло слаба ерозија	0.21	2.08
		Слаба ерозија	7.79	77.05
		Осредња ерозија	1.77	17.51
		Јака ерозија	0.34	3.36
		<b>Укупно</b>	<b>10.11</b>	<b>100</b>
40	Липица	Врло слаба ерозија	2.43	14.63
		Слаба ерозија	12.09	72.79
		Осредња ерозија	2.02	12.16
		Јака ерозија	0.07	0.42
		<b>Укупно</b>	<b>16.61</b>	<b>100</b>
41	Расинац	Врло слаба ерозија	1.15	7.48

		Слаба ерозија	11.47	74.58
		Осредња ерозија	2.74	17.82
		Јака ерозија	0.02	0.13
		<b>Укупно</b>	<b>15.38</b>	<b>100</b>
42	Река	Врло слаба ерозија	9.34	43.97
		Слаба ерозија	4.86	22.88
		Осредња ерозија	6.51	30.65
		Јака ерозија	0.51	2.4
		Екседивна ерозија	0.02	0.09
		<b>Укупно</b>	<b>21.24</b>	<b>100</b>
43	Саставак	Врло слаба ерозија	2.37	12.41
		Слаба ерозија	12.19	63.86
		Осредња ерозија	4.53	23.73
		<b>Укупно</b>	<b>19.09</b>	<b>100</b>
44	Сеона	Врло слаба ерозија	4.25	14.27
		Слаба ерозија	22.02	73.94
		Осредња ерозија	3.51	11.79
		<b>Укупно</b>	<b>29.78</b>	<b>100</b>
45	Бела река	Врло слаба ерозија	6.62	51.4
		Слаба ерозија	3.29	25.54
		Осредња ерозија	2.16	16.77
		Јака ерозија	0.56	4.35
		Екседивна ерозија	0.25	1.94
		<b>Укупно</b>	<b>12.88</b>	<b>100</b>
46	Паланка	Врло слаба ерозија	2.53	17.63
		Слаба ерозија	7.39	51.5
		Осредња ерозија	3.17	22.09
		Јака ерозија	1.11	7.74
		Екседивна ерозија	0.15	1.05
		<b>Укупно</b>	<b>14.35</b>	<b>100</b>
47	Паригуз	Врло слаба ерозија	0.26	5.5
		Слаба ерозија	1.69	35.73
		Осредња ерозија	2.69	56.87
		Јака ерозија	0.06	1.27

		Екседсивна ерозија	0.03	0.63
		<b>Укупно</b>	<b>4.73</b>	<b>100</b>
48	Пречица	Врло слаба ерозија	4.01	65.42
		Слаба ерозија	1.33	21.7
		Осредња ерозија	0.2	3.26
		Јака ерозија	0.55	8.97
		Екседсивна ерозија	0.04	0.65
		<b>Укупно</b>	<b>6.13</b>	<b>100</b>
49	Раковички поток	Врло слаба ерозија	1.79	13.02
		Слаба ерозија	6.23	45.31
		Осредња ерозија	4.75	34.55
		Јака ерозија	0.86	6.25
		Екседсивна ерозија	0.12	0.87
		<b>Укупно</b>	<b>13.75</b>	<b>100</b>
50	Безимени поток 2	Врло слаба ерозија	0.84	38.01
		Слаба ерозија	0.43	19.46
		Осредња ерозија	0.6	27.15
		Јака ерозија	0.1	4.52
		Екседсивна ерозија	0.24	10.86
		<b>Укупно</b>	<b>2.21</b>	<b>100</b>
51	Безимени поток 3	Врло слаба ерозија	4.71	52.1
		Слаба ерозија	2.55	28.21
		Осредња ерозија	1.56	17.26
		Јака ерозија	0.16	1.77
		Екседсивна ерозија	0.06	0.66
		<b>Укупно</b>	<b>9.04</b>	<b>100</b>
52	Каљави поток	Врло слаба ерозија	1.13	10.35
		Слаба ерозија	6.76	61.9
		Осредња ерозија	2.54	23.26
		Јака ерозија	0.43	3.94
		Екседсивна ерозија	0.06	0.55
		<b>Укупно</b>	<b>10.92</b>	<b>100</b>
53	Кијевски поток	Врло слаба ерозија	0.65	11.19
		Слаба ерозија	1.73	29.78

		Осредња ерозија	2.62	45.09
		Јака ерозија	0.25	4.3
		Експесивна ерозија	0.56	9.64
		<b>Укупно</b>	<b>5.81</b>	<b>100</b>
54	Топчидерска река	Врло слаба ерозија	10.06	29.83
		Слаба ерозија	14.38	42.63
		Осредња ерозија	7.48	22.18
		Јака ерозија	1.45	4.3
		Експесивна ерозија	0.36	1.07
		<b>Укупно</b>	<b>33.73</b>	<b>100</b>
55	Сибничка река	Врло слаба ерозија	2.78	12.36
		Слаба ерозија	18.01	80.08
		Осредња ерозија	1.7	7.56
		<b>Укупно</b>	<b>22.49</b>	<b>100</b>
56	Турија	Врло слаба ерозија	26.46	23.15
		Слаба ерозија	76.23	66.7
		Осредња ерозија	9.97	8.72
		Јака ерозија	1.63	1.43
		<b>Укупно</b>	<b>114.29</b>	<b>100</b>
57	Врбовица	Врло слаба ерозија	2.18	6.86
		Слаба ерозија	25.15	79.19
		Осредња ерозија	4.43	13.95
		<b>Укупно</b>	<b>31.76</b>	<b>100</b>

Степен угрожености ерозионим процесима у сразмери је са природним условима, обимом и врстом антропогених активности на истраживаном подручју. Најинтензивнији ерозиони процеси одвијају се на отвореним коповима за експлоатацију угла (Лазаревац), затим на нагнутим површинама где је дошло до појаве клизишта, као и на локалитетима где се врши уклањање површинског слоја земљишта и зеленила, за потребе урбанизације, као и на обрадивим површинама, на којима изостаје примена противерозионе агротехнике.

**Табела 4.8.** Просечне, минималне, максималне вредности коефицијента ерозије  $Z$  и стандардна девијација на истраживаном подручју (шира локација)

Број слива	Назив водотока	km <sup>2</sup>	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$	$Z_{sr}$	Стандардна девијација
1	Баричка реке	26.85	0.023	0.83	0.33	0.13
2	Барајевска река	45.61	0.018	1.78	0.27	0.23
3	Баћевачка река	25.38	0.018	1.25	0.32	0.18
4	Сува река	22.92	0.02	0.65	0.23	0.16
5	Губеревачка река	36.40	0.018	1.06	0.22	0.19
6	Стојничка река	44.70	0.017	1.41	0.29	0.14
7	Ловачка чесма	15.17	0.015	0.52	0.24	0.09
8	Калуђерички поток	11.11	0.015	1.44	0.35	0.15
9	Болечица	100.86	0.018	1.86	0.34	0.2
10	Брестовица	39.06	0.017	0.57	0.26	0.12
11	Грабовица	12.99	0.025	0.72	0.18	0.19
12	Коњовац	23.23	0.129	0.64	0.3	0.07
13	Луг	37.39	0.02	1.37	0.34	0.18
14	Кокорин	19.05	0.025	1.16	0.32	0.14
15	Тамнава	20.49	0.02	0.94	0.29	0.19
16	Радованов поток	15.90	0.017	0.68	0.3	0.11
17	Баташев поток	11.72	0.021	0.65	0.31	0.12
18	Алинац	21.98	0.024	0.75	0.29	0.11
19	Јабланица	11.82	0.151	0.5	0.29	0.08
20	Милатовица	57.92	0	0.83	0.26	0.12
21	Мисача	49.64	0.019	0.55	0.27	0.08
22	Мрчевица	22.15	0.12	0.59	0.25	0.07
23	Лукавица	35.01	0.022	0.84	0.32	0.19
24	Марица	27.36	0.02	0.64	0.32	0.1
25	Јасенички поток	15.45	0.019	0.57	0.3	0.12
26	Очага	11.65	0.019	0.89	0.31	0.15
27	Ковачица	5.84	0.028	0.54	0.29	0.13
28	Оњег	37.55	0.02	0.77	0.24	0.2



29	Криваја	11.97	0.024	0.71	0.21	0.16
30	Бабина река	17.93	0.023	0.71	0.21	0.17
31	Опарна	32.98	0.02	0.63	0.29	0.13
32	Остружница	28.44	0	0.8	0.29	0.19
33	Трбушничка река	26.26	0.024	0.76	0.32	0.17
34	Пештан	74.35	0	1.06	0.31	0.2
35	Раљић	18.65	0.19	1.11	0.37	0.14
36	Камендолски поток	10.59	0.16	1.24	0.39	0.15
37	Безимени поток 1	18.37	0	1.22	0.37	0.14
38	Раља	45.52	0.02	1.67	0.36	0.2
39	Шепшаница	10.11	0.025	0.93	0.37	0.14
40	Липица	16.61	0.019	0.83	0.29	0.13
41	Расинац	15.38	0.022	0.72	0.32	0.11
42	Река	21.24	0.013	1.22	0.26	0.23
43	Саставак	19.09	0	0.64	0.32	0.13
44	Сеона	29.78	0.015	0.55	0.29	0.11
45	Бела река	12.88	0.021	1.78	0.26	0.29
46	Паланка	14.35	0.021	1.72	0.37	0.24
47	Паригуз	4.73	0.077	1.44	0.42	0.14
48	Пречица	6.13	0.02	1.57	0.22	0.27
49	Раковички поток	13.75	0.021	2.1	0.4	0.24
50	Безимени поток 2	2.21	0.024	1.38	0.39	0.34
51	Безимени поток 3	9.04	0.02	1.3	0.22	0.22
52	Каљави поток	10.92	0.03	1.42	0.38	0.16
53	Кијевски поток	5.81	0.022	1.73	0.48	0.34
54	Топчидерска река	33.73	0.017	1.82	0.31	0.24
55	Сибничка река	22.49	0.02	0.49	0.28	0.11
56	Турија	114.29	0.017	0.85	0.27	0.15
57	Врбовица	31.76	0.012	0.65	0.32	0.11

#### 4.3.2. Прорачун ерозионе продукције и проноса наноса на сливовима шире зоне истраживања

Прорачун продукције и проноса наноса је изведен према процедури представљеној у подпоглављу 3.4.1. (МПЕ - Метод Потенцијала Ерозије). Улазни подаци неопходни за реализацију прорачуна су представљени у табели 4.9., док су резултати прорачуна приказани у табели 4.10.

На основу теренских истражних радова и анализе одговарајућих подлога, израђена је интегрална карта ерозије (приложена је на крају подпоглавља 4.3.). Укупна годишња ерозиона продукција износи  $W_{\text{god}}=607308.02 \text{ m}^3$ , а изражено као специфична вредност  $W_{\text{godsp}}=409.09 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{god}^{-1}$ . На 33 слива истраживаног подручја нису уочени процеси ексцесивне ерозије, док на 17 сливова нису уочени процеси ексцесивне и јаке ерозије.

Највеће вредности специфичне годишње ерозионе продукције уочене су на сливовима Кијевског потока ( $W_{\text{godsp}}=767.83 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{god}^{-1}$ ) и потока Паригуз ( $W_{\text{godsp}}=631.23 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{god}^{-1}$ ). Најмање вредности специфичне годишње ерозионе продукције уочене су на сливовима потока Грабовица ( $W_{\text{godsp}}=190.85 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{god}^{-1}$ ) и Губеревачке реке ( $W_{\text{godsp}}=224.82 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{god}^{-1}$ ).

**Табела 4.9.** Улазни параметри за прорачун продукције и проноса наноса на истраживаним сливовима (шира локација)

Ред бр.	СЛИВ	A	$t_{\text{sr}}$	$P_{\text{br}}$	$Z_{\text{sr}}$	O	L	$H_{\text{sr}}$	$K_{\text{u}}$	$\pi$	$\rho_1$	$\rho_2$
		km <sup>2</sup>	°C	mm	/	km	km	mm	mm	/	t/m <sup>3</sup>	t/m <sup>3</sup>
1	Баричка река	26.85	10.2	691.5	0.33	37.98	14.33	154.9	73.2	3.14	1.9	0.9
2	Барајевска река	45.61	9.8	697.5	0.27	46.32	13.24	228.49	115	3.14	1.9	0.9
3	Баћевачка река	25.38	9.9	706.7	0.32	31.9	10.75	228.49	115	3.14	1.9	0.9
4	Сува река	22.92	9.6	697.3	0.23	35.26	12.49	219.49	110.8	3.14	1.9	0.9
5	Губеревачка река	36.4	9.4	694.8	0.22	40.36	15.31	248.09	115	3.14	1.9	0.9
6	Стојничка река	44.7	9.3	702.5	0.29	48.12	16.63	215.72	115	3.14	1.9	0.9
7	Ловачка чесма	15.17	9.9	659.8	0.24	21.92	7.41	170.69	80	3.14	1.9	0.9

8	Калуђерички поток	11.11	9.8	638.8	0.35	19.86	7.34	166.35	85	3.14	1.9	0.9
9	Болечица	100.8	9.9	688.1	0.34	68.22	22.67	193.16	85	3.14	1.9	0.9
10	Брестовица	39.06	9.6	660.8	0.26	41.48	17.55	222.76	136.2	3.14	1.9	0.9
11	Грабовица	12.99	9.8	763.7	0.18	22.92	8.37	197.35	117.5	3.14	1.9	0.9
12	Коњовац	23.23	9.7	660.6	0.30	31.56	12.18	210.88	136.4	3.14	1.9	0.9
13	Луг	37.39	9.1	682.1	0.34	39.74	13.02	227.1	148.1	3.14	1.9	0.9
14	Кокорин	19.05	9.3	647.4	0.32	30.14	8.69	220.18	145	3.14	1.9	0.9
15	Тамнава	20.49	9.1	682.2	0.29	27.6	9.21	252.21	148.1	3.14	1.9	0.9
16	Радованов поток	15.9	9.4	656.7	0.30	25.14	9.62	231.91	137.5	3.14	1.9	0.9
17	Баташев поток	11.72	9.5	665.7	0.31	21.7	7.56	207.35	130	3.14	1.9	0.9
18	Алинац	21.98	9.4	671.7	0.29	28.1	11.45	215.58	130.9	3.14	1.9	0.9
19	Јабланица	11.82	9.6	669.3	0.29	23.18	8.99	166.02	126.0	3.14	1.9	0.9
20	Милатовица	57.92	9.6	672.5	0.26	50.76	17.29	213.97	132.5	3.14	1.9	0.9
21	Мисача	49.64	9.8	664.2	0.27	46.64	19.68	211.22	132.5	3.14	1.9	0.9
22	Мрчевица	22.15	9.7	655.7	0.25	36.5	13.61	164.31	120	3.14	1.9	0.9
23	Луковица	35.01	9.8	741.3	0.32	42.9	13.65	170.12	97.4	3.14	1.9	0.9
24	Марица	27.36	10.1	706.0	0.32	40.14	14.82	159.13	90	3.14	1.9	0.9
25	Јасенички поток	15.45	10.1	696.5	0.30	29.62	10.42	150	90	3.14	1.9	0.9
26	Очага	11.65	9.8	729.2	0.31	24.3	8.75	116.7	95.2	3.14	1.9	0.9
27	Ковачица	5.84	9.8	787.6	0.29	15.64	5.17	160.79	120	3.14	1.9	0.9
28	Оњег	37.55	9.8	739.0	0.24	38.26	15.12	230.35	156.6	3.14	1.9	0.9
29	Криваја	11.97	9.8	769.7	0.21	21.98	7.68	295.9	135.4	3.14	1.9	0.9
30	Бабина река	17.93	9.8	751.6	0.21	28.46	8.98	255.52	156.6	3.14	1.9	0.9
31	Опарна	32.98	9.9	706.3	0.29	44.8	18.04	158.17	96.5	3.14	1.9	0.9
32	Остужница	28.44	10.3	683.2	0.29	41.56	16.84	180.14	72.5	3.14	1.9	0.9
33	Трбушничка река	26.26	9.8	748.6	0.32	34.32	9.38	245.12	137.5	3.14	1.9	0.9
34	Пештан	74.35	9.8	720.9	0.31	59.38	22.48	264.81	137.5	3.14	1.9	0.9
35	Раљић	18.65	9.6	673.3	0.37	24.8	8.55	205.93	140	3.14	1.9	0.9
36	Камендолски поток	10.59	9.8	633.6	0.39	24.24	9.03	197.65	117.7	3.14	1.9	0.9
37	Безимени поток 1	18.37	9.6	639.2	0.37	28.16	9.09	200.72	130	3.14	1.9	0.9
38	Раља	45.52	9.4	678.9	0.36	52.62	14.31	229.89	140	3.14	1.9	0.9
39	Шепшаница	10.11	9.4	641.0	0.37	20.5	7.51	226.24	139.1	3.14	1.9	0.9
40	Липица	16.61	9.5	639.6	0.29	27.4	9.68	227.48	130	3.14	1.9	0.9
41	Расинац	15.38	9.8	702.2	0.32	24.7	8.8	144.27	100	3.14	1.9	0.9
42	Река	21.24	10.3	682.4	0.26	30	10.98	196.18	90.02	3.14	1.9	0.9
43	Саставак	19.09	9.9	647.4	0.32	28.3	9.21	183.28	70	3.14	1.9	0.9
44	Сеона	29.78	9.6	713.1	0.29	35.4	12.16	169.59	105	3.14	1.9	0.9
45	Бела река	12.88	10.1	693.5	0.26	22.54	7.07	248.12	130	3.14	1.9	0.9
46	Паланка	14.35	9.9	693.4	0.37	22.5	6.91	185.77	150	3.14	1.9	0.9

47	Паригуз	4.73	10.3	697.2	0.42	14.64	5.64	237.84	105	3.14	1.9	0.9
48	Пречица	6.13	10.1	699.5	0.22	13.42	5.46	219.19	140	3.14	1.9	0.9
49	Раковички поток	13.75	10.4	688.1	0.40	29.32	9.89	179.33	90	3.14	1.9	0.9
50	Безимени поток 2	2.21	10.2	703.6	0.39	9.26	3.72	243.6	130	3.14	1.9	0.9
51	Безимени поток 3	9.04	10.2	691.4	0.22	17.12	5.16	249.75	120	3.14	1.9	0.9
52	Каљави поток	10.92	10.6	677.4	0.38	21.4	6.56	183.64	90	3.14	1.9	0.9
53	Кијевски поток	5.81	10.5	677.1	0.48	16.06	5.64	172.26	100	3.14	1.9	0.9
54	Топчидерска река	33.73	9.7	692.2	0.31	42.46	13.95	257.86	150	3.14	1.9	0.9
55	Сибничка река	22.49	9.5	720.1	0.28	36.48	13.42	194.12	100	3.14	1.9	0.9
56	Турија	114.3	9.6	710.3	0.27	69.84	6.13	216.12	85	3.14	1.9	0.9
57	Врбовица	31.76	9.9	702.9	0.32	43.8	17.75	152.82	89.87	3.14	1.9	0.9

**Табела 4.10. Резултати прорачуна ерозионе продукције и проноса наноса на истраживаним сливовима (шира локација)**

Ред бр.	СЛИВ	$W_{god}$	$W_{godsp}$	$R$	$W_p$	$W_{psp}$	$\delta$	$W_{vn}$	$W_{sn}$
		$m^3$	$m^3 \cdot km^2 \cdot god^{-1}$	/	$m^3$	$m^3 \cdot km^2 \cdot god^{-1}$	/	$m^3 \cdot god^{-1}$	$m^3 \cdot god^{-1}$
1	Баричка река	11520.01	429.05	0.29	3340.8	124.42	0.1041	347.78	2993.02
2	Барајевска река	14706.72	322.45	0.39	5735.62	125.75	0.0865	496.13	5239.49
3	Баћевачка река	10528.48	414.83	0.37	3895.54	153.49	0.1012	394.23	3501.31
4	Сува река	5824.47	254.12	0.35	2038.56	88.94	0.0744	151.67	1886.89
5	Губеревачка река	8183.34	224.82	0.37	3027.84	83.18	0.0692	209.53	2818.31
6	Стојничка река	15434.21	345.28	0.33	5093.29	113.94	0.0915	466.04	4627.25
7	Ловачка чесма	3747.6	247.04	0.32	1199.23	79.05	0.075	89.94	1109.29
8	Калуђерички поток	4802.8	432.3	0.29	1392.81	125.37	0.1114	155.16	1237.65
9	Болечица	44778.29	443.96	0.33	14776.84	146.51	0.1078	1592.94	13183.9
10	Брестовица	11364.92	290.96	0.28	3182.18	81.47	0.0844	268.58	2913.6
11	Грабовица	2479.2	190.85	0.29	718.97	55.35	0.0573	41.2	677.77
12	Коњовац	8154.14	351.02	0.28	2283.16	98.28	0.0954	217.81	2065.35
13	Луг	16159.62	432.19	0.31	5009.48	133.98	0.109	546.03	4463.45
14	Кокорин	7096.06	372.5	0.32	2270.74	119.2	0.1019	231.39	2039.35
15	Тамнава	7013.85	342.31	0.35	2454.85	119.81	0.0933	229.04	2225.81
16	Радованов поток	5367.69	337.59	0.31	1663.98	104.65	0.0942	156.75	1507.23

17	Баташев поток	4431.27	378.09	0.3	1329.38	113.43	0.1001	133.07	1196.31
18	Алинац	7516.37	341.96	0.29	2179.75	99.17	0.0935	203.81	1975.94
19	Јабланица	4066.16	344.01	0.2	813.23	68.8	0.0936	76.12	737.11
20	Милатовица	17091.83	295.09	0.3	5127.55	88.53	0.0842	431.74	4695.81
21	Мисача	14960.21	301.37	0.26	3889.65	78.36	0.0855	332.57	3557.08
22	Мрчевица	5861.53	264.63	0.22	1289.54	58.22	0.0792	102.13	1187.41
23	Лукавица	15475.33	442.03	0.3	4642.6	132.61	0.1024	475.4	4167.2
24	Марица	11350.52	414.86	0.27	3064.64	112.01	0.1008	308.92	2755.72
25	Јасенички поток	5886.58	381.01	0.26	1530.51	99.06	0.0959	146.78	1383.73
26	Очага	4785.84	410.8	0.15	717.88	61.62	0.0987	70.85	647.03
27	Ковачица	2315	396.4	0.21	486.15	83.24	0.0914	44.43	441.72
28	Оњег	10606.96	282.48	0.27	2863.88	76.27	0.0761	217.94	2645.94
29	Криваја	2801.53	234.05	0.42	1176.64	98.3	0.0654	76.95	1099.69
30	Бабина река	4369.42	243.69	0.35	1529.3	85.29	0.0683	104.45	1424.85
31	Опарна	11611	352.06	0.24	2786.64	84.49	0.0908	253.03	2533.61
32	Остужница	10033.34	352.79	0.32	3210.67	112.89	0.0917	294.42	2916.25
33	Трбушничка река	11582.75	441.08	0.4	4633.1	176.43	0.1018	471.65	4161.45
34	Пештан	29828.51	401.19	0.34	10141.69	136.4	0.0978	991.86	9149.83
35	Раљић	9268.61	496.98	0.28	2595.21	139.15	0.119	308.83	2286.38
36	Камендолски поток	5444.17	514.09	0.29	1578.81	149.08	0.1258	198.61	1380.2
37	Безимени поток 1	8645.67	470.64	0.3	2593.7	141.19	0.1186	307.61	2286.09
38	Раља	21028.96	461.97	0.36	7570.43	166.31	0.1135	859.24	6711.19
39	Шепшеница	4642.88	459.24	0.31	1439.29	142.36	0.1172	168.68	1270.61
40	Липица	5388.37	324.41	0.33	1778.16	107.05	0.0929	165.19	1612.97
41	Расинац	6418.17	417.31	0.22	1412	91.81	0.1024	144.59	1267.41
42	Река	6473.31	304.77	0.34	2200.93	103.62	0.0832	183.12	2017.81
43	Саставак	7224.71	378.46	0.37	2673.14	140.03	0.1007	269.19	2403.95
44	Сеона	10483.55	352.03	0.27	2830.56	95.05	0.091	257.58	2572.98
45	Бела река	3903.4	303.06	0.38	1483.29	115.16	0.0827	122.67	1360.62
46	Паланка	7238.78	504.44	0.21	1520.14	105.93	0.1167	177.4	1342.74
47	Паригуз	2985.7	631.23	0.36	1074.85	227.24	0.1335	143.49	931.36
48	Пречица	1490.05	243.08	0.27	402.31	65.63	0.071	28.56	373.75
49	Раковички поток	7939.79	577.44	0.33	2620.13	190.55	0.1266	331.71	2288.42
50	Безимени поток 2	1270.03	574.67	0.3	381.01	172.4	0.1251	47.66	333.35

51	Безимени поток 3	2212.92	244.79	0.39	863.04	95.47	0.0716	61.79	801.25
52	Каљави поток	5903.91	540.65	0.34	2007.33	183.82	0.1215	243.89	1763.44
53	Кијевски поток	4461.11	767.83	0.28	1249.11	214.99	0.1543	192.74	1056.37
54	Топчидерска река	12894.64	382.29	0.36	4642.07	137.62	0.0977	453.53	4188.54
55	Сибничка река	7897.94	351.18	0.32	2527.34	112.38	0.0905	228.72	2298.62
56	Турија	37228.81	325.74	0.75	27921.61	244.3	0.0867	2420.8	25500.81
57	Врбовица	13336.25	419.91	0.24	3200.7	100.78	0.1022	327.11	2873.59

#### 4.4. Резултати истраживања на ужој зони истраживаног подручја

Ужа зона истраживаног подручја захвата  $25.93 \text{ km}^2$  и налази се унутар шире зоне истраживања (Карта бр. 9.). Обухвата сливове Каљавог, Железовачког и Раковичког потока, као и слив потока Паригуз. Поред дефинисаних физичко-географских карактеристика који проистичу из рељефних специфичности простора (Карте бр. 10. и 11.), типова земљишта (Карта бр. 12.) и начина коришћења простора (Карта бр. 13.), на предметним сливовима су обављене упоредне анализе ерозионе продукције, према следећим моделима: МПЕ (Метод Потенцијала Ерозије) (Карта бр. 14.), RUSLE (Карта бр. 15.) и WaTEM/SEDEM (Карта бр. 16.).

##### 4.4.1. Слив Каљавог потока

Табела 4.11. Основне физичко-географске карактеристике слива Каљавог потока

Назив водотока: Каљави поток				
Излазни профил (реципијент): Топчидерска река				
1	Површина слива	A	1.47	$\text{km}^2$
2	Обим слива	O	7.2	km
3	Кота на вододелници по правцу хидраулички најдужег тока	$K_v$	275	mm
4	Најнижа тачка на сливу	$K_u$	130	mm
5	Дужина слива по главном току	L	2.69	km
6	Одстојање од тачке у речном кориту, која је најближа тежишту слива, до излазног профила	$L_c$	1.26	km
7	Апсолутни пад (нагиб) корита	$I_a$	5.38	%
8	Уравнати пад корита	$I_u$	4.51	%
9	Средњи нагиб терена на сливу:	$I_{sr}$	9.46	%
10	Средња надморска висина слива	$H_{sr}$	196.61	mm
11	Средња висинска разлика	D	66.61	m
12	Укупна дужина свих водотокова	$\sum L$	1.31	km
13	Густина хидрографске мреже	G	0.89	$\text{km} \cdot \text{km}^{-2}$
14	Просечна ширина слива	B	0.54	km

**Табела 4.12.** Педолошке карактеристике слива Каљавог потока

Ознака на карти	Тип земљишта	површина	
		km <sup>2</sup>	%
38	Делувијум	0.16	10.88
4	Чернозем деградиран у огајњачавању	1.31	89.12
	<b>Σ</b>	<b>1.47</b>	<b>100</b>

**Табела 4.13.** Начин коришћења простора на сливу Каљавог потока

	Начин коришћења простора	површина	
		km <sup>2</sup>	%
1	Деградирано	0.004	0.259
2	Шуме	0.12	7.972
3	Објекти и окућнице	0.82	55.607
4	Пољопривреда	0.04	3.047
5	Порозни застор	0.00	0.100
6	Природни мозаик	0.33	22.271
7	Шибљаци	0.01	0.398
8	Непорозни застор	0.08	5.533
9	Утрине	0.06	4.079
10	Воћњаци	0.01	0.733
	<b>Σ</b>	<b>1.47</b>	<b>100</b>

#### 4.4.2. Слив Јелезовачког потока

**Табела 4.14.** Основне физичко-географске карактеристике слива

Назив водотока: поток Јелезовац				
Илазни профил (реципијент): Топчидерска река				
1	Површина слива	A	5.98	km <sup>2</sup>
2	Обим слива	O	14.04	km
3	Кота на вододелници по правцу хидраулички најдужег тока	K <sub>v</sub>	266.637	mm
4	Најнижа тачка на сливу	K <sub>u</sub>	112.249	mm
5	Дужина слива по главном току	L	4.69	km



6	Одстојање од тачке у речном кориту, која је најближа тежишту слива, до излазног профила	$L_c$	2.14	km
7	Апсолутни пад (нагиб) корита	$I_a$	3.29	%
8	Уравнати пад корита	$I_u$	2.21	%
9	Средњи нагиб терена на сливу:	$I_{sr}$	8.62	%
10	Средња надморска висина слива	$H_{sr}$	119.08	mm
11	Средња висинска разлика	$D$	6.83	m
12	Укупна дужина свих водотокова	$\Sigma L$	5.63	km
13	Густина хидрографске мреже	$G$	0.94	$km \cdot km^{-2}$
14	Просечна ширина слива	$B$	1.27	km

Табела 4.15. Педолошке карактеристике слива Железовачког потока

Ознака на карти	Тип земљишта	површина	
		$km^2$	%
38	Делувијум	1.3	21.75
12	Гајњача	1.87	31.213
48	Еродирано замљиште на разним супстратима	0.06	0.956
4	Чернозем деградиран у огајњачавању	2.75	46.08
	<b><math>\Sigma</math></b>	<b>5.98</b>	<b>100</b>

Табела 4.16. Начин коришћења простора на сливу Железовачког потока

	Начин коришћења простора	површина	
		$km^2$	%
1	Деградирано	0.12	1.93
2	Шуме	1.10	18.35
3	Гробље	0.01	0.16
4	Ливаде	0.26	4.32
5	Објекти и окућнице	1.91	31.93
6	Пољопривреда	0.86	14.42
7	Порозни застор	0.02	0.40
8	Природни мозаик	0.49	8.27
9	Шибљаци	0.19	3.14
10	Непорозни застор	0.20	3.35

11	Утрине	0.65	10.95
12	Воћњаци	0.17	2.77
	<b>Σ</b>	<b>5.98</b>	<b>100.00</b>

#### 4.4.3. Слив Раковичког потока

Табела 4.17. Основне физичко-географске карактеристике слива Раковичког потока

Назив водотока: Раковички поток				
Излазни профил (реципијент): Топчидерска река				
1	Површина слива	A	13.75	km <sup>2</sup>
2	Обим слива	O	29.32	km
3	Кота на вододелници по правцу хидраулички најдужег тока	K <sub>v</sub>	330	mm
4	Најнижа тачка на сливу	K <sub>u</sub>	90	mm
5	Дужина слива по главном току	L	9.89	km
6	Одстојање од тачке у речном кориту, која је најближа тежишту слива, до излазног профила	L <sub>c</sub>	5.97	km
7	Апсолутни пад (нагиб) корита	I <sub>a</sub>	2.43	%
8	Уравнати пад корита	I <sub>u</sub>	1.37	%
9	Средњи нагиб терена на сливу:	I <sub>sr</sub>	14.747	%
10	Средња надморска висина слива	H <sub>sr</sub>	179.33	mm
11	Средња висинска разлика	D	89.33	m
12	Укупна дужина свих водотокова	ΣL	16.81	km
13	Густина хидрографске мреже	G	1.22	km <sup>2</sup> ·km <sup>-2</sup>
14	Просечна ширина слива	B	1.39	km

Табела 4.18. Педолошке карактеристике слива Раковичког потока

Ознака на карти	Тип земљишта	површина	
		km <sup>2</sup>	%
38	Делувијум	4.45	32.34
12	Гајњача	8.59	62.51
14	Гајњача у лесивирању (оподзољавању)	0.29	2.09
48	Еродирано замљиште на разним супстратима	0.34	2.46

32	Алувијални нанос иловести	0.08	0.59
	<b>Σ</b>	<b>13.75</b>	<b>100</b>

**Табела.4.19.** *Начин коришћења простора на сливу Раковичког потока*

	Начин коришћења простора	површина	
		km <sup>2</sup>	%
1	Шуме	2.46	17.86
2	Објекти и окућнице	3.77	27.43
3	Пољопривреда	3.32	24.15
4	Порозни застор	0.16	1.15
5	Природни мозаик	0.08	0.60
6	Шибљаци	1.39	10.10
7	Непорозни застор	0.35	2.52
8	Утрине	2.11	15.32
9	Воћњаци	0.12	0.86
	<b>Σ</b>	<b>13.75</b>	<b>100</b>

#### 4.4.4. Слив потока Паригуз

**Табела 4.20.** *Основне физичко-географске карактеристике слива потока Паригуз*

Назив водотока: поток Паригуз				
Илазни профил (реципијент): Топчидерска река				
1	Површина слива	A	4.73	km <sup>2</sup>
2	Обим слива	O	14.64	km
3	Кота на вододелници по правцу хидраулички најдужег тока	K <sub>v</sub>	417.312	mm
4	Најнижа тачка на сливу	K <sub>u</sub>	105	mm
5	Дужина слива по главном току	L	5.64	km
6	Одстојање од тачке у речном кориту, која је најближа тежишту слива, до излазног профила	L <sub>c</sub>	2.49	km
7	Апсолутни пад (нагиб) корита	I <sub>a</sub>	5.54	%
8	Уравнати пад корита	I <sub>u</sub>	2.69	%
9	Средњи нагиб терена на сливу:	I <sub>sr</sub>	11.943	%

10	Средња надморска висина слива	$H_{sr}$	237.84	mnm
11	Средња висинска разлика	D	132.84	m
12	Укупна дужина свих водотокова	$\Sigma L$	5.15	km
13	Густина хидрографске мреже	G	1.09	km·km <sup>-2</sup>
14	Просечна ширина слива	B	0.84	km

**Табела 4.21.** Педолошке карактеристике слива потока Паригуз

Ознака на карти	Тип земљишта	површина	
		km <sup>2</sup>	%
38	Делувијум	0.6	12.75
12	Гајњача	3.92	82.83
48	Еродирано замљиште на разним супстратима	0.18	3.72
32	Алувијални нанос иловести	0.03	0.69
	<b><math>\Sigma</math></b>	<b>4.73</b>	<b>100</b>

**Табела 4.22.** Начин коришћења простора на сливу потока Паригуз

	Начин коришћења простора	површина	
		km <sup>2</sup>	%
1	Шуме	0.41	8.71
2	Објекти и окућнице	1.03	21.85
3	Пољопривреда	1.59	33.51
4	Порозни застор	0.03	0.55
5	Природни мозаик	0.12	2.63
6	Непорозни застор	0.26	5.54
7	Воћњаци	0.12	2.63
8	Водене површине	1.08	22.79
9	Шибљаци	0.04	0.81
10	Утрине	0.05	1.00
	<b><math>\Sigma</math></b>	<b>4.73</b>	<b>100.00</b>

#### 4.5. Ерозиони потенцијал уже зоне истраживаног подручја пре извођења рестаурационих радова

Ерозиони потенцијал уже зоне истраживаног подручја одређен је применом три модела: МПЕ (метод Потенцијала Ерозије), RUSLE (Revised Soil Loss Equation) и WaTEM/SEDEM (WATER and Tillage Erosion Model/SEdiment DELivery Model) (Карте бр. 15, 16 и 17.).

У складу са расположивим подацима из литературних извора, референтним за подручје Србије, одређен је однос укупног проноса суспендованог и вученог наноса за подручје Београда, као и репрезентативне вредности запреминске масе (Петковић, 1993; Костадинов, 2008; Гавриловић, 1972). Коефицијент конверзије из  $\text{m}^3 \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{god}^{-1}$  у  $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$  износи 1.05. Учешће вученог наноса износи 15%, са средњом запреминском масом  $\rho_v=1.9 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3}$ , док је учешће суспендованог наноса 85%, са средњом запреминском масом  $\rho_s=0.9 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3}$ .

##### 4.5.1. Ерозиона продукција на ужој зони истраживаног подручја

###### 4.5.1.1. Слив Каљавог потока

Табела 4.23. Категорије ерозије и средњи годишњи губитак земљишта на сливу Каљавог потока (МПЕ)

Назив водотока: Каљави поток					
Излазни профил (реципијент): Топчидерска река					
	Категорије разорности	Средње вредности ( $\text{m}^3 \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{god}^{-1}$ )	Јачина ерозионих процеса	површина	
				$\text{km}^2$	%
1	V	72.91	Врло слаба ерозија	0.74	50.35
2	IV	313.98	Слаба ерозија	0.64	43.28
3	III	886.63	Осредња ерозија	0.08	5.47
4	II	1380	Јака ерозија	0.01	0.9
<b>Σ</b>				1.47	100

**Табела 4.24.** Средњи годишњи губитак земљишта на сливу Каљавог потока (RUSLE)

Назив водотока: Каљави поток				
Излазни профил: Топчидерска река				
	Средње вредности (t·ha <sup>-1</sup> ·god <sup>-1</sup> )	Категорија интензитета ерозије	површина	
			km <sup>2</sup>	%
1	1	Врло слаба ерозија	1.38	94.11
2	6	Слаба ерозија	0.04	2.62
3	15	Осредња ерозија	0.02	1.5
4	35	Јака ерозија	0.02	1.28
5	>50	Експесивна ерозија	0.01	0.49
<b>Σ</b>			1.47	100

**Табела 4.25.** Средњи годишњи губитак земљишта на сливу Каљавог потока (WaTEM/SEDEM)

Назив водотока: Каљави поток				
Излазни профил (реципијент): Топчидерска река				
	Средње вредности (t·ha <sup>-1</sup> ·god <sup>-1</sup> )	Категорија интензитета ерозије	површина	
			km <sup>2</sup>	%
1	1	Врло слаба ерозија	1.420	96.88
2	6	Слаба ерозија	0.002	0.14
3	15	Осредња ерозија	0.011	0.74
4	35	Јака ерозија	0.020	1.36
5	>50	Експесивна ерозија	0.013	0.89
<b>Σ</b>			1.47	100

**Табела 4.26.** Специфична годишња ерозиона продукција на сливу Каљавог потока (MPE; RUSLE; WaTEM/SEDEM)

Назив водотока: Каљави поток		
Излазни профил (реципијент): Топчидерска река		
	t·km <sup>-2</sup> ·god <sup>-1</sup>	m <sup>3</sup> ·km <sup>-2</sup> ·god <sup>-1</sup>
MPE	244.25	232.62
RUSLE	131	124.76
WaTEM/SEDEM	168.4	160.38

#### 4.5.1.2. Слив Јелезовачког потока

Табела 4.27. Категорије ерозије и средњи годишњи губитак земљишта на сливу Јелезовачког потока (МПЕ)

Назив водотока: поток Јелезовац					
Излазни профил (реципијент): Каљави поток					
	Категорије разорности	Средње вредности ( $m^3 \cdot km^{-2} \cdot god^{-1}$ )	Јачина ерозионих процеса	површина	
				km <sup>2</sup>	%
1	V	30.24	Врло слаба ерозија	2.81	46.97
2	IV	297.93	Слаба ерозија	2.21	36.87
3	III	709.81	Осредња ерозија	0.90	15.1
4	II	1394.75	Јака ерозија	0.04	0.7
5	I	3008.00	Експесивна ерозија	0.02	0.36
<b>Σ</b>				5.98	100

Табела 4.28. Средњи годишњи губитак земљишта на сливу Јелезовачког потока (RUSLE)

Назив водотока: поток Јелезовац				
Излазни профил (реципијент): Каљави поток				
	Средње вредности ( $t \cdot ha^{-1} \cdot god^{-1}$ )	Категорија интензитета ерозије	површина	
			km <sup>2</sup>	%
1	1	Врло слаба ерозија	4.66	77.9
2	6	Слаба ерозија	0.50	8.34
3	15	Осредња ерозија	0.40	6.64
4	35	Јака ерозија	0.33	5.52
5	>50	Експесивна ерозија	0.10	1.59
<b>Σ</b>			5.98	100

Табела 4.29. Средњи годишњи губитак земљишта на сливу Јелезовачког потока (WaTEM/SEDEM)

Назив водотока: поток Јелезовац				
Излазни профил (реципијент): Каљави поток				
	Средње вредности ( $t \cdot ha^{-1} \cdot god^{-1}$ )	Категорија интензитета ерозије	површина	
			km <sup>2</sup>	%
1	1	Врло слаба ерозија	5.15	86.09

2	6	Слаба ерозија	0.15	2.46
3	15	Осредња ерозија	0.21	3.46
4	35	Јака ерозија	0.31	5.26
5	>50	Експесивна ерозија	0.16	2.73
			Σ	5.98
				100

**Табела 4.30.** Специфична годишња ерозиона продукција на сливу Јелезовачког потока (MPE; RUSLE; WaTEM/SEDEM)

<b>Назив водотока: поток Јелезовац</b>		
<b>Излазни профил (реципијент): Каљави поток</b>		
	<b>t·km<sup>-2</sup>·god<sup>-1</sup></b>	<b>m<sup>3</sup>·km<sup>-2</sup>·god<sup>-1</sup></b>
MPE	262.9	250.39
RUSLE	478.5	455.71
WaTEM/SEDEM	559.1	532.48

#### 4.5.1.3. Слив Раковичког потока

**Табела 4.31.** Категорије ерозије и средњи годишњи губитак земљишта на сливу Раковичког потока (MPE)

<b>Назив водотока: Раковички поток</b>					
<b>Излазни профил (реципијент): Топчидерска река</b>					
	Категорије разорности	Средње вредности (m <sup>3</sup> ·km <sup>-2</sup> ·god <sup>-1</sup> )	Јачина ерозионих процеса	површина	
				km <sup>2</sup>	%
1	V	16.6	Врло слаба ерозија	4.35	31.64
2	IV	327.27	Слаба ерозија	5.23	38.04
3	III	677.46	Осредња ерозија	3.93	28.6
4	II	1383.84	Јака ерозија	0.19	1.39
5	I	2669.25	Експесивна ерозија	0.04	0.32
			Σ	13.75	100



**Табела 4.32.** Средњи годишњи губитак земљишта на сливу Раковичког потока (RUSLE)

Назив водотока: Раковички поток				
Излазни профил (реципијент): Топчидерска река				
	Средње вредности (t·ha <sup>-1</sup> ·god <sup>-1</sup> )	Категорија интензитета ерозије	површина	
			km <sup>2</sup>	%
1	1	Врло слаба ерозија	10.61	77.18
2	6	Слаба ерозија	0.52	3.78
3	15	Осредња ерозија	0.91	6.63
4	35	Јака ерозија	1.50	10.88
5	>50	Експесивна ерозија	0.21	1.54
<b>Σ</b>			13.75	100

**Табела 4.33.** Средњи годишњи губитак земљишта на сливу Раковичког потока (WaTEM/SEDEM)

Назив водотока: Раковички поток				
Излазни профил (реципијент): Топчидерска река				
	Средње вредности (t·ha <sup>-1</sup> ·god <sup>-1</sup> )	Категорија интензитета ерозије	површина	
			km <sup>2</sup>	%
1	1	Врло слаба ерозија	11.43	83.15
2	6	Слаба ерозија	0.45	3.29
3	15	Осредња ерозија	0.43	3.13
4	35	Јака ерозија	0.80	5.85
5	>50	Експесивна ерозија	0.63	4.58
<b>Σ</b>			13.75	100

**Табела 4.34.** Специфична годишња ерозиона продукција на сливу Раковичког потока (MPE; RUSLE; WaTEM/SEDEM)

Назив водотока: Раковички поток		
Излазни профил (реципијент): Топчидерска река		
	t·km <sup>-2</sup> ·god <sup>-1</sup>	m <sup>3</sup> ·km <sup>-2</sup> ·god <sup>-1</sup>
MPE	357.92	340.88
RUSLE	585.40	557.52
WaTEM/SEDEM	741.00	705.71

#### 4.5.1.4. Слив потока Паригуз

Табела 4.35. Категорије ерозије и средњи годишњи губитак земљишта на сливу потока Паригуз (МПЕ)

Назив водотока: поток Паригуз					
Излазни профил (реципијент): Топчидерска река					
	Категорије разорности	Средње вредности ( $m^3 \cdot km^{-2} \cdot god^{-1}$ )	Јачина ерозионих процеса	површина	
				km <sup>2</sup>	%
1	V	35.55	Врло слаба ерозија	1.01	21.34
2	IV	358.52	Слаба ерозија	2.19	46.28
3	III	692.07	Осредња ерозија	1.49	31.49
4	II	1435.67	Јака ерозија	0.03	0.57
5	I	3492.00	Експесивна ерозија	0.02	0.33
<b>Σ</b>				4.73	100

Табела 4.36. Средњи годишњи губитак земљишта на сливу потока Паригуз (RUSLE)

Назив водотока: поток Паригуз				
Излазни профил (реципијент): Топчидерска река				
	Средње вредности ( $t \cdot ha^{-1} \cdot god^{-1}$ )	Категорија интензитета ерозије	површина	
			km <sup>2</sup>	%
1	1	Врло слаба ерозија	3.25	68.68
2	6	Слаба ерозија	0.37	7.82
3	15	Осредња ерозија	0.59	12.47
4	35	Јака ерозија	0.48	10.14
5	>50	Експесивна ерозија	0.04	0.85
<b>Σ</b>			4.73	100

Табела 4.37. Средњи годишњи губитак земљишта на сливу потока Паригуз (WaTEM/SEDEM)

Назив водотока: поток Паригуз				
Излазни профил (реципијент): Топчидерска река				
	Средње вредности ( $t \cdot ha^{-1} \cdot god^{-1}$ )	Категорија интензитета ерозије	површина	
			km <sup>2</sup>	%
1	1	Врло слаба ерозија	3.60	76.09
2	6	Слаба ерозија	0.36	7.68

3	15	Осредња ерозија	0.31	6.5
4	35	Јака ерозија	0.31	6.56
5	>50	Експесивна ерозија	0.15	3.17
			<b>Σ</b>	4.73
				100

**Табела 4.38.** Специфична годишња ерозиона продукција на сливу потока Паригуз (MPE; RUSLE; WaTEM/SEDEM)

Назив водотока: поток Паригуз		
Излазни профил (реципијент): Топчидерска река		
	t·km <sup>2</sup> ·god <sup>-1</sup>	m <sup>3</sup> ·km <sup>-2</sup> ·god <sup>-1</sup>
MPE	436.24	415.47
RUSLE	629.50	599.52
WaTEM/SEDEM	784.50	747.14

#### 4.5.2. Интензитет ерозионих процеса на ужој зони истраживаног подручја у зависности од начина коришћења простора и нагиба терена

На основу изведених методолошких поступака, установљена је веза између интензитета ерозионих процеса и два значајна фактора, на ужој зони истраживаног подручја: начина коришћења простора и нагиба терена. Начин коришћења простора представља параметар који „најпластичније“ показује ефекат антропогеног утицаја на сливном подручју, управо кроз структуру површина, као и степен модификације примарних природних услова. Квалитетне шумске површине са очуваним подрастом и земљиштем, свакако имају већи утицај на модификацију укупних у нето падавине (отицај), кроз интерцептивни капацитет зелене масе и инфилтрационо-ретенциони капацитет земљишта. У табелама су представљени поједини просторни елементи, који чине структуру површина сливова на ужој зони истраживаног подручја, као и одговарајуће вредности интензитета ерозионих процеса. Са друге стране, нагиб терена као једна од задатих, природних карактеристика слива, има велики утицај на брзину генерисања и трансфера брзог површинског отицаја, посебно у условима проређеног или уклоњеног вегетационог покривача. Интензитет ерозионих процеса представљен је на површинама које су обухваћене са четири

категорије нагиба. Такође, представљене су максималне, средње и минималне вредности параметара који исказују интензитет ерозионих процеса, вредности ерозионе продукције, као и вредност стандардне девијације (средње квадратно одступање):  $Z$ , коефицијент ерозије (МПЕ);  $A$ , средњи годишњи губитак земљишта ( $t \cdot ha^{-1} \cdot god^{-1}$ ) (RUSLE);  $T_c$ , транспортни капацитет, односно, средњи годишњи губитак земљишта ( $t \cdot ha^{-1} \cdot god^{-1}$ ) (WaTEM/SEDEM).

#### 4.5.2.1. Интензитет ерозионих процеса на ужој зони истраживаног подручја у зависности од начина коришћења простора

##### 4.5.2.1.1. Слив Каљавог потока

Табела 4.39. Интензитет ерозионих процеса на просторним елементима слива Каљавог потока (МПЕ)

Просторни елемент (начин коришћења)	km <sup>2</sup>	Z <sub>MIN</sub>	Z <sub>MAX</sub>	Z <sub>MEAN</sub>	STD <sub>Z</sub>
Деградирано	0.004	0.34	0.40	0.37	0.02
Шуме	0.117	0.01	0.06	0.02	0.01
Објекти и окућнице	0.816	0.09	0.81	0.27	0.12
Пољопривреда	0.045	0.20	0.59	0.31	0.09
Порозни застор	0.001	0.26	0.29	0.27	0.01
Природни мозаик	0.327	0.06	0.29	0.11	0.04
Шибљаци	0.006	0.03	0.08	0.04	0.01
Непорозни застор	0.081	0.09	0.83	0.37	0.13
Утрине	0.060	0.09	0.37	0.17	0.04
Воћњаци	0.011	0.20	0.29	0.24	0.03
<b>Укупно</b>	<b>1.47</b>				

Табела 4.40. Интензитет ерозионих процеса на просторним елементима слива Каљавог потока (RUSLE)

Просторни елемент (начин коришћења)	km <sup>2</sup>	A <sub>MIN</sub>	A <sub>MAX</sub>	A <sub>MEAN</sub>	STD <sub>A</sub>
Деградирано	0.004	55.89	150.78	98.09	27.41
Шуме	0.117	0.00	0.27	0.08	0.05
Објекти и окућнице	0.816	0.00	0.65	0.00	0.03

Пољопривреда	0.045	0.32	91.01	21.79	15.84
Порозни застор	0.001	0.22	0.54	0.33	0.15
Природни мозаик	0.327	0.02	7.78	1.32	1.01
Шибљаци	0.006	0.01	0.46	0.30	0.12
Непорозни застор	0.081	0.00	0.60	0.00	0.04
Утрине	0.060	0.00	5.73	0.17	0.45
Воћњаци	0.011	6.33	34.41	14.44	9.33
<b>Укупно</b>	<b>1.47</b>				

**Табела 4.41.** *Интензитет ерозионих процеса на просторним елементима слива Каљавог потока (WaTEM/SEDEM)*

Просторни елемент (начин коришћења)	km <sup>2</sup>	T <sub>сMIN</sub>	T <sub>сMAX</sub>	T <sub>сMEAN</sub>	STD <sub>Tc</sub>
Деградирано	0.004	0.09	271.63	134.23	80.72
Шуме	0.117	0.00	45.32	0.44	3.28
Објекти и окућнице	0.816	0.00	67.20	0.13	2.19
Пољопривреда	0.045	0.00	170.34	32.47	26.71
Порозни застор	0.001	0.00	0.24	0.05	0.10
Природни мозаик	0.327	0.00	167.89	0.83	7.38
Шибљаци	0.006	0.00	0.79	0.09	0.19
Непорозни застор	0.081	0.00	60.83	0.61	5.06
Утрине	0.060	0.00	1.07	0.20	0.20
Воћњаци	0.011	0.00	92.08	17.42	22.21
<b>Укупно</b>	<b>1.47</b>				

#### 4.5.2.1.2. Слив Јелезовачког потока

**Табела 4.42.** *Интензитет ерозионих процеса на просторним елементима слива Јелезовачког потока (МПЕ)*

Просторни елемент (начин коришћења)	km <sup>2</sup>	Z <sub>MIN</sub>	Z <sub>MAX</sub>	Z <sub>MEAN</sub>	STD <sub>Z</sub>
Деградирано	0.12	0.20	0.96	0.46	0.16
Шуме	1.10	0.01	0.34	0.03	0.01
Гробље	0.01	0.31	0.39	0.36	0.02
Ливаде	0.26	0.10	0.58	0.22	0.07

Објекти и окућнице	1.91	0.06	1.29	0.26	0.15
Пољопривреда	0.86	0.16	1.26	0.39	0.14
Порозни застор	0.02	0.27	0.75	0.43	0.14
Природни мозаик	0.49	0.03	0.33	0.16	0.06
Шибљаци	0.19	0.02	0.15	0.05	0.02
Непорозни застор	0.20	0.06	1.55	0.44	0.18
Утрине	0.65	0.10	0.63	0.27	0.09
Воћњаци	0.17	0.19	0.90	0.33	0.13
<b>Укупно</b>	<b>5.98</b>				

**Табела 4.43.** *Интензитет ерозионих процеса на просторним елементима слива Железовачког потока (RUSLE)*

Просторни елемент (начин коришћења)	km <sup>2</sup>	A <sub>MIN</sub>	A <sub>MAX</sub>	A <sub>MEAN</sub>	STD <sub>A</sub>
Деградирано	0.12	0.84	681.43	73.59	86.46
Шуме	1.10	0.00	3.69	0.06	0.12
Гробље	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Ливаде	0.26	0.06	21.58	3.83	2.62
Објекти и окућнице	1.91	0.00	3.91	0.00	0.10
Пољопривреда	0.86	0.34	118.18	17.41	13.91
Порозни застор	0.02	0.01	1.11	0.45	0.24
Природни мозаик	0.49	0.02	18.57	1.86	1.71
Шибљаци	0.19	0.01	5.36	0.46	0.49
Непорозни застор	0.20	0.00	0.04	0.00	0.00
Утрине	0.65	0.00	1.30	0.16	0.15
Воћњаци	0.17	0.25	99.22	17.67	13.21
<b>Укупно</b>	<b>5.98</b>				

**Табела 4.44.** *Интензитет ерозионих процеса на просторним елементима слива Железовачког потока (WaTEM/SEDEM)*

Просторни елемент (начин коришћења)	km <sup>2</sup>	T <sub>cMIN</sub>	T <sub>cMAX</sub>	T <sub>cMEAN</sub>	STD <sub>Tc</sub>
Деградирано	0.12	0.00	1613.99	59.33	154.11
Шуме	1.10	0.00	296.89	0.42	7.20
Гробље	0.01	0.00	0.16	0.01	0.04

Ливаде	0.26	0.00	45.26	0.42	2.28
Објекти и окућнице	1.91	0.00	171.94	0.48	5.30
Пољопривреда	0.86	0.00	1769.45	21.47	50.40
Порозни застор	0.02	0.00	82.55	6.60	15.40
Природни мозаик	0.49	0.00	531.61	2.72	23.44
Шибљаци	0.19	0.00	84.83	1.35	6.61
Непорозни застор	0.20	0.00	91.63	1.12	7.61
Утрине	0.65	0.00	162.80	0.88	6.22
Воћњаци	0.17	0.00	166.66	23.38	28.79
<b>Укупно</b>	<b>5.98</b>				

#### 4.5.2.1.3. Слив Раковичког потока

Табела 4.45. Интензитет ерозионих процеса на просторним елементима слива Раковичког потока (МПЕ)

Просторни елемент (начин коришћења)	km <sup>2</sup>	Z <sub>MIN</sub>	Z <sub>MAX</sub>	Z <sub>MEAN</sub>	STD <sub>Z</sub>
Шуме	2.46	0.01	0.10	0.03	0.02
Објекти и окућнице	3.77	0.13	1.70	0.40	0.15
Пољопривреда	3.32	0.20	1.24	0.41	0.11
Порозни застор	0.16	0.23	1.80	0.45	0.15
Природни мозаик	0.08	0.08	0.27	0.14	0.03
Шибљаци	1.39	0.03	0.22	0.06	0.03
Непорозни застор	0.35	0.26	1.58	0.51	0.17
Утрине	2.11	0.13	1.05	0.26	0.09
Воћњаци	0.12	0.18	0.82	0.38	0.09
<b>Укупно</b>	<b>13.75</b>				

Табела 4.46. Интензитет ерозионих процеса на просторним елементима слива Раковичког потока (RUSLE)

Просторни елемент (начин коришћења)	km <sup>2</sup>	A <sub>MIN</sub>	A <sub>MAX</sub>	A <sub>MEAN</sub>	STD <sub>A</sub>
Шуме	2.46	0.00	0.54	0.11	0.08
Објекти и окућнице	3.77	0.00	0.00	0.00	0.00
Пољопривреда	3.32	0.31	125.11	22.91	17.01

Порозни застор	0.16	0.01	3.15	0.59	0.53
Природни мозаик	0.08	0.02	5.29	0.84	0.82
Шибљаци	1.39	0.01	5.94	0.84	0.67
Непорозни застор	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00
Утрине	2.11	0.00	1.24	0.17	0.14
Воћњаци	0.12	0.27	97.64	22.75	18.06
<b>Укупно</b>	<b>13.75</b>				

Табела 4.47. Интензитет ерозионих процеса на просторним елементима слива Раковичког потока (WaTEM/SEDEM)

Просторни елемент (начин коришћења)	km <sup>2</sup>	T <sub>MIN</sub>	T <sub>MAX</sub>	T <sub>MEAN</sub>	STD <sub>Tc</sub>
Шуме	2.46	0.00	252.70	0.53	6.49
Објекти и окућнице	3.77	0.00	792.33	0.56	10.72
Пољопривреда	3.32	0.00	1824.72	26.71	51.92
Порозни застор	0.16	0.00	348.04	4.66	21.67
Природни мозаик	0.08	0.00	89.38	0.58	6.30
Шибљаци	1.39	0.00	296.41	1.89	12.81
Непорозни застор	0.35	0.00	161.82	0.94	8.49
Утрине	2.11	0.00	357.79	1.15	10.41
Воћњаци	0.12	0.00	230.48	28.90	35.01
<b>Укупно</b>	<b>13.75</b>				

#### 4.5.2.1.4. Слив потока Паригуз

Табела 4.48. Интензитет ерозионих процеса на просторним елементима слива потока Паригуз (MPE)

Просторни елемент (начин коришћења)	km <sup>2</sup>	Z <sub>MIN</sub>	Z <sub>MAX</sub>	Z <sub>MEAN</sub>	STD <sub>Z</sub>
Шуме	0.41	0.01	0.10	0.05	0.03
Објекти и окућнице	1.03	0.14	1.32	0.41	0.14
Пољопривреда	1.59	0.23	0.70	0.39	0.07
Порозни застор	0.03	0.26	0.75	0.45	0.09
Природни мозаик	0.12	0.09	0.21	0.15	0.02
Непорозни застор	0.12	0.29	1.88	0.60	0.32



Воћњаци	0.04	0.20	0.44	0.33	0.06
Водене површине	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00
Шибљаци	0.26	0.03	0.14	0.05	0.02
Утрине	1.08	0.03	0.70	0.26	0.06
<b>Укупно</b>	<b>4.73</b>				

**Табела 4.49.** *Интензитет ерозионих процеса на просторним елементима слива потока Паригуз (RUSLE)*

Просторни елемент (начин коришћења)	km <sup>2</sup>	A <sub>MIN</sub>	A <sub>MAX</sub>	A <sub>MEAN</sub>	STD <sub>A</sub>
Шуме	0.41	0.00	0.51	0.12	0.07
Објекти и окућнице	1.03	0.00	0.00	0.00	0.00
Пољопривреда	1.59	0.35	262.94	18.11	15.05
Порозни застор	0.03	0.01	1.36	0.40	0.28
Природни мозаик	0.12	0.03	5.39	1.47	1.05
Непорозни застор	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00
Воћњаци	0.04	0.36	64.41	13.90	12.52
Водене површине	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00
Шибљаци	0.26	0.01	5.90	0.60	0.56
Утрине	1.08	0.00	1.17	0.18	0.15
<b>Укупно</b>	<b>4.73</b>				

**Табела 4.50.** *Интензитет ерозионих процеса на просторним елементима слива потока Паригуз (WaTEM/SEDEM)*

Просторни елемент (начин коришћења)	km <sup>2</sup>	T <sub>C MIN</sub>	T <sub>C MAX</sub>	T <sub>C MEAN</sub>	STD <sub>Tc</sub>
Шуме	0.41	0.00	467.27	1.95	21.34
Објекти и окућнице	1.03	0.00	162.25	0.56	5.61
Пољопривреда	1.59	0.00	3679.73	20.33	81.18
Порозни застор	0.03	0.00	99.90	5.53	14.93
Природни мозаик	0.12	0.00	50.76	0.76	4.11
Непорозни застор	0.12	0.00	26.11	0.89	3.86
Воћњаци	0.04	0.00	101.28	12.67	17.32
Водене површине	0.05	0.00	0.37	0.01	0.05

Шибљаци	0.26	0.00	359.17	4.05	22.10
Утрине	1.08	0.00	232.40	1.38	9.47
<b>Укупно</b>	<b>4.73</b>				

#### 4.5.2.2. Интензитет ерозионих процеса на ужој зони истраживаног подручја у зависности од нагиба терена

##### 4.5.2.2.1. Слив Каљавог потока

Табела 4.51. Интензитет ерозионих процеса на појединим категоријама нагиба терена слива Каљавог потока (МПЕ)

Категорије нагиба	km <sup>2</sup>	Z <sub>MIN</sub>	Z <sub>MAX</sub>	Z <sub>MEAN</sub>	STD <sub>Z</sub>
0-4%	0.16	0.01	0.57	0.16	0.10
4-9%	0.59	0.01	0.67	0.19	0.11
9-27%	0.70	0.02	0.83	0.25	0.16
27-36.86%	0.02	0.02	0.75	0.23	0.24
<b>Укупно</b>	<b>1.47</b>				

Табела 4.52. Интензитет ерозионих процеса на појединим категоријама нагиба терена слива Каљавог потока (RUSLE)

Категорије нагиба	km <sup>2</sup>	A <sub>MIN</sub>	A <sub>MAX</sub>	A <sub>MEAN</sub>	STD <sub>A</sub>
0-4%	0.16	0.00	11.05	0.14	0.80
4-9%	0.59	0.00	28.53	0.89	2.84
9-27%	0.70	0.00	150.78	1.84	9.11
27-36.86%	0.02	0.00	91.01	7.01	21.84
<b>Укупно</b>	<b>1.47</b>				

Табела 4.53. Интензитет ерозионих процеса на појединим категоријама нагиба терена слива Каљавог потока (WaTEM/SEDEM)

Категорије нагиба	km <sup>2</sup>	T <sub>cMIN</sub>	T <sub>cMAX</sub>	T <sub>cMEAN</sub>	STD <sub>Tc</sub>
0-4%	0.16	0.00	27.47	0.21	2.09
4-9%	0.59	0.00	170.34	1.46	7.94
9-27%	0.70	0.00	271.63	2.21	13.75
27-36.86%	0.02	0.00	127.33	3.63	20.34
<b>Укупно</b>	<b>1.47</b>				

#### 4.5.2.2.2. Слив Јелезовачког потока

Табела 4.54. Интензитет ерозионих процеса на појединим категоријама нагиба терена слива Јелезовачког потока (МПЕ)

Категорије нагиба	km <sup>2</sup>	Z <sub>MIN</sub>	Z <sub>MAX</sub>	Z <sub>MEAN</sub>	STD <sub>Z</sub>
0-4%	0.90	0.01	0.94	0.19	0.13
4-9%	2.82	0.02	1.12	0.23	0.15
9-27%	2.16	0.02	1.55	0.26	0.21
27-52.86%	0.10	0.02	0.96	0.17	0.19
<b>Укупно</b>	<b>5.98</b>				

Табела 4.55. Интензитет ерозионих процеса на појединим категоријама нагиба терена слива Јелезовачког потока (RUSLE)

Категорије нагиба	km <sup>2</sup>	A <sub>MIN</sub>	A <sub>MAX</sub>	A <sub>MEAN</sub>	STD <sub>A</sub>
0-4%	0.90	0.00	41.76	0.65	2.04
4-9%	2.82	0.00	372.54	4.27	13.11
9-27%	2.16	0.00	681.43	7.19	25.00
27-52.86%	0.10	0.00	118.50	4.66	14.37
<b>Укупно</b>	<b>5.98</b>				

Табела 4.56. Интензитет ерозионих процеса на појединим категоријама нагиба терена слива Јелезовачког потока (WaTEM/SEDEM)

Категорије нагиба	km <sup>2</sup>	T <sub>cMIN</sub>	T <sub>cMAX</sub>	T <sub>cMEAN</sub>	STD <sub>T<sub>c</sub></sub>
0-4%	0.90	0.00	733.89	1.60	21.72
4-9%	2.82	0.00	1613.99	4.39	30.65
9-27%	2.16	0.00	1769.45	8.80	38.39
27-52.86%	0.10	0.00	162.80	4.22	20.46
<b>Укупно</b>	<b>5.98</b>				

#### 4.5.2.2.3. Слив Раковичког потока

Табела 4.57. Интензитет ерозионих процеса на појединим категоријама нагиба терена слива Раковичког потока (МПЕ)

Категорије нагиба	km <sup>2</sup>	Z <sub>MIN</sub>	Z <sub>MAX</sub>	Z <sub>MEAN</sub>	STD <sub>Z</sub>
0-4%	2.84	0.01	0.91	0.22	0.12
4-9%	3.51	0.02	1.15	0.31	0.15

9-27%	6.64	0.02	1.58	0.32	0.21
27-68.22%	0.76	0.03	1.80	0.17	0.26
<b>Укупно</b>	<b>13.75</b>				

**Табела 4.58.** *Интензитет ерозионих процеса на појединим категоријама нагиба терена слива Раковичког потока (RUSLE)*

Категорије нагиба	km <sup>2</sup>	A <sub>MIN</sub>	A <sub>MAX</sub>	A <sub>MEAN</sub>	STD <sub>A</sub>
0-4%	2.84	0.00	16.61	0.85	2.13
4-9%	3.51	0.00	84.65	5.00	8.38
9-27%	6.64	0.00	122.71	8.94	16.65
27-68.22%	0.76	0.00	125.11	1.67	10.17
<b>Укупно</b>	<b>13.75</b>				

**Табела 4.59.** *Интензитет ерозионих процеса на појединим категоријама нагиба терена слива Раковичког потока (WaTEM/SEDEM)*

Категорије нагиба	km <sup>2</sup>	T <sub>cMIN</sub>	T <sub>cMAX</sub>	T <sub>cMEAN</sub>	STD <sub>Tc</sub>
0-4%	2.84	0.00	324.84	0.82	5.93
4-9%	3.51	0.00	1432.35	4.92	21.19
9-27%	6.64	0.00	1824.72	12.04	37.97
27-68.22%	0.76	0.00	413.36	1.54	13.49
<b>Укупно</b>	<b>13.75</b>				

#### 4.5.2.2.4. Слив потока Паригуз

**Табела 4.60.** *Интензитет ерозионих процеса на појединим категоријама нагиба терена слива потока Паригуз (MPE)*

Категорије нагиба	km <sup>2</sup>	Z <sub>MIN</sub>	Z <sub>MAX</sub>	Z <sub>MEAN</sub>	STD <sub>Z</sub>
0-4%	1.00	0.00	0.51	0.23	0.11
4-9%	1.84	0.00	0.65	0.34	0.12
9-27%	1.82	0.00	1.73	0.34	0.21
27-46.5%	0.07	0.00	1.88	0.14	0.27
<b>Укупно</b>	<b>4.73</b>				

**Табела 4.61.** *Интензитет ерозионих процеса на појединим категоријама нагиба терена слива потока Паригуз (RUSLE)*

Категорије нагиба	km <sup>2</sup>	A <sub>MIN</sub>	A <sub>MAX</sub>	A <sub>MEAN</sub>	STD <sub>A</sub>
0-4%	1.00	0.00	12.17	1.39	2.56
4-9%	1.84	0.00	77.98	6.15	8.06
9-27%	1.82	0.00	262.94	9.26	17.01
27-46.5%	0.07	0.00	91.25	2.05	11.72
<b>Укупно</b>	<b>4.73</b>				

**Табела 4.62.** *Интензитет ерозионих процеса на појединим категоријама нагиба терена слива потока Паригуз (WaTEM/SEDEM)*

Категорије нагиба	km <sup>2</sup>	T <sub>cMIN</sub>	T <sub>cMAX</sub>	T <sub>cMEAN</sub>	STD <sub>Tc</sub>
0-4%	1.00	0.00	30.26	0.68	2.11
4-9%	1.84	0.00	146.05	4.77	9.73
9-27%	1.82	0.00	3679.73	14.79	77.25
27-46.5%	0.07	0.00	181.60	2.16	17.94
<b>Укупно</b>	<b>4.73</b>				

#### 4.6. Ерозиони потенцијал уже зоне истраживаног подручја после извођења рестаурационих радова

Рестаурациони радови представљени сложеним системом противерозионих мера су предвиђени на четири слива уже зоне истраживања (Каљави, Железовачки, Раковички и поток Паригуз). У планиране рестаурационе радове спадају следеће активности: пошумљавање, формирање илофилтерских система и примена САМ (савремене агротехничке мере). Ефекти планираних активности су анализирани после примене ерозионих модела (МПЕ, RUSLE, WaTEM/SEDEM) у ГИС окружењу на основу релевантних улазних база података: топографских карата, педолошких карата, ДЕМ-а (дигиталног елевационог модела), начина коришћења простора (Карта бр. 17.), климатских фактора (средња годишња количина падавина и температура ваздуха) и теренских истраживања. У наредним подпоглављима биће приказана ерозиона продукција и површинска заступљеност ерозије земљишта на предметним сливовима применом три модела (Карте бр. 18., 19. и 20.). Поред овога, приказан је и интезитет ерозије у контексту начина коришћења простора и нагиба терена.

#### 4.6.1. Ерозиона продукција на ужој зони истраживаног подручја

##### 4.6.1.1. Слив Каљавог потока

**Табела 4.63.** Категорије ерозије и средњи годишњи губитак земљишта на сливу Каљавог потока (МПЕ)

Назив водотока: Каљави поток					
Илазни профил (реципијент): Топчидерска река					
	Категорије разорности	Средње вредности ( $\text{m}^3\text{km}^{-2}\text{god}^{-1}$ )	Јачина ерозионих процеса	површина	
				$\text{km}^2$	%
1	V	62.05	Врло слаба ерозија	0.81	55.09
2	IV	187.38	Слаба ерозија	0.59	40.07
3	III	53.42	Осредња ерозија	0.06	4.08
4	II	13.89	Јака ерозија	0.01	0.76
<b>Σ</b>				1.47	100

**Табела 4.64.** Средњи годишњи губитак земљишта на сливу Каљавог потока (RUSLE)

Назив водотока: Каљави поток				
Излазни профил: Топчидерска река				
	Средње вредности (t·ha <sup>-1</sup> ·god <sup>-1</sup> )	Категорија интензитета ерозије	површина	
			km <sup>2</sup>	%
1	1	Врло слаба ерозија	1.39	94.26
2	6	Слаба ерозија	0.05	3.15
3	15	Осредња ерозија	0.02	1.44
4	35	Јака ерозија	0.01	0.95
5	>50	Експесивна ерозија	0.003	0.2
<b>Σ</b>			1.47	100

**Табела 4.65.** Средњи годишњи губитак земљишта на сливу Каљавог потока (WaTEM/SEDEM)

Назив водотока: Каљави поток				
Излазни профил (реципијент): Топчидерска река				
	Средње вредности (t·ha <sup>-1</sup> ·god <sup>-1</sup> )	Категорија интензитета ерозије	површина	
			km <sup>2</sup>	%
1	1	Врло слаба ерозија	1.430	96.99
2	6	Слаба ерозија	0.011	0.73
3	15	Осредња ерозија	0.008	0.57
4	35	Јака ерозија	0.011	0.76
5	>50	Експесивна ерозија	0.014	0.95
<b>Σ</b>			1.47	100

**Табела 4.66.** Специфична годишња ерозиона продукција на сливу Каљавог потока (MPE; RUSLE; WaTEM/SEDEM)

Назив водотока: Каљави поток		
Излазни профил (реципијент): Топчидерска река		
	t·km <sup>-2</sup> ·god <sup>-1</sup>	m <sup>3</sup> ·km <sup>-2</sup> ·god <sup>-1</sup>
MPE	227.80	216.95
RUSLE	104.7	99.71
WaTEM/SEDEM	157.6	150.10

#### 4.6.1.2. Слив Железовачког потока

Табела 4.67. Категорије ерозије и средњи годишњи губитак земљишта на сливу Железовачког потока (МПЕ)

Назив водотока: поток Железовац					
Излазни профил (реципијент): Каљави поток					
	Категорије разорности	Средње вредности ( $m^3 \cdot km^2 \cdot god^{-1}$ )	Јачина ерозионих процеса	површина	
				km <sup>2</sup>	%
1	V	35.65	Врло слаба ерозија	3.24	54.21
2	IV	295.77	Слаба ерозија	2.07	34.63
3	III	693.05	Осредња ерозија	0.62	10.37
4	II	1382.33	Јака ерозија	0.03	0.42
5	I	3008.5	Експесивна ерозија	0.02	0.36
<b>Σ</b>				5.98	100

Табела 4.68. Средњи годишњи губитак земљишта на сливу Железовачког потока (RUSLE)

Назив водотока: поток Железовац				
Излазни профил (реципијент): Каљави поток				
	Средње вредности ( $t \cdot ha^{-1} \cdot god^{-1}$ )	Категорија интензитета ерозије	површина	
			km <sup>2</sup>	%
1	1	Врло слаба ерозија	4.74	79.31
2	6	Слаба ерозија	0.48	8.02
3	15	Осредња ерозија	0.41	6.85
4	35	Јака ерозија	0.29	4.89
5	>50	Експесивна ерозија	0.05	0.9
<b>Σ</b>			5.98	100

Табела 4.69. Средњи годишњи губитак земљишта на сливу Железовачког потока (WaTEM/SEDEM)

Назив водотока: поток Железовац				
Излазни профил (реципијент): Каљави поток				
	Средње вредности ( $t \cdot ha^{-1} \cdot god^{-1}$ )	Категорија интензитета ерозије	површина	
			km <sup>2</sup>	%
1	1	Врло слаба ерозија	5.21	87.08



2	6	Слаба ерозија	0.21	3.43
3	15	Осредња ерозија	0.19	3.18
4	35	Јака ерозија	0.25	4.12
5	>50	Експесивна ерозија	0.13	2.2
<b>Σ</b>			5.98	100

**Табела 4.70.** Специфична годишња ерозиона продукција на сливу Јелезовачког потока (MPE; RUSLE; WaTEM/SEDEM)

<b>Назив водотока: поток Јелезовац</b>		
<b>Илазни профил (реципијент): Каљави поток</b>		
	<b>t·km<sup>2</sup>·god<sup>-1</sup></b>	<b>m<sup>3</sup>·km<sup>2</sup>·god<sup>-1</sup></b>
MPE	221.08	210.55
RUSLE	379.8	361.71
WaTEM/SEDEM	470.7	448.29

#### 4.6.1.3. Слив Раковичког потока

**Табела 4.71.** Категорије ерозије и средњи годишњи губитак земљишта на сливу Раковичког потока (MPE)

<b>Назив водотока: Раковички поток</b>					
<b>Илазни профил (реципијент): Топчидерска река</b>					
	Категорије разорности	Средње вредности (m <sup>3</sup> ·km <sup>2</sup> ·god <sup>-1</sup> )	Јачина ерозионих процеса	површина	
				km <sup>2</sup>	%
1	V	7.39	Врло слаба ерозија	6.55	47.64
2	IV	318	Слаба ерозија	4.07	29.6
3	III	668.26	Осредња ерозија	2.93	21.31
4	II	1372.88	Јака ерозија	0.16	1.16
5	I	2663.5	Експесивна ерозија	0.04	0.29
			<b>Σ</b>	13.75	100

**Табела 4.72.** Средњи годишњи губитак земљишта на сливу Раковичког потока (RUSLE)

Назив водотока: Раковички поток				
Излазни профил (реципијент): Топчидерска река				
	Средње вредности (t·ha <sup>-1</sup> ·god <sup>-1</sup> )	Категорија интензитета ерозије	површина	
			km <sup>2</sup>	%
1	1	Врло слаба ерозија	10.75	78.18
2	6	Слаба ерозија	0.56	4.07
3	15	Осредња ерозија	1.03	7.46
4	35	Јака ерозија	1.27	9.26
5	>50	Експесивна ерозија	0.14	1.01
<b>Σ</b>			13.75	100

**Табела 4.73.** Средњи годишњи губитак земљишта на сливу Раковичког потока (WaTEM/SEDEM)

Назив водотока: Раковички поток				
Излазни профил (реципијент): Топчидерска река				
	Средње вредности (t·ha <sup>-1</sup> ·god <sup>-1</sup> )	Категорија интензитета ерозије	површина	
			km <sup>2</sup>	%
1	1	Врло слаба ерозија	11.53	83.85
2	6	Слаба ерозија	0.55	4.00
3	15	Осредња ерозија	0.53	3.87
4	35	Јака ерозија	0.73	5.28
5	>50	Експесивна ерозија	0.41	3.00
<b>Σ</b>			13.75	100

**Табела 4.74.** Специфична годишња ерозиона продукција на сливу Раковичког потока (MPE; RUSLE; WaTEM/SEDEM)

Назив водотока: Раковички поток		
Излазни профил (реципијент): Топчидерска река		
	t·km <sup>-2</sup> ·god <sup>-1</sup>	m <sup>3</sup> ·km <sup>-2</sup> ·god <sup>-1</sup>
MPE	276.96	263.77
RUSLE	514	489.52
WaTEM/SEDEM	609	580.00

#### 4.6.1.4. Слив потока Паригуз

**Табела 4.75.** Категорије ерозије и средњи годишњи губитак земљишта на сливу потока Паригуз (МПЕ)

Назив водотока: поток Паригуз					
Излазни профил (реципијент): Топчидерска река					
	Категорије разорности	Средње вредности ( $\text{m}^3 \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{god}^{-1}$ )	Јачина ерозионих процеса	површина	
				$\text{km}^2$	%
1	V	43.53	Врло слаба ерозија	1.92	40.63
2	IV	366.32	Слаба ерозија	1.57	33.23
3	III	699.83	Осредња ерозија	1.20	25.37
4	II	1443	Јака ерозија	0.02	0.44
5	I	3499.5	Експесивна ерозија	0.02	0.33
<b>Σ</b>				4.73	100

**Табела 4.76.** Средњи годишњи губитак земљишта на сливу потока Паригуз (RUSLE)

Назив водотока: поток Паригуз				
Излазни профил (реципијент): Топчидерска река				
	Средње вредности ( $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$ )	Категорија интензитета ерозије	површина	
			$\text{km}^2$	%
1	1	Врло слаба ерозија	3.29	69.63
2	6	Слаба ерозија	0.38	8.04
3	15	Осредња ерозија	0.61	12.91
4	35	Јака ерозија	0.42	8.89
5	>50	Експесивна ерозија	0.03	0.63
<b>Σ</b>			4.73	100

**Табела 4.77.** Средњи годишњи губитак земљишта на сливу потока Паригуз (WaTEM/SEDEM)

Назив водотока: поток Паригуз				
Излазни профил (реципијент): Топчидерска река				
	Средње вредности ( $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$ )	Категорија интензитета ерозије	површина	
			$\text{km}^2$	%
1	1	Врло слаба ерозија	3.65	77.18

2	6	Слаба ерозија	0.41	8.67
3	15	Осредња ерозија	0.29	6.08
4	35	Јака ерозија	0.27	5.61
5	>50	Експесивна ерозија	0.12	2.46
<b>Σ</b>			4.73	100

**Табела 4.78.** Специфична годишња ерозиона продукција на сливу потока Паригуз (МПЕ; RUSLE; WaTEM/SEDEM)

Назив водотока: поток Паригуз		
Излазни профил (реципијент): Топчидерска река		
	$t \cdot km^2 \cdot god^{-1}$	$m^3 \cdot km^2 \cdot god^{-1}$
МПЕ	354.59	337.7
RUSLE	599.8	571.24
WaTEM/SEDEM	683	650.48

#### 4.6.2. Интензитет ерозионих процеса на ужој зони истраживаног подручја у зависности од начина коришћења простора и нагиба терена

##### 4.6.2.1. Интензитет ерозионих процеса на ужој зони истраживаног подручја у зависности од начина коришћења простора

###### 4.6.2.1.1. Слив Каљавог потока

**Табела 4.79.** Интензитет ерозионих процеса на просторним елементима слива Каљавог потока (МПЕ)

Просторни елемент (начин коришћења)	$km^2$	$Z_{MIN}$	$Z_{MAX}$	$Z_{MEAN}$	$STD_Z$
Шуме	0.12	0.01	0.05	0.02	0.01
Илофилтери	0.01	0.06	0.21	0.13	0.04
Објекти и окућнице	0.82	0.08	0.79	0.27	0.12
Пољопривреда	0.01	0.10	0.41	0.27	0.06
Порозни застор	0.00	0.25	0.28	0.26	0.01
Пошумљавање	0.01	0.09	0.16	0.12	0.02
Природни мозаик	0.31	0.05	0.28	0.10	0.03
Шибљаци	0.01	0.03	0.07	0.03	0.01

Непорозни застор	0.08	0.18	0.82	0.36	0.12
Утрине	0.04	0.09	0.36	0.16	0.04
Воћњаци	0.01	0.20	0.29	0.23	0.03
Затрављивање	0.04	0.06	0.29	0.14	0.05
<b>Укупно</b>	<b>1.47</b>				

**Табела 4.80.** *Интензитет ерозионих процеса на просторним елементима слива Каљавог потока (RUSLE)*

Просторни елемент (начин коришћења)	km <sup>2</sup>	A <sub>MIN</sub>	A <sub>MAX</sub>	A <sub>MEAN</sub>	STD <sub>A</sub>
Шуме	0.12	0.00	0.27	0.08	0.05
Илофилтери	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Објекти и окућнице	0.82	0.00	0.65	0.00	0.03
Пољопривреда	0.01	2.75	91.01	29.73	22.94
Порозни застор	0.00	0.22	0.54	0.33	0.15
Пошумљавање	0.01	0.34	45.23	9.86	14.25
Природни мозаик	0.31	0.00	7.78	1.34	1.01
Шибљаци	0.01	0.01	0.46	0.30	0.12
Непорозни застор	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00
Утрине	0.04	0.00	5.73	0.17	0.51
Воћњаци	0.01	6.33	34.41	14.44	9.33
Затрављивање	0.04	0.01	28.17	10.90	7.69
<b>Укупно</b>	<b>1.47</b>				

**Табела 4.81.** *Интензитет ерозионих процеса на просторним елементима слива Каљавог потока (WaTEM/SEDEM)*

Просторни елемент (начин коришћења)	km <sup>2</sup>	T <sub>cMIN</sub>	T <sub>cMAX</sub>	T <sub>cMEAN</sub>	STD <sub>Tc</sub>
Шуме	0.12	0.00	157.29	0.66	9.15
Илофилтери	0.01	0.00	0.91	0.04	0.17
Објекти и окућнице	0.82	0.00	46.19	0.04	1.14
Пољопривреда	0.01	0.00	169.99	36.80	47.94
Порозни застор	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Пошумљавање	0.01	0.00	136.73	9.69	28.85
Природни мозаик	0.31	0.00	209.12	0.86	8.27

Шибљаци	0.01	0.00	0.18	0.03	0.05
Непорозни застор	0.08	0.00	76.33	0.82	6.85
Утрине	0.04	0.00	62.41	0.68	5.84
Воћњаци	0.01	0.00	147.09	23.26	35.92
Затрављивање	0.04	0.00	193.76	26.25	49.50
<b>Укупно</b>	<b>1.47</b>				

#### 4.6.2.1.2. Слив Јелезовачког потока

Табела 4.82. Интензитет ерозионих процеса на просторним елементима слива Јелезовачког потока (МПЕ)

Просторни елемент (начин коришћења)	km <sup>2</sup>	Z <sub>MIN</sub>	Z <sub>MAX</sub>	Z <sub>MEAN</sub>	STD <sub>Z</sub>
Деградирано	0.02	0.20	0.67	0.39	0.13
Шуме	1.10	0.01	0.14	0.03	0.01
Гробље	0.01	0.31	0.39	0.35	0.02
Илофилтери	0.07	0.08	0.26	0.15	0.04
Ливаде	0.14	0.10	0.57	0.20	0.07
Објекти и окућнице	1.91	0.02	1.28	0.25	0.15
Пољопривреда	0.72	0.16	1.24	0.36	0.14
Порозни застор	0.02	0.27	0.74	0.42	0.14
Пошумљавање	0.20	0.09	0.31	0.17	0.06
Природни мозаик	0.47	0.01	0.32	0.16	0.06
Шибљаци	0.19	0.02	0.14	0.05	0.02
Непорозни застор	0.20	0.20	1.53	0.43	0.18
Утрине	0.16	0.10	0.62	0.20	0.06
Воћњаци	0.12	0.19	0.89	0.26	0.09
Затрављивање	0.66	0.08	0.37	0.19	0.07
<b>Укупно</b>	<b>5.98</b>				

Табела 4.83. Интензитет ерозионих процеса на просторним елементима слива Јелезовачког потока (RUSLE)

Просторни елемент (начин коришћења)	km <sup>2</sup>	A <sub>MIN</sub>	A <sub>MAX</sub>	A <sub>MEAN</sub>	STD <sub>A</sub>
Деградирано	0.02	1.44	485.06	85.15	81.07

Шуме	1.10	0.00	2.54	0.06	0.08
Гробље	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Илофилтери	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00
Ливаде	0.14	0.06	21.58	4.22	2.89
Објекти и окућнице	1.91	0.00	3.91	0.00	0.10
Пољопривреда	0.72	0.34	118.18	16.85	13.86
Порозни застор	0.02	0.01	1.11	0.45	0.24
Пошумљавање	0.20	0.01	172.82	7.53	18.07
Природни мозаик	0.47	0.00	18.57	1.88	1.72
Шибљаци	0.19	0.01	5.36	0.46	0.49
Непорозни застор	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00
Утрине	0.16	0.00	1.30	0.20	0.17
Воћњаци	0.12	0.25	77.84	18.07	12.19
Затрављивање	0.66	0.01	66.97	4.98	8.23
<b>Укупно</b>	<b>5.98</b>				

**Табела 4.84.** *Интензитет ерозионих процеса на просторним елементима слива Железачког потока (WaTEM/SEDEM)*

<b>Просторни елемент (начин коришћења)</b>	<b>km<sup>2</sup></b>	<b>T<sub>c</sub>MIN</b>	<b>T<sub>c</sub>MAX</b>	<b>T<sub>c</sub>MEAN</b>	<b>STD<sub>Tc</sub></b>
Деградирано	0.02	0.00	824.65	46.10	118.82
Шуме	1.10	0.00	202.59	0.99	7.58
Гробље	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Илофилтери	0.07	0.00	41.81	0.31	3.32
Ливаде	0.14	0.00	80.57	2.73	10.61
Објекти и окућнице	1.91	0.00	1734.27	0.97	26.42
Пољопривреда	0.72	0.00	810.43	14.59	44.50
Порозни застор	0.02	0.00	51.78	3.19	9.31
Пошумљавање	0.20	0.00	360.07	8.32	28.89
Природни мозаик	0.47	0.00	291.12	4.46	20.56
Шибљаци	0.19	0.00	220.45	5.28	16.34
Непорозни застор	0.20	0.00	162.86	2.30	12.53
Утрине	0.16	0.00	276.70	4.65	25.28
Воћњаци	0.12	0.00	159.75	13.83	24.72

Затрављивање	0.66	0.00	829.08	8.35	32.17
<b>Укупно</b>	<b>5.98</b>				

#### 4.6.2.1.3. Слив Раковичког потока

Табела 4.85. Интензитет ерозионих процеса на просторним елементима слива Раковичког потока (MPE)

Просторни елемент (начин коришћења)	km <sup>2</sup>	Z <sub>MIN</sub>	Z <sub>MAX</sub>	Z <sub>MEAN</sub>	STD <sub>Z</sub>
Шуме	2.46	0.01	0.37	0.03	0.02
Илофилтери	0.14	0.07	0.24	0.12	0.04
Објекти и окућнице	3.77	0.07	1.69	0.39	0.15
Пољопривреда	2.09	0.02	1.20	0.39	0.11
Порозни застор	0.16	0.22	1.78	0.44	0.15
Пошумљавање	1.80	0.07	0.63	0.16	0.05
Природни мозаик	0.07	0.07	0.23	0.13	0.03
Шибљаци	1.39	0.02	0.21	0.06	0.03
Непорозни застор	0.35	0.25	1.56	0.50	0.17
Утрине	0.01	0.12	0.27	0.19	0.04
Воћњаци	0.08	0.17	0.81	0.36	0.10
Затрављивање	1.44	0.07	0.34	0.19	0.06
<b>Укупно</b>	<b>13.75</b>				

Табела 4.86. Интензитет ерозионих процеса на просторним елементима слива Раковичког потока (RUSLE)

Просторни елемент (начин коришћења)	km <sup>2</sup>	A <sub>MIN</sub>	A <sub>MAX</sub>	A <sub>MEAN</sub>	STD <sub>A</sub>
Шуме	2.46	0.00	0.54	0.11	0.08
Илофилтери	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00
Објекти и окућнице	3.77	0.00	0.03	0.00	0.00
Пољопривреда	2.09	0.00	115.31	21.27	16.15
Порозни застор	0.16	0.01	3.15	0.59	0.53
Пошумљавање	1.80	0.01	3.29	0.58	0.41
Природни мозаик	0.07	0.02	5.29	0.85	0.77



Шибљаци	1.39	0.01	5.94	0.84	0.67
Непорозни застор	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00
Утрине	0.01	0.00	0.24	0.08	0.07
Воћњаци	0.08	0.27	97.41	19.31	17.43
Затрављивање	1.44	0.01	97.64	15.35	14.60
<b>Укупно</b>	<b>13.75</b>				

**Табела 4.87.** *Интензитет ерозионих процеса на просторним елементима слива Раковичког потока (WaTEM/SEDEM)*

Просторни елемент (начин коришћења)	km <sup>2</sup>	T <sub>cMIN</sub>	T <sub>cMAX</sub>	T <sub>cMEAN</sub>	STD <sub>Tc</sub>
Шуме	2.46	0.00	402.87	0.62	9.06
Илофилтери	0.14	0.00	19.34	0.13	1.37
Објекти и окућнице	3.77	0.00	288.28	0.47	6.52
Пољопривреда	2.09	0.00	1692.12	23.69	59.69
Порозни застор	0.16	0.00	171.73	3.00	12.83
Пошумљавање	1.80	0.00	1103.20	1.77	19.91
Природни мозаик	0.07	0.00	1.42	0.14	0.22
Шибљаци	1.39	0.00	118.89	0.96	5.89
Непорозни застор	0.35	0.00	122.82	1.02	8.36
Утрине	0.01	0.00	0.20	0.04	0.06
Воћњаци	0.08	0.00	299.57	27.76	42.61
Затрављивање	1.44	0.00	906.06	16.40	33.59
<b>Укупно</b>	<b>13.75</b>				

#### 4.6.2.1.4. Слив потока Паригуз

**Табела 4.88.** *Интензитет ерозионих процеса на просторним елементима слива потока Паригуз (МПЕ)*

Просторни елемент (начин коришћења)	km <sup>2</sup>	Z <sub>MIN</sub>	Z <sub>MAX</sub>	Z <sub>MEAN</sub>	STD <sub>Z</sub>
Шуме	0.41	0.01	0.10	0.05	0.025
Илофилтери	0.07	0.08	0.26	0.16	0.046
Објекти и окућнице	1.03	0.14	1.30	0.40	0.134

Пољопривреда	1.36	0.22	0.69	0.38	0.069
Порозни застор	0.03	0.25	0.74	0.44	0.090
Пошумљавање	0.66	0.08	0.42	0.15	0.031
Природни мозаик	0.12	0.08	0.21	0.15	0.020
Шибљаци	0.26	0.03	0.14	0.05	0.017
Непорозни застор	0.12	0.28	1.86	0.59	0.318
Утрине	0.05	0.14	0.39	0.21	0.080
Воћњаци	0.04	0.20	0.40	0.32	0.057
Водене површине	0.05	0.00	0.00	0.00	0.000
Затрављивање	0.53	0.08	0.31	0.18	0.040
<b>Укупно</b>	<b>4.73</b>				

**Табела 4.89.** *Интензитет ерозионих процеса на просторним елементима слива потока Паригуз (RUSLE)*

Просторни елемент (начин коришћења)	km <sup>2</sup>	A <sub>MIN</sub>	A <sub>MAX</sub>	A <sub>MEAN</sub>	STD <sub>A</sub>
Шуме	0.41	0.00	0.51	0.12	0.07
Илофилтери	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00
Објекти и окућнице	1.03	0.00	0.00	0.00	0.00
Пољопривреда	1.36	0.35	262.94	16.73	13.98
Порозни застор	0.03	0.01	1.36	0.40	0.28
Пошумљавање	0.66	0.01	2.80	0.50	0.40
Природни мозаик	0.12	0.03	5.39	1.44	1.01
Шибљаци	0.26	0.01	5.90	0.60	0.56
Непорозни застор	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00
Утрине	0.05	0.00	0.45	0.09	0.13
Воћњаци	0.04	0.36	64.41	13.16	12.13
Водене површине	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00
Затрављивање	0.53	0.01	128.53	8.48	12.89
<b>Укупно</b>	<b>4.73</b>				

**Табела 4.90.** *Интензитет ерозионих процеса на просторним елементима слива потока Паригуз (WaTEM/SEDEM)*

Просторни елемент (начин коришћења)	km <sup>2</sup>	T <sub>cMIN</sub>	T <sub>cMAX</sub>	T <sub>cMEAN</sub>	STD <sub>Tc</sub>
Шуме	0.41	0.00	441.88	1.13	18.30
Илофилтери	0.07	0.00	87.19	1.42	8.75
Објекти и окућнице	1.03	0.00	249.71	0.61	6.21
Пољопривреда	1.36	0.00	546.62	16.07	40.75
Порозни застор	0.03	0.00	41.72	5.10	9.59
Пошумљавање	0.66	0.00	514.36	1.90	16.60
Природни мозаик	0.12	0.00	50.72	1.37	5.67
Шибљаци	0.26	0.00	249.71	2.55	15.18
Непорозни застор	0.12	0.00	317.76	2.46	24.40
Утрине	0.05	0.00	0.96	0.06	0.14
Воћњаци	0.04	0.00	344.24	25.03	58.62
Водене површине	0.05	0.00	0.35	0.01	0.04
Затрављивање	0.53	0.00	2252.34	11.01	80.32
<b>Укупно</b>	<b>4.73</b>				

#### 4.6.2.2. Интензитет ерозионих процеса на ужој зони истраживаног подручја у зависности од нагиба терена

##### 4.6.2.2.1. Слив Каљавог потока

**Табела 4.91.** *Интензитет ерозионих процеса на појединим категоријама нагиба терена слива Каљавог потока (MPE)*

Категорије нагиба	km <sup>2</sup>	Z <sub>MIN</sub>	Z <sub>MAX</sub>	Z <sub>MEAN</sub>	STD <sub>Z</sub>
0-4%	0.16	0.01	0.55	0.15	0.09
4-9%	0.59	0.01	0.66	0.18	0.10
9-27%	0.70	0.02	0.82	0.24	0.15
27-36.86%	0.02	0.02	0.73	0.23	0.24
<b>Укупно</b>	<b>1.47</b>				

**Табела 4.92.** *Интензитет ерозионих процеса на појединим категоријама нагиба терена слива Каљавог потока (RUSLE)*

Категорије нагиба	km <sup>2</sup>	A <sub>MIN</sub>	A <sub>MAX</sub>	A <sub>MEAN</sub>	STD <sub>A</sub>
0-4%	0.16	0.00	8.29	0.12	0.70
4-9%	0.59	0.00	21.40	0.77	2.25
9-27%	0.70	0.00	65.22	1.38	5.63
27-36.86%	0.02	0.00	91.01	7.01	21.84
<b>Укупно</b>	<b>1.47</b>				

**Табела 4.93.** *Интензитет ерозионих процеса на појединим категоријама нагиба терена слива Каљавог потока (WaTEM/SEDEM)*

Категорије нагиба	km <sup>2</sup>	Tc <sub>MIN</sub>	Tc <sub>MAX</sub>	Tc <sub>MEAN</sub>	STD <sub>Tc</sub>
0-4%	0.16	0.00	32.29	0.21	2.44
4-9%	0.59	0.00	193.76	1.14	12.00
9-27%	0.70	0.00	169.99	2.24	13.74
27-36.86%	0.02	0.00	6.55	0.42	1.31
<b>Укупно</b>	<b>1.47</b>				

#### 4.6.2.2.2. Слив Јелезовачког потока

**Табела 4.94.** *Интензитет ерозионих процеса на појединим категоријама нагиба терена слива Јелезовачког потока (MPE)*

Категорије нагиба	km <sup>2</sup>	Z <sub>MIN</sub>	Z <sub>MAX</sub>	Z <sub>MEAN</sub>	STD <sub>Z</sub>
0-4%	0.90	0.01	0.92	0.16	0.12
4-9%	2.82	0.01	1.10	0.20	0.14
9-27%	2.16	0.02	1.53	0.23	0.19
27-52.86%	0.10	0.02	0.78	0.14	0.13
<b>Укупно</b>	<b>5.98</b>				

**Табела 4.95.** *Интензитет ерозионих процеса на појединим категоријама нагиба терена слива Јелезовачког потока (RUSLE)*

Категорије нагиба	km <sup>2</sup>	A <sub>MIN</sub>	A <sub>MAX</sub>	A <sub>MEAN</sub>	STD <sub>A</sub>
0-4%	0.90	0.00	16.80	0.54	1.51
4-9%	2.82	0.00	111.76	3.69	8.49

9-27%	2.16	0.00	485.06	5.38	16.42
27-52.86%	0.10	0.00	66.88	1.93	5.39
<b>Укупно</b>	<b>5.98</b>				

**Табела 4.96.** *Интензитет ерозионих процеса на појединим категоријама нагиба терена слива Железовачког потока (WaTEM/SEDEM)*

Категорије нагиба	km <sup>2</sup>	T <sub>MIN</sub>	T <sub>MAX</sub>	T <sub>MEAN</sub>	STD <sub>Tc</sub>
0-4%	0.90	0	1734.27	4.14	50.79
4-9%	2.82	0	314.33	3.57	14.12
9-27%	2.16	0	829.08	6.69	30.85
27-52.86%	0.10	0	173.39	1.87	14.44
<b>Укупно</b>	<b>5.98</b>				

#### 4.6.2.2.3. Слив Раковичког потока

**Табела 4.97.** *Интензитет ерозионих процеса на појединим категоријама нагиба терена слива Раковичког потока (MPE)*

Категорије нагиба	km <sup>2</sup>	Z <sub>MIN</sub>	Z <sub>MAX</sub>	Z <sub>MEAN</sub>	STD <sub>Z</sub>
0-4%	2.84	0.01	0.91	0.22	0.12
4-9%	3.51	0.02	1.15	0.31	0.15
9-27%	6.64	0.02	1.58	0.32	0.21
27-68.22%	0.76	0.03	1.80	0.17	0.26
<b>Укупно</b>	<b>13.75</b>				

**Табела 4.98.** *Интензитет ерозионих процеса на појединим категоријама нагиба терена слива Раковичког потока (RUSLE)*

Категорије нагиба	km <sup>2</sup>	A <sub>MIN</sub>	A <sub>MAX</sub>	A <sub>MEAN</sub>	STD <sub>A</sub>
0-4%	2.84	0.00	16.61	0.81	2.04
4-9%	3.51	0.00	63.49	4.41	7.38
9-27%	6.64	0.00	115.31	7.82	14.82
27-68.22%	0.76	0.00	101.36	1.49	8.76
<b>Укупно</b>	<b>13.75</b>				

**Табела 4.99.** *Интензитет ерозионих процеса на појединим категоријама нагиба терена слива Раковичког потока (WaTEM/SEDEM)*

Категорије нагиба	km <sup>2</sup>	T <sub>сMIN</sub>	T <sub>сMAX</sub>	T <sub>сMEAN</sub>	STD <sub>Tc</sub>
0-4%	2.84	0.00	860.64	2.14	26.08
4-9%	3.51	0.00	1103.20	4.98	29.21
9-27%	6.64	0.00	1692.12	8.68	30.12
27-68.22%	0.76	0.00	274.36	1.58	12.39
<b>Укупно</b>	<b>13.75</b>				

#### 4.6.2.2.4. Слив потока Паригуз

**Табела 4.100.** *Интензитет ерозионих процеса на појединим категоријама нагиба терена слива потока Паригуз (MPE)*

Категорије нагиба	km <sup>2</sup>	Z <sub>MIN</sub>	Z <sub>MAX</sub>	Z <sub>MEAN</sub>	STD <sub>Z</sub>
0-4%	1.00	0.00	0.50	0.20	0.11
4-9%	1.84	0.00	0.64	0.30	0.13
9-27%	1.82	0.00	1.71	0.29	0.21
27-46.5%	0.07	0.00	1.86	0.13	0.27
<b>Укупно</b>	<b>4.73</b>				

**Табела 4.101.** *Интензитет ерозионих процеса на појединим категоријама нагиба терена слива потока Паригуз (RUSLE)*

Категорије нагиба	km <sup>2</sup>	A <sub>MIN</sub>	A <sub>MAX</sub>	A <sub>MEAN</sub>	STD <sub>A</sub>
0-4%	1.00	0.00	12.17	1.35	2.53
4-9%	1.84	0.00	77.98	5.91	7.63
9-27%	1.82	0.00	262.94	8.76	15.77
27-46.5%	0.07	0.00	91.25	2.08	11.72
<b>Укупно</b>	<b>4.73</b>				

**Табела 4.102.** *Интензитет ерозионих процеса на појединим категоријама нагиба терена слива потока Паригуз (WaTEM/SEDEM)*

Категорије нагиба	km <sup>2</sup>	T <sub>сMIN</sub>	T <sub>сMAX</sub>	T <sub>сMEAN</sub>	STD <sub>Tc</sub>
0-4%	1.00	0.00	394.62	4.03	28.99
4-9%	1.84	0.00	546.62	5.69	25.55

9-27%	1.82	0.00	2252.34	9.61	49.40
27-46.5%	0.07	0.00	99.61	1.58	10.97
<b>Укупно</b>	<b>4.73</b>				

#### 4.7. Прорачун максималног протицаја на сливовима уже зоне истраживаног подручја

Прорачун максималног протицаја је обављен за излазне профиле сливова уже зоне истраживаног подручја: Каљавог, Железовачког, Раковичког и потока Паригуз. Предметни сливови су типични бујични водотокови који се одликују наглим надоласцима поплавног таласа, покретањем великих количина наноса и израженом деструктивном енергијом.

Максимална дневна киша одређене вероватноће појаве  $H_{(24h,P)}$  је добијена обрадом података осматрања са К.С. Авала и Врчин, у периоду 1953-2014, применом Log Pearson Type III расподеле (табела 4.103.).

**Табела 4.103.** Резултати прорачуна максималних дневних падавина

Вероватноћа појаве (%)	Повратни период (година)	Висина кише (mm)
0.1	1000	149.718
0.5	200	119.386
1	100	107.351
2	50	95.833

Меродавне вредности CN за надпросечне услове влажности, у условима пре и после рестаурације, за слилове Каљавог, Железовачког, Раковичког и потока Паригуз су представљене у табели 4.105.

**Табела 4.104.** Стање пошумљености пре и после рестаурационих радова

Слив	Пре рестаурационих радова [ha]	После рестаурационих радова [ha]
Каљави	11.70	14.18
Железовац	109.69	136.43
Раковички	245.55	439.98
Паригуз	41.20	114.21



**Табела 4.105.** *Вредности CN за надпросечне услове влажности у условима пре и после рестаурације*

Водоток	Вредност CN (надпросечни услови влажности)	
	пре рестаурације	после рестаурације
Каљави поток	85	82
Јелезовачки поток	85	82
Раковички поток	85	81
поток Паригуз	84	81

Планирани рестаурациони радови на предметним сливовима обухватају следеће врсте активности: пошумљавање, формирање илофилтерских система и примену САМ (савремене агротехничке мере), са структуром која је приказана у табели 4.106. Извођењем планираних радова променила би се структура површина на сливу, са повећаним учешћем шумских површина, израженијим интерцептивним ефектом, унапређеним инфилтрационо-ретенционим капацитетом земљишта, бољим квалитетом ливадских површина, смањеним потенцијалом за развој ерозионих процеса и појаву интензивног површинског отицаја.

**Табела 4.106.** *Структура планираних биолошких противерозионих радова*

Водоток	Врста противерозионих радова		
	Пошумљавање (ha)	Илофилтери (ha)	САМ (ha)
Каљави	1,20	1,28	3,78
Јелезовац	20,22	6,52	65,61
Раковички	180,42	14,01	143,74
Паригуз	66,24	6,77	52,91

Пошумљавања су предвиђена на деградираним земљишним површинама, са уоченим ерозионим процесима, као и на напуштеним обрадивим површинама. Илофилтери су предвиђени као линијске структуре, генерално паралелно постављене са хидрографском мрежом, на падинама које гравитирају водотоковима. Новоуспостављене површине кроз пошумљавање и формирање

илофилтера третирају се као нове шумске површине. Примена савремених агротехничких мера (у даљем тексту: САМ, обухвата затрављивање или подсејавање, примену контурне обраде, терасирање и ротацију усева) је предвиђена на мање деградираним земљишним површинама, као и на пољопривредним земљиштима на нагибима преко 8%.

Спроведеним поступком прорачуна добијен је максималан протицај на Каљавом Јелезовачком, Раковичком и потоку Паригуз, за повратне периоде од  $T_r=1000, 200, 100$  и  $50$  година (вероватноћа појаве  $p=0.1, 0.5, 1$  и  $2\%$ ), за надпросечне услове влажности, у условима пре и после рестаурације сливова (табеле 4.107. и 4.108.).

**Табела 4.107.** Резултати прорачуна максималног протицаја за надпросечне услове влажности пре рестаурације

Водоток	Q [m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]			
	p=0.1%	p=0.5%	p=1%	p=2%
Каљави поток	13.16	9.13	7.62	6.23
Јелезовачки поток	37.43	26.20	21.98	18.06
Раковички поток	52.06	36.89	31.15	25.78
поток Паригуз	27.12	18.86	15.76	12.89

**Табела 4.108.** Резултати прорачуна максималног протицаја за надпросечне услове влажности после рестаурације

Водоток	Q [m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]			
	p=0.1%	p=0.5%	p=1%	p=2%
Каљави поток	11.51	7.77	6.40	5.14
Јелезовачки поток	33.03	22.54	18.66	15.09
Раковички поток	44.70	30.71	25.51	20.71
поток Паригуз	23.93	16.22	13.38	10.77

На основу хидрограма директног отицаја за надпросечне услове влажности, пре и после рестаурације предметних сливова, добијене су запремине поплавних таласа на Каљавом Јелезовачком, Раковичком и потоку Паригуз (табеле 4.109.

и 4.110.), за повратне периоде од  $T_r=1000, 200, 100$  и  $50$  година (вероватноће појаве  $p=0.1, 0.5, 1$  и  $2\%$ ).

**Табела 4.109.** Запемине хидрограма директног отицаја за надпросечне услове влажности пре рестаурације

Водоток	W [m <sup>3</sup> ]			
	p=0.1%	p=0.5%	p=1%	p=2%
Каљави поток	114305	80508	66267	54558
Јелезовачки поток	380700	266130	222210	182664
Раковички поток	1005840	714240	603360	497520
поток Паригуз	301874	211860	177120	145890

**Табела 4.110.** Запемине хидрограма директног отицаја за надпросечне услове влажности после рестаурације

Водоток	W [m <sup>3</sup> ]			
	p=0.1%	p=0.5%	p=1%	p=2%
Каљави поток	105282	70794	57618	46746
Јелезовачки поток	349380	236700	195210	158616
Раковички поток	903240	621000	515880	418320
поток Паригуз	277920	188820	155340	124740

#### 4.8. Карактеристични параметри прорачуна максималног протицаја са одговарајућим хидрограмима, у условима пре и после рестаурације

У табелама су представљени карактеристични параметри прорачуна максималног протицаја на четири слива уже зоне истраживања, као и одговарајући хидрограми:

- $q_{\max}$  -вршна ордината синтетичког јединичног троугаоног хидрограма ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{mm}^{-1}$ );
- $CN_{srIII}$  – меродавна вредност броја криве отицаја за надпросечне услове влажности;
- $P_{br}$  - меродавна укупна (брото) киша (mm);
- $P_e$  - меродавна ефективна (нето) киша (mm);
- $T_p$  - време пораста хидрограма (h);
- $T_r$  - време опадања хидрограма (h);
- $T_b$  - временска база хидрограма (h).

##### 4.8.1. Каљави поток

**Табела 4.111.** *Каљави поток, вероватноћа појаве  $p=0.1\%$*

Параметар	Стање пре рестаурационих радова	Стање после рестаурационих радова
$q_{\max} [\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{mm}^{-1}]$	0.306	0.296
$CN_{srIII}$	85	82
$P_{br} [\text{mm}]$	79.42	80.99
$P_e [\text{mm}]$	43.06	38.83
$T_p [\text{h}]$	1.80	1.88
$T_r [\text{h}]$	1.82	1.91
$T_b [\text{h}]$	3.62	3.79

**Табела 4.112.** *Каљави поток, вероватноћа појаве  $p=0.5\%$*

Параметар	Стање пре рестаурационих радова	Стање после рестаурационих радова
$q_{\max} [\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{mm}^{-1}]$	0.296	0.279
$CN_{srIII}$	85	82

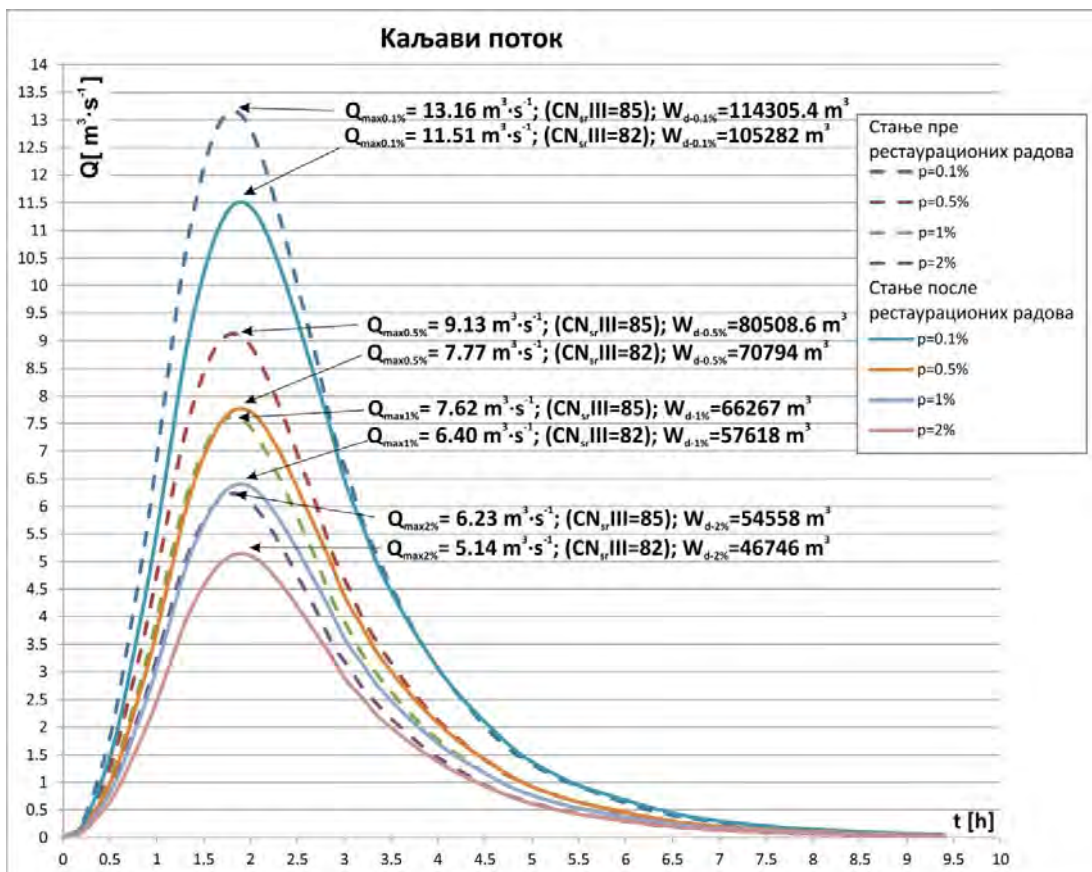
$P_{br}$ [mm]	64.59	66.81
$P_e$ [mm]	30.80	27.81
$T_p$ [h]	1.80	1.88
$T_r$ [h]	1.82	1.91
$T_b$ [h]	3.62	3.79

**Табела 4.113.** *Каљави поток, вероватноћа појаве  $p=1\%$*

Параметар	Стање пре рестаурационих радова	Стање после рестаурационих радова
$q_{max}$ [ $m^3 \cdot s^{-1} \cdot mm^{-1}$ ]	0.288	0.279
$CN_{sr-III}$	85	82
$P_{br}$ [mm]	59.13	60.10
$P_e$ [mm]	26.50	22.88
$T_p$ [h]	1.80	1.88
$T_r$ [h]	1.82	1.91
$T_b$ [h]	3.62	3.79

**Табела 4.114.** *Каљави поток, вероватноћа појаве  $p=2\%$*

Параметар	Стање пре рестаурационих радова	Стање после рестаурационих радова
$q_{max}$ [ $m^3 \cdot s^{-1} \cdot mm^{-1}$ ]	0.279	0.272
$CN_{sr-III}$	85	82
$P_{br}$ [mm]	53.61	54.41
$P_e$ [mm]	22.28	18.90
$T_p$ [h]	1.80	1.88
$T_r$ [h]	1.82	1.91
$T_b$ [h]	3.62	3.79



Слика 4.4. Хидрограми директног отицаја у условима пре и после рестаурације

#### 4.8.2. Језеровачки поток

Табела 4.115. Језеровачки поток, вероватноћа појаве  $p=0.1\%$

Параметар	Стање пре рестаурационих радова	Стање после рестаурационих радова
$q_{\max} [\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{mm}^{-1}]$	0.766	0.736
$CN_{sr,III}$	85	82
$P_{br} [\text{mm}]$	86.22	88.39
$P_e [\text{mm}]$	48.89	44.86
$T_p [\text{h}]$	2.09	2.18
$T_r [\text{h}]$	2.28	2.37
$T_b [\text{h}]$	4.37	4.55

**Табела 4.116.** Железовачки поток, вероватноћа појаве  $p=0.5\%$

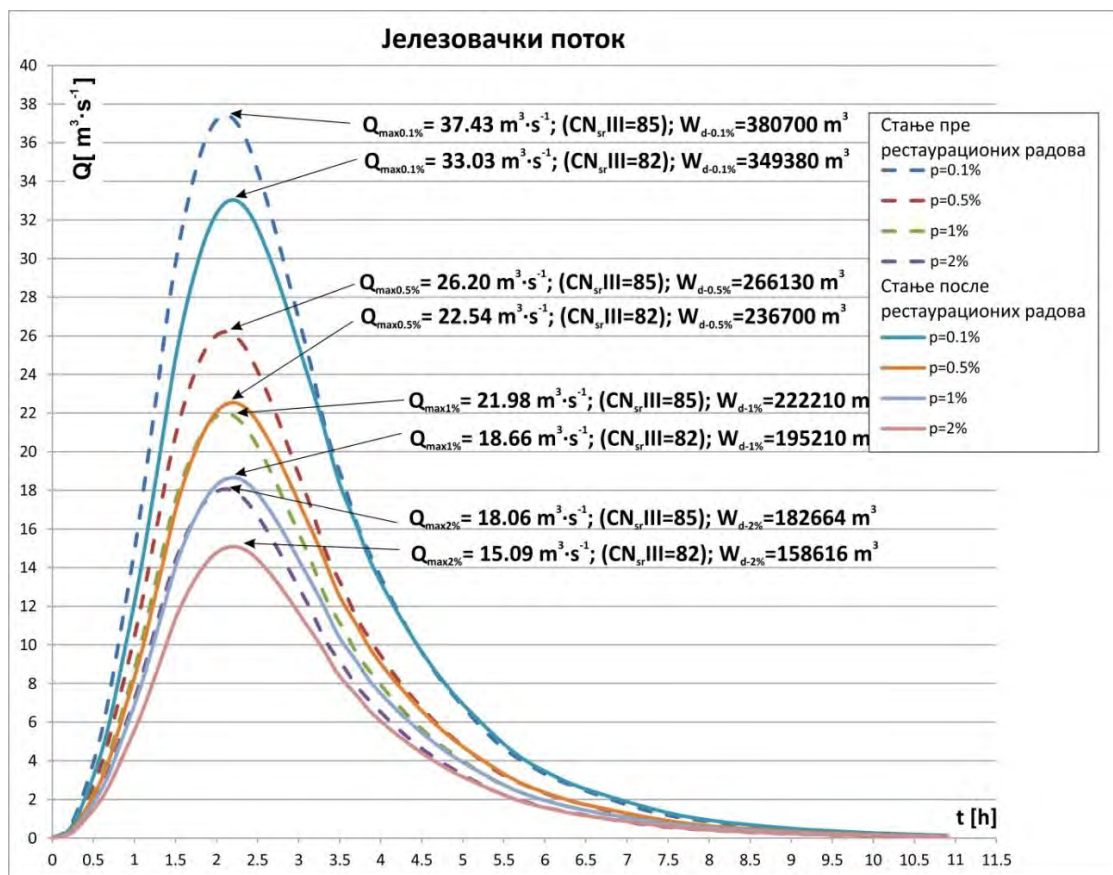
Параметар	Стање пре рестаурационих радова	Стање после рестаурационих радова
$q_{\max}$ [ $m^3 \cdot s^{-1} \cdot mm^{-1}$ ]	0.736	0.709
$CN_{srIII}$	85	82
$P_{br}$ [mm]	70.49	72.05
$P_e$ [mm]	35.59	31.79
$T_p$ [h]	2.09	2.18
$T_r$ [h]	2.28	2.37
$T_b$ [h]	4.37	4.55

**Табела 4.117.** Железовачки поток, вероватноћа појаве  $p=1\%$

Параметар	Стање пре рестаурационих радова	Стање после рестаурационих радова
$q_{\max}$ [ $m^3 \cdot s^{-1} \cdot mm^{-1}$ ]	0.736	0.709
$CN_{srIII}$	85	82
$P_{br}$ [mm]	63.41	58.95
$P_e$ [mm]	29.86	22.06
$T_p$ [h]	2.09	2.18
$T_r$ [h]	2.28	2.37
$T_b$ [h]	4.37	4.55

**Табела 4.118.** Железовачки поток, вероватноћа појаве  $p=2\%$

Параметар	Стање пре рестаурационих радова	Стање после рестаурационих радова
$q_{\max}$ [ $m^3 \cdot s^{-1} \cdot mm^{-1}$ ]	0.709	0.684
$CN_{srIII}$	85	82
$P_{br}$ [mm]	57.81	58.95
$P_e$ [mm]	25.47	22.06
$T_p$ [h]	2.09	2.18
$T_r$ [h]	2.28	2.37
$T_b$ [h]	4.37	4.55



Слика 4.5. Хидрограми директног отицаја у условима пре и после рестаурације

#### 4.8.3. Раковички поток

Табела 4.119. Раковички поток, вероватноћа појаве  $p=0.1\%$

Параметар	Стање пре рестаурационих радова	Стање после рестаурационих радова
$q_{max}$ [ $m^3 \cdot s^{-1} \cdot mm^{-1}$ ]	0.896	0.860
$CN_{sr,III}$	85	81
$P_{br}$ [mm]	96.72	99.31
$P_c$ [mm]	58.09	51.97
$T_p$ [h]	3.97	4.14
$T_r$ [h]	4.62	4.81
$T_b$ [h]	8.59	8.95



**Табела 4.120.** Раковички поток, вероватноћа појаве  $p=0.5\%$

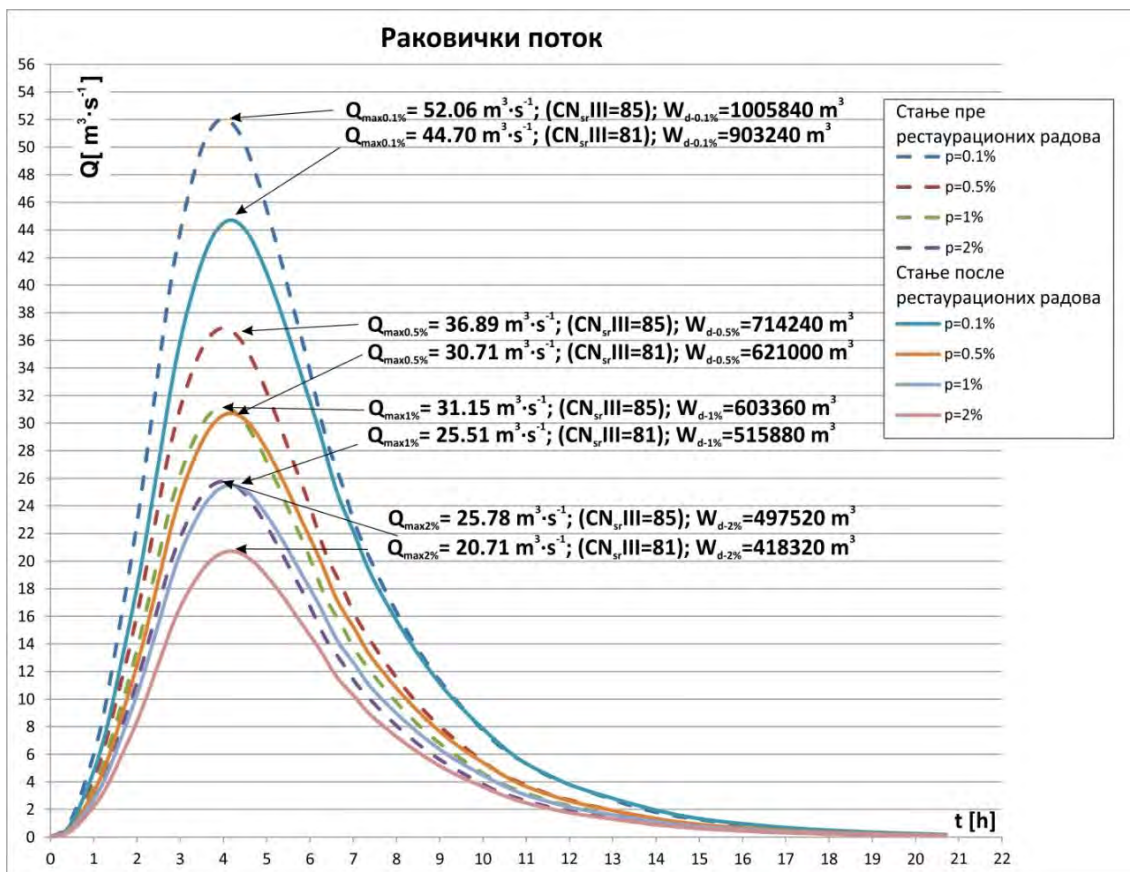
Параметар	Стање пре рестаурационих радова	Стање после рестаурационих радова
$q_{\max}$ [ $m^3 \cdot s^{-1} \cdot mm^{-1}$ ]	0.878	0.843
$CN_{srIII}$	85	81
$P_{br}$ [mm]	78.20	80.15
$P_e$ [mm]	42.02	36.42
$T_p$ [h]	3.97	4.14
$T_r$ [h]	4.62	4.81
$T_b$ [h]	8.59	8.95

**Табела 4.121.** Раковички поток, вероватноћа појаве  $p=1\%$

Параметар	Стање пре рестаурационих радова	Стање после рестаурационих радова
$q_{\max}$ [ $m^3 \cdot s^{-1} \cdot mm^{-1}$ ]	0.860	0.827
$CN_{srIII}$	85	81
$P_{br}$ [mm]	71.24	72.90
$P_e$ [mm]	36.21	30.85
$T_p$ [h]	3.97	4.14
$T_r$ [h]	4.62	4.81
$T_b$ [h]	8.59	8.95

**Табела 4.122.** Раковички поток, вероватноћа појаве  $p=2\%$

Параметар	Стање пре рестаурационих радова	Стање после рестаурационих радова
$q_{\max}$ [ $m^3 \cdot s^{-1} \cdot mm^{-1}$ ]	0.843	0.811
$CN_{srIII}$	85	81
$P_{br}$ [mm]	64.31	65.72
$P_e$ [mm]	30.58	25.53
$T_p$ [h]	3.97	4.14
$T_r$ [h]	4.62	4.81
$T_b$ [h]	8.59	8.95



Слика 4.6. Хидрограми директног отицаја у условима пре и после рестаурације

#### 4.8.4. Поток Паригуз

Табела 4.123. Поток Паригуз, вероватноћа појаве  $p=0.1\%$

Параметар	Стање пре рестаурационих радова	Стање после рестаурационих радова
$q_{\max} [\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{mm}^{-1}]$	0.556	0.537
$CN_{sr,III}$	84	81
$P_{br} [\text{mm}]$	88.39	90.35
$P_e [\text{mm}]$	48.75	44.57
$T_p [\text{h}]$	2.30	2.38
$T_r [\text{h}]$	2.47	2.56
$T_b [\text{h}]$	4.76	4.93

**Табела 4.124.** Поток Паригуз, вероватноћа појаве  $p=0.5\%$

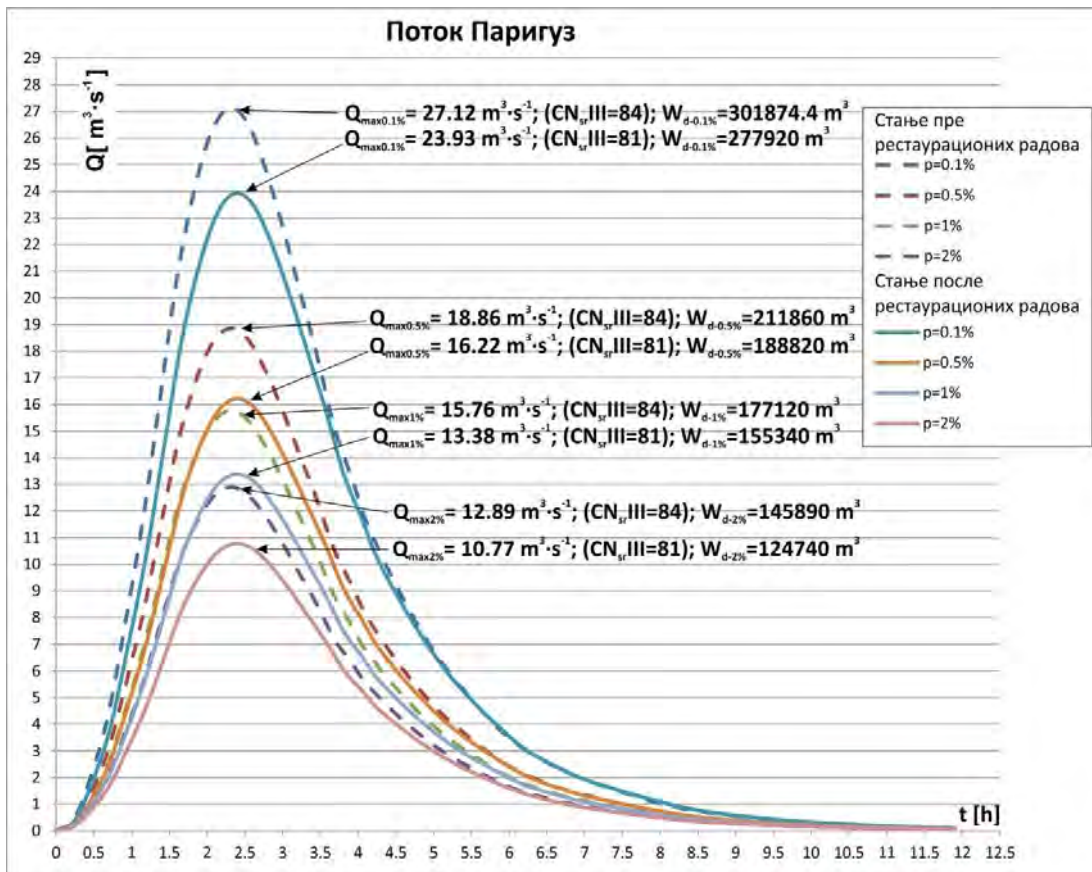
Параметар	Стање пре рестаурационих радова	Стање после рестаурационих радова
$q_{\max}$ [ $m^3 \cdot s^{-1} \cdot mm^{-1}$ ]	0.537	0.519
$CN_{srIII}$	84	81
$P_{br}$ [mm]	72.05	73.48
$P_e$ [mm]	35.13	31.28
$T_p$ [h]	2.30	2.38
$T_r$ [h]	2.47	2.56
$T_b$ [h]	4.76	4.93

**Табела 4.125.** Поток Паригуз, вероватноћа појаве  $p=1\%$

Параметар	Стање пре рестаурационих радова	Стање после рестаурационих радова
$q_{\max}$ [ $m^3 \cdot s^{-1} \cdot mm^{-1}$ ]	0.537	0.519
$CN_{srIII}$	84	81
$P_{br}$ [mm]	64.81	66.09
$P_e$ [mm]	29.37	25.80
$T_p$ [h]	2.30	2.38
$T_r$ [h]	2.47	2.56
$T_b$ [h]	4.76	4.93

**Табела 4.126.** Поток Паригуз, вероватноћа појаве  $p=2\%$

Параметар	Стање пре рестаурационих радова	Стање после рестаурационих радова
$q_{\max}$ [ $m^3 \cdot s^{-1} \cdot mm^{-1}$ ]	0.519	0.502
$CN_{srIII}$	84	81
$P_{br}$ [mm]	58.95	60.00
$P_e$ [mm]	24.86	21.48
$T_p$ [h]	2.30	2.38
$T_r$ [h]	2.47	2.56
$T_b$ [h]	4.76	4.93



Слика 4.7. Хидрограми директног отицаја у условима пре и после рестаурације

#### 4.9. Карта угрожености од генерисања деструктивних ерозионих процеса и појаве бујичних поплава, на подручју шире зоне истраживања

На широј зони истраживања издвојена су подручја која су класификована у односу на угроженост од генерисања деструктивних ерозионих процеса и појаву бујичних поплава, коришћењем методологије МПЕ (потпоглавље 3.4.1.). Детерминисане су три категорије угрожености (табела 4.127.), док је просторни распоред представљен на Карти бр. 21.:

- I (обухвата површине захваћене ексцесивном и јаком ерозијом);
- II (обухвата површине под осредњом ерозијом);
- III (обухвата површине под слабом и веома слабом ерозијом).

На целокупном подручју шире зоне истраживања установљено је да I категорија угрожености захвата 21.27 km<sup>2</sup> (1.43% од укупне површине истраживаног подручја), II категорија угрожености 255.36 km<sup>2</sup> (17.2% од укупне површине истраживаног подручја) и III категорија угрожености 1207.93 km<sup>2</sup> (81.37% од укупне површине истраживаног подручја) (табела 1.127.). Такође, категорије угрожености су детерминисане на сваком од 57 издвојених сливова на широј зони истраживања, што је представљено у табели 4.128.

**Табела 4.127.** Структура категорија угрожености на широј зони истраживања

I категорија		II категорија		III категорија		Укупно површина
[ha]	[%]	[ha]	[%]	[ha]	[%]	[ha]
2126.62	1.43	25536.04	17.2	120792.88	81.37	148455.54
[km <sup>2</sup> ]		[km <sup>2</sup> ]		[km <sup>2</sup> ]		[km <sup>2</sup> ]
21.27	1.43	255.36	17.2	1207.93	81.37	1484.56

**Табела 4.128.** Категорије угрожености на истраживаним сливовима

Слив	I категорија		II категорија		III категорија		Површина слива
Редни број	[ha]	[%]	[ha]	[%]	[ha]	[%]	[ha]
1	17.85	0.66	581.99	21.68	2085.05	77.66	2684.89

2	143.8	3.15	668.72	14.66	3748.43	82.19	4560.95
3	43.63	1.72	573.13	22.58	1921.24	75.7	2538
4	0	0	262.89	11.47	2029.23	88.53	2292.12
5	53.33	1.47	306.73	8.43	3280.08	90.11	3640.14
6	37.21	0.83	491.36	10.99	3941.85	88.18	4470.42
7	0	0	61.62	4.06	1455.8	95.94	1517.42
8	14.91	1.34	217.3	19.56	878.67	79.1	1110.88
9	287.71	2.85	2588.02	25.66	7209.83	71.49	10085.56
10	0	0	455.64	11.67	3450.2	88.33	3905.84
11	1.12	0.09	223.76	17.22	1074.39	82.69	1299.27
12	0	0	141.3	6.08	2182.19	93.92	2323.49
13	126.54	3.38	811.55	21.71	2800.54	74.91	3738.63
14	18.13	0.95	346.08	18.16	1541.27	80.89	1905.48
15	50.49	2.46	409.13	19.97	1589.51	77.57	2049.13
16	0	0	159.39	10.02	1430.62	89.98	1590.01
17	0	0	227.92	19.44	944.43	80.56	1172.35
18	0.64	0.03	229.05	10.42	1968.21	89.55	2197.9
19	0	0	159.22	13.47	1022.96	86.53	1182.18
20	5.33	0.09	319.34	5.51	5466.91	94.39	5791.58
21	0	0	105.04	2.12	4859.32	97.88	4964.36
22	0	0	108.67	4.91	2106.02	95.09	2214.69
23	27.87	0.8	1090.38	31.15	2382.42	68.06	3500.67
24	0	0	256.38	9.37	2479.68	90.63	2736.06
25	0	0	210.25	13.61	1334.41	86.39	1544.66
26	6.58	0.56	227.81	19.56	930.23	79.87	1164.62
27	0	0	65.6	11.24	517.97	88.76	583.57
28	13.25	0.35	883.78	23.54	2857.99	76.11	3755.02
29	0	0	91.74	7.66	1105.58	92.34	1197.32
30	0.07	0	185.18	10.33	1608	89.67	1793.25
31	0	0	405.91	12.31	2892.07	87.69	3297.98
32	24.73	0.87	760.38	26.74	2058.81	72.39	2843.92
33	4.76	0.18	899.25	34.25	1721.56	65.57	2625.57
34	123.35	1.66	2264.7	30.46	5046.83	67.88	7434.88
35	73.36	3.93	343.94	18.45	1447.35	77.62	1864.65

36	48.09	4.54	299.78	28.32	710.74	67.14	1058.61
37	61.9	3.37	492.08	26.79	1283.11	69.84	1837.09
38	145.39	3.19	1336.11	29.35	3070.46	67.45	4551.96
39	27.69	2.74	201.59	19.95	781.25	77.31	1010.53
40	4.7	0.28	163.26	9.83	1493.18	89.89	1661.14
41	0	0	250.01	16.26	1287.87	83.74	1537.88
42	37.31	1.76	599.24	28.22	1487.08	70.03	2123.63
43	0	0	444.58	23.29	1464.5	76.71	1909.08
44	0	0	299.89	10.07	2678.49	89.93	2978.38
45	57.5	4.46	197.23	15.31	1033.65	80.23	1288.38
46	105.93	7.38	344.63	24.01	984.69	68.61	1435.25
47	5.34	1.13	256.87	54.28	211.02	44.59	473.23
48	47.83	7.8	44.6	7.27	521	84.93	613.43
49	85.91	6.25	469.87	34.18	818.92	59.57	1374.7
50	34.5	15.6	59.97	27.11	126.72	57.29	221.19
51	12.48	1.38	151.58	16.76	740.1	81.85	904.16
52	38.94	3.56	296.7	27.16	756.69	69.27	1092.33
53	73.73	12.69	270.89	46.64	236.16	40.66	580.78
54	164.37	4.87	695.84	20.63	2512.9	74.5	3373.11
55	0	0	149.32	6.64	2099.39	93.36	2248.71
56	100.35	0.88	954.8	8.35	10373.41	90.77	11428.56
57	0	0	424.05	13.35	2751.9	86.65	3175.95
укупно	2126.62		25536.04		120792.88		148455.54

#### **4.10. Дефинисање услова за превенцију деструктивних ерозионих процеса и бујичних поплава на територији Београда**

Дугорочна противерозиона заштита простора на широј зони истраживаног подручја може се остварити применом система интегралне заштите кроз комплекс мера биолошког, биотехничког, техничког и административног карактера, у складу са *Програмом заштите животне средине града Београда* (Скупштина града Београда, 2015), *Стратегијом пошумљавања подручја Београда* (Службени лист Града Београда, бр. 20/2011), *Акционим планом адаптације на климатске промене са проценом рањивости* (Градска Управа

Града Београда, Секретаријат за заштиту животне средине, 2015), концептом „плаво-зелених“ коридора (Ristić et al., 2013a), уз пуно уважавање релевантне законске регулативе, као и просторних и урбанистичких планова.

У складу са истраженим природним карактеристикама подручја, анализом израђених подлога и теренским обиласком, детерминисане су основне смернице за заштиту од ерозије и бујичних поплава:

- заштита земљишта и вегетационог покривача;
- побољшање способности земљишта да прими и задржи воду (инфилтрационо-ретенциони капацитет);
- просторно уређење ерозионих подручја кроз оптималан размештај и третман шумских и пољопривредних површина;
- минимизирање деструктивног дејства површинског отицаја;
- примена административних мера (забране и препоруке), на ерозионим подручјима, на основу одговарајуће планске документације (*Планови за проглашење ерозионих подручја; Оперативни планови за одбрану од поплава на водотоковима II реда*).

Превентивни радови на бујичним сливовима и водотоковима обухватају спектар активности у циљу стварања услова за минимизирање ризика, уколико дође до појаве интензивних кишних епизода са великом количином падавина, истовремене појаве кишних падавина и отапања снега, и вишедневних падавина које су последица формирања статичних циклона (Ристић et al., 2015):

- уређење бујичних сливова применом концепта интегралне заштите, који обухвата техничке радове у хидрографској мрежи (преграде, прагови и појасеви; регулације и обалоутврде; мање насуте бране и ретензије са акумулационим простором за пријем и задржавање дела поплавног таласа), биотехничке и биолошке радове на сливу (плетери и рустикалне преграде на повременим водотоковима и јаругама; контурни ровови на падинама, за успоравање и задржавање дела површинског отицаја; пошумљавање и затрављивање еродираних површина; илофилтерски системи на падинама; примена мера агрошумарства);
- повећање степена сигурности кроз редовно одржавање изграђених објеката за одбрану од бујичних поплава (посебно пропусне моћи



регулација, прелива попречних објеката, мостовских отвора, друмских и пружних пропуста);

- континуиране активности на изградњи и реконструкцији насипа, градских и пољских регулација;
- израда одговарајуће техничке документације за противерозионе објекте;
- израда техничке документације којом се дефинише домет деловања потенцијалних бујичних поплава за одређене вероватноће појаве, као и доминантни параметри (максимални протицај, висина воденог стуба, површина плавне зоне);
- израда планске и урбанистичке документације, са општим и посебним условима за заштиту од бујичних поплава (процена ризика; правила градње објеката, са предлогом мера заштите);
- израда планова заштите и спасавања од бујичних поплава, са предлогом мера за оспособљавање грађана путем јавних вежби (у сарадњи са Сектором за ванредне ситуације МУП-а Србије и Црвеним крстом);
- унапређење методологије осматрања и ране најаве хидролошких екстрема (падавине; протицај), са реализацијом система веза за пренос информација у реалном времену;
- остваривање функционалне сарадње са овлашћеним државним и јавним субјектима: јединицама и штабовима Војске Србије (инжењеријске и механизоване јединице; медицинске и спасилачке службе); МУП Србије, преко Сектора за ванредне ситуације; Републичким Хидрометеоролошким Заводом Србије; Министарством заштите животне средине; Министарством пољопривреде, шумарства и водопривреде-Дирекцијом за воде Републике Србије; ЈВП „Србијаводе“; ЈВП „Београдводе“; ЈП „Србијашуме“; Агенцијом за заштиту животне средине; Министарством здравља; Заводом за јавно здравље;
- активирање свих потенцијала у надлежности Града Београда: јавна комунална предузећа; Црвени крст; Завод за заштиту здравља, здравствене институције, медији; удружења грађана (планинари; рониоци; горска служба спасавања; спелеолози; извиђачи; добровољна ватрогасна друштва; радио-аматери, итд.);

- евиденција, едукација и ангажовање предузећа са стручним и материјалним ресурсима за учешће у процесу одбране и спасавања од бујичних поплава;
- евиденција, едукација и ангажовање грађанских организација са стручним и материјалним ресурсима (ватрогасна друштва; горска служба спасавања; организације и клубови који су овлашћени за коришћење беспилотних летелица; планинарска друштва; спелеолошка друштва; ронилачки и веслачки клубови; извиђачи; радио-аматери).

#### **4.10.1 Израда планске документације и примена административних мера на истраживаном подручју**

Интензитет и распрострањеност ерозионих процеса на подручју Града Београда, као и учесталост појаве бујичних поплава, представљају факторе угрожавања привредних активности, сигурности грађана и деградације животне средине. Ово је важно узети у обзир приликом израде просторно-планских докумената, нарочито у општинама које имају значајан део територије на теренима под нагибима или су изложене дејству бујичних поплава. Један од циљева израде просторно-планске документације јесте стварање законске основе за примену одређених административних мера.

Важећи законски прописи ову материју уређују на нивоу Републике Србије, обавезивањем јединица локалних самоуправа да сачине следеће документе (Ристић et al., 2015):

- *План за проглашење ерозионих подручја* (Сл. Гл. РС, бр. 30/10; 93/2012; 101/2016);
- *Оперативни план за одбрану од поплава на водотоковима II реда* (Сл. Гл. РС, бр. 30/10; 93/2012; 101/2016).

Израда *Планова за проглашење ерозионих подручја* и *Оперативних планова за одбрану од поплава на водотоковима II реда*, требало би да претходи детерминисању основних елемената *Генералног урбанистичког плана*, *Плана генералне регулације* и *Плана детаљне регулације*:

- издвојена ерозиона подручја представљају и деградиране сегменте животне средине (обешумљене падине, са видним процесима површинске ерозије; обрадиве површине са појавом бразда и мањих јаруга; проређене састојине; еродирани шкарпе путева, итд.);
- евидентирају се сви бујични токови, са критичним деоницама (сужења речног корита, услед природне морфологије терена или нелегалних активности као што је изградња објеката; некавалитетно пројектовани и изведени објекти у поточним и речним коритима, као што су мостови који смањују протицајни капацитет; депоније комуналног отпада);
- на издвојеним ерозионим подручјима, унутар којих се налазе пољопривредне површине, могуће је применити адекватне мере противерозионе агротехнике, у циљу одрживог коришћења производног потенцијала и заштите земљишта;
- идентификују се површине погодне за градњу инфраструктурних објеката, економских и резиденцијалних садржаја (ван плавних зона или нестабилних падина).

На основу израђених *Планова*, општине у саставу административног подручја Града Београда имају право да доносе одлуке о Проглашењу ерозионих подручја на својој територији, што отвара могућност примене концепта одрживог коришћења земљишта, шума и вода, са повољним еколошким, економским и социјалним ефектима (Ристић et al., 2004; Ристић et al., 2015). Израда *Планова за проглашење ерозионих подручја* и *Оперативних планова за одбрану од поплава на водотоковима II реда*, пре израде или измене *Просторног плана јединице локалне самоуправе*, омогућује детерминисање критеријума за коришћење локалних ресурса на бази одрживости. Такође, израдом *Планова* остварује се реалнија перцепција ризика од појаве бујичних поплава, које су у Србији проузроковале људске жртве и велике материјалне штете, у пролећним месецима 2005. и 2006. године, октобра 2007. и посебно маја 2014. године.

#### 4.10.1.1. План за проглашење ерозионих подручја

Члан 46. *Закона о водама* (Сл. Гл. РС, бр. 30/10; 93/2012; 101/2016) препознаје подручја која су угрожена услед деловања водне ерозије, односно, ерозиона подручја. Према члану 61. *Закона о водама* министар надлежан за послове пољопривреде, шумарства, заштите животне средине и природне ресурсе, утврђује критеријуме за одређивање ерозионог подручја и прописује методологију за израду Карте ерозије за територију Републике Србије. На основу израђене Карте ерозије, Влада одређује ерозионо подручје, његове границе и услове коришћења. Границе ерозионог подручја уносе се у план управљања водама, план управљања ризицима од поплава, програм развоја шумарства, план развоја шумског подручја, пољопривредне основе, у просторне и урбанистичке планове (просторни план јединице локалне самоуправе, просторни план подручја посебне намене и регионални просторни план; план генералне регулације, генерални урбанистички план и план детаљне регулације). Такође, министарство надлежно за послове пољопривреде, шумарства, заштите животне средине и природне ресурсе, врши преиспитивање Карте ерозије за територију Републике Србије по истеку шест година од дана њене израде, а новелирање по истеку 10 година од дана њене израде. Јединица локалне самоуправе је дужна, да за потребе новелирања плана управљања водама, евидентира све појаве и радове који могу да утичу на промену стања ерозије и бујица и да податке о томе доставља јавном водопривредном предузећу једном годишње.

*План за проглашење ерозионих подручја* локална самоуправа доноси на основу израђеног Елабората који садржи следеће елементе:

- карту ерозије;
- карту коришћења простора (намена површина).

Сви подаци су у дигиталном облику чиме се олакшавају процеси контроле и ревизије, у складу са променом стања на терену. Карте се скенирају, геореференцирају и трансформишу у адекватну дигиталну форму, а подлоге које се користе за њихову израду су:

- основна топографска карта (P=1:25.000);

- аерофото снимци;
- сателитски снимци;
- основна геолошка карта (P=1:100.000);
- основна педолошка карта (P=1:50.000);
- хидрометеоролошки подаци (подаци о падавинама и температурама ваздуха, из мерне мреже Републичког Хидрометеоролошког Завода Србије).

Применом методе МПЕ израђује се карта ерозије за подручје јединице локалне самоуправе, са пратећим информацијама о типу ерозије, ерозионој продукцији на годишњем нивоу, проносу и структури наноса (односно вученог и суспендованог наноса). Карта ерозије омогућује увид у просторни распоред ерозионих подручја на деловима градске (општинске) територије. Стручне службе локалних самоуправа су дужне да саставе табеларни попис катастарских парцела са подацима о власнику (кориснику), величини (површини), нагибу и начину коришћења. На парцелама које су идентификоване као угрожене, се прописују следеће административне забране (МПШВ, 1998):

- гајење окопавина на нагибима;
- орање низ нагиб;
- чиста сеча на нагибима;
- испаша на деградираним пашњацима;
- кресање лисника ради исхране стоке.

Власницима и корисницима пољопривредног земљишта дају се одређене препоруке ((МПШВ, 1998):

- примена контурне обраде земљишта;
- формирање тераса на стрмим парцелама;
- претварање деградираних њива у ливаде;
- мелиорације деградираних пашњака;
- пошумљавање голети;
- противерозионо газдовање земљиштем и шумама.

#### 4.10.1.2. Оперативни план за одбрану од поплава на водотоковима II реда

Распрострањеност и фреквенција бујичних поплава чине их најчешћом појавом из арсенала природних катастрофа на територији Србије (Ristić et al., 2012a), што важи и за територију Града Београда. Бујичне поплаве су, углавном последица кратких киша јаког интензитета ( $T_k < 24h$ ), са наглим порастом нивоа воде која је оптерећена значајним учешћем чврсте фазе (наноса).

Чланом 29. *Закона о водама* (Сл. Гл. РС, бр. 30/10; 93/2012; 101/2016) идентификована су планска документа неопходна за управљање водама: Стратегија управљања водама на територији Републике Србије; план управљања водама; годишњи програм управљања водама; планови којима се уређује заштита од штетног дејства вода (план управљања ризицима од поплава; општи и оперативни план за одбрану од поплава).

Чланом 55. *Закона о водама* одређено је да *Оперативни план за воде II реда* доноси надлежни орган јединице локалне самоуправе, уз прибављено мишљење јавног водопривредног предузећа. План садржи податке неопходне за оперативно спровођење одбране од поплава са следећим елементима: критеријуме за проглашавање одбране од поплава, имена руководиоца и називе субјеката одбране од поплава, начин узбуњивања и обавештавања. Оперативни план доносе и правна лица чија је имовина угрожена поплавама. План се доставља органу државне управе надлежном за ванредне ситуације.

*Оперативни план за одбрану од поплава на водотоковима II реда* локална самоуправа доноси на основу претходно израђеног Елабората, са подлогама које су коришћене приликом реализације *Плана за проглашење ерозионих подручја*. Саставни део документа јесте списак свих бујичних водотокова, са детаљним приказом физичко-географских карактеристика: површина слива; дужина слива по главном току; одстојање од тачке најближе тежишту до излазног профила; апсолутни нагиб речног корита; уравни пад. Анализира се начин коришћења простора, односно, намена површина и одређују хидролошке класе земљишта. На основу анализе киша трајања  $T_k < 24h$ , које су главни узрочник појаве бујичних поплава, одређују се меродавне падавине и обавља прорачун великих вода одређене вероватноће појаве  $Q_{max(\%)}$ , углавном са

повратним периодом од 100 година. Израчунат протицај на снимљеним попречним профилима водотока омогућује конструисање линије нивоа велике воде и детерминисање површине плавне зоне. Јасно издвојена плавна зона са коритом за велике воде требало би да буде важан елемент просторних и урбанистичких планова, са јасним критеријумима за градњу објеката.

На основу претходно дефинисаних параметара израђује се *Оперативни план за одбрану од поплава на водотоковима II реда*, са следећим елементима:

- предлаже се оснивање штаба за одбрану од бујичних поплава, као дела штаба за ванредне ситуације (Закон о ванредним ситуацијама, Сл. Гл. РС, бр. 111/2009; Закон о изменама и допунама Закона о ванредним ситуацијама, Сл. Гл. РС, бр. 93/2012; Закон о водама, Сл. Гл. РС, бр. 129/2007, 83/2014, 101/2016), са руководиоцем и заменицима, као и системом комуникације;
- штаб се повезује са радарским центром РХМЗС у циљу правовремене најаве олујне кише;
- штаб се повезује са овлашћеним државним и јавним субјектима: МУП Србије, преко Сектора за ванредне ситуације; јединицама и штабовима Војске Србије; Министарством заштите животне средине; Министарством пољопривреде, шумарства и водопривреде-Дирекцијом за воде Републике Србије; ЈВП „Србијаводе“; ЈВП „Београдводе“; ЈП „Србијашуме“; јавним и комуналним предузећима на територији локалне самоуправе; приватним компанијама са људским и материјалним ресурсима за одбрану од бујичних поплава;
- повезује се са штабовима суседних општина у циљу координације одбране.

У случају опасности од бујичне поплаве руководилац штаба ангажује све субјекте који имају механизацију (јавна и приватна предузећа, физичка лица), месне заједнице и све пунолетне грађане. Уколико је прогнозирана поплава катастрофалних размера активира се систем за узбуњивање, врши обавезна евакуација људи и нужних покретних добара, и приступа активним мерама одбране (чишћење и проширење критичних деоница речних и поточних корита, формирање нових и ојачавање постојећих насипа, пражњење акумулација).

#### **4.10.2. Програм рестаурације и противерозионе заштите сливова и уређења поточних корита**

Сливна подручја малих водотокова на истраживаном делу територије Града Београда имају велики значај кроз следеће аспекте:

- функционални (дренирање терена);
- спортско-рекреативни (доступност хидрографске мреже и неизграђеност простора непосредног приобаља поред неких водотокова отварају могућност формирања вишенаменских стаза за пешаке, бициклисте, рекреативце и спортисте, са пратећим елементима, као што су одморишта са клупама и сеницима, информациони пунктови);
- еколошки (поред присутних врста флоре и фауне могуће је обновити аутохтоне популације, поготово на највреднијим биотопима);
- културно-историјски и туристички (могуће је издвојити локалитете који су маркантни видиковци, са изузетним визурама на околни простор; поједини локалитети имају велику вредност са историјског и културног аспекта, у временском интервалу од пре нове ере, преко средњег века, до данас);
- естетски и духовни (очувана природа, низак степен урбанизације, са шумским површинама, остацима шума и живица, представљају аутентичну вредност, у визуелном и психолошком смислу);
- економски (квалитет земљишта, неоптерећеност полутантима и богата традиција локалног становништва у производњи повртарских, воћарских и виноградарских култура, представљају неопходне предуслове за производњу органске хране).

Програм рестаурације и противерозионе заштите сливова и уређења поточних корита треба обавити на основу израде одговарајуће техничке документације на нивоу *Идејних* и *Главних пројекта*, уз пратеће *Студије оправданости*, као и *Студије процене утицаја на животну средину*.



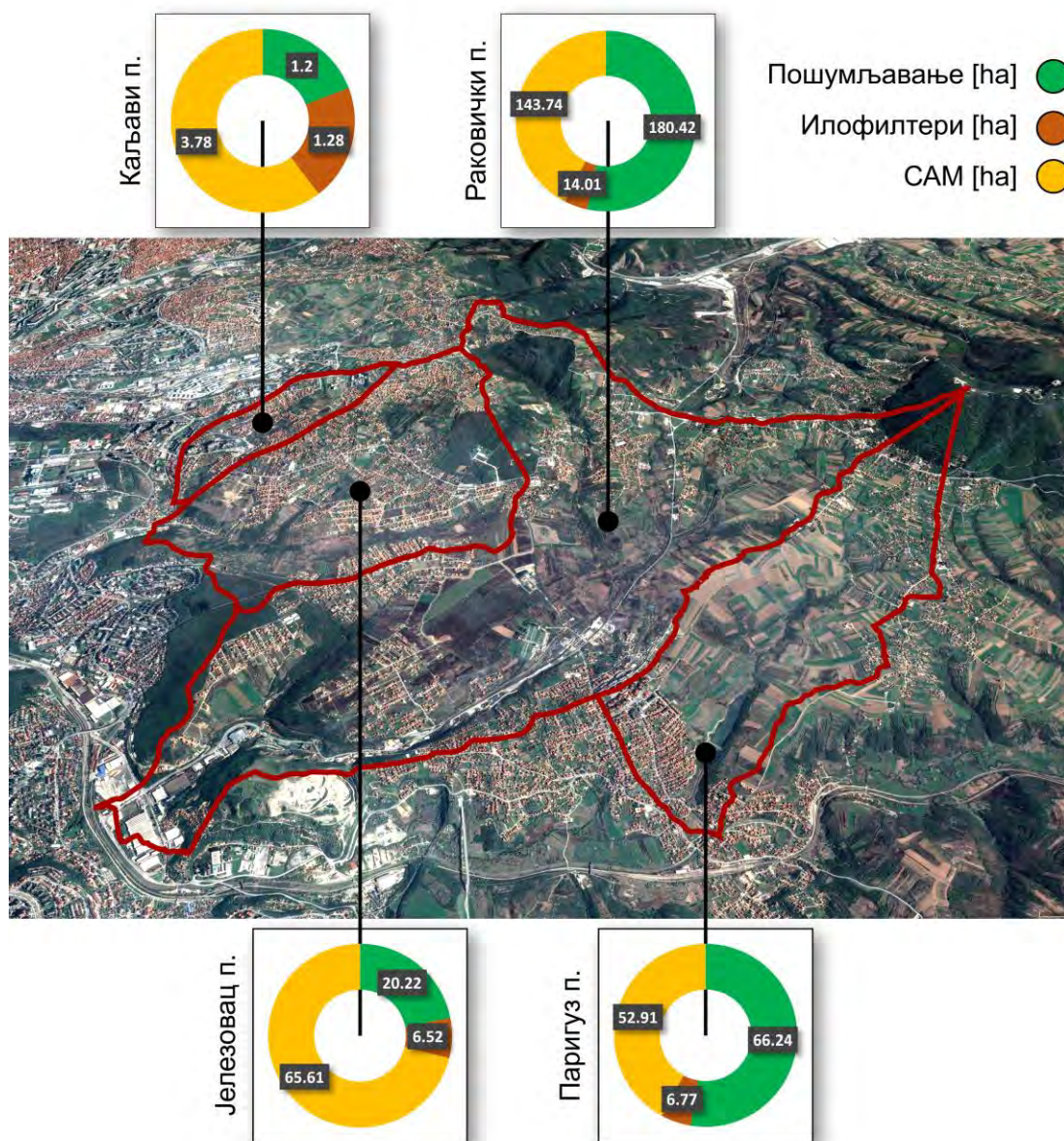
#### **4.11. План за примену оптималних мера заштите од деструктивних ерозионих процеса и бујичних поплава на ужој зони истраживања**

У складу са резултатима издвајања различитих категорија терена у односу на угроженост од генерисања деструктивних ерозионих процеса и појаву бујичних поплава, резултате прорачуна ерозионе продукције, проноса наноса и максималног протицаја на сливовима Каљавог, Железовачког, Раковичког и потока Паригуз, креиран је модел за примену оптималних мера заштите од деструктивних ерозионих процеса и бујичних поплава (Карта бр. 22.).

Структура планираних противерозионих радова (биолошки, биотехнички и технички) је следећа (Слика 4.8.):

- пошумљавање - 268.08 ха (4.98% од укупне површине истраживаног подручја);
- формирање илофилтера - 28.58 ха (0.69% од укупне површине истраживаног подручја);
- примена савремених агротехничких мера (у даљем тексту: САМ), која обухвата: затрављивање (подсејавање), примену контурне обраде, терасирање, ротацију усева - 266.04 ха (0.01% од укупне површине истраживаног подручја);
- преграде - 1 комад (корисна висина,  $h_k=2.5$  m);
- прагови - 7 комада (корисне висине,  $h_k=1.0$  m);
- плетери - 29 комада (просечне дужине 10 метара, укупно 290 метара).

Предвиђени противерозиони радови могу се реализовати уз пуну комплементарност са *Програмом заштите животне средине града Београда, Стратегијом пошумљавања подручја Београда, Акционим планом адаптације на климатске промене*, концептом „плаво-зелених“ коридора, у складу са важећом законском регулативом, просторним и урбанистичким плановима. Практично, поред смањења ризика од појаве деструктивних ерозионих процеса и бујичних поплава, значајно ће се повећати „зелене“ површине и простор са потенцијалом за спортско-рекреативне активности, створити претпоставке за очување и обнављање биодиверзитета, ублажити ефекат „топотног острва“ и „рехуманизовати“ простор овог дела Града кроз повратак природности предела.



**Слика 4.8.** Просторна заступљеност планираних противерозионих радова на сливовима Каљавог, Јелезовачког, Раковичког и потока Паригуз

Модел одрживог управљања простором четири слива уже зоне истраживања, са аспекта заштите од интензивних ерозионих процеса и бујичних поплава, уз очување, заштиту и повезивање преосталих отворених водотокова, фрагмената шума и вредних зелених површина, представљен је одговарајућом картом и алгоритмом. Представљене основне поставке модела могу се применити на 57 анализираних сливова шире зоне истраживања, са укупним просторним обухватом од 1484.55 km<sup>2</sup>.

## 5. ДИСКУСИЈА

Основни циљ истраживања јесте сагледавање проблематике ерозионих процеса и бујичних поплава у контексту интегралне заштите животне средине на територији Града Београда. Истраживања су обухватила укупно 1484.55 km<sup>2</sup>, углавном сливове који се налазе на брдском делу градске територије, карактеристичне по појави интензивних ерозионих процеса и бујичних поплава. Најмања надморска висина истраживаног подручја износи 70 mnm (ушће потока Саставак у Дунав), а највиша 650 mnm (изворишна челенка реке Пештан).

Целовито сагледавање околности и детерминисање свих елемената који су од значаја за процесе интензивне ерозије и појаву бујичних поплава, као и њихове последице на стање животне средине на територији Града Београда, условили су детерминисање тежишта теме, полазне хипотезе и концепцију обављених истраживања. На истраживаном простору, делу административног подручја Града Београда, примењена је одговарајућа методологија, формирана база података и обављени специфични теренски истражни радови. Применом прилагођене ГИС технологије дат је просторни приказ добијених резултата, после чега је следило дефинисање основних карактеристика бујичних сливова и квантификација интензитета ерозионих процеса. Завршни део истраживања односи се на предлог мера за превенцију ерозионих процеса и бујичних поплава, у контексту интегралне заштите животне средине на територији Града Београда.

Карактеристике истраживаних сливова су доведене у везу са ерозионим процесима и потенцијалом за појаву бујичних поплава, на основу детаљне анализе свих значајних фактора који имају утицај на природу и интензитет поменутих процеса. Сваки бујични ток, као и припадајуће сливно подручје, одликују се одређеним природним својствима (физичко-географске карактеристике, климатски, геолошки и педолошки услови, карактеристике вегетационог покривача и др.), која су изложена антропогеним утицајима, кроз процесе урбанизације (изградња стамбених, економских и инфраструктурних

објеката) и промене у начину коришћења шумских и пољопривредних површина.

С обзиром на мали обим изведених противерозионих радова на територији Града (биолошки, биотехнички, технички), не може се говорити о значајнијим заштитним ефектима, што имплицира потребу далеко ангажованијег приступа, како би се елиминисали или ублажили потенцијални ризици, који могу да доведу до катастрофалних догађаја, какве су биле бујичне поплаве у мају 2014. године. Повећање површине под шумама, заштита и побољшање стања земљишта, везивање угљеника, повољнији хидролошки статус земљишта, ефекат интерцепције, обнављање биодиверзитета, ублажавање ефеката „топотног острва“, само су неке од пожељних последица антропогеног утицаја у циљу смањења ризика од интензивних ерозионих процеса и бујичних поплава и велики корак ка стварању бољег окружења за становнике Београда, односно „рехуманизацију“ градског простора (Ristić et al., 2013a).

Стање и структура начина коришћења простора на истраживаном подручју, поред природних детерминанти, углавном су директна последица антропогених дејстава, односно, рапидног повећања броја становника и урбанизованих површина, што је тренд који ће се задржати и у блиској будућности. На административном подручју Града Београда живи 1.679.000 становника становника (РЗС, 2016), у односу на 634.003 становника (према попису из 1948. године). Сва насеља захваћена су процесом ширења, што је последица сталног прилива становништва са територије Србије и из региона.

Средња годишња температура ваздуха за шире истраживано подручје износи 9.73°C, док за ужу зону истраживаног подручја износи 12.1°C. Средња годишња количина падавина за шире истраживано подручје износи 693.3 mm, док за ужу зону истраживаног подручја износи 675.2 mm. Поред релативно малих флукуација годишње количине падавина, уочена је значајна промена унутаргодишње расподеле падавина, са чешћом појавом екстремних кишних епизода у вегетационом периоду. Током катастрофалних бујичних поплава у мају 2014. године бројне кишомерне станице на територији Града су забележиле историјске максимуме дневних количина падавина. Истовремено,

смањена је количина снежних падавина и учесталост појаве киша дужег трајања, слабог интензитета. Период 2000-2016 обухвата неколико најтоплијих година у историји мерења метеоролошких елемената, а глобалне процене (IPCC, 2014) упућују на забринутост по питању раста средње годишње температуре ваздуха и неповољну унутаргодишњу дистрибуцију падавина. Према расположивим подацима (Градска Управа Града Београда, 2015) уочени су неки екстремни временски догађаји у непосредној прошлости: топлотни таласи лета 2013. (температуре ваздуха преко 39°C, 52 тропска дана и 27 тропских ноћи, 25% падавина мање од вишегодишњег просека), 2012. (температуре ваздуха преко 39°C, 62 тропска дана и 52 тропске ноћи, 4.9°C виша температура ваздуха од вишегодишњег просека), 2009. (са температуром ваздуха преко 40°C), 2007. (измерена је највиша температура ваздуха 43.6°C), 2006. године (само 35% падавина од вишегодишњег просека), 2003., 2000. и 1997. године. Током сушног периода лета 2012. године (од краја јуна до краја августа) регистровани су хидролошки минимуми на већим водотоковима (Сава) и пресушивање десетина мањих водотокова, углавном бујичног карактера, уз масовну појаву сушења вегетације. Екстремне хладноће су забележене током зима 2012. (са 17 узастопних ледених дана), 2008/2009, 2007/2008 и 1998 године. Екстремне плувиометријске епизоде и појава бујичних поплава маја 2014. године имали су катастрофалне последице на територији Града Београда: људске жртве, велике материјалне штете на инфраструктурним системима, индустријским и јавним објектима, објектима индивидуалног и колективног становања, као и ризик од појаве заразних болести. Неке кишомерне станице на административном подручју Града, или у његовој непосредној близини, су забележиле историјске максимуме количина падавина: Авала-185 mm; Врчин-114 mm; Умчари-115 mm; Радмиловац-125.5 mm; Београд-107.9 mm; Кошутњак-108.2 mm; Партизани-160 mm; Степојевац-185.1 mm; Сопот-124 mm; Сибница-182.5 mm; Рудовци-160 mm. Такође, градско подручје је изложено ризику од речних поплава, као у априлу 2006. године када је забележен историјски максимум нивоа Дунава (преко 783 cm-Земун) и изливање Саве (Остружница, Нови Београд, Београдски сајам). Сви наведени климатски фактори представљају ризик по виталност шумских

екосистема, услед очекиваног смањења количине падавина, смањене количине расположиве влаге у земљишту, дужих сушних периода, стварања услова за појаву шумских пожара, патогених гљива и инсеката, као и физиолошког слабљења шумског дрвећа.

Геолошка подлога има значајан утицај на развој ерозионих процеса унутар истраживаног подручја, које обухвата простор јужно од Саве и Дунава. Најзаступљенију формацију чине пескови, песковите глине и пешчари (29.26%), затим флиш, песковити лапорци, пешчари и кречњаци (9.27%), алувијум (6.79%), лапоровите глине, угљевите глине, дијатомејске земље и песак (6.53%) и делувијално-пролувијални седименти (3.7%).

На основу података из CORINE land cover базе података (CLC, 2012) шуме заузимају 19.31% површине истраживаног подручја (листопадне, четинарске, мешовите), комплекс аграрних простора 38.13% (склоп уситњених парцела различитих једногодишњих и вишегодишњих усева), агрошумски простори 23.97% (простор који се доминантно користи за потребе пољопривредне производње, али уз значајно присуство природних и/или полуприродних елемената), обрадиво земљиште 9.06%, урбанизоване површине 6.78%, воћњаци 0.95% и пашњаци 0.86%. Остали просторни садржаји (шибљаци, виногради, индустријске и комерцијалне јединице, градске зелене површине, водотокови, водене површине, експлоатациона поља, мочваре, саобраћајна инфраструктура и припадајуће земљиште), заузимају свега 0.92% од укупне површине истраживаног подручја. Начин коришћења простора (намена површина) има велики утицај на развој или минимизирање интензитета ерозионих процеса, и представља највидљивији облик антропогеног утицаја. На свим анализираним сливовима дефинисана је структура коришћења простора, са крајње варијабилним показатељима, који кореспондирају са врстом и интензитетом антропогених активности. Концепт интегралне заштите животне средине, кроз активности на смиривању интензитета ерозионих процеса и превенцију бујичних поплава, свакако укључује и повећање процента површина под шумама. Наравно, само пошумљавање не може бити једина мера у контроли ерозионих процеса, смањења продукције наноса и ризика од појаве бујичних поплава.

Промена структуре површина на широј зони истраживања, пре свега нестанак значајних површина под шумама и интензивна урбанизација, довели су до појачања интензитета ерозионих процеса. На појединим површинама уочено је да коефицијент ерозије  $Z$  варира у распону од 0.012 (шифра 57-слив Врбовице) до 2.1 (шифра 49-слив Раковичког потока). Просторно, доминирају процеси слабе ерозије (58.42%), следи врло слаба ерозија (21.89%), затим средња (17.88%), док је заступљеност ексцесивне и јаке ерозије свега 1.8%. Просечна годишња продукција ерозионог материјала на ширем истраживаном подручју износи  $W_{\text{god}} = 607.308,02 \text{ m}^3$ , исказано као специфична ерозиона продукција  $W_{\text{godsp}} = 409,09 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{god}^{-1}$ . Интензивни процеси ерозије на истраживаним сливовима углавном су антропогено убрзани, а ова тврдња је подржана чињеницом да се најугроженије површине налазе у близини насељених места. Ексцесивна и јака ерозија су уочене на падинама сливова Топчидерске реке, Раље, Пештана, Болечице и Бељанице, на отвореним коповима поред Лазаревца. Средњи интензитет ерозије је уочљив у зони подавалских насеља (Бели поток, Зуце, Пиносава), у околини Барајева и деловима сливова Раље и Пештана. Слаба и врло слаба ерозија се јављају на просторима покривеним шумском и ливадско-пашњачком вегетацијом (делови Сремчице уз Липовичку шуму, шира зона Космаја и Авале, простор између Младеновца и Космаја).

Анализом карактеристика рељефа, као једног од фактора развоја ерозионих процеса, установљено је да висинска амплитуда подручја износи 580, док је средња надморска висина истраживаног подручја 209.52 mnm.

У висинској зони од 100 до 300 mnm налази се 90.96% површине истраживаног подручја. Највиши делови истраживаног подручја од 500-690 mnm заузимају свега 0.12% територије, док најнижи делови од 70-100 mnm заузимају 1.38% територије. Доминирају нагиби у дијапазону од 9-27%, на површини од 49.88% истраживаног подручја, следе нагиби од 4-9% са 20.73% површине истраживаног подручја. Најнижи делови истраживаног подручја на нагибима од 0-4%, заузимају површину од 20.29%, док нагиби преко 70% заузимају свега 0.03% површине истраживаног подручја. Максимална вредност нагиба уочена на истраживаном подручју везана је за падину на сливу потока Паланка (околина Рипња), где је забележена вредност од 106.84%.

Један од фактора који указују на потенцијал за појаву бујичних поплава јесте развијеност (густина) хидрографске мреже, која варира у дијапазону од  $0.34 \text{ km} \cdot \text{km}^{-2}$  до  $3.25 \text{ km} \cdot \text{km}^{-2}$ , док просечна вредност на истраживаном подручју износи  $1.35 \text{ km} \cdot \text{km}^{-2}$ . Заједничко за већину анализираних водотокова је да се изворишта налазе у дијапазону надморских висина од 210 mm (слив Мрчевице, шифра 22; слив Очаге, шифра 26) до 650 mm (слив реке Пештан, шифра 34), док су уливи у локалне реципијенте од 70 mm (ушће потока Саставак, шифра 43) до 156.63 mm (ушће Оњега, шифра 28). Најниже деонице бујичних токова имају мале падове, често смањену пропусну моћ корита и значајну акумулацију наноса. Најмање вредности апсолутног нагиба речног корита су регистроване на водотоковима Мрчевици ( $I_a=0.66\%$ , шифра 22), Врбовици ( $I_a=0.79\%$ , шифра 57), Опарни ( $I_a=0.82\%$ , шифра 31) и Болечици ( $I_a=0.95\%$ , шифра 9).

Четири слива на ужој истраживаној зони (Каљави, Јелезовачки, Раковички и поток Паригуз) су обрађена применом ГИС апликација. Поред ДЕМ резолуције 90 m, који је коришћен за ширу зону истраживања, креиран је и ДЕМ резолуције 20 m (на основу дигитализованих топографских карата). Начин коришћења простора на четири слива уже зоне истраживања је одређен на два начина: за ширу зону истраживања (за коју је коришћен ДЕМ резолуције 90m) коришћена је CORINE Land Cover база података; за ужу зону истраживања (за коју је генерисан ДЕМ резолуције 20m) коришћени су аерофото снимци који су интерпретирани модификацијом методологије CLC. Затим, примењена је МПЕ у циљу прорачуна укупне годишње ерозионе продукције. Различите резолуције су произвеле разлике у структури површина на предметним сливовима, а тиме и у резултујућим вредностима укупне годишње ерозионе продукције. Вредност укупне годишње ерозионе продукције добијене коришћењем CORINE Land Cover на широј зони истраживања, на сливу 52 (Каљави и Јелезовачки поток), износи  $W_{\text{god}}=5903 \text{ m}^3$ , а изражено као специфична вредност  $W_{\text{godsp}}=540.65 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{god}^{-1}$ . На сливу Раковичког потока и потока Паригуз те вредности износе  $W_{\text{god}}=7939.8 \text{ m}^3$  и  $W_{\text{godsp}}=577.44 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{god}^{-1}$ , односно,  $W_{\text{god}}=2985.7$  и  $W_{\text{godsp}}=631.23 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{god}^{-1}$ .



Истовремено, истраживања на ужој зони (Каљави, Железовачки, Раковички и поток Паригуз) уз креирање ДЕМ 20 m и са структуром површина на основу обраде аерофото снимака, показују да укупна годишња ерозиона продукција, према МПЕ, на сливовима Каљавог и Железовачког потока износи  $W_{god}=341.95 \text{ m}^3$ , односно,  $W_{god}=1497.3 \text{ m}^3$ , а изражено као специфичне вредности  $W_{godsp}=232.62 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{god}^{-1}$ , односно,  $W_{godsp}=250.39 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{god}^{-1}$ . На сливовима Раковичког и потока Паригуз одређене су вредности  $W_{god}=4687.1 \text{ m}^3$ , односно,  $W_{god}=1965.2$ , а изражено као специфичне вредности  $W_{godsp}=340.9 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{god}^{-1}$ , односно,  $W_{godsp}=415.5 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{god}^{-1}$ . Коришћењем ДЕМ 20 m и структуре површина на основу обраде аерофото снимака, добијају се мање вредности специфичне ерозионе продукције, као и укупне ерозионе продукције, у дијапазону од 53.7-57% (за сливове Каљавог и Железовачког потока), односно, 34.2-41% за сливове потока Паригуз и Раковичког потока. Очигледно је да ДЕМ 20 m (са структуром површина на основу обраде аерофото снимака високе резолуције) има већу осетљивост у односу на ДЕМ 90 m (са структуром површина на основу CORINE базе података). Из тога следи да се плански документи као што су *Планови за проглашење ерозионих подручја* и *Оперативни планови за одбрану од поплава на водотоковима II реда* могу радити на основу ДЕМ 90 m, уз коришћење CORINE Land Cover базе података за одређивање намене површина, а да би техничку документацију за извођење објеката противерозионе заштите и за превенцију бујичних поплава требало радити на основу ДЕМ 20 m, уз коришћење аерофото снимака високе резолуције за одређивање намене површина.

На четири слива уже зоне истраживања (Каљави, Железовачки, Раковички и поток Паригуз) планирани су рестаурациони радови, односно, примена противерозионих мера кроз следеће врсте активности: пошумљавање, формирање илофилтерских система и примену САМ. Симулација стања после рестаурације сливова уже зоне истраживања, применом МПЕ, показује смањење ерозионог потенцијала, што је изражено преко вредности специфичне продукције ерозионог материјала  $W_{godsp} (\text{m}^3 \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{god}^{-1})$ : Каљави поток - 6.7%; Железовачки поток - 15.9%; Раковички поток - 22.6%; поток Паригуз - 18.7%.

Обављени су прорачуни максималног протицаја за услове пре и после примене рестаурационих мера. Примена противерозионих мера променила би структуру површина на предметним сливовима у смеру повећања заступљености шумских површина, у односу на укупну површину: Каљави поток: 1.69%; Железовачки поток: 4.47%; Раковички поток: 14.14%; поток Паригуз: 15.44%. Повећање степена пошумљености сливова води ка појачавању ефекта интерцепције. Измењена структура површина на сливу и смањење броја криве отицаја  $CN$ , уз исте улазне параметре (падавине и физичко-географске карактеристике), показује модификацију хидролошких услова, пре свега кроз ниже вредности максималног протицаја одређене вероватноће појаве и редукацију запремине хидрограма директног отицаја. На Каљавом потоку је смањен максимални протицај  $Q_{max(\%)}$  у опсегу од 12.5-17.5%, на Железовачком 11.8-16.4%, Раковичком 14.1-19.7% и потоку Паригуз 11.8-16.4%, за све четири анализирани вероватноће ( $p=0.1, 0.5, 1$  и  $2\%$ ). На Каљавом потоку је смањена запремина хидрограма директног отицаја  $W_d(\%)$  у опсегу од 7.9-14.3%, на Железовачком 8.2-13.2%, Раковичком 10.2-15.9% и потоку Паригуз 7.9-14.5%, за све четири анализирани вероватноће ( $p=0.1, 0.5, 1$  и  $2\%$ ).

Интерцепција је процес задржавања дела падавинске воде на лишћу или четиринама шумског дрвећа, као и жбуњу, трави, живим и мртвим деловима биљака. Део падавина који се задржи интерцепцијом не учествује у формирању површинског отицаја и углавном испарава у атмосферу. Интерцепција на годишњем нивоу износи око 40% за стабла смрче, јеле и дуглазије, 20-40% у боровим састојинама, док је у лишћарским 10-20% (Велашевић, Ђоровић, 1998). Истраживања на планини Гоч (Ристић, Мацан, 2002) су показала да интерцепција за стабла јеле у вегетационом периоду износи 43.7-53.3% (од укупних падавина), док је за стабла букве 17.7-22.8%. Ефекат интерцепције је веома значајан за превенцију бујичних поплава, поготово током вегетационог периода, у складу са чињеницом да се плувиометријски режим у Србији одликује максималним месечним вредностима падавина током маја и јуна месеца. Велики утицај на укупну интерцепцију на годишњем или сезонском нивоу има неколико фактора: врста дрвећа (четинари или лишћари), облик и густина крошње, положај стабла у састојини и његова старост, покривност

(једнострука, вишеструка). Планирано повећање шумовитости на четири слива уже зоне истраживања, углавном лишћарским врстама, обезбеђује појачан ефекат интерцепције који на годишњем нивоу износи око 21% (Ристић, Маџан, 2002), у односу на вишегодишњу просечну количину падавина (675.21 mm). Сходно томе, укупна запремина воде која доспева на површину предметних сливова на годишњем нивоу биће умањена сразмерно повећању површина под шумском вегетацијом: Каљави поток: 3516 m<sup>3</sup>; Железовачки поток: 37915 m<sup>3</sup>; Раковички поток: 275682 m<sup>3</sup>; поток Паригуз: 103521 m<sup>3</sup>.

Применом одговарајућих техника и технологија пошумљавања (примена тераса и градона; коришћење контејнерских садница; противерозионо пошумљавање на „елипсе“; припрема садних места коришћењем експлозива; формирање илофилтерских система) могуће је обнављање деградираних шума и у климатски измењеним условима. Успостављање шума утиче на смањење интензитета ерозионих процеса, пре свега кроз развој и заштиту земљишта, ефекат интерцепције, појачану инфилтрацију и ретенцију. Тиме се редукује потенцијал за формирање брзог површинског отицаја, транспорт ерозионог материјала и појаву бујичних поплава (Ristić et al., 2013b). Такође, долази до модификације циклуса отицаја кроз повећано учешће малих и средњих вода, са редукованом запремином поплавног отицаја, мањим проносом суспендованог и вученог наноса. Поред превентивног дејства на деструктивне ерозионе процесе и бујичне поплаве, остварује се и заштита водних тела од засипања наносом, што је важно и за квалитет воде у акумулацијама на територији Града. Такође, пошумљавањем се ублажавају негативни ефекти климатских промена и успоравају процеси дезертификације.

Просторна и временска неравномерност расподеле падавина, посебно током екстремних метеоролошко-хидролошких епизода, производи потребу за креирањем модела који треба да омогући прорачун репрезентативне рачунске кише, што је улазни податак за прорачун максималног протицаја (Zoccatelli et al., 2010). Истовремено, стално се проширује обим постојећих база података о историјским бујичним поплавама и параметарима од утицаја (Gourley et al., 2010), у које спада и изражена сезоналност у појединим регионима Европе (Parajka et al., 2010; Koutroulis, 2010). Пажња се поклања и процени интензитета

и количине падавина применом радара, како би се целовитије сагледали сви аспекти појаве историјских бујичних поплава (Bouilloud et al., 2010). Бројна истраживања имала су за циљ да повежу коришћење радарских осматрања и могућност најаве бујичних поплава у условима текућих климатских промена и поред ограничења у вези квалитета података и преноса релевантних информација, од обрађивача до корисника (Villarini et al., 2010; Rozalis et al., 2010; Anagnostou et al., 2010; Rossa et al., 2010). Посебно је изазовна проблематика ране најаве бујичних поплава на неизученим сливовима, применом радара, у циљу детерминације утицаја интензитета атмосферске циркулације влаге на формирање екстремних падавина (Javelle et al., 2010). Такође, поједини истраживачи покушавају да квантификују просторно-временске варијабилности појединих компоненти које учествују у генерисању отицаја, применом математичких релација, кроз сталну калибрацију параметара према реалним условима (Viglione et al., 2010a; Viglione et al., 2010b; Anquetin, 2010).

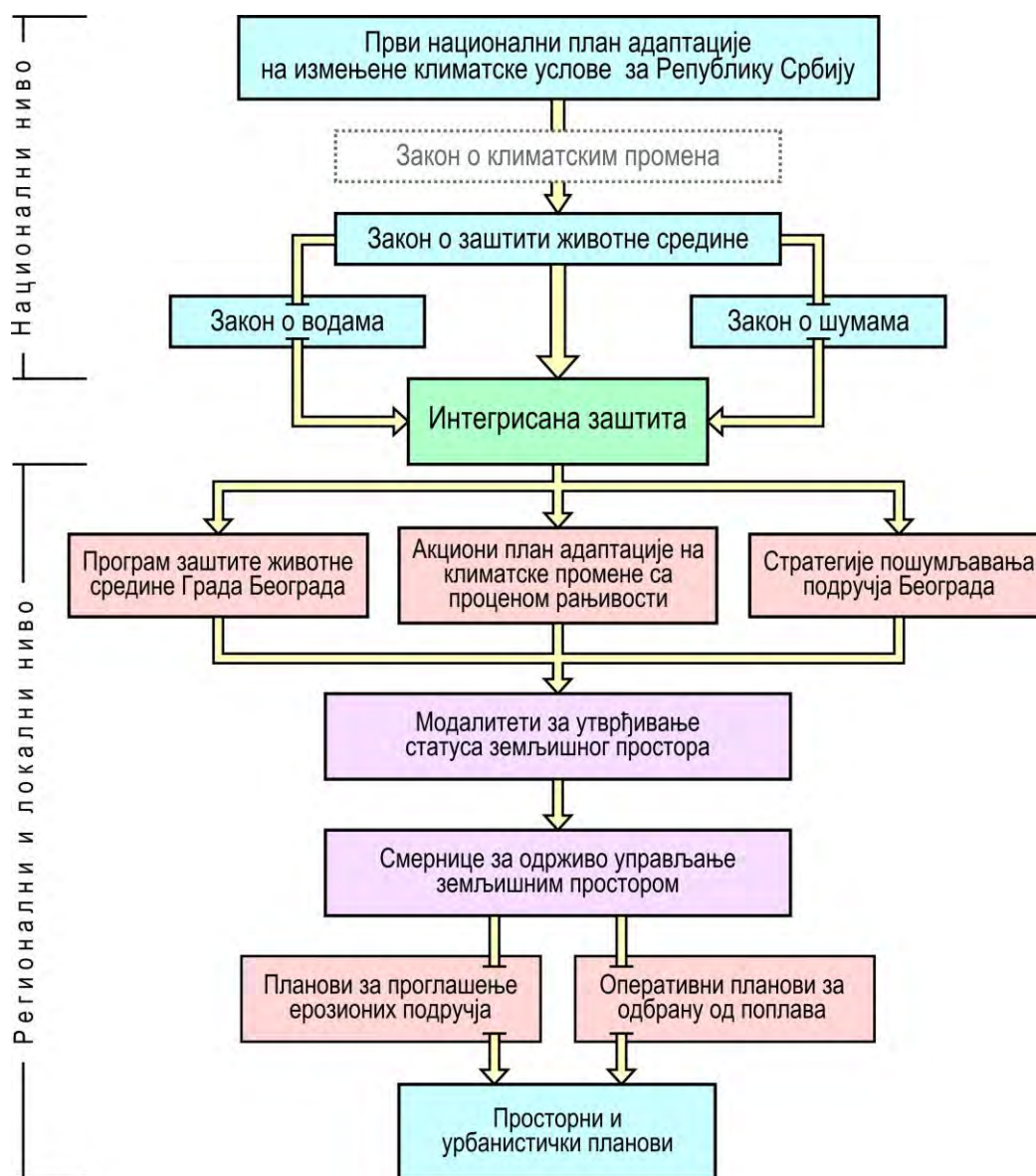
На основу резултата истраживања на предметном подручју, као и у другим деловима Србије (Билибајкић, 2011; Брауновић, 2013; Стефановић, 2016), конципиран је савремени приступ за заштиту од ерозије и превенцију бујичних поплава, унутар концепта интегралне заштите животне средине на територији Града Београда, чији су полазни елементи:

- коришћење позитивних искустава из Србије и других земаља, на већ третираним ерозионим подручјима (Ristić et al., 2012b; Frankl, 2017), са читавим дијапазоном техничких радова у хидрографској мрежи (регулације, прагови, преграде, рустикалне преграде), биотехничких (терасе, градони, плетери, контурни ровови, водоравни зидићи) и биолошких радова на падинама сливова (пошумљавање, подизање воћњака, затрављивање);
- Општине на подручју Града, у оквиру својих дефинисаних надлежности, треба да спроведу решења из усвојених *Планова за проглашење ерозионих подручја*, и да израде функционалне *Оперативне планове за одбрану од поплава на водотоковима II реда* (бујични водотокови), у складу са *Законом о водама* (Сл. Гл. РС, бр. 30/10; 93/2012; 101/2016);

- сливна подручја третирају интегрално, кроз симултано извођење техничких, биотехничких и биолошких радова, у складу са прописаним административним мерама;
- приликом пошумљавања користити првенствено аутохтоне врсте које подносе високе температуре, у условима дужих сушних периода;
- примена противерозине агротехнике на обрадивим површинама, у оквиру концепта агрошумарства, како би се искористили продуктивни потенцијали земљишта, уз минимизирање нежељених ефеката (продукција и транспорт ерозионог материјала), у складу са *Националном стратегијом одрживог коришћења природних ресурса и добара* (Сл. Гл. РС, бр. 33/2012) и члановима 18., 19. и 20. *Закона о пољопривредном земљишту* (Сл. Гл. РС, бр. 80/2017);
- примена одрживих просторно-планских решења, са јасно означеним зонама где постоји висок степен ризика (еродиране површине, плавне зоне, клизишта).

Модел одрживог управљања територијом Београда, са аспекта заштите од интензивних ерозионих процеса и бујичних поплава, уз очување, заштиту и повезивање преосталих отворених водотокова, фрагмената шума и вредних зелених површина, који је представљен на четири слива уже зоне истраживања, представља образац који је могуће применити на свих 57 анализираних сливова шире зоне истраживања (Слика 5.1.). Просторни развој Београда, као иманентна потреба метрополитенског подручја, носи и одређене ризике који су својствени и другим, сличним подручјима на глобалној поредбеној размери (EFI, 2011; Seto et al., 2011; Haase, 2015), са јаким утицајима на квалитет људског живота и биоразноврсност (Dye, 2008; Fuller et al., 2009). Синергетско дејство процеса урбанизације и текућих климатских промена угрожава функционалност и виталност водотокова у високоурбанизованим подручјима (O’Loughlin et al., 1995; Semadeni-Davies et al., 2008; Vleeschauwer et al., 2014), са предвидивим аномалијама у процесу кружења воде, а нарочито у процесу отицаја (IPCC, 2012; Willems et al., 2012; Arnbjerg-Nielsen et al., 2013; Vleeschauwer et al., 2014).

Основ за реализацију дугорочне противерозионе заштите простора на широј зони истраживаног подручја, кроз примену система интегралне заштите (мере биолошког, биотехничког, техничког и административног карактера) јесу основне поставке кључних докумената, усвојених у градским институцијама: *Програм заштите животне средине града Београда* (Скупштина града Београда, 2015), *Стратегија пошумљавања подручја Београда* (Службени лист Града Београда, бр. 20/2011), *Акциони план адаптације на климатске промене са проценом рањивости* (Градска Управа Града Београда, Секретаријат за заштиту животне средине, 2015).



Слика 5.1. Модел одрживог управљања територијом Београда

Реализован истраживачки приступ и резултати који су омогућили детерминацију критеријума за утврђивање степена угрожености, као и последични предлози за ублажавање ризика од појаве деструктивних ерозионих процеса и бујичних поплава, су компатибилни са *Програмом заштите животне средине Града Београда*. Овим документом је препозната потенцијална опасност од неповољних процеса на сливовима више од 150 малих водотокова, бујичног карактера, посебно на рубним деловима градске територије, пре свега због неконтролисаног процеса урбанизације, уништавања и деградације преосталих фрагмената шумских површина. Поред тога, мање од 50% укупне дужине водотокова на подручју Београда је регулисано. Упркос наведеним чињеницама, до сада нису спроведена потпуна истраживања која систематизују просторне и хидролошке карактеристике бујичних водотокова града, са прецизном инвентаризацијом угрожених стамбених и комерцијалних јединица. Допринос дисертације у том смислу јесте креирање адекватног методолошког приступа за идентификацију стања и степена угрожености простора Града, са аспекта заштите од ерозије и бујичних поплава као фактора угрожавања животне средине. Сва предложена решења у потпуности подржавају важећи *Програм заштите животне средине Града Београда*, посебно у деловима који се односе на „процену стања и степена угрожености“ и „интегрални систем уређења и заштите од вода“.

Предложена методологија и резултати истраживања су такође у функцији потребе да се детерминишу мере ублажавања и прилагођавања на актуелне климатске аномалије, што је и примарни циљ *Акционог плана адаптације на климатске промене са проценом рањивости*. Истиче се важност мера које треба предузети у контексту адаптације виталних градских функција на измењене климатске услове, како би се смањио „степен рањивости“. Наглашена је важност стварања нових „зелених простора“, кроз пошумљавање деградираних површина, као мера високог приоритета у циљу обнављања и повећања отпорности природних система. Такође, један од циљева *Стратегије пошумљавања подручја Београда* јесте „ревитализација малих градских водотокова“. Реализација циљева детерминисаних *Стратегијом пошумљавања градске територије*, у садејству са развојем концепта „плаво-зелених“ коридора

и усмереним дејством на контроли ерозионих процеса на падинама сливова, као и активним третманом хидрографске мреже кроз изградњу попречних и подужних објеката, нужно воде ка унапређењу стања животне средине и постају важна компонента њене интегралне заштите. *Стратегијом пошумљавања* предвиђено је да се пошуми око 50000 ha градске територије, а до сада је то обављено на око 730 ha, при чему су коришћене контејнерске саднице лишћара и четинара, различите старости. Кључно је повећати површине под шумама, унапредити њихову структуру и повећати степен покривности тла, уз контролисану урбанизацију и примену конзервационих мера у пољопривреди.

Територија Града Београда представља простор велике „осетљивости“ у складу са чињеницама да је то административни и економски центар земље, у коме живи 23.9% становништва Србије, где је најважније чвориште копненог, ваздушног и воденог саобраћаја. Истовремено, то је веома важан простор у погледу енергетске и војне безбедности земље, тако да било какав третман београдске територије захтева комплексно сагледавање свих функција простора.



## 6. ЗАКЉУЧЦИ

На основу анализе резултата сопствених истраживања, релевантне научне литературе, постојећих стратешких и планских докумената, могу се издвојити следећи закључци:

- Територија Града Београда изложена је веома високом ризику од појаве деструктивних ерозионих процеса и бујичних поплава, који су претња у еколошком, безбедносном, економском и социјалном смислу. Природне карактеристике подручја (клима, рељеф, земљиште, геолошка подлога, развијена хидрографска мрежа), у садејству са антропогеним утицајима, погодују развоју процеса ерозије и појави бујичних поплава.
- Стање ерозионих процеса на ширем истраживаном подручју се одликује просторном доминацијом слабе и врло слабе ерозија (80.31% укупне површине истраживаног подручја), док репрезентативна вредност коефицијента ерозије износи  $Z_{sr} = 0.297$ . Просечна годишња ерозиона продукција износи  $W_{god} = 607.308,02 \text{ m}^3$ , изражено као специфична вредност  $W_{godsp} = 409,09 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{god}^{-1}$ . Иако ексцесивна и јака ерозија захватају свега 1.8% укупне површине а средња ерозија 17.88% истраживаног подручја, може се констатовати висок ниво деградације земљишта, што се и манифестовало током катастрофалних бујичних поплава у мају 2014. године, када је у хидрографској мрежи и приобаљу депонована огромна количина наноса.
- Најинтензивнији процеси ерозије на истраживаном подручју Града Београда су последица прекомерног антропогеног притиска. Негативни антропогени утицаји, са аспекта развоја ерозионих процеса и стварања услова за појаву бујичних поплава, најизраженији су кроз процесе урбанизације (изградња резиденцијалних и економских објеката, путне и остале инфраструктуре; заузеће површина у приобаљу), уклањање преосталих фрагмената шумске вегетације, деградацију зелених површина, ширење површинских копова и неадекватан третман пољопривредних површина. Становништво административног подручја

Града Београда је увећано за 1.025.437 људи, у периоду 1948-2011 (године у којима су вршени пописи). Досадашњи економски и социјални развој истраживаног подручја утицао је на нестајање великих шумских комплекса, које су замениле урбанизоване и пољопривредне површине. Актуелни тренд раста становништва Београда извесно упућује на интензивнију урбанизацију, али и на раст ризика од појаве деструктивних ерозионих процеса и бујичних поплава.

- На четири слива уже зоне истраживања (Каљави, Железовачки, Раковички и поток Паригуз) обављени су прорачуни ерозионе продукције и максималног протицаја, у условима пре и после рестаурационих противерозионих радова, са тежиштем на биолошким радовима (пошумљавање, формирање илофилтерских система и примена САМ-савремених агротехничких мера). Утврђена је промена стања после симулиране примене рестаурационих радова: смањење ерозионог потенцијала, броја криве отицаја CN, максималног протицаја и запремине хидрограма директног отицаја. Истовремено, повећање степена шумовитости у дијапазону од 1.69-15.44% значајно је појачало ефекат интерцепције.
- Основ за реализацију дугорочне противерозионе заштите простора на широј зони истраживаног подручја, кроз примену интегралног приступа (мере биолошког, биотехничког, техничког и административног карактера) јесу принципи садржани у кључним документима: *Програм заштите животне средине града Београда, Стратегија пошумљавања подручја Београда, Акциони план адаптације на климатске промене са проценом рањивости.*
- Неопходна је израда ажурираних *Планова за проглашење ерозионих подручја* и *Оперативних планова за одбрану од поплава на водотоковима II реда*, за све општине на подручју Града, у складу са актуелним стањем простора.
- *Планови за проглашење ерозионих подручја* и *Оперативни планови за одбрану од поплава на водотоковима II реда* могу се радити на основу

ДЕМ 90 m, уз коришћење CORINE базе података за одређивање намене површина, док се техничка документацију за извођење објеката противерозционе заштите и за превенцију бујичних поплава може радити искључиво на основу ДЕМ 20 m, уз коришћење аерофото снимака високе резолуције за одређивање намене површина.

- Креирани модел одрживог управљања простором четири слива уже зоне истраживања, са аспекта заштите од интензивних ерозионих процеса и бујичних поплава, уз очување, заштиту и повезивање преосталих отворених водотокова, фрагмената шума и вредних зелених површина, представља истовремено и образац за израду модела који се може применити на 57 анализираних сливова шире зоне истраживања, са укупним просторним обухватом од 1.484,55 km<sup>2</sup>.
- Врста, обим и временска динамика планираних противероззионих радова требало би да буду у складу са усвојеним планским и урбанистичким документима, који детерминишу основне развојне правце простора Града Београда. Уколико се уоче недостаци или потенцијални ризици, као последица неадекватних планских и урбанистичких решења, са реалним ризиком за интензивирање ерозионих процеса и повећање потенцијала за појаву бујичних поплава, потребно је у оквиру законске процедуре иницирати адекватне промене.

## 7. ЛИТЕРАТУРА

1. Alatorre L.C., Begueria S., Garcia-Ruiza J.M. (2010): *Regional scale modeling of hillslope sediment delivery: A case study in the Barasona Reservoir watershed (Spain) using WATEM/SEDEM*, Journal of Hydrology, 391(1-2): 109–123.
2. Alcantara-Ayala I. (2002): *Geomorphology, Natural Hazards, Vulnerability and Prevention of Natural Disasters in Developing Countries*, Geomorphology, 47: 107-124.
3. Amore E., Modica C., Nearing M.A., Santoro V. (2004): *Effect in USLE and WEPP Application for Soil Erosion Computation from Three Sicilian Basins*, Journal of Hydrology, 293: 100-114.
4. Anagnostou M.N., Kalogiros J., Anagnostou E.N., Tarolli M., Papadopoulos A., Borga M. (2010): *Performance evaluation of high-resolution rainfall estimation by X-band dual-polarization radar for flash flood applications in mountainous basins*, Journal of Hydrology, 394: 4-16.
5. Ananda J., Herath G. (2003): *Soil erosion in developing countries: a socio-economic appraisal*, Journal of environmental management, 68 (4): 343-353.
6. Anquetin S., Braud I., Vannier O., Viallet P., Boudevillain B., Creutin J., Manus C. (2010): *Sensitivity of the hydrological response to the variability of rainfall fields and soils for the Gard 2002 flash flood event*, Journal of Hydrology, 394: 134-147.
7. Antić M., Nikolić J., Avdalović V. (1980): *Pedologija*, Naučna knjiga, Beograd.
8. Antić G., Bogdanović M., Živanović Ž., Čorović R., Trifunović M. (1978): *Zemljišta područja Beograda južno od Save i Dunava*, Grad Beograd-Gradski Geodetski zavod, Beograd
9. Arnbjerg-Nielsen K. (2011): *Past, present, and future design of urban drainage systems with focus on Danish experiences*, Water Science and Technology, 63 (3): 527-535.

10. Arnbjerg-Nielsen K., Willems P., Olsson J., Beecham S., Pathirana A., Bülow Gregersen I., Madsen H., Nguyen V. (2013): *Impacts of climate change on rainfall extremes and urban drainage systems*, Water Science and Technology 68 (1): 16–28.
11. Bahadur KC. (2009): *Mapping soil erosion susceptibility using remote sensing and GIS: a case of the Upper Nam Wa Watershed, Nan Province, Thailand*, Environmental Geology, 57: 695-705.
12. Bakker M., Govers G., Kosmas C., Vanacker V., Oost K., Rounsevell M. (2005): *Soil erosion as a driver of land-use change*, Agriculture, Ecosystems and Environment, 105: 467–481.
13. Baredo J.I. (2007): *Major flood disasters in Europe: 1950-2005*, Natural Hazards, 42 (1): 125-148.
14. Belanović S., Perović V., Vidojević D., Kostadinov S., Knežević M., Kadović R., Košanin O. (2013): *Assessment of soil erosion intensity in Kolubara district, Serbia*, Fresenius Environmental Bulletin, 55 (5): 1559-1563
15. Bengtsson J., Engelhardt K., Giller P., Hobbie S., Lawrence D., Levine J., Vila M., and Wolters V. (2002): *Slippin' and slidin' between the scales: the scaling components of biodiversity-ecosystem functioning relations*, 209-220, Biodiversity and ecosystem functioning. Oxford University Press, Oxford,
16. Berz G., Kron W., Loster T., Rauch E., Schimetschek J., Schmieder J., Siebert A., Smolka A., Wirtz A. (2001): *World Map of Natural Hazards – A Global View of the Distribution and Intensity of Significant Exposures*, Natural Hazards, 23 (2-3): 443-465.
17. Beven K. (2001): *Rainfall-Runoff Modelling*, The Primer, John Wiley & Sons.
18. Bolund P., Hunhammar S. (1999): *Ecosystem services in urban areas*, Ecological Economics, 29: 293–301.
19. Bouilloud L., Delrieu G., Boudevillain B., Kirstetter P. (2010): *Radar rainfall estimation in the context of post-event analysis of flash flood events*, Journal of Hydrology, 394: 17-27.
20. Carvalho de D.F., Durigon V.L., Antunes M.A.H., Almeida de W.S., Oliveira de P.T.S. (2014): *Predicting soil erosion using RUSLE and NDVI time series from tm Landsat 5*, Pesquisa Agropecuaria Brasileira, 49: 215–224.

21. Chocat B., Ashley R., Marsalek J., Matos M.R., Rauch W., Schilling W., Urbonas B. (2007): *Toward the Sustainable Management of Urban Storm-Water*, Indoor Built Environ, 16 (3): 273-285.
22. CLC (CORINE LAND COVER) (2012): <http://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>, приступ бази података 05.03.2017.
23. Coley R. L., Sullivan W.C., Kuo F.E. (1997): *Where does community grow? The social context created by nature in urban public housing*, Environment and Behavior, 29: 468–494.
24. Dabral P.P., Baithuri N., Pandey A. (2008): *Soil erosion assessment in a hilly catchment of North Eastern India using USLE, GIS and remote sensing*, Water Resources Management, 22: 1783-1798.
25. Deilami K., Mohd M.I.S., Atashperah N. (2012): *An accuracy assessment of ASTER stereo images-derived digital elevation model by using rational polynomial coefficient model*, American Journal of Scientific Research, 55: 128-135.
26. Desmet P.J., Govers G. (1996): *A GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units*, Journal of Soil and Water Conservation, 51 (5): 427–433.
27. Dragičević S., Filipović D., Kostadinov S., Ristić R., Novković I., Živković N., Andjelković G., Abolmasov B., Šećerov V., Djurdjić S. (2011): *Natural Hazard assessment for land-use planning in Serbia*, International Journal of Environmental Research, 5 (2): 371-380.
28. Dye C. (2008): *Health and urban living*, Science, 319: 766–769.
29. EC (European Commission) (2013): *Green Infrastructure (GI) - Enhancing Europe's Natural Capital*, COM (2013), 249 final.
30. EFI (2011): *Water for Forests and People in Mediterranean Region*, Joensuu, Finland.
31. EFI (2015): *Towards a European Forest Risk Facility-Annex of the Strategy and Business Plan*, Freiburg, Germany.
32. Emmanouloudis D., Christou O., Filippidis E. (2003): *Quantitative estimation of degradation in the Aliakmon River basin using GIS*, In: Erosion prediction in

- ungauged basins: Integrating methods and techniques. IAHS Publication, 279: 234-240.
33. Emmanouloudis D., Filippidis E. (1999): *Modified quantitative estimation model of erosion and degradation in four mountain basins*, In: Integrated Methods in Catchment Hydrology – Tracer, Remote sensing and New Hydrometric Techniques, IAHS Publication, 258: 275-280.
  34. Fanetti D., Vezzoli L. (2007): *Sediment input and evolution of lacustrine deltas: The Breggia and Greggio rivers case study (Lake Como, Italy)*, Quaternary International, 173-174: 113-124.
  35. Fattorini M. (2001): *Establishment of Transplants on Machine-Graded Ski Runs Above Timberline in the Swiss Alps*, Restoration Ecology, 9 (2): 119-126.
  36. Fistikoglu O., Harmancioglu N.B. (2002): *Integration of GIS with USLE in Assessment of Soil Erosion*, Water Resources Management, 16: 447-467.
  37. Frankl A., Pretre V., Nyssen J., Salvador P.G. (2017): *The success of recent land management efforts to reduce soil erosion in northern France*, Geomorphology, 303: 84-93.
  38. Freppaz M., Lunardi S., Bonifacio E., Scalenghe R., Zanini E. (2002): *Ski slopes and stability of soil aggregates*, Book Series: Advances in Geoecology, Reiskirchen, 35: 125-132.
  39. Fuller R.A., Gaston J.K. (2009): *The scaling of green space coverage in European cities*, Biology Letters, 5: 352–355.
  40. Fuller R.A., Irvine K.N., Devine-Wright P., Warren P.H. & Gaston K.J. (2007): *Psychological benefits of green space increase with biodiversity*, Biology Letters, 3: 390–394.
  41. Garcia-Rodriguez J., Gimenez-Suarez M. (2010): *Historical review of topographical factor, LS, of water erosion models*, Aqua-LAC, 2 (2): 56–61.
  42. Gilbert O.L. (1989): *The ecology of urban habitats*, London, UK, Chapman & Hall.
  43. Globevnik L., Holjevik D., Petkovšek G., Rubinić J. (2003): *Applicability of the Gavrilovic method in erosion calculation using spatial data manipulation techniques*, In: Erosion prediction in Ungauged Basins: Integrating methods and techniques, IAHS Publication, 279: 22-233.

44. Gourley J.J., Erlings J.M., Smith T.M., Ortega K.L., Hong Y. (2010): *Remote collection and analysis of witness reports on flash floods*, Journal of Hydrology, 394: 53-62.
45. Grimm M., Jones R., Rusco E., Montanarella L. (2003): *Soil Erosion Risk in Italy: a revised USLE approach*, European Soil Bureau Research Report No. 11, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
46. Guzzetti F., Reichenbach P., Ardizzone F., Cardinali M., Galli M. (2005): *Probabilistic landslide hazard assessment at the basin scale*, Geomorphology, 72: 272–299.
47. Gyssels G., Poesen J., Bochet E., Li Y. (2005): *Impact of plant roots on the resistance of soils to erosion by water: a review*, Progress in Physical Geography, 29 (2):189–217.
48. Haase D. (2015): *Reflections about blue ecosystem services in cities*, Sustainability of Water Quality and Ecology, 5: 77-83.
49. Haase D., Larondelle N., Andersson E., Artmann M., Borgström S., Breuste J., Gomez-Baggethun E., Gren A., Hamstead Z., Hansen R., Kabisch N., Kremer P., Langemeyer J., Rall L., McPhearson T., Pauleit S., Qureshi S., Schwarz N., Voigt A., Wurster D., Elmqvis T. (2014): *A quantitative review of urban ecosystem service assessments: concepts, models, and implementation*, Ambio, 43: 413–433.
50. Hartkamp A.D., De Beurs K., Stein A., White J.W. (1999): *Interpolation Techniques for Climate Variables*, NRG-GIS Series 99-01, Mexico.
51. Hickey R., Smith A., Jankowski P. (1994): *Slope length calculations from a DEM within ARC/INFO GRID*, Computers, Environment and Urban Systems, 18 (5): 365-380.
52. IPCC (2012): *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation*, In: A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (C. B. Field, V. Barros, T. F. Stocker, D. Qin, D. J. Dokken, K. L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K. J. Mach, G.-K. Plattner, S. K. Allen, M. Tignor & P.M. Midgley, eds), Cambridge University Press, Cambridge, UK.



53. IPCC (2014): *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland.
54. Irvem A., Topaloglu F., Uygur V. (2007): *Estimating spatial distribution of soil loss over Seyhan River Basin in Turkey*, Journal of Hydrology, 336: 30-37.
55. IUSS (International Union of Soil Sciences) Working Group WRB (World Reference Base for Soil Resources) (2015): *International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps*, World Soil Resources Reports, 106, FAO, Rome.
56. Javelle P., Fouchier C., Arnaud P., Lavabre J. (2010): *Flash flood warning at ungauged locations using radar rainfall and antecedent soil moisture estimations*, Journal of Hydrology, 394: 267-274.
57. Jones J.A., Grant G.E. (1996): *Peak flow responses to clear-cutting and Roads in small and large basins, western Cascades, Oregon*, Water Resources Research, 32 (4): 959-974.
58. Jones J.A., Post D.A. (2004): *Seasonal and successional streamflow response to forest cutting and regrowth in the northwest and eastern United States*, Water Resources Research, 40, 19 str.
59. Karaburun A. (2010): *Estimation of C factor for soil erosion modeling using NDVI in Buyukcekmece watershed*, Ozean Journal of Applied Sciences 3(1): 77–85.
60. Knežević M., Đorđević A., Košanin O., Miletić Z., Golubović S., Pekeč S., Životić Lj., Nikolić N., Žarković M. (2011): *Usklađivanje nomenklature osnovne pedološke karte sa WRB klasifikacijom*, Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet.
61. Kostadinov S. (2007): *Erosion and torrent control in Serbia: Hundred years of experiences*, In: International conference „Erosion and torrent control as a factor in sustainable river basin management“, Belgrade, Proceedings (CD).

62. Kostadinov S., Marković S. (1996): Soil erosion and effects of erosion control works in the torrential drainage basins of southeast Serbia, *Erosion and Sediment Yield: Global and Regional Perspectives*, IAHS Publ. No. 236.
63. Kothiyari U.C. (1996): *Erosion and sedimentation problems in India*, *Erosion and Sediment Yield: Global and Regional Perspectives*, IAHS Publ. No. 236
64. Koutroulis A.G., Tsanis, I.K., Daliakopoulos, I.N. (2010): *Seasonality of floods and their hydrometeorologic characteristics in the island of Crete*, *Journal of Hydrology*, 394: 90-100.
65. Kusky M.T. (2010): *Encyclopedia of Earth and Space Science; Urbanization and Flash-flooding*, Infobase Publishing, New York.
66. Laflen M. J.; Flanagan D.C. (2013): *The development of U.S. soil erosion prediction and modeling*, *International Soil and Water Conservation Research*, 1 (2): 1–87.
67. Lal R. (2001): *Soil degradation by Erosion*, John Wiley & Sons, Ltd.
68. Lee, S. (2004): *Soil erosion assessment and its verification using the Universal Soil Loss Equation and Geographic Information System: a case study at Boun, Korea*, *Environmental Geology*, 45 (4): 457-465.
69. Lerner L.A. (2007): *Assessing global exposure to natural hazards: Progress and future trends*, *Environmental Hazards*, 7: 10–19.
70. Lieskovsky J., Kenderessy P. (2014): *Modelling the effect of vegetation cover and different tillage practices on soil erosion in vineyards: A case study in vrable (Slovakia) using WATEM/SEDEM*, *Land degradation & development* 25 (3): 288–296.
71. Ma JW., Xue Y., Ma C.F., Wang Z.G. (2003): *A data fusion approach for soil erosion monitoring in the Upper Yangtze River Basin of China based on Universal Soil Loss Equation (USLE) model*, *International Journal of Remote Sensing*, 24 (23): 4777-4789.
72. Maa J., Verheij R.A., Groenewegen P.P., de Vries S., Spreeuwenberg P. (2006): *Green space, urbanity, and health: how strong is the relation?*, *Journal of Epidemiology and Community Health*, 60: 587–592.
73. Maidment D. (2002): *ArcHydro GIS for Water Resources*, Volume 1, ESRI Press, 201 str.

74. Mati B.M., Veihe A. (2001): *Application of the USLE in a savannah environment: comparative experiences from East and West Africa*, Singapore Journal of Tropical Geography, 22 (2): 138-155.
75. Mazza F., Longoni L., Papini M., Brambilla D. (2011): *A hybrid Monte Carlo – possibility method to evaluate soil erosion in an Alpine valley*, River Basin Management VI: 277-287.
76. McCool D.K., Brown L.C., Foster G.R. (1987): *Revised slope steepness factor for the universal soil loss equation*. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers 30: 1387-1396.
77. McCool D.K., Foster G.R., Weesies G.A. (1997): *Slope Length and Steepness Factors (LS)*. In: *Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*, Editors: Renard, K.G., G.R. Foster, G.A. Weesies, D.K. McCool, D.C. Yoder, Chapter 4: 101–141.
78. Merritt W.S., Letcher R.A., Jakeman A.J. (2003): *A Review of Erosion and Sediment Transport Models*, *Environmental Modelling and Software*, 18 (8-9): 761-799.
79. Millward A.A., Mersey J. M. (1999): *Adapting the RUSLE to model soil erosion potential in a mountainous tropical watershed*, *Catena*, 38: 109–129.
80. Mitasova H., Barton M., Ullah I., Homerka J., and Harmon R.S. (2013): *GIS-Based Soil Erosion Modeling*. In: John F. Shroder (ed.) *Treatise on Geomorphology*, Volume 3, pp. 228-258. San Diego: Academic Press
81. Moore I., Burch G. (1986): *Modeling erosion and deposition: topographic effects*, *Transactions ASAE*, 29: 1624–1640.
82. Moore I., Wilson J. (1992): *Length-slope factors for the revised universal soil loss equation: simplified method of estimation*, *Journal of Soil and Water Conservation*, 47: 423–428.
83. Morgan R.P.C. (2005): *Soil erosion and conservation*. Blackwell Science Ltd, Blackwell publishing, USA, UK, Australia.
84. Mosquera-Machado S., Dilley M. (2009): *A comparison of selected global disaster risk assessment results*, *Natural Hazards*, 48 (3): 439-456.

85. Motha J.A., Wallbrink P.J., Hairsine P.B., Grayson R.B. (2003): *Determining the sources of suspended sediment in a forested catchment in southeastern Australia*, Water Resources Research, 39(3), 1056-1069.
86. Naeem S., Håkansson K., Lawton J.H., Crawley M.J., Thompson L.J. (1996): *Biodiversity and plant productivity in a model assemblage of plant species*, Oikos, 76 (2): 259–264.
87. Nestorov I., Protić D. (2006): *Implementacija CORINE Land Cover projekta u Srbiji i Crnoj Gori*, Geodetska služba, 105: 25-29.
88. Nestorov I., Protić D. (2009): *CORINE kartiranje zemljišnog pokrivača u Srbiji*, Građevinska knjiga, Beograd.
89. Nondedeu F.I., Bédécarrats A. (2007): *Influence of alpine plants growing on steep slopes on sediment trapping and transport by runoff*, Catena, 71: 330–339.
90. Nondedeu F.I., Rey F., Bedecarrats, A. (2006): *Contributions of vegetation cover and cattle hoof prints towards seed runoff control on ski pistes*, Ecological Engineering, 27: 193–201.
91. Notebaert B., Vaes B., Verstraeten G., Govers G. (2006): *WaTEM/SEDEM version 2006 Manual*, Leuven, Physical and Regional Geography Research Group, Leuven, Belgium.
92. Novotny V., Ahern J., Brown P. (2010): *Water Centric Sustainable Communities: Planning, Retrofitting, and Building the Next Urban Environment*, John Wiley & Sons, Inc.
93. O’Loughlin G., Beecham S., Lees S., Rose L. & Nicholas D. (1995): *On-site stormwater detention systems in Sydney*, Water Science and Technology, 32 (1): 69–175.
94. OJEU (Official Journal of the European Union) (2007): *Directive 2007/60/EC on the assessment and management of flood risks*, 288: 27–34.
95. Panagos P., Borrelli P., Meusburgerb K., Alewell C., Lugato E., Montanarella L. (2015): *Estimating the soil erosion cover-management factor at the European scale*, Land Use Policy 48: 38–50.

96. Parajka J., Kohnova S., Balint G., Barbuc M., Borga M., Claps P., Cheval S., Dumitrescu A., Gaume E., Hlavčova K., Merz, R., Pfaundler M., Stancalie G., Syolgay J., Blöschl G. (2010): *Seasonal characteristics of flood regimes across the Alpine-Carpathian range*, Journal of Hydrology, 394: 78-89.
97. Parveen R., Kumar U. (2012): *Integrated Approach of Universal Soil Loss Equation (USLE) and Geographical Information System (GIS) for Soil Loss Risk Assessment in Upper South Koel Basin, Jharkhand*, Journal of Geographic Information System, 4: 588–596.
98. Perović V., Đorđević A., Životić L.J., Nikolić N., Kadović R., Belanović S. (2012): *Soil erosion modeling in the complex terrain of Pirot municipality*. Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences 7 (2): 93-100.
99. Perović V., Životić L.J., Kadović R., Đorđević A., Jaramaz D., Mrvić V., Todorović, M. (2013): *Spatial modelling of soil erosion potential in a mountainous watershed of South-eastern Serbia*, Environmental Earth Sciences 68: 115–128.
100. Petković S., Dragović N., Marković S. (1999): *Erosion and sedimentation problems in Serbia*, Hydrological Sciences, 44 (1): 63-77.
101. Plate, E.J. (2002): *Flood risk and flood management*, Journal of Hydrology, 267: 2-11.
102. Pottier N., Penning R.E., Tunstall S., Hubert G. (2005): *Land Use and Flood Protection: Contrasting Approaches and Outcomes in France and in England and Wales*, Applied Geography, 25 (1): 1-27.
103. Randrup T.B., van der Bosch C.K., Dobbertin M.K., Pruller R. (2005): *The Concept of Urban Forestry in Europe*, Urban Forests and Trees, 9-21, Springer, Berlin Heidelberg.
104. Rapport D.J., (1995): *Ecosystem health: more than metaphor?*, Environmental Values 4: 287–309.
105. Renard K., Foster G.R., Weesies G.A., Porter J.P. (1991): *RUSLE-Revised universal soil loss equation*, Journal of Soil and Water Conservation, 46: 30-33.

106. Ristić R., Gavrilović Z., Stefanović M., Malušević I., Milovanović, I. (2006): *Effects of urbanization on appearance of floods*, BALWOIS, Ohrid, Macedonia, Proceedings.
107. Ristić R., Kostadinov S., Abolmasov B., Dragičević S., Trivan G., Radić B., Trifunović M., Radosavljević Z. (2012a): *Torrential floods and town and country planning in Serbia*, Natural Hazards and Earth System Sciences 1 (12): 23-35.
108. Ristić R., Kostadinov S., Malošević D., and Spalević V. (2001): *Erosion aspect in estimation of hydrologic soil group and determination of runoff curve number CN*, Soil and Plant, 50 (3): 165–174.
109. Ristić R., Kostadinov S., Radić B., Trivan G., Nikić Z. (2012b): *Torrential Floods in Serbia-Man Made and Natural Hazards*, 12th Congress INTERPRAEVENT 2012 Proceedings, Grenoble, France, pp 771-779.
110. Ristić R., Ljujić M., Despotović J., Aleksić V., Radić B., Nikić Z., Milčanović, V., Malušević I., Radonjić J. (2013b): *Reservoir sedimentation and hydrological effects of land use changes-case study of the experimental Dičina river watershed*, Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, 8 (1): 91-98.
111. Ristić R., Macan G. (1997): *The impact of erosion control measures on runoff processes*, In: Human impact on erosion and sedimentation, Proceedings of Rabat Symposium S6, IAHS Publication, 191-203.
112. Ristić R., Marković A., Radić B., Nikić Z., Vasiljević N., Živković N., Dragičević, S. (2011c): *Environmental Impacts in Serbian ski resorts*, Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, 6 (2): 125–134.
113. Ristić R., Radić B., Miljanović V., Trivan G., Ljujić M., Letić Lj., Savić R. (2013a): *„Blue-green“ corridors as a tool for mitigation of natural hazards and restoration of urbanized areas: a case study of Belgrade city*, SPATIUM-International Review, 30: 18-22.
114. Ristić R., Radić B., Nikić Z., Trivan G., Vasiljević N., Dragičević S., Živković N., Radosavljević Z. (2011a): *Erosion Control and Protection from Torrential Floods – Spatial Aspects*, SPATIUM-International Review 25: 1-6

115. Ristić R., Radić B., Vasiljević N., Nikić Z. (2011d): *Land use change for flood protection-a prospective study for the restoration of the river Jelašnica watershed*, Гласник Шумарског факултета, 103: 115-130
116. Rossa A., Del Guerra F.L., Borga M., Zanon F., Settin T., Leuenberger D. (2010): *Radar-driven high resolution hydro-meteorological forecasts of the 26 September 2007 Venice flash flood*, Journal of Hydrology, 394: 230-244.
117. Rozalis S., Morin E., Yair Y., Price C. (2010): *Flash flood prediction using an uncalibrated hydrological model and radar rainfall data in Mediterranean watershed under changing hydrological conditions*, Journal of Hydrology, 394: 245-255.
118. Schmidt T.P., Greiving S., Kallio H., Fleischhauer M., Jarva J. (2006): *Economic risk maps of floods and earthquakes for European regions*, Quaternary International (Elsevier), 150: 103–112.
119. SCS (Soil Conservation Service) (1979): *National Engineering Handbook, Section 4: Hydrology*, US Department of Agriculture, Washington, D.C.
120. Semadeni-Davies A., Hernebring C., Svensson G., Gustafsson L.G. (2008): *The impacts of climate change and urbanization on drainage in Helsingborg, Sweden: combined sewer system*, Journal of Hydrology, 350: 100–113.
121. Šešić, B. (1974): *Opšta metodologija*, Naučna knjiga, Beograd.
122. Seto K., Fragkias M., Güneralp B., Reilly M.K. (2011): *A meta-analysis of global urban land expansion*. PLoS ONE 6 (8):1-9.
123. Škorić A., Filipovski G., Ćirić M. (1985): *Klasifikacija zemljišta Jugoslavije*, Posebno izdanje Akademije nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine, Odjel prirodnih i matematičkih nauka, Sarajevo.
124. Soenario I., Plieger M. (2010): *Optimization of Rainfall Interpolation*, The Royal Netherlands Meteorological Institute, De Bilt, Netherlands.
125. Solaimani K. (2009): *Flood forecasting based on geographical information system*, African Journal of Agricultural Research, 4 (10): 950-956.
126. Stahre P. (2006): *Sustainability in Urban Storm Drainage*, Planning and Examples, Svenskt Vatten.

127. Staut M., Mikoš M. (2008): *Changes in the intensity of erosion in the Dragonja river catchment within the 2nd half of the 20th century*, Annales: Series historia naturalis, 18 (1): 137-152
128. Steiner F., McSherry L., Cohen J. (2000): *Land suitability analysis for the upper Gila River watershed*, Landscape and Urban Planning, 50 (4): 199-214.
129. Szendrene-Koren E., Nemeskeri I. (2007): *Water Management of forest soils below different soil types*, Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, 2 (1): 17–24.
130. Tazioli A. (2009): *Evaluation of erosion in equipped basins: preliminary results of a comparison between the Gavrilović model and direct measurements of sediment transport*, Environmental Geology, 56 (5): 825-831.
131. Tilman D. (1997): *Biodiversity and ecosystem functioning*, In: Daily, G.C. (Ed.), *Nature's Services. Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island Press, Washington, pp. 93–112.
132. Toya H., Skidmore M. (2007): *Economic development and the impacts of natural disasters*, Economic Letters, 94: 20-25.
133. Troendle C.A., Olsen W.K. (1994): *Potential effects of timber harvest and water management on stream flow dynamics and sediment transport*, USDA Forest Service, General Technical Report, 247: 34-41.
134. Tzoulas K., Korpela K., Venn S., Yli-Pelkonen V., Kazmierczak A., Niemela J., James P. (2007): *Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green Infrastructure: a literature review*, Landscape and Urban Planning, 81: 167–178.
135. UNESCO; World Heritage Center (2013): *Heritage and Resilience-Issues and Opportunities for Reducing Disaster Risk*, Geneva, 2013.
136. Van den Berg A. E., Hartig T., Staats H. (2007): *Preference for nature in urbanized societies: stress, restoration, and the pursuit of sustainability*, J. Soc. Issues 63: 79–96.
137. Van der Knijff J.M., Jones R.J.A., Montanarella L. (1999): *Soil erosion risk assessment in Italy*, European Soil Bureau, 52pp.



138. Van Oost, K., Govers G., Desmet P. (2000): *Evaluating the effects of changes in landscape structure on soil erosion by water and tillage*, *Landscape ecology*, 15 (6): 577-589.
139. Van Remortel R., Hamilton M., Hickey R. (2001): *Estimating the LS Factor for RUSLE through Iterative Slope Length Processing of Digital Elevation Data within ArcInfo Grid*, *Cartography*, 30(1): 27–35.
140. Van Remortel R., Maichle R.W., Hickey R.J. (2004): *Computing the LS factor for the Revised Universal Soil Loss Equation through array-based slope processing of digital elevation data using a C++ executable*, *Computers & Geosciences*, 30 (9-10): 1043–1053.
141. Van Rompaey A., Bazzoffi P., Jones R.J.A., Montanarella L. (2005): *Modelling sediment yields in Italian catchments*, *Geomorphology*, 65: 157-169.
142. Van Rompaey A., Verstraeten G., Van Oost K., Govers G., Poesen J. (2001a): *Modelling mean annual sediment yield using a distributed approach*, *Earth Surface Processes and Landforms*, 26 (11): 1221-1236.
143. Van Rompaey A., Verstraeten G., Van Oost K., Rosanov A., Govers G., Poesen, J. (2001b): *Modelling sediment transport in the Jonkershoek catchment: PART 1: Model calibration and validation, in cartographic modelling of land degradation*, In: *Proceedings of the workshop held in Ghent (September 2001) in the framework of the bilateral co-operation between Flanders and South-Africa*, pp 75–89.
144. Vente J., Poesen D.J. (2005): *Predicting Soil Erosion and Sediment Yield at the Basin Scale: Scale Issues and Semi-Quantitative Models*, *Earth-Science Reviews*, 71: 95-125.
145. Verstraeten G., Van Oost K., Van Rompaey A., Poesen J., Govers G. (2002): *Evaluating an integrated approach to catchment management to reduce soil loss and sediment pollution through modelling*, *Soil Use and Management*, 18: 386–394.
146. Viglione A., Chirico G.B., Komma J., Borga M., Bloschl G. (2010b): *Quantifying space-time dynamics of flood event types*, *Journal of Hydrology*, 394: 213-229.

147. Viglione A., Chirico G.B., Woods R., Bloschl G. (2010a): *Generalised synthesis of space-time variability in flood response: An analytical framework*, Journal of Hydrology, 394: 198-212.
148. Villarini G., Krajewski W.F., Ntelekos A.A., Georgakakos K.P., Smith J.A. (2010): *Towards probabilistic forecasting of flash floods: The combined effects of uncertainty in radar-rainfall and flash flood guidance*, Journal of Hydrology, 394: 275-284.
149. Vleeschauwer K. De, Weustenraad J., Nolf C., Willems P. (2014): *Green–blue water in the city: quantification of impact of source control versus end-of-pipe solutions on sewer and river floods*, Water Science Technology, 70 (11): 1825-1837.
150. Walling D.E., Webb B.W. (1996): *Erosion and sediment yield: a global overview*, Erosion and Sediment Yield: Global and Regional Perspectives, IAHS Publ. No. 236.
151. Willems P., Olsson J., Arnbjerg-Nielsen K., Beecham S., Pathirana A., Bülow Gregersen I., Madsen H., Nguyen, V. (2012): *Impacts of Climate Change on Rainfall Extremes and Urban Drainage*, IWA Publishing, London.
152. Wipf S., Rixen C., Fischer M., Schmid B., Stoeckli V. (2005): *Effects of ski piste preparation on alpine vegetation*, Journal of Applied Ecology, 42 (2): 306-316.
153. Wischmeier W.H., Smith D. D. (1978): *Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning*, USDA, Agriculture Handbook 537. U.S. Government Printing Office, Washington, DC.
154. Wischmeier W.H., Smith D.D. (1965): *Predicting rainfall erosion losses from crop land east of Rocky Mountains-guide for selection of practices for soil and water conservation*, US Department of agriculture Hand Book No. 282, Agricultural Research Service – US Department of Agriculture, Washington DC.
155. Zaječaranović G. (1977): *Osnovi metodologije nauke*, Naučna knjiga, Beograd.
156. Zhang H., Yang Q., Li R., Liu Q., Moore D., He P., Ritsema C., Geissen V. (2013): *Extension of a GIS procedure for calculating the RUSLE equation LS factor*, Computers & Geosciences, 52:177–188.

157. Zhang Q. F., Wang L., Wu F.Q. (2008): *GIS-based assessment of soil erosion at Nihe Gou Catchment*, Agric Sci China, 7 (6): 746-753.
158. Zhang W.H., Zhang X.N., Gao Z.D. (2009): *Factor value determination and applicability evaluation of universal soil loss equation in granite gneiss region*, Water Science and Engineering 2 (2): 87-97.
159. Zhao W., Fu B., Qiu Y. (2013): *An upscaling method for cover-management factor and its application in the Loess plateau of China*, International Journal of environmental research and public health, 10 (10): 4752-4766.
160. Zhou Q. (2014): *A review of sustainable urban drainage systems considering the climate change and urbanization impacts*, Water, 6 (4): 976-992.
161. Životić LJ., Perović V., Jaramaz D., Đorđević A., Petrović R., Todorović M. (2012): *Application of USLE, GIS, and Remote Sensing in the Assessment of Soil Erosion Rates in Southeastern Serbia*, Polish Journal of Environmental Studies, 21 (6): 1929-1935.
162. Zocatelli D., Borga M., Zanon F., Antonescu B., Stancalie G. (2010): *Which rainfall spatial information for flash flood response modeling? A numerical investigation based on data from the Carpathian range, Romania*, Journal of Hydrology, 394: 148-161.
163. Zorn M. (2009b): *Erosion processes in Slovene Istria-part I: Soil erosion*, Acta geographica Slovenica, 49 (1): 39-87.
164. Zorn M. (2009c): *Erosion processes in Slovene Istria-part I: Badlands*, Acta geographica Slovenica, 49 (2): 291-341.
165. Zorn M., Komac B. (2011): *Damage caused by natural disasters in Slovenia and globally between 1995 and 2010*, Acta geographica Slovenica, 51 (1): 7-41.
166. Zorn M., Komac B., Pavšek M., Pipan P. (2007): *Naravne nesreče v Posočju, na odseku med Kobaridom in Ajdovščino*, Vodniki Ljubljanskega geografskega društva: Evropa 5, Ljubljana.
167. Zorn M.; Komac B. (2009a): *The importance of landsliding in a flysch geomorphic system: the example of the Goriška brda Hills (W. Slovenia)*, Geomorphology in the Carpatho-Balkan-Dinaric Countries, Zeitschrift für Geomorphologie 53 (2): 57-78.

168. Билибајкић С. (2011): *Утицај изведених техничких и биолошких радова на интензитет ерозионих процеса у сливу Трговишког Тимока*, докторска дисертација обрађена на Шумарском факултету Универзитета у Београду, Београд.
169. Благојевић Љ. (2007): *Нови Београд: Оспорени модернизам*, стр. 321, Завод за уџбенике, Београд.
170. Брауновић С. (2013): *Ефекти противерозионих радова на стање ерозије у Грделичкој клисури у Врањској котлини*, докторска дисертација обрађена на Шумарском факултету Универзитета у Београду, Београд.
171. Велашевић В.; Ђоровић М. (1998): *Утицај шумских екосистема на животну средину*, Универзитет у Београду Шумарски факултет, Београд.
172. Вучићевић Д. (1995): *Уређење бујичних токова- приручник за бујичаре*, Друштво бујичара Југославије, Београд.
173. Гавриловић С. (1972): *Инжењеринг о бујичним токовима и ерозији*, часопис Изградња, специјално издање, Београд.
174. Градска Управа Града Београда, Секретаријат за заштиту животне средине (2015): *Акциони План адаптације на климатске промене са проценом рањивости*, Београд, стр. 68.
175. Де Жарден Ц. (2006): *Еколошка етика: увод у еколошку филозофију*, Службени гласник, Београд.
176. Димитријевић М.Д. (2002): *Геолошки атлас Србије*, Министарство животне средине и просторног планирања Републике Србије, Београд.
177. Ђорђевић А., Кнежевић М., Томић З., Голубовић С., Оњија А., Животић Љ., Николић Н. (2011): *Методологија за систематско праћење квалитета и стања земљишта у Републици Србији*, Универзитет у Београду Пољопривредни факултет, Министарство животне средине, рударства и просторног планирања Републике Србије, Београд.
178. Ђоровић М. (1984): *Одређивање хидролошке класе земљишта*, Водопривреда, бр. 87: 57-60.
179. Ивковић А., Вуковић А., Николић Ј., Ковачевић Д., Палавестрић Ј., Петровић В., Јовановић Љ., Трифуновић Р., Сибиновић Љ. (1966): *ОГК*

- СФРЈ 1:100 000, тумач: ЛЗ4-114-Панчево*, Савезни Геолошки Завод, Београд.
180. Јанковић Д.: *Карактеристике јаких киша за територију Србије*, Грађевински календар, Београд, 1994.
181. Кадовић Р. (1999): *Противерозиони агроекосистеми*, Шумарски факултет, Београд.
182. Костадинов С. (2008): *Бујични токови и ерозија*, Шумарски факултет Универзитета у Београду, Београд.
183. Марковић Б., Веселиновић М., Анђелковић Ј., Стевановић П., Роглић Ч., Обрадиновић З. (1984): *ОГК СФРЈ 1:100 000, тумач: ЛЗ4-113-Београд*, Савезни Геолошки Завод, Београд.
184. Милојевић Н., Филиповић Б., Димитријевић Н. (1975): *Хидрогеологија територије Града Београда*, Цетиње.
185. МЖСПП (Министарство животне средине и просторног планирања) (2010): *Прва (иницијална) национална комуникација Републике Србије - нацрт*. Београд.
186. МПШВ (Министарство пољопривреде, шумарства и водопривреде) (1998): *Методологија за израду Плана за проглашење ерозионих подручја*, обрађивач: Институт за водопривреду „Јарослав Черни“, Београд.
187. Никић З., Павловић Р. (2012): *Хидрогеологија са геоморфологијом*, Универзитет у Београду, Шумарски факултет, Београд.
188. Павловић З., Маковић Б., Атин Б., Долић Д., Гагић Н., Марковић О., Димитријевић М., Вуковић М. (1977): *ОГК СФРЈ 1:100 000, тумач: ЛЗ4-126-Смедерево*, Савезни Геолошки Завод, Београд.
189. Перовић В. (2015): *Процена потенцијалне ерозије земљишта применом USLE и PESERA модела на подручју слива акумулације Првонек*, Докторска дисертација, Шумарски факултет, Београд.
190. Петковић С. (1993): *Анализа транспорта наноса из речних сливова на подручју Србије*, Монографија: Узроци и последице ерозије земљишта и

- могућност контроле ерозионих процеса, стр. 45-57, Универзитет у Београду Шумарски факултет, Београд.
191. Пешић Л. (2002): *Опита геологија*, Универзитет у Београду, РГФ, Београд
  192. Радић Б. (2014): *Ерозија као фактор деградације предела у скијашким центрима Србије*, Докторска дисертација, Шумарски факултет, Београд.
  193. РЗС (Републички завод за статистику) (2016): *Општине и региони у републици Србији*, Републички завод за статистику Републике Србије, Београд.
  194. Ристић Р., Костадинов С., Милчановић В., Радић Б., Малушевић И. (2015): *Бујичне поплаве, просторно и урбанистичко планирање у Србији*, VIII Научно-стручни скуп са међународним учешћем: Планска и нормативна заштита простора и животне средине, Зборник радова, стр. 507-513.
  195. Ристић Р., Малошевић Д. (2011b): *Хидрологија бујичних токова*, Шумарски факултет Универзитета у Београду, Београд
  196. Ристић Р., Маџан Г. (2002): *Истраживање процеса интерцепције у буково-јеловој састојини на планини Гоч*, Гласник Шумарског факултета, 86: 181-188.
  197. Ристић Р., Радић Б., Васиљевић Н., Гвоздић О. (2008): *Заштита „плаво-зелених коридора“ на високоурбанизованим подручјима – пример Каљавог потока у Београду*, Водопривреда, 40 (231-233): 81-87.
  198. Ристић Р.; Стефановић М., Гавриловић З. (2004): *Заштита ерозионих подручја општине и одбрана од бујичних поплава као интегралне компоненте просторног плана-пример општине Аранђеловац*, Конференција: Локална самоуправа у планирању и уређењу простора и насеља, Зборник радова, стр. 285-293, Златибор.
  199. Скупштина града Београда (2015): *Програм заштите животне средине града Београда*, Београд.
  200. Службени Гласник Републике Србије: *Закон о ванредним ситуацијама*, бр. 111/2009).

201. Службени Гласник Републике Србије: *Закон о водама*, бр. 30/2010, 93/2012, 101/2016.
202. Службени Гласник Републике Србије: *Закон о главном граду*, бр. 129/2007, 83/2014, 101/2016.
203. Службени Гласник Републике Србије: *Закон о државној управи*, бр. 79/2005, 101/2007, 95/2010, 99/2014.
204. Службени Гласник Републике Србије: *Закон о заштити животне средине*, Сл. Гл. РС, бр. 135/2004, 36/2009, 36/2009 - др. закон, 72/2009 - др. закон, 43/2011 - одлука УС и 14/2016.
205. Службени Гласник Републике Србије: *Закон о заштити земљишта*, Сл. Гл. РС, бр. 112/2015.
206. Службени Гласник Републике Србије: *Закон о изменама и допунама Закона о ванредним ситуацијама*, бр. 93/2012.
207. Службени Гласник Републике Србије: *Закон о пољопривредном земљишту*, бр. 62/2006, 65/2008-др. закон, 41/2009, 112/2015 и 80/2017).
208. Службени Гласник Републике Србије: *Национална стратегија одрживог коришћења природних ресурса и добара* (Сл. Гл. РС, бр. 33/2012).
209. Службени лист Града Београда: *Статут града Београда*, бр. 39/2008, 6/2010, 23/2013.
210. Службени лист Града Београда: *Стратегија пошумљавања подручја Београда*, бр. 20/2011.
211. Стефановић Т. (2016): *Ефекти противерозионих радова у сливу реке Јабланице узводно од будуће водне акумулације "Ровни"*, докторска дисертација одбрањена на Шумарском факултету Универзитета у Београду, Београд.
212. Тошић Р., Драгићевић С., Ловрић Н. (2012): *Assessment of soil erosion and sediment yield changes using erosion potential model – case study: Republic of Srpska (BIH)*, Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, 7 (4): 147-154.
213. Танасијевић Ђ., Јеремић М., Филиповић Ђ., Алексић Ж., Никодијевић В., Антоновић Г., Спасојевић М. (1961): *Педолошка карта Аранђеловац 1*,

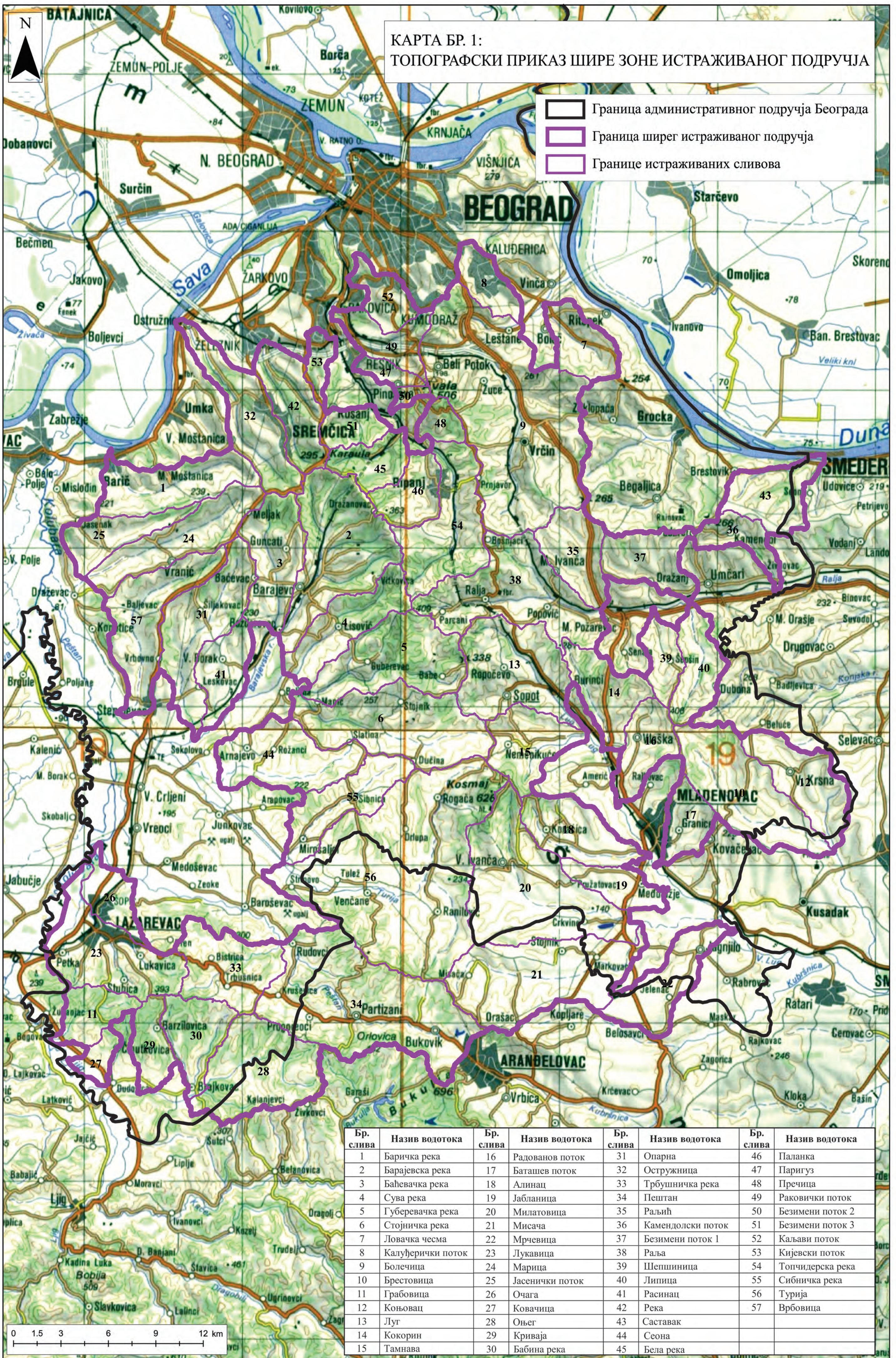
- Аранђеловац 2, Београд 1, Београд 3, Београд 4, Обреновац 4, Крагујевац 1, Ваљево 2*, Институт за проучавање земљишта Топчидер - Београд, Завод за Картографију "Геокарта", Београд.
214. Тошовић С. (одговорни руководилац пројекта) et al. (2002): *Еколошки атлас Београда*, Градски Завод за заштиту здравља Београд, Дирекција за грађевинско земљиште и изградњу Београда, Београд.
215. УЗБ (Урбанистички Завод Београда) (2009): *Програм за урбанистички план система зелених површина Београда-Пројекат „Зелена регулатива Београда“ IV фаза*, Београд.
216. Универзитет у Београду Шумарски факултет, Институт за водопривреду Јарослав Черни (2005): *Планови за проглашење ерозионих подручја и одбрану од бујичних поплава на територији града Београда*, Шумарски факултет и институт "Јарослав Черни", Београд.
217. Ункашевић М. (1994): *Клима Београда*, Научна књига, Београд.
218. Филиповић И., Павловић З., Марковић Б., Родин В., Марковић О., Гагић Н., Атин Б., Милићевић М. (1978): *ОГК СФРЈ 1:100.000, тумач: Л34-137-Горњи Милановац*, Савезни Геолошки Завод, Београд.
219. Филиповић И., Родин В., Павловић З., Марковић Б., Милићевић М., Атин Б. (1980): *ОГК СФРЈ 1:100 000, тумач: Л34-125-Обреновац*, Савезни Геолошки Завод, Београд.
220. Цвејић Ј., Васиљевић Н., Тутунџић А., Ристић Р., Лазић М. (2008): *Типологија предела Београда за потребе примене Европске конвенције о пределима*, Универзитет у Београду Шумарски факултет, Секретаријат за заштиту животне средине Града Београда, стр. 1-110.



## **ПРИЛОЗИ**

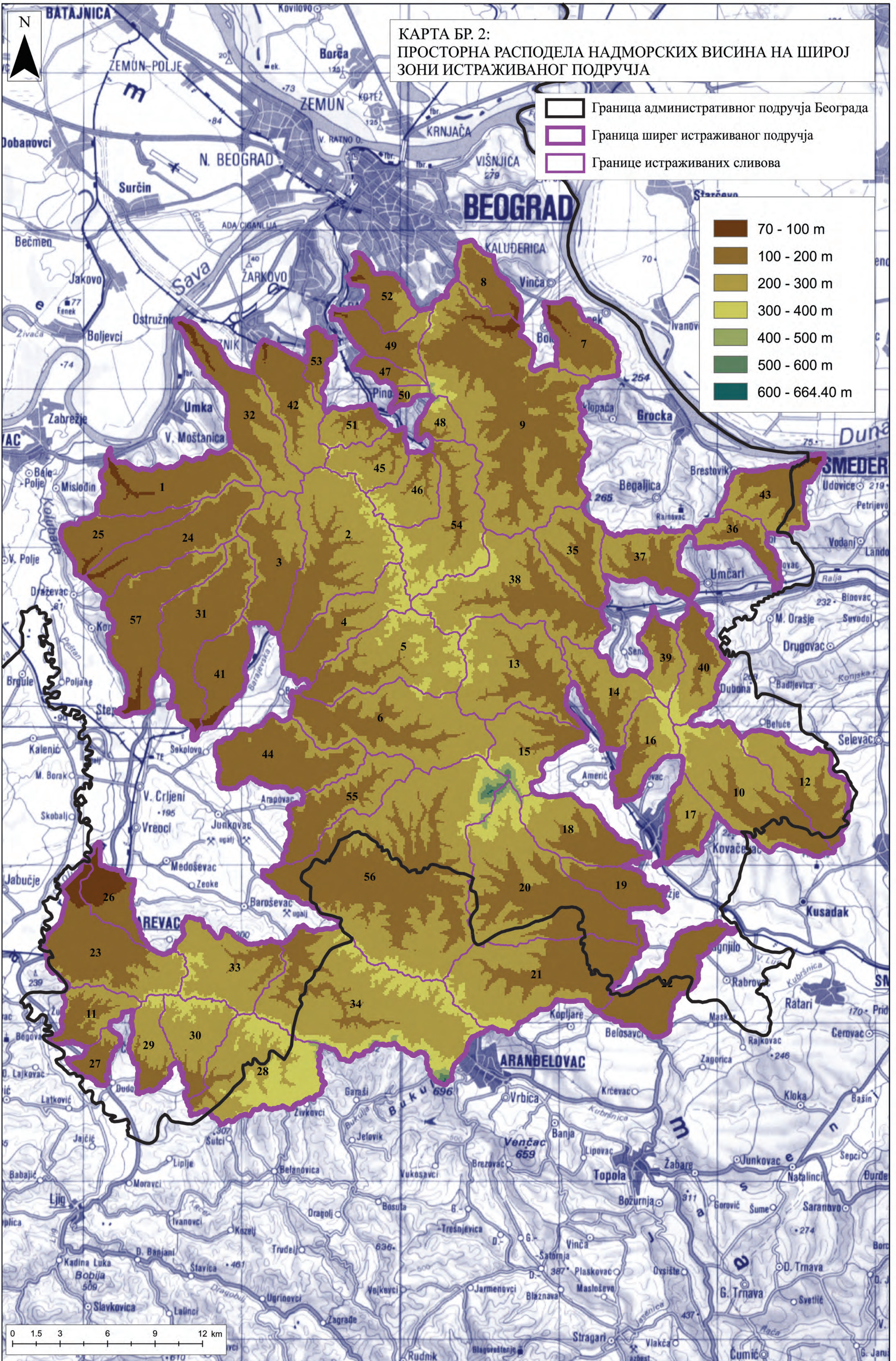


КАРТА БР. 1:  
ТОПОГРАФСКИ ПРИКАЗ ШИРЕ ЗОНЕ ИСТРАЖИВАНОГ ПОДРУЧЈА



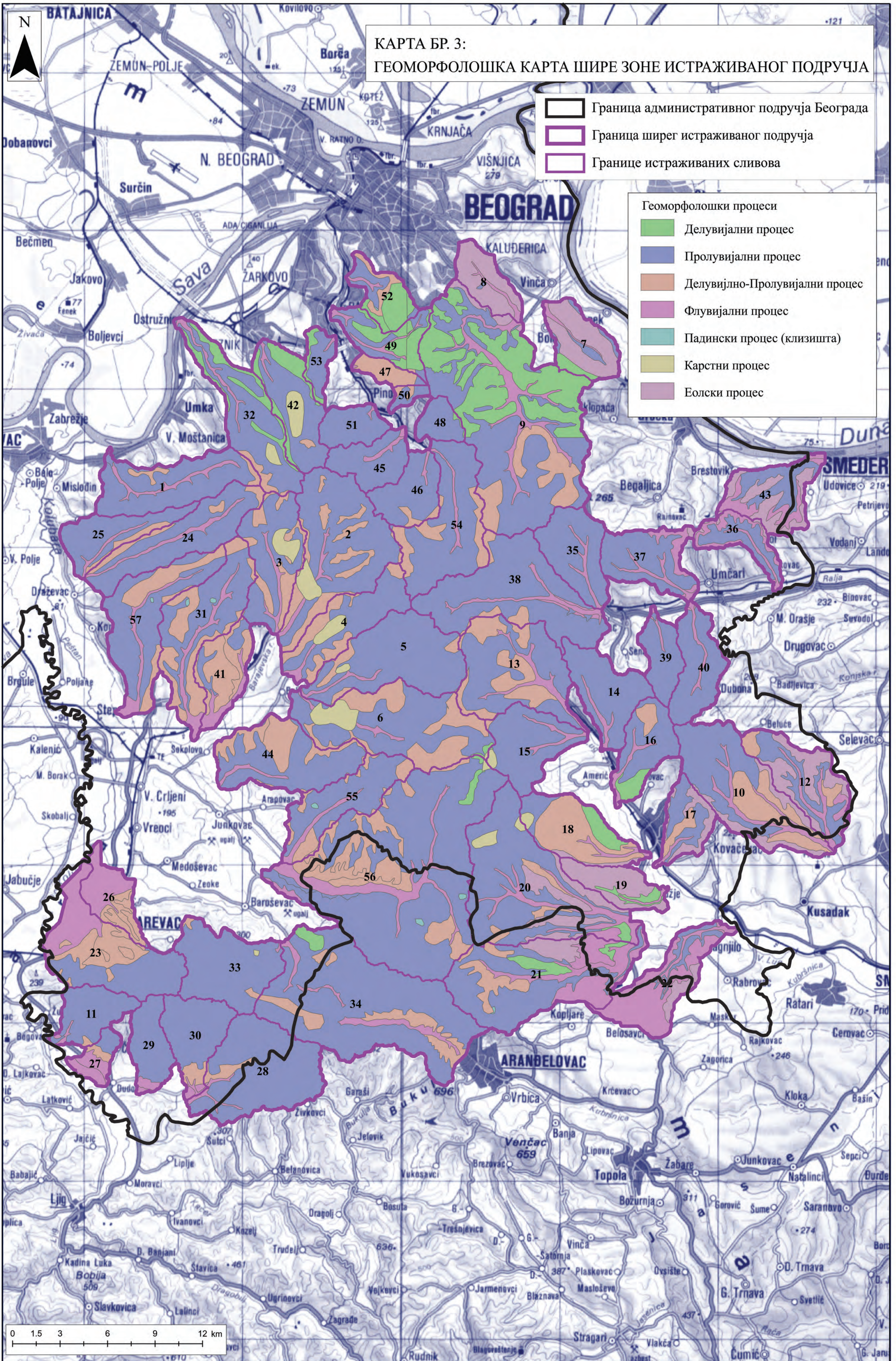


КАРТА БР. 2:  
ПРОСТОРНА РАСПОДЕЛА НАДМОРСКИХ ВИСИНА НА ШИРОЈ  
ЗОНИ ИСТРАЖИВАНОГ ПОДРУЧЈА



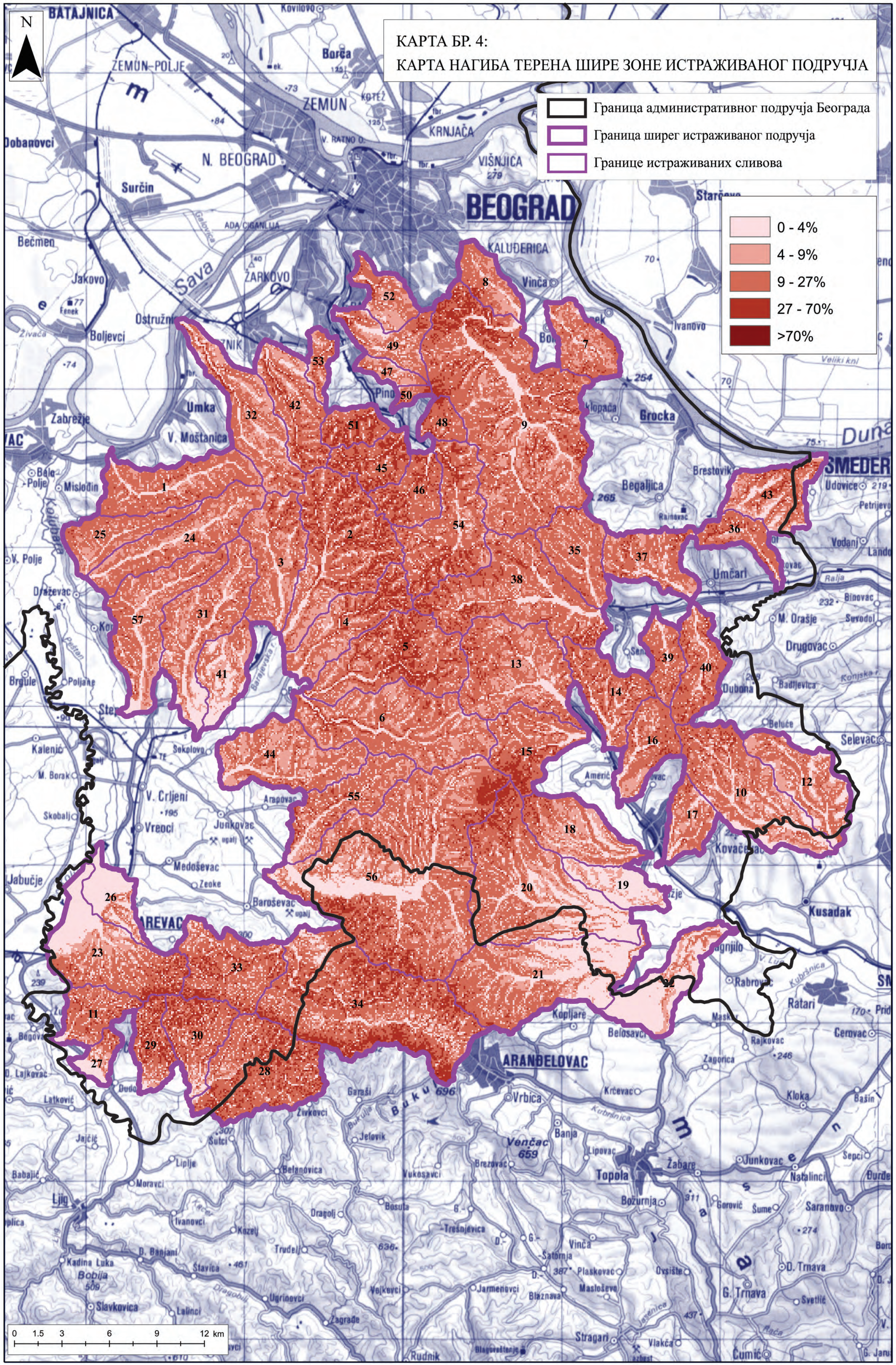


КАРТА БР. 3:  
ГЕОМОРФОЛОШКА КАРТА ШИРЕ ЗОНЕ ИСТРАЖИВАНОГ ПОДРУЧЈА



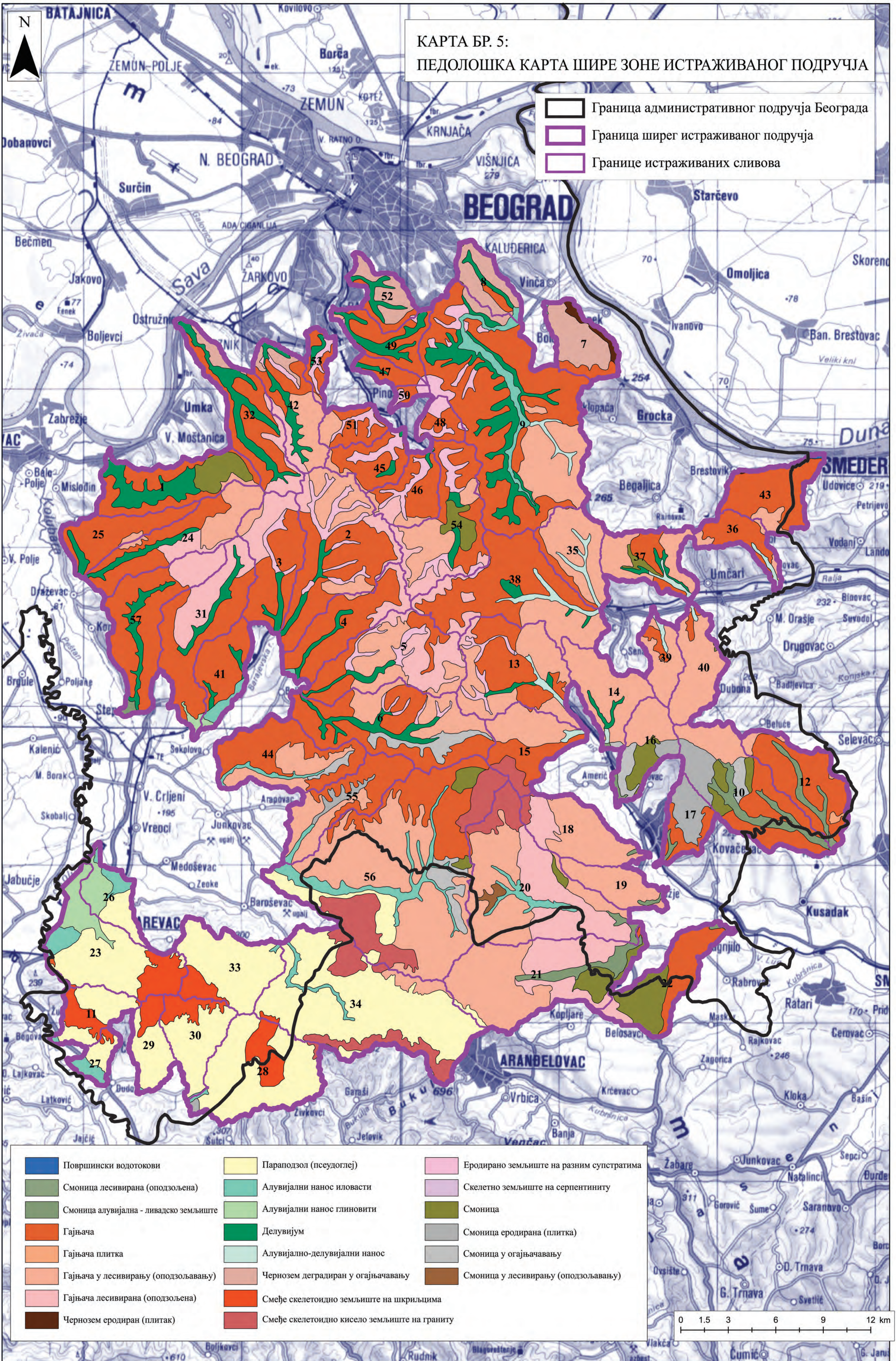


КАРТА БР. 4:  
КАРТА НАГИБА ТЕРЕНА ШИРЕ ЗОНЕ ИСТРАЖИВАНОГ ПОДРУЧЈА








КАРТА БР. 5:  
ПЕДОЛОШКА КАРТА ШИРЕ ЗОНЕ ИСТРАЖИВАНОГ ПОДРУЧЈА

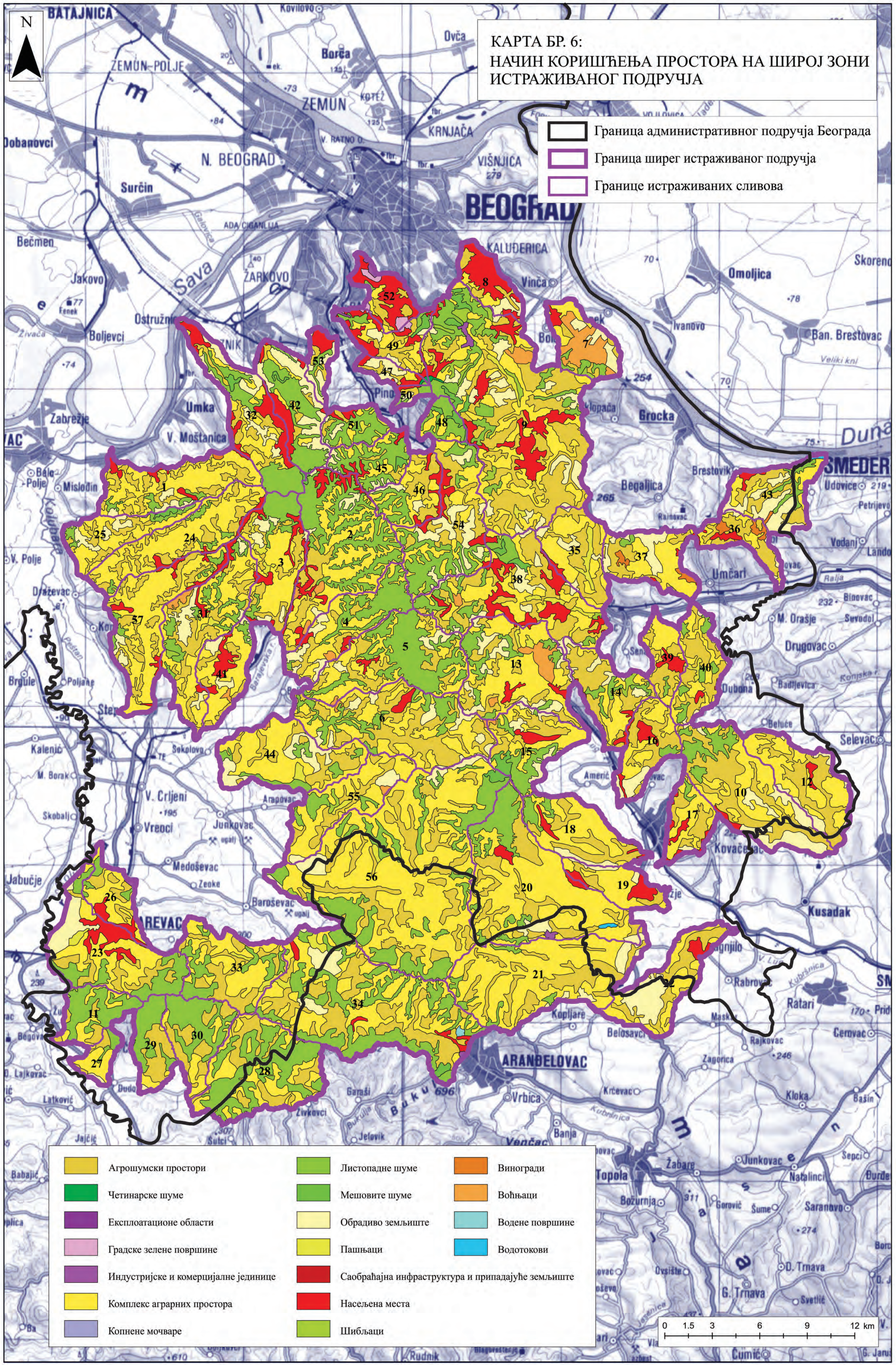




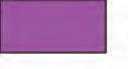



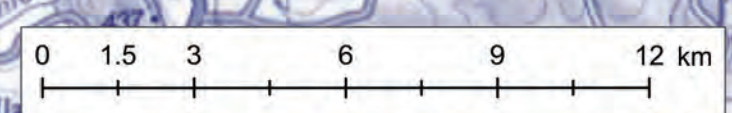


КАРТА БР. 6:  
НАЧИН КОРИШЋЕЊА ПРОСТОРА НА ШИРОЈ ЗОНИ  
ИСТРАЖИВАНОГ ПОДРУЧЈА

-  Граница административног подручја Београда
-  Граница ширег истраживаног подручја
-  Границе истраживаних сливова

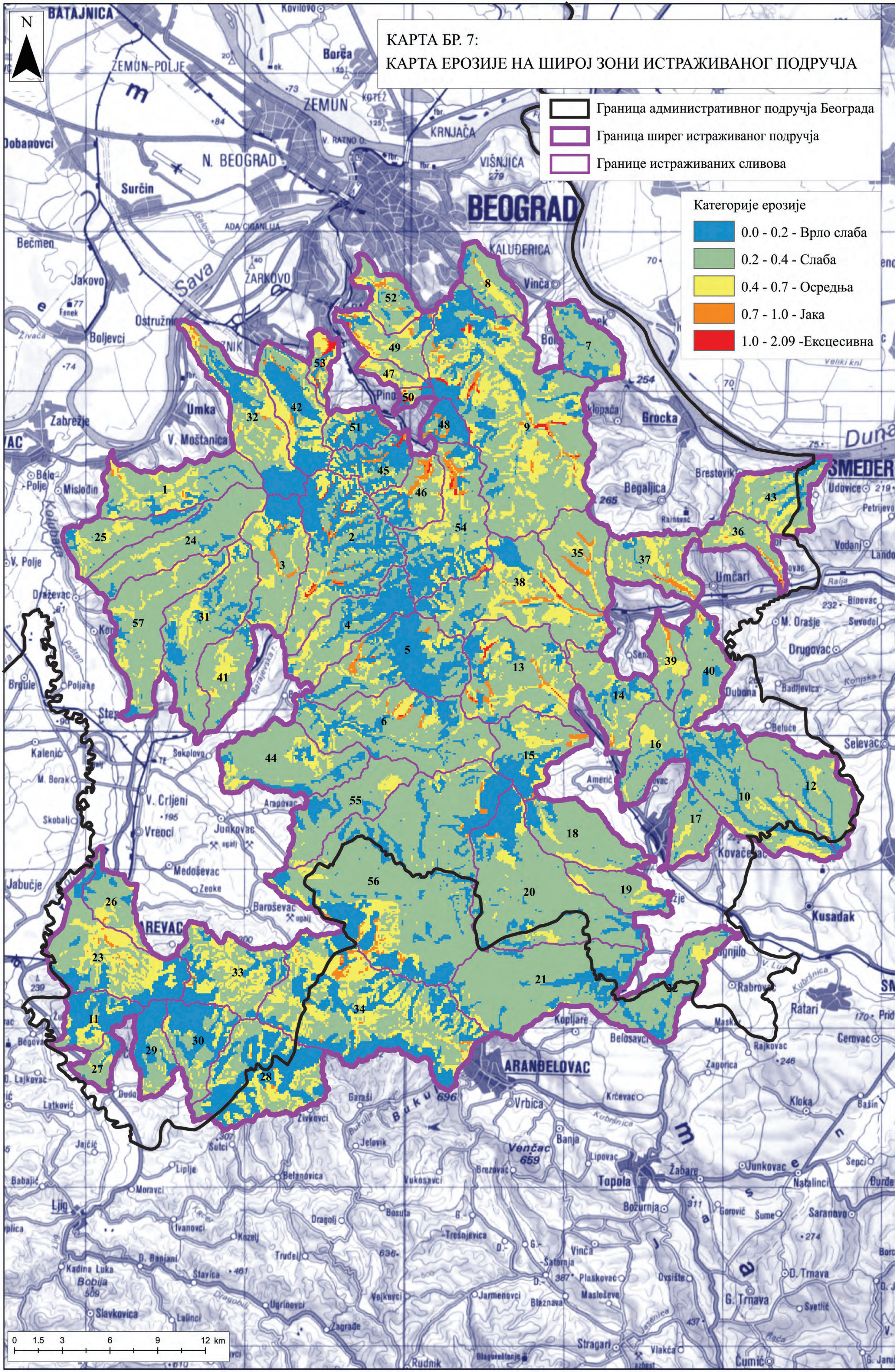


	Агрошумски простори		Листопадне шуме		Виногради
	Четинарске шуме		Мешовите шуме		Воћњаци
	Експлоатационе области		Обрадиво земљиште		Водене површине
	Градске зелене површине		Пашњаци		Водотокови
	Индустријске и комерцијалне јединице		Саобраћајна инфраструктура и припадајуће земљиште		
	Комплекс аграрних простора		Насељена места		
	Копнене мочваре		Шибљаци		





КАРТА БР. 7:  
КАРТА ЕРОЗИЈЕ НА ШИРОЈ ЗОНИ ИСТРАЖИВАНОГ ПОДРУЧЈА



Граница административног подручја Београда  
 Граница ширег истраживаног подручја  
 Границе истраживаних сливова

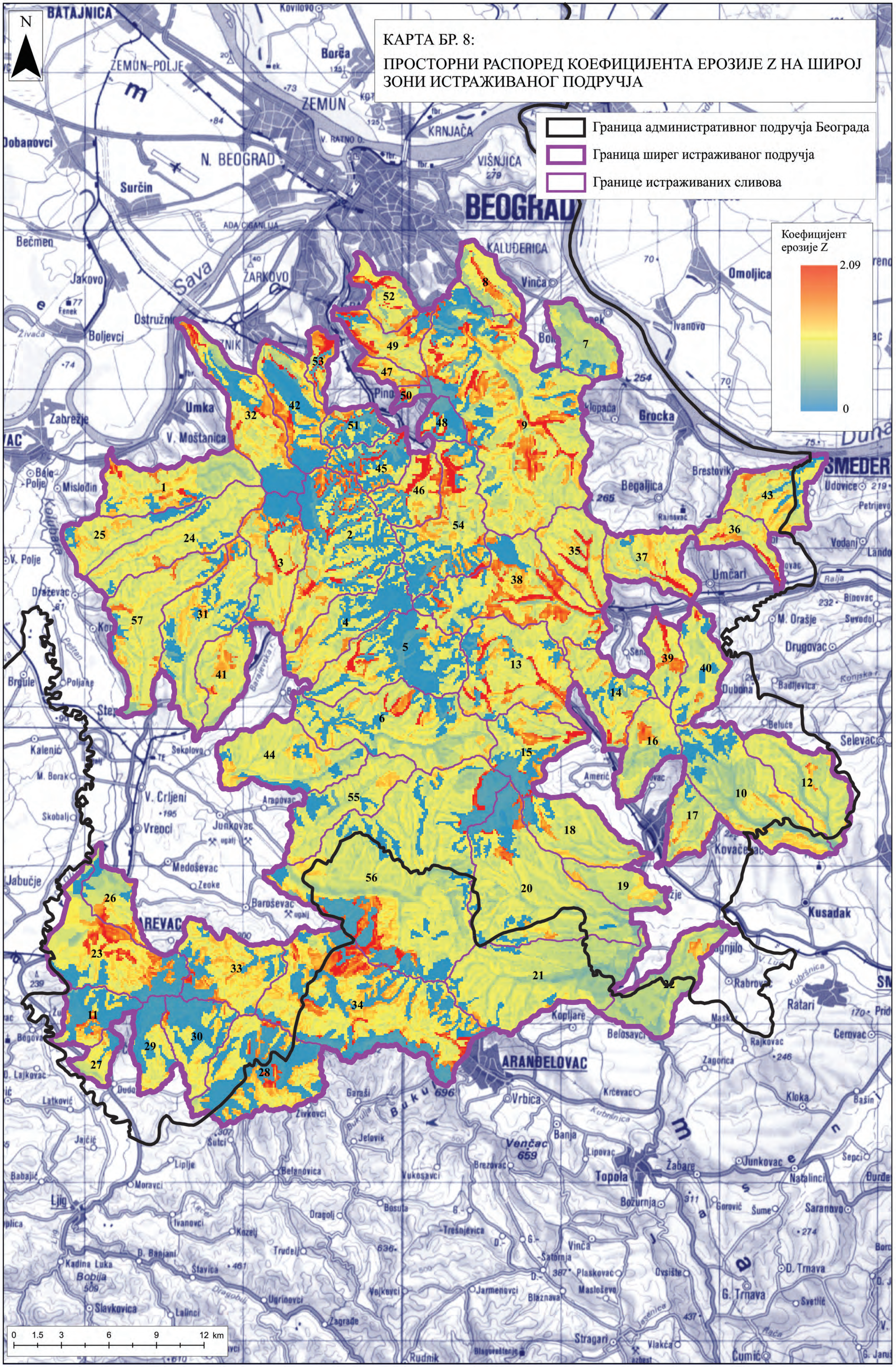
Категорије ерозије

- 0.0 - 0.2 - Врло слаба
- 0.2 - 0.4 - Слаба
- 0.4 - 0.7 - Осредња
- 0.7 - 1.0 - Јака
- 1.0 - 2.09 - Експесивна

0 1.5 3 6 9 12 km

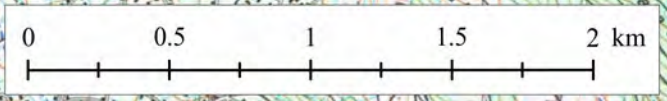


КАРТА БР. 8:  
ПРОСТОРНИ РАСПОРЕД КОЕФИЦИЈЕНТА ЕРОЗИЈЕ Z НА ШИРОЈ  
ЗОНИ ИСТРАЖИВАНОГ ПОДРУЧЈА



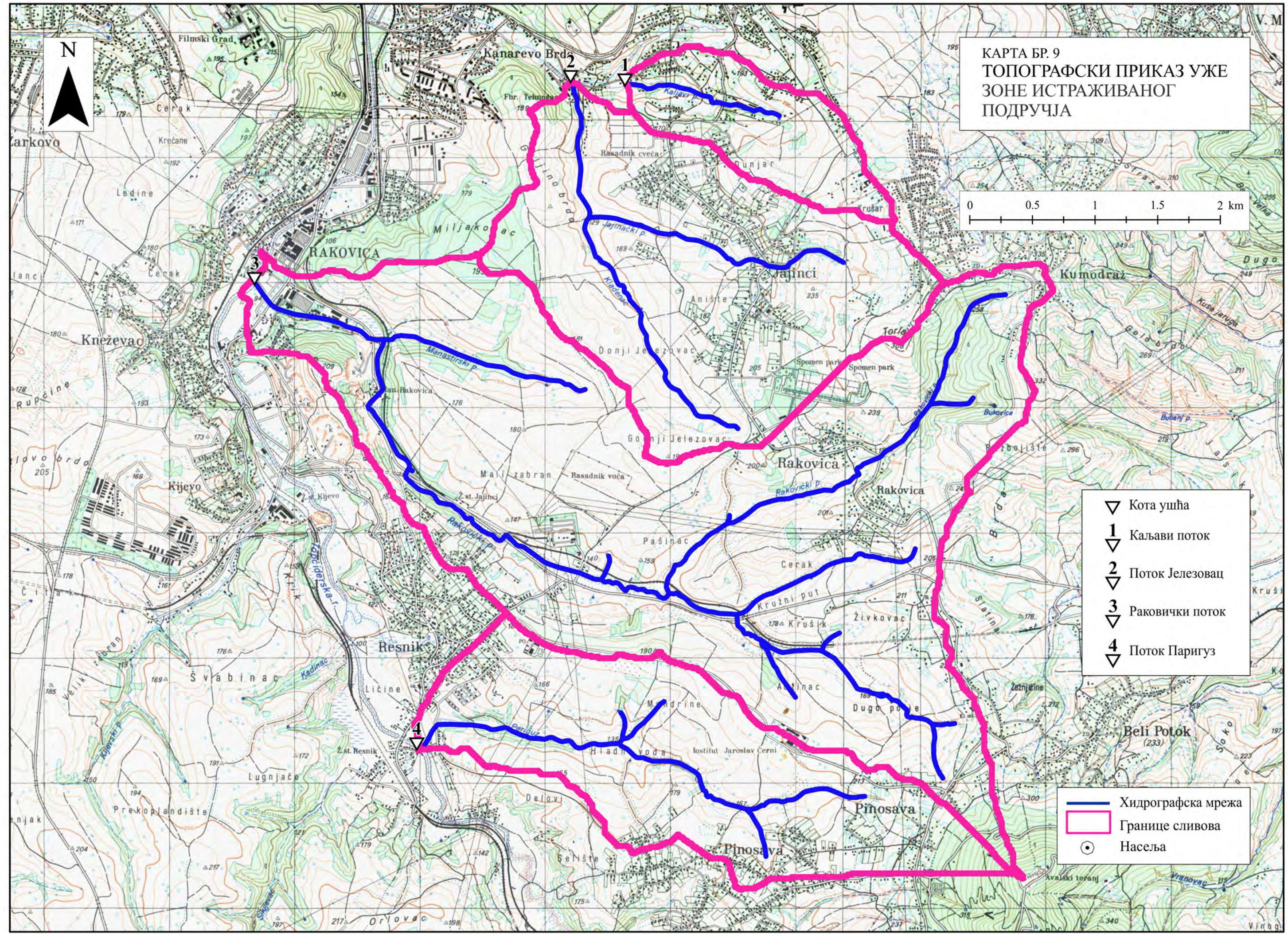


КАРТА БР. 9  
ТОПОГРАФСКИ ПРИКАЗ УЖЕ  
ЗОНЕ ИСТРАЖИВАНОГ  
ПОДРУЧЈА



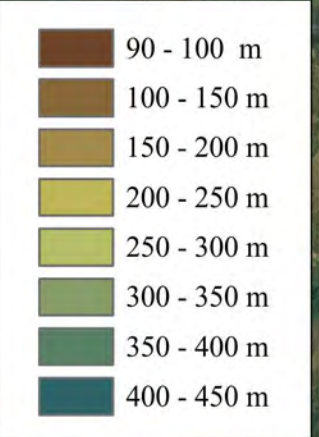
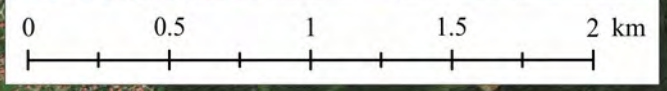
- ▽ Кога ушћа
- 1 ▽ Каљави поток
- 2 ▽ Поток Јелезовац
- 3 ▽ Раковички поток
- 4 ▽ Поток Паригуз

- Хидрографска мрежа
- ▭ Границе сливова
- Насеља



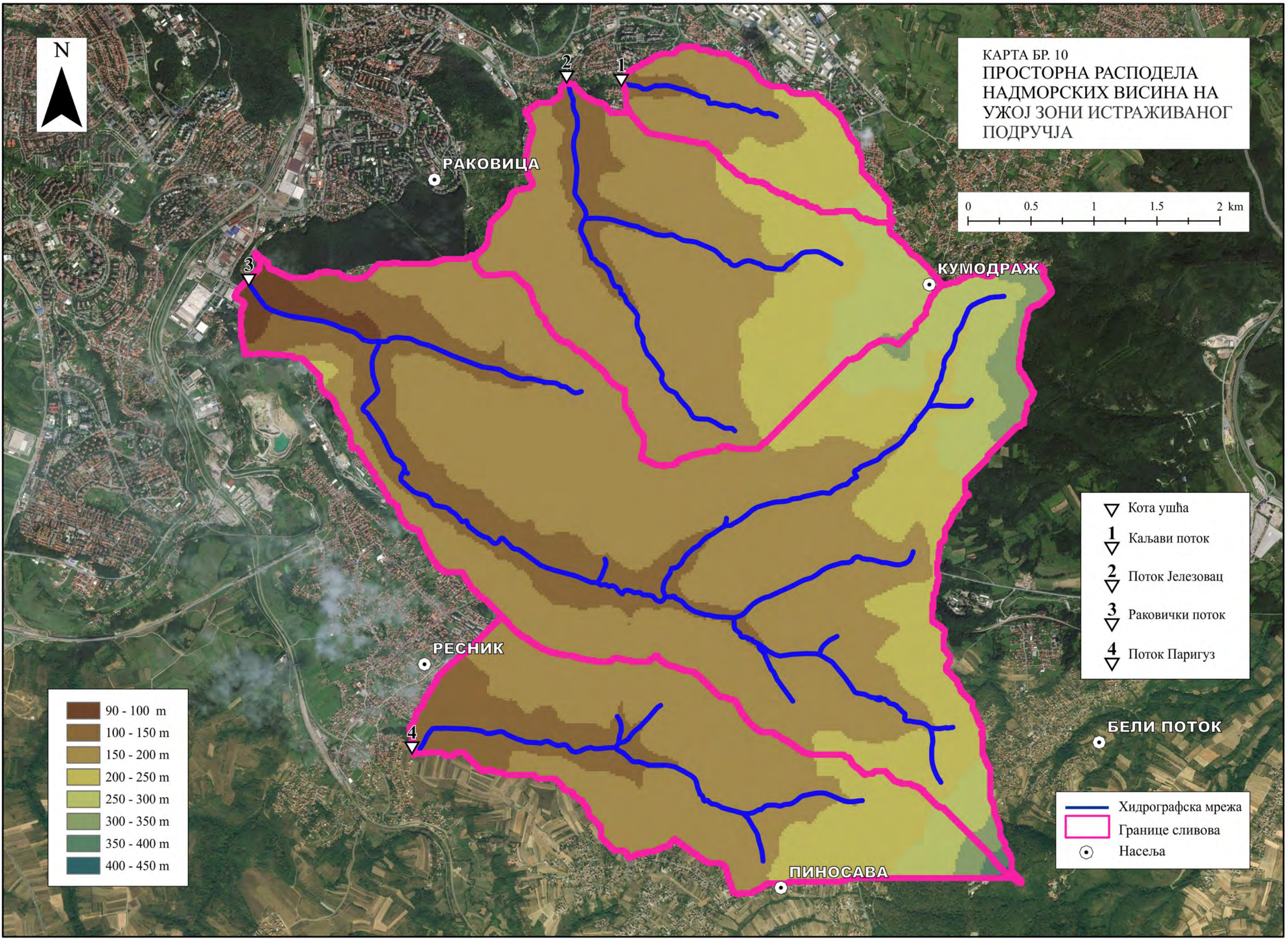


КАРТА БР. 10  
ПРОСТОРНА РАСПОДЕЛА  
НАДМОРСКИХ ВИСИНА НА  
УЖОЈ ЗОНИ ИСТРАЖИВАНОГ  
ПОДРУЧЈА



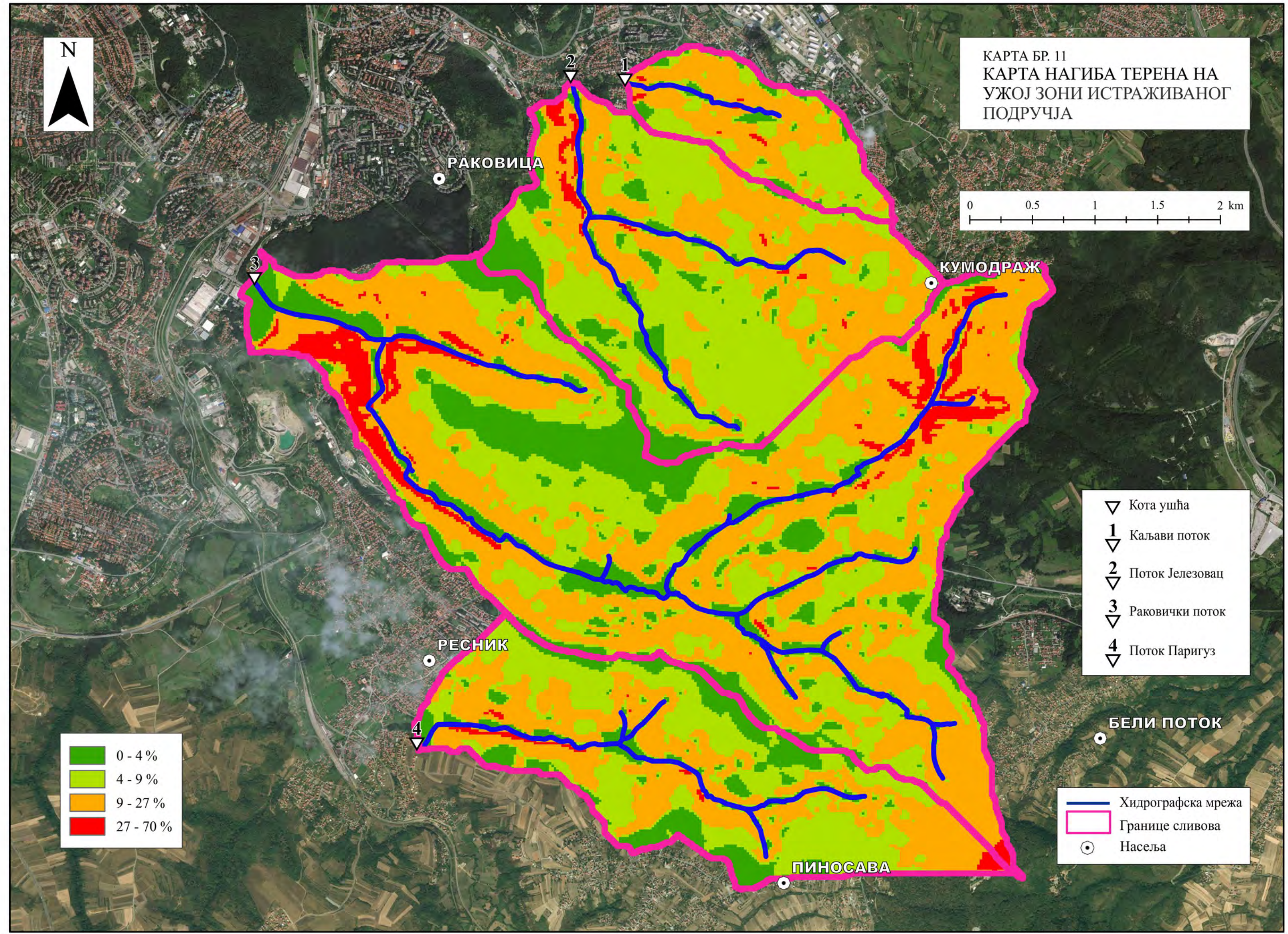
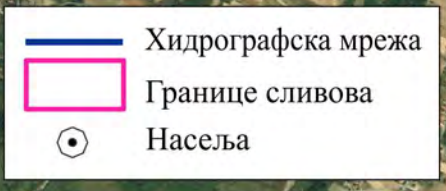
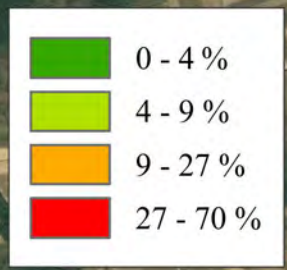
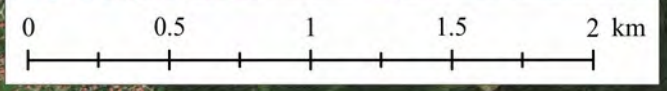
- ▽ Кота ушћа
- 1 ▽ Каљави поток
- 2 ▽ Поток Јелезовац
- 3 ▽ Раковички поток
- 4 ▽ Поток Паригуз

- Хидрографска мрежа
- ▭ Границе сливова
- Насеља



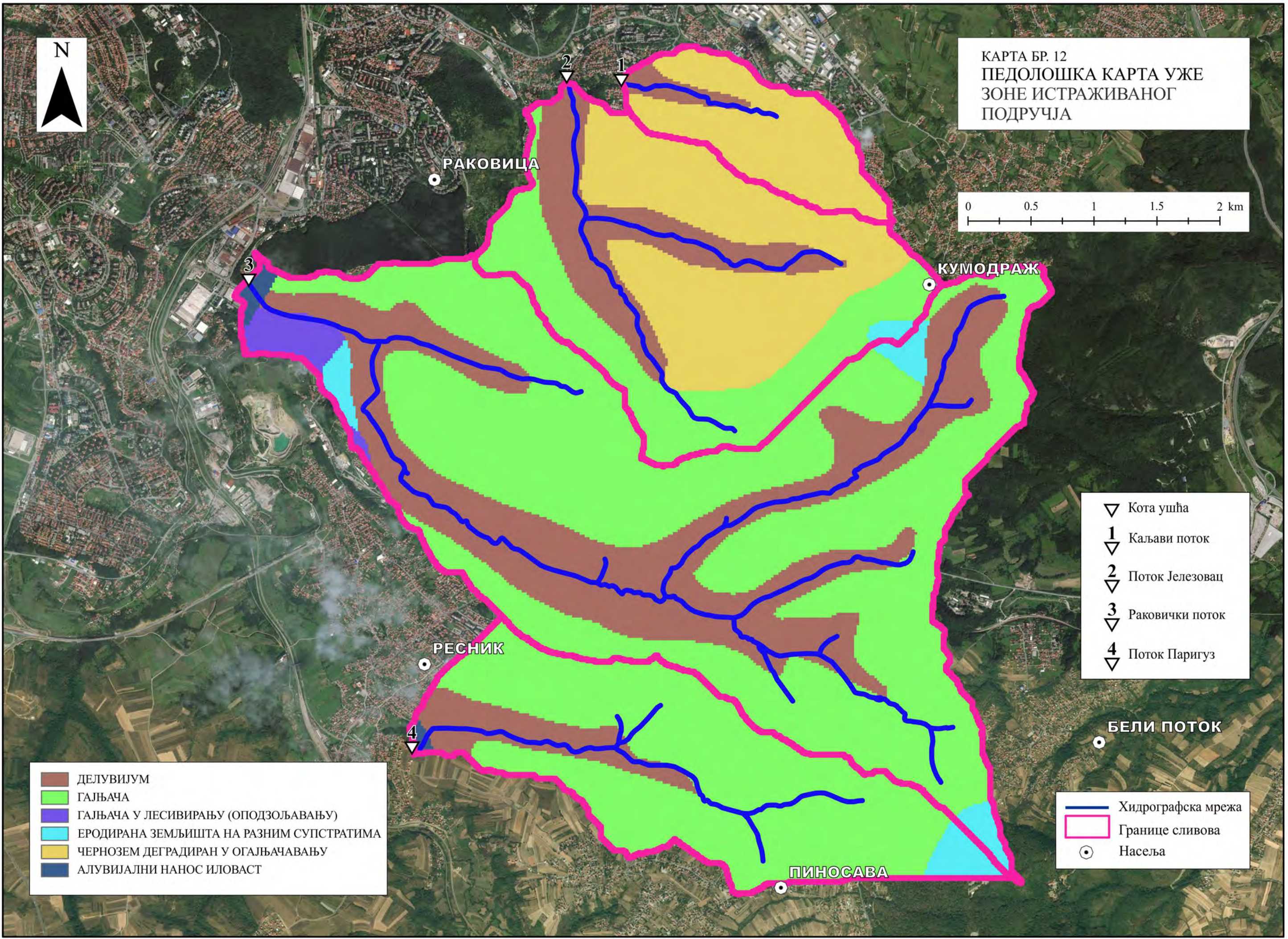
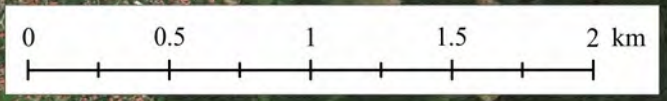


КАРТА БР. 11  
КАРТА НАГИБА ТЕРЕНА НА  
УЖОЈ ЗОНИ ИСТРАЖИВАНОГ  
ПОДРУЧЈА





КАРТА БР. 12  
ПЕДОЛОШКА КАРТА УЖЕ  
ЗОНЕ ИСТРАЖИВАНОГ  
ПОДРУЧЈА



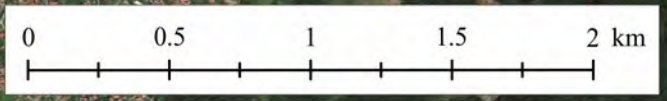
- ▽ Кота ушћа
- 1 ▽ Каљави поток
- 2 ▽ Поток Језезовац
- 3 ▽ Раковички поток
- 4 ▽ Поток Паригуз

- ДЕЛУВИЈУМ
- ГАЉАЧА
- ГАЉАЧА У ЛЕСИВИРАЊУ (ОПОДЗОЉАВАЊУ)
- ЕРОДИРАНА ЗЕМЉИШТА НА РАЗНИМ СУПСТРАТИМА
- ЧЕРНОЗЕМ ДЕГРАДИРАН У ОГАЉЧАВАЊУ
- АЛУВИЈАЛНИ НАНОС ИЛОВАСТ

- Хидрографска мрежа
- Границе сливова
- Насеља



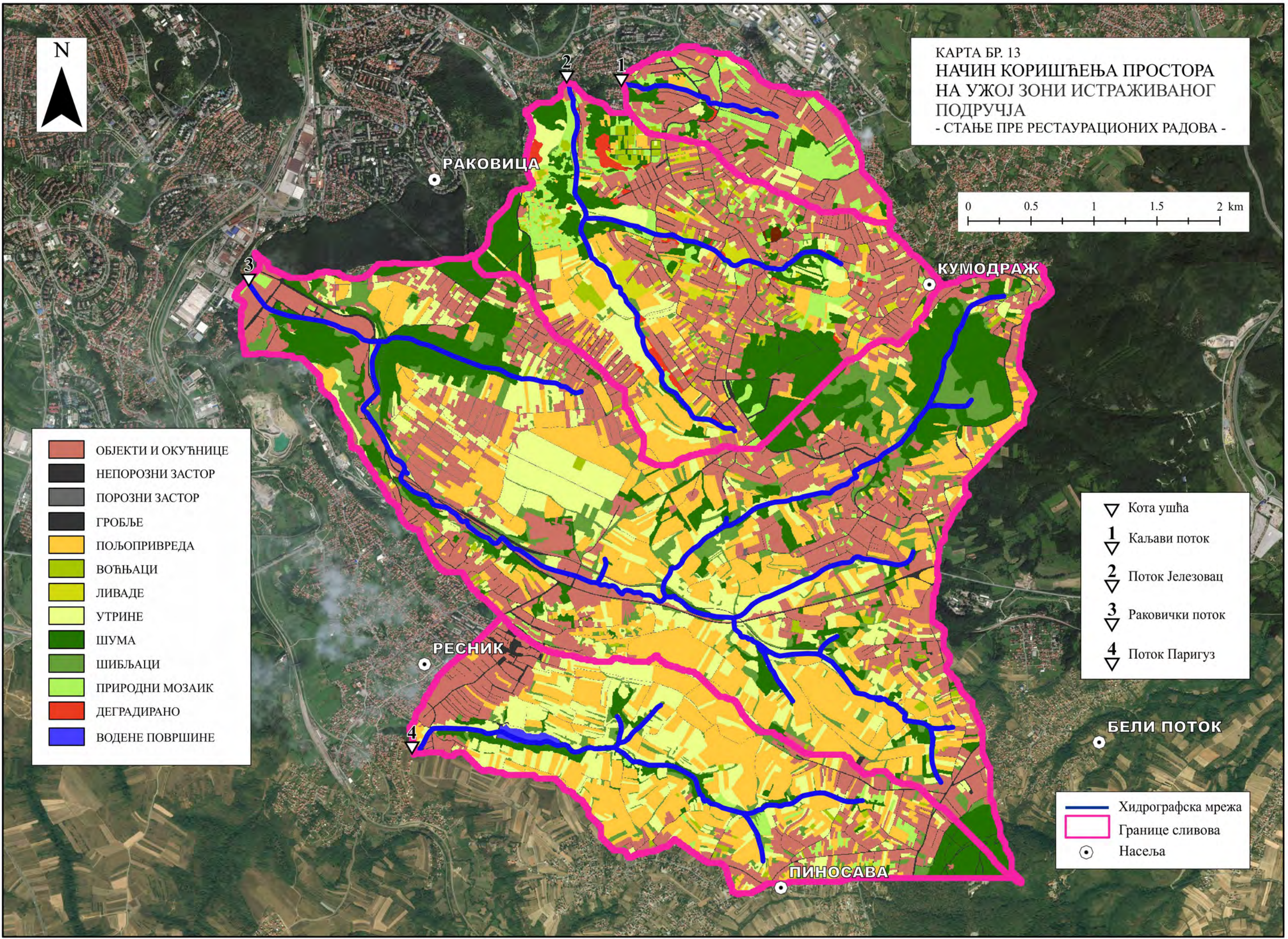
КАРТА БР. 13  
 НАЧИН КОРИШЋЕЊА ПРОСТОРА  
 НА УЖОЈ ЗОНИ ИСТРАЖИВАНОГ  
 ПОДРУЧЈА  
 - СТАЊЕ ПРЕ РЕСТАУРАЦИОНИХ РАДОВА -



- ОБЈЕКТИ И ОКУЋНИЦЕ
- НЕПОРОЗНИ ЗАСТОР
- ПОРОЗНИ ЗАСТОР
- ГРОБЉЕ
- ПОЉОПРИВРЕДА
- ВОЋЊАЦИ
- ЛИВАДЕ
- УТРИНЕ
- ШУМА
- ШИБЉАЦИ
- ПРИРОДНИ МОЗАИК
- ДЕГРАДИРАНО
- ВОДЕНЕ ПОВРШИНЕ

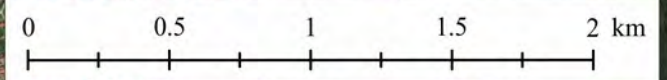
- Кота ушћа
- 1  
Каљави поток
- 2  
Поток Јелезовац
- 3  
Раковички поток
- 4  
Поток Паригуз

- Хидрографска мрежа
- Границе сливова
- Насеља





КАРТА БР. 14  
 КАТЕГОРИЈЕ ЕРОЗИЈЕ НА УЖОЈ  
 ЗОНИ ИСТРАЖИВАНОГ ПОДРУЧЈА  
 ПРЕМА МПЕ  
 - СТАЊЕ ПРЕ РЕСТАУРАЦИОНИХ РАДОВА -

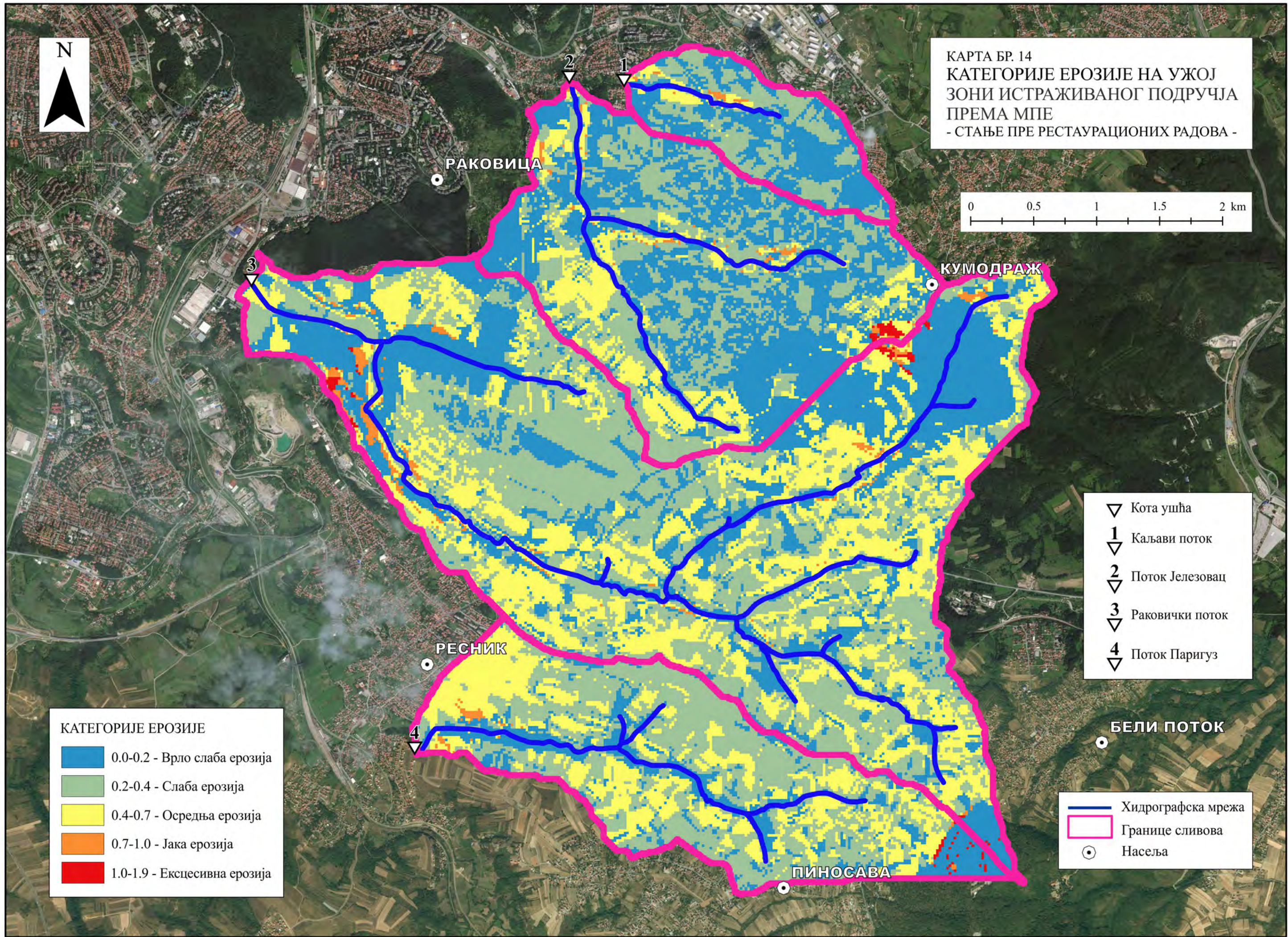


**КАТЕГОРИЈЕ ЕРОЗИЈЕ**

	0.0-0.2 - Врло слаба ерозија
	0.2-0.4 - Слаба ерозија
	0.4-0.7 - Осредња ерозија
	0.7-1.0 - Јака ерозија
	1.0-1.9 - Експесивна ерозија

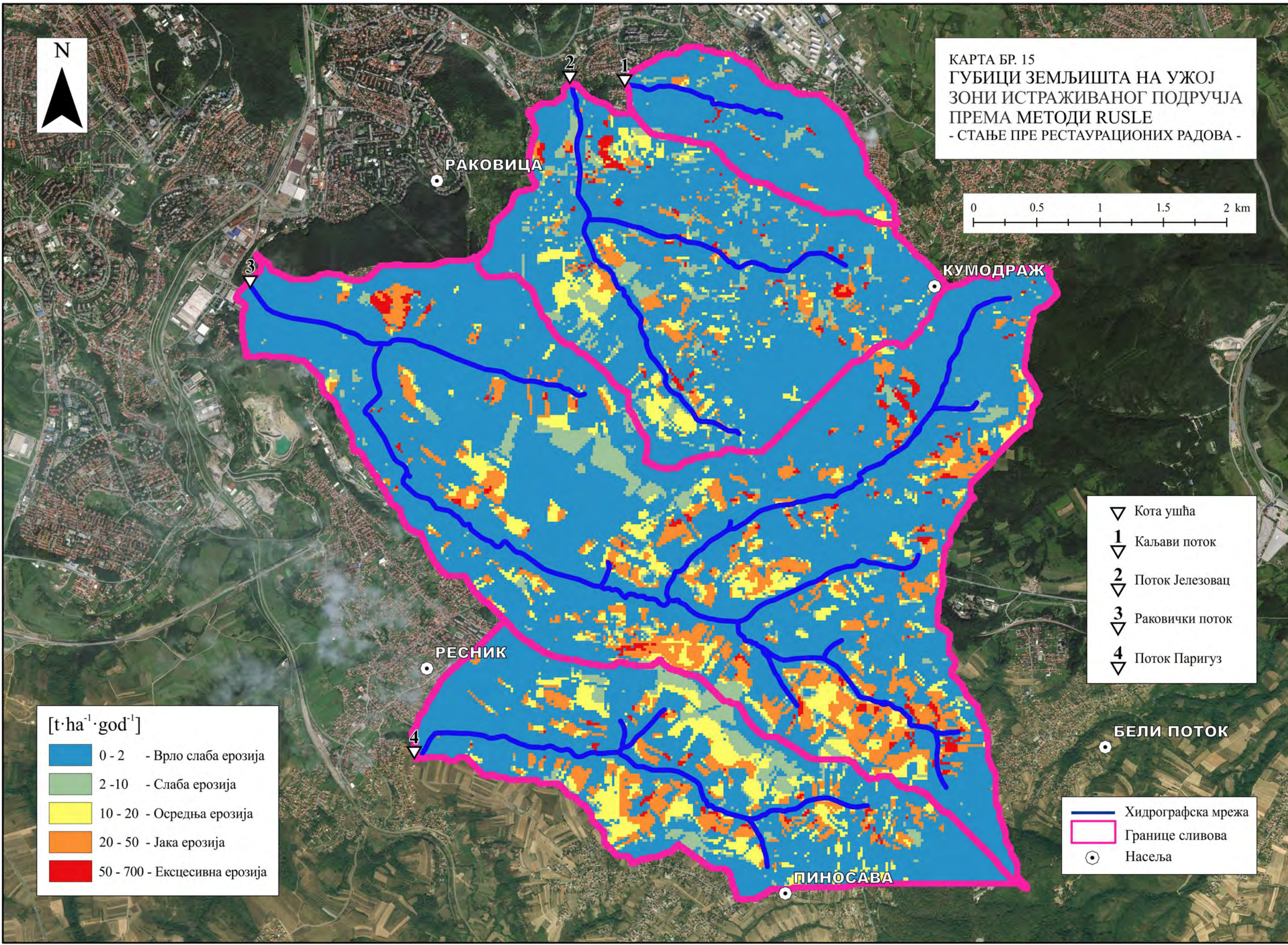
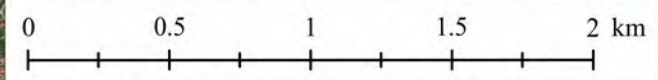
	Кота ушћа
	Каљави поток
	Поток Јелезовац
	Раковички поток
	Поток Паригуз

	Хидрографска мрежа
	Границе сливова
	Насеља





КАРТА БР. 15  
 ГУБИЦИ ЗЕМЉИШТА НА УЖОЈ  
 ЗОНИ ИСТРАЖИВАНОГ ПОДРУЧЈА  
 ПРЕМА МЕТОДИ RUSLE  
 - СТАЊЕ ПРЕ РЕСТАУРАЦИОНИХ РАДОВА -



[t·ha<sup>-1</sup>·god<sup>-1</sup>]

	0 - 2	- Врло слаба ерозија
	2 - 10	- Слаба ерозија
	10 - 20	- Осредња ерозија
	20 - 50	- Јака ерозија
	50 - 700	- Експесивна ерозија

- Кога ушћа
- 1 Каљави поток
- 2 Поток Јелезовац
- 3 Раковички поток
- 4 Поток Паригуз

- Хидрографска мрежа
- Границе сливова
- Насеља

РАКОВИЦА

КУМОДРАЖ

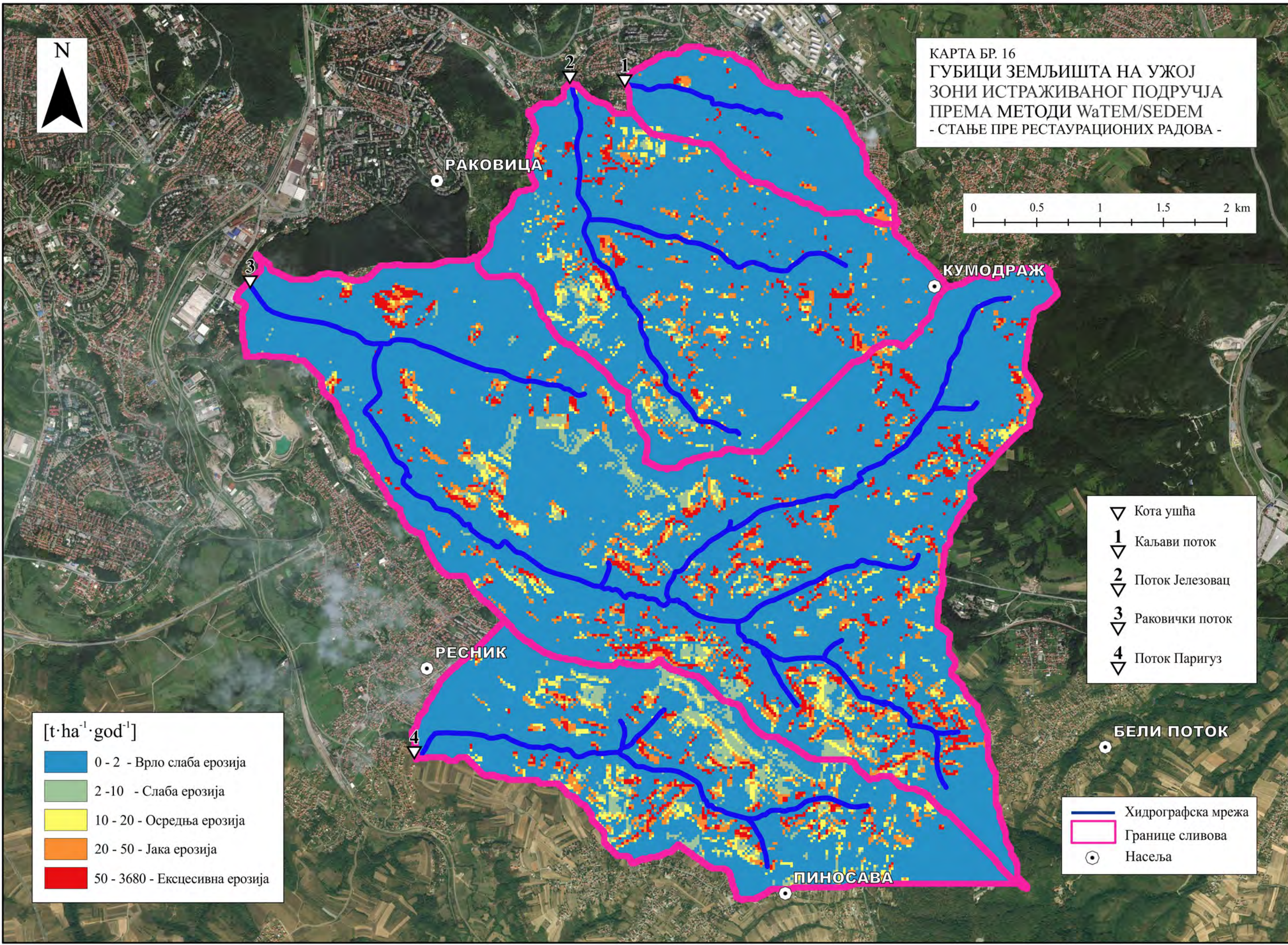
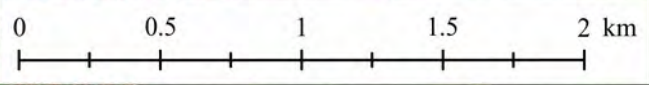
РЕСНИК

БЕЛИ ПОТОК

ПИНОСАВА



КАРТА БР. 16  
ГУБИЦИ ЗЕМЉИШТА НА УЖОЈ  
ЗОНИ ИСТРАЖИВАНОГ ПОДРУЧЈА  
ПРЕМА МЕТОДИ WaTEM/SEDEM  
- СТАЊЕ ПРЕ РЕСТАУРАЦИОНИХ РАДОВА -



[t·ha<sup>-1</sup>·god<sup>-1</sup>]

Blue	0 - 2 - Врло слаба ерозија
Green	2 - 10 - Слаба ерозија
Yellow	10 - 20 - Осредња ерозија
Orange	20 - 50 - Јака ерозија
Red	50 - 3680 - Екседивна ерозија

- ▽ Кота ушћа
- 1 ▽ Каљави поток
- 2 ▽ Поток Јелезовац
- 3 ▽ Раковички поток
- 4 ▽ Поток Паригуз

- Хидрографска мрежа
- ▭ Границе сливова
- Насеља

БЕЛИ ПОТОК

ПИНОСАВА

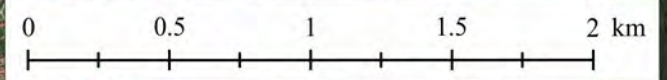
РАКОВИЦА

КУМОДРАЖ

РЕСНИК



КАРТА БР. 17  
 НАЧИН КОРИШЋЕЊА ПРОСТОРА НА  
 ПРЕДМЕТНИМ СЛИВОВИМА  
 -СТАЊЕ ПОСЛЕ РЕСТАУРАЦИОНИХ РАДОВА-

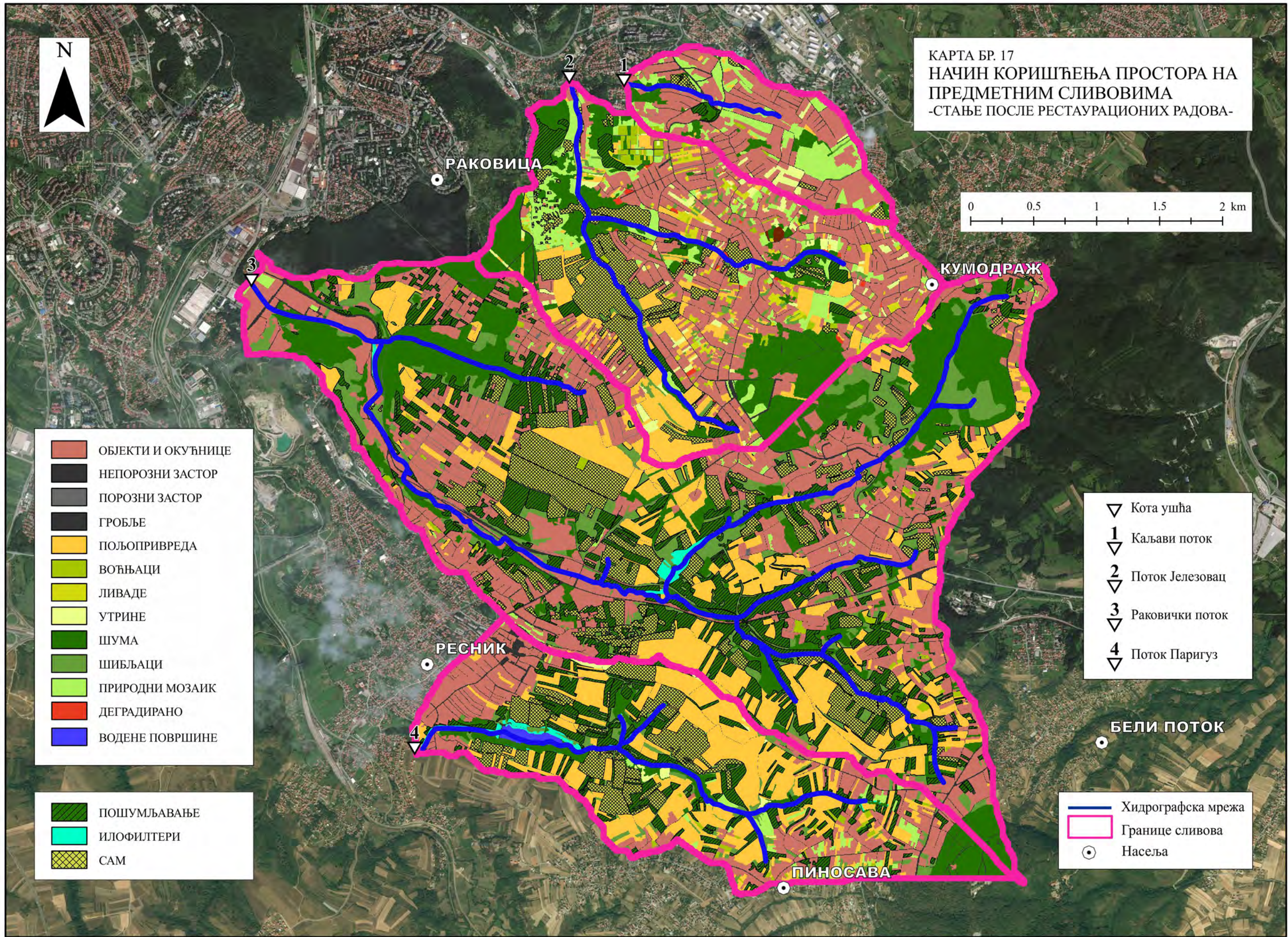


- ОБЈЕКТИ И ОКУЋНИЦЕ
- НЕПОРОЗНИ ЗАСТОР
- ПОРОЗНИ ЗАСТОР
- ГРОБЉЕ
- ПОЉОПРИВРЕДА
- ВОЋЊАЦИ
- ЛИВАДЕ
- УТРИНЕ
- ШУМА
- ШИБЉАЦИ
- ПРИРОДНИ МОЗАИК
- ДЕГРАДИРАНО
- ВОДЕНЕ ПОВРШИНЕ

- ПОШУМЉАВАЊЕ
- ИЛОФИЛТЕРИ
- САМ

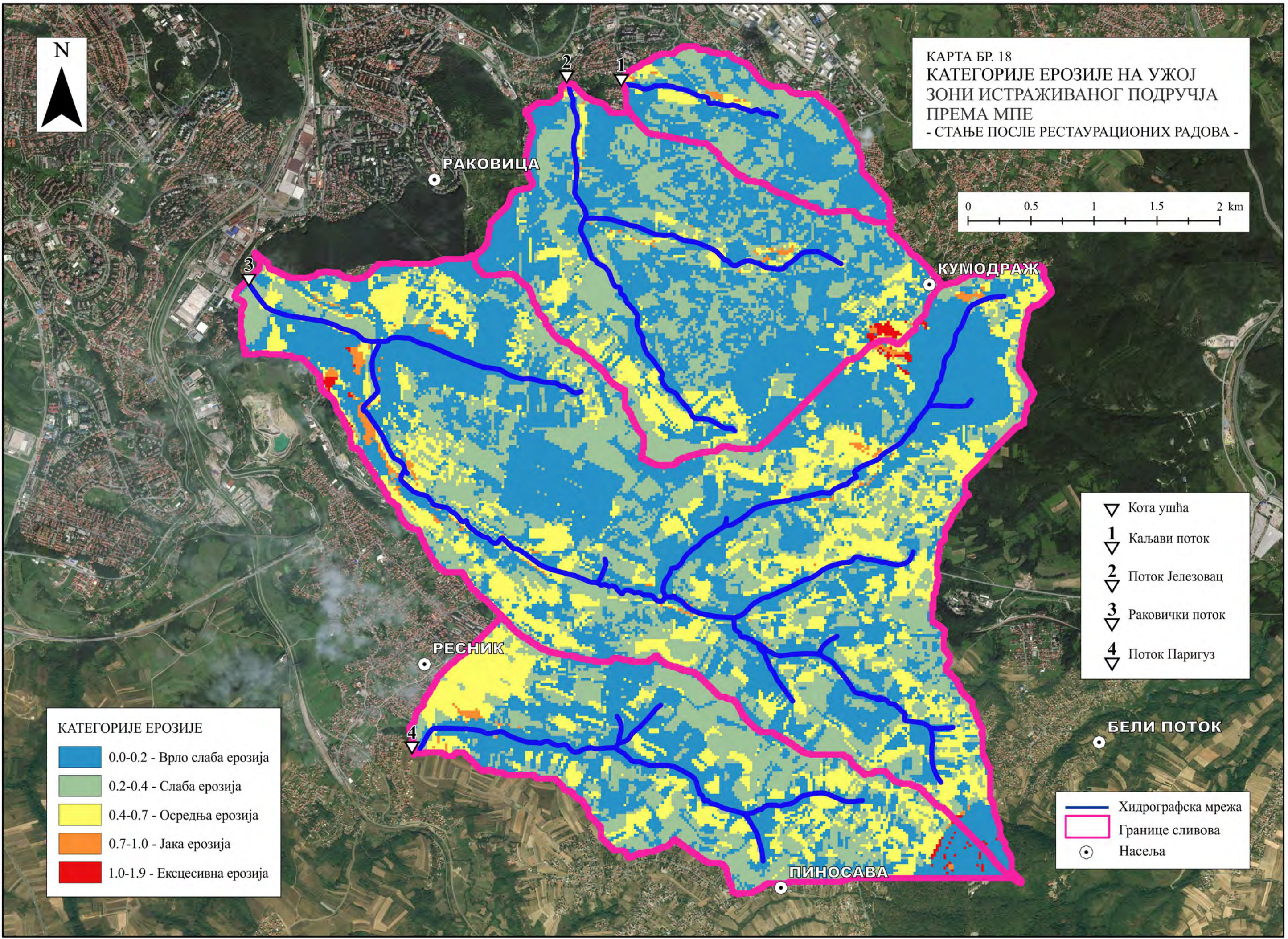
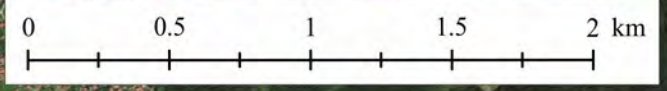
- Кога ушћа
- 1  
Каљави поток
- 2  
Поток Јелезовац
- 3  
Раковички поток
- 4  
Поток Паригуз

- Хидрографска мрежа
- Границе сливова
- Насеља





КАРТА БР. 18  
 КАТЕГОРИЈЕ ЕРОЗИЈЕ НА УЖОЈ  
 ЗОНИ ИСТРАЖИВАНОГ ПОДРУЧЈА  
 ПРЕМА МПЕ  
 - СТАЊЕ ПОСЛЕ РЕСТАУРАЦИОНИХ РАДОВА -



**КАТЕГОРИЈЕ ЕРОЗИЈЕ**

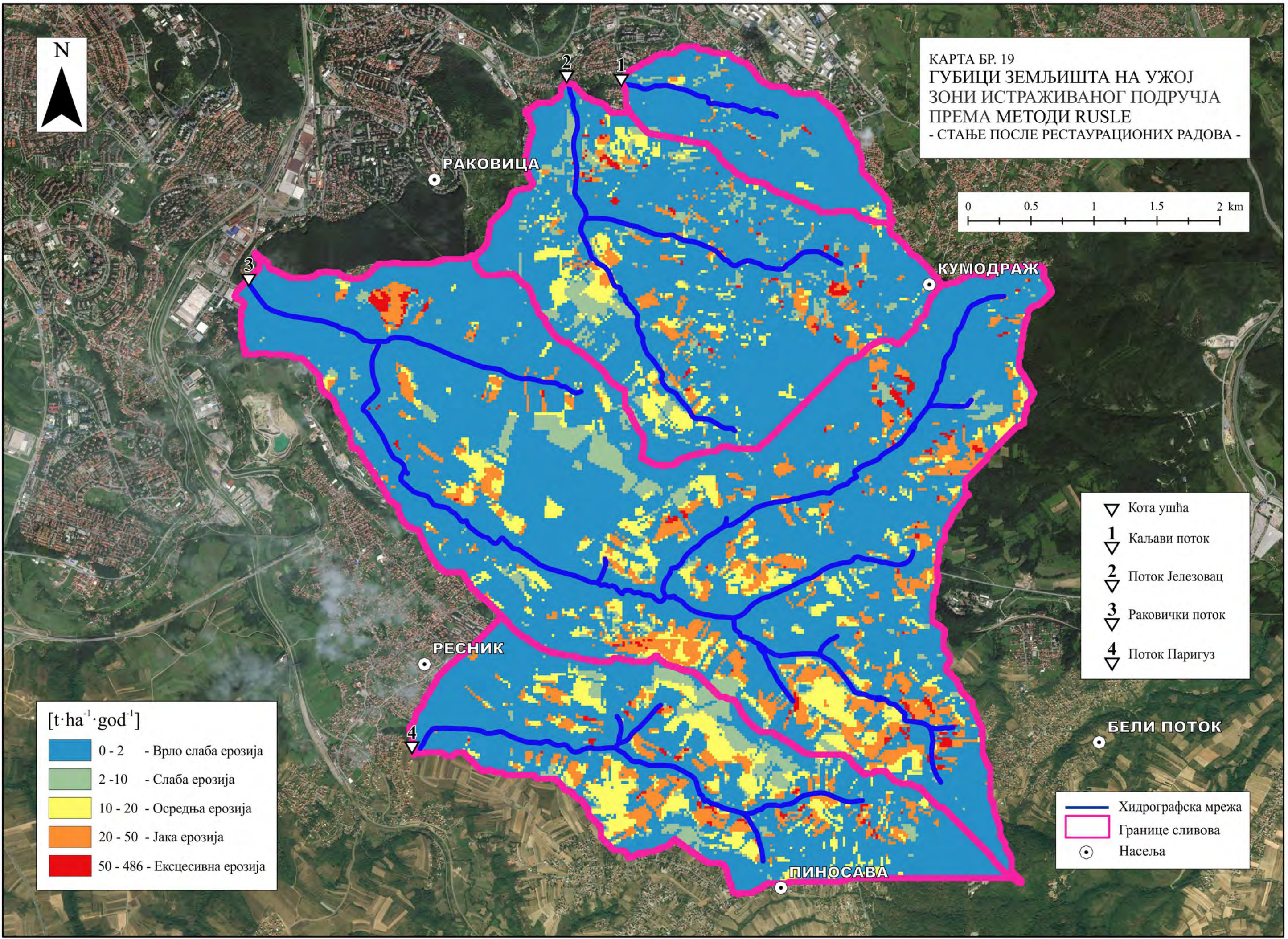
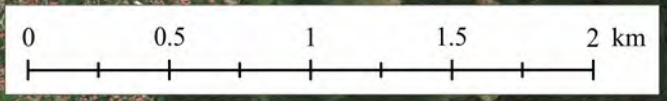
	0.0-0.2 - Врло слаба ерозија
	0.2-0.4 - Слаба ерозија
	0.4-0.7 - Осредња ерозија
	0.7-1.0 - Јака ерозија
	1.0-1.9 - Експесивна ерозија

	Кота ушћа
	Каљави поток
	Поток Јелезовац
	Раковички поток
	Поток Паригуз

	Хидрографска мрежа
	Границе сливова
	Насеља



КАРТА БР. 19  
 ГУБИЦИ ЗЕМЉИШТА НА УЖОЈ  
 ЗОНИ ИСТРАЖИВАНОГ ПОДРУЧЈА  
 ПРЕМА МЕТОДИ RUSLE  
 - СТАЊЕ ПОСЛЕ РЕСТАУРАЦИОНИХ РАДОВА -



[t·ha<sup>-1</sup>·god<sup>-1</sup>]

	0 - 2	- Врло слаба ерозија
	2 - 10	- Слаба ерозија
	10 - 20	- Осредња ерозија
	20 - 50	- Јака ерозија
	50 - 486	- Експесивна ерозија

- Кота ушћа
- 1 Каљави поток
- 2 Поток Језезовац
- 3 Раковички поток
- 4 Поток Паригуз

- Хидрографска мрежа
- Границе сливова
- Насеља

РАКОВИЦА

КУМОДРАЖ

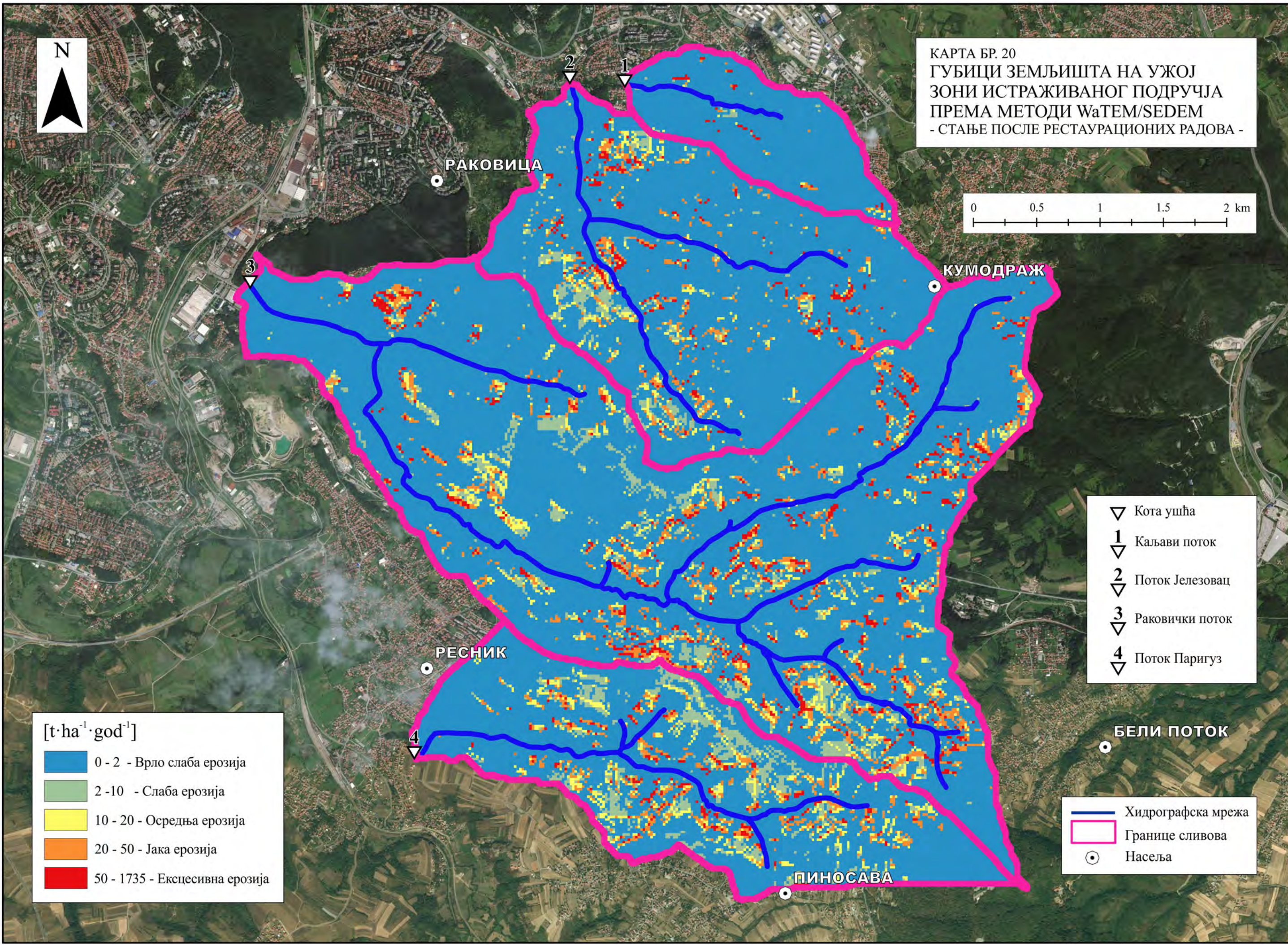
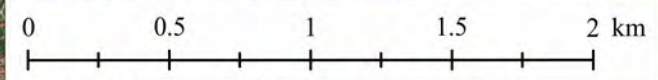
РЕСНИК

ПИНОСАВА

БЕЛИ ПОТОК






КАРТА БР. 20  
 ГУБИЦИ ЗЕМЉИШТА НА УЖОЈ  
 ЗОНИ ИСТРАЖИВАНОГ ПОДРУЧЈА  
 ПРЕМА МЕТОДИ WaTEM/SEDEM  
 - СТАЊЕ ПОСЛЕ РЕСТАУРАЦИОНИХ РАДОВА -



[t·ha<sup>-1</sup>·god<sup>-1</sup>]

	0 - 2 - Врло слаба ерозија
	2 - 10 - Слаба ерозија
	10 - 20 - Осредња ерозија
	20 - 50 - Јака ерозија
	50 - 1735 - Екседивна ерозија

-  Кота ушћа
-  1 Каљави поток
-  2 Поток Језезовац
-  3 Раковички поток
-  4 Поток Паригуз

-  Хидрографска мрежа
-  Границе сливова
-  Насеља

БЕЛИ ПОТОК

ПИНОСАВА

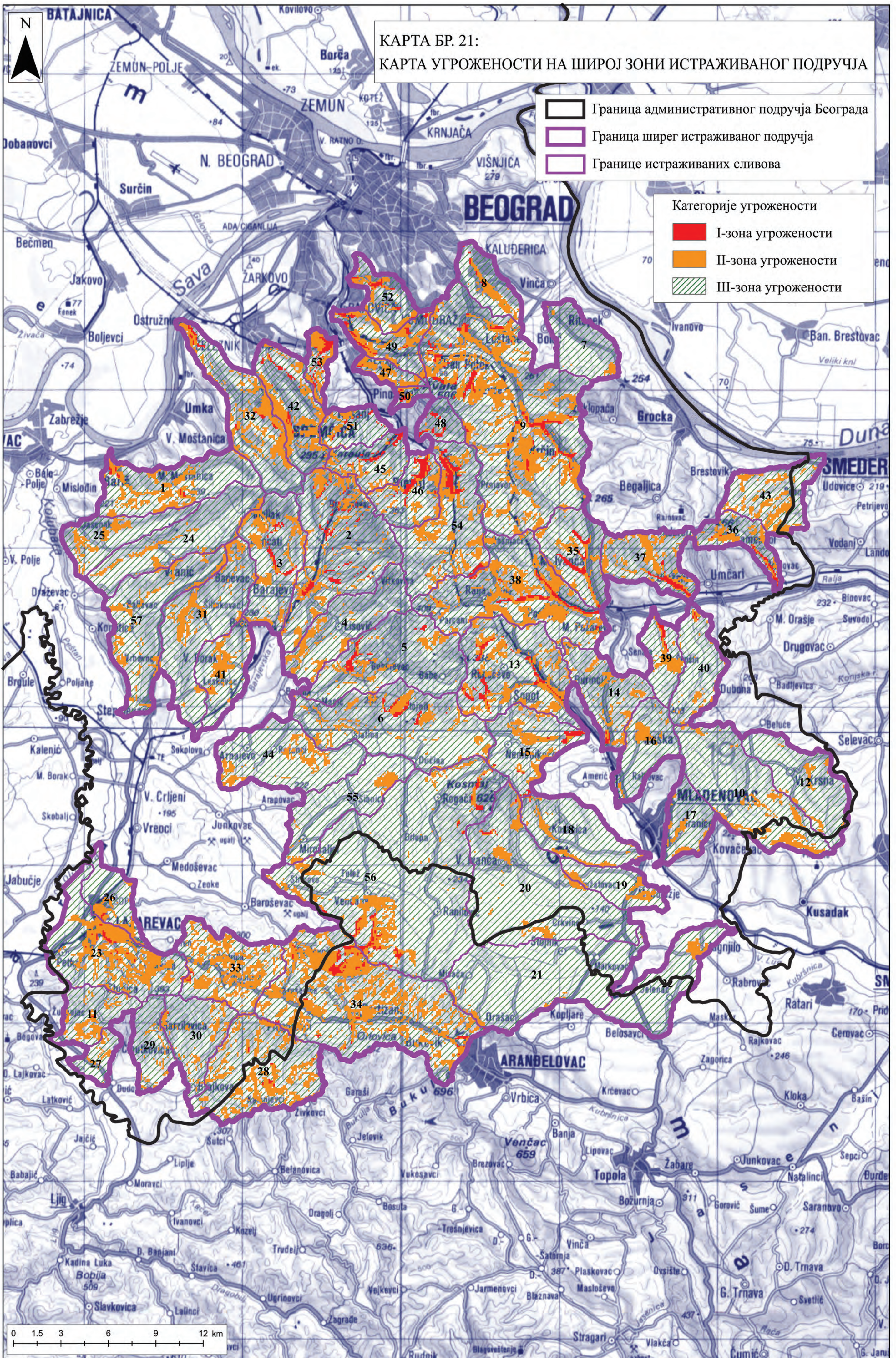
РАКОВИЦА

КУМОДРАЖ

РЕСНИК

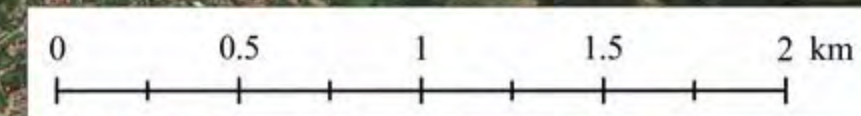


КАРТА БР. 21:  
КАРТА УГРОЖЕНОСТИ НА ШИРОЈ ЗОНИ ИСТРАЖИВАНОГ ПОДРУЧЈА





КАРТА БР. 22  
РЕСТАУРАЦИОНИ РАДОВА НА  
УЖОЈ ЗОНИ ИСТРАЖИВАНОГ  
ПОДРУЧЈА



РАКОВИЦА

КУМОДРАЖ

РЕСНИК

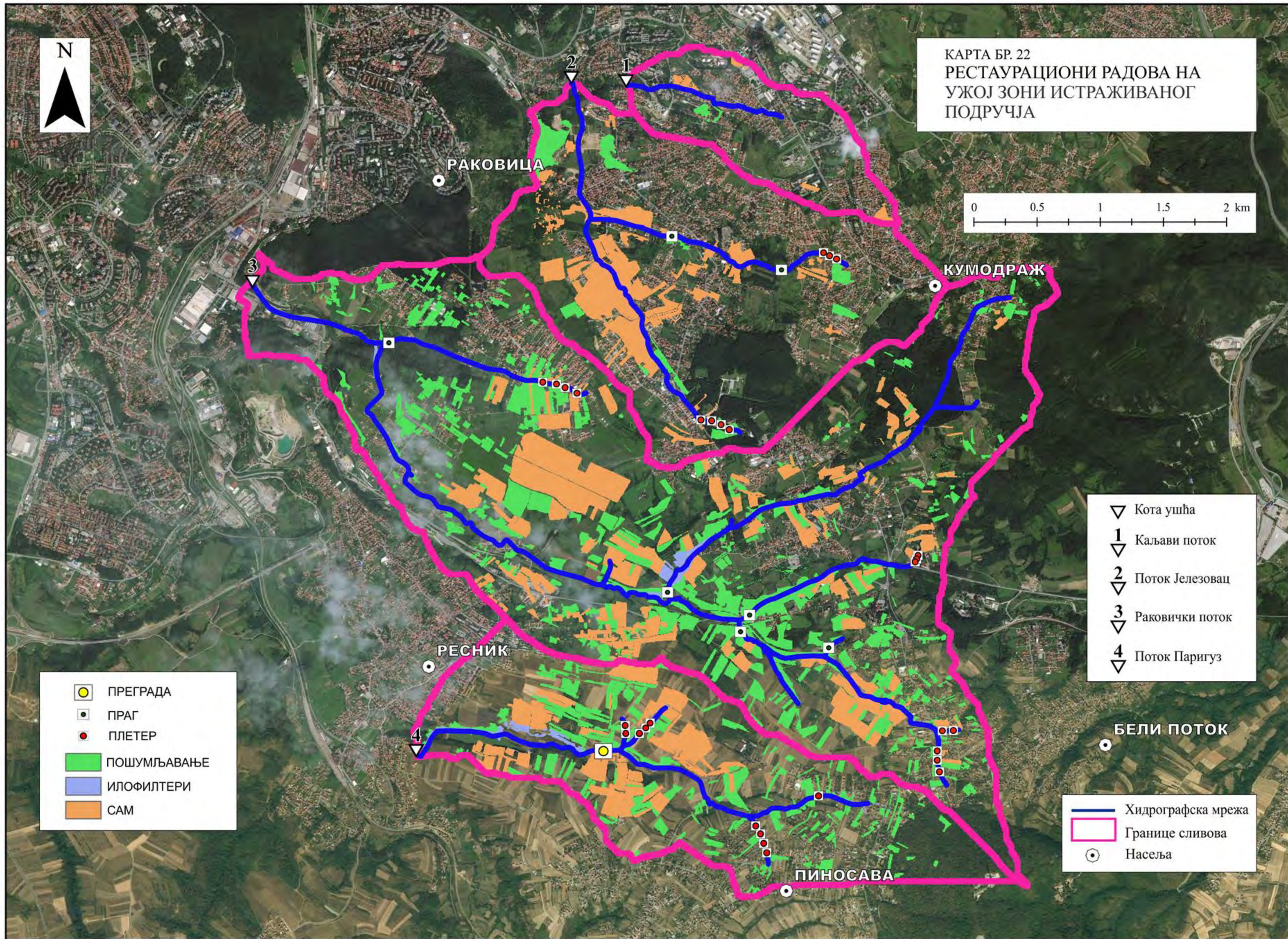
ПИНОСАВА

БЕЛИ ПОТОК

- ☐ ПРЕГРАДА
- ▣ ПРАГ
- ПЛЕТЕР
- ПОШУМЉАВАЊЕ
- ИЛОФИЛТЕРИ
- САМ

- ▽ Кота ушћа
- 1 ▽ Каљави поток
- 2 ▽ Поток Јелезовац
- 3 ▽ Раковички поток
- 4 ▽ Поток Паригуз

- Хидрографска мрежа
- ▭ Границе сливова
- Насеља





## **БИОГРАФИЈА**

Горан Ђ. Триван је рођен 20.07.1962. године у Кладову, где је завршио основну и средњу школу (физичко-технички смер). Шумарски факултет Универзитета у Београду, Одсек за пејзажну архитектуру, уписао је 1981. године где је и дипломирао 1987. године са просечном оценом у току студија 8.41.

Током 1991. године обављао је функцију министра за омладину и спорт у Влади Републике Србије, а од 1992. године засновао је радни однос у ЈП „Србијашуме“, најпре као директор Бироа за пројектовање, планирање и развој а касније као извршни директор компаније. У периоду од 2004. до 2008. године радио је у приватном сектору на пословима производње органске хране и лековитог биља. Од септембра 2008. године до јула 2017. године је био запослен као Секретар секретаријата за заштиту животне средине Скупштине града Београда. Од јула 2017. године обавља функцију Министра заштите животне средине у Влади Републике Србије.

Питањима заштите животне средине бави се од 1988. године када учествује у формирању првог еколошког покрета у Београду, а један је од иницијатора и учесника у формирању Министарстава за заштиту животне средине Републике Србије и Савезне Републике Југославије.

Докторске студије на Шумарском факултету, област Еколошки инжењеринг у заштити земљишних и водних ресурса, уписао је школске 2010/11. године током којих је положио све испите предвиђене планом и програмом докторских студија (просечна оцена 10).

Објавио је више научних и стручних радова из области заштите животне средине. Ожењен је, отац два детета, живи у Београду. Говори енглески језик.



## Изјава о ауторству

Име и презиме аутора **Горан Ђ. Триван**

Број индекса **2010/3**

### Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

**Заштита од ерозије и бујичних поплава као елемент система заштите животне средине на територији града Београда**

- 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, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## **Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада**

Име и презиме аутора **Горан Ђ. Триван**

Број индекса **2010/3**

Студијски програм **Еколошки инжењеринг у заштити земљишних и  
водних ресурса**

Наслов рада **Заштита од ерозије и бујичних поплава као елемент система  
заштите животне средине на територији града Београда**

Ментор **проф. др Ратко Ристић**

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, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

**Заштита од ерозије и бујичних поплава као елемент система заштите животне средине на територији града Београда**

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, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



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.